



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
CARRERA DE LABORATORIO CLÍNICO

INFORME DE INVESTIGACIÓN SOBRE:

**“CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y BACTERIOLÓGICA DE AGUAS
DE LA LAGUNA DE COLTA DE LA ZONA CENTRAL DEL ECUADOR”**

Requisito previo para optar por el Título de Licenciada en Laboratorio Clínico

Autora: López Vargas, Mayra Amanda

Tutora: Lic. Zurita Aucancela, María Fernanda

Ambato – Ecuador

Enero - 2019

APROBACIÓN DEL TUTOR

En calidad de Tutora del trabajo de investigación sobre el tema:

“CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y BACTERIOLÓGICA DE AGUAS DE LA LAGUNA DE COLTA DE LA ZONA CENTRAL DEL ECUADOR”, de Mayra Amanda López Vargas, estudiante de la Carrera de Laboratorio Clínico, considero que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la evaluación del jurado examinador designado por H. Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias de la Salud.

Ambato, diciembre del 2018

LA TUTORA

.....
Lic. Zurita Aucancela, María Fernanda

AUTORÍA DEL TRABAJO DE GRADO

Los criterios emitidos en el Proyecto de Investigación:

“CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y BACTERIOLÓGICA DE AGUAS DE LA LAGUNA DE COLTA DE LA ZONA CENTRAL DEL ECUADOR”, como también los contenidos, resultados, análisis, conclusiones son de mi exclusividad responsabilidad como autora de este Trabajo de Grado.

Ambato, diciembre del 2018

LA AUTORA

.....
López Vargas, Mayra Amanda

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este proyecto investigativo o parte de ella un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación.

Cedo los derechos en línea patrimoniales de mi Proyecto de Investigación, con fines de difusión pública; además apruebo la reproducción de este Proyecto Investigativo, dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta producción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autora.

Ambato, diciembre del 2018

LA AUTORA

.....

López Vargas, Mayra Amanda

APROBACIÓN DEL JURADO EXAMINADOR

Los miembros del Tribunal Examinador aprueban el Informe de Investigación sobre el Tema: **“CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y BACTERIOLÓGICA DE AGUAS DE LA LAGUNA DE COLTA DE LA ZONA CENTRAL DEL ECUADOR”** de Mayra Amanda López Vargas, estudiante de la Carrera de Laboratorio Clínico.

Ambato, Enero del 2018

Para constancia firman

.....
PRESIDENTA

.....
1er VOCAL

.....
2do VOCAL

DEDICATORIA

Dedico este proyecto de investigación primero a Dios, quien me dio la sabiduría, a mi madre Mery y a mi hermana Jeaneth quienes me brindaron su amor, su apoyo incondicional, pese a los obstáculos que se presentaron en el camino, gracias por su paciencia y comprensión y por ser el pilar fundamental en mi educación, que siempre me han inspirado a superarme día a día, y llegar a ser una gran profesional.

Es por ello que esta nueva meta cumplida en mi vida les dedico a ustedes.

Mayra López

AGRADECIMIENTO

Primeramente, agradezco a Dios por haberme dado la vida y por haberme brindarme una Madre quien pese a las adversidades y la distancia ha sacrificado arduas horas de trabajo, para darme lo mejor y poder alcanzar una de mis metas trazadas, porque sin ella no hubiera llegado a donde llegue gracias por la confianza, el amor y la orientación que me dio.

A mi hermana que siempre estuvo pendiente de mí pese a la distancia me brindó su confianza su apoyo moral e incondicional y por ayudarme a cumplir esta meta que es importante en mi vida.

A todas mis compañeras que estuvieron en el transcurso de mi vida universitaria, y de una manera en especial agradecer a los docentes quienes impartieron sus conocimientos.

A mi tutora María Fernanda Zurita Aucancela quien me ha sabido guiarme y brindarme todo su apoyo y asesoría incondicional en la culminación de mi proyecto.

A la Universidad Técnica de Ambato por abrirme las puertas y haberme brindado la oportunidad de formarme como una futura profesional.

Mayra López

INDICE GENERAL

APROBACIÓN DEL TUTOR.....	ii
AUTORÍA DEL TRABAJO DE GRADO.....	iii
DERECHOS DE AUTOR.....	iv
APROBACIÓN DEL JURADO EXAMINADOR	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO.....	vii
INDICE GENERAL.....	viii
RESUMEN.....	xiv
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I.....	2
EL PROBLEMA	2
1.1 TEMA	2
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.2.1 CONTEXTUALIZACIÓN.....	2
1.2.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	4
1.3 JUSTIFICACIÓN.....	4
1.4 OBJETIVOS	6
1.4.1 OBJETIVO GENERAL	6
1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	6
CAPÍTULO II	7
MARCO TEÓRICO.....	7
2.1 ESTADO DEL ARTE.....	7
2.2 FUNDAMENTO TEÓRICO.....	12
2.2.1 CARACTERÍSTICAS DE LAS LAGUNAS.....	12
2.2.2 LAGUNA DE COLTA	12
2.2.3 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA LAGUNA DE COLTA.....	14
2.2.4 MORFOMETRÍA DE LA LAGUNA DE COLTA	14
2.2.5 POBLACIÓN.....	15
2.3 CARACTERÍSTICAS DEL AGUA	15
2.3.1 CALIDAD DEL AGUA.....	15
2.3.2 AGUAS RESIDUALES.....	16

2.3.3	INDICADORES DE LA CALIDAD DE AGUA	17
2.3.4	ÍNDICES DE CALIDAD DEL AGUA EN LOS LAGOS	18
2.3.5	NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES: RECURSO AGUA SEGÚN EL MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE PARA AGUA DE REGADÍO.	18
2.3.6	EXAMEN FISICO – QUÍMICO	20
	CLASIFICACIÓN DE LAS AGUAS SEGÚN LA TEMPERATURA.....	26
2.3.7	EXAMEN MICROBIOLÓGICO DEL AGUA	27
2.3.8	MICROORGANISMOS	28
2.3.9	BACTERIAS.....	28
2.3.10	BACTERIAS QUE SE ENCUENTRAN EN EL AGUA	29
2.3.11	BACTERIAS DE AGUA DULCE.....	31
2.3.1	INDICADORES DE CONTAMINACIÓN MICROBIOLÓGICA	33
2.3.2	VALORES DE REFERENCIA DE CALIDAD MICROBIOLÓGICA	34
2.3.3	BACTERIAS COLIFORMES COMO INDICADORES DE CONTAMINACION FECAL	34
2.3.4	COLIFORMES TOTALES.....	35
2.3.5	COLIFORMES TERMOTOLERANTES	35
2.3.6	RESISTENCIA A LOS ANTIMICROBIANO.....	36
2.3.7	TIPOS DE RESISTENCIA:	38
2.3.8	RESISTENCIA NATURAL Y ADQUIRIDA	38
2.4	HIPÓTESIS.....	40
CAPÍTULO III		41
MARCO METODOLOGÍCO		41
3.1	TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	41
3.2	NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN	42
3.3	SELECCIÓN DEL ÁREA O ÁMBITO DE ESTUDIO	42
3.4	POBLACIÓN Y MUESTRA	43
3.5	CRITERIOS DE INCLUSIÓN Y EXCLUSIÓN	45
3.6	PROCEDIMIENTO Y ANÁLISIS	46
3.6.1	TOMA DE MUESTRA DE LA LAGUNA	46
3.7	PROCESAMIENTO Y EVALUACIÓN DE LAS MUESTRAS	47
3.7.1	ANÁLISIS FISICOQUÍMICO.....	47
3.5.6	ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO.....	47
INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS		59

CAPÍTULO IV	61
RESULTADOS Y DISCUSION.....	61
4.1 TABULACIÓN.....	61
4.1.1 PARÁMETROS FÍSICO- QUÍMICOS	61
4.1.2 BACTERIAS.....	76
4.1.3 RESULTADOS DEL ANTIBIOGRAMA	81
4.1.4 RESULTADOS DEL ICA PARA LA DETERMINACION DE LA CALIDAD DE AGUA DE LA LAGUNA DE COLTA.....	83
4.2 VERIFICACIÓN DE LA HIPOTESIS	87
4.2.1 PH.....	87
4.2.2 SÓLIDOS TOTALES	88
4.2.3 CLORUROS.....	89
4.2.4 AEROBIOS	89
CAPÍTULO V	91
4.1 CONCLUSIONES	91
4.2 RECOMENDACIONES	92

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Parámetros según el índice de calidad del agua ICA NDF-WQI®	17
Tabla 2: Índices de Calidad para el uso de aguas en regadíos.....	19
Tabla 3: Clasificación de aguas para riego según su salinidad.....	21
Tabla 4: Clasificación del agua de riego de acuerdo a conductividad eléctrica.....	23
Tabla 5: Clasificación de agua de riego de acuerdo a Cloruros	24
Tabla 6: Bacterias de forma simple	29
Tabla 7: Bacterias de forma complejas	30
Tabla 8: Puntos de Toma de Muestras de la Laguna de Colta	44
Tabla 9: Rangos (UFC) de conteo para recuento de colonias	49
Tabla 10: Inserto de Recuentos de Aerobios	50
Tabla 11: Inserto para Recuento de <i>E. Coli</i> y Coliformes Totales	51
Tabla 12: Inserto para el Recuento de <i>Staphylococcus aureus</i>	52
Tabla 13: Identificación de Bacterias	57
Tabla 14: Antibiograma para Enterobacteriácea (CLSI 2018).....	59
Tabla 15: Estadísticos descriptivos de los parámetros fisicoquímicos.....	61

Tabla 16: Temperaturas de 48 muestras tomadas del Agua de la Laguna de Colta en el período de Junio – Julio del 2018 frente a valores de referencia	63
Tabla 17: pH de 48 muestras tomadas del Agua de la Laguna de Colta en el período de Junio – Julio del 2018 frente a valores de referencia	65
Tabla 18: Conductividad de 48 muestras tomadas del Agua de la Laguna de Colta en el período de Junio – Julio del 2018 frente a valores de referencia	66
Tabla 19: Sólidos Disueltos Totales de 48 muestras tomadas del Agua de la Laguna de Colta en el período de Junio – Julio del 2018 frente a valores de referencia	68
Tabla 20: Concentración integrada de cloruros de 48 muestras tomadas del Agua de la Laguna de Colta en el período de Junio – Julio del 2018 frente a valores de referencia	70
Tabla 21: Concentración de Nitritos en una muestra integrada de 48 tomas del Agua de la Laguna de Colta en el período de Junio – Julio del 2018 frente a valores de referencia.	71
Tabla 22: Concentración de Nitrato de muestras integradas de 48 tomas de Agua de la Laguna de Colta en el período de Junio – Julio del 2018 frente a valores de referencia.	73
Tabla 23: Concentración de Turbidez de muestras integradas de 48 muestras tomadas del Agua de la Laguna de Colta en el período de Junio – Julio del 2018 frente a valores de referencia.	74
Tabla 24: Estadísticos descriptivos del contaje de bacterias en placas Petri film de las muestras de Laguna de Colta en el período Junio-Julio del 2018	76
Tabla 25: Antibiograma de la <i>Escherichia coli</i>	81
Tabla 26: Antibiograma de la <i>Proteus vulgaris</i>	81
Tabla 27: Antibiograma de la <i>Klebsiella pneumoniae</i>	82
Tabla 28: Resultados de la Laguna de Colta según el ICA	83
Tabla 29: Criterios Generales del Índice de Calidad del Agua (ICA)	84
Tabla 30: Verificación de la hipótesis del parámetro pH	88
Tabla 31: Verificación de la hipótesis del parámetro sólidos totales	88
Tabla 32: Verificación de la hipótesis del parámetro cloruros	89
Tabla 33: Verificación de la hipótesis de las bacterias Aerobias	89
Tabla 34: Resultados de los parámetros físico químico de la Laguna de Colta	106
Tabla 35: Resultados bacteriológicos de la Laguna de Colta	109

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Mapa de la Laguna de Colta.....	14
Gráfico 2: Mapa de coordenadas de la Laguna de Colta.....	44
Gráfico 3: Diseño placa Petrifilm™	48
Gráfico 4: Técnica de tinción GRAM	53
Gráfico 5: Técnica de siembra por estrías	55
Gráfico 6: BLEE positivo para <i>Klebsiella pneumoniae</i>	61
Gráfico 7: Temperaturas medidas de 6 puntos geográficos del Agua de la Laguna de Colta en el período de Junio – Julio del 2018 frente a valores de referencia	63
Gráfico 8: pH medidos de 6 puntos geográficos del Agua de la Laguna de Colta en el período de Junio – Julio del 2018 frente a valores de referencia	65
Gráfico 9: Conductividad medida de 6 puntos geográficos del Agua de la Laguna de Colta en el período de Junio – Julio del 2018 frente a valores de referencia	67
Gráfico 10: Sólidos Disueltos Totales medidos de 6 puntos geográficos del Agua de la Laguna de Colta en el período de Junio – Julio del 2018 frente a valores de referencia	68
Gráfico 11: Cloruros medidos de 6 puntos geográficos del Agua de la Laguna de Colta en el período de Junio – Julio del 2018 frente a valores de referencia.....	70
Gráfico 12: Nitritos medidos de 6 puntos geográficos del Agua de la Laguna de Colta en el período de Junio – Julio del 2018 frente a valores de referencia.....	72
Gráfico 13: Nitratos medidos de 6 puntos geográficos del Agua de la Laguna de Colta en el período de Junio – Julio del 2018 frente a valores de referencia.....	73
Gráfico 14: Turbidez medida de 6 puntos geográficos del Agua de la Laguna de Colta en el período de Junio – Julio del 2018 frente a valores de referencia.....	75
Gráfico 15: Contaje de aerobios en placa Petri Film de 1ml de muestra de agua de cada uno de los puntos de la Laguna de Colta durante la mañana en el período de Junio - Julio del 2018	77
Gráfico 16: Contaje de <i>E. coli</i> en placa Petri Film de 1ml de muestra de agua de cada uno de los puntos de la Laguna de Colta durante la mañana en el período de Junio - Julio del 2018	78
Gráfico 17: Contaje de Coliformes Totales en placa Petri Film de 1ml de muestra de agua de cada uno de los puntos de la Laguna de Colta durante la mañana en el período de Junio - Julio del 2018.....	79

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1:Laguna de Colta.....	111
Fotografía 2: Casas aledañas a la Laguna.....	111
Fotografía 3: Pastoreo de animales.....	112
Fotografía 4: Toma de muestras de la Laguna de Colta punto uno.....	112
Fotografía5: Toma de muestras de la Laguna de Colta punto tres	113
Fotografía 6: Toma de muestras de la Laguna de Colta punto seis.....	113
Fotografía 7: Muestras de la Laguna	114
Fotografía 8: Rotulado de las muestras	114
Fotografía 9: Preparación del material	115
Fotografía 10: Siembra en las Placas 3M Petrifilm.....	115
Fotografía 11: Crecimiento de bacterias en las Placas 3M Petrifilm	116
Fotografía 12: Conteo de las colonias de las Placas 3M Petrifilm	116
Fotografía 13: Crecimiento en agar Conkey del <i>Proteus vulgaris</i>	117
Fotografía 14: Crecimiento en agar Mac conkey de la <i>Klebsiella Pneumoniae</i>	117
Fotografía 15:Crecimiento en agar Mac Conkey de <i>E. coli</i>	118
Fotografía 16:Crecimiento en agar Sangre.....	118
Fotografía 17: Siembra en las pruebas bioquímicas.....	119
Fotografía 18: Lectura de las pruebas bioquímicas.....	119
Fotografía 19: Antibiograma	120

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD

CARRERA DE LABORATORIO CLÍNICO

**“CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA Y BACTERIOLÓGICA DE AGUAS
DE LA LAGUNA DE COLTA, ZONA CENTRAL DEL ECUADOR”**

Autora: López Vargas, Mayra Amanda

Tutora: Lic. Zurita Aucancela, María Fernanda

Fecha: Diciembre, 2018

RESUMEN

El objetivo del presente estudio es caracterizar los parámetros físico-químicos y bacteriológico, con el fin de determinar el índice de calidad del agua de la Laguna de Colta, pues la presencia de microorganismos patógenos se convierte en un problema de tipo sanitario para todos los moradores y turistas que visitan este sector, por lo cual se planteó un estudio de tipo descriptivo y exploratorio, donde se llegó a identificar las bacterias que se encuentran presentes en el agua de la Laguna de Colta, mediante protocolos establecidos por la OMS y la CLSI, de igual manera se realizó análisis de los parámetros físico – químico, donde se determinó la calidad de agua para riego y agricultura según los índices de calidad TULSMA. Mediante las pruebas realizadas se logró identificar tres cepas bacterianas, las cuales son la: *Escherichia coli*, *Proteus vulgaris* y *Klebsiella pneumoniae* siendo todas patógenas donde según la OMS, en la cuales presentaron una sensibilidad a los antibióticos utilizados (OFX, CN, CRO, SXT, FEP, AK, FF) además *Proteus vulgaris* presentó una resistencia natural a CXM y *Klebsiella pneumoniae* presentó una resistencia a AMC, determinando que es una betalactamasa de amplio espectro (BLEA) debido a la producción de una enzima SHV-1.(1)(2) Comparado con los índices de calidad de agua (ICA), el agua de la laguna de Colta presentó un promedio del 50 % lo que indica que se encuentra en un nivel medio de contaminación, y que necesita un tratamiento para que el agua sea utilizada en los regadíos.

PALABRAS CLAVES: BACTERIAS, LAGUNA, ANTIBIOGRAMA, PARAMETROS FÍSICO-QUÍMICO, CALIDAD.

TECHNICAL UNIVERSITY OF AMBATO

FACULTY OF HEALTH SCIENCES

CLINICAL LABORATORY CAREER

**"PHYSICOCHEMICAL AND BACTERIOLOGICAL CHARACTERIZATION
OF WATERS OF THE LAGUNA OF COLTA, CENTRAL ZONE OF
ECUADOR"**

Author:López Vargas, Mayra Amanda

Tutor: Lic. Zurita Aucancela, María Fernanda

Date:December, 2018

SUMMARY

The objective of the present study is to characterize the physical-chemical and bacteriological parameters, in order to determine the water quality index of Laguna de Colta, for the presence of pathogenic microorganisms, it is a sanitary problem for all dwellers What is happening with this sector, for what was proposed in a descriptive and exploratory study, where the bacteria that are present in the water of the Lagunas de Colta were identified? Likewise, the analysis of the physical - chemical parameters was carried out, where water quality was determined for irrigation and agriculture according to TULSMA quality indexes.

Through the tests carried out, three bacterial strains were identified, which are: *Escherichia coli*, *Proteus vulgaris* and *Klebsiella pneumoniae* are all pathogenic where the WHO says, in which they are sensitive to antibiotics (OFX, CN, CRO, SXT, FEP, AK, FF) in addition to an acquired disease such as AMC-CXM and *Klebsiella pneumoniae* showed resistance to AMC, determining that it is a broad-spectrum beta-lactamase (BLEA) due to the production of a SHV-1 enzyme. Compared with the water quality indexes (ICA), the water of the Colta lagoon represents an average of 50% that indicates that it is in the middle of the contamination, and that it needs a treatment for the seawater in Irrigation.

KEY WORDS: BACTERIA, LAGUNA, ANTIBIOGRAM, PHYSICAL-CHEMICAL
PARAMETERS, QUALITY

INTRODUCCIÓN

Como una de las principales consecuencias es el incontrolable crecimiento urbano, que en estas últimas décadas se ha venido soportando una grave problemática como es la contaminación de lagos, lagunas, ríos y mares, con un alto incremento constante de aguas servidas. Entre las principales fuentes naturales que causan contaminación se encuentran fundamentalmente: las precipitaciones que arrastran los pesticidas y los fertilizantes aplicados en el suelo por la actividad agrícola, la descomposición de materia orgánica ejecutada por las bacterias aerobias y anaerobias, la turbiedad de las aguas producida por los sedimentos, y en general, el exceso de nutrientes y sedimentos en los lagos.

La contaminación de suelos, sedimentos y aguas se da a consecuencia directa de la intensa actividad industrial y el desarrollo agrario, originando la acumulación progresiva de estos en las aguas superficiales y subterráneas.

La biodegradación de las lagunas se realiza por los microorganismos que pueden ya existir en ese sitio o pueden provenir de otros ecosistemas, en cuyo caso deben ser inoculados en el sitio contaminado (proceso de inoculación).

En el Ecuador se ha realizado estudios para la descontaminación y la recuperación de lagunas como la del lago San Pablo y Yahuarcocha en la Provincia de Imbabura sin resultados, ya que el lago San Pablo ha acumulado en su interior más de 20 metros de sedimentación como producto de las actividades propias del hombre, lo preocupante es que este lago solo tiene 44 metros de profundidad y gran parte del sedimento contaminante proviene de las aguas servidas de las 38 comunidades de ésta provincia, las que desembocan sin ningún tratamiento en el lago. Publicado en el diario en línea: hoy.com.ec, el 28 de abril del 2009.

En el Cantón Colta de la Provincia de Chimborazo existe una laguna en la cual presenta ciertos problemas como es la contaminación y proliferación de la tatora afecta en la misma con una severidad alta, la eutrofización, la modificación de los niveles de agua y la sedimentación presentan una severidad media y el deterioro del hábitat con una severidad baja. A inicios del año 2012 el Municipio de Colta se propuso recuperar el espejo de agua de la laguna para lo cual decidió dragarla.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1 TEMA

“CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA Y BACTERIOLÓGICA DE AGUAS DE LA LAGUNA DE COLTA, ZONA CENTRAL DEL ECUADOR”

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.2.1 CONTEXTUALIZACIÓN

Las aguas que se originan de diferentes fuentes naturales como manantiales, ríos y lagunas, son un componente muy trascendental para nuestro país, para poder solventar la demanda de agua consumible en sectores rurales que no tienen acceso a agua potable y que además satisfacer la demanda que existe en el sector agrícola y en el sector turístico.

Las aguas naturales que provienen de estas fuentes tienen características físico-químicas y microbiológicas que les provee condiciones para usos específicos. Sin embargo, si dichas propiedades no son las correctas pueden llegar a producirse grandes problemas. Uno de los factores que intervienen en los problemas sanitarios corresponde a la existencia de microorganismos patógenos en las aguas de consumo humano. El agua contaminada con sustancias tóxicas puede llegar a producir serias repercusiones ambientales, que afectan a la salud pública y a los ecosistemas.(3)

En la actualidad la contaminación que se produce en el medio ambiente, ejerce un efecto en las lagunas y lagos del Ecuador que en muchos casos se usan como sitios de actividades turísticas y son muy frecuentados para realizar navegación y senderismo con alto impacto a nivel económico, ecológico y cultura para todas las personas, así como para los turistas.

Otro factor que influye en la contaminación es el desequilibrio ecológico donde existe sobrepoblación de algunas especies animales y otras especies que se encuentran en extinción. La escasa conservación de los ecosistemas produce una gran acumulación de

basura, abundancia de coliformes fecales e incluso la permanencia de agentes patógenos, que pueden llegar hacer perjudiciales para la salud humana animal y para la agricultura.(4)

El consumo de agua que se encuentre contaminada produce una serie de enfermedades como la diarrea, poliomielitis, fiebre tifoidea y disentería. Se evalúa que el agua contaminada puede provocar más de 502000 muertes al año a nivel mundial a causa de la diarrea.(5)En los países con recursos económicos bajos y en vías de desarrollo, un 38% de los núcleos poblacionales tienen recursos hídricos, el 19% usan un sistema deficiente de saneamiento, y un 35% carecen de agua y jabón para el aseo de mano.(5)

Lalaguna de Coltaencuentra localizado en la provincia de Chimborazo perteneciente al cantón Colta; debido a problemas ambientales como la utilización de agroquímicos arrastrados hacia el agua de la laguna que tienen un impacto medio y alto en la calidad de agua, los asentamientos humanos que generan infiltración de aguas residuales en el agua, generación de desechos y su presencia en el espejo de agua debido a las actividades turísticas, acumulación de desechos animales durante el uso del suelo de la periferia d la laguna para pastoreo de animales y recolección de huevos, tal como se ha reportado en un estudio realizado previamente por Quintanilla et al en el 2016.(6) La existencia en este lugar de estas actividades tanto naturales como antropogénicas ocasiona que este ecosistema se vaya deteriorando continuamente.

Según la información obtenida la laguna consta con una cuenca de 1945 hectáreas, más de 204 hectáreas corresponden a la laguna. De acuerdo a la división política administrativa el cantón Colta consta de dos parroquias, Santiago de Quito con una superficie de 735 hectáreas equivalente a un (35%) y Silcapa con 1396 hectáreas con un (65%).

En la parroquia Santiago de Quito del Cantón Colta existe algunos problemas que provocanla contaminación sobre el recurso del agua como por ejemplo Laguna de Colta y preocupa el hecho de que es una de las principales fuentes que abastece a la población. Es interesante que no se haya encontrado estudios de microorganismos que puedan existir en el agua de la laguna a diferencia de pocos estudios que, si se han hecho en el sedimento,esto se debe a que es un sistema abierto que está en contacto directo con contaminantes procedente del ambiente, de las plantas y de los animales. (6)

No se ha establecido un estudio de control para determinar la calidad microbiológica de esta fuente natural de agua(6), lo que determina un factor de riesgo que debe ser investigado para así poder garantizar la salud de la población que utiliza estas aguas. No se ha podido encontrar información previa cualitativa ni cuantitativa de la presencia de microorganismos en estas aguas. Por lo que el presente estudio se encarga de proveer los primeros datos que cuantifican la carga microbiana en el agua como una opción para caracterizar los diferentes tipos de microorganismos existentes en la laguna y así evaluar posibles resistencias frente a una gama de antibióticos. Este estudio también se complementa con el análisis físico-químico de las aguas.

1.2.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuáles son las características físico- químicas y bacteriológico del agua de la Laguna de Colta, Zona Central del Ecuador?

1.3 JUSTIFICACIÓN

El agua es uno de componentes más indispensable para la sociedad, se extrae considerables cantidades de agua proveniente de lagos, acuíferos subterráneos y lagunas para solventar los requerimientos de la población e industrias (SustainingHealthyFreshwater, 2013), por lo que la presencia que microorganismos patógenos presentes pueden causar daños a quienes se benefician de esta.(7)

El estudio se realizó en la laguna de Colta, conocida como “Laguna de Pato”. La laguna de Colta presenta una forma alargada con una exuberante vegetación rodeada por el volcán Chimborazo e impresionantes paisajes. La laguna de Colta se encuentra localizada a 20 km de Riobamba y a 3 km de la parroquia de Cajabamba, presenta una altitud de 3.300 m.s.n.m., su temperatura oscila entre los 12 a 15°C; posee 2800 m. de largo y 1000 m. de ancho, a sus alrededores habitan varias comunidades que son las que provocan la contaminación debido a varias actividades realizadas por los mismo y eso es lo que deteriora la calidad de agua.

La presencia de microorganismos patógenos presentes en estas aguas se convierte en un problema de tipo sanitario para los moradores y turistas que visitan este sector por lo que las expectativas del presente trabajo se basan en mejorar la calidad de vida de los comuneros. Estudios realizados por el ministerio de ambiente determinaron que la Laguna de Colta, se ha convertido en un medio vulnerable a la contaminación.(6)

El monitoreo microbiológico para evitar problemas de tipo sanitario para quienes se beneficien del agua de las lagunas, es una herramienta necesaria por esta razón se realizó el estudio de varios parámetros previamente establecidos.(Contajes en UFC/ml de mesófilos, *E. coli*/coliformes y *Staphylococcus aureus*) (OMS)

Este estudio permitió recopilar información parcial de la microbiota con énfasis en los microorganismos patógenos existente en la laguna de Colta perteneciente a la Zona central del país. A través de estos datos se pudo encontrar diferentes microorganismos según información facilitada por la OMS, considerando que las enfermedades diarreicas están asociadas al consumo de agua o alimentos contaminados, mediante estos análisis y resultados se pudo determinar la calidad de agua. Además, se evaluó el patrón de resistencia antibiótica en la que se determinó una hiperproducción de la enzima SVH-1 de *Klebsiella pneumoniae* presentando una resistencia adquirida amoxicilina + ácido clavulánico

La influencia de los factores ambientales en el apareamiento de resistencias tiene importancia en la expresión de fenotipos bacterianos resistentes a antibióticos en los agentes patógenos que con frecuencia son tratados con protocolos médicos establecidos provocando un incremento en la ineficacia de los tratamientos por las resistencias adquiridas frente a las presiones ambientales.(8)

Debido al impacto ambiental físico-químico y microbiológico en la calidad de agua y en la calidad de vida de la población localizada en la periferia de la laguna de Colta, este estudio se enfoca en establecer las características necesarias para el mantenimiento de la salud de los pobladores de dicha zona.(8)

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 OBJETIVO GENERAL

Caracterizar fisicoquímica y bacteriológicamente las aguas de la laguna de Colta, para su uso principal de regadío.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar las características fisicoquímicas de las aguas de la Laguna de Colta.
- Estimar la carga bacteriana y aislar las bacterias encontradas utilizando placas petrifilm y medios de cultivo selectivos.
- Identificar las especies bacterianas mediante pruebas bioquímicas.
- Establecer los patrones de sensibilidad o resistencia de las bacterias aisladas de la laguna de Colta.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ESTADO DEL ARTE

Existen estudios de análisis de aguas costeras, ríos, lagos, lagunas en los cuales se consideran parámetros especializados de análisis o los índices de cada uno son distintos, debido a que puede haber condiciones ambientales únicas, así como de localización geográfica que particularizan a los tipos de recursos hídricos donde se realizan las mediciones.

Las variables fisicoquímicas que se analizan en estudios de lagunas corresponden a: pH, temperatura, nitratos, nitritos, amonio, sulfatos, ortofosfatos, fósforo total, nitrógeno total, sólidos suspendidos totales, demanda bioquímica de oxígeno, dureza, alcalinidad, conductividad, oxígeno disuelto, cloruros, coliformes totales y fecales.

En estos parámetros se considera la variabilidad temporal de las lagunas por los cambios climáticos estacionales, presencia de vientos, lluvias y sequías, mientras la variabilidad espacial considera los efectos de profundidad, clima, y el tiempo. En estos factores se observan variaciones en los resultados dependiendo del punto de toma de muestra.(9)

Estudios Fisicoquímicos realizados a nivel Mundial

En un estudio publicado con el tema: “**Análisis de parámetros Físicos, químicos y biológicos en las aguas costeras de la región de Murcia**”, publicado en el año 2011 por el autor: López L et al., cuyo objetivo fue evaluar la situación de las aguas de las playas de la región de Murcia los criterios sanitarios encontrados fueron la temperatura con 73.26 °C, pH de 8.44, sólidos en suspensión de 0.12 mg/L, concentración de oxígeno con 6.86, nitritos de 15.47 mg/l, amonio con 0.29 mgN-NH₄/L, ortofosfato de 0.06 mg P-P₀₄/ L, y silicio 0.02Si/L, indicando que se cumplieron con los criterios sanitarios, interpretando así que la calidad de agua estaba garantizada.(10)

Estudios Fisicoquímicos realizados a nivel Latinoamérica

Un estudio realizado en el año 2013 con el tema “**Evaluación de la calidad del agua en la Laguna de Yuriria, Guanajuato, México, mediante técnicas multivariadas:**

un análisis de valoración para dos épocas 2005, 2009-2010” realizada por el autor Espinal T. et al., su propósito fue relacionar las condiciones de calidad de agua de la laguna, en la cual se evaluaron 21 parámetros como nitratos, fosfatos, sulfuros, cloruros, sólidos suspendidos totales, demanda bioquímica de oxígeno y dureza estuvieron elevados lo que revelaron que la laguna presentó un alto grado de eutrofización es decir acumulación de residuos orgánicos en el lago, con aportes de materia orgánica y fecal. Los investigadores observaron que las aguas del canal La Cinta son de mala calidad debido a que presenta una serie de factores provocados por la población.(11)

En Colombia en el año 2011, otro estudio realizado por Rincón J. et al., con el tema: **“Diagnostico actual de los parámetros como indicadores de contaminación ambiental en el río Apulo, Cundimarca – Colombia”**, cuyo objetivo es evaluar la acción antrópica es decir la contaminación por minerales, por sólidos suspendidos, por materia orgánica e inorgánica de la cuenca mediante la cuantificación de los parámetros físico químicos cuyos resultados fueron pH 8.19, conductividad 270 , temperatura del ambiente 35.4 °C , temperatura del agua 30 °C , oxígeno disuelto 8.50 mg/l, nitritos 0.20 mg/l NO₂ , nitratos 25 mg/l NO₃, amonio 3.0 mg/l NO₄ , ya que se encuentra sometido a ciertas descargas de contaminación como son las actividades humana, agrícola y ganadera, por lo que el agua no fue apta para el consumo humano, pues el 70% de la población está asentada en las orillas del río.(12)

En otro estudio realizado en el año 2012 con el tema: **“Evaluación estacional de las variables fisicoquímicas del agua de la laguna de Tampamachoco, Veracruz, México”**, del autor Ortega M. et al., con la finalidad de evaluar las variables físico-químicas cuyos resultados fueron temperatura 25.08°C, pH 7.53, porcentaje de saturación de oxígeno 72.46%, salinidad 27.60 ups, sólidos disueltos 21.74 ppt y conductividad 43.13 uS/cm de la laguna, dando como resultados unas diferencias significativas entre las temporadas climáticas, dado que en primavera se registraron valores promedios altos de salinidad y conductividad eléctrica mientras que en invierno se elevó el pH, el porcentaje de saturación de oxígeno, sólidos disueltos totales y en verano se obtuvieron valores menores en el porcentaje de saturación de oxígeno y conductividad. De igual manera en otoño presentó valores bajos en el pH, salinidad y sólidos disueltos totales por lo que se concluyó que su comportamiento se relacionaba con las variaciones climáticas ya que presentó una variación de (p=0.05) entre las estaciones. (13)

Estudios Físicoquímicos realizados a nivel de Ecuador

En otro estudio denominado **“Caracterización físicoquímica de las aguas de la laguna de Mapaguiña, provincia de Chimborazo”**, publicado en el año 2013 por el autor Murguetio E. et al., realizado en el Laboratorio de Medio Ambiente de la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE cuyos resultados demostraron que las características físico-químicas de las aguas de la Laguna de Mapaguiña fueron conductividad 56.60 $\mu\text{S}/\text{cm}$, pH 8.96, alcalinidad 22 mg CaCO_3/L , turbidez 90 NTU, nitritos 0.009 mg/l, sólidos suspendidos totales 64 mg/l, fosfatos 1.94 mg/l, oxígeno disuelto 6.8 mg/l, nitratos 0.4, mg/l, sulfatos 7 mg/l, en la cual se determinó el promedio ICA de las aguas de la laguna, con un valor de 80.72, de un rango normal de 71 a 90 que indica una buena calidad.(14)

Un estudio se realizó en el año 2017 con el tema: **“Evaluación de la Contaminación del Agua mediante parámetros físicoquímico en las desembocaduras de los principales afluentes y efluentes del Lago San Pablo provincia de Imbabura”** realizado por la autora Gabriela Yáñez cuyo objetivo fue determinar la calidad del agua del lago San Pablo de los afluentes y efluentes, con el propósito de aportar a la conservación y preservación del mismo. Los resultados fueron coliformes totales 4.500 UFC/100, pH 7.32, conductividad 311.5 $\mu\text{S}/\text{cm}$, nitratos 6.9 mg/L, temperatura 18.19 °C, demanda bioquímica de oxígeno 10 mg/L, sólidos disueltos 186 mg/L, fosfatos 0.974 mg/L, nitritos 0.057 mg/L, oxígeno 142.62%, sólidos suspendidos 8 mg/L y sólidos totales 260.33 mg/L, donde se determinó que el agua del Lago San Pablo presentó según los parámetros del Índice de la Fundación Nacional de Saneamiento de los Estados Unidos (ICA-NSF) a una calidad media.(15)

Estudios Físicoquímicos realizados en la Laguna de Colta

Un estudio realizado en el año 2016 por los autores Quintanilla et al., con el tema **“Evaluación Ambiental de la Laguna de Colta y su Entorno”**, cuyo objetivo fue evaluar las afectaciones ambientales ocasionadas por la presión ejercida por el ser humano, estableciendo el índice de calidad ambiental del agua de la laguna para así contrarrestar dichos efectos negativos como son los asentamientos humanos se vuelven perjudiciales por mala disposición de los desechos sólidos, líquidos, el uso de agroquímicos en las zonas de cultivos y el desecho de aguas residuales haciendo que se contamine el agua de la laguna. En esta investigación se evaluó ciertos parámetros

cuyos resultados fueron: pH 8.3, demanda bioquímica de oxígeno (DBO) 20 mg/L, demanda química del oxígeno (DQO) 51.5 mg/L, sólidos suspendidos totales (SST) 50 mg/L y nitratos (NO₃) 2.4 mg/L, en la cual se determinó que la calidad de la laguna de Colta fue de 64.04 que correspondió a un nivel medio según el cálculo de Leopold con un rango de 51 a 70. (6)

Estudios Bacteriológicos

Estudios Bacteriológicos a nivel de Latinoamérica

Un estudio realizado por los autores Barrera G. et al., cuyo tema fue un **“Estudio Preliminar de Contaminación Bacteriológica en la Laguna Pueblo Viejo, Veracruz, México”**, con el objetivo de dar a conocer la calidad de las aguas de la laguna Pueblo Viejo, para la determinación del examen bacteriológico se evaluó el agua, sedimento y ostión, recolectando de la laguna concentraciones de coliformes totales y fecales que fue de 2.400 NMP (número más probable)/100, y estreptococos fecales 93 NMP/100 mientras que en el sedimento encontró coliformes totales y fecales de 46.000 NMP/100, estreptococos fecales 300 NMP/100 y en el ostión se encontró que en el agua existe coliformes totales y fecales de 400 NMP/100 y estreptococos de 9.300 NMP/100 lo que se determinó que el agua no es apta para el cultivo de ostión pues el valor referencia para coliformes totales y fecales es de 330 NMP/100. Además se encontró que el agua es inadecuada para la recreación y para la protección acuática cuyo límite permisible para coliformes totales es de 70 NMP/100 y para coliformes fecales es de 200 NMP/100 según los criterios de Rheinheimer. (16)

Reinaldo Javier Minaya Vela realizó un estudio en el año 2016 con el tema, **“Parámetros físicos, químicos, microbiológicos, para determinar la calidad del agua en la Laguna Moronacocha, durante la época de transición creciente-vacante. Iquitos. Perú”**, cuyo objetivo fue establecer las características físicas-químicas y bacteriológicas de la laguna Moronacocha y relacionar con los Estándares de Calidad del agua. El detalle de los valores del Análisis físico-químico cuyos resultados fue de: pH 5.5, temperatura 27.5°C, sólidos disueltos totales 20 ppm, conductividad 40 uS/cm, demanda bioquímica de oxígeno 2.2 mg/L, oxígeno disuelto 6.2 mg/L, sólidos suspendidos totales 52.50 mg/L y turbidez 6.94 NTU, mientras que el análisis bacteriológico (microbiológico) de la laguna en 3 estaciones de muestreo se obtuvo 240

NPM/100 para coliformes termotolerantes. Concluyendo que el agua es inadecuada para el medio acuático.(17)

Estudios Bacteriológicos en la Laguna de Colta

Un estudio realizado en el sedimento del agua de la Laguna de Colta con el tema: “**Obtención del consorcio bacteriano nativo del sedimento de la Laguna de Colta del cantón Colta**”, por la autora Paola Cristina Serrano Dávalos cuyo objetivo fue identificar las diferentes bacterias nativas presentes en el sedimento del agua, en la cual se encontró un consorcio bacteriano nativo formado por bacterias como: *Morganella morganii*, *providencia stuarti*, *Xenorhabdus nematophilys*, *Escherichia coli*, *Xanthomonas maltophilia* y *Shigella serogroups A*, Y Cen el agua de la laguna de Colta(18).

2.2 FUNDAMENTO TEÓRICO

2.2.1 CARACTERÍSTICAS DE LAS LAGUNAS

Laguna o lago se define como un depósito que abastece y es abastecido cuya profundidad es inferior los 10 metros. Estos pueden originarse de diferentes maneras, como puede ser de origen tectónico causadas por plegamientos de la corteza, de origen glaciar por la formación de cavidades, además se puede formar por el desbordamiento de los ríos.(19) Las lagunas y lagos poseen un hábitat donde el agua se encuentra retenida y que se caracteriza por poseer una riqueza en sustancias húmicas es decir rica en compuestos orgánicos, además son ricos en compuestos fenólicos que se forman de la descomposición de la materia orgánica, que le hace adquirir al agua una coloración pardo- amarillenta, con un pH ácido. En las lagunas viven una gran variedad de organismos que pueden vivir bajo el agua o en la superficie (20)

2.2.2 LAGUNA DE COLTA

La Laguna de Colta está ubicada en la Provincia de Chimborazo, en el Cantón Colta, a 20 Km de Riobamba. Posee una extensión de 1 Km de ancho por 2.8 Km de largo. (21) La Laguna de Colta presenta afluentes subterráneos además afluentes provocados como es la existencia de tuberías de descarga de aguas residuales y aguas servidas y los efluentes de la laguna son acequias que son utilizadas para el riego de cultivos.

Gráfico 1: Mapa de la Laguna de Colta



Fuente: Map data (2018)

2.2.3 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA LAGUNA DE COLTA

La cuenca de la laguna de Colta, se encuentra ubicada dentro de la llanura interandina a una altitud de 3.324 m.s.n.m., se ubica en las coordenadas $78^{\circ} 42'$ a $78^{\circ} 49'$ al Oeste y $01^{\circ} 42'$ a $01^{\circ} 44'$ al Sur. La temperatura media es de 12°C . (22)

2.2.4 MORFOMETRÍA DE LA LAGUNA DE COLTA

- Altitud nivel de agua 3324m.s.n.m
- Largo máximo 2,80 Km
- Ancho máximo 0,90 Km
- Espejo de agua 87Has
- Profundidad media 2,80 M
- Profundidad máxima 4.1 M

El espejo de la Laguna de Colta comprende 87 hectáreas de las que se divide a su vez en 2 zonas:

- a) Zona pelágica interna más profunda, es decir alejada del litoral, además es la que representa las mayores profundidades, donde los productores primarios siendo organismos autótrofos que sintetizan materia orgánica a partir de materia inorgánica(23), en la cual los dominantes son las algas. (22)

- b) Zona pelágica interna menos profunda, donde los productores primarios dominantes son las macrofitas es decir son formas macroscópicas de vegetación acuática(24), que principalmente se encuentran sumergidas.(22)

2.2.5 POBLACIÓN

La población en la zona urbana del cantón Colta tiene un total de 2.313 habitantes que representa el 5 % de la población total; mientras que en la zona rural existen 42.658 habitantes, lo que representa el 95% de la población de Colta.(22)

2.3 CARACTERÍSTICAS DEL AGUA

El agua es una sustancia que ocupa las tres cuartas partes de la superficie del planeta es abundante e imprescindible para el ser Humano en el planeta Tierra, además el agua está compuesto por tres átomos, un oxígeno y dos hidrógeno que entre si forman la molécula de agua (H₂O), es el único elemento que se encuentra en la biosfera en una cantidad considerable, presentando tres estados físicos de agregación de la materia como son: líquido, sólido y gaseoso y puede desarrollar varias reacciones bioquímicas que ayudan al desarrollo de la vida.(25)

Condiciones del agua de las lagunas:

- El agua de una laguna puede provenir, de deshielo de los glaciares cercano, desbordamiento de ríos, de aguas subterráneos, inundaciones o de la lluvia.(20)
- La temperatura del agua de las lagunas puede variar según su ubicación y según las estaciones del año.(20)
- Las lagunas se caracterizan por el tipo de agua, ya que pueden ser de agua dulce o salada.(20)
- El agua de laguna de Colta es utilizada para el riego de cultivos y para consumo animal. (26)

2.3.1 CALIDAD DEL AGUA

La calidad biológica de las aguas es un modo de definir la riqueza biológica y el valor ambiental de las comunidades de seres que están asociados al ecosistema. Por ello todos los seres vivos necesitan este recurso vital para sobrevivir, siempre y cuando sea de

excelente calidad ya que se encuentra expuesto a contaminantes naturales como son los virus, bacterias y otras formas de vida, así como minerales disueltos, productos orgánicos solubles y sólidos orgánicos e inorgánicos suspendidos.(25)

Estos contaminantes naturales deben ser monitoreados con el fin de preservar la calidad de agua en los lugares de abastecimiento hasta que llegue al consumidor, pues esta, debe ser sometida a tratamientos de potabilización. Un alto riesgo de contaminación biológica es que tenga materia fecal. (27)

Tipos de contaminantes

Existen muchos tipos de contaminantes que afectan al agua entre ellos están:

- Petróleo
- Absorbente de oxígeno alarga la utilidad de: carnes, productos a granel, frutos secos etc.
- Sustancias como fertilizantes orgánicos (estiércol, ácidos húmicos)
- Microorganismos (virus, bacterias, protozoos)
- Productos químicos (nitrogenados, potásicos, fosfóricos)
- Aguas residuales

2.3.2 AGUAS RESIDUALES

Las aguas residuales son aquellas que provienen del uso doméstico o de diversas descargas de usos como son los municipios, industrias, comerciales, etc. que se hayan degradado de su calidad original.(28)

Aguas residuales o también conocidas como aguas servidas, aguas negras o aguas cloacales, es decir son aguas que han sido empleadas para uso doméstico y forman un residuo de color negro que para nada se puede utilizar, además las aguas residuales también provienen de la mezcla entre las aguas domésticas e industriales.(29) Las aguas industriales corresponden a cualquier actividad que se hace en las industrias como procesos de producción, transformación o manipulación en la que se utiliza el agua.(30)

2.3.3 INDICADORES DE LA CALIDAD DE AGUA

Los indicadores para determinar la calidad de agua son una herramienta muy importante pues mediante estos podemos valorar la calidad de este recurso hídrico, que consiste en desarrollar una expresión matemática que incluye una serie de parámetros para obtener un valor único que establece el nivel de calidad del agua.

La Water Quality Index National Sanitation Foundation de los Estados Unidos (WQINSF) considera que se debe utilizar los siguientes parámetros que se muestran en la tabla 1 como son: pH, temperatura, porcentaje de oxígeno disuelto, fosfatos, nitratos, sólidos totales disueltos, coliformes fecales y demanda bioquímica de oxígeno. (31)

Tabla 1: Parámetros según el índice de calidad del agua ICA NDF-WQI®

PARÁMETROS	UNIDADES
Temperatura	°C
pH	-
Turbidez	UNT
Sólidos totales disueltos	mg/l
Porcentaje de Oxígeno disuelto	mg/l
Demanda bioquímica de oxígeno	mg/l
Nitratos	mg/l
Fosfatos	mg/l
Coliformes fecales	NMP 100 ml

©Índice de calidad de agua National Sanitation Foundation- Water Quality Index

Fuente: Revista Gestión y Ambiente (2013)

Elaborado por: Mayra López

Fórmula de cálculo del índice de calidad de agua

Esta fórmula se utilizó para determinar el índice general de calidad del agua de la Laguna de Colta, y se comparó con los valores de referencia para el riego de cultivos según TULSMA.

$$ICA = \frac{\sum_{i=1}^n I_i W_i}{\sum_{i=1}^n W_i}$$

Fuente: Índice de calidad de agua ICA NDF-WQI

ICA: índice de calidad de agua global

n: número total de parámetros

W_i: coeficiente de ponderación del parámetro

I_i: índice de calidad para el parámetro i

2.3.4 ÍNDICES DE CALIDAD DEL AGUA EN LOS LAGOS

Según Cantera y Carvajal en el año 2009 mencionan que: “La calidad de agua de lagos, lagunas se relacionan con su origen, con la forma del estanque, por el tiempo de retención, por la estratificación, por riqueza nutricional y por la contaminación.” (32)

La calidad de agua se define como un soporte legal, que determina las condiciones y concentraciones límites de los parámetros. Además, respalda el uso seguro de la población en actividades específicas. (33)

Existen índices de calidad dependiendo de los usos que se le da al agua, debido a que las aguas de la laguna de Colta son principalmente de riego, el análisis que se hará en este trabajo de investigación será con el propósito de establecer los valores de calidad para determinar si es apta para riego.

2.3.5 NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES: RECURSO AGUA SEGÚN EL MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE PARA AGUA DE REGADÍO.

El presente reglamento es decretado bajo la Ley de Gestión Ambiental y de la Ley para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental, aplicada en todo el territorio nacional

Índices de calidad de aguas para uso agrícola o de regadío

El agua es empleada para el riego de cultivos y otras actividades que decreten las autoridades competentes.(34)

Para el riego de cultivos se prohíbe la utilización de las aguas residuales, excepto las aguas que son tratadas y que cumplan con los índices de calidad que se presenta en la siguiente tabla:(34)

Tabla 2: Índices de Calidad para el uso de aguas en regadíos

PROBLEMA	UNIDADES	*GRADO DE RESTRICCIÓN.			
		Ninguno	Ligero	Moderado	Severo
Salinidad:					
Conductividad eléctrica	Milimhos/cm	0,7	0,7	3,0	>3,0
Sólidos Disueltos Totales	mg/l	450	450	2000	>2000
Toxicidad por ion específico (5):					
- Cloruros					
Irrigación superficial	meq/l	4,0	4,0	10,0	>10,0
Aspersión	meq/l	3,0	3,0		
Ph	Rango normal	6,5 –8,4			

Parámetro	Unidades	Limite permisible
Nitrato	mg/l	10
Nitrito	mg/l	10
Turbidez	NTU	1-30
Coliformes totales	UFC/100ml	3000

Fuente: Texto Unificado de Legislación Secundaria Del Ministerio Del Ambiente
(2011)

Elaborado: Investigadora

2.3.6 EXAMEN FISICO – QUÍMICO

Los parámetros utilizados en el examen físico realizado en este trabajo de investigación son:

- **PH**

El pH del agua se determina con una serie de 1 al 14, el pH es ácido cuando es menor que 7, y será alcalino si es mayor que 7. El valor referencial según TULSMA para agua de riego o agricultura es de 6.5 a 8.4, (35).

Efectos de la variación de pH del agua para cultivos

Las aguas con pH anormal pueden crear desequilibrios de nutrición o contener iones tóxicos que alterarían el crecimiento normal de la planta(36). El pH de la solución nutriente en contacto con las raíces puede afectar el crecimiento vegetal de dos formas principalmente:

- ❖ El pH puede afectar la disponibilidad de los nutrientes: para que el aparato radical pueda absorber los distintos nutrientes, éstos obviamente deben estar disueltos. Valores extremos de pH pueden provocar la precipitación de ciertos nutrientes con lo que permanecen en forma no disponible para las plantas.
- ❖ El pH puede afectar al proceso fisiológico de absorción de los nutrientes por parte de las raíces: todas las especies vegetales presentan unos rasgos característicos de pH en los que su absorción es idónea.(36)

Efectos de la variación de pH del agua para consumo humano

Según TULSMA para que sea apta para consumo es recomendable que el pH de agua sea de 6 a 9. Si existe valores de pH superiores a 11, puede llegar a producir agravación de trastornos cutáneos e irritación ocular.(37)

- **Salinidad**

El parámetro de salinidad del agua mide la cantidad total de sales disueltas en el agua, pero no indica que sales están presentes. Debido a que las aguas de la Laguna Colta tienen como principal uso el regadío de plantas se considera que un nivel alto de sales en el agua de riego reduce la disponibilidad del agua para el cultivo (debido a la presión osmótica) y causa la reducción del rendimiento, aunque el suelo pueda parecer mojado.(38)

A pesar de que en la laguna de Colta no se han reportado estudios que indique los tipos de sales que contiene, en general las sales que son más frecuentes en el agua de riego son sodio, calcio, magnesio, potasio, boro, cloruros, carbonatos, sulfatos y bicarbonatos. La reducción en el rendimiento agrícola es proporcional al aumento en el nivel de salinidad porque los distintos cultivos varían en su tolerancia a la salinidad.(38)

Los parámetros más comunes para determinar la calidad del agua de riego, en relación con su salinidad, son la conductividad eléctrica (CE) y los sólidos disueltos totales (TDS). En la tabla 4 se clasifican los efectos perjudiciales de acuerdo a los niveles de CE y TDS en el agua para uso en cultivos.(38)

Tabla 3: Clasificación de aguas para riego según su salinidad

TDS ppm o mg/L	CE uS/m	Riesgo de Salinidad	Clasificación
<450	<750	Bajo	Agua con la cual generalmente no se observan efectos perjudiciales
500 – 1.000	750 – 1.500	Medio	Agua que puede tener efectos perjudiciales en cultivos sensibles.
1.000 – 2.000	1.500 – 3.000	Alto	Agua que puede tener efectos adversos en muchos cultivos y necesita de métodos de manejo cuidadoso
> 2.000	> 3.000	Muy Alto	Agua que puede ser para plantas tolerantes en sujetos permeables con métodos de manejo cuidadoso

Fuente: Instituto Nacional de Normalización, INN(39)

- **Sólidos totales Disueltos**

Los sólidos totales disueltos corresponden a las sustancias orgánicas e inorgánicas que son solubles en agua y además se definen como la medida de las sales disueltas en el agua luego de la remoción de sólidos suspendidos, además es la cantidad de residuos después que ocurra la evaporación del agua.(37)

El término TDS describe la cantidad total de sólidos disueltos en el agua. La TDS y la conductividad eléctrica están estrechamente relacionadas. Cuanto mayor sea la cantidad de sales disueltas en el agua, mayor será el valor de la conductividad eléctrica. La mayoría de los sólidos que permanecen en el agua tras una filtración de arena, son iones disueltos. El cloruro de sodio por ejemplo se encuentra en el agua como Na^+ y Cl^- . El agua de alta pureza que en el caso ideal contiene solo H_2O sin sales o minerales tiene una conductividad eléctrica muy baja. (36)

Según TULSMA y la FAO establecen una concentración de < 450 mg/l de total de sólidos en solución para agua destinada a riego sin ninguna restricción, de 450 a 2000 para una restricción moderada y de > 2000 presentara un grado de restricción severa del agua de riego.(35)(36)

- **Conductividad**

La conductividad del agua es muy baja, su principal unidad de interpretación es en siemens por centímetro, con un rango de 0.5 a 3 $\mu\text{Siemens/cm}$.(37)

Según TULSMA y la Norma Técnica para agua determina que el valor de referencia de la conductividad es de 3000 $\mu\text{S/cm}$ para aguas destinadas para riego. (35)(36)

La conductividad se define como la habilidad del agua para poder transportar la corriente eléctrica, esto va a depender de la cantidad de materia sólida que se encuentra disuelta en el agua un ejemplo la sal. Uno de los que tiene menor conductividad es el agua destilada y con una conductividad mayor está el agua de mar. Además, el agua de lluvia disuelve lo que está en el aire es decir los gases y el polvo lo que provoca una mayor conductividad.(37)

El agua natural tiene iones en disolución, su conductividad es mayor y proporcional a la cantidad y características de esos electrolitos. Las variaciones de iones específicos pueden provocar niveles de toxicidad.(36)

Los riesgos de un agua de riego con una alta conductividad eléctrica son:

- ❖ Precipitación de sales: en la solución de riego con obstrucción de los goteros.
- ❖ Daño al cultivo: por una solución demasiado concentrada en sales que produce interferencias en la absorción radical. Normalmente la concentración de sales es mayor dentro de la célula que en el agua del suelo. Si esto no ocurre, no se produce absorción de agua y la planta se marchita.
- ❖ Salinización del suelo.(36)

Tabla 4: Clasificación del agua de riego de acuerdo a conductividad eléctrica

TIPO DE AGUA	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA μS/cm
Excelente	< 250
Buena	250 – 750
Normal	750 – 2000
Dudosa	2000– 3000
No apta	>3000

Fuente: Infoagro(40)

Elaborado por: Mayra López

- **Toxicidad por ion específico**

La toxicidad de las plantas se produce cuando estos absorben iones de manera excesiva almacenándose en las hojas hasta sobrepasar los niveles, ocasionando daños de gran magnitud que dependerá de la acumulación en los cultivos, del agua que se utiliza. Entre los iones más tóxicos que existen en las aguas de riego son los cloruros.

La salinidad o la existencia de ciertos iones en el agua producen deficiencias que causan desbalance nutricional y reducción en los cultivos. Los cultivos son irrigados por medio de aspersión con aguas que contienen sodio y cloro que son los que producen toxicidad. (41)

- **Cloruros**

La presencia de cloruros en las aguas naturales se atribuye a la disolución de depósitos de sal, contaminación proveniente de los diversos efluentes de la actividad industrial, aguas excedentarias de riegos agrícolas y sobre todo de las minas de sales potásicas. A veces se puede presentar un incremento esporádico del contenido en cloruros como consecuencia de contaminantes domésticos, en particular de la orina del hombre y de los animales. Uno de los principales aniones que se encuentra en el agua ya sea natura o residual es el cloruro.(36)

Según TULSMA y la FAO establecen una concentración de < 4 mg/l de total de sólidos en solución para agua destinada a riego sin ninguna restricción, de 4 a 10 para una restricción moderada y de > 10 presentara un grado de restricción severa del agua de riego.(35)(36)

Tabla 5: Clasificación de agua de riego de acuerdo a Cloruros

TIPO DE AGUA	COLORURO (Cl) mg/L
Excelente	< 4
Buena	4 – 7
Normal	7 – 12
Dudosa	12– 20
No apta	> 20

Fuente: Infoagro(40)

Elaborado: Investigadora

Concentraciones elevadas de cloruro en el agua de riego pueden producir problemas de toxicidad en los cultivos. Los frutales suelen ser bastante sensibles y su sensibilidad depende en gran parte del portainjerto empleado. Los cloruros son

los más peligrosos y su toxicidad se presenta en los cultivos en forma de quemaduras en las hojas, en particular en el ápice. El exceso de cloruros dificulta la absorción del nitrógeno (nitratos) y fósforo (fosfatos). (36)

Todas las aguas contienen cloruros. Una gran cantidad de cloruros puede indicar que la contaminación provenga de materias residuales de origen animal. Pero si estas fuentes faltan, puede deberse a que el agua atraviesa terrenos ricos en cloruros. Los cloruros son inocuos de por sí, pero en cantidades altas dan sabor desagradable.(36)

- **Temperatura**

La temperatura va a acelerar o va a retardar la actividad biológica de la atmósfera, así como también la absorción del oxígeno y del dióxido de carbono y eso influye en la propagación de algas, en la sedimentación, en la floculación, filtración y en la precipitación de los compuestos.(37)

La temperatura del agua es otro factor que puede ocasionar trastornos en el crecimiento de las plantas, en especial en las primeras etapas de desarrollo. Las aguas que proceden de una fuente fría, como las aguas de depósitos y cursos subterráneos, o las aguas de los estanques y torrentes de montaña cuando se utilizan para los primeros riegos de la temporada de cultivo, pueden caldearse es decir aumenta la temperatura en estanques de poca profundidad con exposición al sol o aprovechando el recorrido por acequias y canales.(42)

Lo mejor es usar agua a temperatura ambiente que es de 22 a 25 C, por lo que siempre tiene que estar dentro de los parámetros de la variedad a cultivar. Hay que tener en cuenta que la temperatura del agua puede variar dependiendo de la estación del año que nos encontremos, el agua no tiene la misma temperatura en invierno que en verano.(43) Las muestras fueron recolectadas en las estaciones que se consideran como la transición de invierno a verano pues el mes de junio es época de lluvia y el mes de julio es época de sequía.

- ❖ Aumentar la temperatura de las aguas muy frías puede ayudar en la disolución de los abonos y el lavado de las sales del suelo para cultivo.(43)

- ❖ Cuando aumenta la temperatura también aumenta la velocidad para el crecimiento de los cultivos y así pueda alcanzar el valor óptimo otorgado por las raíces. Si se sobrepasa los valores normales de la temperatura disminuye el crecimiento de los cultivos.(43)

- ❖ Las bajas temperaturas reducen todas las etapas del ciclo de vida de las plantas. (43)

CLASIFICACIÓN DE LAS AGUAS SEGÚN LA TEMPERATURA

Las aguas se clasifican de la siguiente manera:

- Aguas Mesotermales o calientes con temperatura de 35° a 45°C
- Aguas Hipertermales con una temperatura más de 45°C
- Aguas Hipotermales o pocas frías con una temperatura de 21° a 35°C
- Aguas Frías con una temperatura menos de 20° C (44)(45)

- **Nitrito y nitrato**

Las concentraciones de los nitratos en aguas superficiales se deben a diferentes orígenes, se liberan cuando la materia orgánica se descompone por las bacterias del suelo y por disolución de rocas y de efluentes industriales. Por otro lado, la principal fuente de nitratos es la agricultura, donde se utilizan como componente de abonos y fertilizantes nitrogenados.(36)

Según la FAO (Food and Agricultural Organization) el límite máximo de concentración para agua destinadas a riego o agricultura para los nitritos como de los nitratos es de 10 mg/l. (36)

Cuando existe concentraciones elevadas de nitratos hacen que los cultivos aumenten de tamaño y disminuyan su contenido, su pureza y su producción, a consecuencia de esto bajan las cosechas, las frutas presentan una maduración tardía, además los niveles altos de nitratos y fosfatos ayudan al crecimiento de las algas.(36)

- **Turbidez**

El valor óptimo para agua de riego es de 1-30 NTU (Unidad de Turbidez Nefelométrica), La turbidez se pueden relacionar con la contaminación microbiana; pueden interferir con la desinfección; obstrucción de los sistemas de riego.(42)

La turbidez se utiliza para indicar la calidad del agua y para determinar si hay presencia de organismos que provocan enfermedades. La turbiedad, como medida de las propiedades de transmisión de la luz del agua, es otro parámetro que se emplea para indicar la calidad de las aguas vertidas o de las aguas naturales en relación con la materia coloidal y residual en suspensión. (37)

Elevados niveles de turbiedad pueden proteger a los microorganismos de los efectos de la desinfección y estimular la proliferación de bacteria.(37)

2.3.7 EXAMEN MICROBIOLÓGICO DEL AGUA

Definición: este examen nos permite identificar las bacterias mediante la siembra en medios de cultivos diferenciales y selectivos. La carga microbiana se realiza mediante una serie de contajes.

Metodología del examen microbiológico

Uno de los principales métodos para examinar el agua bacteriológicamente según American Public Health Association, se ve ajustada a cada uno de los procedimientos y estos deben ser:

- La muestra se debe recoger en un frasco estéril.
- Se debe evitar la contaminación de cada una de las muestras que se va a recoger en cada una de las tomas.
- Después de la recogida cada una de las muestras se debe analizar lo más pronto posible.

- Si se llega a retrasar en el procesamiento de las muestras, se debe almacenar a una temperatura de 0 y 10° C. (18)

Para los exámenes microbiológicos se debe realizar:

- Un recuento de la placa para determinar el número de bacterias existentes.

Si llegara a existir una contaminación del agua o se encontrara la presencia de un microorganismo patógeno, el consumo de estos en el agua en grandes cantidades, provocarían algunas infecciones. Entre las bacterias más importantes que se encuentran presentes en el agua son la *Salmonella typhi*, que es el causante de la fiebre tifoidea y otra bacteria como es el *Vibrio cholerae* que produce el cólera. Existen virus que son más estables en el ambiente y estos pueden transmitir por alimentos contaminados causando la fiebre o se puede transmitir mediante el agua como es el enterovirus y virus de polio causantes de la Hepatitis.(46)

2.3.8 MICROORGANISMOS

Los microorganismos son organismos vivos que no se les puede observar a simple vista, existe diversos tipos de microorganismos que van desde las células eucariotas a quimioheterótrofas cuando estas tienen organelos y membranas como los hongos y algas, hasta las células procariotas a su vez si presentan una estructura bien sencilla nos referimos a las bacterias. (47)

2.3.9 BACTERIAS

Las bacterias son microorganismos procariotas unicelulares. Ellos utilizan como alimento a la materia orgánica disuelta, que se la puede encontrar en diferentes medios en el que se encuentre alimento de por medio. La reproducción de las bacterias se da mediante fisión binaria, aunque en ocasiones algunas especies de bacterias se reproducen de forma sexual o por germinación.(48)

Las bacterias tienen miles de clasificaciones, pero todas pertenecen a tres grupos principales en general como son en relación a su forma se encuentran las esféricas, las cilíndricas y las bacterias helicoidales, estas pueden variar en el tamaño ya que se encuentran dentro de los 0.5 a los 15 micrones (1 micrón equivale 10⁻⁶ metros y

equivale a 10 – 4 cm). Una bacteria está constituida por un 80% de agua y un 20% de material seco. Del material seco que posee una bacteria el 90% es material orgánico y el 10% es material inorgánico. El fósforo, el azufre, el sodio, el calcio, el magnesio el potasio y el hierro forman el material inorgánico, si la bacteria llega a tener la ausencia de algunos de estos su crecimiento está limitado y no podrían sobrevivir.(49)

El pH en las bacterias es muy importante puesto a que ayuda en el desarrollo y el crecimiento de la misma. Para que cumplan todas sus funciones las bacterias el rango óptimo es de 6.5 a 7.(49)

2.3.10 BACTERIAS QUE SE ENCUENTRAN EN EL AGUA

En el agua la flora bacteria está formada por dos grupos entre ellos esta:

- Las Bacterias autóctonas son las que se desarrollan en un hábitat determinado.
- Las Bacterias procedentes de otros biotopos son aquellas que proceden de la tierra

Tabla 6: Bacterias de forma simple

BACTERIAS DE FORMA SIMPLE (EUBACTERIAS)		
Tipo de bacterias	Tipo de respiración	Bacterias
Cocos Grampositivos	Aerobios	<i>Micrococcus,</i> <i>Paracoccus, Lampropedia</i>
	Anaerobios	<i>Sarcina</i>
Bacilos sin espora Gramnegativos Heterótrofos	Aerobios	<i>Pseudomonas, Zooglea,</i> <i>Azotobacter</i>
Quimioautótrofos	Anaerobios	<i>Methylomonas, Alcaligenes,</i> <i>Photobacterium,</i> <i>Fusobacterium</i>
	Aerobios	<i>Nitrobacter, Thiobacillus</i>
Bacilos con espora Grampositivos	Aerobios	<i>Bacillus, Clostridium</i>
	Anaerobios	<i>Desulfomaculatum</i>

Células curvas o espirales Gramnegativos	Aerobias	<i>Vibrio, Bdellovibrio</i>
	Anaerobias	<i>Spirillum, Desulfovibrio</i>

Fuente: MarínR.(50)

Tabla 7: Bacterias de forma complejas

BACTERIAS DE FORMA COMPLEJA		
Tipo de bacterias	Tipo de respiración	Bacterias
Bacterias fototrópicas Bacterias purpura Chromatiaceas	Aerobias	<i>Choromatium, Thiocustis, Thispirillum, Thiocapsa Thidioctyibm Thiopedia, Ectothiorhodospira</i>
Rhodospirillaceas Clorobacterias	Microaerófilas	<i>Rhodospirillum, Rhodopseudomonas, Rhodomicrobium</i>
Chlorobiaceas	Anaerobias	<i>Chlorobium, Prosthecochloris, Pelodictyon, Clathrochloris.</i>
Bacteriasvaginadas	Aerobias	<i>Sphaerotilus, Laptothrix, Crenothrix</i>
Bacteriaspediculadas	Aerobias	<i>Hyphomicrobium, Rhodomicrobium, Caulobacter, Gallionella, Nevskia</i>
Actinomicetos Bacterias corineformes	Aerobios	<i>Corynebacterium, Arthobacter Nocardia, Streptomyces, Actinoplanes</i>
Espiroquetas	Aerobias	<i>Spirochaeta, Cristispira, Treponema</i>
	Anaerobias	<i>Leptospira</i>
Myoplasmas		<i>Thermoplasma, Metallogenium</i>
Bacterias reptantes Begiatoaceas	Aerobias	<i>Begiatppa, Thioploca Cytophaga, Sporocytophaga,</i>
Cytophagaceas	Anaerobias	<i>Flexibacter, Flexithrix Leucothrix, Thiothrix</i>

Fuente: Marín R.(50)

2.3.11 BACTERIAS DE AGUA DULCE

Dentro de las bacterias que se encuentran en las aguas dulces tenemos:

Aeromonas: son bacterias anaerobias facultativas que habitan especialmente en el agua, suelo y en numerosos alimentos especialmente como la carne y la leche, estas causan infecciones en humanos incluyendo septicemia, esto se da especialmente en pacientes con un sistema inmunológico debilitado. (51)

Bacillus: estas bacterias pueden ser aerobias estrictas o anaerobias facultativas, producen esporas que son resistentes a condiciones adversas, estos microorganismos miden de 4 a 10 micrones, aunque la mayoría de estas bacterias son inofensivas, algunas son patógenas tanto para el ser humano como para los animales como es el *Bacillus anthracis* que causa el ántrax, esto se puede producir debido a envenenamientos a través de alimentos contaminados. (51)

Campylobacter: Es una bacteria microaerófila que causa gastroenteritis aguda a nivel mundial, causando diarreas severas. El *Campylobacter* presenta una virulencia bien alta que tan solo con 1000 organismos este puede producir una infección. Otra fuente muy significativa es el agua debido a las fuertes precipitaciones, temperatura y la presencia de desechos. (51)

Bacterias del género *Klebsiella*:

Grupo de bacterias son oportunista que afectan principalmente a infantes, a personas que presenten quemaduras severas y a las personas que se encuentran con tratamientos inmunosupresoras. Estas bacterias habitan frecuentemente en aguas con descargas negras. (51)

- **Microbiología:**

El género *Klebsiella* pertenece a la familia Enterobacteriaceae, y forma parte de las Gamma Proteobacterias, presentan las siguientes características:

- ❖ Son bacilos Gram negativos,
- ❖ No motiles
- ❖ Son anaerobias facultativas
- ❖ Tienen la oxidasa negativa

- ❖ Se disponen en cadenas cortas o pares
- ❖ Miden de 0.5 um a 2.0 um

Se caracterizan por presentar una capsula de polisacáridos, son fijadores de nitrógeno, además fermentan lactosa y son productores de la enzima de la enzima lisina descarboxilasa, no forman endosporas y no tienen flagelos por lo que son inmóviles. (52)

Klebsiella pneumoniae

- **Microbiología:**

Por lo general la *Klebsiella pneumoniae* presentan una capsula, que le permite evadir al sistema inmune y la protege de la desecación, además presenta fimbrias o también llamadas Pili, de tipo 1 que permite la unión de la bacteria con el mucus, y fimbrias de tipo 3 que es la adhesión a células endoteliales, al epitelio del tracto respiratorio. (53)

- **Aspecto Macroscópico:**

La *Klebsiella pneumoniae* presenta colonias grandes convexas, mucoides, con bordes irregulares, son de color rosado porque consume la lactosa lo que hace que se acidifique el medio y además tiene un indicador que es el rojo de fenol que cambia de color rojo – rosado (52)

Escherichia coli:

- **Microbiología:**

La *Escherichia coli* se caracteriza por:

- ❖ Presentar bacilos cortos, no esporulado,
- ❖ Producen indol a partir del triptófano,
- ❖ fermentan glucosa y lactosa con la producción de gas.
- ❖ En agar Mac conkey las colonias son de color rosado
- ❖ Son motiles es decir se mueve por medio de flagelos peritricos
- ❖ Pueden tener plásmidos o sobrevivir con él.(54)

- **Aspectos macroscópicos:**

La *Escherichia coli* en medios con lactosa presenta una coloración rosada debido a el indicador de color rojo neutro, sus colonias son convexas con bordes regulares, medianas circulares e indol positivo(55)

- **Aspectos microscópicos:**

Son bacilos Gram negativos

Proteus vulgaris:

- **Microbiología**

El *Proteus vulgaris* presenta las siguientes características:

- ❖ No tienen esporas
- ❖ Son muy móviles
- ❖ Tiene flagelos peritricos
- ❖ No tiene capsula
- ❖ Posee una forma de bastón
- ❖ A diferencia del *Proteus mirabilis* el *Proteus vulgaris* en indol es positivo
- ❖ Producen fenilalanina
- ❖ Forman una especie de ola alrededor de las colonias lo que se le conoce a este fenómeno como swarming.
- ❖ Poseen pilis y fimbrias que ayudan a la adhesión y a la fagocitosis.(56)

- **Aspectos macroscópicos**

El *Proteus vulgaris* agar MacConkey presenta colonias medianas, convexas de color blanquecino o translucidas, con forma circular, sus bordes redondeados, con presencia de swarming.(55)

- **Aspectos microscópicos:**

Son bacilos Gram negativos

2.3.1 INDICADORES DE CONTAMINACIÓN MICROBIOLÓGICA

Para poder determinar la calidad sanitaria de los recursos del ambiente, se realiza el análisis de la carga bacteriana que indica la contaminación fecal. Estas bacterias son utilizadas para valorar la calidad sea de alimentos, sedimentos y aguas destinadas al consumo humano, como es la agricultura la industria y la recreación, sin embargo no existe un solo indicador universal que sea apropiado para una situación específica.(57)(58)

Los indicadores de contaminación fecal más utilizados son los coliformes totales y termotolerantes, entre ellos está la *Escherichia coli* y los *enterococos*. Según los autores Gonzales et al., y Méndez et al., existen numerosas limitaciones en el uso de estos indicadores, como son la escasa supervivencia en aguas y fuentes no fecales, además en la habilidad para multiplicarse después de su liberación en el agua y la debilidad frente a procesos de desinfección entre otras. Y por ello es que han utilizado indicadores alternativos como son las bacterias anaerobias fecales (*Bacteroides spp.*, *Bifidobacterium spp.*, *Clostridium perfringens*), virus como los colifagos y los componentes orgánicos fecales como los coprostanol. (59)(60)

2.3.2 VALORES DE REFERENCIA DE CALIDAD MICROBIOLÓGICA

Según la FAO el agua de riego debe tener un contaje de aerobios de 200 UFC/ml, de coliformes fecales de 1000 UFC/ml, y de *E. coli* de 200 – 400 UFC/ml (28). En el caso de las aguas de consumo la OMS indica que deben tener un conteo máximo de 100 UFC/ml de aerobios para considerarse adecuada o de calidad para el consumo humano.(5)

2.3.3 BACTERIAS COLIFORMES COMO INDICADORES DE CONTAMINACION FECAL

Los microorganismos coliformes son adecuados como indicadores de contaminación fecal debido a que forman parte de la microbiota normal de tracto gastrointestinal, tanto del ser humano como el de los animales. Los microorganismos coliformes forman un grupo heterogéneo con una amplia diversidad de especie y género. Todos los coliformes pertenecen a la familia Enterobacteriácea. (61)(62)

El agua con coliformes es perjudicial para la salud porque causa enfermedades patógenas que provienen de los excrementos y desechos de alcantarillas, las cuales producen enfermedades en las personas como diarrea, vómito, polio y hepatitis.(63)

2.3.4 COLIFORMES TOTALES

Los coliformes totales son bacterias Gram negativas que tienen una forma bacilar que fermentan la lactosa a una temperatura de 35 a 37° C , además estos producen en 24 horas ácido y gas (CO²), son aerobias y anaerobias facultativas, son oxidasa negativa, estas bacterias no forman esporas y presentan un actividad llamada B-galactosidasa, entre ellas tenemos *Escherichia coli*, *Citrobacter*, *Enterobacter* y *Klebsiella*(64)

2.3.5 COLIFORMES TERMOTOLERANTES

Son denominados coliformes termotolerantes, porque resisten temperaturas hasta de 45°C, son un número muy reducido de microorganismos los cuales son indicadores de calidad por su origen, entre los más frecuentes encontramos a la *Escherichia coli* que es la más representativa con un 90 a 100%, existen otras especies que no son muy frecuentes como el *Citrobacter freundii* y la *Klebsiella pneumoniae*.(61)(65)

Una de las pruebas importantes para diferenciar los coliformes termotolerantes de los coliformes totales es el indol, ya que los coliformes termotolerantes son indol positivo, son los mejores indicadores de higiene del agua y alimentos y la presencia de estos indican la existencia de contaminación fecal sea de origen humano o animal.(64)

2.3.5.1 *Escherichia coli*

La *Escherichia coli* es una bacteria Gram negativa, anaerobia facultativa que pertenece a la familia de las Enterobacterias, y forma parte de la microbiota normal del intestino del ser humano. Además, estas bacterias causan enfermedades como son: la infección de las vías urinarias, bacteremia (presencia de bacterias en la sangre), y meningitis. De las cuales existe una gran variedad que son patógenas que causan diarrea aguda a severa en

humanos como son *E. coli* enteroinvasiva (EIEC), *E. coli* enterohemorrágica (EHEC), *E. coli* enteroagregativa (EAEC), *E. coli* enterotoxigénica (ETEC) y la *E. coli* enteropatógena (EPEC)(27)

Según los autores Carrillo y Lozano indican que la *E. coli* es la única bacteria que posee la enzima B-D-glucuronidasa(GUD), además señalan que son bacilos capaces de producir indol a partir del triptófano.(64)

2.3.5.2 Enterococos

Pertenecen al género *Enterococcus* son células esféricas u ovoides con un tamaño de 0.6 – 2.0 x 0.6 – 2.5µm, están presentes en forma de pares o de cadenas cortas, son cocos Gram positivos, no forman endosporas y no son motiles, son anaerobios facultativos, su crecimiento óptimo es a 37°C. (66), forman parte de la microbiota normal del tracto gastrointestinal humano y del tracto genital de la mujer.(67)

Estas bacterias pueden estar presentes en el suelo, en los alimentos, en el agua, en las plantas y animales. Según la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos son considerados buenos indicadores de contaminación fecal debido a que son muy resistentes a condiciones como la congelación y la desecación. (66)(68)(27)

Para el autor Vergaray *et al.*, los *Enterococos* son indicadores bacteriológicos eficientes para evaluar la calidad de agua de mar, debido a que son muy resistentes a las condiciones salinas, y produce enfermedades como la gastroenteritis, enfermedades respiratorias, conjuntivitis y dermatitis. (69)

2.3.6 RESISTENCIA A LOS ANTIMICROBIANO

Definición:

Una resistencia de antimicrobianos se forma cuando los microorganismos, ya sean bacterias, virus, hongos y parásitos, llegan a producir cambios a consecuencia de los medicamentos que son utilizados para combatir cierta enfermedad que afecte al ser vivo. Se les conoce como ultrarresistente a todos los microorganismos que a la mayoría de antimicrobianos son resistentes, estos pueden transmitirse a otras personas y hasta pueden llegar a causar la muerte.(70)

Una bacteria ambiental es resistente porque adquiere material genético (plásmidos) libres en el ambiente conocida como resistencia adquirida. Por otro lado, los mecanismos de resistencia intrínseca le proveen una resistencia natural propia de la bacteria lo que le permite un alto grado de adaptación en el ambiente. (71)

Factores que generan resistencia:

Los factores que generan resistencia en las bacterias: se da por el uso inadecuado de antibióticos, medicamentos de mala calidad, prescripciones erróneas, la deficiencia de la prevención y el control de las infecciones, además de permanecer mucho tiempo en hospitalización bajo tratamiento antibiótico.(70)

Mecanismos de resistencia:

Daza y Pérez mencionan que las bacterias se hacen resistentes desarrollando ciertos mecanismos que impiden que el antibiótico ejerza su mecanismo de acción por medio de cualquier de estos mecanismos que son: (71)

- Inactivación del antibiótico por enzimas.
- Modificaciones bacterianas que impiden la llegada del antibiótico al punto diana.
- Alteración por parte de la bacteria en su punto diana.
- Bombas de flujo
- Transferencia de genes(71)

Tipos de pruebas

Los métodos de análisis de resistencias bacterianas más usados son: Kirby Bauer (difusión de disco) y Concentración inhibitoria mínima.

- **Métodos Kirby Bauer (difusión de disco):**

Este método se basa en la presencia o ausencia de una zona de crecimiento y se correlaciona entre el diámetro de la zona con la concentración inhibitoria mínima para cada bacteria y antimicrobiano.(72)

- **Concentración inhibitoria mínima**

Este método es cuantitativo porque se utiliza diluciones y se define como la más baja concentración de una gente antimicrobiano que inhibe el crecimiento.(72)

Para la interpretación de resultados según el CLSI se reporta de la siguiente manera:

- **Sensible:** es cuando la bacteria es inhibida por las concentraciones alcanzadas por el agente antimicrobiano. Indicando que el antibiótico probado producirá éxito en el efecto terapéutico.(72)
- **Intermedio:**es cuando la bacteria presenta una concentración inhibitoria mínima cercana a los niveles de antibióticos, es decir implica la eficacia clínica en sitios del cuerpo donde el fármaco es concentrado.(72)
- **Resistente:** es cuando la bacteria no es inhibida por las concentraciones del antimicrobiano alcanzadas a dosis normales.(72)

2.3.7 TIPOS DE RESISTENCIA:

Existen dos tipos de resistencia que son:

- **Resistencia Natural** o también llamada intrínseca se refiere a la resistencia propia del microorganismo.(73)
- **Resistencia Adquirida:** es aquella resistencia en la que una determinada especie ha adquirido a lo largo del tiempo o posterior a la exposición con un antimicrobiano. (73)

2.3.8 RESISTENCIA NATURAL Y ADQUIRIDA

A continuación, se detalla las resistencias descritas en la bibliografía para algunos coliformes.

Klebsiella pneumoniae

- **Resistencia Natural:**

La *Klebsiella pneumoniae* presenta una resistencia natural a:

- ❖ Ticarcilina (TIC)
- ❖ Carbenicilina (CAR)
- ❖ Amoxicilina (AMX)
- ❖ Ampicilina (AMP)(2)

- **Resistencia Adquirida:**

La *Klebsiella pneumoniae* genera una resistencia adquirida a:

- ❖ Carbenicilina (CAR)
- ❖ Aminoglucósidos
- ❖ Cefalosporinas (C1G)
- ❖ Ceftazidima (CAZ)
- ❖ Aztreonam (ATM)
- ❖ Ceftriaxona (CRO)
- ❖ Cefoxitin (CTX)
- ❖ Amikacina (AMK)(74)

Escherichia coli:

- **Resistencia Natural:**

La *Escherichia coli* es naturalmente resistente a:

- ❖ Ampicilina (AMP)
- ❖ Trimetoprima/sulfametoxazol (SXT)
- ❖ Tetraciclina (TET)
- ❖ Cloranfenicol (CLO)
- ❖ Ácido nalidíxico (NAL)(75)

- **Resistencia Adquirida:**

La *Escherichia coli* genera una resistencia adquirida a:

- ❖ Carbenicilina (CAR)
- ❖ Aminoglucósidos
- ❖ Cefalosporinas (C1G)
- ❖ Ceftazidima (CAZ)
- ❖ Aztreonam (ATM)
- ❖ Ceftriaxona (CRO)
- ❖ Cefoxitin (CTX)
- ❖ Amikacina (AMK)(74)

***Proteus vulgaris*:**

- **Resistencia Natural:**

El *Proteus vulgaris* es naturalmente resistente a:

- ❖ Ampicilina (AMP)
- ❖ Cefalosporina de primera generación (C1G)
- ❖ Cefuroxima (CXM)
- ❖ Cloranfenicol (CHL)
- ❖ Nitrofurantoina (NIT)(76)

- **Resistencia Adquirida:**

El *Proteus vulgaris* genera una resistencia adquirida a:

- ❖ Ticarcilina (TIC)
- ❖ Piperacilina (PIP)
- ❖ Cefazolina (CFZ)(76)

2.4 HIPÓTESIS

Hipótesis alterna (H1): El agua de la laguna de Colta no es aceptable con las características físico-químico, bacteriológicas para el uso de riego para la población que se beneficia de ella.

Hipótesis nula (H0): El agua de la laguna de Colta es aceptable con las características físico-químico, bacteriológicas para el uso de riego para la población que se beneficia de ella.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN

El enfoque investigativo que se utilizó en este estudio es cuantitativo porque se realizó la medición de parámetros físico-químicos para obtener el índice de calidad del agua. Además, se contabilizaron las unidades formadoras de colonias de bacterias en un mililitro de agua de la Laguna de Colta usando el método de placas Petrifilm en seis puntos diferentes en un período de dos meses e identificando los patrones de sensibilidad frente a antibióticos usando el método de Kirby-Bauer.

También se hace un estudio cualitativo basado en los métodos de identificación por cultivo en agares diferenciales con agentes cromógenos que por la observación de su cambio de coloración permitieron evidenciar los fenotipos metabólicos de las bacterias encontradas en las muestras.

MODALIDAD BÁSICA DE LA INVESTIGACIÓN

El diseño de la investigación está de acuerdo con las siguientes modalidades:

Investigación de campo Este estudio se hizo en la laguna de Colta en la cual se tomaron 6 muestras de agua de los puntos ya establecidos, para luego procesarlas en el área de, microbiología del laboratorio de la Universidad Técnica de Ambato campus Querochaca.

Investigación documental: Se utilizó documentos que fundamentaron la recolección, procedimiento, cuantificación y presentación de resultados. La información se obtuvo

de artículos científicos, libros, tesis de grados, documentos científicos publicados en sitios web.

Investigación Experimental: Es una investigación experimental porque las muestras se analizaron en los laboratorios campus Querochaca con mediciones físico-químicas y uso de procedimientos e instrumental en el laboratorio de microbiología al realizar cultivos para la identificación y cuantificación de las bacterias obtenidas en las muestras de seis puntos geográficos recolectados de la Laguna de Colta

3.2 NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN

Como tipos particulares de la investigación se utilizarán los siguientes:

Investigación Exploratoria: Al ser un problema poco explorado y reconocido se evaluó por primera vez la calidad microbiana del agua de la Laguna de Colta ya que otros estudios se han efectuado en el sedimento y no evalúan calidad exclusiva del agua.

Investigación Descriptiva: Debido a que se reconoce el estado de la calidad del agua de las muestras evaluadas durante los meses de junio y julio, sin realizar pruebas que modifiquen las variables que afectan a la misma.

3.3 SELECCIÓN DEL ÁREA O ÁMBITO DE ESTUDIO

Campo: Microbiología

Área: Bacteriología.

Aspecto: Parámetros físico – químicos y bacteriológicos

Objetivo de estudio: Agua de la laguna de Colta

Delimitación espacial: La investigación se realizó en la laguna de Colta de la zona central de Ecuador.

- **Provincia:** Chimborazo
- **Cantón:** Colta
- **Parroquia:** Santiago de Quito
- **Longitud:** 78° 42' a 78° 49'

- **Latitud:** 01° 42' a 01° 44'
- **Altitud:** 3.324 m.s.n.m
- **Temperatura Normal:** 12 a 15°C

Extensión: La laguna tiene una extensión 2.8 km de largo por 0.90 km de ancho.

Delimitación temporal: La recolección de muestras se realizó durante el periodo comprendido entre los meses de junio y julio y las pruebas de identificación concluyeron en el mes de agosto.

3.4 POBLACIÓN Y MUESTRA

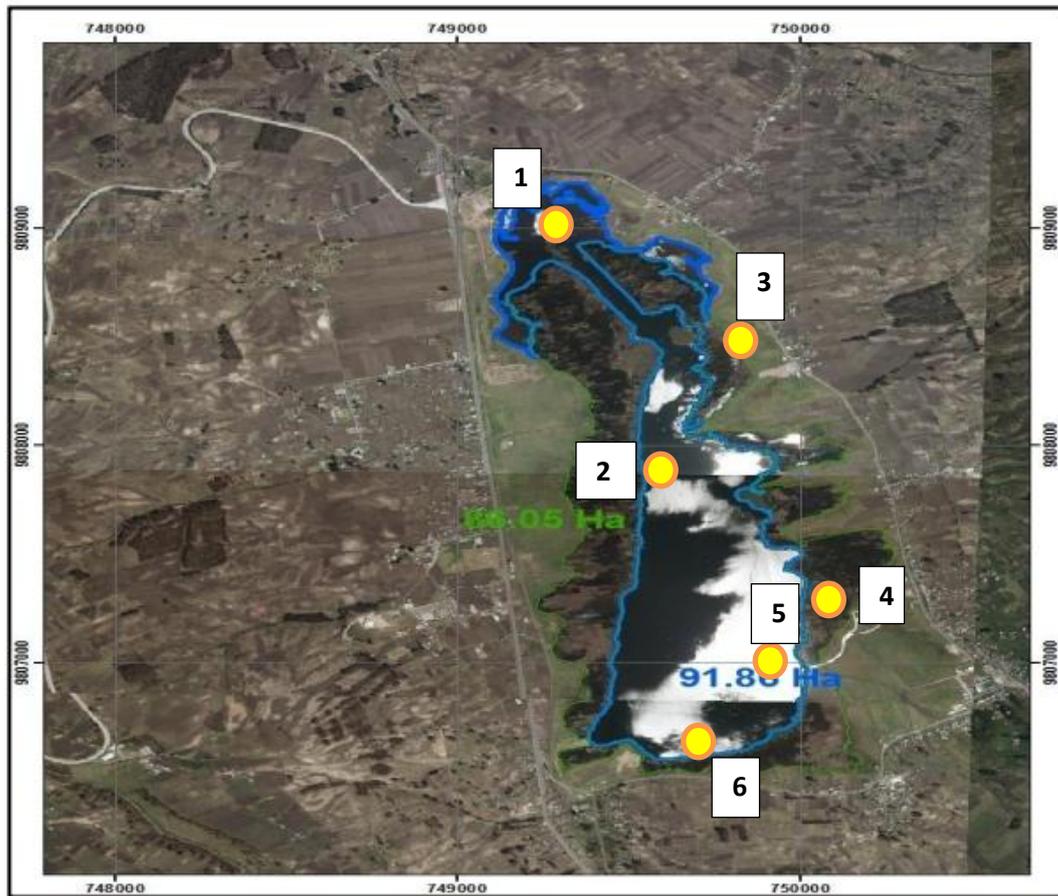
Universo: Aguas de la Laguna de Colta de la zona central del Ecuador

Muestra: Seis muestras de agua de la Laguna de Colta de la Zona Central del Ecuador.

Puntos de toma de muestra:

Los puntos elegidos de toma de muestra se basaron en los factores influyentes reportados por Quintanilla et al., 2016 en cuanto a la situación ambiental en el entorno de la laguna de Colta relacionados con el detrimento que causan las diferentes actividades desarrolladas por el ser humano sobre este ecosistema. Entre las más significativas se encuentran, la presencia de asentamientos humanos y por ende la generación de sitios de disposición de los desechos sólidos y líquidos, uso de agroquímicos en las zonas de cultivo adyacentes, deforestación de la zona alta, entre otros. Sin embargo y contrario a estos problemas ambientales se reporta la existencia de proyectos para recuperar este humedal, así como proyectos de control y prevención de la contaminación del agua de la laguna, como lo es la construcción del alcantarillado sanitario y posterior sistema de tratamiento de las aguas residuales.(6)

Gráfico 2: Mapa de coordenadas de la Laguna de Colta



Fuente: Serrano P. (22)

Tabla 8: Puntos de Toma de Muestras de la Laguna de Colta

P	REFERENCIA	ALTITUD Msnm	COORDENADAS	ENTORNO DEL LUGAR	PROFUNDIDAD	HORA (meses junio y julio)
1	Norte	2874	31 metros de la orilla	Suelo con presencia de humedales	0.50 cm	Toma 1 9:00 am Toma 2 16:00 pm
2	Nor-oeste	2774	560metros de la panamericana principal	Tras del orquideario, presencia de plantas macrofitas flotantes	0.50 cm	Toma 1 9:00 am Toma 2 16:00 pm

3	Nor-este	2772	386 metros del primer punto	Presencia de humedales, escombros y pastoreo de animales	0.50 cm	Toma 1 9:00 am Toma 2 16:00 pm
4	Sur-Este	2780	50 metros de la orilla	Existe presencia de sendero, recolección de totora	0.50 cm	Toma 1 9:00 am Toma 2 16:00 pm
5	Sur	2729	250 metros de la orilla	Presencia de Totora	0.50 cm	Toma 1 9:00 am Toma 2 16:00 pm
6	Sur-este	2775	100 metros de la orilla	Pastoreo de animales	0.50 cm	Toma 1 9:00 am Toma 2 16:00 pm

Elaborado por: Mayra López

Tamaño de muestra

Se realizaron cuatro muestreos de los seis puntos geográficos especificados en dos meses durante el proceso de estudio, el volumen de agua recolectada de muestra fue de 1.500ml en cada toma.

La cantidad mínima de muestra necesaria para el análisis físico-químico fue de 1000 ml (1 litro), mientras que para el análisis bacteriológico se utilizaron frascos de boca ancha y tapa hermética con una capacidad de 250 a 300 ml.

3.5 CRITERIOS DE INCLUSIÓN Y EXCLUSIÓN

CRITERIOS DE INCLUSIÓN

Todas las muestras que se usaron para la determinación de parámetros físicos y químicos, se manejaron en base a procesos estandarizados por el INEN como son el uso de frascos completamente llenos y tapados de tal forma que no existió aire sobre la muestra para limitar la interacción de la fase gaseosa y la agitación durante el transporte (así evitando la modificación del contenido de dióxido de carbono y la variación en el valor del pH, limitando las variaciones de color, etc.).(35)

CRITERIOS DE EXCLUSIÓN

El recipiente que contiene la muestra, y la tapa, no debieron:

- Permitir que las muestras absorban los constituyentes a ser determinados (por ejemplo: los hidrocarburos pueden ser absorbidos en un recipiente de polietileno; trazas de los metales pueden ser adsorbidas sobre la superficie de los recipientes de vidrio).(77)
- Reaccionar con ciertos constituyentes de la muestra (por ejemplo: los fluoruros porque reaccionan con el vidrio). (77)
- Contener trazas de constituyentes como metales pesados o radionucleidos por aplicación de métodos de limpieza y tratamiento con la finalidad de reducir la contaminación de la muestra. (77)

3.6 PROCEDIMIENTO Y ANÁLISIS

3.6.1 TOMA DE MUESTRA DE LA LAGUNA

La norma técnica ecuatoriana INEN (Nte INEN 2169:2013) provee los procedimientos adecuados de muestreo, manejo y conservación de las muestras de agua para análisis físico químico y microbiológico. En el presente estudio fueron aplicados dichos procedimientos.

Según el literal 3.14 para el análisis físico-químico primero se debe lavar el recipiente para así evitar contaminación de las muestras luego llenar los frascos y taparlos de tal forma que no exista aire en el frasco y así evitar variación en el pH. Rotular las muestras de una manera clara (fecha, hora de muestreo y nombre de la persona que muestreó) para que no exista error y permita una mejor identificación.(35)

Para las determinaciones bacteriológicas, se tomaron manualmente las muestras de agua, en seis puntos diferentes de la laguna, captadas entre 10 a 25 cm de la superficie

del agua en horas de la mañana (7 am a 9 am), en la tarde se realizó el mismo procedimiento de (16 pm a 18pm) en cada uno de los sitios de muestreo. La recolección de las muestras de agua se lo realizó en frascos de boca ancha y con tapa hermética, en la que se realizó el siguiente procedimiento estandarizado:

1. Sumergir el recipiente a una profundidad de 20 – 30 cm.
2. Haciendo un movimiento en semicírculo se recolectó la muestra.
3. Posterior se rotuló y se colocó en el cooler.
4. Esto se realizó en la mañana de 7: 00 -9: 00 y en la tarde de 16:00 – 18:00

3.7 PROCESAMIENTO Y EVALUACIÓN DE LAS MUESTRAS

3.7.1 ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO

Para los análisis físico-químicos se utilizó el equipo portátil multifuncional Hanna, que nos ayudó a determinar los parámetros de pH, temperatura, conductividad eléctrica y sólidos disueltos totales que se midieron individualmente en cada uno de los seis puntos geográficos determinados. Mientras que, para cloruros, nitrato, nitrito, y turbidez se unificaron las muestras de agua de los seis puntos en un volumen total de 2000ml (se le denomina muestra integrada) que se enviaron a la empresa EMAPA en donde se analizaron con el espectrofotómetro HASH.

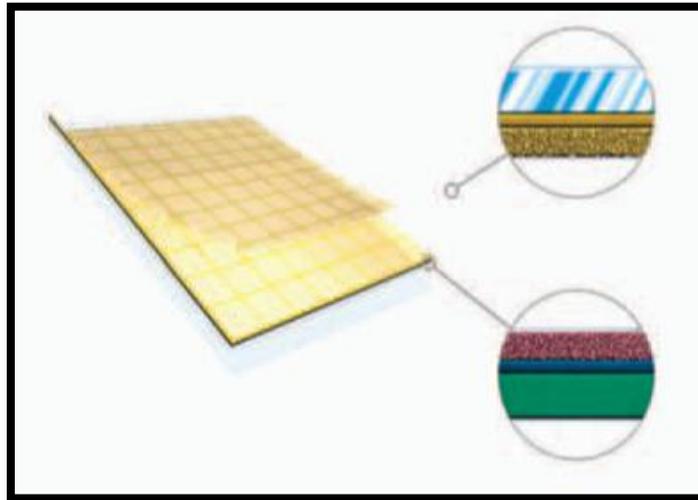
3.5.6 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

3.5.6.1 CUANTIFICACIÓN

MÉTODO PETRIFILM

Las placas 3M Petrifilm son medios de cultivo que sirven para realizar pruebas microbiológicas rápidas y determinar diversos microorganismos. Son fabricados por la División de Seguridad Alimentaria de 3M Corporation.

Gráfico3:Diseño placa Petrifilm™



FILM SUPERIOR

Es un film de plástico que está cubierto por un adhesivo, un indicador y un gel que es soluble en agua fría

FILM INTERIOR

Es un papel cuadrulado que está cubierto con un plástico, un adhesivo, nutrientes que son de método estándar y un gel soluble en agua fría

Fuente: 3M (2008)

Para el recuento de bacterias aerobias, *E.coli*/coliformes totales *Staphylococcus aureus* se realizó con el método indicado por el fabricante de placas petrifilm (3M Petrifilm™). La metodología fue la siguiente:

- Se colocó en una superficie plana la placa petrifilm y enseguida se levantó el film superior.
- Con la pipeta se colocó en forma perpendicular 1ml de la muestra en el centro del Petrifilm.
- Luego descendimos el film superior de manera cuidadosa, evitando la formación de burbujas.
- Se colocó el aplicador de alta Sensibilidad en el film superior bien centrado sobre el inóculo, con la cara rebajada hacia abajo.
- Distribuimos la muestra realizando una ligera presión sobre el mango del aplicador. No girar ni deslizar el aplicador, levantar el aplicador y esperar de 2 a 5 minutos a que solidifique el gel.
- Incubamos las placas Petrifilm cara arriba y colocar en filas de hasta 10 placas. El tiempo de incubación y la temperatura varía según el método.
 - ❖ Aerobios mesófilos de 30°C por 72 horas

- ❖ *E. coli* 35°C por 24 horas - Coliformes totales 35°C durante 48horas
 - ❖ *S. aureus* 37°C por 24 horas
- Leímos las placas Petrifilm utilizando el contador de colonias y los resultados reportamos en UFC/ml. No leer con luz de fondo para la lectura de esta placa, usar luz directa.
 - Posteriormente las colonias aislamos para su identificación. Levantando el film superior.

3.5.6.2 LECTURA DE LAS PLACAS PETRI FILM

Para realizar el conteo de las unidades formadoras de colonias de cada uno de los puntos se tomó en cuenta los rangos de referencia de conteo.(78)

Tabla 9: Rangos (UFC) de conteo para recuento de colonias

MICROORGNISMOS	RANGO (UFC)
Coliformes	20 – 200
<i>E. coli</i>	20 – 200
Aerobios	30 – 300
<i>S. aureus</i>	20 – 200

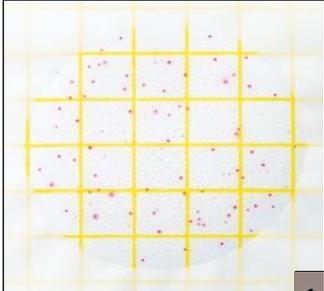
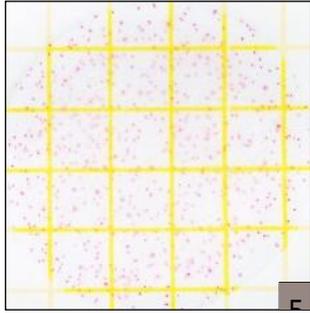
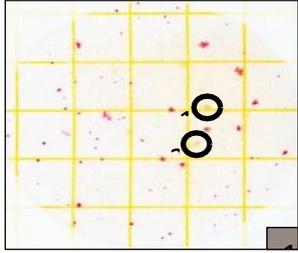
Fuente: 3M (2008)

Elaborado por: Mayra López

3.5.6.2.1 RECUESTO PARA AEROBIOS

Las Placas Petrifilm para Recuento de Aerobios Totalesson placasque contienenutrientes del Agar Standard Methods, que es el agente gelificante que tiene un tinte de color rojo que actúa como indicador en el recuento de las colonias.(79)

Tabla 10: Inserto de Recuentos de Aerobios

RECuento PARA AEROBIOS AC		
<p>Conteo de Bacterias Aerobias =152</p>	<p>El color rojo que se observa en la placa es un tinte que indica las colonias presentes y así poder identificarlas de una mejor manera. Según el personal autorizado de productos microbiológico de 3M nos indica que debemos contar todas las colonias sin importar el tamaño o a intensidad del color.</p>	
<p>Conteo de Bacterias Aerobias = 560 “estimado”</p>	<p>En esta imagen nos indica que cuando el número sobrepasa las 250 colonias, por su excesivo crecimiento debemos realizar un conteo estimado es decir determinar un promedio de colonias en un cuadrante y multiplicarlo por 20 para así obtener un conteo total.</p>	
LICUEFACCIÓN DEL GEL Y PARTÍCULAS DE PRODUCTOS		
<p>Conteo de Bacterias Aerobias = 83</p>	<p>En las placas nosotros podemos diferenciar las colonias de aerobios teñidas de color rojo con partículas o residuos, pues estas presentan una forma irregular y además el color es opaco como nos indica en la figura.</p>	

Fuente: 3M (2018)

Elaborado por: Mayra López

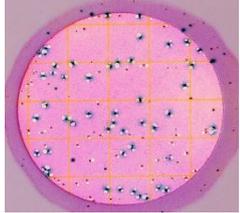
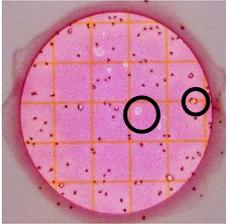
3.5.6.2.2 RECuento PARA *E. coli* Y COLIFORMES TOTALES

Las Placas Petrifilm para el Recuento de *E. coli* y Coliformes Totales contienen Bilis Rojo Violeta (VRB) un agente solidificante que nos indica la actividad

Glucuronidasa y un tinte que facilita el conteo de las colonias. Un 97% de las colonias hace que forme un precipitado de color azul que se asocia a la colonia debido a que la *E. coli* producen beta glucuronidasa. Estas atrapan el gas que es producido por la fermentación de la lactosa por parte de los Coliformes y *E. coli*. Alrededor del 95% de las *E. coli* producen gas, estas se representan por colonias entre azules y rojo azuladas debido a que el gas queda atrapado en la placa Petrifilm EC. (80)

La Asociación internacional de Químicos Analíticos Oficiales (AOAC) y el Manual de Bacteriología Analítica (BAM) definen que los Coliformes son bacilos Gram negativos que debido a la fermentación metabólica de la lactosa producen ácido y gas. Los coliformes en las Placas Petrifilm^{MR} EC durante su crecimiento van generando ácido, por lo que el indicador de pH va oscureciendo o profundizando el color del gel, por lo que el gas queda atrapado alrededor de la colonia confirmando la presencia de un coliforme. (80)

Tabla 11: Inserto para Recuento de *E. Coliy* Coliformes Totales

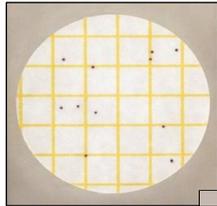
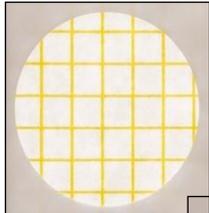
RECuento PARA <i>E. coli</i> Y COLIFORMES TOTALES		
Este método es certificado por la AOAC.	<p>Conteo de <i>E. coli</i> = 49 colonias azules con gas</p> <p>Conteo de Coliformes Totales = 87 colonias rojas y azules con gas.</p>	
<p>Conteo de Coliformes = 78</p>	<p>En esta placa podemos observar la presencia de burbujas con forma irregular, esto es resultado de una inadecuada inoculación y de la misma manera no están relacionadas con colonias rojas.</p>	

Fuente: 3M (2018)
Elaborado por: Mayra López

3.5.6.2.3 RECuento PARA *STAPHYLOCOCCUS aureus*

Para el recuento de *Staphylococcus aureus* en las placas 3M Petrifilm es un medio de cultivo que está listo para las muestras, estas placas tienen un gelificante soluble en agua fría, además es un medio cromogénico modificado Baird – Parker en la placa este medio es selectivo y diferencial específicamente para *Staphylococcus aureus*, si en la placa las colonias toman el color rojo violeta son *S. aureus*. (81)

Tabla 12: Inserto para el Recuento de *Staphylococcus aureus*

RECUENTO PARA <i>STAPHYLOCOCCUS aureus</i>		
<i>S. aureus</i> Count = 11	En esta placa podemos observar la presencia de colonias rojo – violeta que es <i>Staphylococcus aureus</i> .	
<i>S. aureus</i> Count = 0	Si en 24 horas la placa Petrifilm no tiene colonias como observamos en la imagen se reporta 0.	

Fuente: 3M (2018)

Elaborado por: Mayra López

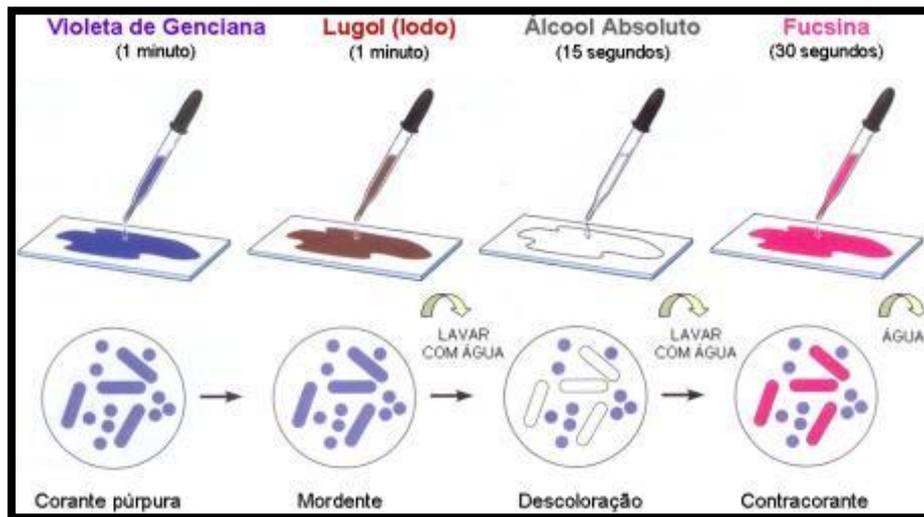
El número más probable (NMP) es una cuantificación equivalente a las unidades formadoras de colonias (UFC) pues las dos son unidades que ayudan a determinar la cantidad existente de bacterias. El NMP es un método eficiente de estimación de densidades de una población en diluciones, mientras que las UFC se obtienen por un método en el que se cuantifican los microorganismos en muestras líquidas o sólidas. (82)

3.5.6.3 GRAM:

La tinción de Gram es una tinción que se usa para visualizar a las bacterias que están presentes en muestras clínicas y así determinar la morfología celular bacteriana (cocos, bacilo, etc.) como también para poder realizar a una primera aproximación a la diferenciación bacteriana por el contenido de peptidoglicano en la pared celular, considerándose que las bacterias Gram positivas son color morado debido a que posee

una gruesa capa de péptidoglicanos y una sola capa de membrana como son los cocos que presentan una forma esférica y se identifican formas en racimos o en cadenas. Las Gram negativas a las que se visualizan de color rosa, corresponden a bacterias con dos capas de membranas y entre las dos una fina capa de péptidoglicanos en forma de bacilos las que tienen forma de bastones o varillas.(83)

Gráfico4: Técnica de tinción GRAM



Fuente: Métodos de siembra (Santos, 2005)

Técnica

1. Primero se enciende el mechero luego se limpia el portaobjetos.
2. Añadiren el portaobjeto unagota de solución salina.
3. Con el asa bacteriológica esterilizada tomar unacolonia pequeña y colocaren el portaobjeto.
4. Secar el portaobjeto a temperatura ambiente o con ayuda del mechero.
5. Una vez que la placa se encuentre seca aplicar cristal violeta (colorante primario) y dejar reposar por 1 min, cumplido el tiempo, lavar con agua
6. Luego aplicar el Lugol que es el fijadorpor un minuto y de igual manera lavar con agua.
7. Aplicar decolorantes que es el alcohol cetona por 30 segundos y enseguida lavar con agua para que la muestra no sé pierda.
8. Y por último aplicar safranina que es el colorante contraste por un minuto, y lavar con agua.

9. Una vez que se ha terminado de colorear la placa de debe secar para luego colocar una gota de aceite de inmersión y observar en el microscopio con el lente de 100X

INTERPRETACIÓN DE LA TINCIÓN GRAM

Permite evaluar la cantidad y morfología bacteriana es decir bacilos y cocos y además sirve también para determinar si son Gram positivos o Gram negativos.

La identificación preliminar en la tinción Gram dio la pauta para la selección de los medios de cultivo adecuados para las colonias obtenidas de cada microorganismo.

3.5.6.4 AISLAMIENTO

Se realizará el aislamiento mediante la técnica de siembra por agotamiento de estrías en tres cuadrantes.

SIEMBRA EN AGAR SANGRE DE CORDERO AL 5%

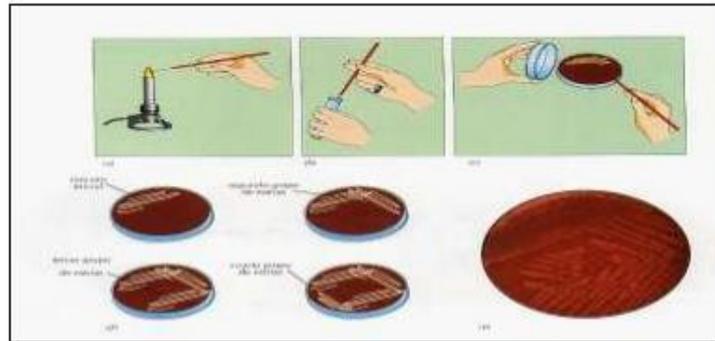
Fundamento:

El agar sangre es un medio nutritivo en la cual el agar es el agente solidificante, está compuesto de infusión de músculo de corazón, peptona, lo que permite el crecimiento de las bacterias y cloruro de sodio hace que mantenga el balance osmótico. Además, el agar sangre distingue las hemolisis formando halos estos pueden ser amarillos translúcidos que significa beta hemolisis, halos verdosos son alfa hemolisis y si no presenta producción de hemolisis eso significa que existe una hemolisis gama. Permitiendo diferenciar las colonias por su color, forma, hemolisis y tamaño.(84)

Técnica por agotamiento en superficie en una placa:

1. Preparar en una placa Petri medio de cultivo y eliminar el exceso de humedad.
2. Luego se esterilizó el asa paracoger una colonia de las placas petrifilm.
3. Se depositóla colonia en la parte superior del medio de cultivo y se comienza a estriar
4. Realizamos un giro a la placa 90 °, y continuamos realizando las estrías hasta terminar los cuatro cuadrantes

Gráfico5:Técnica de siembra por estrías



Fuente: Métodos de siembra (Jiménez, 2011)

INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS EN AGAR SANGRE DE CORDERO 5%

Se observó las características de las colonias y las reacciones de hemólisis:

Hemólisis alfa: es cuando se presenta un halo de color verdoso alrededor de las colonias, esto se debe a la oxidación de la hemoglobina y al peróxido que es producido por las bacterias.

Hemólisis beta: es cuando en las colonias presenta un halo claro y brillante y esto se da por el rompimiento total de glóbulos rojos.

Hemólisis gamma: esta hemolisis no forma halo alrededor de las colonias es decir no presenta modificaciones, no cambian de color ni de aspecto, esto se produce por la falta de rompimiento de los glóbulos rojos.(49)

SIEMBRA EN AGAR MACCONKEY

Este medio de cultivo se utilizó para aislar los bacilos Gram negativos, aerobios y anaerobios facultativos, lo que nos permitió diferenciar las bacterias que fermenta o no la lactosa, en especial las enterobacterias crecen en este medio de cultivo.(85)

Fundamento

El principal nutriente de este medio de cultivo es la peptona que ayuda en el crecimiento bacteriano, mientras que la lactosa que es el hidrato de carbono, la mezcla de las sales biliares y el cristal violeta son inhibidores del desarrollo de la flora Gram positiva.(85)

Interpretación de los resultados en agar Macconkey

Cuando las colonias fermentan lactosa dan un color rosado esto se da por el comportamiento del pH, presentando colonias pequeñas, con bordes irregulares, mientras que las bacterias que no fermentan lactosa son incoloras

AGAR MANITOL SALADO

Manitol salado es un medio de cultivo selectivo y diferencial que utilizamos para aislar y diferenciar *Staphylococcus*.(86)

Fundamento

En este medio de cultivo produce el desarrollo de las bacterias esto se da gracias a los constituyentes del carbono (extracto de carne, peptona y tripteína), al nitrógeno, vitaminas y minerales. Además, en este medio existe en altas concentraciones el cloruro de sodio debido a que es el agente selectivo y solidificante.(86)

Interpretación de resultados

❖ Microorganismos fermentadores de manitol:

Colonias de color amarillo rodeadas o no de un halo amarillo

❖ Microorganismos no fermentadores de manitol

Colonias del color del medio, rojas rodeadas o no de halo rojizo-púrpura.(86)

3.5.6.5 IDENTIFICACIÓN DE LA ESPECIE DE BACTERIA

Tabla 13: Identificación de Bacterias

P	AGAR	PRUEBAS BIOQUIMICAS	RESULTADO	BACTERIA
1	 <p>Macconkey</p>		Urea: (-) Citrate (-) SIM: Mot: (+) Indo: (+) SH2: (-) TSI:Gas Gl: (+) La: (+) Sa: (+) Malonato: (-) Rojo Metilo: (+) VP: (-)	<i>Escherichia coli</i>
2	<p>Mac conkey</p> 		Urea: (+) Citrate (+) SIM: Mot: (-) Indo: (-) SH2: (-) TSI: Gl: (+) La: (+) Sa: (+) Malonato: (+) Rojo Metilo: (+) VP: (-)	<i>Klebsiella pneumoniae</i>
3	 <p>Mac conkey</p>		Urea: (+) Citrate (-) SIM: Mot: (+) Indo: (+) SH2: (+) TSI: Gl: (+) La: (-) Sa: (+) Malonato: (-) Rojo Metilo: (+) VP: (-)	<i>Proteus vulgaris</i>

Elaborado por: Mayra López

3.5.6.6 PRUEBAS DE SENSIBILIDAD

Para las pruebas de sensibilidad se realizó el método de Kirby Bauer, donde el microorganismo inoculamos en la superficie del agar, sobre el cual colocamos discos impregnados con una concentración conocida del antibiótico. Las placas se incuban por 16-18 horas a 35- 37°C. Durante la incubación, el antibiótico se propaga radialmente desde el disco a través del agar, por lo que su concentración va a disminuir a medida que se aleja del disco. El diámetro del área de inhibición puede ser sensible, intermedio o resistente (S, I, o R).

Para realizar el antibiograma se realizó los siguientes pasos:

- Una vez que el medio de cultivo pasó 18 a 24 horas en incubación, con un hisopo se recogió de una a tres colonias aisladas y se colocó en un tubo que contenga suero fisiológico.
- Luego ajustamos el inóculo hasta obtener una turbidez equivalente al estándar 0.5 de la escala de Mc. Farland, comparando el tubo del inóculo con el tubo de la escala sobre una hoja en blanco contrastado con líneas negras.
- Después de ajustar la turbidez transcurrió 15 minutos. Se introdujo un hisopo dentro del inóculo y al retirarlo se giró varias veces en la pared del tubo para eliminar el exceso del líquido.
- Se inoculó toda la superficie del agar Muller Hinton con el hisopo rotando tres veces la placa 60° distribuyéndolo por todo el medio incluido el borde, asegurándonos una completa distribución hasta obtener una siembra uniforme.
- Una vez terminado se dejó secar durante 3 a 5 minutos para que la humedad sea absorbida antes de colocar los antibióticos.
- Utilizando pinzas estériles se colocaron los discos en la superficie del agar haciendo una ligera presión para asegurar un contacto completo con una distancia de 15mm del borde de la placa y 24mm de centro a centro.

- Según la CLSI si la placa es de 150mm se debe colocar máximo hasta 12 discos, en nuestro caso la placa fue de 100mm por lo que se colocaron máximo cinco discos.
- Se colocaron las placas en la incubadora de forma invertida a una temperatura de 35° a 37°C
- Después de la de incubación con una regla se midieron los diámetros de los halos de inhibición incluyendo los diámetros de los discos y se interpretaron comparando las mediciones con los diámetros referenciales de las tablas del CLSI, como sensible (S), intermedio (I) y resistente (R). (87)

El Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI) es un organismo que promueve el desarrollo de estándares y normas prácticas de laboratorio para una mejor calidad de servicio de atención medica en los laboratorios de Microbiología y facilitan que otros laboratorios a nivel mundial puedan emitir sus reportes y resultados basándose en las tablas emitidas por el CLSI. (88)

INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

Los resultados que se obtuvo se interpretaron con las tablas según la CLSI reportándose como sensibles, intermedias o resistentes las respuestas de las bacterias frente a los antibióticos evaluados in vitro.

Sensible: cuando formaron halos iguales o mayores a los indicados en las tablas del CLSI para el microorganismo específico.

Intermedio: cuando se formaron halos con diámetros dentro de los límites establecidos por la CLSI.

Resistentes: cuando se formaron halos iguales o menores a las medidas que indica la CLSI.

Tabla 14: Antibiograma para Enterobacteriácea (CLSI 2018)

ENTEROBACTERIAS				
ANTIBIÓTICO	GRAMOS	SENSIBLE	INTERMEDIO	RESISTENTE
Ampicilina	10 µg	≥ 17	14 – 16	≤ 13
Piperacilina	100 µg	≥ 21	18 – 20	≤ 17

Amoxicilina-a. clavulánico	20/10 µg	≥ 18	14 – 17	≤ 13
Piperacilina- tazobactam	100/10 µg	≥ 21	18 – 20	≤ 17
Cefalotina	30 µg	≥ 18	15 – 17	≤ 14
Cefuroxima	30 µg	≥ 18	15 – 17	≤ 14
Cefoxitina	30 µg	≥ 18	15 – 17	≤ 14
Cefotaxima o ceftriaxona	30 µg	≥ 23	15 – 22	≤ 14
Ceftazidima	30 µg	≥ 18	15 – 17	≤ 14
Cefepima	30 µg	≥ 18	15 – 17	≤ 14
Imipenem	10 µg	≥ 16	14 – 15	≤ 13
Meropenem	10 µg	≥ 16	14 – 15	≤ 13
Ertapenem	10 µg	≥ 19	16 – 18	≤ 15
Aztronam	30 µg	≥ 22	16 – 21	≤ 15
Gentamicina	10 µg	≥ 15	13 – 14	≤ 12
Tobramicina	10 µg	≥ 15	13 – 14	≤ 12
Amikacina	30 µg	≥ 17	15 – 16	≤ 14
Cotrimoxazol	25,23,75 µg	≥ 16	11 – 15	≤ 10
Ciprofloxacino	5 µg	≥ 21	16 – 20	≤ 15
Tetraciclina	30 µg	≥ 19	15 – 18	≤ 14
Cloranfenicol	30 µg	≥ 18	13 – 17	≤ 12

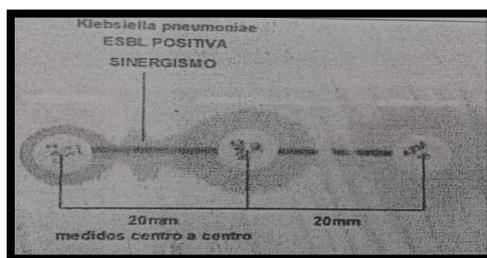
Fuente: CLSI, 2017

3.5.6.7 COMPROBACIÓN DE UN BLEE

La prueba para detección de BLEE determina si las enzimas presentes en la bacteria son capaces de hidrolizar penicilinas, cefalosporina de amplio espectro y monobactámicos que provienen de los tipos TEM 1, TEM 2 y SVH - 1. Estas son inhibidas por el ácido clavulánico. Para determinar si *Klebsiella pneumoniae* es una bacteria de espectro extendido o BLEE realizamos la prueba de sinergismo entre la ceftazidima, la amoxicilina más ácido clavulánico y aztreonam colocando estos antibióticos con una distancia de 20mm en la placa, por lo que en caso de ser positivo debe presentar un sinergismo entre ceftazidima y amoxicilina más ácido clavulánico como lo indica la

imagen, al no obtenerse dicho sinergismo se reconoce que no se trata de una enzima BLEE. (89)

Gráfico6: BLEE positivo para *Klebsiella pneumoniae*



Fuente: Rossi F. (Resistencia Bacteriana)

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 TABULACIÓN

En este capítulo se presentan las tablas de los resultados obtenidos junto a la interpretación de cada parámetro analizado con referencia a los estándares de agua para uso de riego de cultivos. Como se expuso en el capítulo previo el agua de la laguna de Colta es principalmente usada para riego de vegetales como: chocho, habas, quinua, etc., por lo tanto, los valores obtenidos se comparan a continuación en base a dicho uso. Para otro tipo de usos no se analiza en la presente investigación.

4.1.1 PARÁMETROS FÍSICO- QUÍMICOS

Los valores que se obtuvieron al realizar los análisis de Laboratorio, comparamos con los límites máximos y mínimos permisibles que nos establece el Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundario para el Medio Ambiente de Ecuador (TULSMA)

Tabla 15: Estadísticos descriptivos de los parámetros fisicoquímicos

a. Existen varias modas. Se mostrará el menor de los valores.

	Temperatura	pH	SALINIDAD		Toxicidad por ion Especifico	Nitritos	Nitratos	Turbidez
			Conductividad	Solidos T.	Cloruros			
Válidos	48	48	48	48	48	48	48	48
Perdidos	0	0	0	0	0	0	0	0
Media	18,3771	8,7869	1028,5833	501,8125	20,9750	0,0300	5,3325	12,9250
Mediana	18,4000	8,7300	1032,5000	516,0000	21,0000	0,0300	5,4400	12,8000
Moda	18,90	8,43	1030,00 ^a	508,00 ^a	19,70 ^a	0,03	4,50a	12,30a
Desv. típ.	1,14339	0,38010	184,33651	106,41162	0,99113	0,00715	0,55868	0,55525
Rango	4,90	2,17	768,00	384,00	2,50	0,02	1,45	1,50
Mínimo	16,20	7,60	556,00	279,00	19,70	0,02	4,50	12,30
Máximo	21,10	9,77	1324,00	663,00	22,20	0,04	5,95	13,80

Elaborado por: Mayra López

La temperatura promedio fue de $18,3 \pm 1,14$ con un límite máximo de 21,1 y un mínimo de 16,2; con un rango referencial de 22 a 25 °C (43), lo que indica que las temperaturas no superaron estos valores de referencia.

El pH tuvo un promedio de $8,78 \pm 0,38$ con un máximo de 9,77 y un mínimo de 7,60 con un valor de referencia de 6,5 a 8,4 (35) lo que demuestra que todos los puntos superaron el rango óptimo para agua de regadío.

La conductividad presentó un promedio de $1.028 \pm 184,3$ con un máximo de 1.324 y un mínimo de 556 con un valor de referencia de 750 a 2000 uS/m (40) lo que nos indica que la conductividad no superó los rangos normales.

Los sólidos totales promedio son de $501,8 \pm 106,41$ mg/l con un máximo de 663 mg/l y un mínimo de 279 mg/l con un valor de referencia menor a 450 mg/l (35)(36) lo que nos indica que la mayoría de los puntos superaron el valor referencial.

Los cloruros presentan un promedio de $20,97 \pm 0,99$ mg/l con un máximo de 22,0 mg/l y un mínimo de 19,70 mg/l y un valor de referencia de 7 a 12 mg/l(40), lo que nos indica que este parámetro superó el rango normal.

Los nitritos promedio son de 0.03 ± 0.007 mg/l, con un máximo de 0.04 y un mínimo de 0.02 con un valor referencial de 10mg/l(36), lo que nos indica que todas las muestras de los seis puntos no superaron el rango normal de concentración de nitritos.

Los nitratos presenta un promedio 5.33 ± 0.55 mg/l con un mínimo de 4.50 mg/l y un máximo 5.95 mg/l con un valor de referencia de 10 mg/l(36), lo que demostró que no superaron los límites de referencia para agua de regadío o agricultura encontrándose en el rango normal.

Por último la turbidez promedio fue de 12.92 ± 0.55 NTU con un máximo de 13.80 NTU y un mínimo de 12.30 NTU, con un valor referencial de 1 a 30 NTU (42), por lo tanto estos valores se encontraron dentro del rango referencial.

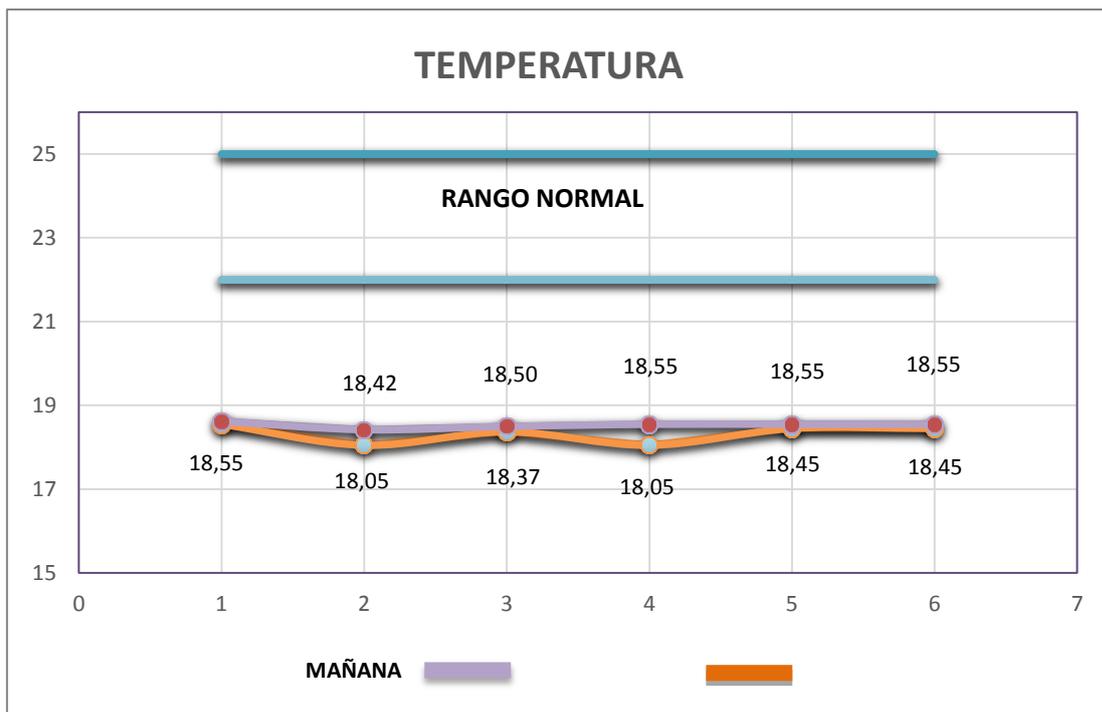
TEMPERATURA

Tabla 16: Temperaturas de 48 muestras tomadas del Agua de la Laguna de Colta en el período de Junio – Julio del 2018 frente a valores de referencia

PUNTOS	MAÑANA	TARDE	NIVEL Y PORCENTAJE	VALOR REFERENCIAL TULSMA
P1	17,85	18.62	TEMPERATURA BAJA (<22) 100%	TEMPERATURA BAJA (<22) TEMPERATURA NORMAL (22-25°C) TEMPERATURA ALTA (>25°C)
P2	18.45	18.42		
P3	18.05	18.5		
P4	18.37	18.55		
P5	18.05	18.55		
P6	18.55	18.55		

Elaborado por: Mayra López

Gráfico7: Temperaturas medidas de 6 puntos geográficos del Agua de la Laguna de Colta en el período de Junio – Julio del 2018 frente a valores de referencia



Elaborado por: Mayra López

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN:

Los valores de temperatura que indica TULSMA para regadío y agricultura son de 22° a 25° C, porque engloba los parámetros de temperatura de diversas variedades de cultivos. Hay que tener en cuenta que la temperatura del agua puede variar dependiendo de la estación del año en la que se tomen las muestras. Puesto que las muestras del agua de la Laguna de Colta fueron recolectadas en el mes de junio correspondiente a la finalización del invierno y en el mes de Julio el inicio de la sequía, las temperaturas obtenidas del agua en la presente investigación fueron menores a los valores de referencia. Considerar las estaciones es de gran importancia ya que la temperatura previa a la toma de muestras se mantuvo más fría por un período prolongado en la época de invierno tal como se evidencia en los anexos las temperaturas más bajas se obtuvieron en la primera semana siendo la menor de 16,2 ° C (43) en comparación a las muestras tomadas solamente en las primeras semanas de la sequía donde alcanzaron el valor más elevado de 21,10 ° C, aunque las temperaturas en general aún se mantuvieron bajas. A su vez este fenómeno produce afectaciones en los cultivos como: ocasionar trastornos en

el crecimiento de las plantas, en especial en las primeras etapas de desarrollo(42), además las bajas temperaturas reducen todas las etapas del ciclo de vida de las plantas. (43).

POTENCIAL DE HIDRÓGENO

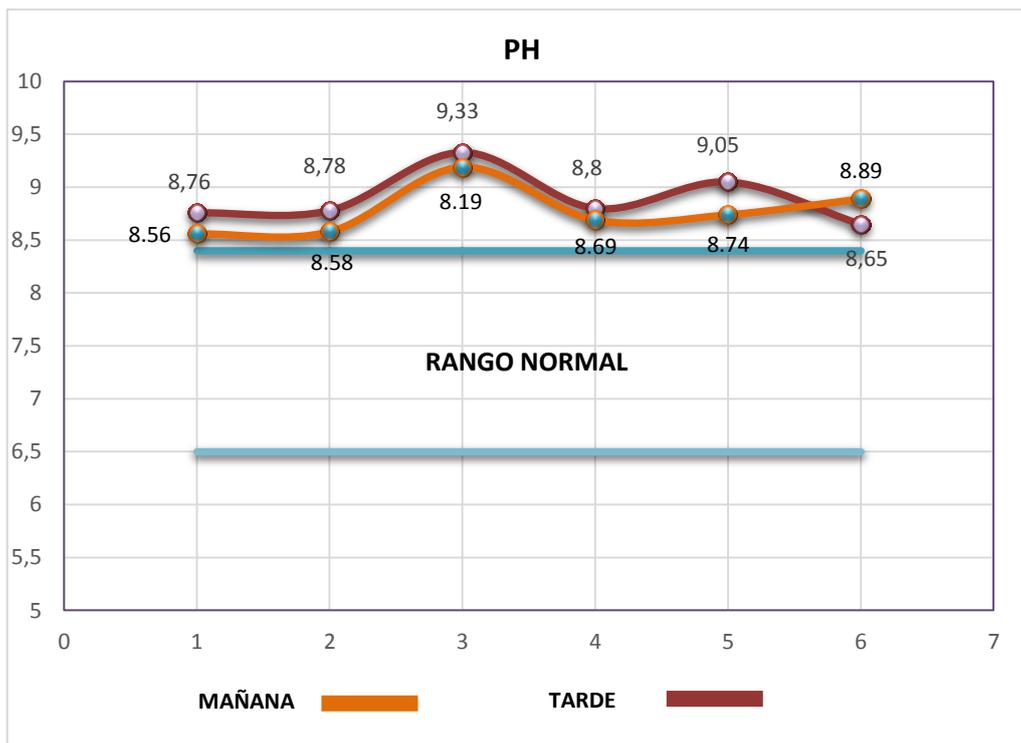
Tabla 17: pHde 48 muestras tomadas del Agua de la Laguna de Colta en el período de Junio – Julio del 2018 frente a valores de referencia

PUNTOS	MAÑANA	TARDE	NIVEL Y PORCENTAJE	VALOR REFERENCIAL TULSMA
P1	8.56	8.76	PH ALTO (>8.4) 100%	PH BAJO (< 6.5) PH NORMAL (A 8.4) PH ALTO (>8.4)
P2	8,58	8.78		
P3	9.19	9.33		
P4	8.69	8.80		
P5	8.74	9.05		
P6	8.89	8,65		

Elaborado por: Mayra López

En el siguiente grafico vamos apreciar de mejor manera el porcentaje que obtuvimos de muestras alcalinas, con relación a los valores que se consideran normales.

Gráfico8: Valor de pH medido en 6 puntos geográficos del Agua de la Laguna de Colta en el período de Junio – Julio del 2018 frente a valores de referencia



Elaborado por: Mayra López

Las normas de calidad del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Medio Ambiente determinan que el valor referencial del pH para el agua de regadío es de 6.5 a 8.4, por lo que nuestros puntos tanto de la mañana como de la tarde, con el 100% están por encima del rango de referencia, es decir el agua es alcalina. Esto, según otros autores pueden deberse a una influencia de la composición de los terrenos y a la cantidad de sales de calcio, además el pH anormal puede crear desequilibrios de nutrición o presentar iones tóxicos que alterarían el crecimiento normal de la planta. (36)

CONDUCTIVIDAD

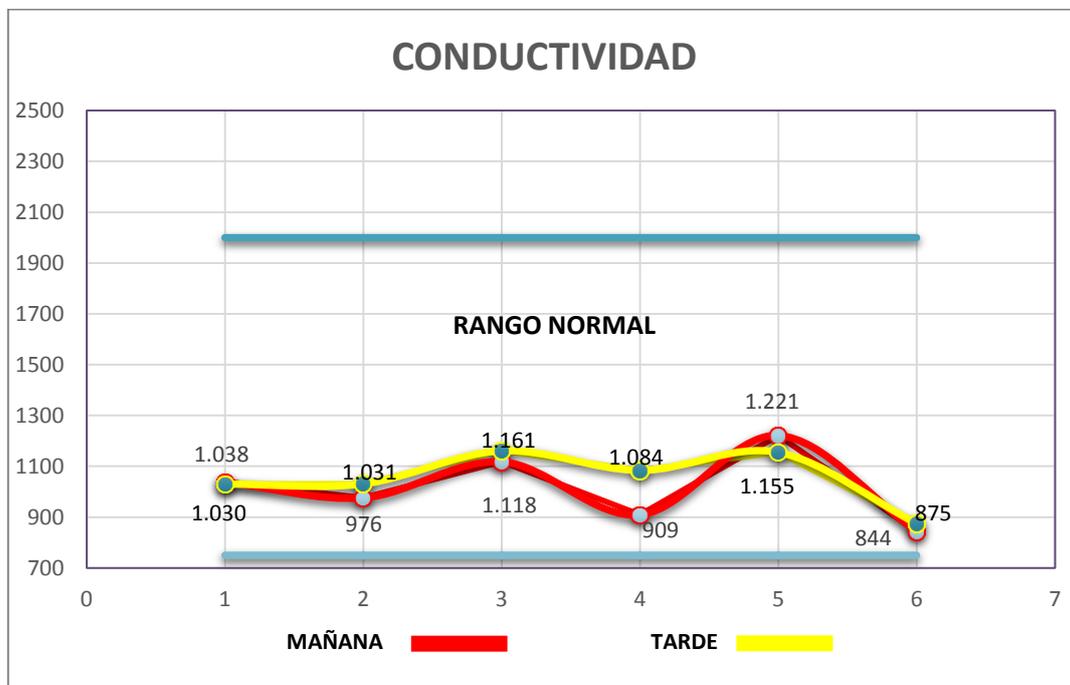
Tabla 18: Conductividadde 48 muestras tomadas del Agua de la Laguna de Colta en el período de Junio – Julio del 2018 frente a valores de referencia

PUNTOS	MAÑANA	TARDE	NIVEL	VALOR REFERENCIAL
--------	--------	-------	-------	-------------------

			Y PORCENTAJE	TULSMA
P1	1038	1030	CONDUCTIVIDAD NORMAL (750-2000 uS/m) 100%	CONDUCTIVIDAD BAJA (< 6.5) CONDUCTIVIDAD NORMAL (750-2000) CONDUCTIVIDAD ALTA (>8.4)
P2	966	1031		
P3	1118	1161		
P4	909	1084		
P5	1221	1155		
P6	844	795		

Elaborado por: Mayra López

Gráfico9: Conductividad medida de 6 puntos geográficos del Agua de la Laguna de Colta en el período de Junio – Julio del 2018 frente a valores de referencia



Elaborado por: Mayra López

La entidad ambiental de control nos indica la guía para interpretar la calidad del agua utilizada para riego que debe estar dentro del rango normal de 750 a 2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y el 100% de nuestros valores tanto de la mañana y de la tarde se encuentran dentro de esta referencia. Esto nos indica que el agua es buena para ser utilizada en el regadío, es decir la conductividad del agua no perjudicaría a los cultivos. (40)

SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES

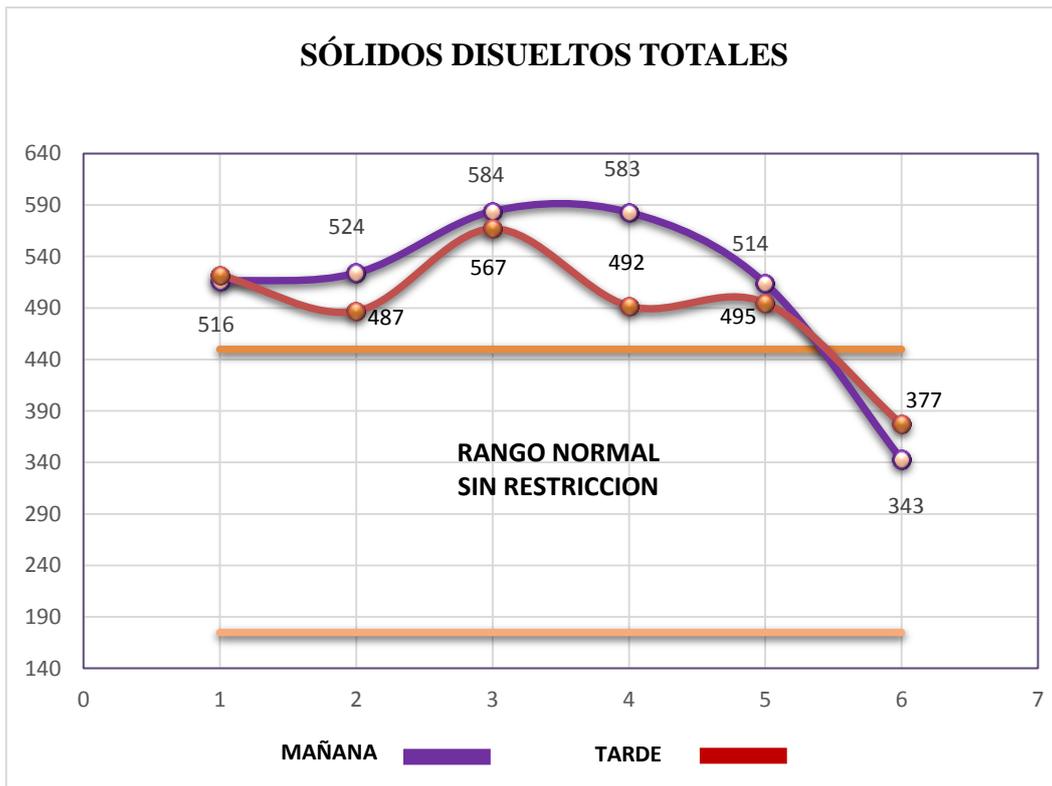
Tabla 19: Sólidos Disueltos Totales de 48 muestras tomadas del Agua de la Laguna de Colta en el período de Junio – Julio del 2018 frente a valores de referencia

PUNTOS	MAÑANA	TARDE	NIVEL Y PORCENTAJE	VALOR REFERENCIAL TULSMA
P1	522	516	SDT ALTO (>450 mg/l) RESTRICION LIGERA 83.3%	SDT NORMAL (175-450) NINGUNA RESTRICION SDT ALTO (>450) RESTRICION LIGERA
P2	48	524		
P3	567	584		
P4	492	583		
P5	495	514		
P6	377	343	SDT NORMAL (175-450) NINGUNA RESTRICION 16.7%	SDT ALTO (>2000) RESTRICION SEVERA

Elaborado por: Mayra López

En el siguiente gráfico vamos a apreciar de mejor manera el nivel de sólidos disueltos totales que obtuvimos de muestras de cinco puntos con restricción ligera y un punto dentro del rango normal.

Gráfico 10: Sólidos Disueltos Totales medidos de 6 puntos geográficos del Agua de la Laguna de Colta en el período de Junio – Julio del 2018 frente a valores de referencia



Elaborado por: Mayra López

El ministerio del ambiente, nos presenta ciertos criterios de calidad que indican cuando las aguas son admisibles para el uso agrícola y de regadío. En el caso de los sólidos disueltos totales se establece un grado de restricción de uso para regadío de severo si corresponde a concentraciones mayores que 2000mg/l, moderado si es igual a 2000mg/l, y ligero si es mayor que 450mg/l.

Se consideran valores normales y sin restricción los comprendidos en el rango de 175 a 450 mg/l. En el presente trabajo de investigación cinco puntos que representan un 83.3% de las muestras analizadas tendrían un grado de restricción ligera, debido a que superaron los rangos normales, pero no alcanzan los 2000 mg/l es decir el agua puede tener efectos perjudiciales solo en cultivos sensibles. Un punto equivalente al 16.7% se encontró dentro del rango normal es decir el agua no presentaría efectos perjudiciales para cultivos.

CLORUROS

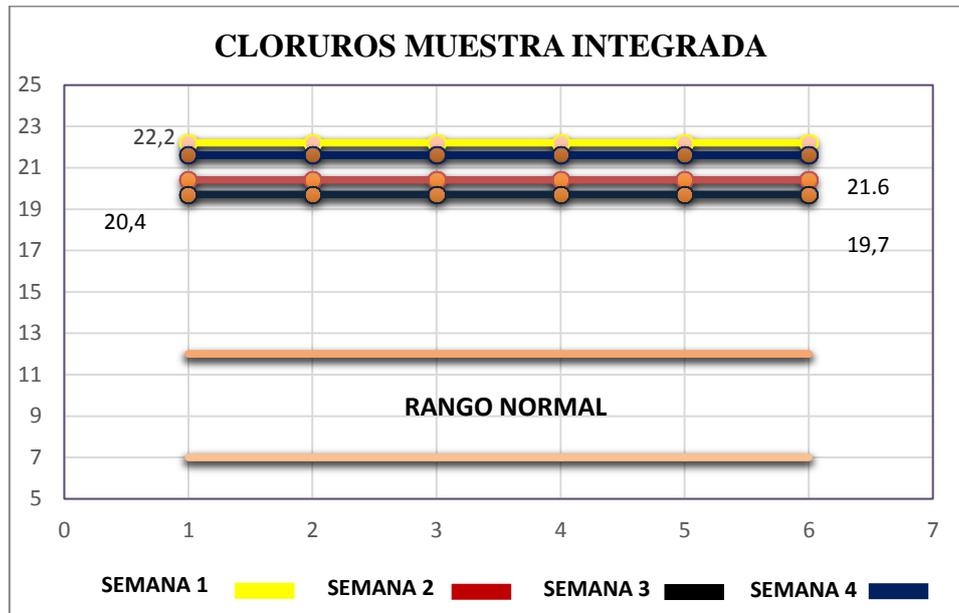
Tabla 20: Concentración integrada de cloruros de 48 muestras tomadas del Agua de la Laguna de Colta en el período de Junio – Julio del 2018 frente a valores de referencia

SEMANA	MUESTRA INTEGRADA	NIVEL Y PORCENTAJE	VALOR REFERENCIAL TULSMA
Semana 1	22.20	CLORUROS ALTO (>12 mg/l) 100%	CLORUROS BAJO (< 7)
Semana 2	20.40		CLORUROS NORMAL (7-12)
Semana 3	19.70		CLORUROS ALTO (>12)
Semana 4	21.60		

* Muestras analizadas en el laboratorio de control de calidad de EMAPA con el espectrofotómetro HACH.

Elaborado por: Mayra López

Gráfico11: Clorurosmedidos de la muestra integradade 6 puntos geográficos del Agua de la Laguna de Colta en el período de Junio – Julio del 2018 frente a valores de referencia



Elaborado por: Mayra López

Según TULSMA, se determina que el índice de calidad referencial es de 7 a 12 mg/l de cloruros en el agua normal para regadío. La presencia elevada de cloruros produce sensibilidad de los cultivos. Entre las muestras integradas de cada semana se observó una variación en los valores de cloruros, sin embargo, el 100% de los valores obtenidos superaron el rango normal. Se reconoce que si existe concentraciones elevadas de cloruro en el agua de la Laguna de Colta que a su vez se distribuye mediante acequias construidas para el uso de riego que puede producir problemas de toxicidad en los cultivos. Los cloruros son los más peligrosos pues su toxicidad se presenta en las plantaciones en forma de quemaduras en las hojas, en particular en el ápice.(36) Con un promedio general obtenido de 20,97 mg/l de cloruros durante el período evaluado.

NITRITOS

Tabla 21: Concentración de Nitritos en una muestra integrada de 48 tomas del Agua de la Laguna de Colta en el período de Junio – Julio del 2018 frente a valores de referencia.

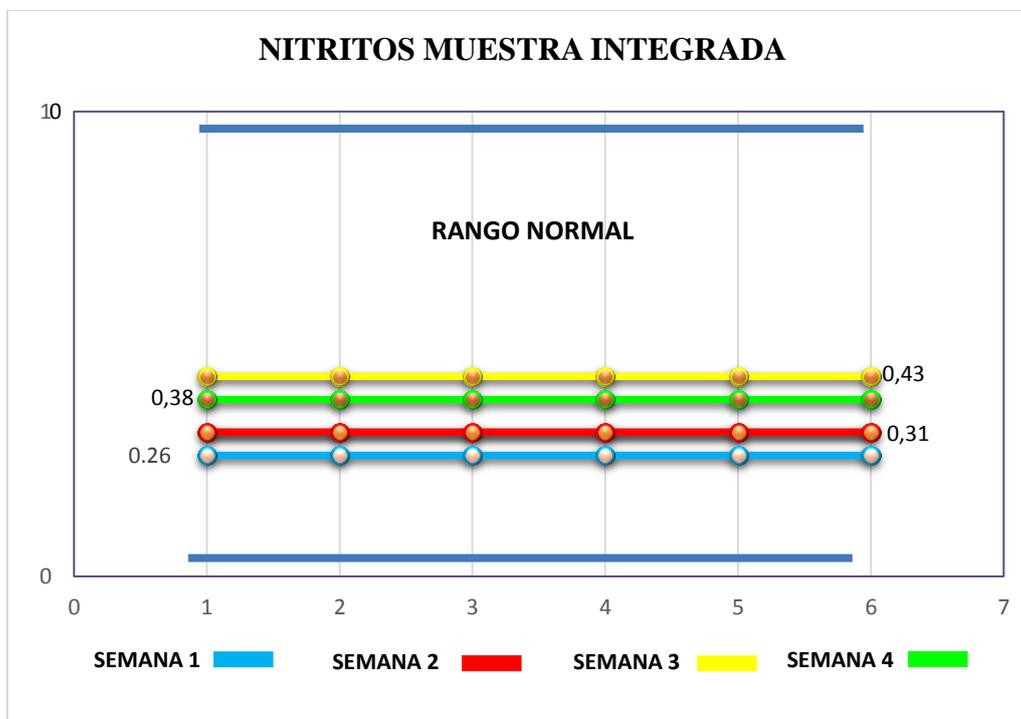
SEMANA	MUESTRA INTEGRADA	NIVEL Y PORCENTAJE	VALOR REFERENCIAL TULSMA
Semana 1	0.26	NITRITO NORMAL (10mg/l) 100%	NITRITOS BAJO (< 10)
Semana 2	0.31		NITRITO NORMAL (10)
Semana 3	0.43		NITRITO ALTO (>10)
Semana 4	0.38		

* Muestras analizadas en el laboratorio de control de calidad de EMAPA con el espectrofotómetro HACH.

Elaborado por: Mayra López

En el siguiente grafico vamos apreciar de mejor manera la concentración de nitritos que obtuvimos de las muestras integradas con relación a los índices normales.

Gráfico12: Nitritosmedidosen una muestra integrada de 6 puntos geográficos del Agua de la Laguna de Colta en el período de Junio – Julio del 2018 frente a valores de referencia



Elaborado por: Mayra López

TULSMA y la FAO, determinan que el límite máximo permisible de los nitritos debe ser hasta 10 mg/l. Durante las cuatro semanas que se tomó la muestra de los seis puntos establecidos, se encontró que los nitritos estuvieron dentro del rango normal, es decir el 100 % de los valores obtenidos con un promedio de 0.3 mg/l están dentro del rango óptimo y eso significa que la concentración de nitritos no produciría afectación a los cultivos.

NITRATOS

Tabla 22: Concentración de Nitrato de muestras integradas de 48 tomas de Agua de la Laguna de Colta en el período de Junio – Julio del 2018 frente a valores de referencia.

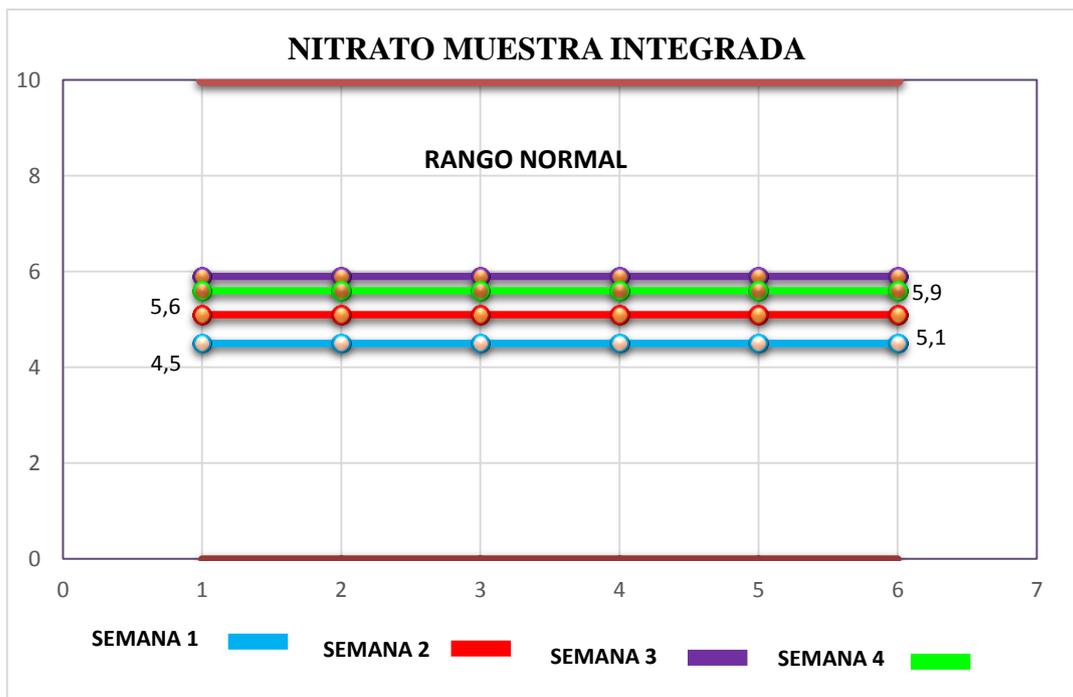
SEMANA	MUESTRA INTEGRADA	NIVEL Y PORCENTAJE	VALOR REFERENCIAL TULSMA
Semana 1	4.5	NITRATO NORMAL (10mg/l) 100%	NITRATO BAJO (< 10)
Semana 2	5,1		NITRATO NORMAL (10)
Semana 3	5.9		NITRATO ALTO (>10)
Semana 4	5.6		

* Muestras analizadas en el laboratorio de control de calidad de EMAPA con el espectrofotómetro HACH

Elaborado por: Mayra López

En el siguiente grafico vamos apreciar de mejor manera la concentración de nitratos que obtuvimos de las muestras unificadas, con relación a los índices normales.

Gráfico13: Nitratos medidos en las muestras integradas de 6 puntos geográficos del Agua de la Laguna de Colta en el período de Junio – Julio del 2018 frente a valores de referencia



Según el índice de calidad de TULSMA y la FAO para el agua de riego y agricultura, el límite máximo permisible de los nitratos debe ser hasta 10 mg/l, por lo tanto, en el 100% de los puntos que se tomaron las muestra se evidenció que se encontraron dentro del rango adecuado para cultivo con un promedio general de 5.33 mg/l.

TURBIDEZ

Tabla 23: Concentración de Turbidez de muestras integradas de 48 muestras tomadas del Agua de la Laguna de Colta en el período de Junio – Julio del 2018 frente a valores de referencia.

SEMANA	MUESTRA INTEGRADA	NIVEL Y PORCENTAJE	VALOR REFERENCIAL TULSMA
Semana 1	13,8	TURBIDEZ NORMAL (10 -30ngl) 100%	TURBIDEZ BAJO (< 10)
Semana 2	12.9		TURBIDEZ NORMAL (10 -30)
Semana 3	12,7		
Semana 4	12,3		TURBIDEZ ALTO (>30)

Elaborado por: Mayra López

En el siguiente grafico vamos apreciar de mejor manera los valores de unidades de turbidimetría nefelométrica que obtuvimos de las muestras integradas, con relación a los índices normales.

4.1.2 BACTERIAS

Tabla 24: Estadísticos descriptivos del contaje de bacterias en placas Petri film de las

	Contaje de AEROBIOS	<i>E. coli</i>	COLIFORMES TOTALES	<i>Staphylococcus</i>
N° Muestras	48,0	48,0	48,0	48,0
Media de UFC/ml	479,1	3,1	137,1	3,7
Mediana de UFC/ml	350,0	0,0	93,5	1,0
Moda	138,0 ^a	0,0	48,0 ^a	0,0
Desv. típ.	377,02	7,9	131,4	8,5
Rango	1862,0	48,0	530,0	48,0
Mínimo	58,0	0,0	10,0	0,0
Máximo	1920,0	48,0	540,0	48,0

a. Existen varias modas. Se mostrará el menor de los valores.

muestras de Laguna de Colta en el período Junio-Julio del 2018

Elaborado: Investigadora

Se encontró en el caso de las bacterias aerobias un contaje promedio de 479 ± 377 UFC/ml con un máximo de 1920 y un mínimo de 58 UFC/ml. Al comparar estos datos con el valor referencial de 100 UFC/ml se establece que se encuentran elevados, según lo que indica la OMS, el agua no es apta para consumo humano. Según la FAO para regadío el valor referencial es 200 UFC/ml lo que indica que el agua no es aceptable porque sobrepasa los límites establecidos.(36)

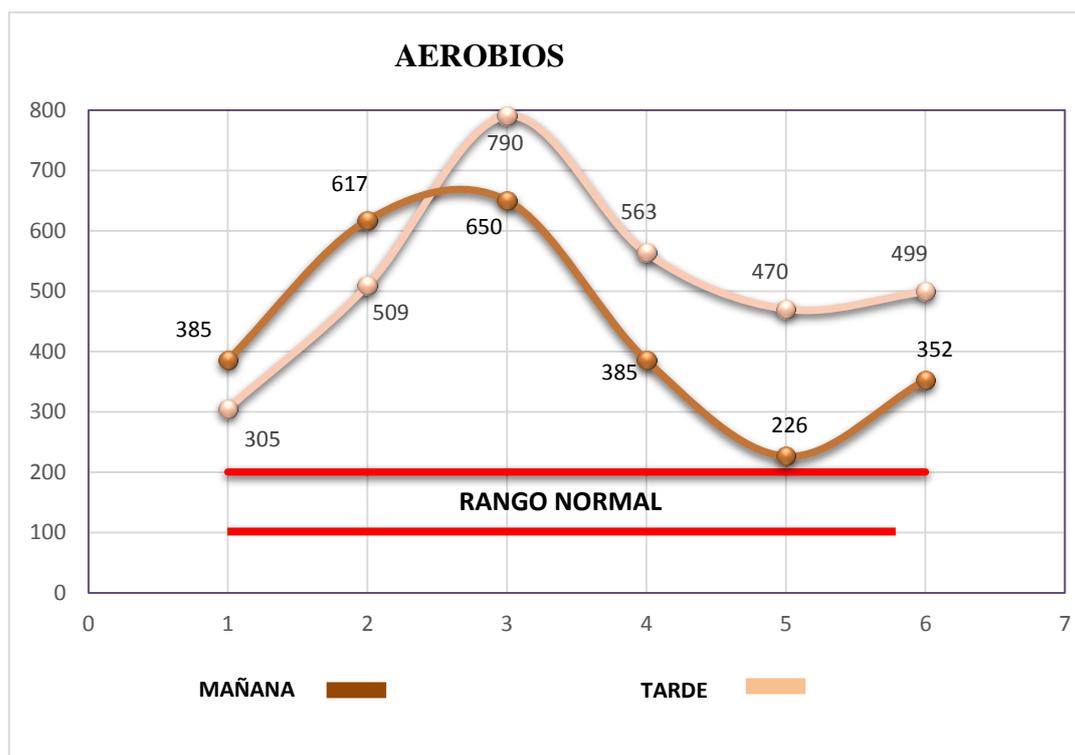
Las placas Petri film para identificación de las bacterias *E. coli* presentaron un promedio de $3 \pm 7,20$ UNC/ml con un máximo de 48 y un mínimo de 0 UFC/ML y su valor referencial es de 200 – 400 NMP/100 ml, lo que nos indica que *E. coli* se encuentra dentro de los valores de referencia establecidos por la FAO para agua de regadío.(36)

Los coliformes totales tienen un promedio 137 ± 131 UFC/ml, con un máximo de 540 UFC/ML y un mínimo de 10 UFC/ml con un valor referencial de 1000 UFC/ml de

coliformes totales(36),lo que nos indica que los coliformes totales se encuentran dentro del rango normal para aguas de uso de regadío según la FAO.(28)

AEROBIOS

Gráfico15:Contaje de aerobios en placa Petri Film de 1ml de muestra de agua de cada uno de los puntos de la Laguna de Colta durante el período de Junio - Julio del 2018



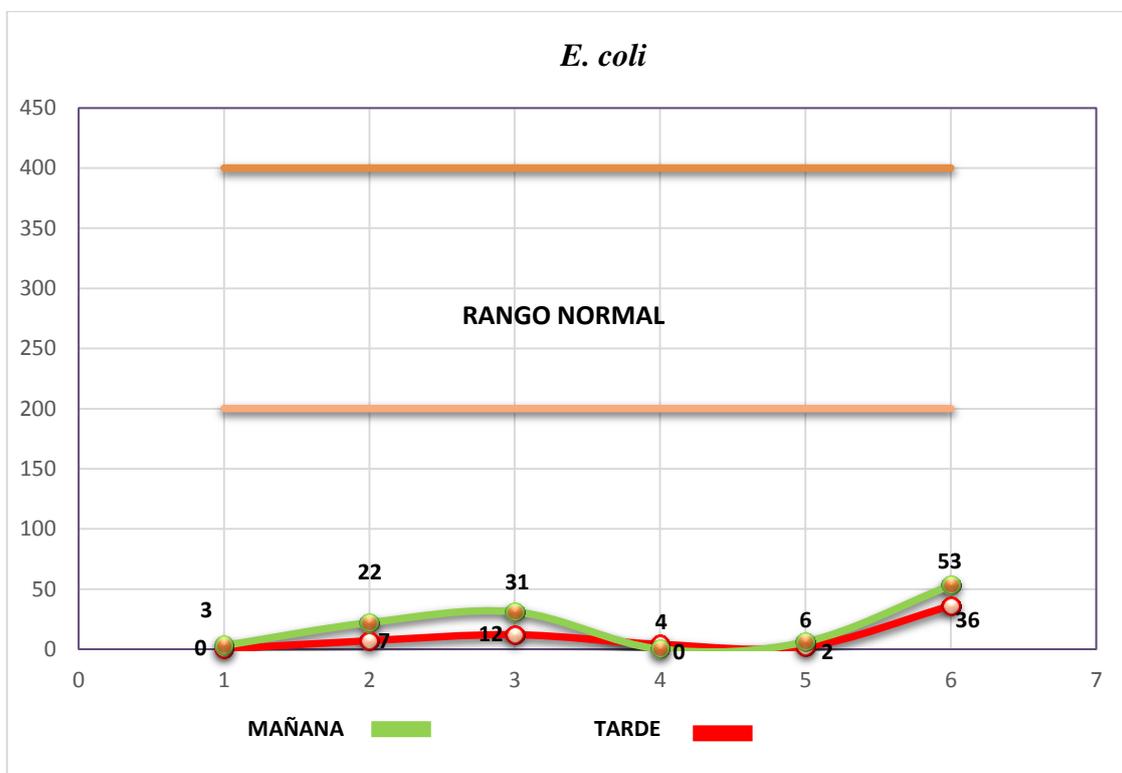
Elaborado por: Mayra López

En promedio los contajes de aerobio durante la mañana de todos los puntos fueron de 290,5 UFC/ml y durante la tarde 348,4 UFC/ml, según OMS el valor referencial de calidad de agua para consumo humano de los aerobios es hasta 100 UFC/ml mientras que según la FAO en límite máximo para agua de regadío es hasta 200 UFC/ml por lo que el 100% de las muestras de todos los puntos de la laguna de Colta durante la mañana y la tarde están fuera del rango permitido. Y esto nos indicaría que esta agua no es apta para consumo humano ni para regadío, sin embargo, la población prefiere el agua que no es tratada ya que contribuye a un crecimiento más efectivo de los vegetales, hortalizas etc., que las aguas limpias debido a que las aguas no tratadas presentan cargas microbianas y nutrientes. TULSMA no establece un valor de referencia para bacterias aerobias en las aguas de regadío como indicador de calidad.

Y estos nos indicaría que esta agua no es apta, sin embargo, la población prefiere el agua que no es tratada ya que estas aportan un crecimiento más efectivo de los vegetales, hortalizas etc., que las aguas limpias debido a que las aguas no tratadas presentan carga microbiana y nutrientes

Escherichiacoli

Gráfico16: Contaje de *E. coli* en placa Petri Film de 1ml de muestra de agua de cada uno de los puntos de la Laguna de Colta durante el período de Junio - Julio del 2018



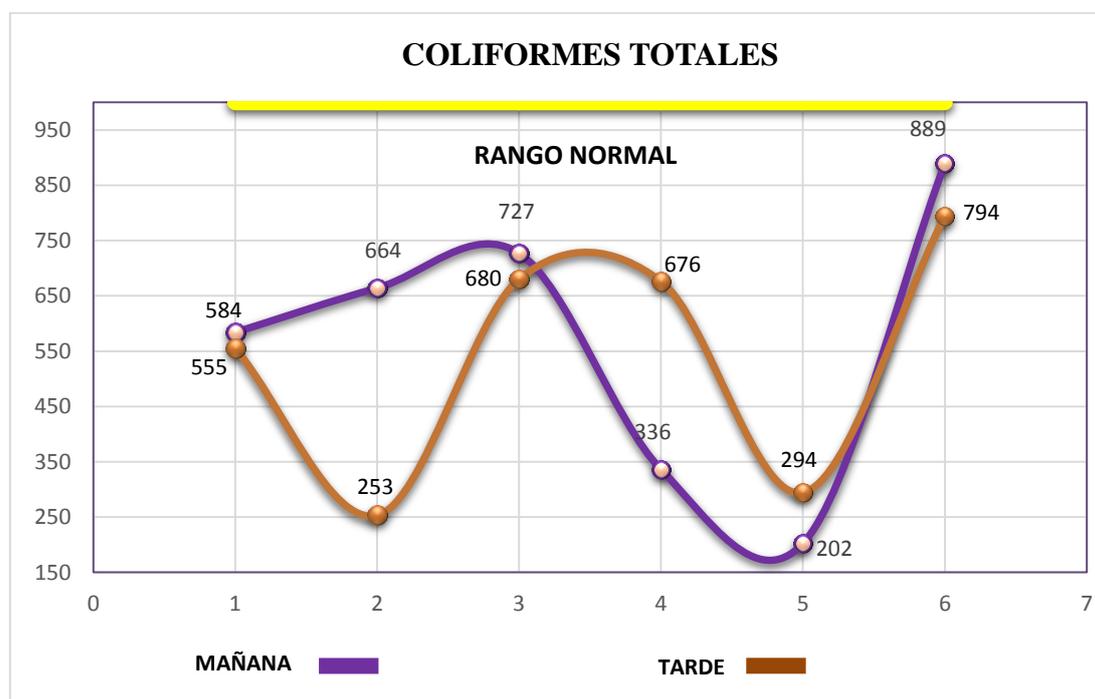
Elaborado por: Mayra López

La FAO determina que el valor referencial de la *Escherichia coli* es de 200 – 400 NMP/100 ml para una calidad óptima para regadío de cultivos. Los valores más bajos en el presente estudio fueron de 0 UFC/ml de los puntos geográficos 1, 4, 5 y los valores más altos fueron de 53 UFC/ml de los puntos geográfico 2, 3 y 6. Considerando los criterios de la FAO, los resultados que nosotros obtuvimos de la Laguna de Colta se encontraron dentro del valor referencial en todos los puntos, es decir contiene contajes

de *E. coli* bajos, lo que reduce la probabilidad de infecciones causadas por el uso de las aguas en las diversas actividades agrícolas de la población.

COLIFORMES TOTALES

Gráfico17: Contaje de Coliformes Totales en placa Petri Film de 1ml de muestra de agua de cada uno de los puntos de la Laguna de Colta durante el período de Junio - Julio del 2018



Elaborado: Investigadora

La Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua de Ecuador, establece que el valor referencial de los coliformes totales es de 1000 coliformes totales por 100ml (36). En el presente estudio se obtuvo un promedio general entre Junio y Julio del 2018 de 554 Coliformes/100ml, por lo tanto todos los puntos de la Laguna de Colta se encuentran dentro del límite permisible, pues sus contajes fueron bajos.

4.1.3 RESULTADOS DEL ANTIBIOGRAMA

Tabla 25: Antibiograma de la *Escherichia coli*

ANTIBIÓTICO	ABREV.	CONT. (µg)	PUNTO DE CORTE (mm) CLSI*		DIÁMETRO (mm)	RESULTADO
			SENSIBLE (S)	RESISTENTE (R)		
Ofloxacino	OFX	5	≥ 16	≤ 12	32	S
Gentamicina	CN	10	≥ 15	≤ 22	20	S
Ceftriaxona	CRO	30	≥ 25	≤ 12	30	S
Sulfatrimetoprim	SXT	25	≥ 16	≤ 10	30	RN [±]
Cefepime	FEP	30	≥ 18	≤ 14	30	S
Amikacina	AK	30	≥ 17	≤ 14	20	S
Cefuroxima	CXM	30	≥ 18	≤ 14	23	S
Fosfomicina	FF	30	≥ 16	≤ 12	26	S
Amoxicilina + Ac. Clavulánico	AMC	30	≥ 18	≤ 13	28	S

* Punto de corte del CLSI, Clinical and Laboratory Standards Institute (2017)

[±] Resistencia Natural teórica recomendada por el CLSI.

Sensible = S, Resistente = R, Resistencia Natural = RN

Elaborado por: Mayra López

Tabla 26: Antibiograma de la *Proteus vulgaris*

ANTIBIÓTICO	ABREV.	CONT. (µg)	PUNTO DE CORTE (mm) CLSI*		DIÁMETRO (mm)	RESULTADO
			SENSIBLE (S)	RESISTENTE (R)		
Ofloxacino	OFX	5	≥ 16	≤ 12	34	S
Gentamicina	CN	10	≥ 15	≤ 22	24	S
Ceftriaxona	CRO	30	≥ 25	≤ 12	36	S
Sulfatrimetoprim	SXT	25	≥ 16	≤ 10	27	S
Cefepime	FEP	30	≥ 18	≤ 14	28	S
Amikacina	AK	30	≥ 17	≤ 14	23	S
Cefuroxima	CXM	30	≥ 18	≤ 14	12	RN
Fosfomicina	FF	30	≥ 16	≤ 12	26	S
Amoxicilina + Ac. Clavulánico	AMC	30	≥ 18	≤ 13	24	S

* Punto de corte de CLSI, The Clinical and Laboratory Standards Institute (2017)

Sensible = S, Resistente = R, Resistencia Natural = RN

Elaborado por: Mayra López

Tabla 27: Antibiograma de la *Klebsiella pneumoniae*

ANTIBIÓTICO	ABREV.	CONT. (µg)	PUNTO DE CORTE (mm) CLSI*		DIÁMETRO (mm)	RESULTADO
			SENSIBLE (S)	RESISTENTE (R)		
Ofloxacino	OFX	5	≥ 16	≤ 12	30	S
Gentamicina	CN	10	≥ 15	≤ 22	22	S
Ceftriaxona	CRO	30	≥ 25	≤ 12	32	S
Sulfatrimetoprim	SXT	25	≥ 16	≤ 10	26	S
Cefepime	FEP	30	≥ 18	≤ 14	25	S
Amikacina	AK	30	≥ 17	≤ 14	20	S
Cefuroxima	CXM	30	≥ 18	≤ 14	24	S
Fosfomicina	FF	30	≥ 16	≤ 12	25	S
Amoxicilina + Ac. Clavulánico	AMC	30	≥ 18	≤ 13	R	R

* Punto de corte de CLSI, The Clinical and Laboratory Standards Institute (2017)

Sensible = S, Resistente = R, Resistencia Natural = RN

Elaborado por: Mayra López

A partir de las cepas encontradas en los diferentes puntos de la laguna de Colta realizamos a continuación el análisis de sensibilidad de dichas cepas.

En la tabla 25 describimos los antibióticos que utilizamos para realizar el antibiograma para *E. coli* comparando con los puntos de corte referenciales que indica en la CLSI 2017. Obtuvimos sensibilidad en la totalidad de antibióticos como fueron: Ofloxacino (OFX), Gentamicina (CN), Ceftriaxona (CRO), Sulfatrimetoprim (SXT), Cefepime (FEP), Amikacina (AK), Cefuroxima (CXM), Fosfomicina (FF) y Amoxicilina + Ac. Clavulánico (AMC). Sin embargo, el CLSI recomienda reportar a la *E. coli* como resistente a (SXT) debido a que cuando *E. coli* enfrenta a este antibiótico, la bacteria rápidamente genera resistencia. Por lo que se recomienda no usar SXT para infecciones con *E. coli* porque su eficacia sería reducida, por un período muy corto e induciría resistencia con mucha facilidad por la mutación de las enzimas necesarias en la vía del

ácido fólico (referencia). Con los resultados obtenidos se evidencia que se podría tratar de una cepa salvaje debido a que se encontró sensibilidad a STX.

En la tabla 26 se detalla los antibióticos que utilizamos para realizar el antibiograma para *Proteus vulgaris* guiándonos en los puntos de corte referenciales que indica en la CLSI (Instituto de Estándares Clínicos y de Laboratorio) 2018, en la cual obtuvimos sensibilidad para los siguientes antibióticos: Ofloxacino (OFX), Gentamicina (CN), Ceftriaxona (CRO), Sulfatrimetoprim (SXT), Cefepime (FEP), Amikacina (AK), Fosfomicina (FF) y Amoxicilina + Ac. Clavulánico (AMC) y una resistencia intrínseca para Cefuroxima (CXM). Con los datos obtenidos se considera que se trata de una cepa salvaje, siendo evidente en la sensibilidad observada frente a cefuroxima a la cual se le considera como resistencia natural.

En la tabla 27 describimos los antibióticos que utilizamos para realizar el antibiograma para *Klebsiella pneumoniae* basándonos en los puntos de corte referenciales que indica en la CLSI 2017, en la cual obtuvimos sensibilidad para la mayoría de antibióticos Ofloxacino (OFX), Gentamicina (CN), Ceftriaxona (CRO), Sulfatrimetoprim (SXT), Cefepime (FEP), Amikacina (AK), Fosfomicina (FF, Cefuroxima (CXM) y una resistencia para Amoxicilina + Ac. Clavulánico (AMC) presentó *Klebsiella pneumoniae* determinando que es una betalactamasa de espectro ampliado (BLEA), en la que esta bacteria presenta una enzima SHV-1 que es inhibida por ácido clavulánico, que a medida que se incrementa el nivel de expresión de las betalactamasas de amplio espectro, aparece la resistencia como lo indica los autores (Cavalieri, Tisaire y Galas) en sus bibliografías.

4.1.4 RESULTADOS DEL ICA PARA LA DETERMINACION DE LA CALIDAD DE AGUA DE LA LAGUNA DE COLTA

Los parámetros que se incluyen en la fórmula del ICA para determinar el nivel de la calidad de agua de la laguna de Colta utilizada para riego se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 28: Resultados de la Laguna de Colta según el ICA

Parámetros Totales	Datos obtenidos	Ponderación de cada Parámetro	Cálculo de los índices de los Parámetros *	Ica de Indicadores (valor ponderado)
PH	8,6	1,0	50	50
SOLIDOS DISUELTOS	500,3 mg/l	0,5	100	50
CONDUCTIVIDAD ELECTRICA	1029uS/m	2,0	39	78
CLOURUOS	20,9 mg/l	0,5	61	31
NITROGENO DE NITRATOS	5,3 mg/l	2,0	91	183
TURBIEDAD	12,9 NTU [®]	0,5	69	34
COLIFORMES TOTALES	554 coliformes/1ml	3,0	18	53
PESO TOTAL		9,50	428,24	479

*Algoritmos en Excel provistos por el ICA obtenidos de link:<https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6154/7/formulas2.xls>

® Unidades nefelométricas de turbidez

Elaborado por: Mayra López

ICA GENERAL=	50[^]
---------------------	-----------------------

[^] Valor ponderado total de los indicadores / Ponderación total de los parámetros utilizados

Tabla 29: Criterios Generales del Índice de Calidad del Agua (ICA)

ICA	CRITERIO GENERAL
100 – 90	No Contaminado
80 – 70	Aceptable
60 – 50	Poco contaminado
40 – 30	Contaminado
20 – 10	Altamente Contaminado

Fuente: National Sanitation Foundation- Water Quality Index

Según el ICA el promedio del índice de calidad de agua de la Laguna de Colta es de 50 y dentro de los criterios generales indica que el agua está poco contaminada y que para que el agua sea aceptable para los regadíos o en la agricultura necesita tratamiento.

Discusión

De los parámetros medidos en base a los rangos establecidos por TULSMA se determinó en esta investigación que durante los meses de Junio y Julio del 2018, la temperatura del agua de la Laguna de Colta se encontró bajo el rango de referencia, el pH fue alcalino con un promedio de 8.6, los sólidos disueltos presentaron valores menores a 450 mg/l lo que indica una restricción ligera en el uso de riego y los cloruros sobrepasan el nivel óptimo con un promedio de 20.8 mg/l. Tanto los nitritos como los nitratos presentaron valores bajos. La turbidez se encontró dentro de los valores referenciales establecidos por el TULSMA. En general el índice ICA obtenido indica que el agua de la Laguna de Colta no es aceptable para riego, pero se encuentra poco contaminada lo que significa que si se da un tratamiento oportuno puede ser utilizada para riego.

Una investigación realizada en el año 2016 por el autor F. Torres en la Laguna de Colta determinó que el valor de la temperatura fue de 13.9°C en la única muestra reportada, en la presente investigación se encontró que los meses de junio y julio del 2018 la temperatura promedio fue de 17.8°C. Esta diferencia en la temperatura puede estar explicada por el cambio de clima debido a que en los meses de febrero, marzo, abril, mayo, junio, octubre, noviembre y diciembre según el autor Torres J. corresponde a la época lluviosa por lo que tienen mayores precipitaciones en comparación a los meses de enero, julio, agosto, septiembre que corresponde a la época seca(90)en la que las precipitaciones podrían ser más bajas. Teniendo en consideración este dato previo y en comparación con las temperaturas obtenidos en los meses de junio y julio, en los que ocurre una transición de la época lluviosa a la época seca, se corroboró que en las muestras tomadas en el mes de Junio la temperatura más baja obtenida fue de 16,2 °C y en Julio la más baja fue de 17,1 °C. Sin embargo, hay que considerar que la temperatura media anual de la laguna de Colta en el año 2016 se ha reportado que fue de 12°C siendo más baja inclusive que el resultado reportado en ese mismo estudio. Según una clasificación general de la temperatura de las aguas, la laguna de Colta se encuentra dentro de las aguas frías cuyo valor es de menor a los 20°C. (44)(45)

Con referencia a los valores de pH en estudios previos se obtuvieron valores de 8.81 (Flores, 2016) y 8,3 (Quintanilla et al., 2016) que son similares al valor de 8.61 obtenido en la presente investigación. Sin embargo, según los parámetros de TULSMA el pH se encontró por encima del rango normal coincidiendo con los resultados

publicados por Flores en el 2016. En general el aumento del pH se debe a las algas que se encuentran en actividad fotosintética durante el día.(91)

Según el autor Torres la conductividad de la laguna de Colta del año 2011 es de 1119 $\mu\text{S}/\text{cm}$, mientras que en el año 2014 la autora Serrano realizó estudios del agua de la laguna en la que tomaron una sola muestra cuyo resultado fue de 1214 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Con referencia a nuestros valores de 48 tomas de muestras de agua durante dos meses obtuvimos un promedio de 1029 $\mu\text{S}/\text{cm}$ lo que presenta una mínima variación entre los estudios realizados por los otros autores. De igual manera se encuentra dentro del rango optimo referencial para agua de regadío o agricultura. Si presentara valores elevados la conductividad produciría afectaciones a los cultivos debido a que no elaboraría suficiente absorción de agua y eso ocasionaría que los cultivos se marchiten.(36)

De todos los puntos que se realizó las tomas de muestras de agua durante los meses de junio y julio obtuvimos un promedio de 500mg/l correspondiente a los sólidos disueltos totales lo que en otros estudios realizados en el año 2011 por el autor Torres realizando una sola toma se obtuvo 693.8 mg/l; de igual manera según la autora Serrano en el año 2014 en su estudio del agua de la laguna de Colta obtuvo 596 mg/l de sólidos suspendidos. En todos los estudios realizados los resultados mostraron ser mayores a 450 mg/l lo que indican que tiene una restricción ligera para que el agua sea utilizada en los regadíos.

Los cloruros son iones que al no poder ser adsorbidos por el suelo se mueven con gran facilidad con el agua y es ahí donde los cultivos absorben una cantidad elevada de estos iones en los cultivos; también se debe a la presencia de residuos de origen animal lo que hace que las hojas se quemem y comience a secarse. Para que esto no suceda el valor referencial de los cloruros en los regadíos debe ser hasta 10mg/l. En nuestro estudio nos dio un promedio de 20.3mg/l de todos los puntos tomados de la laguna de Colta. En comparación con otro estudio realizado en el año 2011 en Argentina en la laguna de los Padres en la cual se obtuvo de 2.92mg/l de cloruros indicando que el agua si es apta para la utilización de regadíos.

Los nitritos y nitratos presentaron niveles bajos ya que no sobrepasaron el índice de referencia según TULSMA que es hasta 10 mg/l en los dos parametros por lo que en todos los puntos tomados los nitritos presentaron un promedio de 0.3mg/l y los nitratos presentaron un promedio de 5.33mg/l en comparación con otros estudios realizados en

la laguna de Colta se obtuvo un promedio de 2,3 mg/l (Quintanilla et al., 2016) de cuatro análisis, indicando que estos parámetros se encuentran dentro del rango referencial.

En la presente investigación realizada en la laguna de Colta el parámetro de la turbidez presentó un promedio de 12.9 NTU, la cual se encuentra dentro de los rangos normales. En comparación a otro estudio realizado en la misma laguna se obtuvo el valor de 0.58 NTU cabe mencionar que en este estudio el análisis de este parámetro según la autora Serrano realizó un solo muestreo, mientras que en nuestra investigación se realizó 48 muestreos hallándose óptimo para el uso de los regadíos.

En el presente estudio se obtuvo un conteo elevado de aerobios en el punto 3 localizado en una zona con elevada cantidad de materia orgánica localizada en escombros, heces de animales y humedales tal como indica el autor (Muller Gabriel y Tomasini Ana, 2004) produce el aumento de aerobios.

En el caso de *E. coli* y *Proteus vulgaris* se reconocieron los fenotipos de cepas salvajes en base a la respuesta de estas bacterias frente a los antibióticos: OFX, CN, CRO, SXT, FEP, AK, FFen la cual *Proteus vulgaris* solamente presentan resistencia natural a cefuroximay no al resto de antibióticos lo que es la característica de bacterias que se encuentran en el ambiente con baja presión selectiva a diferencia de las cepas que se podrían aislar de un centro hospitalario. Mientras que *Klebsiella pneumoniae* presentó una resistencia a amoxicilina + ácido clavulánico en la que determino que es un BLEA y que esta bacteria presenta una enzima SHV-1 que es inhibida por ácido clavulánico que le da resistencia.

4.2 VERIFICACIÓN DE LA HIPOTESIS

Para evidenciar la aceptabilidad del agua para regadío se realizó análisis de significancia en comparación a sus parámetros normales de los datos de: pH, sólidos disueltos totales, cloruros y aerobios. De manera global, para comprobar la hipótesis se utilizó el índice de calidad del agua para regadío según TULSMA.

4.2.1 PH

El parámetro del pH, presento un $p < 0.05$, por lo que la hipótesis nula se rechaza, porque que existe una diferencia significativa, entre los resultados del pH, que obtuvimos en la Laguna de Colta, según los valores de referencia que indica TULSMA.

Tabla 30: Verificación de la hipótesis del parámetro pH

	Valor de prueba = 8.4					
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
					Inferior	Superior
pH	7,052	47	,000	,38687	,2765	,4972

Elaborado por: Mayra López

4.2.2 SÓLIDOS TOTALES

El parámetro de los sólidos totales, presento un $p < 0.05$, por lo que la hipótesis nula se rechaza, porque existe una diferencia significativa, entre los valores de los sólidos totales, que obtuvimos en la Laguna de Colta, según los valores que indica TULSMA.

Tabla 31: Verificación de la hipótesis del parámetro solidos totales

	Valor de prueba = 450					
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
					Inferior	Superior
Sólidos	3,373	47	,000	51,81250	20,9138	82,7112

disuelto totales						
---------------------	--	--	--	--	--	--

Elaborado por: Mayra López

4.2.3 CLORUROS

El parámetro de los cloruros, presento un $p < 0.05$, es decir se rechaza la hipótesis nula con una diferencia significativa, entre los valores de referencia que indica TULSMA y los resultados de los cloruros que obtuvimos en la Laguna de Colta, por lo tanto, no es aceptable para regadío.

Tabla 32: Verificación de la hipótesis del parámetro cloruros

	Valor de prueba = 10					
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
					Inferior	Superior
VAR00 001	76,717	47	,000	10,97500	10,6872	11,2628

Elaborado por: Mayra López

4.2.4 AEROBIOS

La presencia de bacterias aerobias, presento un $p < 0.05$, es decir que existe una diferencia significativa, entre los resultados de las bacterias aerobias, que obtuvimos en la Laguna de Colta, según los valores que indica según los valores que indica la FAO por lo que se rechaza la hipótesis nula y el agua no es aceptable para regadío.

Tabla 33: Verificación de la hipótesis de las bacterias Aerobias

	Valor de prueba = 200				
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% Intervalo de confianza para la diferencia

					Inferior	Superior
Aerobios	5,130	47	,000	279,188	169,71	388,67

Elaborado por: Mayra López

El valor del índice ICA calculado corrobora la verificación de hipótesis debido a que fue de 50 y corresponde a un nivel poco contaminado del agua. Esto indica que requiere tratamiento para uso de regadío.

CAPÍTULO V

4.1 CONCLUSIONES

- ❖ Debido a que el uso de las aguas de la laguna de Colta es el regadío de cultivos de hortalizas como el chocho, quinua, habas, zanahoria, papas etc., se determinó la importancia de caracterizar las aguas de la laguna de Colta para este uso principal. En la presente investigación se usaron los parámetros y cálculos establecidos por el ICA en donde se utiliza como indicadores físico-químicos al pH, temperatura, conductividad, sólidos disueltos totales, cloruros, nitritos, nitratos y turbidez y como indicadores microbiológicos a los coliformes totales. Con dichos parámetros se obtuvo el índice global de calidad de las aguas para regadío de 50 que, dentro de los criterios generales del índice de calidad, este se ubica en la clasificación de agua poco contaminada y por lo tanto requiere tratamiento para ser utilizada para regadío. En la verificación de hipótesis se demostró que los niveles de pH, sólidos disueltos totales, cloruros y bacterias aerobias tienen una diferencia significativa con los rangos de aceptabilidad obteniendo un valor $p < 0.05$. Por otro lado, en el análisis microbiológico también se incluyeron los estándares publicados por la Organización mundial de la Salud que considera a aerobios y *E. coli*.
- ❖ Los parámetros Físico Químicos se determinaron en dos meses de las cuales se realizó cuatro tomas una en la mañana y otra en la tarde durante los meses junio y julio.
- ❖ Se encontró que los niveles de PH = 8.6 sobrepasaron los límites permisibles, indicando que las aguas son alcalinas.
- ❖ Los sólidos disueltos totales, obtenidos en las 48 muestras dieron un promedio de 500 mg/L, superando el valor referencial lo que corresponde a un grado de restricción ligero en el uso para regadío.
- ❖ Según TULSMA, se determinó que el parámetro de cloruros de 20.8 mg/l no cumple el índice de calidad para regadío, que corresponde a una restricción

severa pudiendo provocar sensibilidad en los cultivos. Por otro lado, se obtuvieron valores dentro los rangos normales en los parámetros de conductividad, nitratos, nitritos y turbidez, siendo estas propiedades favorables para los cultivos.

- ❖ Con respecto a la cuantificación de las bacterias mediante cultivo en placas 3M petrifilm, se obtuvo un conteo promedio de aerobios de 480 UFC/ml lo que sobrepasa los valores de referencia de la OMS por lo tanto indicaría que no es apta para regadío. Además de aerobios, las bacterias de interés sanitario que se encontraron fueron *E. coli*, y otros coliformes, pero no superaron el rango óptimo de referencia según TULSMA. Dentro de los coliformes aislados en medios de cultivos selectivos se identificaron tres cepas bacterianas usando pruebas bioquímicas siendo estas: *Escherichia coli*, *Proteus vulgaris* y *Klebsiella pneumoniae*.
- ❖ Para el estudio de sensibilidad de las bacterias de importancia sanitaria aisladas, se realizó el antibiograma por el método de Kirby Bauer según los estándares del CLSI de las 3 cepas bacterianas, dándonos como resultados que la *Escherichia coli*, y, *Klebsiella pneumoniae* fueron sensibles a Ofloxacino (OFX), Gentamicina (CN), Ceftriaxona (CRO), Sulfatrimetoprim (SXT), Cefepime (FEP), Amikacina (AK), Cefuroxima (CXM), Fosfomicina (FF), y en el caso de la Amoxicilina + Ac. Clavulánico (AMC) solo en *Klebsiella pneumoniae* se encontró una resistencia en la que determinamos que es un BLEA, mientras que *Proteus Vulgaris* presentó sensibilidad a Ofloxacino (OFX), Gentamicina (CN), Ceftriaxona (CRO), Sulfatrimetoprim (SXT), Cefepime (FEP), Amikacina (AK), Fosfomicina (FF), Amoxicilina + Ac. Clavulánico (AMC) y una resistencia natural a la Cefuroxima (CXM). En base a los fenotipos evidenciados *E. coli* y *P. vulgaris* corresponden a cepas salvajes.

4.2 RECOMENDACIONES

- ❖ Es recomendable fortalecer investigaciones sobre la calidad del agua de la laguna de Colta, ya que forma parte de nuestro ecosistema, es decir realizando monitoreos periódicamente de los problemas ambientales que le afectan,

comparando los resultados para así tener mejoras significativas en la calidad de aguas utilizadas para regadío.

- ❖ Fomentar proyectos experimentales para evitar el contacto de las aguas residuales y otros desechos con el agua de la Laguna con el objetivo de disminuir la contaminación de la misma.
- ❖ Monitorizar los fenotipos bacterianos y presencia de mutaciones en genes de resistencia en ecosistemas que pudieran influir en la microbiota humana, animal o vegetal pudiendo intervenir de forma apropiada en casos de infecciones adquiridas con bacterias ambientales o de las aguas de la Laguna de Colta.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

LINKOGRAFÍA:

1. 3M Food Safety. Placas 3M™ Petrifilm™ Aqua para análisis de agua. 2011; Disponible en: [http://www.chemicalcenter.com.ar/folletos/Petrifilm/Brochure 3M Petrifilm Aqua Esp.pdf](http://www.chemicalcenter.com.ar/folletos/Petrifilm/Brochure%203M%20Petrifilm%20Aqua%20Esp.pdf) (78)
2. 3M Petri Film. 3M Placas Petrifilm recuento para Aerobios. 2006; Disponible en: <https://multimedia.3m.com/mws/media/444944O/petrifilm-aerobic-count-plate-interpretation-guide-spanish.pdf> (79)
3. 3M Petri Film. Placas Petrifilm™ para el Recuento de E. coli/Coliformes. 2006; Disponible en: <https://multimedia.3m.com/mws/media/444950O/3m-petrifilm-e-coli-coliform-count-plate-interpretation-guide-spanish.pdf> (80)
4. 3M Petri Film. Placas Petrifilm™ Staph Express para Recuento de Staphylococcus aureus [Internet]. 2007. Disponible en: <https://multimedia.3m.com/mws/media/467012O/3m-petrifilm-staph-express-interpretation-guide-spanish.pdf> (81)
5. Andino Rugana. Características de los microorganismos : hongos , bacterias y virus. 2018;1-3. Disponible en: <https://oa.ugto.mx/caracteristicas-de-los-microorganismos-hongos-bacterias-y-virus.html> (47)
6. Andrade R. Tinción de Gram. Educacion [Internet]. 2013; Disponible en: <https://es.slideshare.net/tato762/tincin-de-gram-25801593> (83)
7. Arreghini Silvana. Plantas acuáticas - CONICET Mendoza. Enciclopedia [Internet]. Disponible en: <https://www.mendoza-conicet.gob.ar/portal/enciclopedia/terminos/PlantAcuat.htm> (24)
8. Avendaño Jose et al. Requisitos de calidad del agua para diferentes usos. 1987;15. Disponible en: https://ciperchile.cl/pdfs/11-2013/norovirus/NCh1333-1978_Mod-1987.pdf (39)
9. Ayala Perez LA, Teran Gonzalez GJ, Flores Hernandez D, Ramos Miranda J, Sosa Lopez A. Variabilidad espacial y temporal de la abundancia y diversidad de la comunidad de peces en la costa de Campeche, Mexico. Lat Am J Aquat Res [Internet]. 2012;40(1):63-78. Disponible en:

- http://www.lajar.cl/pdf/imar/v40n1/Articulo_40_7.pdf (9)
10. Bagoon DS, Markand S, Otero E, Perry G, Ramsubaugh A. Assessment of non-point sources of fecal pollution in coastal waters of Puerto Rico and Trinidad. *Mar Pollut Bull* [Internet]. 2010;60(7):1117-21. Disponible en: file:///C:/Users/point/Downloads/Assessment_of_nonpoint_sources_of_fecal_pollution.pdf (57)
 11. Baene I. Resistencia Bacteriana Principios Para La Práctica Quirúrgica, Cirugía [Internet]. Disponible en: <https://encolombia.com/medicina/revistas-medicas/cirugia/vc-133/resistenciabacterianaprincipal/> (74)
 12. Baron J, Poff NL, Angermeier PL, Dahm C, Gleick PH, Hairston NG, et al. Sustaining healthy freshwater ecosystems. *Water Resour* [Internet]. 2004;(127):25-58. Disponible en: <https://www.esa.org/esa/wp-content/uploads/2013/03/issue10.pdf> (7)
 13. Barrera-Escorcía G, Wong-Chang I, Sobrino-Figueroa AS, Guzmán-García X, Hernández-Galindo F, Saavedra-Villeda F. Estudio preliminar de contaminación bacteriológica en la laguna Pueblo Viejo, Veracruz, México. *Rev Int Contam Ambient* [Internet]. 1998;14(2):63-8. Disponible en: <https://www.revistascca.unam.mx/rica/index.php/rica/article/viewFile/32963/30216> (16)
 14. Biopedia. Protistas [Internet]. Disponible en: <https://www.biopedia.com/protistas/#content> (48)
 15. Brito H. Environmental assessment of colta lake and its environment. 2017;(June). Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/316148513_environmental_assessment_of_colta_lake_and_its_environment (6)
 16. Cáceres AC. Eficacia de los consorcios bacterianos y fúngicos nativos en la remoción de metales pesados por biolixiviación de los sedimentos de la Laguna de Colta del cantón Colta. 2015; Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/4790/1/236T0145.pdf> (21)
 17. Camacho A, Cirujano S, Soria JM, Rico E, Santamans AC. Aguas continentales

- retenidas. Ecosistemas leníticos de interior [Internet]. Bases ecológicas preliminares para la conservación de los tipos de hábitat de interés comunitario en España. 2009. Disponible en: http://www.jolube.es/habitat_espana/documentos/31.pdf (20)
18. Carlos Muñoz. Las Aguas Termales y sus Propiedades Curativas [Internet]. 2018. Disponible en: https://www.geosalud.com/aguas_termales/aguas_termales.htm (45)
19. Carrillo E, Lozano A. Validación del metodo de detección de coliformes totales y fecales en agua potable utilizando agar chromocult. Pontif Univ Javeriana [Internet]. 2008;1-82. Disponible en: <http://javeriana.edu.co/biblos/tesis/ciencias/tesis203.pdf> <http://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/ciencias/tesis203.pdf> (64)
20. Carrillo E., et al. <https://javeriana.edu.co/biblos/tesis/ciencias/tesis203.pdf> [Internet]. 2008. Disponible en: <https://javeriana.edu.co/biblos/tesis/ciencias/tesis203.pdf> (65)
21. Cassassuce F. Bacterias en el agua y su efecto en la salud de las personas [Internet]. 2017. Disponible en: <https://www.agualimpia.mx/blogs/news/bacterias-en-el-agua-y-sus-efectos-en-la-salud-de-las-personas-enfermedades-propagadas-por-el-agua> (51)
22. Cavalieri et al. Manual de Pruebas de Susceptibilidad Antimicrobiana. 2005; Disponible en: <https://www.paho.org/hq/dmdocuments/2005/susceptibilidad-antimicrobiana-manual-pruebas-2005.pdf> (89)
23. Centrón D. Mecanismos de Resistencia a los Antibióticos β -lactámicos y Glicopéptidos. UBA/CONICET [Internet]. 2016; Disponible en: <http://www.fmed.uba.ar/depto/microbiologia/c9m1.pdf> (73)
24. Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI). Performance Standards for Antimicrobial Disk Susceptibility Tests. 2009;29:10-3. Disponible en: <file:///C:/Users/point/Downloads/Performance-Standards-for-Antimicrobial-Disk-Susceptibility-Tests-Approved-Standard-Tenth-Edition-.pdf> (87)
25. Curtis Biología. Agua. Disponible en:

- <http://curtisbiologia.com/files/pdf/Curtis6-02.pdf> (25)
26. Deisy Alexandra Burgasí. Universidad Técnica de Cotopaxi unidad académica de Ciencias Agropecuarias y “ diagnóstico ambiental del ecosistema de la Laguna de Yambo , cantón salcedo , provincia de Cotopaxi. 2016; Disponible en: <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/3250/1/T-UTC-00517.pdf> (32)
 27. Díaz, Pérez I, Rodríguez DC, Li M, Raisa D, Iii Z. Aspectos fundamentales sobre el género Enterococcus como patógeno de elevada importancia en la actualidad Fundamental features on he Enterococcus genus as a very important pathogen at present time. Rev Cubana Hig Epidemiol. 2010;48(2):147-61. (66)
 28. Digesa Dirección General de Salud Ambiental. Parámetros Organolépticos Y Físico - Químico. Digesa- Gesta Agua [Internet]. 2017;145. Disponible en: [http://www.digesa.minsa.gob.pe/DEPA/informes_tecnicos/GRUPO DE USO 1.pdf](http://www.digesa.minsa.gob.pe/DEPA/informes_tecnicos/GRUPO_DE_USO_1.pdf) (37)
 29. Digesa. Estándares De Calidad Ambiental De Agua. 2008;1-134. Disponible en: [http://www.digesa.minsa.gob.pe/DEPA/informes_tecnicos/GRUPO DE USO 3.pdf](http://www.digesa.minsa.gob.pe/DEPA/informes_tecnicos/GRUPO_DE_USO_3.pdf) (36)
 30. Espinal Carreón T, Sedeño Díaz JE, López López E. Evaluación de la calidad del agua en la laguna de Yuriria, Guanajuato, México, mediante técnicas multivariadas: Un análisis de valoración para dos épocas 2005, 2009-2010. Rev Int Contam Ambient [Internet]. 2013;29(3):147-63. Disponible en: file:///C:/Users/point/Downloads/artículo_redalyc_37028276002.pdf (11)
 31. Flores SGY. Evaluación de la contaminación del agua mediante parámetros físico químicos en las desembocaduras de los principales afluentes y efluente del Lago San Pablo, provincia de Imbabura. 2018;(Año 2017). Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/15142/1/T-UCE-0012-067-2018.pdf> (15)
 32. Fondo Social Europeo. Calidad de agua de Riego. :1-140. Disponible en: file:///C:/Users/point/Downloads/fichero_gestion_agua (4).pdf (42)
 33. Galas M. Resistencia Natural. Serv Antmicrobianos [Internet]. 2000;52. Disponible en: <http://antimicrobianos.com.ar/ATB/wp->

- content/uploads/2013/02/Grupo-KES-boletin-13.pdf (2)
34. García Quistian et al. Microbiología: Número Más Probable (NMP). 2014; Disponible en: <http://microbiologia3bequipo5.blogspot.com/search?q=NMP> (82)
 35. Gil Microbitos. Klebsiella sp [Internet]. Microbitos Blog. 2015. Disponible en: http://microbitosblog.com/2015/04/20/klebsiella_medio_cultivo_infeccion_gram/ (52)
 36. Gobierno Autonomo de Santa Cruz. Lagunas ¿ Qué son y cómo se forman? 2017;3636001. Disponible en: <http://www.santacruz.gob.bo/sczpdf//2785> (19)
 37. Gómez YD, Elena M, Regalado M. Indicadores microbiológicos de calidad del agua en la costa oeste de Ciudad de la Habana. 2008;391:387-91. Disponible en: [http://www.saludpublica.es/secciones/revista/revistaspdf/bc51018cc317234_Hig_Sanid.Ambient.8.387-391\(2008\).pdf](http://www.saludpublica.es/secciones/revista/revistaspdf/bc51018cc317234_Hig_Sanid.Ambient.8.387-391(2008).pdf) (62)
 38. González V, Caicedo O, Aguirre NJ. Aplicacion De Los Índices De Calidad De Agua NSF , DINIUS y BMWP. Rev Gest y Ambient [Internet]. 2013;16(1):97-108. Disponible en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/33902/1/33863-170537-1-PB.pdf> (31)
 39. GoRaymi. Laguna de Colta. 2018; Disponible en: <https://www.goraymi.com/es-es/colta/laguna-de-colta-a9f1c900b> (26)
 40. Hervé E B, Porte T L. Enterococcus sp Parte II. Rev Chil infectología [Internet]. 2007;24(4):311-2. Disponible en: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/rci/v24n4/art09.pdf> (67)
 41. Huertas MG. Análisis y caracterización de genes de Klebsiella pneumoniae implicados en la formación de biopelícula. 2014; Disponible en: [file:///C:/Users/point/Downloads/HuertasValeroMonicaGabriela2014 \(3\).pdf](file:///C:/Users/point/Downloads/HuertasValeroMonicaGabriela2014%20(3).pdf) (53)
 42. Intagri. El Efecto de los Iones Específicos en las Aguas de Riego. 2017; Disponible en: <https://www.intagri.com/articulos/agua-riego/el-efecto-de-los-iones-especificos-en-las-aguas-de-riego> (41)
 43. Isch E. Contaminación de las aguas y políticas para enfrentarla. 2011;52.

- Disponible en: <http://www.camaren.org/documents/contaminacion.pdf> (4)
44. Jean Patel et al. M100 Performance Standards for Antimicrobial [Internet]. 2017. Disponible en: [file:///C:/Users/point/Downloads/CLSI-2018-M100-S28-unlocked \(1\).pdf](file:///C:/Users/point/Downloads/CLSI-2018-M100-S28-unlocked (1).pdf) (88)
 45. Jose Antonio Prieto. Clasificacion de las Aguas [Internet]. 2009. Disponible en: <file:///C:/Users/point/Documents/aguas ter.html> (44)
 46. Kremer F C, Seguel S O. Riego En Hortalizas [Internet]. Nodo Hortícola. 2015. Disponible en: <file:///C:/Users/point/Desktop/Riego en hortalizas.html> (40)
 47. Laboratorio de Química Ambiental Ideam. Toma de muestras [Internet]. Vol. 50. 1997. Disponible en: file:///C:/Users/point/Documents/Toma_De_Muestras.htm (18)
 48. Laboratorios Britania S.A. Sangre Agar Base. Britania [Internet]. 2015;1:2. Disponible en: http://www.britanialab.com/back/public/upload/productos/upl_5a2975a1ab740.pdf (84)
 49. Laboratorios Britania SA. Manitol Salado Agar. Lab Britania [Internet]. 2011;1-2. Disponible en: http://www.britanialab.com/back/public/upload/productos/upl_5a2ed6c53aed1.pdf (86)
 50. Laboratorios Britania. Mac Conkey Agar. Lab Britania [Internet]. 2015;1-2. Disponible en: http://www.britanialab.com/back/public/upload/productos/upl_5a2ed674cf661.pdf (85)
 51. Larrea J, Rojas M, Romeu B, Rojas N, Heydrich M. Bacterias indicadoras de contaminación fecal en la evaluación de la calidad de las aguas: revisión de la literatura. Rev CENIC Ciencias Biológicas [Internet]. 2013;44(3):24-34. Disponible en: file:///C:/Users/point/Downloads/artículo_redalyc_181229302004.pdf (27)
 52. Loera Valenzuela. Mecanismos De Resistencia Intrínseca y Adquirida a Antibióticos En Bacterias. Rev Med Torreón [Internet]. 2016;8:67-73.

- Disponible
en:https://www.researchgate.net/publication/312324922_Mecanismos_de_resistencia_intrinseca_y_adquirida_a_antibioticos_en_bacterias (71)
53. López-Ortega M, Pulido- Flores G, Serrano- Solís A, Gaytán-Oyarzún JC, Monks-Sheets SW, López-Jiménez MA. Evaluación estacional de las variables físicoquímicas del agua de la Laguna de Tampamachoco , Veracruz, México. Rev Científica UDO Agrícola [Internet]. 2012;12(3):713-9. Disponible en: <file:///C:/Users/point/Downloads/Dialnet-EvaluacionEstacionalDeLasVariablesFisicoquimicasDe-4690166> (5).pdf (13)
54. Luis Ortega. “ Diagnóstico de la calidad del agua de la laguna recreacional del Parque Infantil « Marco Romero Heredia » , ubicada en Azogues - Provincia del Cañar ” Autores : Luis Antonio Ortega Peñafiel Director : Dra . M . Sc . Gladys Guillermina Pauta Calle. 2018; Disponible en: [http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/30259/1/Trabajo de titulación.pdf](http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/30259/1/Trabajo_de_titulacion.pdf) (33)
55. Marin R. Microbiología de las Aguas. En: Físicoquímica y microbiología de los medios acuáticos Tratamiento y control de calidad de agua [Internet]. 2003. p. 73. Disponible en: https://books.google.es/books?id=k8bIixwJzYUC&pg=PA73&hl=es&source=gb_toc_r&cad=3#v=onepage&q&f=false (50)
56. Martínez LL, Giménez AP, Oliver NA, Gilabert J. Análisis de parámetros físicos , químicos y biológicos en las aguas costeras de la región de Murcia. 2007;92-5. Disponible en: <http://repositorio.upct.es/bitstream/handle/10317/2059/apf.pdf?sequence=1> (10)
57. Mendoza L., Rosas R. y MB. Protocolo de muestreo, transporte y conservación de muestras de agua con fines múltiples. 2011;11. Disponible en: https://inta.gob.ar/sites/default/files/scip_protocolo_de_muestreo_de_aguas_inta.pdf (77)
58. Microbitos G. Morfología colonial bacteriana en medios de cultivo [Internet]. 2010. Disponible en: <https://microbitos.wordpress.com/2010/06/14/morfologia-colonial-bacteriana/> (55)

59. Minaya J. Parámetros físicos, químicos, microbiológicos, para determinar la calidad del agua en la Laguna Moronacocha, época de transición creciente-vacante. Iquitos. Perú. 2016; Disponible en: http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/4690/Reynaldo_Tesis_Titulo_2017.pdf?sequence=1 (17)
60. Ministerio de Ambiente Ecuador. Norma Técnica Ecuatoriana Nte Inen 2266:2013. Norma Técnica Ecuatoriana Nte Inen 22662013 [Internet]. 2013; Disponible en: <http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/05/NTE-INEN-2266-Transporte-almacenamiento-y-manejo-de-materiales-peligrosos.pdf> (35)
61. Ministerio del Ambiente. Anexo 1 Del Libro Vi Del Texto Unificado De Legislación Secundaria Del Ministerio Del Ambiente: Norma De Calidad Ambiental Y De Descarga De Efluentes Al Recurso Agua. Norma Calid Ambient Y Descarga Efluentes Recur Agua [Internet]. 2014;1-37. Disponible en: <http://www.industrias.ec/archivos/CIG/file/Cartelera/Reforma Anexo 28 feb 2014 FINAL.pdf> (28)
62. Mondaca MA, Campos V. Riesgo De Enfermedades Transmitidas Por El Agua En Zonas Rurales. Agua potable para comunidades Rural reuso y tratamieto avanzado guas residuales domésticas [Internet]. 2005;Capítulo 1:155-67. Disponible en: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd57/riesgo.pdf> (63)
63. Mongodin EF, Hittle LL, Nadendla S, Brinkman CC, Xiong Y, Bromberg S. crossm Complete Genome Sequence of a Strain of Bifidobacterium pseudolongum Isolated from Mouse Feces and Associated with Improved Organ Transplant Outcome. 2017;5(40):5-6. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5629060/pdf/e01089-17.pdf> (60)
64. Morales A et al. Aguas residuales industriales. Slide Share [Internet]. 2013; Disponible en: <https://es.slideshare.net/PatySalazar2/aguas-residuales-industriales-20762488> (30)
65. Morales A. Microbiología y Parasitología [Internet]. 23-05. 2012. Disponible en: <http://gruponfermeriaunpa.blogspot.com/2012/05/candida-candida-albicas->

- caracteristicas.html (56)
66. Mosquito S, Ruiz J, Bauer JL, Ochoa TJ. Mecanismos moleculares de resistencia antibiótica en *Escherichia coli* asociadas a diarrea. *Rev Peru Med Exp Salud Publica* [Internet]. 2011;28(4):648-56. Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/pdf/rins/v28n4/a13v28n4.pdf> (75)
 67. Murgueitio E, Powney EK. Mapaguiña , provincia de Chimborazo . 2015; Disponible en: <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/9701/1/AC-GMA-ESPE-048158.pdf> (14)
 68. Mushi D, Byamukama D, Kivaisi AK, Mach RL, Farnleitner AH. Sorbitol-fermenting bifidobacteria are indicators of very recent human faecal pollution in streams and groundwater habitats in urban tropical lowlands. *J Water Health* [Internet]. 2010;8(3):466-78. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2875850/pdf/ukmss-29854.pdf> (59)
 69. Navarro F. Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica: Lectura interpretada del antibiograma de enterobacterias. Elsevier [Internet]. 2010;28:577-668. Disponible en: <http://www.elsevier.es/es-revista-enfermedades-infecciosas-microbiologia-clinica-28-articulo-lectura-interpretada-del-antibiograma-enterobacterias-S0213005X10002193> (76)
 70. OMS. OMS | Agua. WHO [Internet]. 2017; Disponible en: <http://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water> (5)
 71. Organización Mundial de la Salud. ¿Que es la resistencia a los antimicrobianos? OMS [Internet]. 2017; Disponible en: <http://www.who.int/features/qa/75/es/> (70)
 72. Oyarzo Marcelo. Biología; productores, consumidores y descomponedores. *Biología (Bratisl)* [Internet]. 2012; Disponible en: <http://marceloghost02.blogspot.com/p/tres.html> (23)
 73. Pérez M, Mota M. Morfología y estructura bacteriana. *Rev Actual Clínica Investig* [Internet]. 2010;49:1-9. Disponible en: <http://www.higiene.edu.uy/cefa/2008/MorfologiayEstructuraBacteriana.pdf> (49)
 74. Presidencia de la República del Ecuador. Norma de Calidad Ambiental y de

- descarga de efluentes : Recurso Agua. TULAS Texto unificado Legis Secund del Minist del Ambient [Internet]. 2011;8-9. Disponible en: <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu112180.pdf> (34)
75. Radical Nutrients. La temperatura del agua del riego. 2018; Disponible en: [file:///C:/Users/point/Desktop/La temperatura del agua del riego.html](file:///C:/Users/point/Desktop/La%20temperatura%20del%20agua%20del%20riego.html) (43)
76. Ramírez R. Escherichia coli. Sashenka [Internet]. 2011;30. Disponible en: <https://www.uv.mx/personal/sbonilla/files/2011/06/Escherichia-coli-I.pdf> (54)
77. Rincón Galán YA, Daza Ardila D del S, Castrillón Cardona WF. Diagnóstico actual de los parámetros fisicoquímicos como indicadores de contaminación ambiental en el río Apulo, Cundinamarca - Colombia. Rev Tecnura [Internet]. 2011;15(28):53-67. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/tecn/v15n28/v15n28a06.pdf> (12)
78. Ríos-Tobón S, Agudelo-Cadavid RM, Gutiérrez-Builes LA. Patógenos e indicadores microbiológicos de calidad del agua para consumo humano. Rev Fac Nac Salud Pública [Internet]. 2017;35(2):236-47. Disponible en: <http://aprendeenlinea.udea.edu.co/revistas/index.php/fnsp/article/view/26353> (46)
79. Rodriguez TM, Tremblay RL, Toledo-Hernandez C, Gonzalez-Nieves JE, Ryu H, Santo Domingo JW, et al. Microbial quality of tropical inland waters and effects of rainfall events. Appl Environ Microbiol [Internet]. 2012;78(15):5160-9. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3416411/pdf/zam5160.pdf> (61)
80. Rossen A, Rodríguez MI, Laura A, Conti R, Fortunato MS, Bustamante A, et al. Indicadores bacterianos de contaminación fecal en el embalse San Roque (Córdoba , Argentina). 2008;330:325-30. Disponible en: [http://www.salud-publica.es/secciones/revista/revistaspdf/bc51018b597aa61_Hig.Sanid.Ambient.8.325-330\(2008\).pdf](http://www.salud-publica.es/secciones/revista/revistaspdf/bc51018b597aa61_Hig.Sanid.Ambient.8.325-330(2008).pdf) (58)
81. Secretaria Distrital de Salud. Manual de Actualización en Resistencia Bacteriana y Normas CLSI M100 - S20. 2010;1-78. Disponible en: file:///C:/Users/point/Desktop/Manual_Resistencia_SDS_2010.pdf (72)

82. Sela G. La Calidad del Agua de Riego [Internet]. 2017. Disponible en: [file:///C:/Users/point/Desktop/La Calidad del Agua de Riego.html](file:///C:/Users/point/Desktop/La%20Calidad%20del%20Agua%20de%20Riego.html) (38)
83. Serrano P., Obtención del consorcio bacteriano nativo del sedimento de la Laguna de Colta del cantón Colta. 2014; Disponible en: [file:///C:/Users/point/Downloads/96T00258 UDCTFC \(17\).pdf](file:///C:/Users/point/Downloads/96T00258%20UDCTFC%20(17).pdf) (22)
84. Talavera V, Zapata Im. influencia del ph sobre los organismos acuáticos. 1998;2-3. Disponible en: http://www.nicovita.com/extranet/Boletines/jul_98_03.pdf (91)
85. Tisaire ca. β -lactamasas plasmidicas de espectro ampliado. Clin Microbiol Rev [Internet]. 1995;1993-6. Disponible en: <https://www.seimc.org/contenidos/ccs/revisionestematicas/bacteriologia/kpbpea.pdf> (1)
86. Torres J. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Evaluación de impacto ambiental y plan de manejo Chimborazo. 2016; Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/4818/1/20T00728.pdf> (90)
87. Toscano Pozo J. Diseño De Lagunas De Oxidación Para Tratamiento De Aguas Residuales Generadas En El Campamento El Coca De La Empresa Triboilgas. 2014;130. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/2257/1/T-UCe-0012-295.pdf> (29)
88. Vazquez E. Contaminación del aire: causas, consecuencias y soluciones - EcoSiglos [Internet]. agua.org.mx. 2017. Disponible en: <https://www.ecosiglos.com/2017/09/contaminacion-del-aire-causas-consecuencias-y-soluciones.html> (3)
89. Veintimilla V. Estudio microbiológico de las aguas termales de Guayllabamba o Aguallanchí situadas en el cantón Chambo, provincia de Chimborazo. 2015; Disponible en: [http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/4455/1/56T00566 UDCTFC.pdf](http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/4455/1/56T00566UDCTFC.pdf) (8)
90. Vergaray G, Méndez CR, Morante HY, Heredia VI, Béjar VR. Enterococcus y

Escherichia coli como indicadores de contaminación fecal en playas costeras de Lima. Rev del Inst Investig la Fac Ing Geológica, Minera, Metal y Geográfica [Internet]. 2007;10(20):82-6. Disponible en: <http://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/iigeo/article/view/498/424> (69)

91. Yamahara KM, Walters SP, Boehm AB. Growth of enterococci in unaltered, unseeded beach sands subjected to tidal wetting. Appl Environ Microbiol [Internet]. 2009;75(6):1517-24. Disponible en: <https://aem.asm.org/content/aem/75/6/1517.full.pdf> (68)

CITAS BIBLIOGRÁFICAS - BASES DE DATOS UTA

PROQUEST: Medizone international, inc.; AsepticSure patent protection goes global. (2012). China Weekly News, , 73. Retrieved from <http://search.proquest.com/docview/921494031?accountid=36765>

PROQUEST: Medizone announces a second round of trials have begun. (2009, Jun 03). PR Newswire Retrieved from <http://search.proquest.com/docview/453566495?accountid=36765>

PROQUEST: The canadian foundation for global health announces a research and development partnership with medizone international, inc. (2009, Feb 18). PR

<http://search.proquest.com/docview/453337313?accountid=36765>

PROQUEST: Shayan, S., Bokaeian, M., & Shahraki, S. (2014). Prevalence and molecular characterization of AmpC-producing clinical isolates of escherichia coli from southeastern iran. *Microbial Drug Resistance*, 20(2), 104-7. doi: <http://dx.doi.org/10.1089/mdr.2013.0087>

PROQUEST: Stéphane Corvec, Adèle Prodhomme, Cécile Giraudeau, Dauvergne, S., Reynaud, A., & Caroff, N. (2007). Most escherichia coli strains overproducing chromosomal AmpC beta]-lactamase belong to phylogenetic group A. *The Journal of Antimicrobial Chemotherapy*, 60(4), 872-6. doi:<http://dx.doi.org/10.1093/jac/dkm284>

PROQUEST: Avison, M. B., Underwood, S., Okazaki, A., Walsh, T. R., & Bennett, P. M. (2004). Analysis of AmpC beta]-lactamase expression and sequence in biochemically atypical ceftazidime-resistant enterobacteriaceae from paediatric patients. *The Journal of Antimicrobial Chemotherapy*, 53(4), 584-91. Retrieved from <https://search.proquest.com/docview/217662605?accountid=36765>

ANEXOS

Tabla 34: Resultados de los parámetros físico químico de la Laguna de Colta

<u>REGISTRO DE PARAMETROS FÍSICO QUÍMICO</u>								
PARAMETROS FÍSICO					PARÁMETROS QUÍMICOS			
PUNTOS	Temperatura	PH	Conductividad (Us)	Sólidos Totales (ppm)	Cloruros mg/L	Nitritos mg/L	Nitratos mg/L	Turbidez NTU
PM1-1	16,70	7,60	1034	515	22,20	0,2	4,50	13,80

PM1-2	16,20	8,48	1034	518	22,20	0,2	4,50	13,80
PM1-3	16,70	8,84	1008	505	22,20	0,2	4,50	13,80
PM1-4	16,90	8,45	1044	523	22,20	0,2	4,50	13,80
PM1-5	16,90	9,03	1021	512	22,20	0,2	4,50	13,80
PM1-6	16,50	8,49	1004	503	22,20	0,2	4,50	13,80
PT1-1	18,90	8,68	1030	514	22,20	0,2	4,50	13,80
PT1-2	18,90	8,94	988	495	22,20	0,2	4,50	13,80
PT1-3	18,90	9,33	1288	646	22,20	0,2	4,50	13,80
PT1-4	18,90	9,17	1014	508	22,20	0,2	4,50	13,80
PT1-5	18,90	9,77	1271	637	22,20	0,2	4,50	13,80
PT1-6	18,90	8,71	880	441	22,20	0,2	4,50	13,80
PM2-1	17,30	8,87	1025	512	20,40	0,3	5,19	12,90
PM2-2	17,70	8,67	1044	522	20,40	0,3	5,19	12,90
PM2-3	17,70	9,15	1140	571	20,40	0,3	5,19	12,90
PM2-4	17,70	9,07	1016	508	20,40	0,3	5,19	12,90
PM2-5	17,50	8,70	1285	422	20,40	0,3	5,19	12,90
PM2-6	18,00	8,43	776	338	20,40	0,3	5,19	12,90
PT2-1	18,40	8,76	1030	517	20,40	0,3	5,19	12,90
PT2-2	18,10	8,78	1058	520	20,40	0,3	5,19	12,90
PT2-3	18,70	9,44	1118	560	20,40	0,3	5,19	12,90
PT2-4	18,40	8,96	987	498	20,40	0,3	5,19	12,90
PT2-5	18,60	8,65	1291	647	20,40	0,3	5,19	12,90
PT2-6	18,80	8,07	729	365	20,40	0,3	5,19	12,90
PM3-1	20,30	8,88	1051	525	19,70	0,4	5,95	12,70
PM3-2	21,00	8,63	700	351	19,70	0,4	5,95	12,70
PM3-3	20,20	9,13	1174	593	19,70	0,4	5,95	12,70
PM3-4	20,70	8,66	556	279	19,70	0,4	5,95	12,70
PM3-5	20,70	8,52	1317	659	19,70	0,4	5,95	12,70
PM3-6	21,10	8,49	593	298	19,70	0,4	5,95	12,70
PT3-1	18,20	8,84	1030	515	19,70	0,4	5,95	12,70
PT3-2	18,00	8,72	1043	524	19,70	0,4	5,95	12,70
PT3-3	17,90	9,23	1195	599	19,70	0,4	5,95	12,70
PT3-4	18,60	8,65	1324	663	19,70	0,4	5,95	12,70

PT3-5	18,20	8,97	781	391	19,70	0,4	5,95	12,70
PT3-6	19,00	8,45	587	293	19,70	0,4	5,95	12,70
PM4-1	17,10	8,90	1045	534	21,60	0,3	5,69	12,30
PM4-2	17,90	8,55	1034	558	21,60	0,3	5,69	12,30
PM4-3	17,60	9,67	1153	598	21,60	0,3	5,69	12,30
PM4-4	18,20	8,58	1018	658	21,60	0,3	5,69	12,30
PM4-5	17,10	8,74	1263	385	21,60	0,3	5,69	12,30
PM4-6	18,60	8,43	1002	369	21,60	0,3	5,69	12,30
PT4-1	19,00	8,79	1031	518	21,60	0,3	5,69	12,30
PT4-2	18,50	8,68	1038	560	21,60	0,3	5,69	12,30
PT4-3	18,50	9,34	1045	591	21,60	0,3	5,69	12,30
PT4-4	18,30	8,43	1013	661	21,60	0,3	5,69	12,30
PT4-5	18,50	8,88	1279	379	21,60	0,3	5,69	12,30

Elaborado por: Mayra López

Tabla 35:Resultadosbacteriológicos de la Laguna de Colta

DIA	PUNTOS	AEROBIOS (UFC/ml)	E. COLI (UFC/ml)	COLIFORMES (UFC/ml)	BACTERIA IDENTIFICADA
MAÑANA	1	158	0	16	<i>Proteus vulgaris</i>
	2	110	3	15	<i>E. coli</i>
	3	720	2	92	<i>E. coli</i>
	4	131	0	43	<i>Proteus vulgaris</i>
	5	201	0	49	<i>Klebsiella pneumoniae</i>
	6	220	4	150	<i>Klebsiella pneumoniae</i>
TARDE	1	260	3	72	<i>Proteus vulgaris</i>
	2	132	4	44	<i>E. coli</i>
	3	720	3	128	<i>E. coli</i>
	4	540	0	108	<i>Proteus vulgaris</i>
	5	480	2	48	<i>Klebsiella pneumoniae</i>
	6	138	3	10	<i>Klebsiella pneumoniae</i>
MAÑANA	1	223	5	75	<i>E. coli</i>
	2	179	7	219	<i>E. coli</i>
	3	440	1	219	<i>E. coli</i>
	4	238	0	99	<i>Proteus vulgaris</i>
	5	250	0	102	<i>Klebsiella pneumoniae</i>
	6	246	2	20	<i>Klebsiella pneumoniae</i>
TARDE	1	220	0	108	<i>Proteus vulgaris</i>
	2	185	5	57	<i>E. coli</i>
	3	580	3	132	<i>E. coli</i>
	4	320	4	280	<i>E. coli</i>
	5	240	0	66	<i>Klebsiella pneumoniae</i>
	6	138	4	23	<i>Klebsiella pneumoniae</i>
MAÑANA	1	320	0	53	<i>Proteus vulgaris</i>
	2	260	0	40	<i>Proteus vulgaris</i>
	3	700	20	380	<i>E. coli</i>
	4	240	0	14	<i>Proteus vulgaris</i>
	5	340	0	59	<i>Klebsiella pneumoniae</i>
	6	380	48	477	<i>E. coli</i>
TARDE	1	380	0	95	<i>Proteus vulgaris</i>
	2	480	1	50	<i>E. coli</i>
	3	780	0	240	<i>Proteus vulgaris</i>
	4	140	0	48	<i>Proteus vulgaris</i>
	5	560	0	68	<i>Klebsiella pneumoniae</i>
	6	740	21	70	<i>E. coli</i>

MAÑAN A	1	940	0	540	<i>Proteus vulgaris</i>
	2	1920	8	360	<i>E. coli</i>
	3	739	1	36	<i>Proteus vulgaris</i>
	4	930	0	180	<i>Proteus vulgaris</i>
	5	113	0	22	<i>Klebsiella pneumoniae</i>
	6	560	3	320	<i>E. coli</i>
TARDE	1	360	0	280	<i>Proteus vulgaris</i>
	2	1240	1	102	<i>E. coli</i>
	3	1080	0	180	<i>Proteus vulgaris</i>
	4	1250	0	240	<i>Proteus vulgaris</i>
	5	600	0	112	<i>Klebsiella pneumoniae</i>
	6	980	3	440	<i>Klebsiella pneumoniae</i>

Elaborado por: Mayra López

FOTOGRAFIAS

Fotografía 1:Laguna de Colta



Elaborado por: Mayra López

Fotografía 2:Casas aledañas a la Laguna



Elaborado por: Mayra López

Fotografía 3: Pastoreo de animales



Elaborado por: Mayra López

Fotografía 4: Toma de muestras de la Laguna de Colta punto uno



Toma de muestra de agua de la mañana

Ubicación: parte norte de la laguna entrada principal

Hora: 7:00 am Junio-Julio 2018

Elaborado por: Mayra López

Fotografía 5: Toma de muestras de la Laguna de Colta punto tres



Toma de muestra de agua de la mañana

Ubicación: parte oeste de la laguna presencia de humedales y escombros.

Hora: 7:30 am Junio-Julio 2018

Elaborado por: Mayra López

Fotografía 6: Toma de muestras de la Laguna de Colta punto seis



Toma de muestra de agua de la tarde

Ubicación: parte sur presencia de escombros y pastoreo de animales. Junio-Julio 2018

Elaborado por: Mayra López

Fotografía 7:Muestras de la Laguna



Muestras de aguas recolectadas de la Laguna de Colta para su procesamiento en el laboratorio de microbiología de la Universidad Técnica de Ambato campus Querochaca. Junio-Julio 2018

Elaborado por: Mayra López

Fotografía 8:Rotulado de las muestras



Rotulación de las muestras de la mañana y tarde en el laboratorio de microbiología de la Universidad Técnica de Ambato campus Querochaca. Junio-Julio 2018

Elaborado por: Mayra López

Fotografía 9:Preparación del material



Preparación de todo el material que se va utilizar en el laboratorio de microbiología de la Universidad Técnica de Ambato campus Querochaca. Junio-Julio 2018

Elaborado por: Mayra López

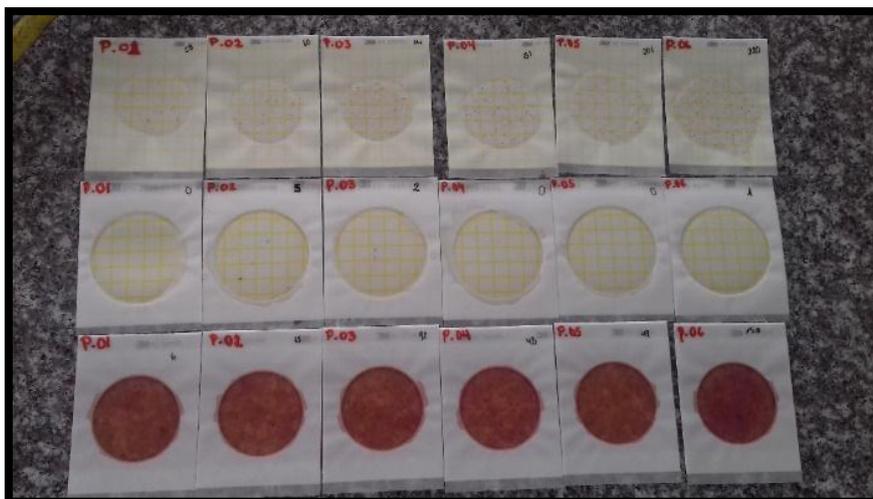
Fotografía 10: Siembra en las Placas 3M Petrifilm



Siembra en las placas Petri film de aerobios, *E. coli*/coliformes y *S. aureus* las muestras de agua de la laguna de Colta e la mañana y tarde en el laboratorio de microbiología de la Universidad Técnica de Ambato campus Querochaca. Junio-Julio 2018

Elaborado por: Mayra López

Fotografía 11: Crecimiento de bacterias en las Placas 3M Petrifilm



Crecimiento en las placas Petri film en la parte superior las placas con cultivos de aerobios en la segunda fila cultivo de *S. aureus* y en la última fila cultivo de *E. coli*/coliformes totales en el laboratorio de microbiología de la Universidad Técnica de Ambato campus Querochaca. Junio-Julio 2018

Elaborado por: Mayra López

Fotografía 12: Conteo de las colonias de las Placas 3M Petrifilm



Conteo de colonas de las placas Petri film de aerobios, *E. coli*/coliformes totales y *S. aureus* en el contador de colonias en el laboratorio de microbiología de la Universidad Técnica de Ambato campus Querochaca. Junio-Julio 2018

Elaborado por: Mayra López

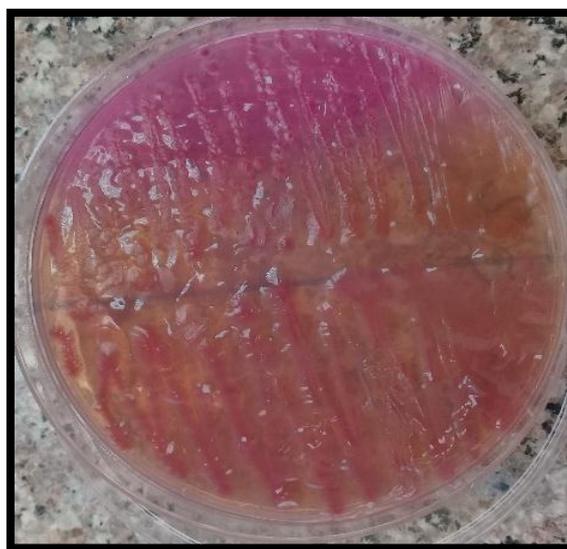
Fotografía 13: Crecimiento en agar Conkey del *Proteus vulgaris*



Crecimiento de *Proteus vulgaris* en Agar Mac Conkey cuyas colonias son medianas convexas translucidas con bordes redondeados y presencia de swarming realizado en el laboratorio de microbiología de la Universidad Técnica de Ambato campus Querochaca. Junio-Julio 2018

Elaborado por: Mayra López

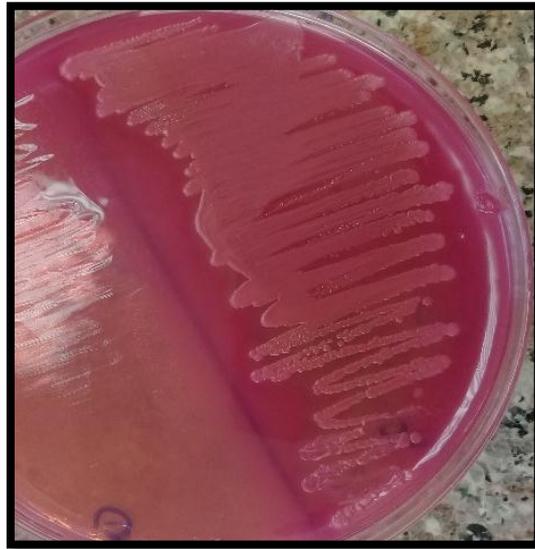
Fotografía 14: Crecimiento en agar Mac conkey de la *Klebsiella Pneumoniae*



Crecimiento de *Klebsiella pneumoniae* en Agar Mac Conkey cuyas colonias son grandes, convexas, mucoides con bordes irregulares de color rosado realizado en el laboratorio de microbiología de la Universidad Técnica de Ambato campus Querochaca. Junio-Julio 2018

Elaborado por: Mayra López

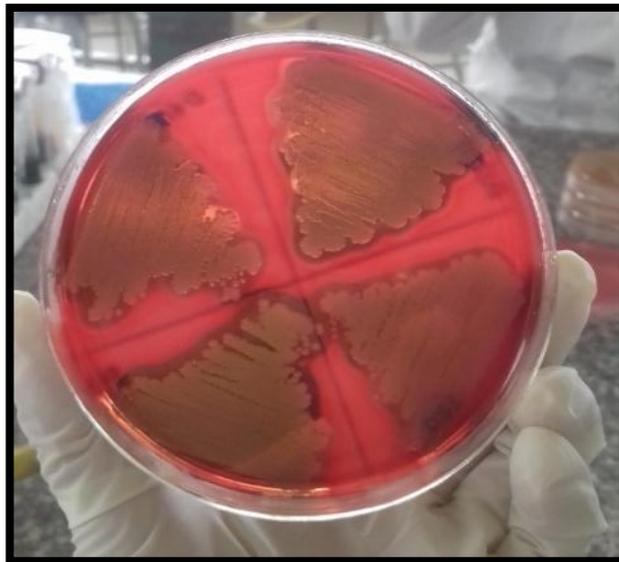
Fotografía 15: Crecimiento en agar MacConkey de *E. coli*



Crecimiento de *Escherichia coli* en Agar Mac Conkey cuyas colonias son medianas convexas con bores redondeados de color rosado realizado en el laboratorio de microbiología de la Universidad Técnica de Ambato campus Querochaca. Junio-Julio 2018

Elaborado: Mayra López

Fotografía 16: Crecimiento en agar Sangre



Crecimiento Agar sangre cultivado de las placas de aerobios en la cual se determinó solo los tipos de hemólisis (alfa, beta o gamma) realizado en el laboratorio de microbiología de la Universidad Técnica de Ambato campus Querochaca. Junio-Julio 2018

Elaborado por: Mayra López
Fotografía 17: Siembra en las pruebas bioquímicas



Siembra en las pruebas bioquímicas (Citrato, Urea, TSI, SIM, Malonato, MR-VP) realizado en el laboratorio de microbiología de la Universidad Técnica de Ambato campus Querochaca. Junio-Julio 2018

Elaborado por: Mayra López
Fotografía 18: Lectura de las pruebas bioquímicas



Lectura de la batería bioquímica de *Klebsiella pneumoniae*: **Citrato:** (+), **Urea:** (+), **SIM:** Mot: (-), Indol: (-), SH2: (-), **TSI:** Gl: (+), La: (+), Sa: (+), **Malonato:** (+), **RM:** (+) y **VP:** (-) realizado en el laboratorio de microbiología de la Universidad Técnica de Ambato campus Querochaca. Junio-Julio 2018

Elaborado por: Mayra López
Fotografía 19:Antibiograma



Realización del antibiograma y colocación de los antibióticos (OFX, CN, CRO, SXT, FEP, AK, CXM, FF y AMC) realizado en el laboratorio de microbiología de la Universidad Técnica de Ambato campus Querochaca. Junio-Julio 2018

Elaborado por: Mayra López

