UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

ESCUELA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO PREVIO A LA OBTENCIÓN DE TÍTULO DE:

INGENIERO/A AMBIENTAL

TEMA:

ESTUDIO FÍSICO-QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO DE LAS AGUAS TERMALES EN LAS PISCINAS "EL SALADO" EN EL CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA PROVINCIA DE TUNGURAHUA.

AUTORES:

KARINA BELÉN ARRIETA VILLAVICENCIO

ADRIANA ELIZABETH BONIFAZ VILLAFUERTE

DIRECTOR DEL PROYECTO:

VALVERDE LARA CARLOS RAÚL, MSC.

PUYO-ECUADOR

2019

DEDICATORIA

El presente trabajo dedico primeramente a Dios por brindarme la oportunidad de vivir, escucharme atreves de una oración en mis momentos de alegría y tristeza, por ser mi guía en los momentos difíciles para salir adelante, por brindarme su apoyo y levantarme de mis derrotas.

A mi madre Gloria quien con su amor, esfuerzo, valentía y firmeza ha sido mi ejemplo a seguir, siendo a la vez padre y madre, la mujer fundamental en mi vida quien me brinda su apoyo incondicionalmente siempre me ha motivo para salir adelante y no rendirme en la vida a pesar de los malos y buenos momentos.

A mis Hermanos Patricio y Luis por forma parte de mi vida, por apoyarme y guiarme en mis estudios motivándome, para lograr mis sueños y sentirse orgullosos de mí, quienes con sus consejos y cariño han forma de mí una persona honesta y respetuosa.

A mis amigos Patricio Zavala y Pablo Méndez por aconsejar, apoyarme y motivarme a no rendirme aprendiendo a llegar lejos en las metas propuestas en mi vida siempre con humildad y sencillez.

A mi segunda Familia Irma, Evelin, Jennifer y a mi pequeña Violeta por darme un amor sincero, lleno de paz y humildad, guiándome en los momentos difíciles, estar pendiente que todo esté bien y motivarme a culminar mis estudios.

Al MSc. Carlos Raúl Valverde Lara director del proyecto de investigación, mi más sincero agradecimiento por brindarme sus conocimientos, asesoramiento y experiencia siendo esencial para la culminación de esta investigación.

Adriana Elizabeth

DEDICATORIA

Este presente proyecto le dedico primeramente a Dios y la Virgen de Baños de Agua Santa por brindarme la oportunidad de vivir, escucharme a través de una oración en momentos de tristeza y alegría.

Le dedico con todo mi amor y cariño a mi amado esposo Eduardo López por su sacrificio y esfuerzo, por ayudarme a culminar mi carrera para nuestro futuro y por creer en mi capacidad, aunque hemos pasado momentos difíciles siempre ha estado brindándome su comprensión, cariño y amor.

A mi amado hijo Tayler López por ser mi fuente de motivación e inspiración para poder superarme cada día más y así poder luchar para que la vida nos depare un futuro mejor.

A mi querida hermana Marilyn Fernanda quien con sus palabras de aliento no me dejaba decaer para que siguiera adelante y siempre sea perseverante y cumpla con mis ideales.

A mis compañeros y amigos presentes y pasados, quienes sin esperar nada a cambio compartieron su conocimiento, alegrías y tristezas y a todas aquellas personas que durante estos cinco años estuvieron a mi lado apoyándome y lograron que este sueño se haga realidad.

Kary Belén

AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento a Dios quien me ha dado la vida, lleno de bendiciones en cada día de mi existencia y hoy me permite alcanzar uno de los logros propuestos en el desempeño académico.

A mi hermosa madre y mi Familia, pilar fundamental en cada paso que inicie con mis estudios universitarios, quienes con sus consejos y apoyo incondicional han fomentado mi crecimiento personal y profesional brindándome su amor, paciencia y cariño para hoy lograr mi sueño anhelado.

A mis amigos Mario Landa y Ronny Hernández quienes me ayudaron en mis estudios, gracias por los consejos y el apoyo en los momentos difíciles, motivándome a alcanzar mi meta propuesta en culminar mis estudios en largas desveladas hoy cumplo una meta más te quiero amigo.

A mi compañera Karina Arrieta quien fue mi compañera de proyecto, pasamos momentos buenos y malos, entre peleas y todo se logró desarrollar el proyecto, gracias por brindarme una amistad sincera.

A mis queridas/os amigas/os Paola, Franklin, María Fernanda, Leslie, Jessica, Carlos, porque cada una con sus valiosas aportaciones, concejos y conocimientos hicieron posible esta meta y por la gran calidad humana que me han demostrado con su amistad.

A la Universidad Estatal Amazónica, por abrirme las puertas de sus aulas y brindarme la oportunidad de ser una profesional; a mis profesores, compañeros y a todos quienes conforman la UEA, actores principales que durante 5 años impulsaron mi formación estudiantil, no los olvidaré.

Adriana Elizabeth

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, doy infinitamente gracias a Dios por brindarme la vida, por guiarme a lo largo de nuestra existencia, ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y debilidad, por haberme dado fuerza y valor para culminar esta etapa de mi vida.

Agradezco también la confianza y el apoyo brindado por parte de mi esposo, que sin duda alguna en el trayecto de mi vida me ha demostrado su amor, y ha celebrado mis triunfos como una familia con nuestro hijo Tayler López a quien amo con toda mi vida, junto al apoyo constante de mis suegros y a mi querida cuñada Angie.

A mi hermana Marilyn Fernanda, que con sus consejos me ha ayudado a afrontar los retos que se me han presentado a lo largo de mi vida.

A mi padre Hugo Arrieta, que siempre lo he sentido presente en mi vida. Y sé que está orgulloso de la persona en la cual me he convertido

Al Ms. Sc. Lara Valverde Carlos Raúl por toda la colaboración y orientación brindada, durante la elaboración de este proyecto.

A mi compañera Adriana Bonifaz quien fue mi compañera de proyecto, pasamos muchos momentos juntas para al desarrollo del proyecto y a la brindarme una hermosa amistad.

A la Universidad Estatal Amazónica, por abrirme las puertas de sus aulas y brindarme la oportunidad de ser profesional, a mis profesores, compañeros y a todos quienes conforman la UEA, actores principales que durante 5 años impulsaron mi formación estudiantil.

Finalmente, a mis queridas/os amigas/os Gaby Mishell, Maricela, Mario y Ronny, porque cada una con sus valiosas aportaciones, concejos y conocimientos hicieron posible esta meta y por la gran calidad humana que me han demostrado con su amistad.

Kary Belén

ÍNDICE

ABSTRACT 2

SIMBOLOGÍA Y ABREVIATURAS 3

CAPITULO I 5

1. INTRODUCCIÓN 5

1.1 Problema de Investigación 6

1.2 Formulación del problema 7

1.3 Objetivos 7

1.3.1 Objetivo general 7

1.3.2 Objetivo específicos 7

CAPÍTULO II 8

2. Fundamentación Teórica De La Investigación 8

2.1 Historia de las aguas termo minerales 8

2.2 Cura Balnearia 10

2.3 Conceptos de aguas termales 10

2.3.1 Definición 10

2.3.2 Génesis de las aguas termales 10

2.3.3 Clasificación de las aguas termales 10

2.3.4 Clasificación de las aguas termales geológica-genética 11

2.3.5 Clasificación de las aguas por su temperatura 11

2.3.6 Clasificación de las aguas según la mineralización de las aguas 12

2.3.7 Clasificación de las aguas por su composición química 13

2.3.8 Clasificación de los Análisis Físico-químico de las aguas termales 14

2.9 Clasificación de los Análisis Microbiológicos de las aguas termales 15

CAPÍTULO III 17

3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....17

3.1 Localización.....17

3.2 Tipo De Investigación.....19

3.3 Métodos de Investigación.....19

3.4 Desarrollo de los métodos de investigación.....20

3.5 Materiales y Equipos.....21

3.6. Muestreo en la piscina "El Salado".....21

3.7 Transporte de las muestras.....22

3.8 Limpieza de los envases.....22

3.9 Parámetros microbiológicos.....22

3.10 Parámetros físico-químico.....22

3.10.1 Turbiedad.....23

3.10.2 Conductividad – Método Hach 8160.....23

3.10.3 Determinación de pH por electrometría.....23

3.10.4 Temperatura.....24

3.11 Parámetros microbiológicos.....24

3.11.1 Coliformes totales y *Pseudomonas aeruginosa*.....24

3.11.2 Elaboración del medio de cultivo (Agar Chromocult):.....25

3.11.3 Agua de peptona al 1%.....26

CAPITULO IV.....27

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....27

4.1 Resultados.....27

4.2 Caracterización de los parámetros físico-químico.....27

4.2.1 Temperatura.....27

4.2.2 pH.....30

4.2.3 Conductividad 32

4.2.4 Turbidez 34

4.2.6 Color 37

4.2.7 Olor 37

4.3 Caracterización microbiológica 38

4.3.1 Coliformes totales 38

4.3.2 *Pseudomonas aeruginosa* 43

4.3.3 Manejo adecuado del agua en las piscinas para disminuir el grado de contaminación 44

4.4 Discusión 44

CAPITULO V 48

Conclusiones 48

Recomendaciones 49

BIBLIOGRAFÍA 51

ANEXOS 54

Instalaciones del Balneario "El Salado" 54

Adquisición de las muestras para ser trasladadas al laboratorio para sus respectivos análisis 55

Muestras recolectadas y etiquetadas para trasladarlas al laboratorio de la UEA 59

Preparación y esterilización de los materiales 59

Preparación de Materiales, Medio de Cultivo y Agua de Peptona 60

Análisis Físico - químico de las aguas termales "El Salado" en el Laboratorio de Ambiental de la Universidad Estatal Amazónica 63

Etiquetas 65

RESUMEN

En la presente investigación se realizó el estudio físico-químico y microbiológico en las piscinas "El Salado" del Cantón Baños de Agua Santa. El estudio se desarrolló en la Universidad Estatal Amazónica en el laboratorio de microbiología (Coliformes Totales y *P. aeruginosa)* y laboratorio de ambiental (pH, color, olor, turbidez, conductividad y cloro residual) en la Facultad de Ciencias de la Vida con la finalidad de determinar las bacterias mesófilas, que provocan enfermedades dérmicas y gastrointestinales al ser humano.

El análisis físico-químico dentro de los parámetros establecidos nos indica que la temperatura es característica de las aguas termales e hipertermales, en cuanto la turbidez presenta resultados en la muestra CE15 (108 NTU) debido a la cantidad de solidos presente en el agua. El pH de las piscinas termales está en condiciones aptas para el uso terapéutico de acuerdo a la Norma Cubana de Agua Mineral (NC 93-01-218:1995).

El conteo de los microorganismos fue realizado en las cajas Petri por siembra directa de 1 mL de agua termal de la captación de la entrada 1, captación de la entra 2, piscina caliente natural, piscina mezclada y salida de desfogue, en diferentes horarios en la mañana (5 am), medio día (12 pm) y en la noche (19 pm). Los resultados de coliformes totales en días feriados alcanzan valores altos de ± 13000 UFC/ml en la piscina caliente. En un día normal presenta valores de ± 5700 UFC/ml en la piscina caliente en el horario de la noche. El resultado con menor grado de contaminación es la captación de entrada 1 con un valor de ± 200 UFC/ml. De igual manera *Pseudomonas aeruginosa* presenta resultados de 3 UFC/ml en la piscina caliente en horario del medio día y en la captación entrada 1 en horario de la noche.

PALABRAS CLAVE: Aguas termales, Microorganismos, Baños terapéuticos, *Pseudomonas aeruginosa.*

ABSTRACT

In the present investigation the physical-chemical and microbiological study was carried out in the "El Salado" pools of the Cantón Baños de Agua Santa. The study was carried out at the Amazon State University in the microbiology laboratory (Coliformes Totales and *P. aeruginosa*) and environmental laboratory (pH, color, odor, turbidity, conductivity and residual chlorine) in the Faculty of Life Sciences with the purpose of determining mesophilic bacteria, which cause dermal and gastrointestinal diseases to humans.

The physical-chemical analysis within the established parameters indicates that the temperature is characteristic of the thermal and hyperthermal waters, as turbidity presents results in the sample CE15 (108 NTU) due to the amount of solids present in the water. The pH of the thermal pools is in conditions suitable for therapeutic use according to the Cuban Mineral Water Standard (NC 93-01-218: 1995).

The counting of the microorganisms was carried out in the Petri dishes by direct seeding of 1 mL of thermal water from the intake of the entrance 1, capture of the entrance 2, natural hot pool, mixed pool and vent outlet, at different times in the morning (5 am), noon (12 pm) and night (19 pm). The results of total coliforms on holidays reach high values of ± 13000 CFU / ml in the hot pool. On a normal day it presents values of ± 5700 CFU / ml in the hot pool at night time. The result with the lowest degree of contamination is the input 1 collection with a value of ± 200 CFU / ml. In the same way, Pseudomonas aeruginosa presents results of 3 CFU / ml in the hot pool during the mid-day and in the intake 1 in the evening.

KEYWORDS: Hot springs, Microorganisms, Therapeutic baths, *Pseudomonas aeruginosa*.

SIMBOLOGÍA Y ABREVIATURAS

CE1: Captación Entrada 1

CE2: Captación Entrada 2

PC: Piscina Caliente

PM: Piscina Mezclada

SD: Salida de desfogue

CE15: Captación Entrada 1 a las 5 de la mañana

CE25: Captación Entrada 2 a las 5 de la mañana

PC5: Piscina Caliente a las 5 de la mañana

PM5: Piscina Mezclada a las 5 de la mañana

SD5: Salida de desfogue a las 5 de la mañana

CE112: Captación Entrada 1 al medio día

CE212: Captación Entrada 2 al medio día

PC12: Piscina Caliente al medio día

PM12: Piscina Mezclada al medio día

SD12: Salida de desfogue al medio día

CE119: Captación Entrada 1 a las 7 de la noche

CE219: Captación Entrada 2 a las 7 de la noche

PC19: Piscina Caliente a las 7 de la noche

PM19: Piscina Mezclada a las 7 de la noche

SD19: Salida de desfogue a las 7 de la noche

a.n.e: Años antes de nuestra era

UEA: Universidad Estatal Amazónica

mm: Milímetro

°C: Grados centígrados

m: Metros

mL: Mililitro

g: Gramo

L: Litro

Tma: Temperatura media anual del aire

Ts: Temperatura del suelo

µS: MicroSiemens

cm: Centímetro

NTU: Unidad de turbidez nefelométrica

UFC: Unidad formadora de colonias

H1: Horario 1

H2: Horario 2

H3: Horario 3

CAPITULO I

1. INTRODUCCIÓN

Ecuador se ubica dentro del Circulo de Fuego del Pacifico, la Placa de Nazca lugar donde se sitúa la Placa Sudamericana, que se caracteriza por un flujo térmico elevado y actividad magmática, creados en la corteza terrestre a grandes profundidades eso permiten que existan aguas subterráneas que alcanzan un alto grado geotérmico.

A las fuentes de aguas con características termo minerales en el Ecuador se les atribuye, desde tiempos antiguos, propiedades curativas y se las asocia eternamente con el misticismo y la leyenda. En el país las aguas termales y minerales, genéticamente están relacionadas con volcanes jóvenes y sistemas de fallas y fisuras, estas aguas provienen del interior de la tierra, en donde por procesos geodinámicas se encuentran a temperaturas muy elevadas y con un alto nivel de mineralización. Cuando el agua llega a la zona de fallamiento asciende muy rápido emanando a la superficie en forma de manantiales (INAMHI, 2013).

El agua y el aire son los elementos físicos más móviles que tiene el planeta Tierra a la vez que la movilidad permite realizar en ciclo del agua. El agua circula naturalmente a través de los océanos, la atmosfera, lagos y ríos, glaciares y aguas subterráneas (Sierra, 2011).

Madigan *et al.,* (2009) definen que los microorganismos del género *P. aeruginosas* son bacterias ecológicamente importantes tanto en el agua como en los suelos probablemente son responsables de la degradación de numerosos compuestos solubles derivados del material vegetal y animal. Menciona que las bacterias también son capaces de degradar numerosos compuestos xenobioticos (de origen sintético) como pesticidas y otros productos químicos tóxicos y por lo tanto es importantes en tratamientos de biorremediación ambiental. Entre las *Pseudomonas* fluorescentes, la especie *P. aeruginosa* se asocia ordinariamente a infecciones del tracto urinario y del tracto respiratorio en humanos. *Pseudomonas* es un patógenos oportunistas; se hallan usualmente en el ambiente.

El agua de las piscinas de “El Salado” se encuentran en temperaturas de 40°C a 50°C, son vertientes de la actividad del Volcán Tungurahua. Las aguas mineralizadas termales proceden del fondo de las capas terrestres y poseen una temperatura muy elevada de 49°C, pero cuando estas fluyen a la superficie su temperatura esta alrededor de los 22°C. Este tipo de agua termal

provee un alivio a las dolencias musculares y articulares es decir se usa como analgésico natural, este es uno de los beneficios de este tipo de aguas.

Se designan como aguas termales a aquellas que emanan a la superficie con una temperatura más alta a los 22°C. El calentamiento del agua se produce por el paso del agua entre distintas capas subterráneas. Los beneficios de las aguas termales son debido a la presencia de minerales en su estructura química.

En la primera fase, se analizó los parámetros microbiológicos de las aguas termales en las piscinas "El Salado" de Baños de Agua santa- Tungurahua, los análisis se los realizo en el Laboratorio de Microbiología de la Universidad Estatal Amazónica de la Carrera de Ingeniería Ambiental, con el propósito de medir y caracterizar Coliformes fecales y *P. aeruginosa.*

La evaluación calidad físico-química y microbiológica de las aguas para recreación de las piscinas "El Salado" se realizaron por varias fases; la primera fase consiste en los muestreos del agua de las captaciones, las piscinas y el desfogue, ahí se analizó los parámetros físicos químicos como son: color, olor, turbiedad, conductividad, pH, temperatura, cloro residual, y microbiológicos como: coliformes totales y *P. aeruginosa.* La segunda fase consiste en el análisis y comparación el uso de las piscinas "El Salado" ya que radica en el uso público de las personas bañistas, de acuerdo a los diferentes muestreos en los cuales a partir de ellos se establecerá medidas correctivas para su respectivo uso como también se proveerá cual es la calidad del agua apta para los bañistas.

1.1 Problema de Investigación

El cambio del agua diario que se le da a las piscinas no soluciona el problema que existe en la contaminación, el recurso hídrico que se encuentra en estos lugares no es el adecuado para los usuarios ya que muchos portan microorganismos patógenos ocasionando frecuentes infecciones. Las aguas de las piscinas son capaces de producir varias enfermedades debido al incorrecto tratamiento de desinfección, en los centros recreativos permitiendo que los bañistas a través del sudor, cremas, pelos y productos de excreción, sean los más afectados en la salud.

La calidad del agua para fines de uso recreativo dentro del uso de piscinas sea públicas o privadas deben estar bajo una supervisión permanente del gobierno en el que se encuentra, ya

que es una de las fuentes principales del contagio de enfermedades por la transmisión de microorganismos.

Finalmente, esta investigación es factible ya que cuenta con los recursos técnicos y humanos se ha utilizado diferentes parámetros para determinar la calidad del agua de uso recreativo en el que se encuentra en las piscinas termales "El Salado" del cantón Baños de Agua Santa. De esta manera se cumple con los objetivos propuestos ante el presente proyecto.

1.2 Formulación del problema

En el cantón de Baños de Agua Santa, el recurso agua es un factor importante dentro de las áreas de recreación y atractivos turísticos, ayudando al desarrollo socio económico del cantón. Mediante una encuesta que se ha realizado en las piscinas de "El Salado" se ha determinado que en este momento existe una falta de estudio en el tratamiento del agua en las piscinas, lo cual ha conllevado a posibles enfermedades dérmicas y gastrointestinales. Debido a estas observaciones podemos resumir la necesidad de realizar un estudio físico-químico y microbiológico de las piscinas, que permita determinar el estado en el que se encuentra la calidad del agua. En las piscinas "El Salado", asisten entre semana normalmente 700 bañistas, pero en días de feriado aumentan de 1500 a 3000 usuarios locales, nacionales e internacionales por tal se determinó la necesidad de realizar estudios.

¿Cuál es la calidad físico-química y microbiológica de las aguas termales para recreación en las piscinas "El Salado" del cantón Baños de Agua Santa provincia de Tungurahua?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Determinar la calidad físico-química y microbiológica de las aguas termales en las piscinas "El Salado" de la Municipalidad de Baños de Agua Santa.

1.3.2 Objetivo específicos

- Conocer el contenido de carga microbiológica del agua en las piscinas termales.
- Determinar las características físico-químico del agua en las piscinas.
- Proponer alternativas de manejo adecuado del agua en las piscinas para disminuir el grado de contaminación.

CAPÍTULO II

2. Fundamentación Teórica De La Investigación

2.1 Historia de las aguas termo minerales

El hombre primitivo en la edad de la piedra, tenía conocimiento de las propiedades beneficiosas que posee el agua mineral en la salud, considerando que uno de los primeros balnearios de aguas termo medicinales fue hace 2000 a.n.e. Las primeras evidencias de donde existencia los balnearios termales fueron en las ciudades: la Antigua Grecia, en la isla griega de Creta, india de Mojenjo-Daro, Epidauros y en la ciudad egipcia de Tel el-Amarna.

En la época de los griegos las curas se realizaban mediante baños de aguas medicinales, por los conocimientos hidroterapéuticos que ellos tenían destacando las aguas medicinales de Peloponeso, Rodas, Pérgamo, Cos, Cnido, etc. Durante la época griega la medicina tuvo una acogida al uso de las aguas termo medicinales. Asclepio fue el Dios griego de la medicina, donde se le atribuía propiedades terapéuticas de las aguas termo minerales que se llevaba a cabo de los pueblos primitivos.

En un inicio las termas disponían solo de agua fría; a fines del siglo V a.n.e. inician a edificar las instalaciones independientes de agua templada y fría. En Roma se descubrió vertientes de aguas termales en la ciudad de Pompeya en el siglo II a.C. En aquel entonces fundaron en Roma distintos sitios de balnearios en aguas termales públicas.

En la etapa medieval la utilización de los baños termales se redujo, ya que se dio el periodo de la iglesia cristiana donde dialogaban de la limpieza espiritual y se suponía que las aguas termales era un lugar de libertinaje, por tanto, inicio a disminuir el uso del agua. En el país Escandinavia la religión cristina tenía la ideología de tener en la casa su propio sauna, donde primero se tomaba baños de agua templada y posteriormente baños de agua fría.

Los árabes invadieron el sur de Europa, permitieron la reintegración de los baños públicos, en ese entonces las grandes ciudades instalaban al menos un baño público. Entre estos se enfatizaba El Baño Real de la Alambra en Granada. Seguidamente en la reconquista de España por los reyes católicos, se dio la expulsión de los musulmanes del territorio ibérico, los conocimientos de los baños curativos estuvieron nuevamente limitados de las costumbres en hechos judíos.

En Constantinopla en el tiempo del imperio bizantino, conservaron las costumbres romanas y perduraron hasta alcanzar el mando turco. Además, el florecimiento a los baños termales de las aguas termo-minerales fueron usadas como propiedades curativas en las personas heridas.

En el siglo XV surge el renacimiento del avance de la medicina general por los hallazgos territoriales del uso de las aguas termales que se presentó en el Nuevo Mundo. Entre los siglos VII y XIX existe un desempeño en la cultura básica y en el uso del suelo del agua termal y los baños terapéuticos con las debidas condiciones de higiene. En el siglo XIX ocasiono un brote de enfermedades como fue la cólera, donde hubo la necesidad de situar baños públicos y privados como las medidas correctivas de higiene personal (Fagundo, 2014).

El agua en la época de los Incas aparte de ser un recurso vital fue utilizada como baños rituales de energia y purificación del ser humano. El Inca y la caballerosidad también acudían al uso de estos baños terapéuticos, también los Incas Atahualpa y Huayna Cápac tenían un conocimiento de las curaciones que poseía las aguas termales. En las ceremonias religiosas los baños lo realizaban en el templo como rito en la venida de los españoles. En el año 1844 deciden prohibir los baños rituales de purificación, porque se pensó que son ritos paganos, los nobles y sacerdotes enseñaban a realizar este tipo de baño no con el propósito de limpiar sus cuerpos sino para purificar su espíritu (INAMHI, 2013).

Las aguas minerales poseen temperaturas normales se localizan en un 90 % de la corteza terrestre, y aumenta cada 3 grados centígrados por cada 100 m de profundidad. Por otra parte, en las zonas irregulares calientes el gradiente geotérmico es de 15 a 50°C por cada 100 m. Las aguas en las zonas de actividad ígnea tanto volcánica como plutónica, la actividad sísmica o de tectónica activa que presenta generalmente una anomalía geotérmica positiva. Además, la circulación profunda y el rápido ascenso del gradiente geotérmico explica la presencia de los manantiales termales (Eyzaguirre y Armijos, 2010).

En la actualidad la Hidrología Médica es una rama terapéutica, en otras disciplinas, tales como la física, la farmacia, la química, las ciencias naturales, etc. Las propiedades y composición quimicas del agua termal se conoce en distintas funciones y orígenes del suelo, etc. A pesar de las curas termales e hidrotermales en otras épocas hoy el desarrollo de la medicina se basa en cirugía y los medicamentos (Fagundo, 2014).

2.2 Cura Balnearia

La Cura balnearia se considera un complejo terapéutico en el que intervienen agentes principales en las aguas minero-medicinales y los conocimientos hidroterapéuticos en las condiciones ambientales naturales y artificiales. La mineralización del agua es bicarbonatada permitiendo que sean antiácidos y alcanilinizantes (Armijos, 1894).

El conocimiento de la cura balnearia consta de la parte terapéutica que se utiliza como medicamento de las aguas mineromedicinales, de acuerdo a las condiciones climáticas o situación geográfica que se encuentre, son aplicadas en el lugar donde emergen. Resulta actuar a nivel terapéutico, rehabilitador y preventivo (Herguedas, 2018).

2.3 Conceptos de aguas termales

2.3.1 Definición

Se considera aguas termales a la relación que tiene con la temperatura superior a 5°C. "El agua mineral se define como el agua no contaminada, que ha surgido del suelo, por sus propiedades físico-químicas" (INAMHI, 2013).

2.3.2 Génesis de las aguas termales

La teoría sobre el origen del termalismo es variada, el agua subterránea, circular por zonas altamente fisuradas de la roca como consecuencia termodinámica. Las aguas húmedas se desarrollan en base a la temperatura del gradiente geotérmico, que se lo define como la profundidad de penetración en el suelo, expresada en metros, la temperatura crece a 1°C, por término medio de 30 a 35 m, según la profundidad y la localidad. En los territorios de zonas volcánicas disminuye de 10 a 15 metros, en las zonas de vulcanismo el agua puede verse afectada por el calor que el magma traslada a las rocas adyacentes y por influencia de aguas juveniles hipertermales. Cuando estas surgen a la superficie a temperaturas superiores a la del ambiente, se las denomina "fuentes termales" (INAMHI, 2013).

2.3.3 Clasificación de las aguas termales

La clasificación de las aguas termales según el INAMHI 2013, es:

2.3.4 Clasificación de las aguas termales geológica-genética

- **Agua Plutónica:** Agua que se localiza y es originaria en el interior de los magmas a grandes profundidades, en varios kilómetros.
- **Agua Juvenil:** Agua que en ningún tiempo se ha formado ni ha estado en contacto con la atmósfera.
- **Agua Magmática:** Agua que se localiza y es originaria en el interior de los magmas de poca profundidad.
- **Agua Metamórfica:** Agua que está o ha estado en contacto con rocas durante su metamorfismo.
- **Agua Meteórica:** Agua subterránea que en tiempos recientes forma parte del ciclo hidrológico.
- **Agua Congénito:** Agua que ha perdurado fuera del contacto con la atmósfera durante largos períodos de tiempo (INAMHI, 2013)

2.3.5 Clasificación de las aguas por su temperatura

La temperatura es la principal característica de las aguas termo minerales, las condiciones geotérmicas y climáticas del territorio, emplea por el efecto una termocupla con precisión de décimas de grado (INAMHI, 2013).

Según Schoeller (1962), la clasificación de las aguas termales depende de los grados de temperatura considerando la temperatura media anual del aire (Tma) o la temperatura del suelo (Ts) en que se surge el manantial, Obteniéndose la siguiente clasificación:

Tabla 1. Clasificación del agua según la temperatura

Tipo de agua	**Temperatura**
Hipertermales	T > Tma + 4 ºC o T > Ts + 2 ºC.
Ortotermales	T = Tma + 4 ºC o T = Ts + 2 ºC.
Hipotermales	T < Tma o T < Ts – 2 ºC.

Fuente. Fagundo y González 2000

Elaboración: Arrieta, K., Bonifaz, A., 2018

Los beneficios hidroterapéuticos llamada Temperatura Fría resulta del interés al uso de la clasificación de las aguas mesotermales siendo aquellas con temperaturas entre 35°C y 37 ºC, hipertermales (más de 37 ºC) e hipotermales (menos de 35 ºC) (Fagundo y Gonzáles, 2000).

Se encuentran clasificadas las aguas, por su temperatura en la siguiente tabla:

Tabla 2. Clasificación del agua según la temperatura indiferente del organismo

Tipo de agua	**Temperatura**
Frías	Menos de 20°C
Hipotermales	Entre 20 y 30°C
Termales	Entre 30 y 40°C
Hipertermales	Más de 40°C

Fuente. Fagundo y González 2000

Elaboración: Arrieta, K., Bonifaz, A., 2018

Los valores de la presión osmótica consideran que se puede clasificar en base al valor terapéutico (Fagundo y Gonzáles, 2000).

Tabla 3. Clasificación del agua según la temperatura en el valor terapéutico.

Tipo de agua	**Temperatura**
Agua hipotónicas	Inferior a -0.55 ºC.
Agua isotónicas	Entre -0.55 y -0.58 ºC.
Agua hipertónica	Superior a -0.58 ºC.

Fuente. Fagundo y González 2000

Elaboración: Arrieta, K., Bonifaz, A., 2018

2.3.6 Clasificación de las aguas según la mineralización de las aguas

La clasificación de las aguas mineralizadas se base en la mineralización que posee la aguas, aniones o cationes que representan más del 20 % de la masa iónica, expresada en mili equivalentes (Fagundo y Gonzáles, 2000) clasifica según el criterio de las aguas de la siguiente manera:

1) **Sulfatadas:** Las aguas que poseen más de 1 g/l de sustancias mineralizantes, prevalece el anión sulfato como propiedad terapéutica, sin embargo, los iones como cloruro, bicarbonato, sodio, y magnesio.
2) **Cloruradas:** Las aguas que poseen más de 1 g/l de sustancias mineralizantes, presentan el ion cloruro en el tipo de agua de origen profundo. Las fallas y grietas presentan un ascenso a la superficie, los tipos de aguas se subdividen en: fuentes (mar de 50 g/l), medianas (entre 10 y 50 g/l) y débiles (menos de 10 g/l).
3) **Bicarbonatadas:** Las aguas que poseen más de 1 g/l de sustancia mineralizante, presentan el ion bicarbonato de magnesio, cloruro, sodio, calcio y otros. A su vez el tipo de aguas posee gran cantidad de ácidos libres (CO2 mayor de 250 mg/L), también se denominan carbónicas o carbo gaseosas (Fagundo y González, 2000).

2.3.7 Clasificación de las aguas por su composición química

El conocimiento hidrogeoquímico de una fuente termomineral es clasificada de acuerdo a la importancia, de lo cual dependerá de la diferencia de los aspectos geoquímicos del agua y su relación con el medio. Por lo tanto, la evaluación de la calidad del agua, deberá permitir detectar cambios en las características químicas con el fin de evaluar patrones y tendencias (INAMHI, 2013).

Para la clasificación de las aguas minerales el método más utilizado es el de Kurlov, el cual toma en consideración los cationes y aniones que exceden el 20% meq/l. Los criterios físicos-químicos de la clasificación de las aguas naturales, se fundamenta en el contenido de los iones más abundantes en el agua termal ver la siguiente tabla 4.

Tabla. 4: Clasificación de las aguas minerales según Kurlov

Con relación a los Aniones:	**Con relación a los Cationes:**
Bicarbonatadas	Cálcicas
Sulfatadas	Magnésicas
Cloruradas	Sódicas
Bicarbonatadas sulfatadas	Cálcicas magnésicas
Bicarbonatadas cloruradas	Cálcicas sódicas

Sulfatadas cloruradas	Magnésicas sódicas
Sulfatadas cloruradas bicarbonatadas	Cálcicas magnésicas sódicas

Fuente. (INAMHI,2013)

Elaboración: Arrieta, K., Bonifaz, A., 2018

2.3.8 Clasificación de los Análisis Físico-químico de las aguas termales

2.3.8.1 Olor

El olor del agua está asociado con la presencia de sustancias indeseables, los olores se deben a la actividad generada por las bacterias y algas, específicamente la sustancia que produce olores en descomposición es el H2S (Sierra, 2011).

2.3.8.2 Color

El color del agua es debido a la disolución de materiales vegetales o minerales como el zinc y manganeso; a óxidos de hierro. El color está ligado a problemas de contaminación y consecuencia de la presencia de sustancias orgánicas disueltas o coloidales (Raffo Lecca, 2013).

2.3.8.3 Turbiedad

La turbiedad es la capacidad que tiene el material suspendido en el agua para obstaculizar el paso de la luz (Sierra, 2011).

La turbiedad es producida por una gran variedad de causas como:

- La erosión natural de las cuencas la cual aporta sedimentos a los cauces de los ríos.
- La contaminación causada por la industria o por desechos domésticos.

2.3.8.4 Temperatura

La temperatura es posiblemente el parámetro físico más importante del agua. Al mismo tiempo de afectar la viscosidad y la velocidad de las reacciones químicas, interviene en el diseño de la mayoría de los procesos de tratamiento del agua (coagulación, sedimentación, etc.) (Sierra, 2011).

2.3.8.5 Conductividad

La conductividad es una medida indirecta de la cantidad de sales o sólidos disueltos que tiene un agua natural. Los iones en solución tienen cargas positivas y negativas; esta propiedad hace que la resistencia del agua tenga un número grande de iones disueltos, mientras mayor sea la conductividad del agua, mayor es la cantidad de sólidos o sales disueltas en ella (Raffo Lecca, 2013).

2.3.8.6 pH

El pH ejerce una consecuencia directa en el crecimiento del microorganismo que tienen un pH óptimo, clasificándolo en acidófilos cuando crecen en un pH bajo, alcalófilos si crecen en un pH de 10 a 11. Pocos organismos sobreviven a un pH inferior a 1 o mayores de 10 (Sierra, 2011).

2.3.8.7 Cloro Residual

El cloro residual libre en el agua de uso humano tiene como composición de ácido hipocloroso e hipoclorito, en una proporción que modifica en función del pH. El cloro residual compuesto es el resultado de la mezcla del cloro con el amonio (cloraminas), y su poder desinfectante es menor que el libre. La suma de los dos constituye el cloro residual total (Agbar, 2018).

2.9 Clasificación de los Análisis Microbiológicos de las aguas termales

2.9.1 Coliformes Totales

Se define Coliformes totales a las bacterias Gram negativas que presentan forma bacilar que fermentan a temperaturas de 35 a 37 $^{\circ}$C; producen ácido y gas (CO_2) en 24 h; se clasifican de manera aerobias o anaerobias facultativas, Entre ellas se encuentran *Escherichia coli*, *Citrobacter*, *Enterobacter* y *Klebsiella* (Larrea Murrell *et al.*, 2013).

2.9.2 *Pseudomonas aeruginosa*

Las bacterias del genero *Pseudomonas aeruginosa* son bacilos Gram negativos y aeróbicos que poseen flagelo polar. La mayoría de las especies presenta fluorescencia y emiten

pigmentos amarillos, rojos y verdes. *P. aeruginosa* es la de mayor impacto en salud y presenta pigmentos azules no fluorescentes. Coloniza en gran variedad de ambientes, incluyendo a los humanos; es catalogado por algunos microbiólogos como uno de los patógenos oportunistas más comunes, asociada a infecciones de tipo nosocomial.

P. aeruginosa es causante de graves diarreas en niños, de infecciones oculares, otitis y osteomielitis, entre otras (Madigan *et al.*, 2009).

CAPÍTULO III

3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Localización

El estudio se realizó en la Provincia de Tungurahua, Cantón Baños de Agua Santa, en las piscinas "El Salado" que se encuentran 2 km en la vía Baños. La temperatura que posee la ciudad en la estación de verano oscila entre 15°C a 28°C; en la estación de lluvia la temperatura aproximadamente 29 °C, la zona de estudio es lluvioso. Entre manantiales, vertientes y ríos, Baños de Agua Santa, ofrece a los turistas la oportunidad de disfrutar la naturaleza, las aguas termales. Existe una diversidad de fuentes, brotadas de las profundidades de la tierra, del resultado de la actividad del volcán Tungurahua y de la fisiología geológica del sector. En la ciudad nacen varias vertientes de agua termales usado como baños terapéuticos como son: Termas "El Salado", Termas de la Virgen y Termas de Santa Ana. Las piscinas del salado muestran posee diferentes puntos de muestreo ver la Tabla 5.

El análisis físico-químico y microbiológico de las aguas termales en las piscinas "El Salado" del Cantón Baños de Agua Santa, Provincia Tungurahua, se desarrolló en la UEA en la Facultad de Ciencias de la Vida. Con la finalidad de medir y determinar bacteria mesófilo.

Tabla 5. Coordenadas geográficas de las piscinas "El Salado" Baños de Agua Santa.

Puntos de muestreo	Coordenadas X	Coordenadas Y
Captación entrada 1	785669,63	9844512,08
Captación entrada 2	785665,00	9844517,87
Piscinas Caliente	785726,99	9844547,42
Piscinas Mezclada	785695,12	9844557,27
Salida Desfogue	785725,25	9844561,90

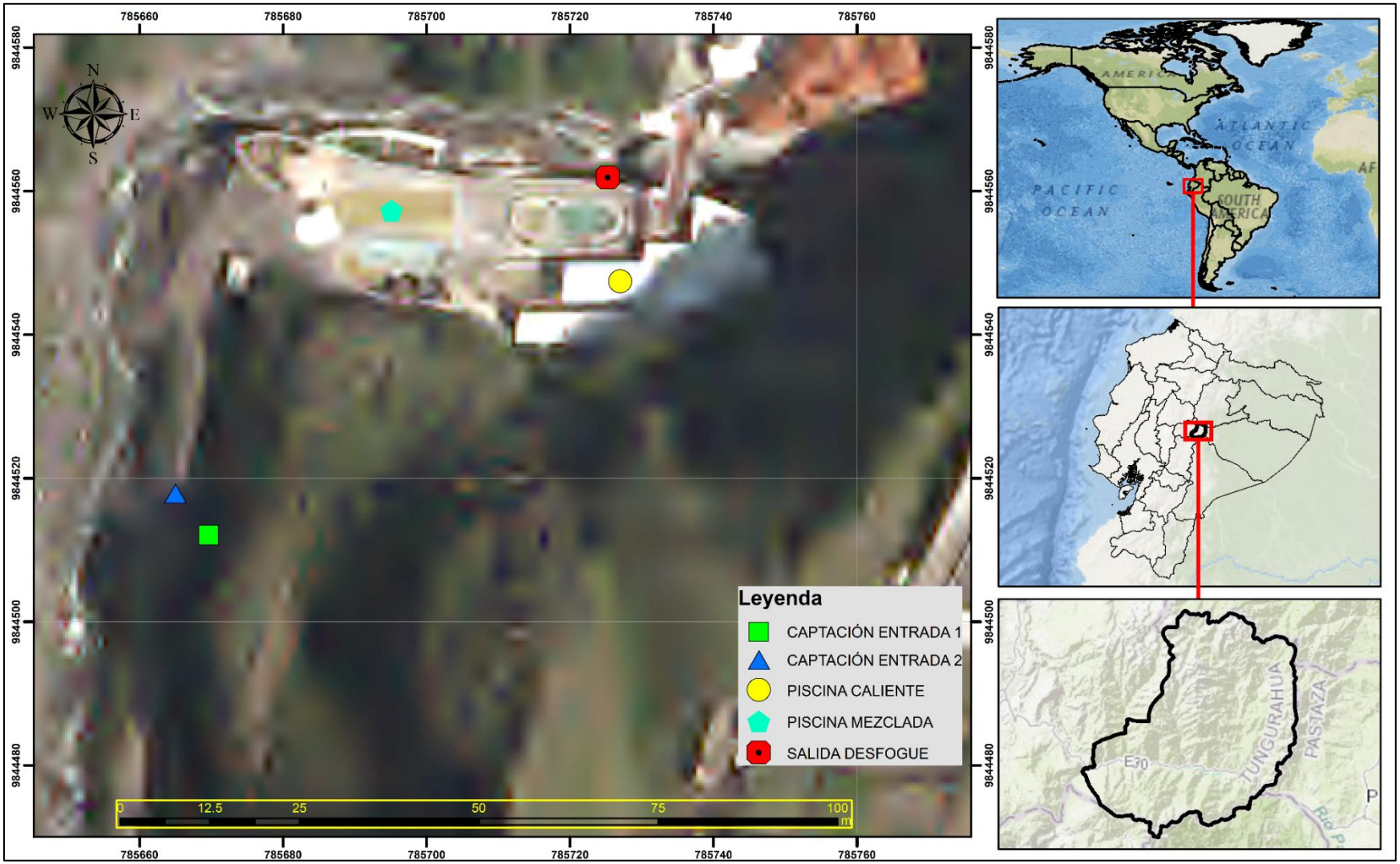


Imagen 1. Mapa de ubicación y puntos de muestreo del área de estudio en las piscinas “El Salado” Cantón Baños de Agua Santa.

Fuente y Elaboración: Arrieta Karina, Bonifaz Adriana

3.2 Tipo De Investigación

El trabajo se desarrolló mediante la investigación descriptiva, puesto que permitió describir la calidad del agua termal de las piscinas “El Salado” Cantón Baños de Agua Santa, donde se analiza el estado del agua en la caracterización físico-química y microbiológico. No obstante, se verifico una investigación aplicada en la obtención de los datos que presentan los muestreos dados con sus respectivos resultados permitiendo una recolección de datos para interpretarlos, y dar solución a la calidad del agua de las piscinas

La referente investigación es básica debido a que se basa en la recolección de datos y análisis mediante técnicas de muestreo permitiendo la determinación la concentración de los contaminantes del agua termal, las informaciones obtenidas mediante los muestreos correspondiente nos detallan un sin número de datos, Sin embargo, en el lugar donde se obtiene la información presente pertenece a un tipo de investigación descriptiva, por la recaudación de información mediante varios documentos en el campo. Posteriormente, como se desarrolla en el lugar de la investigación en el campo o laboratorio, el estudio se enfoca en dos tipos de identificación desde la captación de entrada 1, captación de la entrada 2, piscina natural, piscinas mezclada y salida de desfogue, donde se realiza en el laboratorio microbiología y ambiental, los parámetros físico-químico y microbiológicos siendo análisis instantáneo.

3.3 Métodos de Investigación

El análisis de las aguas termales en las piscinas “El Salado” es correlacional y exploratoria, debido a que en unos de los objetivos planteados es estudia los parámetros físico-químicos y microbiológico sobre la calidad del agua, cuyos valores representan el estado en el que las piscinas “El Salado” se encuentra para el uso público de las personas bañistas, de acuerdo a los diferentes muestreos donde se obtuvo datos que permitió establecer medidas correctivas para su respectivo uso como también se conoció el estado de la calidad de agua apta para los bañistas.

Procedimiento:

- Toma de muestras
- Transporte de muestras a la Universidad Estatal Amazónica
- Análisis de las muestras

Los parámetros evaluados en cuanto al análisis físico-químico y microbiológico son los detallados a continuación:

- ✓ Olor
- ✓ Color
- ✓ Turbiedad
- ✓ Conductividad
- ✓ pH
- ✓ Cloro residual
- ✓ Temperatura
- ✓ Coliformes totales
- ✓ *Pseudomonas aeruginosa*

- Delimitación de las áreas de estudio

Se realizó la toma puntos GPS en cada punto muestreo con la utilización del software ArcGis 10.3, se diseñó el área de muestreo piscinas de la toma de cada muestra delimitando el área de estudio.

3.4 Desarrollo de los métodos de investigación

El mantenimiento de la calidad del agua de las piscinas "El Salado", tiene que ser el adecuado aplicando normas de higiene en el personal que labora en las instalaciones y para los usuarios. Este trabajo, determina la calidad físico-química y microbiológica del agua termal de recreación de las piscinas se realizó la primera fase trata del muestreo del agua desde las captaciones, las piscinas y el desfogue, se analizó los parámetros como son color, olor, turbiedad, conductividad, pH, temperatura, cloro residual, coliformes totales y *P. aeruginosa.* La segunda fase trata del análisis y comparación del uso de las piscinas "El Salado" en el uso público de las personas bañistas a partir de ellos se estableció medidas correctivas para su respectivo uso como también se facilitó la información de la calidad del agua para los bañistas.

3.5 Materiales y Equipos

Para realizar un muestreo de aguas es necesario utilizar los siguientes materiales descritos en la siguiente tabla 6.

Tabla 6. Material y equipo de muestreo

Mandil
Cofia
Guantes desechables
Mascarilla
Celular para Fotografías
Coller
Gel Refrigerante
Envases de vidrio esterilizados
Gps
Termómetro portátil
Alcohol
Toallas absorbentes
Marcador indeleble
Etiqueta de muestras

3.6. Muestreo en la piscina “El Salado”.

La toma de las muestras del agua en las piscinas “El Salado” se efectúo en las dos captaciones, en la piscina caliente, la piscina mezclada es decir agua caliente y fría y finalmente en el desfogue de todas las aguas. Para recolectar la muestra de agua el envase era estéril se utilizó guantes, cofia, mascarilla y mandil. Se llenó el envase de agua dentro de la piscina sellándolo ahí mismo. La identificación de cada muestra consto de etiquetas en cada envase con la siguiente información:

- Tipo de muestra
- Tipo de envase
- Origen de la fuente

- Muestreado por
- temperatura
- Latitud
- Longitud
- Código de muestra
- Fecha
- Hora

3.7 Transporte de las muestras

Las muestras de 1 litro se transportaron en un congelador con geles refrigerantes. Las muestras se recolectaron en Baños de Agua Santa y los análisis en la ciudad de Puyo para lo cual se preservo las muestras, para evitar que se presentaran cambios físico-químicos o biológicos antes de que se realicen los análisis.

3.8 Limpieza de los envases

Para análisis físico-químico, los recipientes de vidrio deben limpiarse con agua y detergentes, para eliminar el polvo; después se mezclan con una muestra de ácido crómico – ácido sulfúrico o en su defecto con limpiador neutro y se enjuagan con agua destilada.

En el análisis microbiológico, los recipientes deben esterilizarse en húmedo como mínimo durante 20 minutos a 121° C Y 1 atmosfera de presión en autoclave; la técnica de esterilización seca equivalente como un horno durante 1 hora a 180° C. puede emplearse también material desechable estéril. (Instituto Nacional de Salud, 2011).

3.9 Parámetros microbiológicos

Los parámetros evaluado ex-situ fueron Coliformes totales además de la especie *P. aeruginosa*. Mendoza *et al*., (2011) menciona que los envase a utilizar es de acuerdo al tipo de análisis.

3.10 Parámetros físico-químico

Los parámetros a analizar son: turbiedad, conductividad, pH, cloro residual temperatura, su fundamento se lo detalla a continuación:

3.10.1 Turbiedad

Al realizar el análisis de la muestra no debe pasar de las 24 h. para disminuir el potencial de volatización o biodegradación entre el muestreo y el análisis, las muestras deben mantenerse lo más frescas posibles sin solidificarse. Evitar usar hielo seco. (Rice *et al.*, 2012).

3.10.2 Conductividad – Método Hach 8160

El control se realizó por muestra simple recolectada en horarios de la mañana 05h00 am y 12 pm con el equipo conductimetro.

Se enjuaga la sonda con agua desionizada. Seque la sonda con un paño que no suelte pelusa; ponga la sonda en un vaso que contenga la solución. No deje que la sonda toque la barra de agitación, la parte inferior o los lados del recipiente. Descarte las burbujas de aire de debajo de la punta de la sonda. Resuelva la muestra a un ritmo lento a moderado, poner la sonda en la muestra mueva la sonda hacia arriba y hacia abajo para eliminar las burbujas del electrodo. Asegúrese de poner el sensor de temperatura completamente en la muestra. Apriete leer, se muestra una barra de progreso cuando la medición es estable, se muestra el icono de bloqueo. Enjuague la sonda con agua desionizada seque la sonda con un paño que no suelte pelusa (Hach, 2015).

3.10.3 Determinación de pH por electrometría

Análisis de la muestra: Tener en equilibrio el equipo entre los electrodos y la muestra agitándola para garantizar la homogeneización; agitar lentamente para minimizar la incorporación de dióxido de carbono. Para muestras tamponadas o con alta fuerza iónica, acondicionar los electrodos dejándolos dentro de la muestra por un minuto. Sacar una porción fresca de la misma muestra y leer el pH. Con soluciones diluidas o débilmente tamponadas, equilibrar los electrodos sumergiéndolos en tres o cuatro porciones sucesivas de muestra. Tomar una muestra fresca para medir el pH. Para instrumentos con compensación automática de temperatura y lectura directa en unidades de pH, la temperatura se corrige automáticamente para 25°C. Reportar la lectura obtenida en el equipo, reportar en unidades de pH, con dos cifras significativas (IDEAM, 2007).

3.10.4 Temperatura

Análisis de la muestra: Tomar el termómetro insertar en el agua, esperar que la temperatura se estabilice, leer el valor rápidamente en el termómetro mientras se lo mantiene en la muestra de agua, es importante que la temperatura del agua sea tomada en el mismo lugar en todas las semanas. Este análisis es necesario utilizar guantes y todas las medidas de precaución. La sonda del termómetro debe mantenerse con la tapa, debe estar bien enjuagada con agua destilada después de su uso para evitar acumulación de depósitos minerales, la sonda debe ser periódicamente limpiada con alcohol.

3.11 Parámetros microbiológicos

En la determinación de la contaminación microbiológica presente en las aguas termales son:

3.11.1 Coliformes totales y *Pseudomonas aeruginosa*

En el análisis de los Coliformes se utilizaron los siguiente materiales, reactivos y equipos que se detalla a continuación en cada tabla 7, tabla 8 y tabla 9.

Tabla 7. materiales

❖ Tubos de ensayo
❖ Gradilla
❖ Cajas Petri
❖ Erlenmeyers
❖ Espátula
❖ Mechera de alcohol
❖ Probeta 10 ml
❖ Pipetas 10 ml
❖ Propipeta 10 ml
❖ Espátula
❖ Papel aluminio
❖ Cinta Parafilm M
❖ Vasos de 100 ml
❖ Puntas azules y amarrillas

Tabla 8. reactivos

❖ Medio de cultivo (Agar Chromocult)
❖ Agua destilada esterilizada
❖ Solución salina
❖ Agua de peptona
❖ Alcohol antiséptico
❖ Alcohol industrial

Tabla 9. equipos

❖ Horno para esterilizar material de vidrio a 160-180°C
❖ Incubadora
❖ Autoclave
❖ Cámara de flujo laminar
❖ Refrigerador

3.11.2 Elaboración del medio de cultivo (Agar Chromocult):

Se disuelve una cantidad de 26.5 g del Agar Chromocult en 1 litro (1000 ml) de agua destilada, mezclar en un vaso de 100 ml la cantidad del medio de cultivo agregando agua destilada y con una varilla de vidrio ir mezclando, colocar la solución a un Erlenmeyers hasta mezclar todo el medio de cultivo, dejar 10 minutos en reposo, se pondrá en la plancha de calentamiento eléctrica con una temperatura en medio de 45°C, y colocar un imán, seguir moviendo, sacarlos de la plancha eléctrica, dejarlos enfriar y servir en las cajas de Petri. Se toma el recipiente por el cuello con guantes, y cuando el medio de cultivo este desleído completamente, es decir que tenga un color amarillento observar anexos, fotografía 44 (Navarro, 2007).

3.11.3 Agua de peptona al 1%

Elaboración: Se disuelve 1.0 g en 100 ml de agua destilada estéril, esterilizar a 121° C durante 15 minutos en la autoclave. El tiempo de esterilización ha finalizado totalmente debe apagarse la autoclave. Los materiales esterilizados se sacan de la autoclave cuando la presión este en cero. Con una pipeta poner 9 ml en cada tubo de ensayo (previamente codificados y esterilizados) (IDEAM, 2007).

Procedimiento para siembra profunda en cajas de Petri:

Manejando una sola pipeta estéril pipetear por duplicado alícuotas de 1 cm^3 de cada una de las diluciones en placas de Petri apropiadamente identificadas (codificadas las muestras). Iniciando por la dilución madre en cada tubo de ensayo ver anexos fotografía 46, consecutivamente esparcir en cada una dilución en las placas que están inoculadas el medio de cultivo, a una temperatura de 45 ± 2° C. la adicción del medio de cultivo no se debe pasar del tiempo de 15 minutos a partir de la primera dilución ya que se torna a poner gelatinoso y la muestra no es válida.

Suavemente mezclamos el inoculo de siembra con el medio de cultivo prensando en la placa en movimientos de sacudida, cinco veces en una dirección, girar en sentido de las agujas del reloj cinco veces, seguidamente repetir este proceso, pero en sentido contrario.

Finalmente dejar reposar las cajas Petri sembradas, para que se solidifique el agar, cerrar las cajas sembradas y sellarlas con cinta parafim, por último, llevarlas a la incubadora por 24h a 35 °C **Fotografía 49.** (“NTE INEN 1529-7: Control microbiológico de los alimentos. Determinación de microorganismos coliformes por la técnica de recuento de colonias) (Andino Rugama, 2008)**.**

Conteo de microorganismos en la Placa

Para observar los microrganismos es conveniente ubicar la placa frente a la luz para realizar el conteo de las colonias tomamos un marcador permanente e ir señalando para no repetir, para visualizar de mejor manera es conveniente ubicar la caja Petri sobre una caja con tapa de vidrio y luz, dividiendo la superficie total de la caja en sectores cuadriculados.

CAPITULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados

4.2 Caracterización de los parámetros físico-químico

4.2.1 Temperatura

En el gráfico 1 se observa el comportamiento constante de la temperatura durante los días de muestreo realizados desde la CE1, CE2, PC, PM y SD de acuerdo al horario de la toma de muestras. En la CE15 del día sábado y lunes presenta una temperatura de 47°C aproximadamente, mientras el día domingo indica una temperatura de 48°C a diferencia del martes que revela en una temperatura de 49°C.

La temperatura registrada en la CE25 indica que el día sábado existe un valor de temperatura de 36°C, a diferencia del día domingo y martes que demuestra un valor de temperatura de 37°C, por tanto, el día lunes notablemente se verifica que la temperatura es de 35°C.

En la PC5 muestra datos en un rango de temperatura de 39 a 43°C. Posteriormente, se observa el grafico 2 del día sábado el valor de la temperatura de 39°C, mientras que el día domingo la temperatura oscila de 44°C, además el día lunes presenta un valor de temperatura 42°C. El día martes la temperatura es de 43°C.

El uso de la PM5 por los usuarios en los días feriados y días normales se reporta en el día sábado la temperatura oscila de 32°C, el día domingo el valor de temperatura es de 35°C a diferenciación de la PC por la presencia que no existe ojos de agua, por tanto, la temperatura es menor a los 40°C. En días normales hay menor afluencia de gente en la utilización de la PM generalmente es utilizada por niños y jóvenes, el día lunes su temperatura es de 30°C mientras que el día jueves la temperatura aumente de manera notable a 33°C.

La temperatura presente en la SD5 tiene una variación con respecto a los cuatro días de muestreo iniciando el sábado de 30°C, el domingo es evidente que aumenta la temperatura a

34°C, un día normal como el día lunes su temperatura es 32°C, mientras que el martes es de 33°C.

Para la CE112 se representan resultados que oscilan en una temperatura de 48°C en los cuatro días de muestreo. Pese a CE212 se muestra un resultado en los días sábado, lunes y martes de una temperatura 38 °C a diferente al domingo que fue una temperatura de 37°C. Posteriormente los resultados de la PC12 reflejan una temperatura constante de 39°C a 41°C.

Los resultados obtenidos en la PM12 muestran que el día sábado y martes posee una temperatura de 32°C; Mientras tanto el domingo tiende a incrementar la temperatura de 33°C y lunes 34°C. Sin embargo, el día sábado en la SD12 presenta resultados de temperatura de 32°C, a su vez el domingo, lunes y martes la temperatura se encuentran entre 36°C.

Finalmente, en la CE119 los días sábado y domingo indica una temperatura de 47°C a diferencia de los días lunes y martes que muestra una temperatura de 48°C respectivamente son valores constantes en cuanto a los datos recolectado en los diferentes horarios se encuentra en un rango aproximadamente de 40°C a 50°C definiéndolo como hipertermales; en la CE219 los resultados obtenidos de la temperatura en los días sábados y lunes oscilan entre 38°C a diferencia del domingo y martes que la temperatura es de 37°C. Mientras tanto en la PC19 al día sábado la temperatura es de 41°C en cuanto a los demás días de muestreo siendo domingo, lunes y martes presenta una temperatura de 40°C. Sin embargo, en la PM19 sus valores varían iniciando desde sábado y lunes con una temperatura de 30°C, en cambio domingo tiene a disminuir la temperatura a 29°C y su valor más representativo de la toma de muestra corresponde al día martes de 33°C. Tomando en cuenta que en la SD19 todos sus resultados incrementan de manera ascendente comenzando del día sábado con una temperatura de 32°C, domingo posee una temperatura de 35°C, a su vez los días lunes y martes presentan valores constante de temperatura de 38°C.

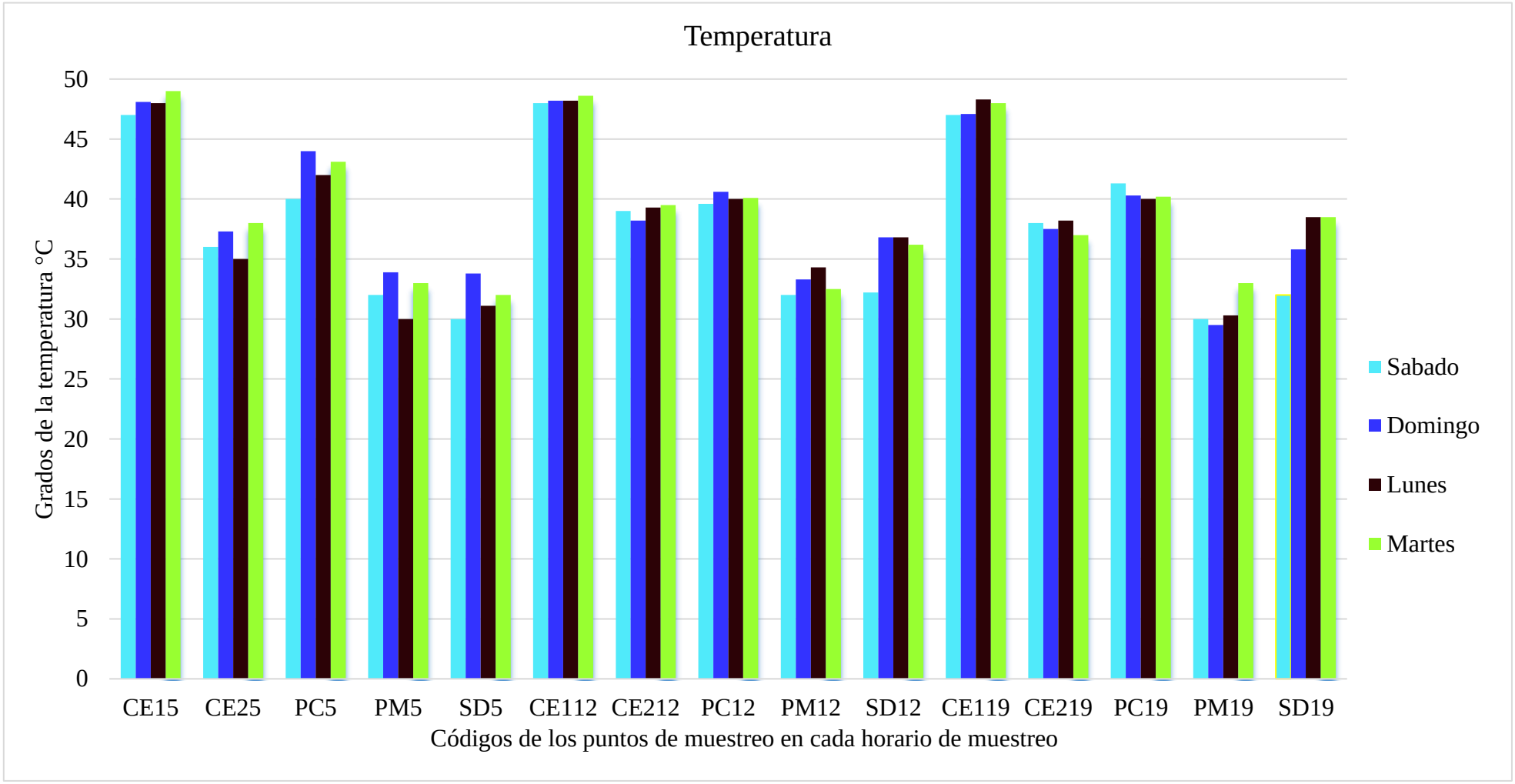


Gráfico 1. Representación de los valores de la Temperatura en las piscinas "El Salado".

4.2.2 pH

El gráfico 2 indica el pH de las piscinas termales en cuanto a los cuatro días de muestreo son valores constantes de 6,5 correspondiente a la CE15, en cuanto a la CE25 presenta el día lunes una cantidad de 6,6 mientras que los días martes, miércoles y jueves presentan valores similares de 6,8. En la PC5 muestra valores el día lunes, martes y jueves de un pH 6,8 a diferencia del día miércoles que es un valor menor a los diferentes días de 6,5.

En la PM5 indica valores altos a diferencia de los demás puntos de muestreos, el lunes tiene un valor de 7,8, además de los días martes, miércoles y jueves muestra un pH de 7,6 que presenta de manera constante, de igual forma en la SD5 detalla valores que se mantiene de 7,3 los datos obtenidos en el horario de la mañana muestra que es apto para la utilización de los usuarios que visitan las piscinas termales.

En el horario del medio día de la toma de muestras de agua en el CE112 representa valores equivalentes a 6,5 durante los cuatro días, mientras en la CE212 los días lunes, martes y miércoles representan valores semejantes de 6,9 del pH en el agua pese al día jueves que tiene un valor menor a los demás días de 6,5.

El valor de la PC12 describe diferencias en los resultados de acuerdo al grafico 3 correspondiente al día lunes y martes con un pH de 6,6 relativamente, considerando que el día martes el pH aumenta de una manera ascendente con un resultado de 7,8, sin embargo, el jueves muestra un valor de 7,1.

En la PM12 establece valores semejantes en los días lunes y miércoles con un valor representativo de 7,8 en la calidad de las aguas termales. Por lo tanto, el día martes disminuye notablemente con un valor 6,8. A su vez el día jueves posee un resultado de 7,0. Finalmente en el punto de muestreo SD12 indica valores constantes de 7,1 a 7,2 de los cuatro días de muestreo.

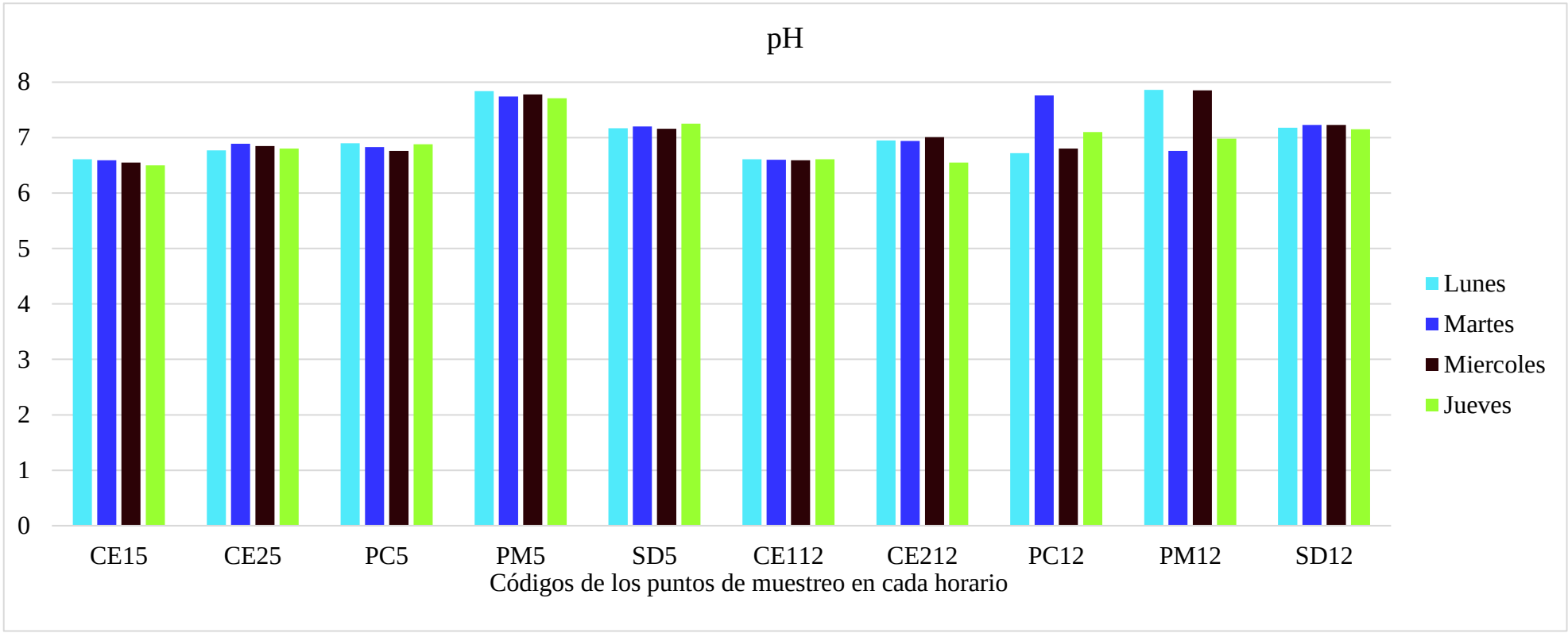


Gráfico 2. Representación de los valores del Potencial Hidrogeno (pH) "El Salado".

4.2.3 Conductividad

De acuerdo al gráfico 3 indica la conductividad de las piscinas termales en cuanto a los cuatro días de muestreo en el horario de la mañana, en la CE1 presenta valores constantes de 8 µS/cm. En la CE2 presenta una variación de los valores de cada día, el lunes muestra un valor de 7.6 µS/cm, en cambio el martes y miércoles son resultados semejantes de 6,6 µS/cm a diferencia del jueves que si valor incrementa hasta 7,1 µS/cm.

En la PC5 muestra valores significativos de acuerdo al lunes de 6,6 µS/cm, el martes y miércoles sus resultados son iguales de 7,8 µS/cm mientras que el jueves representa un valor de 7 µS/cm. Sin embargo, en la PM5 el lunes tiene un valor de 6,6 µS/cm, a pesar que el martes y miércoles sus resultados es 6,8 µS/cm, el jueves se observa un resultado de 7 µS/cm. Se observa en la SD5 resultados del lunes y jueves de 6,8 µS/cm y martes de 6,9 µS/cm, por tanto, miércoles presenta de 6,5 µS/cm.

En el horario del medio día durante los cuatro muestreos realizados en la CE112 presenta resultados constantes de 8 µS/cm. No obstante, en la CE212 requiere poca variación en los resultados el lunes y jueves muestra un valor de 6,8 µS/cm, mientras que el martes tiene un valor de 6,6 µS/cm y miércoles de 6,7 µS/cm.

Se observa la PC12 en los días de muestreo el lunes y jueves como valor de 7,6 µS/cm, martes 7,7 µS/cm y miércoles 7,8 µS/cm determinando que no existe gran variación en cuanto al análisis de la piscina caliente. A pesar de la PM12 desciende hasta llegar a un resultado de mínimo de 6,7 µS/cm que pertenece al día lunes y jueves, pero el martes y miércoles se mantiene el mismo valor 6,8 µS/cm.

Finalmente, se observa el valor más bajo de todos los días muestreados en la semana de acuerdo al horario en la SD12 del lunes con un resultado de 5,5 µS/cm de manera que el día martes va aumentado hasta que se mantiene con el miércoles en un valor de 6,8 µS/cm y continúa aumentando el resultado hasta el jueves que obtiene un resultado de 7,1 µS/cm.

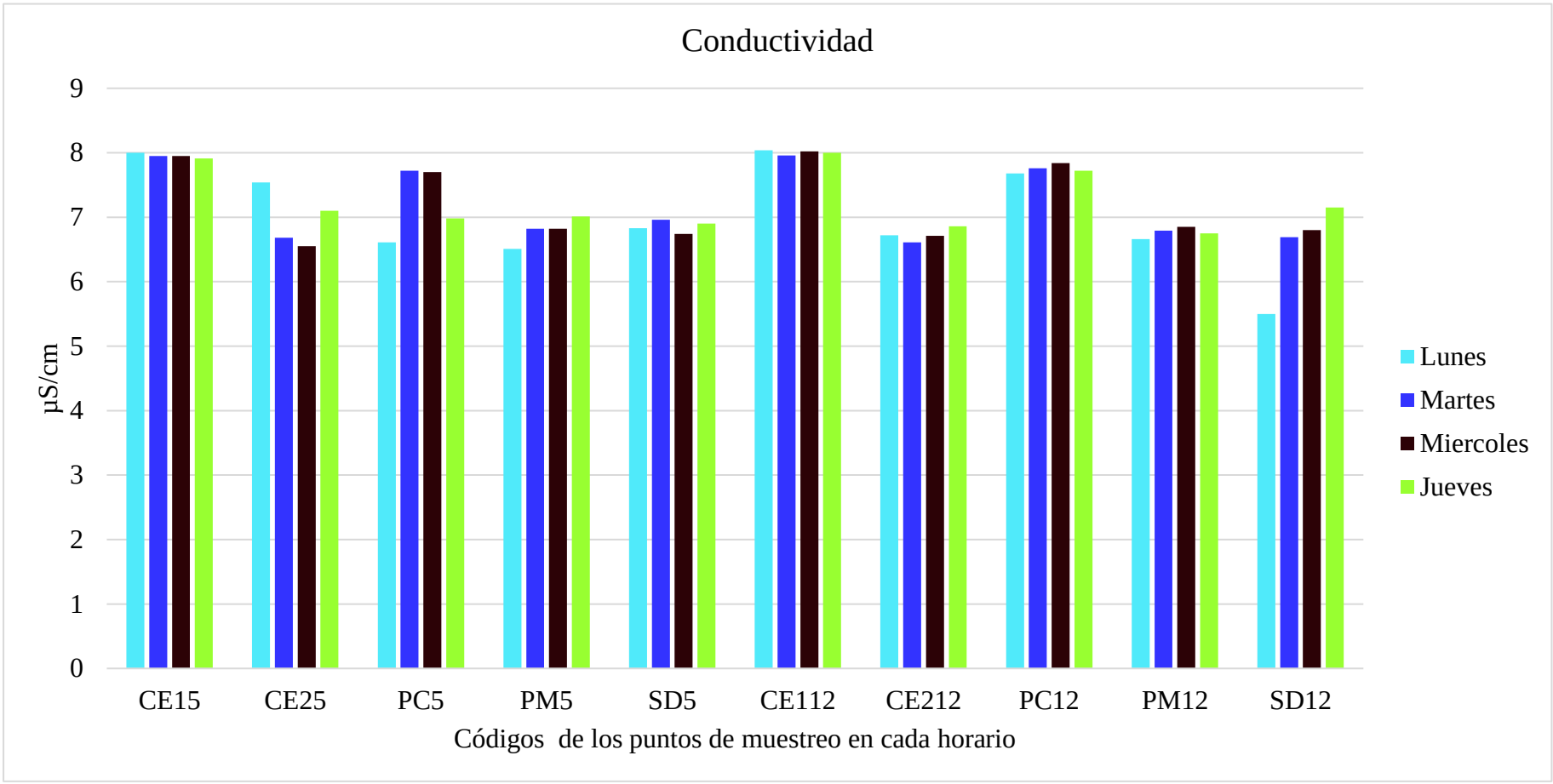


Gráfico 3. Representación de los valores de la conductividad en las piscinas "El Salado".

4.2.4 Turbidez

El gráfico 4 indica la turbidez de las piscinas termales en cuanto a los cuatro días de muestreo, presenta gran variación en cada punto en los distintos días de acuerdo al horario, en la CE15 el lunes tiene como resultado 98 NTU, notablemente se observa que incrementa el martes a un valor de 108 NTU esto se debe a la gran concentración de sólidos suspendidos en el agua, el miércoles desciende el resultado a un 90 NTU y vuelve a incrementar de manera notable el jueves con un resultado 95 NTU. No obstante, en la CE212 existe gran diferenciación en cada día, lunes tiene como resultado 26 NTU, de forma repentina incrementa así tomando en cuenta que es el valor más alto del martes 81 NTU, nuevamente descendiente los valores a miércoles con un resultado de 50 NTU y jueves 35 NTU.

Los cuatro días de muestreo en la PC5 interpreta gran variación de manera ascendente y descendente, en cuanto al lunes su valor a representar es 63 NTU, martes aumenta a 81 NTU, miércoles desciende a 58 NTU y jueves nuevamente incrementa a 75 NTU. No obstante, en la PM5 desciende los valores iniciando el lunes con un resultado de 47 NTU, va disminuyendo al martes con un valor de 38 NTU, mientras el miércoles su valor es de 30 NTU al jueves obtiene un resultado de 27 NTU.

En la SD5 el valor más representativo corresponde al lunes es 103 NTU, desciende desde el martes con un resultado de 75NTU y miércoles de 69 NTU, de manera que vuelva a incrementarse al jueves con un valor de 69 NTU.

Mientras, en la CE112 el lunes da un valor 89 NTU, martes reduce a un valor de 75 NTU, miércoles incrementa de manera considerable a un resultado de 99 NTU y jueves resulta a valor de 93 NTU. En la CE212 lunes y martes tiene valores similares de 57 NTU y miércoles aumente de manera considerable de 61 NTU, por ende, el jueves representa una disminución de 55 NTU.

En la PC12 va incrementando notablemente desde el lunes al miércoles donde inicia a disminuir al jueves, presenta un valor de 19 NTU correspondiente al lunes, martes de 27 NTU, miércoles llega hasta 31 NTU y jueves presentan un valor menor de 23 NTU. Mientras tanto en la PM12 del lunes muestra un resultado de 32 NTU, martes de 25 NTU, miércoles y jueves son valores constantes de 30 NTU.

Finalmente, en la SD12 presenta resultados de manera descendente iniciando desde el lunes y martes con un valor de 39 NTU, miércoles de 35 NTU y jueves llega a 33NTU. Esto se debe la concentración de sólidos suspendidos en las piscinas termales.

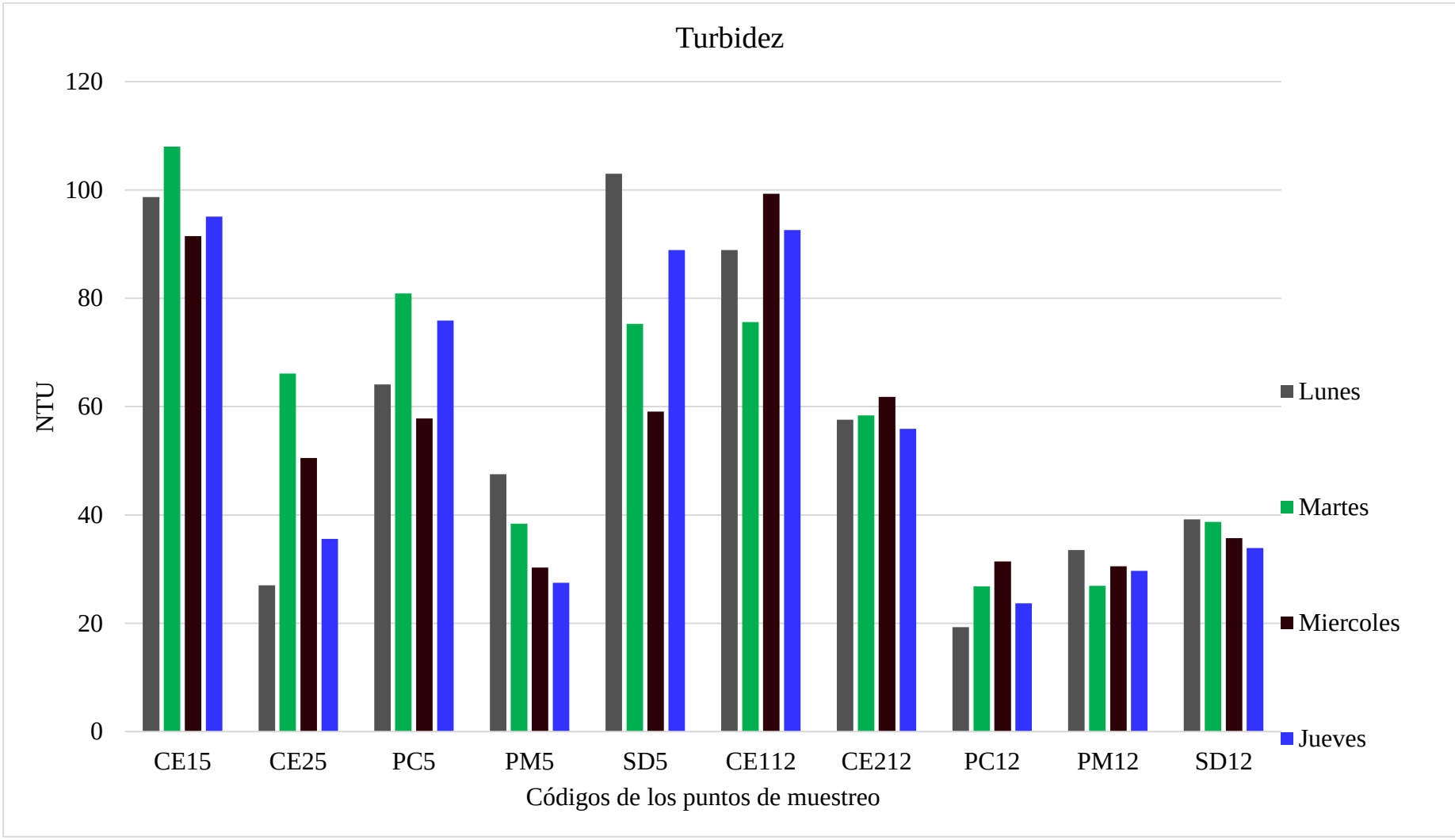


Gráfico 4. Representación de los valores de la turbidez en las piscinas "El Salado".

4.2.5 Cloro Residual

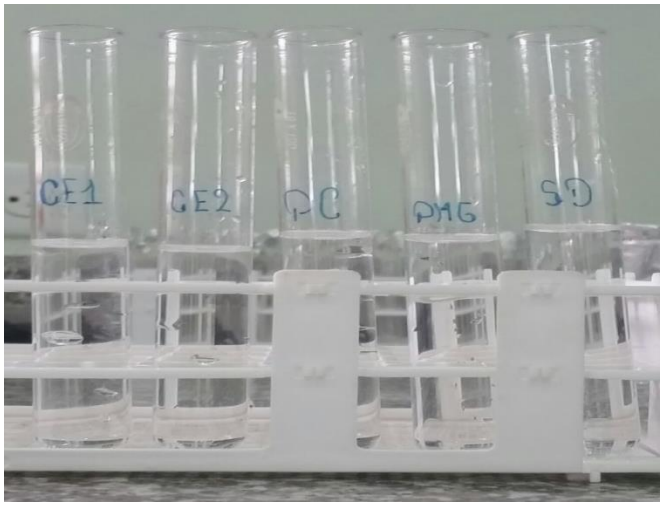


Gráfico 5. Representación del cloro residual en las piscinas "El Salado".

Como se puede observar en el gráfico 5 no existe presencia de cloro residual en las piscinas debido que no contiene porcentajes de cloro. Tomando en cuenta que en las piscinas se realizan cambios de agua diaria. A su vez en la semana limpian las piscinas con 2 cucharas de cloro en pepa en una disolución de 5 L de agua, para la desinfección de las paredes de las piscinas.

4.2.6 Color

El color que presenta las piscinas termales es de color amarillento, debido a la presencia de los minerales como lignina y taninos; a óxidos de hierro, zinc y manganeso entre otros minerales que posee. El color del agua es resultado del aspecto de sustancias orgánicas disueltas o coloidales. De acuerdo a la información del (GADBAS,2018).

4.2.7 Olor

El agua presenta sustancias orgánicas que a su vez pueden originar olor, de acuerdo a la concentración en que se encuentren. El olor del agua tiene como resultado en las piscinas "El Salado" sui generis. Este olor presente es debido a las como: el cloruro de sodio o sal de cocina NaCl, el ácido sulfhídrico: H_2S, sulfatos de sodio y magnesio, entre otros. De acuerdo a la información del (GADBAS,2018).

4.3 Caracterización microbiológica

4.3.1 Coliformes totales

En el H1 de las 05h00 am en la CE15 la carga microbiana obtiene una media de 913,00 UFC/ml y en la PC5 665,00 UFC/ml; la varianza resulta un valor de 4,74E+04 UFC/ml para la CE15 y para la PC5 4,98E+05 UFC/ml son valores similares, en la desviación estándar se obtiene un resultado en la CE15 un valor de 188,59265 y la PC5 un valor de 611,16692 UFC/ml en la PC5 su valor es más alto en la carga microbiana. En la CE25 la media obtiene un valor de 1951,25 siendo así la carga microbiana más alta del muestreo por lo que se encontró algas y una membrana de biofilm con respecto al H1. En la PM5 se obtiene una media de 465,00 UFC/ml por la afluencia de gente que existe en el uso de la piscina entre jóvenes y adultos mayores. Finalmente, en SD5 por la unión de todas las aguas se obtienen valores en la media de 1207,50 UFC/ml en lo que respecta a la varianza 1,55E+06 UFC/ml para la desviación estándar 1079,2966 UFC/ml y en CV 118,2 UFC/ml ver Tabla 10.

En el H2 a las 12:00 pm en la CE112 en la media se obtiene 1538,75 UFC/ml mientras en la PC 1172,50 UFC/ml; la varianza presenta resultados de 2,75E+06 UFC/ml para la CE112 y PC12 de 1,54E+06 UFC/ml. En la CE212 los valores de la media es 976,25 UFC/ml y en la PM12 772,50 UFC/ml en la varianza presenta resultados en la CE212 un valor de 1,78E+06 UFC/ml y PM12 6,02E+05 UFC/ml en la desviación estándar valores en la CE212 y 672,07235 UFC/ml para PM12 y finalmente en el CV alcanza resultados de 75,04 UFC/ml en la CE212 y 43,68 UFC/ml en PM12.

Para el H3 de la noche 19h00 pm la carga microbiana en el punto de muestreo de CE119 obtiene una media de 478,75 UFC/ml y en la PC12 un valor de 4986,25 UFC/ml lo que respecta a la varianza logra un valor de 5,43E+04 UFC/ml para la CE119 y 3,43E+07 UFC/ml, en la desviación estándar 201,81597 UFC/ml en la CE119 y la PC12 un valor de 5069,9795 UFC/ml y finalmente en el CV en la CE119 su resultado es 42,15 UFC/ml y para la PC12 1059 UFC/ml; los valores más altos obtenidos en este horario se encuentran en la PC por la afluencia de las personas adultas por el conocimiento de las propiedades curativas.

Posteriormente, en el H3 en la noche el día sábado el valor más alto de PC19 es de 9,30E+02 UFC/ml y en la PC19 con resultado de 6,70E+02 UFC/ml, la contaminación de las aguas termales desde los ojos de agua inicia con una carga microbiana.

Tabla.10 Recuento de Coliformes totales UFC/ml.

		Muestra Sábado	Muestra Domingo	Muestra Lunes	Muestra Martes	Media(x)	Varianza (σ^2)	Desviación estándar (s)	CV
	Origen	**CT**	**CT**	**CT**	**CT**				
H1	CE15	1,30E+02	2,00E+02	1,75E+02	6,00E+02	**913,00**	4,74E+04	188,59265	20,66
	CE25	1,45E+02	6,55E+03	1,10E+02	1,00E+03	**1951,25**	9,57E+06	2678,9046	293,4
	PC5	7,00E+01	1,50E+03	9,00E+01	1,00E+03	**665,00**	4,98E+05	611,16692	66,94
	PM5	3,40E+02	6,50E+02	2,70E+02	6,00E+02	**465,00**	3,54E+04	162,86497	17,84
	SD5	1,95E+02	2,85E+03	2,85E+02	1,50E+03	**1207,50**	1,55E+06	1079,2966	118,2
H2	CE112	2,35E+02	3,55E+03	1,20E+02	2,25E+03	**1538,75**	2,75E+06	1437,3255	93,41
	CE212	1,05E+02	2,90E+03	5,00E+01	8,50E+02	**976,25**	1,78E+06	1154,7477	75,04
	PC12	1,05E+02	2,65E+03	1,85E+02	1,75E+03	**1172,50**	1,54E+06	1076,0141	69,93
	PM12	8,50E+01	1,20E+03	1,55E+02	1,65E+03	**772,50**	6,02E+05	672,07235	43,68
	SD12	8,00E+01	1,15E+03	7,50E+01	1,40E+03	**676,25**	4,88E+05	605,24143	39,33
H3	CE119	4,50E+02	6,00E+02	1,65E+02	7,00E+02	**478,75**	5,43E+04	201,81597	42,15
	CE219	1,16E+03	6,00E+03	2,55E+02	1,40E+03	**2202,50**	6,65E+06	2233,5524	466,5
	PC19	6,70E+02	1,30E+04	5,75E+02	5,70E+03	**4986,25**	3,43E+07	5069,9795	1059
	PM19	9,30E+02	4,70E+03	4,10E+02	5,00E+03	**2760,00**	5,88E+06	2100,7499	438,8
	SD19	1,45E+02	3,50E+03	2,65E+02	4,05E+03	**1990,00**	4,30E+06	1796,0617	375,2

H1: Horario 1; **H2:** Horario 2; **H3:** Horario 3

En el gráfico 6 de acuerdo al horario de la 5am en cada punto de muestreo se observa que los microorganismos en la CE15 el día sábado, domingo y lunes inician aproximadamente con una carga bacteriana que posee un rango de 130 UFC/ml a 200 UFC/ml mientras que el martes inicia con una mayor carga microbiana alrededor de 600 UFC/ml esto se debe a que se encontraban personas en la captación haciendo uso de las aguas sin previo control; Sin embargo, en la CE25 el valor más representativo de la carga microbiana existe en el día domingo con un resultado de 6550 UFC/ml los microorganismos presente en el ojo de agua se debe a la presencia de algas en gran cantidad, de igual forma presenta membrana biofilm, observa el anexo fotografía 2.

En la PC5 sábado y lunes los valores son menores a 100 UFC/mL que a diferencia de los días domingo y martes los cuales son considerablemente mayores a 1000 UFC/ml, no obstante, en la PM5 los cuatro días de muestreo presenta coliformes totales en un rango de 270 UFC/ml a 600 UFC/ml; en la SD5 todas las aguas de los días sábado y lunes muestran un valor de 270 UFC/ml y los domingos y martes aumentan los resultados a una escala de 1500 UFC/ml a 2500UFC/ml.

En el horario de la tarde los resultados crecen de manera constante en cada una de las muestras, la contaminación microbiana presente en las aguas termales los días sábado, domingo y martes en la CE112 los resultandos son altos a distinta carga microbiana de la CE212 que desciende en los días sábado, lunes y martes. La afluencia de gente en la PC12 incrementa en los distintos días lunes y martes desde la CE212 mientras que los días sábados y domingos son valores similares PC12. La variación de coliformes totales en los tres días de muestreo sábado, lunes y martes son resultados constantes iniciando desde la PC12 a la PM12, con respecto a la SD12 se indica que la diferenciación en los días domingo, lunes y martes descienden similarmente en cada punto de muestreo.

La contaminación de las aguas termales en horario de la noche en la CE119 y CE219 de los cuatro días de muestreo tiene un aumento relevante en cada punto de muestreo, como a su vez presenta en la PC19 los días domingo, lunes y martes continúan en crecimiento los coliformes totales; en la PM19 disminuye sus resultados entre 5000UFC/ml a 410 UFC/ml.

Finalmente, en la SD19 en los días domingo, lunes y martes disminuyen levemente desde la PM19, mientras que el día sábado disminuye considerablemente de los resultados obtenidos en la PM19 a los resultados de la SD19.

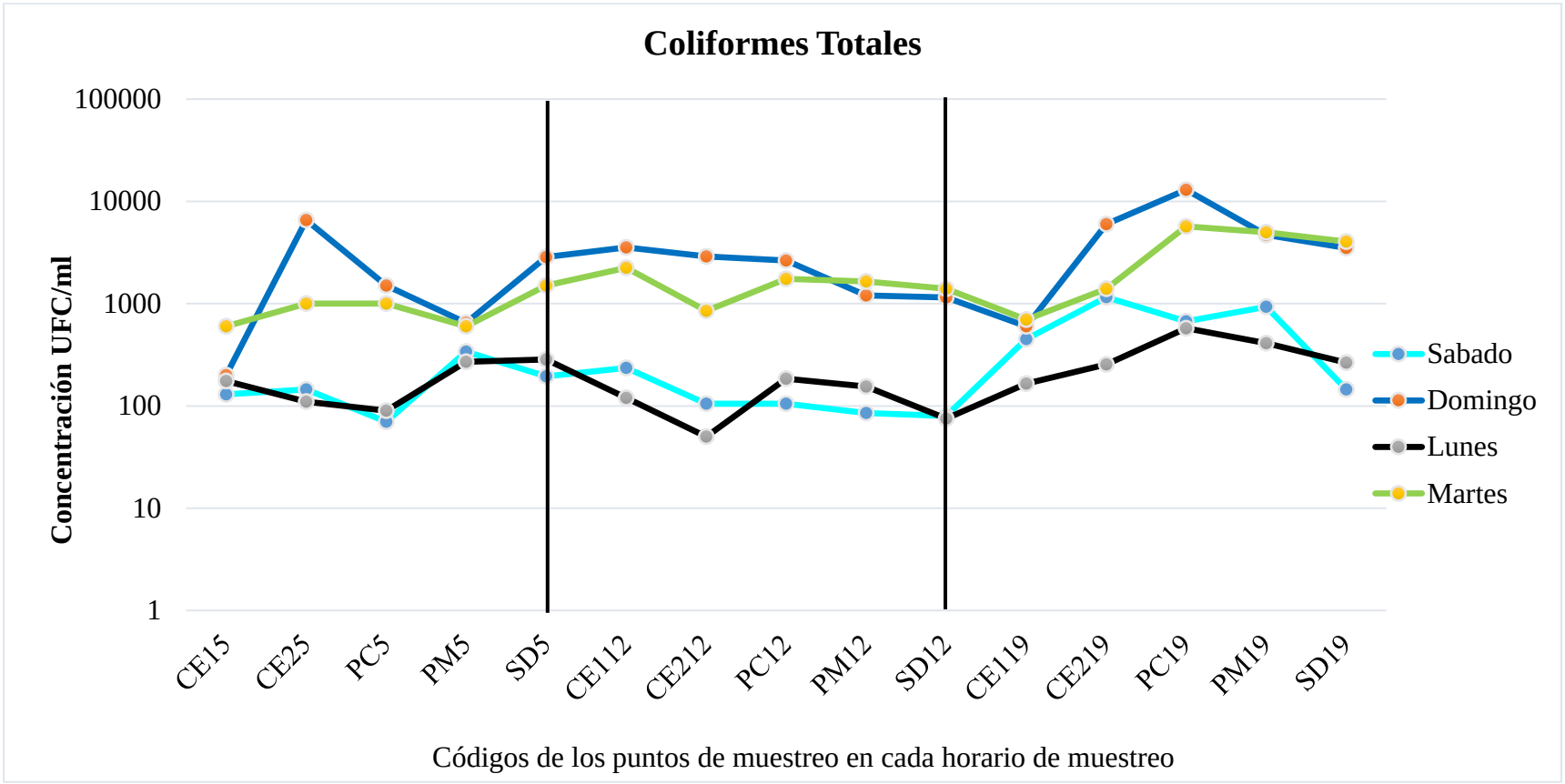


Gráfico 6. Representación de los valores de Coliformes totales del agua termal en las piscinas "El Salado".

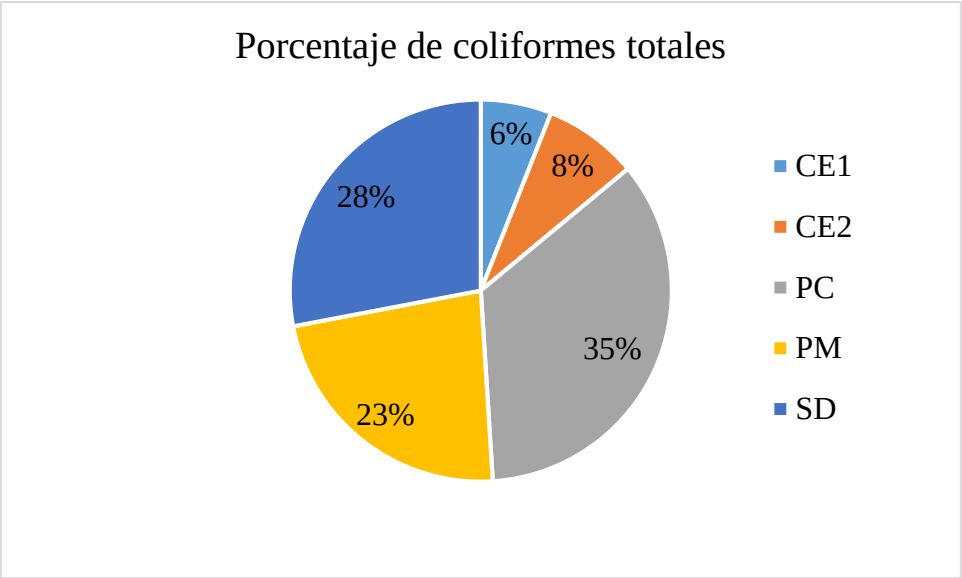


Gráfico 7. Representación de los valores en porcentaje de la carga microbiana en las piscinas "El Salado".

Como resultado al porcentaje de carga microbiana durante los muestreos realizados se observa en el gráfico 7, la CE1 presenta un resultado del 5%, CE2 un valor de 7% la representación más alta de la contaminación es en la PC 35% por la afluencia de gente en el uso de las aguas termales. Sin embargo, en la PM 23% y SD 28%.

4.3.2 *Pseudomonas aeruginosa*

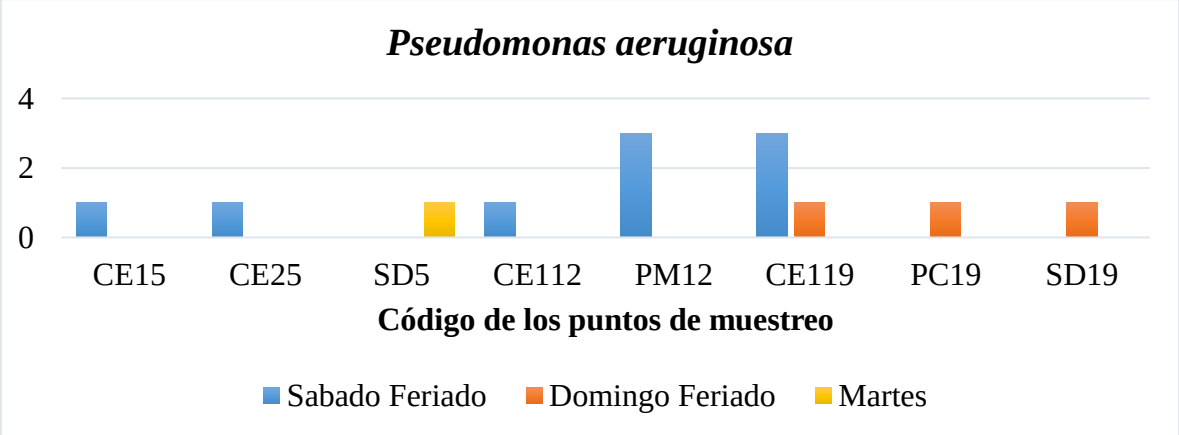


Gráfico 8. Representación de los valores de Pseudomonas aeruginosa en las piscinas "El Salado".

En el gráfico 8 representa *P. aeruginosa* en cada punto de muestro por los días realizados, en base a la temperatura son bacterias termófilas, a su vez se demuestra que el sábado en feriado existe mayor número de bacterias, en la piscina mezclada y captación entrada 1 en horario de la noche 19 pm existe 3 UFC/ml *Pseudomonas.* A demás, en un día normal no existe gran presencia de las bacterias por la cantidad de usuarios que se encuentran haciendo uso de las instalaciones.

4.3.3 Manejo adecuado del agua en las piscinas para disminuir el grado de contaminación

Realizar una limpieza y desinfección una vez por mes en los tanques de captación de los ojos de agua 1 y 2, cambio de las tuberías del agua que se encuentran en mal estado que desembocan en las piscinas; las cuales previamente debe tener una evaluación periódica, realizar análisis físico-químicos y microbiológicos necesarios para controlar y disminuir la carga bacteriana del agua termal; mantener las captaciones cerradas con candado para prevenir posibles contaminantes externos a las captaciones.

4.4 Discusión

Las aguas termales presentan temperaturas entre 30°C y 50°C como se observa en el gráfico 1 durante los días de muestreo realizados en la CE1, CE2, PC, PM y SD de acuerdo al horario de la toma de muestras. En la captación entrada 1 y piscina caliente el día sábado, domingo, lunes y martes su temperatura promedio es de 44°C a 48°C; en la piscina caliente su temperatura es constate debido que posee algunos ojos de agua. Sin embargo, la temperatura en la captación entrada 2, piscinas mezclada y salida desfogue muestra un promedio entre 30°C a 40°C. Según (Rodés, 2018) manifiesta que la temperatura en aguas termales depende de la profundidad del origen del suelo, de forma que la temperatura, como la presión, crece con la profundidad y así puede discutir del gradiente geotérmico de temperatura 3ºC por cada 100 m. Los testimonios del subsuelo permiten establecer que las aguas homotérmicas conservan valores constantes de temperatura a lo largo del año. Por otra parte, estás variaciones pueden ser producidas por influencia de la mezcla con aguas de precipitación infiltradas del suelo.

El pH del agua termal en el gráfico 2 muestra un promedio constante entre 6,5 a 7,5 en todos los días de muestreo considerando apto para el uso de los bañistas de acuerdo a los distintos horarios del día de acuerdo a la Norma Cubana de Agua Mineral (NC93-01-218:1995). En la

mañana del lunes el resultado más representativo es en la PM5 con un valor de 6,8. En el horario del medio día de la toma de muestras de agua la PC12 describe diferencias en los resultados de acuerdo al gráfico 2 correspondiente al día lunes y martes con un pH de 6,6 relativamente, considerando que el día martes el pH aumenta de una manera ascendente con un resultado de 7,8, sin embargo, el jueves muestra un valor de 7,1. No obstante, en la PM12 establece valores semejantes en los días lunes y miércoles con un valor representativo de 7,8 en la calidad de las aguas termales. En la noche presenta valores constantes en la SD de 7,1 a 7,2. Según (Fagundo, 2000) afirma que el agua tiene varios minerales solubles como existe el tipo salino o los sulfatos presentes, la solubilidad de un mineral se incrementa de acuerdo a la presencia de ácidos. El agua pura teóricamente debe tener un pH de 7 para el uso de los usuarios lo cual es básico por ser aguas carbonatas, cuando existe abundante CO2 el pH es respectivamente bajo de un valor 4,5 en interacciones que existe en las rocas carbonatadas tiene a elevarse hasta un pH 7. Las aguas minerales poseen valores neutros y básicos de acuerdo a las características hidrogeológicas presentes.

La conductividad de las piscinas termales en los cuatro días de muestreo en el horario de la mañana, en la CE1 presenta valores constantes de 8 µS/cm, CE2 da una variación de los resultados de cada día, el lunes muestra un valor de 7.6 µS/cm, en cambio el martes y miércoles son resultados semejantes de 6,6 µS/cm a diferencia del jueves que su valor incrementa hasta 7,1 µS/cm. En la PC5 de acuerdo al lunes de 6,6 µS/cm, el martes y miércoles sus resultados son iguales de 7,8 µS/cm mientras que el jueves representa un valor de 7 µS/cm. Sin embargo, en la PM5 el lunes tiene un valor de 6,6 µS/cm, a pesar que el martes y miércoles sus resultados es 6,8 µS/cm, el jueves de 7 µS/cm. En la SD5 resultados del lunes y jueves de 6,8 µS/cm y martes de 6,9 µS/cm, por tanto, miércoles presenta de 6,5 µS/cm. En el horario del medio día tiene una variación significativa en cada punto de muestreo, el resultado más importa muestra PC con un valor de 7,8 µS/cm mientras que en la SD del lunes presento un resultado de 5,5 µS/cm. De acuerdo a (Moreno *et al.*, 2008) argumenta en el estudio que realiza determina que la conductividad muestra valores entre 165 y 1000 µohms/cm. Donde observa una relación inversa de conductividad con la altura, de igual forma con los sólidos totales disueltos. La conductividad aumenta en base a la cantidad de los sólidos totales disueltos, como resultado del aumento de electrolitos en solución. Estos cambios en la conductividad y STD, son resultado de la naturaleza hidrogeoquímica, la temperatura en menor grado de la permeabilización de las

aguas superficiales y los acuíferos de aguas subterráneas, son surtidos por las aguas de la superficie que se permean a través del suelo, siendo los más aptos, aquellos que están por debajo de grandes cuencas o valles. Mercedes *et al*., (2015) manifiesta de acuerdo al texto Vademécum II de Aguas Mineromedicinales Españolas, presenta una conductividad de 9780 μS.cm-1, determinada a 25ºC. El Balneario aportó datos de la calidad del agua determinando la conductividad que muestra es próximada de 8500 μS.cm-1 en el año 2011, a una temperatura de 20ºC y superior a 9000 μS.cm-1 en una temperatura 25ºC en 2012. Los datos proporcionados de otros balnearios en la provincia de Valladolid, presenta una conductividad del agua superior a 11326 μS.cm-1.

La turbidez de las piscinas termales presenta variación por la presencia de partículas en suspensión, en la CE15 el martes tiene un valor alto de 108 NTU por la cantidad de agua sucia a diferenciación de los demás días, la CE212 tiene como resultado 81 NTU correspondiente al día martes, en la PC presenta un resultado de 75 NTU, sin embargo, en la PM el valor más relevante de los días de muestreo presenta de 38 NTU, no obstante en la SD5 el valor más representativo es de 103 NTU debido a la cantidad de solidos presentes en el agua. Rojas *et al.*, (2014) presenta que los resultados obtenidos en el artículo de la determinación del origen y composición de las aguas termales tiene un grado de turbulencia bajo por ser claras y transparentes. Las aguas termales de Becerril se clasifican como aguas turbias por tener un resultado entre 1 y 5 Unidades Nefelométricas de Turbidez [NTU], en el municipio de Ciénaga clasifican las aguas termales por su transparencia, presentando un valor mínimo de 1 NTU.

El gráfico 6 de acuerdo al horario de la 5am en cada punto de muestreo se observa que los microorganismos en la CE15 el día sábado, domingo y lunes inician aproximadamente con una carga bacteriana que posee un rango de 130 UFC/ml a 200 UFC/ml; Sin embargo, en la CE25 el valor más representativo de la carga microbiana existe en el día domingo con un resultado de 6550 UFC/ml los microorganismos presente en el ojo de agua se debe a la presencia de algas en gran cantidad, de igual forma presenta una tela fina de aceite, observa el anexo fotografía 2. En la SD5 todas las aguas de los días sábado y lunes muestran un valor de 270 UFC/ml y los domingos y martes aumentan los resultados a una escala de 1500 UFC/ml a 2500UFC/ml.

En el horario de la tarde los resultados crecen de manera constante en cada una de las muestras, la contaminación microbiana presente en las aguas termales, la variación de coliformes totales

en los tres días de muestreo sábado, lunes y martes son resultados constantes iniciando desde la PC12 a la PM12, con respecto a la SD12 se indica que la diferenciación en los días domingo, lunes y martes descienden similarmente en cada punto de muestreo. La contaminación de las aguas termales en horario de la noche en la CE119 y CE219 de los cuatro días de muestreo tiene un aumento relevante en cada punto de muestreo, como a su vez presenta en la PC19 los días domingo, lunes y martes continúan en crecimiento los coliformes totales; en la PM19 disminuye sus resultados entre 5000UFC/ml a 410 UFC/ml.

En definitiva, en la SD19 en los días domingo, lunes y martes disminuyen levemente desde la PM19, mientras que el día sábado disminuye considerablemente de los resultados obtenidos en la PM19 a los resultados de la SD19. Alvarado (2012) define que los Coliformes totales se han utilizado, proverbialmente, para valorar todo tipo de aguas; sin embargo, sus deficiencias como indicador de contaminación fecal, los hace poco prácticos para utilizarlos en aguas no tratadas, como ríos, mar, hielo y piscinas. Los Coliformes totales se deben utilizar en la evaluación de aguas tratadas para consumo humano y de aguas envasadas. Mientras en el *Acuerdo Ministerial* No. *097*-A (2015): Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: recurso agua, Criterios de calidad para aguas destinadas para fines recreativo en la tabla 9 los Coliformes totales el límite máximo permisible es de 1000 de acuerdo a los datos obtenidos en el muestreo realizado en las aguas termales superan en algunos casos los resultados ejemplo en la PC19 del día domingo con un valor de 1300 al igual que PM19 5700.

En el gráfico 8 los resultados del día sábado siendo feriado existe mayor número de microorganismos correspondientes a la PM al medio día y en la CE1 en horario de la noche existen 3 bacterias. A demás, en un día normal no existe gran presencia de bacterias a diferenciación en días feriados. Según (Madigan, 2009) manifiesta que *Pseudomonas aeruginosa* son organismos ecológicamente substanciales tanto del agua como del suelo y seguramente responsables de la degradación de enormes compuestos solubles derivados, frecuentemente se desarrolla por las infecciones del tracto urinario, crecen quimiorganotróficamente a un pH neutro y a temperaturas en el rango de los mesófilo.

CAPITULO V

Conclusiones

- ✓ En las piscinas “El Salado” se encuentran presentes bacterias patógenas de la especie *Pseudomonas aeruginosa.* En días de feriado existe mayor presencia de carga microbiana por la afluencia de personas entre 1500 a 3000, que hacen uso de las piscinas. En la piscina de agua mezclada y captación entrada 1 del horario de la noche se encontró 3 UFC/ml, y en un día normal no presenta bacterias.

- ✓ La carga bacteriana en las piscinas presente se da por la eliminación del sudor de cada bañista como también en los ojos de agua por no tener un control adecuado de seguridad, donde se observó en la CE25 tiene un resultado alto de microorganismos patógenos en un valor de 6550 UF/ml debido a la presencia de una membrana biofilm y la acumulación de algas.

- ✓ El olor del agua de las piscinas es sui generis, debido a la presencia de cloruro de sodio o sal de cocina NaCL, ácido sulfhídrico (H2S), sulfatos de sodio y magnesio, entre otros. El color de las aguas como amarillento debido a la presencia de Fe, Zn, Mn.

- ✓ Se estableció que la turbiedad obtenida con el máximo valor se encuentra en la captación 1 en el horario de la mañana con un valor de (108 NTU), en cuanto lo que respecta a los demás puntos de muestreo no presenta gran diferencia en horario de medio día en los 4 días, tomando en cuenta que todos los días se presentan valores irregulares de forma ascendente y descendente.

- ✓ Los valores representados en conductividad en todos los puntos de muestreo no varían mucho, respecto al análisis estadístico, específicamente en la captación en horarios de la mañana y medio día, mientras que en la piscina de agua mezclada y la captación 2 se evidencian valores de 6 a 7,5 µS/cm, pero en el desfogue en horario de medio día disminuye a 5,5 µS/cm respetivamente al día lunes.

- ✓ Se determinó que las temperaturas en las piscinas “El Salado” situado en Baños de Agua Santa, representa el valor más alto en las captaciones en valores de 40 a 48° C, por lo que se puede constatar que en la piscina de origen no varía, por lo contrario, se puede confirmar que el valor mínimo se encuentra en el área de desfogue en rangos de 25 a 30°C. En cuanto al pH analizado en los cinco puntos de muestreo, revelan que las aguas termales en las piscinas “El Salado” son neutras, porque los datos obtenidos de pH son de 6 a 8.

- ✓ La limpieza y desinfección de los tanques una vez al mes permitirá disminuir el grado de contaminación desde los ojos de agua hasta llegar a las piscinas, el cambio y el control adecuado de las tuberías; los análisis físico-químicos y microbiológicos deben ser evaluados mensualmente necesarios para el control de las posibles enfermedades dérmicas y a la vez disminuirá la carga bacteriana del agua termal, manteniendo las captaciones cerradas con candado para la seguridad del uso adecuado del agua termal; ya que se encontró algas y de igual forma estaba presente una membrana biofilm por encontrarse la compuerta abierta de la CE25.

Recomendaciones

- Se recomienda que los usuarios realicen una ducha completa con agua y jabón para ingresar a las piscinas, y a la vez su traje de baño debe ser lavado después de cada uso y se debe requerir el uso del gorro de baño.

- Para eliminar la contaminación microbiana, se recomienda implementar un pediluvio, este permitirá la limpieza de los pies antes de entrar a cada una de las piscinas, o a la vez llevar calzas estériles.

- A los trabajadores que laboran en las piscinas “El Salado” es conveniente que periódicamente se realicen exámenes médicos para resguardar la salud de los mismos, y determinar posibles enfermedades.

- Todo el personal que labora en las instalaciones es necesario que utilicen un equipo de protección para limpieza del balneario como cofia, guantes, mascarillas y botas.

- Las duchas y vestidores deben ser lavados con detergentes y desinfectantes diariamente ya que pueden ser los principales lugares de contaminación.

BIBLIOGRAFÍA

Agbar, A. (2018). Ficha sobre la calidad del agua. *Hdrogea*. Recuperado de http://www.aquagest-regiondemurcia.es/img/contenidos/1/ficha-sobre-calidad-del-agua.pdf

Alvarado, D. (2012). Criterios microbiológicos para evaluar la calidad del agua en sus diferentes usos. *Binass.* Recuperado de http://www.binasss.sa.cr/revistas/rcsp/v5n9/art4.pdf

Andino, F. (2008). Un enfoque práctico para la inocuidad de los alimentos Métodos de detección de contaminación microbiana. Recuperado de https://avdiaz.files.wordpress.com/2010/02/presentacion-clase-4.pdf

Armijos, M., (1984). Cura Balnearia. Medio ambiente. *Turespaña*. Recuperado de http://estadisticas.tourspain.es/img-iet/Revistas/RET-84-1984-pag39-48-42272.pdf

Eyzaguirre, F., Armijos, F., (2010). Vademécum Ii De Aguas Mineromedicinales Españolas. *Researchgate.* Recuperado de https://www.researchgate.net/profile/Francisco_Maraver/publication/316966857_Vademecum_II_de_aguas_mineromedicinales_espanolas/links/591ab0d1a6fdccb149f3a4a2/Vademecum-II-de-aguas-mineromedicinales-espanolas.pdf

Fagundo, J. (2000). Historia del desarrollo del Termalismo y Termalismo Moderno. *Infomed*. Recuperado de http://www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/mednat/curso_de_termalismo.pdf

GADBAS, (2018). Entrevista

Hach. (2015). Conductivity, Method 8160, *8*.

Huerguedas, A. (2018). Mednaturis. *Enciclopedia de Medicina Naturista*. Recuperado de http://www.mednaturis.com/ficha-termino.php?idtermino=148

IDEAM. (2007). Coliformes totales y E. Coli por el método de filtración por membrana en agar chromocult. *Instituto de Hidrológica, Meteorología, Y Estudios Ambientales.* Recuperado de

http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Coliformes+totales+y+E.+coli+en+Agua+Filtraci%C3%B3n+por+Membrana.pdf/5414795c-370e-48ef-9818-ec54a0f01174

INAMHI. (2014). Aguas termominerales en el Ecuador. *Issuu*. Recuperado de https://issuu.com/inamhi/docs/termalismo

Instituto Nacional de Salud. (2011). Manual de Instrucciones par ala Toma, Preservación y Transporte de Muestras de Agua de Consumo Humano para análisis de Laboratorio. Bogota, Colombia.

Larrea-Murrell, J., & Rojas-Badía, M., & Romeu-Álvarez, B., & Rojas-Hernández, N., & Heydrich-Pérez, M. (2013, enero). Bacterias indicadoras de contaminación fecal en la evaluación de la calidad de las aguas. *Cenic*. Ciencias Biológicas, 44 (3), 24-34. Recuperado de https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181229302004

Madigan, Michael T; Martinko, John M.; Paul V. Dunlap; David P. Clark. (2009). Brock. Biología de los microorganismos. Madrid, España: Pearson Educación.

Moreno, J. & Caraballo, Ch., & Baptista, J. (2008). Caracterización Hidrogeoquímica De Las Fuentes De Aguas Termales Del Estado Trujillo-Venezuela. Revisión de la literatura. Revista ResearchGate. Recuperado de https://www.researchgate.net/profile/Juan_Diaz27/publication/266138563_CARACTERIZACION_HIDROGEOQUIMICA_DE_LAS_FUENTES_DE_AGUAS_TERMALES_DEL_ESTADO_TRUJILLO_-_VENEZUELA/links/5433e0b50cf294006f720fde.pdf

Navarro, M. (2007). Determinación De Escherichia Coli Y Coliformes totales en Agua Por El Método de Filtración Por Membrana En Agar Chromocult. Recuperado de http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Coliformes+totales+y+E.+coli+en+Agua+Filtraci%C3%B3n+por+Membrana.pdf/5414795c-370e-48ef-9818-ec54a0f01174

NTE INEN 1529-7. (1990) Control microbiológico de los alimentos. Determinación de

microorganismos coliformes por la técnica de recuento de colonias. Recuperado de https://ia801602.us.archive.org/8/items/ec.nte.1529.7.1990/ec.nte.1529.7.1990.pdf

Raffo, E. (2013). Tratado Del Agua Y La Legislación Peruana. Industrial Data, 106-117. Recuperado de https://www.redalyc.org/html/816/81632390013/

Rice, E. W., Baird, R. B., Eaton, A. D., & Clesceri, L. S. (2012). *Standar Methods For The Examination of Water and Wastewater* (22nd ed.). American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation.

Rodés, B. (2018). Control De Calidad De Las Aguas Minero-Medicinales. *Panorama actual de las Aguas Minerales y Minero-medicinales*. Recuperado de http://www.elaguapotable.com/CONTROL%20DE%20CALIDAD%20DE%20LAS%20AGUAS%20MINERO-MEDICINALES.pdf

Soler, P. (2006). Validación del método de número más probable de microorganismos y recuento en placa profunda para coliformes totales y fecales. *Javeriana*. Recuperado de: http://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/ciencias/tesis273.pdf

ANEXOS

Instalaciones del Balneario “El Salado”

Fotografía 1.- Captación entrada 1	Fotografía 2.- Captación entrada 2
	
Fotografía 3.- Piscina caliente	**Fotografía 4.- Piscina de agua mezclada**
	
Fotografía 3.- área de desfogue	**Fotografía 4.- Balneario “El Salado”**
	

Adquisición de las muestras para ser trasladadas al laboratorio para sus respectivos análisis

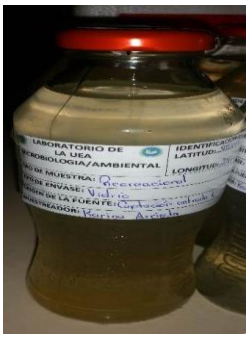
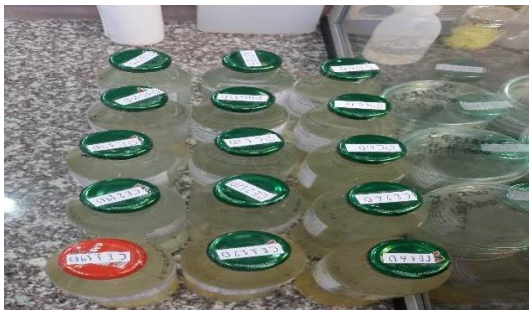
Fotografía 7.- Toma de la muestra de la captación 1	**Fotografía 8.- Toma de la muestra de la captación 2**
	
Fotografía 9.- Toma de la muestra Piscina caliente	**Fotografía 10.- Toma de la muestra de la piscina de agua mezclada**
	
Fotografía 11.- Toma de la muestra del área de desfogue	**Fotografía 12.- Recepción de todas las muestras**
	

Fotografia 13.- Obtención de la temperatura en la CE1	Fotografia 14.- Obtención de la temperatura en la CE2
	
Fotografia 15.- Obtencion de la temperatura en la PC	**Fotografia 16.- Temperatura de la PC**
	
Fotografia 17.- Obtencion de la temperatura en la PM	**Fotografia 18.- Obtención de la temperatura en la SD**
	

Fotografia 19.-Llegada a las captaciones para la toma de las muestras y temperatura del agua	Fotografia 20.- Tuberias por donde baja el agua de las captaciones a las piscinas
	
Fotografia 21.- Tanque de reserva del agua fria	**Fotografia 22.- Tanque de reserva del agua caliente**
	
Fotografia 23.- Tuberia que llena el tanque de reserva de agua caliente.	**Fotografia 24.- Uso de las piscinas en dia de feriado.**
	

Fotografia 25.- Uso de las piscinas en dia de feriado.	Fotografia 26.- Uso de las piscinas entre semana.
	
Fotografia 27.- Uso de las piscinas entre semana.	**Fotografia 28.- Toma de los puntos gps.**
	
Fotografia 29.- Toma de los puntos gps.	**Fotografia 30.- Etiquetado correspondiente en cada embase**
	

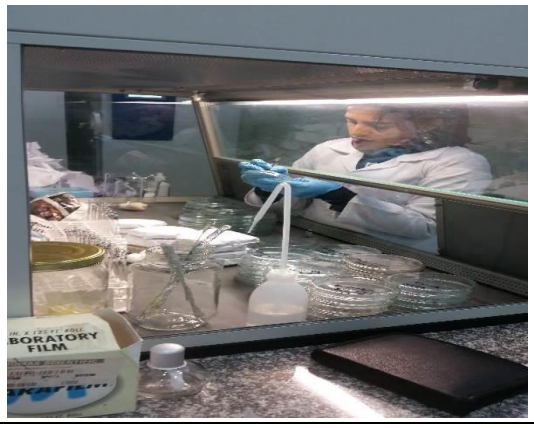
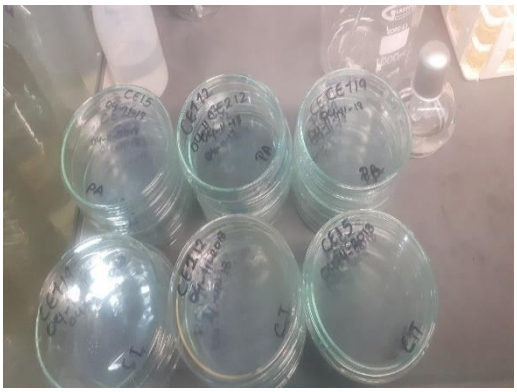
Muestras recolectadas y etiquetadas para trasladarlas al laboratorio de la UEA.

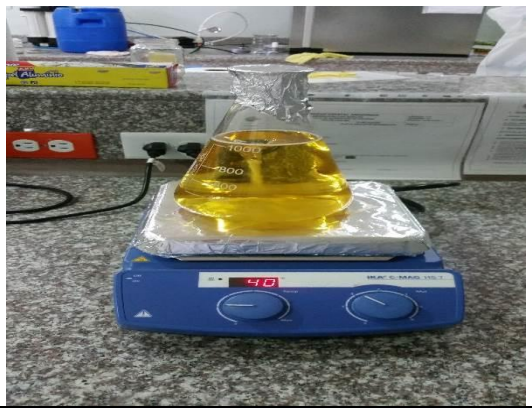
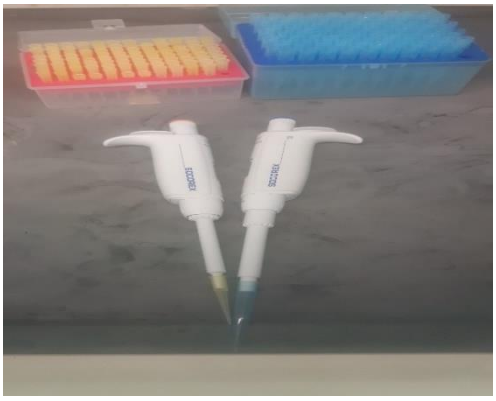
Fotografia 31.- Muestras recolectadas para llevarlas al laboratorio	Fotografia 32.- Muestras listas para el analisis.
	
Fotografia 33.- Etiqueta correspondiente para cada muestra.	**Fotografia 34.- Código de referencia en cada muestra.**
	

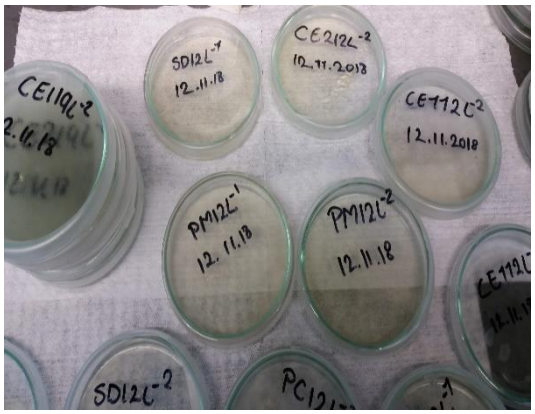
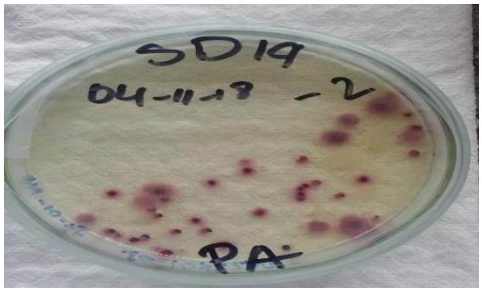
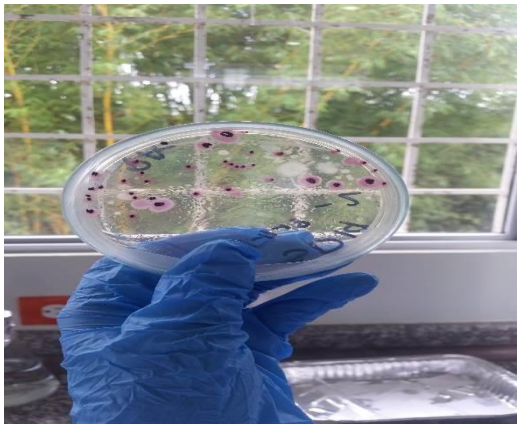
Preparación y esterilización de los materiales

Fotografía 35.- Equipo: Autoclave	Fotografía 36.-Esterilización de los instrumentos en el Autoclave
	

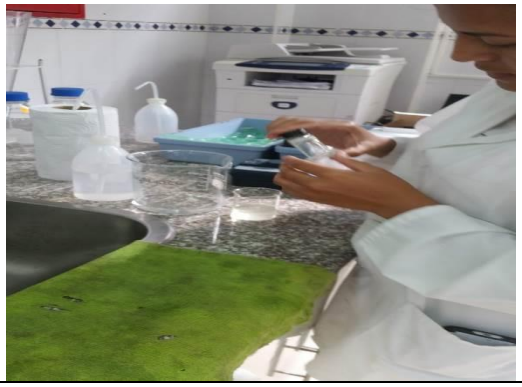
Preparación de Materiales, Medio de Cultivo y Agua de Peptona

Fotografía 37.- Pesado del medio de cultivo	**Fotografía 38.- Pesado del Agua de peptona**
	
Fotografía 39.- Codificación	**Fotografía 40.- Codificación de los tubos de ensayo.**
	
Fotografía 41.- Codificación de las cajas Petri	**Fotografía 42.- Material esterilizado, en la cámara de Flujo Laminar**
	

Fotografía 42.- Cocción del Medio de Cultivo	Fotografía 43.- Cocción del agua de peptona
	
Fotografía 44.- Preparación de diluciones	**Fotografía 45.- Distribución de 9ml de agua de peptona en cada tubo de ensayo.**
	
Fotografía 46.- Adición de 1 ml de la muestra, colocación del medio de cultivo en las cajas Petri.	**Fotografía 47.- Puntas y pipetas utilizadas en la práctica.**
	

Fotografía 48.- Cajas Petri sembradas	**Fotografía 49.- Ubicación de las Cajas sembradas en la incubadora, por 24h.**
	
Fotografía 50.- Resultado de las muestras a 24 h.	**Fotografía 51.- Conteo manual de las cajas sembradas.**
	
Fotografía 52.- Selección de la presencia de Coliformes totales y *Pseudomonas aeruginosa.*	**Fotografía 53.- Docente encargado del Laboratorio de Microbiología, en la preparación del cultivo.**
	

Análisis Físico - químico de las aguas termales “El Salado” en el Laboratorio de Ambiental de la Universidad Estatal Amazónica

Fotografía 54.- Muestras puntuales para el análisis	**Fotografía 55.- Equipo para determinar la Turbiedad.**
	
Fotografía 56.- Descontaminación del envase con agua destilada.	**Fotografía 57.- Medición de la turbiedad.**
	
Fotografía 58.- Equipo para la medición de la conductividad.	**Fotografía 59.- Medición de la conductividad.**
	

Fotografía 60.- Medición del pH.	**Fotografía 61.- Resultado obtenido en una muestra del pH.**
	
Fotografía 62.- Equipo para realizar la medición de cloro residual.	**Fotografía 63.- En la muestra del agua se encuentra adicionado dos gotas de cloro.**
	
Fotografía 64.- Medición de la temperatura.	**Fotografía 65.- Recepción adecuada de las muestras.**
	

Etiquetas

Fotografía 66.- Etiqueta para el muestreo en los envases

LABORATORIO DE LA UEA MICROBIOLOGIA/AMBIENTAL	IDENTIFICACION MUESTREO LATITUD:..... LONGITUD:.....	CODIGO:..... FECHA:..... HORA:.....
TIPO DE MUESTRA:		
TIPO DE ENVASE:		
ORIGEN DE LA FUENTE:	TEMPERATURA:	
MUESTREADOR:		

Fotografía 67.- Etiqueta para el coller utilizado en el transporte de las muestras

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA

ESCUELA DE INGENIERIA AMBIENTAL

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TITULO DE INGENIERO AMBIENTAL

TEMA: ESTUDIO FISICO-QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO EN LAS PISCINAS DE LAS AGUAS TERMALES "EL SALADO" DEL CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.

CONTENIDO: 15 MUESTRAS DE AGUA TERMAL EN LAS PISCINAS "EL SALADO" DE 500 ml CADA UNA PARA EL ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DE COLIFORMES TOTALES y *Pseudomona aeruginosa* por día.

Nombre de colectores: Karina Arrieta, Adriana Bonifaz

Código:	CE15D, CE25D, PC5D, PM5D & SD5D CE112D, CE212D, PC12D, PM12D & SD12D CE119D, CE219D, PC19D, PM19D & SD19D	**Fecha:** 11/11/2018
Preservativo:	Gel refrigerante	
Tipo de análisis a realizar:	Coliformes totales *Pseudomona aeruginosa*	
Periodo de muestreo y lugar:	5:00 am – 12:00 pm – 19:00 pm	**Puyo- Pastaza- Ecuador**

Contactos: 0979394535 - 0992865080 Email: adeli95eli@gmail.com ; karybelen_cat94@hotmail.com