

Maestría en Ingeniería Civil

**Determinación de Presencia de Pseudomonas Aeruginosa y
Medidas de Control en Aguas Termales**

Nataly Chivatá López



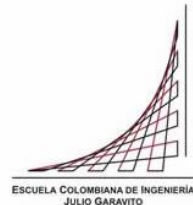
Bogotá, D.C., 31 de enero de 2017

**Determinación de Presencia de Pseudomonas Aeruginosa y
Medidas de Control en Aguas Termales**

**Tesis para optar al título de magíster en Ingeniería Civil, con
énfasis en Recursos Hidráulicos y Medio Ambiente**

**ING. Yuly Andrea Sánchez Londoño
Director**

Bogotá, D.C., 31 de enero de 2017



La tesis de maestría titulada “Determinación de presencia de Pseudomonas Aeruginosa y medidas de control en aguas termales”, presentada por Nataly Chivatá López, cumple con los requisitos establecidos para optar al título de Magíster en Ingeniería Civil con énfasis en Recursos Hidráulicos y Medio Ambiente, fue aprobada por:

Director de la tesis

Ing. Yuly Andrea Sánchez Londoño

Jurado

Ing. Jairo Alberto Romero Rojas

Jurado

Bióloga. Gladys Rocío González Leal

Bogotá, D.C., 31 de enero de 2017

Dedicatoria

A mi madre quien desde el cielo me guía y a mi padre quien continua su labor aquí en la tierra.

Agradecimientos

A mis padres y mis hermanas por su amor y apoyo incondicional.

A Braian Buitrago por acompañarme y animarme durante la realización de este posgrado.

A mi directora de tesis Yuly Sánchez por su dedicación, apoyo y compromiso con esta tesis.

Al ingeniero Jairo Alberto Romero Rojas por el apoyo en la elaboración del estudio.

A los ingenieros Edwin García Másmela y Javier Salas de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca por su colaboración y apoyo en la realización de las campañas de monitoreo.

A los balnearios que me permitieron el ingreso a sus instalaciones.

Resumen

En Colombia las aguas termales tienen una reglamentación sujeta a lo establecido por el Ministerio de Salud y Protección Social, no cuenta con una normatividad que establezca los estándares mínimos de calidad y las actividades de control que se deben realizar en las aguas termales para garantizar condiciones óptimas al momento de su uso, sin embargo, actualmente se encuentra en proyecto de ley la normativa sobre aguas termales (Ley 62 de 2015).

Dada la inexistencia de normatividad en Colombia se consultaron las normas existentes en países como España, Chile, Cuba y otros en relación a la calidad microbiológica del agua termal, tomando como referencia el patógeno de *Pseudomonas aeruginosa*, así como las medidas de control en las instalaciones donde se presten servicios con piscinas de aguas termales.

La *Pseudomonas aeruginosa* es un patógeno oportunista ampliamente distribuido en la naturaleza, es capaz de sobrevivir a altas temperaturas y en ambientes con escasos nutrientes, debido a que sus necesidades alimentarias son mínimas.

Para este estudio, se realizó un muestreo aleatorio de 3 piscinas termales pertenecientes al mismo bloque termal y ubicadas en el departamento de Cundinamarca en los municipios de Tabio, Guasca y Choachí. El muestreo se llevó a cabo los días 9 de junio, 23 de junio y 6 de julio, tomando una muestra en la fuente y otra en la piscina de bañistas con el fin de realizar análisis de este patógeno para evaluar su presencia en las aguas termales y establecer medidas de control en caso de encontrarse.

Para la detección del patógeno se utilizó la tecnología de Sustrato Definido (Defined Substrate Technology, DST) el cual se basa en una “tecnología de detección de las enzimas bacterianas que señala la presencia de este patógeno por medio de la hidrólisis de un sustrato en el reactivo de Pseudalert produciendo una fluorescencia azul cuando se expone a la luz ultravioleta.

El estudio realizado permite concluir que:

La presencia de *Pseudomonas aeruginosa* en pozos de agua termal puede estar asociada a la inadecuada protección del acuífero o a descargas de desechos en el manantial del agua termal.

A partir de los monitores realizados a las tres piscinas termales se observa que la concentración de *Pseudomonas aeruginosa* tanto en pozos como en piscinas para pH menor de 7.00 (sustancia ácida) es inferior a 1 UFC/100 ml, mientras que para pH superior a 7.00 (sustancia alcalina) empieza a ser contable la presencia del patógeno.

En general, de las dieciocho muestras analizadas (tomadas en pozos y en piscinas), sólo el 61 % cumple con la normativa consultada.

Para controlar la contaminación de las piscinas de agua termal, se requiere implementar un sistema de control de ingreso que contemple restricciones médicas, de higiene y uso.

Índice general

Introducción	16
Glosario	18
1. Antecedentes.....	20
2. Objetivos	22
2.1 Objetivo general	22
2.2 Objetivos específicos.....	22
3. Marco teórico.....	23
3.1 Definición de aguas termales.....	23
3.2 Clasificación de aguas termales	23
3.2.1 Clasificación de las aguas termales de acuerdo a su origen geológico.....	23
3.2.2 Clasificación de las aguas termales por su composición.....	24
3.2.3 Clasificación de las aguas termales por su temperatura	25
3.2.4 Clasificación de las aguas termales por el total de sólidos disueltos.....	25
3.3 Pseudomonas aeruginosa	26
3.3.1 Enfermedades asociadas a la Pseudomonas aeruginosa.....	26
3.3.2 Contaminación de acuíferos termales por Pseudomonas aeruginosa.....	27
3.3.3 Contaminación de objetos inanimados por Pseudomonas aeruginosa	28
3.4 Elementos de una piscina termal	28
3.5 Tratamiento del agua en piscinas de agua termal.....	30
3.6 Requisitos sanitarios para ingresar a una piscina termal	31
3.7 Normativa de calidad del agua en piscinas de agua termal	33
3.7.1 Análisis de las normas.....	36
4. Descripción piscinas termales.....	38
4.1 Termales en el municipio de Tabio	38
4.1.1 Historia	38

4.1.2	Ubicación.....	38
4.1.3	Descripción de la piscina	39
4.1.4	Funcionamiento del sistema de la piscina termal.....	40
4.1.5	Restricciones de uso de la piscina.....	40
4.1.6	Mantenimiento de la piscina	41
4.1.7	Características del agua termal	42
4.2	Termales en el municipio de Guasca.....	42
4.2.1	Ubicación.....	42
4.2.2	Descripción de la piscina	43
4.2.3	Funcionamiento del sistema de la piscina termal.....	43
4.2.4	Restricciones de uso de la piscina.....	44
4.2.5	Mantenimiento de la piscina	44
4.2.6	Características del agua termal	45
4.3	Termales en el municipio de Choachí	45
4.3.1	Historia	45
4.3.2	Ubicación.....	45
4.3.3	Descripción de la piscina	46
4.3.4	Funcionamiento del sistema de la piscina termal.....	46
4.3.5	Restricciones de uso de la piscina.....	46
4.3.6	Mantenimiento de la piscina	47
4.3.7	Características del agua termal	48
4.4	Mantenimiento, limpieza y restricciones en las tres termales.....	48
5.	Metodología.....	49
5.1	Parámetros de control físico	50
5.1.1	pH (unidades de pH).....	50
5.1.2	Temperatura.....	50

5.2	Parámetros microbiológicos.....	51
5.2.1	Pseudomonas aeruginosa (UFC/100 mL).....	51
5.3	Muestreo	55
5.3.1	Materiales utilizados	56
5.3.2	Descripción del muestreo	58
5.3.3	Campañas de monitoreo.....	63
5.4	Análisis de muestras en laboratorio	64
6.	Análisis de resultados.....	65
6.1	Resultados de pH, temperatura y pseudomonas aeruginosa.....	65
6.2	Clasificación de las termales estudiadas por temperatura	66
6.3	Presencia ausencia – Pseudomonas aeruginosa.....	66
6.4	Presencia de pseudomonas aeruginosa en pozos.....	70
6.5	Análisis de Pseudomonas aeruginosa con base a la normatividad consultada	70
7.	Medidas de control sanitario por presencia de pseudomonas aeruginosa	73
7.1	Medidas de control en pozos de abastecimiento de agua termal	73
7.2	Medidas de control en piscinas de agua termal	73
7.2.1	Usuarios	73
7.2.2	Piscinas de agua termal.....	74
8.	Conclusiones y recomendaciones	76
9.	Bibliografía.....	78
10.	Anexos	83

Índice de tablas

Tabla 3.1. Clasificación de aguas termales por temperatura.....	25
Tabla 3.2. Clasificación de aguas termales por total de sólidos disueltos	26
Tabla 3.3 Normatividad de aguas termales a nivel nacional e internacional.....	34
Tabla 3.4 Normatividad internacional que excluye las aguas termales	37
Tabla 4.1Actividades de mantenimiento y limpieza.....	48
Tabla 5.1Características de las piscinas termales monitoreadas	50
Tabla 5.2 Cronograma para campañas de muestreo	55
Tabla 5.3 Parámetros físicos	55
Tabla 5.4 Parámetros microbiológicos	55
Tabla 5.5. Información técnica –pH 3110 SET 2.....	56
Tabla 5.6 Número de bañistas	64
Tabla 6.1 Resultados de laboratorio parámetros físicos y microbiológicos termal 1	65
Tabla 6.2 Resultados de laboratorio parámetros físicos y microbiológicos termal 2.....	65
Tabla 6.3 Resultados de laboratorio parámetros físicos y microbiológicos termal 3.....	65
Tabla 6.4 Resultados de Pseudomonas aeruginosa evaluados por normatividad consultada	71

Índice de figuras

Figura 4.1. Ubicación – Termal 1.	39
Figura 4.2. Ubicación – Termales 2.	42
Figura 4.3. Ubicación – Termales 3.	45
Figura 5.1. Manantiales termales de Colombia.	49
Figura 5.2. Activación del sustrato por presencia de Pseudomonas Aeruginosa.....	52
Figura 5.3. Lectura de Pseudomonas Aeruginosa.	52
Figura 5.4. Cabina de flujo laminar.	53
Figura 5.5. Reactivo de diagnóstico Pseudolater y bolsas Quantitray.	53
Figura 5.6. Sellador para Quanti-Tray.....	53
Figura 5.7. Incubadora.....	54
Figura 5.8. Lámpara U.V. de 6 watts fluorescente.	54
Figura 5.9. Conteo de pozos positivos.	54
Figura 6.1 Clasificación de las fuentes termales analizadas por temperatura.	66
Figura 6.2. Presencia de Pseudomonas aeruginosa a partir del pH – Pozo.....	67
Figura 6.3. Presencia de Pseudomonas aeruginosa a partir del número de bañistas.	68
Figura 6.4. Presencia de Pseudomonas aeruginosa a partir del pH – Piscina.	69

Índice de fotografías

Fotografía 4.1. Piscina 1 – Termal 1.	39
Fotografía 4.2. Piscina 2 – Termal 1.	40
Fotografía 4.3. Valla informativa – Reglamento Piscina.	41
Fotografía 4.4. Valla informativa – Reglamento Piscina.	41
Fotografía 4.5. Valla informativa – Propiedades del agua termal.	42
Fotografía 4.6. Piscina 1 – Termales 2.....	43
Fotografía 4.7. Valla informativa – Reglamento Piscina.	44
Fotografía 4.8. Piscina 1 – Termales 3.....	46
Fotografía 4.9. Restricciones de uso – Termales 3.	47
Fotografía 4.10. Descripción física y microbiológica-Termales 3.....	47
Fotografía 5.1. WTW pH-metro.	56
Fotografía 5.2. Frascos de muestra.	57
Fotografía 5.3. Balde.	58
Fotografía 5.4. Nevera de icopor.	58
Fotografía 5.5. Rotulación vasos de muestra.	59
Fotografía 5.6. Calibración pHmetro 3110.	59
Fotografía 5.7. Toma de la muestra del pozo profundo con ayuda de un balde-Termales 3.	60
Fotografía 5.8. Toma con el vaso de muestra para el pozo profundo – Termales 1.	60
Fotografía 5.9. Lectura pH y temperatura en el pozo de abastecimiento – Termales 1.	61
Fotografía 5.10. Toma de coordenadas – Termales 2.....	61
Fotografía 5.11. Toma de muestra en piscina de bañistas – Termales 2.	62
Fotografía 5.12. Lectura pH y temperatura en piscina de bañistas – Termales 3.	62
Fotografía 5.13. Cultivo de muestras.	64

Fotografía 5.14. Lectura Pseudomonas Aeruginosa. 64

Índice de anexos

Anexo 1. Encuesta a operarios.

Anexo 2. Registro fotográfico campañas de monitoreo.

Anexo 3. Calibración del pH-metro 3110.

Anexo 4. Registro de mediciones en campo.

Anexo 5. Resultados de laboratorio.

Introducción

Las aguas termales en Colombia son aprovechadas con fines recreativos, terapéuticos y medicinales atribuyéndosele beneficios en la salud de las personas al mejorar la presión sanguínea y la oxigenación o tratando enfermedades reumáticas, respiratorias y de la piel. Sin embargo, actualmente en Colombia se encuentra en proyecto de ley la normativa sobre aguas termales (Ley 62 de 2015) la cual no cuenta con una normatividad que establezca los estándares mínimos de calidad y las actividades de control que se deben realizar en las aguas termales para garantizar condiciones óptimas al momento de su uso, cuidando siempre la salud de los bañistas.

El presente documento presenta un muestreo aleatorio a tres piscinas de agua termal de uso público, ubicadas en los municipios de Tabio, Guasca y Choachi pertenecientes al departamento de Cundinamarca, con el fin de detectar la presencia o no de *Pseudomonas aeruginosa*, patógeno que puede sobrevivir a temperaturas elevadas y con una necesidad alimenticia de escasos nutrientes. La presencia de *Pseudomonas aeruginosa* en agua de piscinas puede causar foliculitis, y oído de nadador, además, genera complicaciones de salud a pacientes con enfermedades de cáncer, enfermedades inmunológicas, o inmunocompetentes.

El presente trabajo, busca establecer medidas de control que ayuden a mitigar la presencia de este patógeno. Para ello, se realizó una investigación en cuanto a las normas nacionales internacionales existentes relacionadas con la presencia de *Pseudomonas aeruginosa*, así como de los estándares de calidad exigidos a los lugares que presten servicios de piscina de aguas termales.

Dentro del marco legal, se realiza un resumen de la normativa existente en Colombia y a nivel internacional en países como España, Chile, Cuba y las contempladas por la Organización Mundial de la Salud.

En el capítulo 1, se describen los antecedentes y la justificación del estudio realizado; en el capítulo 2, los objetivos generales y específicos; en el capítulo 3 se presenta el marco referencial en donde se describe que es un agua termal y su clasificación, los elementos

de una piscina de este tipo, los requisitos sanitarios para su uso y la normativa nacional e internacional en cuanto a calidad del agua.

En el capítulo 4, se realiza la descripción de las piscinas termales seleccionadas para el estudio, en cuanto a su ubicación, el funcionamiento del sistema, las restricciones de uso, el mantenimiento utilizado y las características del agua termal de la piscina.

En el capítulo 5, se presentan las consideraciones utilizadas para la selección de las piscinas termales, los parámetros de control físico y microbiológico medidos y la descripción del muestreo realizado; el capítulo 6 incluye el análisis de los resultados de la calidad del agua termal; en el capítulo 7 las medidas de control sanitario que se deben tomar en piscinas de agua termal para mitigar la presencia de *Pseudomonas aeruginosa* y finalmente en el capítulo 8 las conclusiones y recomendaciones obtenidas a partir del estudio realizado.

Glosario

Acuífero: Estrato o formación geológica permeable que permite la circulación y el almacenamiento del agua subterránea por sus poros o grietas.

Aerobiosis: Vida en un ambiente que contiene oxígeno.

Alóctona: Se usa para referirse siempre a algo que ha llegado desde otro lugar.

Autoclavado: Esterilización con vapor de agua.

Autóctono: Término para designar a aquellos seres vivos que son propios del ecosistema en el que se hallan.

Bacteremia: Presencia de bacterias en la sangre.

Biofilm: Ecosistema microbiano organizado, conformado por uno o varios microorganismos asociados a una superficie viva o inerte, con características funcionales y estructuras complejas. Este tipo de conformación microbiana ocurre cuando las células planctónicas se adhieren a una superficie o sustrato, formando una comunidad, que se caracteriza por la excreción de una matriz extracelular adhesiva protectora.

Clostridium perfringens: Bacteria anaeróbica Gram-positiva, inmóvil y formadora de esporas que se encuentra en los intestinos de los seres humanos y de varios animales homeotermos, en el suelo, en el agua, en los alimentos entre otros.

Escherichia coli: Bacteria habitual en el intestino del ser humano y de otros animales de sangre caliente.

Fibrosis cística: Enfermedad hereditaria que causa que las glándulas que producen la mucosidad, la saliva y el sudor no funcionen debidamente

Filón: Masa metalífera o pétreo que rellena una antigua quiebra de las rocas de un terreno.

Fungicida: Dicho de un agente que destruye los hongos.

Géiser: Fuente termal intermitente, en forma de chorro que brota o sale.

Infecciones micóticas: Infecciones ocasionadas por hongos.

Legionella: Bacterias Gram negativas con forma de bacilo. Viven en aguas estancadas con un amplio rango de temperatura, preferiblemente superior a 35°C. Su crecimiento se ve favorecido por la presencia de materia orgánica.

Mero: Puro, simple y que no tiene mezcla de otra cosa.

Patógeno: Que origina y desarrolla una enfermedad.

Pediluvio: Baño de pies.

Salmonella: Bacilo patógeno primario.

Surgencia: Movimiento vertical de las masas de agua, de niveles profundos hacia la superficie.

Pseudomonas aeruginosa: Patógeno de la familia Pseudomonadaceae y se identifica por ser un bacilo gramnegativo ligeramente curvado que crece mejor en aerobiosis,

1. Antecedentes

Las aguas termales, actualmente en Colombia, tienen una reglamentación sujeta a lo establecido por el Ministerio de Salud y Protección Social: “Los parámetros generales físico – químicos y microbiológicos del agua no serán exigibles a los estanques que almacenen aguas termales y de usos terapéuticos. El Ministerio de Salud y Protección Social definirá dichos parámetros”. (Parágrafo del artículo 6 del Decreto 554 de 2015)

Actualmente a las aguas termales no se les realiza un control de la calidad del agua que asegure la salud de los usuarios y su calidad estética, por los altos costos que éstos demandan.

La *Pseudomonas aeruginosa* se encuentra ampliamente distribuida en la naturaleza, en el suelo, el agua, las plantas y los animales. Para su multiplicación requiere temperaturas de 36°C incluso hasta los 41°C pero no menor a los 4°C, es capaz de sobrevivir en ambientes con escasos nutrientes, debido a que sus necesidades alimentarias son mínimas.

Se toma como indicador de contaminación por ser una bacteria patógena que puede producir infecciones en personas inmunodeprimidas, siendo su presencia indeseable en aguas termales por su importancia epidemiológica, esto sumado a que las características de las aguas termales presentan condiciones favorables para el desarrollo de esta bacteria en el agua.

En Colombia existen cinco bloques termales y el estudio desarrollado se encuentra en el bloque termal número uno correspondiente al departamento de Cundinamarca, Santander y Norte de Santander.

En Cundinamarca existen actualmente más de ocho termales reportadas por INGEOMINAS. El presente estudio se centró solo en tres termales debido a las limitantes de recursos económicos para la toma de muestras y sus análisis en laboratorio.

El objetivo del presente estudio es realizar con base en un muestreo aleatorio de 3 piscinas termales en el departamento de Cundinamarca, el análisis del parámetro microbiológico de *Pseudomonas aeruginosa* para evaluar su presencia en las aguas

termales, debido a que “este microorganismo es el principal causante de infecciones con una elevada morbilidad y mortalidad en pacientes críticos” (M. Bodí, 2007).

2. Objetivos

2.1 Objetivo general

- Determinar la presencia de *Pseudomonas aeruginosa* en tres piscinas de aguas termales en el departamento de Cundinamarca.

2.2 Objetivos específicos

- Recopilar y evaluar la existencia y contenido de normas nacionales e internacionales para el control del parámetro microbiológico de *Pseudomonas aeruginosa*.
- Efectuar un monitoreo a tres (3) piscinas de agua termal para determinar la presencia de *Pseudomonas aeruginosa*, tanto en la fuente como en la piscina de baño, con una periodicidad de 3 veces cada 15 días en época de vacaciones, correspondiente a los meses de junio y julio.
- Determinar medidas de control, en caso de existencia de *Pseudomonas aeruginosa*.

3. Marco teórico

3.1 Definición de aguas termales

La palabra termal es relativo a las termas, que viene del latín *thermae* (Baños públicos) y este del griego θερμός (*thermos* = caliente).

Se entiende por aguas termales, “agua mineral cuya temperatura de surgencia debe ser superior o al menos en 4°C, a la media anual ambiental del lugar donde emergen, permitiendo utilizar su acción calorífica”. (Fagundo, Cima, & González).

Méndez (2010) indica que “se llaman aguas termales a las aguas minerales que salen del suelo con más de 5°C que la temperatura superficial”.

“Estas aguas proceden de capas subterráneas de la tierra que se encuentran a mayor temperatura, las cuales son ricas en diferentes componentes minerales y permiten su utilización en la terapéutica como baños, inhalaciones, irrigaciones y calefacción. Por lo general se encuentran a lo largo de líneas de fallas debido a que a lo largo del plano de falla pueden introducirse las aguas subterráneas que se calientan al llegar a cierta profundidad y suben después en forma de vapor (que pueden condensarse al llegar a la superficie, formando un geiser) o de agua caliente”. (Clavijo Araujo & Durán Acaro, 2014).

3.2 Clasificación de aguas termales

El criterio de clasificación de las aguas termales y minerales puede ser asumido desde diversos puntos de vista: físico, químico, físico-químico, bacteriológico y otros.

3.2.1 Clasificación de las aguas termales de acuerdo a su origen geológico

Según su origen geológico pueden encontrarse:

“Dos tipos de aguas termales, las magmáticas y las telúricas. El tipo de terreno del que aparecen es una de las principales diferencias entre ambas, las aguas magmáticas nacen de filones metálicos o eruptivos, por lo general las temperaturas son mayores a los 50°C, mientras que las telúricas pueden

aparecen en cualquier lugar y rara vez su temperatura excede los 50°C, estas poseen menor mineralización que las magmáticas gracias a que son filtradas”. (Clavijo Araujo & Durán Acaro, 2014)

3.2.2 Clasificación de las aguas termales por su composición

Las aguas minero medicinales, según Armijo-Valenzuela y San Martín (1994) se clasifican de la siguiente manera:

1. Sulfatadas: con más de 1 g/l de minerales disueltos, donde predomina el anión sulfato y están influidas fuertemente en sus propiedades terapéuticas por otros iones como sodio, magnesio, bicarbonato y cloruro.

2. Cloruradas: con más de 1 g/l de minerales disueltos, donde el ion cloruro suele estar acompañado de sodio en proporción semejante. La composición de este tipo de agua refleja un origen profundo y la presencia de mares pretéritos. La ocurrencia de fallas y grietas facilita su ascenso a la superficie.

3. Bicarbonatadas: con más de 1 g/l de minerales disueltos, donde el ion bicarbonato es acompañado de calcio, magnesio, sodio, cloruro y otros. Estas aguas cuando poseen gran cantidad de ácidos libres (CO_2 mayor de 250 mg/l), también se denominan carbónicas o carbogaseosas.

4. Ferruginosas: con más de 1g/l de minerales disueltos, donde los iones de hierro se encuentran en su forma reducida y poseen una concentración superior a 5 g/l.

Estas aguas se destacan por la apreciable coloración de la superficie de la roca por donde discurren.

5. Sulfuradas o sulfhídricas: con más de 1 g/l de minerales disueltos y con más de 1 mg/l de sulfuro de hidrógeno (H_2S), acompañado de iones sodio, calcio y cloruro.

6. Aguas oligominerales: presenta muchos elementos con poca mineralización (en bajas concentraciones). Pueden poseer abundante cantidad de los microelementos: cobalto, vanadio, molibdeno, silicio, fósforo, germanio, etc.

7. Aguas radiactivas: poseen contenidos de radón (Rn) mayor de 182 nanocuries”.

3.2.3 Clasificación de las aguas termales por su temperatura

En cuanto a la temperatura, Urbani (1991) denominó “agua fría a aquella que posee en la emergencia una temperatura menor o igual a la temperatura media anual; agua tibia con un intervalo desde la temperatura media anual hasta 37 °C; agua caliente cuando varía desde 37 a 60 °C, y agua muy caliente desde 60 a 100 °C”.

No obstante, “la clasificación sencilla es considerar aquella en que su aplicación no produce sensación de frío ni de calor que, con las variaciones de sensibilidad individual, se admite que es la comprendida entre 34 °C y 36 °C. Las aguas que presentan estas temperaturas se denominan mesotermas, considerándose hipertermales o hipotermas según que la temperatura medida se halle por encima o por debajo de dicho margen”. (Reyes, 2015)

En la Tabla 3.1 se presenta la clasificación de las aguas termales a partir de su temperatura.

Tabla 3.1. Clasificación de aguas termales por temperatura

Tipo de agua termal	Clasificación
Frías	< 20°C
Hipotermas	20°C – 35°C
Mesotermas	35°C – 50°C
Hipertermales	>50°C

Fuente: Trabajo de grado. Aislamiento y caracterización de microorganismos termofílicos anaerobios lipolíticos, proteolíticos y amilolíticos de manantiales termominerales de Paipa e Iza (Boyaca). (Rubiano Labrador, 2006)

3.2.4 Clasificación de las aguas termales por el total de sólidos disueltos

Se clasifican las aguas minerales a partir del contenido de sólidos totales (Armijo – Valenzuela y San Martín), como se muestra en la Tabla 3.2.

Tabla 3.2. Clasificación de aguas termales por total de sólidos disueltos

Tipo de agua termal	Clasificación
Oligominerales	No superior a 100 mg/l
Mineralización muy débil	Entre 100 y 250 mg/l
Mineralización débil	Entre 250 y 500 mg/l
Mineralización media	Entre 500 y 1000 mg/l
Mineralización fuerte	Superior a 1500 mg/l

Fuente: (Fagundo, Cima, & González)

3.3 Pseudomonas aeruginosa

Etimológicamente *Pseudomonas* significa *falsa unidad* del griego *pseudo* que significa *falso* y *monas* que significa *unidad simple*. El nombre fue usado inicialmente como sinónimo de gérmenes; *aeruginosa* que significa el *color del cobre oxidado* reflejando el característico color azul verdoso que presentan las colonias en los cultivos de *Pseudomonas Aeruginosa*.

“La *Pseudomonas Aeruginosa* (PA) es el principal patógeno de la familia Pseudomonadaceae y se identifica por ser un bacilo gramnegativo ligeramente curvado que crece mejor en aerobiosis, se caracteriza por ser muy versátil nutritivamente. Esta ampliamente distribuida en la naturaleza, la tierra, las plantas, agua corriente, pueden actuar como reservorio con clara predilección por los ambientes húmedos tolerando un amplio rango de temperatura de crecimiento (hasta 50°C)”. (Montero, 2012)

3.3.1 Enfermedades asociadas a la *Pseudomonas aeruginosa*

La *Pseudomonas aeruginosa* es conocida principalmente como un patógeno oportunista en pacientes inmunocomprometidos y no suele causar problemas en personas sanas.

El contacto con el patógeno *Pseudomonas aeruginosa* aumenta el riesgo de contraer infecciones de la piel, en heridas y quemaduras. La enfermedad más común, causada por este patógeno es la foliculitis que se traduce en una inflamación de los folículos de la piel ocasionando erupciones y ronchas en la piel.

La segunda enfermedad más común asociada a este patógeno es la otitis externa u odio de nadador, que se traduce en una inflamación del conducto auditivo externo y se caracteriza por dolor, hinchazón y ocasionalmente fiebre.

Las patologías más frecuentes asociadas a *Pseudomonas aeruginosa* son:

- Infecciones de heridas quirúrgicas y quemaduras
- Infecciones de las vías respiratorias (neumonía)
- Bacteremias (graves por la posibilidad de shock séptico debido al LPS.)
- Infecciones respiratorias en pacientes de fibrosis cística. (Curso, 2004-2005)

3.3.2 Contaminación de acuíferos termales por *Pseudomonas aeruginosa*

Las actividades desarrolladas por el hombre han traído consigo la contaminación de las fuentes de agua modificando su composición química y microbiológica.

Las aguas subterráneas se encuentran mejor protegidas frente a la contaminación que las superficiales, pero una vez contaminado un acuífero es más difícil de descontaminar.

Dentro de las principales fuentes de contaminación del agua se encuentran (Martínez Vidal, 1997):

- Actividades agrícolas (empleo intensivo de abonos, fertilizantes, pesticidas).
- Aglomeraciones ganaderas y concentraciones de residuos de su actividad.
- Vertederos de residuos sólidos urbanos. - Vertederos de residuos industriales.
- Los residuos líquidos urbanos.
- Los ríos previamente contaminados por residuos urbanos e industriales.
- Humos y polvos industriales arrastrados por las precipitaciones.
- Actividades mineras.
- Accidentes en el transporte de sustancias nocivas (pipe lines, camiones, etc).
- Vertidos en el subsuelo.
- Escapes de productos industriales almacenados (pesticidas, depósitos de combustibles, etc).
- Mala gestión de acuíferos costeros (intrusión marina).

- Cementerios de desechos radiactivos.

El artículo “Resistencia antimicrobiana en cepas de *Pseudomonas aeruginosa* aisladas de aguas termales de la provincia de Chimborazo, Ecuador” establece que:

“La presencia de *Pseudomonas aeruginosa* en el agua termal, puede reflejar una contaminación muy importante en las mismas. La explicación del hecho pudiera estar en una contaminación de la fuente o manantial de agua mineral, falta de protección adecuada del acuífero que surte del agua, la presencia de biofilms en las paredes o piedras donde sale el agua, aguas de escorrentía o debido a la descarga de desechos de origen animal o humano en los manantiales termales”. (Andueza, 2015)

3.3.3 Contaminación de objetos inanimados por *Pseudomonas aeruginosa*

Las infecciones por objetos inanimados contaminados con microorganismos, se conocen como infecciones por mecanismo de transmisión indirecta, en donde la persona adquiere la infección al entrar en contacto con objetos de uso común u objetos de uso clínico contaminados por el patógeno.

“La *Pseudomonas aeruginosa* se encuentra distribuida en el agua, el suelo, la vegetación, la gasolina, en objetos inanimados, en humanos, en animales, etc. Se tiene conocimiento que es capaz de sobrevivir en hospitales, encontrándose en productos estériles o desinfectantes”. (Organización Mundial de la Salud, 2005).

El patógeno se encuentra ampliamente distribuido en la naturaleza, en seres vivos y en elementos de uso diario del ser humano.

3.4 Elementos de una piscina termal

En la Resolución 1510 de 2011 por la cual se definen los criterios técnicos y de seguridad para piscinas en Colombia, se relacionan los elementos que deben implementarse en piscinas de agua termal, ya que la normatividad colombiana no hace ninguna exclusión para piscinas que funcionan con este tipo de aguas:

“Estanque: Las formas y características del estanque o estructura similar de las piscinas, deben evitar ángulos, recodos, túneles u obstáculos que dificulten la circulación del agua o que representen peligro para los bañistas.

Los vértices entre los muros y con el piso del estanque o estructura similar de las piscinas, deben ser redondeados para evitar la acumulación de residuos y facilitar la limpieza.

Todo estanque o estructura similar de las piscinas debe contar como mínimo, con una escalera para la entrada y salida de bañistas y otra(s) adicional(es) por cada 23 m de longitud del perímetro del estanque, provista(s) de pasamano(s).

Drenaje sumergido: Todo estanque o estructura similar debe tener como mínimo dos (2) drenajes por tubería de succión en el mismo plano o planos consecutivos, separados por una distancia mínima de 0,90 m hidráulicamente balanceados que permitan la evacuación de la totalidad del agua, de los sedimentos y los residuos, además cubierta antiatrapamiento.

Corredores: El corredor o andén del estanque o estructura similar de las piscinas debe tener un (1) ancho mínimo de 1,20 m, estar recubierto con material antideslizante que evite la proliferación de microorganismos patógenos, recibir mantenimiento permanente para evitar la presencia de resaltos y filos que representen riesgo a la vida y la salud de los bañistas.

Instalaciones sanitarias en piscinas de uso colectivo: Están comprendidas por: inodoro, lavamanos, ducha, orinal y vestier; estos deben ser de fácil acceso y uso exclusivo para los bañistas, independientes para hombres y mujeres, las paredes de las instalaciones sanitarias serán revestidas en material liso, de fácil lavado y desinfección y estar dotadas de elementos necesarios de aseo personal.

La piscina de uso colectivo, debe disponer de vestidores con sus respectivos guardarropas, independientes para cada sexo y cumplir con los siguientes aspectos:

1. Los pisos y los sistemas de ventilación deben ser de material antideslizante, de fácil lavado y desinfección y resistentes a la corrosión.

2. Los separadores fijos deben tener puerta y ser de material antideslizante, de fácil lavado y desinfección y resistentes a la corrosión.

3. La zona de vestidores debe estar dotada de armarios de material resistente a la humedad o guardarropas comunes, disponiendo de bolsas plásticas desechables.

Se debe instalar como mínimo, una (1) ducha y un (1) lavapiés con señalización que indique a los bañistas su uso; el lavapiés debe ser en material antideslizante, con profundidades de construcción de 0,20 m, de operación de 0,15 m, área no menor a 0,8 m². El agua contenida en el lavapiés, debe tener el mismo desinfectante utilizado en el estanque o estructura similar". (Resolución 1510 de 2011)

3.5 Tratamiento del agua en piscinas de agua termal

Dadas las características medicinales que son atribuidas a las aguas termales por su composición mineral y sus elevadas temperaturas, el uso de tratamientos de desinfección para controlar la presencia de patógenos como la *Pseudomonas Aeruginosa* pueden llegar a afectar la salud de los bañistas, pero es un tema que se ha tratado con recelo a fin de no arriesgar las propiedades medicinales atribuidas a este tipo de aguas.

El documento "Piscinas de Tratamiento: Higiene y Control" relaciona las dificultades que se presentan al realizar tratamientos de desinfección en las aguas termales:

"En establecimientos Balnearios el agua de sus piscinas suele ser mineromedicinal y, por tanto, dotada de peculiares acciones sobre el organismo precisamente por su mineralización y características de composición.

A partir de tales conceptos es fácilmente admisible el hecho de que las aguas de las piscinas termales deben cumplir los requisitos higiénicos generales, pero sin que se alteren sus peculiares características, lo que supone vencer no pocas dificultades puesto que el mero almacenamiento, cambios de temperatura,

precipitación de factores mineralizantes, etc., pueden suponer cambios importantes en las mismas.

A su vez menciona el funcionamiento que se debe llevar de la piscina para su limpieza, vaciado o recirculación de agua de llevarse a cabo:

Las piscinas de tratamiento deberán ser diariamente vaciadas parcial o totalmente, según los casos, para proceder a la limpieza con enjabonado, cepillado manual o automático de paredes y fondo y proyección de vapor de agua, pudiéndose modificar tales atenciones según las características del agua, su composición química, pH, flora, etc.

El agua de la piscina debe ser renovada o reciclada, filtrada, desinfectada. El sistema de aporte y evacuación del agua deberá ser el más conveniente para que tales operaciones puedan producirse con la máxima perfección y no solo por lo que respecta al agua sino también de posibles sedimentos, muy frecuentes en determinadas aguas mineromedicinales". (Bacaicoa, Piscinas de tratamiento higiene y control)

Estas medidas, aunque no constituyen un sistema de tratamiento del agua termal que hace parte de la piscina, puede entenderse como un tratamiento preventivo que en ultimas buscan evitar la contaminación del vaso al hacer vaciados de la piscina diariamente reduciendo la presencia y crecimiento de patógenos indeseables.

3.6 Requisitos sanitarios para ingresar a una piscina termal

La contaminación de las aguas de una piscina termal, puede provenir de diferentes fuentes; previa contaminación del agua termal desde el sitio de abastecimiento (pozo profundo), de la falta de mantenimiento y limpieza de la piscina y principalmente de los bañistas al no cumplir con requisitos mínimos de ingreso.

Es fundamental establecer requisitos de ingreso a las personas que utilizan piscinas de agua termal, con el fin de reducir la contaminación del agua y facilitar

el crecimiento de patógenos indeseables que pueden llegar a afectar la salud de los bañistas.

El documento “Piscinas de Tratamiento: Higiene y Control” establece las siguientes medidas de prevención en cuanto al uso de las aguas termales en balnearios:

“La prevención de la contaminación del agua y del entorno de las piscinas de tratamiento y la lucha contra el desarrollo de los agentes infecciosos se basa en el estricto cumplimiento de:

- Normas de higiene y limpieza concernientes al propio paciente y a las piscinas y resto de instalaciones y locales anexos y
- Normas de renovación y tratamiento del agua de la piscina.

En cuanto a las normas relacionadas con los bañistas el documento menciona:

Es necesario que exista un centro médico de selección de pacientes; el médico debe ver al paciente y permitirá el acceso solamente a aquellos que no tengan signo alguno de enfermedad infecciosa, incontinencia de esfínteres u otra causa susceptible de constituir riesgo de contaminación para los otros usuarios.

A los usuarios de piscinas de tratamiento se les debe exigir máxima higiene corporal, debiendo ser informados por el personal sanitario en favor de una educación sanitaria.

Deben pasar por la ducha completa con agua y jabón y por los pediluvios (baño de pies) antes de entrar en la piscina.

El traje de baño debe ser lavado y esterilizado después de cada uso y se debe exigir el uso de gorro de baño.

A estas mismas normas de higiene corporal atenderán los pacientes en silla de ruedas. Después del baño, se pasará por ducha y pediluvio para prevenir ciertas infecciones micósicas.

Toda persona que entre en los locales de la piscina debe pasar por el pediluvio o llevar calzas estériles.

Se prohíbe fumar, mascar chicle, escupir, dejar residuos de alimentos, introducir animales en el recinto, etc.

Es necesario el mantenimiento de las piscinas y locales para evitar proliferación de gérmenes que fácilmente se desarrollan en ambiente húmedo y caliente.

Las cabinas, vestuarios, duchas y suelos se deben desinfectar diariamente con detergente y desinfectante bactericida, fungicida, viricida y aclarado con agua, ya que son los lugares que suelen presentar mayor contaminación.

El material o accesorio utilizado con los pacientes fuera y dentro del agua se debe limpiar y desinfectar adecuadamente”. (Bacaicoa, Piscinas de tratamiento higiene y control)

A partir de las consideraciones descritas en el documento “Piscinas de Tratamiento: Higiene y Control”, es posible concluir que las condiciones de higiene y limpieza de los bañistas de una piscina de agua termal deben ser extremas antes y después del uso de la piscina. Esto debe ser previamente informado por el establecimiento que preste el servicio el cual debe velar por el cumplimiento del sistema de control que se implemente. Así mismo, los usuarios deben acatar las normas de higiene y abstenerse de ingresar si no cumplen con los requisitos mínimos exigidos.

3.7 Normativa de calidad del agua en piscinas de agua termal

Se realizó la revisión de la normatividad vigente relacionada a la calidad del agua en piscinas termales en Colombia y en países como España, Chile, Cuba entre otros. En la Tabla 3.3 se presentan las disposiciones establecidas en las diferentes normas en relación a la calidad microbiológica del agua termal, tomando como referencia el patógeno de *Pseudomonas aeruginosa*, así como las medidas de control en las instalaciones donde se presten servicios con piscinas de aguas termales.

Tabla 3.3 Normatividad de aguas termales a nivel nacional e internacional

PAIS	COLOMBIA		ESPAÑA						CHILE	CUBA	OMS
	Nacional	Nacional	Estatal	Galicia	Cataluña	Murcia	Extremadura	Cantabria	Estatal	Estatal	Mundial
NORMATIVIDAD	Artículo 6 del Decreto 554 de 2015	Proyecto de Ley 62 de 2015	Real Decreto-Ley de 1928	Orden del 5 de noviembre de 1996	Decreto 271 de 2001, del 9 de octubre	Decreto 55 del 11 de julio de 1997	Ley 6 del 24 de noviembre de 1994,	Ley 2 del 26 de octubre de 1988	Decreto 106 del 14 de junio de 1997	NC 93-09:85 NC 93-28:88	Directrices para Ambientes de Aguas Recreacionales Seguras, Volumen 2. Año 2006
Establece	Los parámetros generales físico-químicos y microbiológicos del agua no serán exigibles a los estanques que almacenen aguas termales y de usos terapéuticos. El Ministerio de Salud y Protección Social definirá dichos parámetros	Por medio de la cual se promueve, se fomenta, se regula, se orienta y se controla el aprovechamiento terapéutico y turístico de los balnearios termales y el uso de las aguas termales.	Estatuto sobre la explotación de manantiales de aguas minero-medicinales	Se regula la autorización sanitaria de los establecimientos balnearios de la Comunidad Autónoma de Galicia España	Los requisitos técnico- sanitarios que deben cumplir los servicios de balneoterapia y de hidroterapia	Condiciones sanitarias de Balnearios, Baños Termales y Establecimientos de Talasoterapia y de aplicación de Peloides	Balnearios y de Aguas minero-medicinales y/o Termales.	Fomento, ordenación y aprovechamiento de los balnearios y de las aguas mineromedicinales y/o termales de Cantabria - España	-	Higiene comunal. Balnearios minero medicinales. Requisitos sanitarios. Sistema de Normas de Protección del Medio Ambiente. Higiene comunal.	Frecuencia de monitoreo y directrices microbiológicas para los diferentes tipos de piscinas
PARÁMETROS											
Pseudomonas aeruginosa	-	-	-	Exento de microorganismos y parásitos patógenos	Ausencia de microorganismos patógenos	Ausencia en 1 g ó 100 ml	-	-	-	< 2,2 NMP/100ml	Semanal <10UFC/100ml
MANTENIMIENTO											
Tratamiento	-	El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible es el encargado de definir los criterios de calidad para el uso de las aguas termales y será el encargado de establecer el protocolo para el monitoreo de los vertimientos de las mismas.	-	-	Un programa de tratamiento del agua utilizada en las diferentes actividades en el que deberán constar los productos o los métodos utilizados para la desinfección.	-	-	-	Prohíbese someter las aguas minerales a otras manipulaciones que no sean las siguientes: desferrización, ozonificación, radiación ultravioleta, filtración, gasificación y	-	-

PAIS	COLOMBIA		ESPAÑA					CHILE	CUBA	OMS	
Aplicabilidad	Nacional	Nacional	Estatal	Galicia	Cataluña	Murcia	Extremadura	Cantabria	Estatal	Estatal	Mundial
									decantación".		
Inspección	-	La calidad de las aguas y la adecuación de su uso quedarán garantizadas a través de los controles que periódicamente efectúe la Superintendencia Nacional de Salud, en coordinación con las Secretarías de Salud Departamentales y Municipales, asignadas para tal fin.	Visita cada 10 años	-	Un programa de vigilancia de las condiciones sanitarias de las aguas utilizadas en los servicios de balneoterapia y de hidroterapia que permita asegurar la ausencia de microorganismos patógenos	-	La calidad de las aguas y la adecuación de su uso quedará garantizada a través de los controles que periódicamente efectúen los órganos competentes de la Junta de Extremadura.	La calidad de las aguas y la adecuación de su uso quedará garantizada a través de los controles que periódicamente efectúen los órganos competentes de la Diputación Regional.	Alimentación directa desde las mismas vertientes o estanques de alimentación, por tuberías cerradas y de material adecuado.	Muestreo mensual para análisis microbiológico	Monitoreo semanal
Limpieza	-	-	-	Renovación del agua en su totalidad, en el tiempo adecuado	Programa de limpieza y desinfección de las instalaciones y los equipamientos, cuya eficacia se comprobará periódicamente, mediante análisis microbiológicos	Renovación continua del agua	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

3.7.1 Análisis de las normas

Realizada la revisión de la normatividad de calidad de agua en piscinas termales, se observa que la reglamentación a nivel nacional para el uso y aprovechamiento de las aguas termales es totalmente nula al no contar con ninguna normativa que establezca parámetros de control de calidad fisicoquímica y microbiológica de las aguas termales. El proyecto ley 62 de 2015 busca que se promueva, se fomente, se regule, se oriente y se controle el aprovechamiento terapéutico y turístico de los balnearios termales y el uso de aguas termales. Sin embargo, no hace referencia a rangos de calidad del agua a nivel microbiológico, convirtiéndose en un campo sin explorar en Colombia.

Por su parte, España tiene un decreto acerca de la explotación de manantiales de aguas minero medicinales, a su vez las comunidades autónomas cuentan con normas para los establecimientos balnearios que presenten servicios con aguas termales. La comunidad de Galicia y Cataluña señalan que las aguas deben estar exentas de *Pseudomonas aeruginosa* mientras que Murcia exige ausencia en 1g o 100ml.

Cuba exige que la concentración de *Pseudomonas aeruginosa* en piscinas de agua termal sea menor a 2,2 NMP/100ml, mientras que la Organización Mundial de la Salud exige que sea inferior a 10UFC/100ml. Para garantizar las concentraciones exigidas, el monitoreo microbiológico debe realizarse a nivel mensual y semanal respectivamente.

En cuanto al tratamiento, limpieza e inspección de las piscinas termales, las normas coinciden en que deben implementarse programas que garanticen la calidad del agua, pero no proponen técnicas de tratamiento para su desinfección dadas las propiedades medicinales propias del agua. En su mayoría señalan que la renovación del agua debe ser constante y los vaciados totales cuando se realice la limpieza de la piscina.

El artículo “Análisis sobre la normatividad de las aguas minero-medicinales. Posibles Tratamientos” resalta:

“La Unión Europea no ha promulgado ninguna Directiva sobre la calidad de las aguas minero-medicinales ni sobre su composición físico-química. Este

hecho es lógico, ya que a esta agua se le atribuyen diferentes propiedades terapéuticas, precisamente en función de su propia naturaleza, por tanto, no deben ponerse limitaciones a los parámetros esenciales que la caracterizan. Quizás sería razonable establecer a nivel europeo sistemas de control de calidad que marquen una periodicidad mínima, para salvaguardar los efectos beneficiosos que esta agua presenta”. (Corral Leedo, Abolafia de Llanos, & López Geta, 2006).

En términos generales, puede decirse que la normatividad es cautelosa en cuanto a proponer medidas de tratamiento de desinfección debido a que en su mayoría, las disposiciones de control en cuanto a calidad de agua utilizadas para piscinas comunes no aplican para piscinas de agua termal dada su composición mineral y los beneficios otorgados en cuanto a uso terapéutico y medicinal.

En la Tabla 3.4 se referencian las normas de los países que excluyen a las aguas termales en cuanto a regulación de calidad del agua:

Tabla 3.4 Normatividad internacional que excluye las aguas termales

PAIS	GRECIA	ITALIA		PERÚ	FRANCIA
Aplicabilidad	-	Nacional	Trento y Bolzano	Nacional	
NORMATIVIDAD	Directiva 2006/7 / CE, de 15 de febrero de 2006	Norma UNI 10637	Conferenza stato regioni seduta del 16 enero 2003	Proyecto de ley	Decreto No.2003-462 del 21 de mayo de 2003
Establece	Sobre la gestión de la calidad de las aguas de baño	De la circulación, el tratamiento, la desinfección y la calidad del agua de la piscina	En relación con los aspectos sanitarios para la construcción, mantenimiento y supervisión para uso de piscinas.	Ley de aprovechamiento turístico y medicinal de las aguas minerales, termales y de manantiales	Por el que se establecen las normas de higiene y seguridad para piscinas
Campo de aplicación	No se aplica a aguas confinadas sujetas a un tratamiento o empleadas con fines terapéuticos	Quedan excluidos del ámbito de aplicación las piscinas termales con fines de rehabilitación	No aplica en piscinas donde se utiliza el agua como agente terapéutico en relación a sus características físico - química intrínseca	No hace referencia a la calidad del agua	Piscinas termales y piscinas de centros de rehabilitación funcional, exclusivamente para uso medicinal, no están sujetos a las disposiciones de esta sección.

Fuente: Elaboración propia

4. Descripción piscinas termales

En este capítulo se realiza la descripción de las piscinas termales de Tabio, Guasca y Choachí en donde fueron tomadas las muestras de agua, para la caracterización microbiológica del agua termal tomando como referencia el patógeno *Pseudomonas aeruginosa*.

4.1 Termales en el municipio de Tabio

4.1.1 Historia

Tabio fue un centro celebre de los chibchas por las aguas termales que están cerca al poblado, pues en estos pozos, se bañaba El Zipa con sus más de 200 doncellas y parte de este ritual consistía en pedirle al dios bochica en noches de luna llena, cosechas eternas en las tierras de su dominio.

Las aguas termales, son provenientes de la fisura de la raíz de un volcán inactivo, dando como resultado un nacedero de agua con aproximadamente 12 minerales naturales, aprovechando y dándose en uso en piscinas y jacuzzi's.

4.1.2 Ubicación

La piscina termal 1, se ubica en el municipio de Tabio en el departamento de Cundinamarca a 35Km de Bogotá. (Ver Figura 4.1). El sitio se encuentra a diez minutos del casco urbano del municipio, tomando la vía hacia Subachoque. La temperatura media en el Municipio de Tabio es de 14°C y su altitud varía entre los 2569msn y 3200msnm.

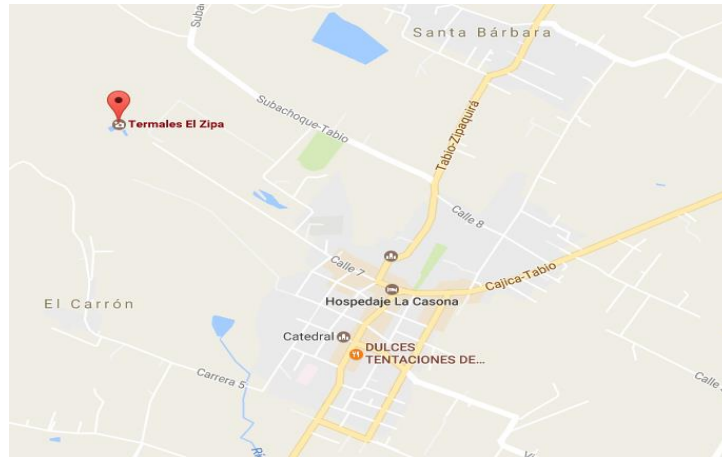


Figura 4.1. Ubicación – Termal 1.
Fuente Google Maps.

4.1.3 Descripción de la piscina

Las instalaciones de la piscina termal 1, consta de dos piscinas de agua termal, cada una de ellas cuenta con un pozo de abastecimiento los cuales tienen en común la misma fuente de agua.

La geometría de las piscinas existentes es la siguiente:

Piscina 1: Piscina hexagonal cuyos lados son de diferentes dimensiones y su profundidad es de 1.1m. En la Fotografía 4.1 se presenta la piscina 1.

Piscina 2: Piscina hexagonal cuyos lados son de diferentes dimensiones y su profundidad varía entre los 1.1m y 1.5m. En la Fotografía 4.2, se presenta la piscina 2.



Fotografía 4.1. Piscina 1 – Termal 1.
Fuente Elaboración propia.



Fotografía 4.2. Piscina 2 – Termal 1.
Fuente Elaboración propia.

4.1.4 Funcionamiento del sistema de la piscina termal

Desde los pozos sale una tubería en PVC hasta la piscina termal donde se descarga el agua por una tubería de PVC perforada, las piscinas cuentan con sifones donde cierta cantidad de agua es desechada lo que permite la renovación del agua constantemente. Esto busca garantizar las propiedades del agua junto con su temperatura, todo el tiempo. El agua que es desechada no se vuelve a utilizar y se conduce hasta las redes de alcantarillado del municipio.

4.1.5 Restricciones de uso de la piscina

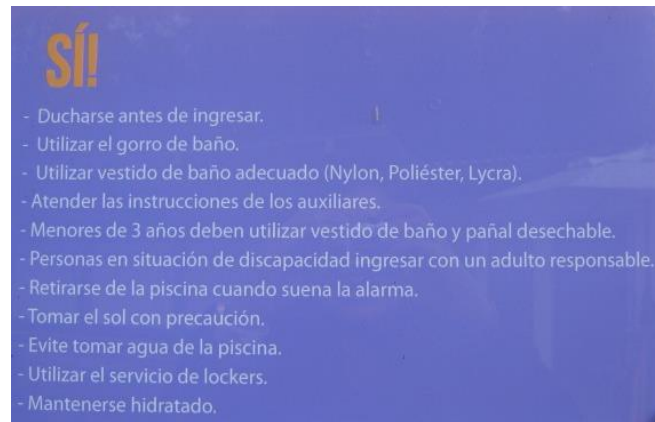
Las restricciones de uso de la piscina termal se relacionan en una vaya visible a los bañistas antes del ingreso a la piscina, como se muestra en la Fotografía 4.3 y Fotografía 4.4.

Entre las restricciones de uso por parte del balneario, se mencionan a continuación aquellas que tienen relación con la calidad del agua de la piscina:

- Ducharse antes de ingresar.
- Utilizar el gorro de baño.
- No utilizar cremas faciales o corporales.
- No ingresar con enfermedades contagiosas o heridas abiertas.



Fotografía 4.3. Valla informativa – Reglamento Piscina.
Fuente Elaboración propia.



Fotografía 4.4. Valla informativa – Reglamento Piscina.
Fuente Elaboración propia.

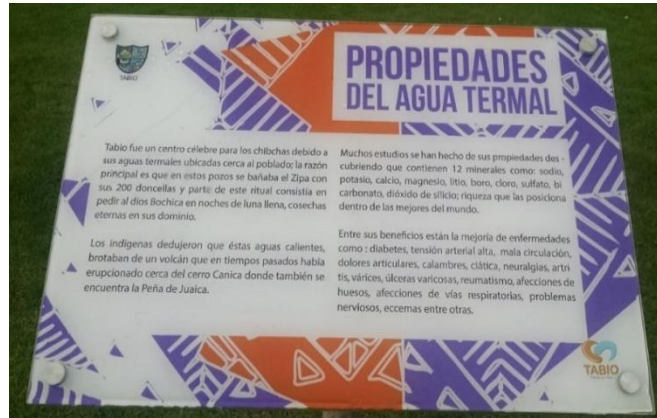
4.1.6 Mantenimiento de la piscina

Para el mantenimiento de la piscina, ésta se desocupa en su totalidad y se realiza la limpieza utilizando jabón, clorox, escobas y cepillos. La limpieza se realiza los días miércoles y jueves, para tener las instalaciones listas los fines de semana, días que corresponden al mayor número de visitantes.

Las piscinas no cuentan con tratamiento de desinfección para no comprometer las propiedades minerales del agua termal. Tampoco se lleva ninguna medición de parámetros físicos y microbiológicos del agua.

4.1.7 Características del agua termal

Las aguas termales de Tabio contienen los siguientes minerales: Sodio, potasio, calcio, magnesio, litio, boro, cloro, sulfato, bicarbonato, dióxido de silicio. (Ver Fotografía 4.5).



Fotografía 4.5. Valla informativa – Propiedades del agua termal.
Fuente Elaboración propia.

4.2 Termales en el municipio de Guasca

4.2.1 Ubicación

Las termales 2, se ubican en la Vereda El Santuario del municipio de Guasca en el departamento de Cundinamarca a 50Km de Bogotá. El balneario se encuentra a 1Km del casco urbano del municipio. La temperatura media en el municipio de Guasca es de 13°C.



Figura 4.2. Ubicación – Termales 2.
Fuente Google Maps.

4.2.2 Descripción de la piscina

Las termas 2, consta de tres piscinas de agua termal, dos de ellas se encuentran cubiertas y reciben el agua de un pozo de abastecimiento con la ayuda de una motobomba, actualmente estas piscinas se encuentran fuera de servicio.

La tercera piscina se encuentra al aire libre y cuenta con 38 nacederos los cuales realizan el abastecimiento constantemente.

La geometría de la piscina monitoreada es la siguiente:

- Piscina rectangular de 35m x 70m y su profundidad varía entre 1.3m y 1.5m. En la Fotografía 4.6 la piscina 1.



Fotografía 4.6. Piscina 1 – Termas 2.
Fuente: Elaboración propia.

4.2.3 Funcionamiento del sistema de la piscina termal

Las dos piscinas cubiertas reciben el agua de un pozo con ayuda de una motobomba, el abastecimiento se realiza permanentemente debido a que las piscinas cuentan con unos sifones por donde se desecha parte del agua. El agua desechada se conduce a una quebrada que pasa cerca al predio. De no existir las piscinas termas, el agua que brota del pozo llegaría a la quebrada naturalmente.

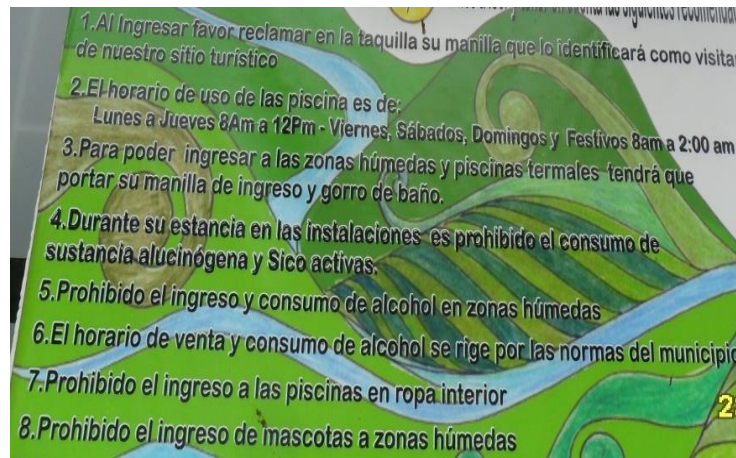
La piscina que se encuentra al aire libre y que se abastece por los 38 nacederos cuenta con el mismo sistema de desagüe de agua a las dos anteriores.

4.2.4 Restricciones de uso de la piscina

Dentro de las restricciones para el uso de la piscina se prohíbe el ingreso a:

- Personas con problemas cardiacos.
- Personas hipertensas.
- Mujeres embarazadas.
- Personas que tengan enfermedades cutáneas.
- Antes del ingreso a la piscina bañarse en las duchas.

El balneario no cuenta con una valla en donde se mencionen la totalidad de las restricciones mencionadas, al momento del ingreso a las piscinas, los empleados se las comunican a los bañistas. (Ver Fotografía 4.7).



Fotografía 4.7. Valla informativa – Reglamento Piscina.
Fuente Elaboración propia.

4.2.5 Mantenimiento de la piscina

Las dos piscinas que se encuentran cubiertas se desocupan en su totalidad y la limpieza se realiza solo con cepillo sin ayuda de químicos o detergentes. La piscina al aire libre está llena todo el tiempo, no se realiza ningún tipo de mantenimiento o limpieza ya que el agua se renueva constantemente. Se realiza un tratamiento con sales para neutralizar el agua, se realiza seguimiento de condiciones físicas realizando mediciones a nivel mensual, no se realizan mediciones para características microbiológicas.

4.2.6 Características del agua termal

Las aguas termales 2 contienen los siguientes minerales: Hierro, ferrosas, azufre (nivel mínimo), yodo, magnesio y zinc

4.3 Termales en el municipio de Choachí

4.3.1 Historia

Las aguas Termales de Choachí son de tipo telúrico, no magmáticas, es decir que no vienen de ningún volcán, sino que han adquirido la temperatura a través del traspaso por las capas tectónicas de la tierra. Aguas Mezo- termales o calientes de 35°C a 45° C. La temperatura de las aguas de Choachí puede ascender hasta los 45°C y varía esta temperatura dependiendo del tamaño donde se deposita.

4.3.2 Ubicación

Las termales 3, se ubican en la Cordillera Oriental en el Municipio de Choachí en el departamento de Cundinamarca a 35 kilómetros al oriente de Bogotá. Sobre la margen derecha del Km 2.5 de la vía que de Choachí se conduce a La Calera, se encuentran las termales.

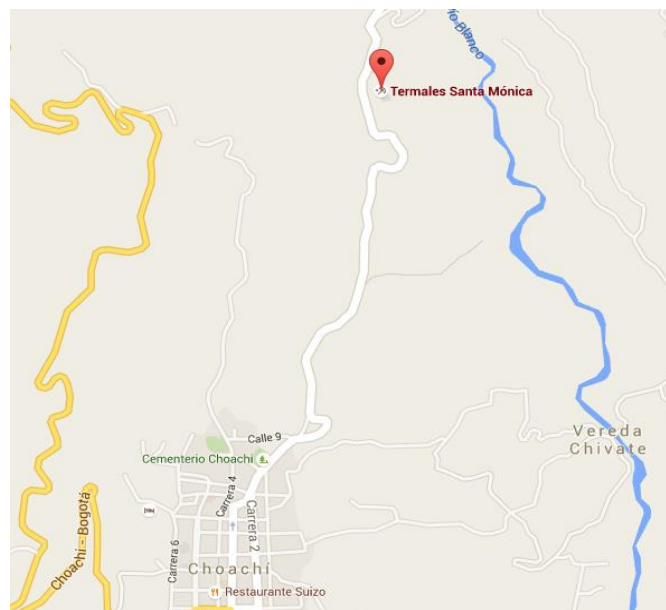


Figura 4.3. Ubicación – Termales 3.
Fuente Google Maps.

4.3.3 Descripción de la piscina

Las Termas 3, cuentan con cuatro piscinas de agua termal, todas se encuentran al aire libre y se abastecen por el mismo pozo profundo

La geometría de la piscina monitoreada es la siguiente:

Piscina rectangular de 11m x 21m, su profundidad varía entre 1.3m y 1.5m. Se encuentra enchapada en tableta. En la Fotografía 4.8 se presenta la piscina monitoreada.



Fotografía 4.8. Piscina 1 – Termas 3.
Fuente Elaboración propia.

4.3.4 Funcionamiento del sistema de la piscina termal

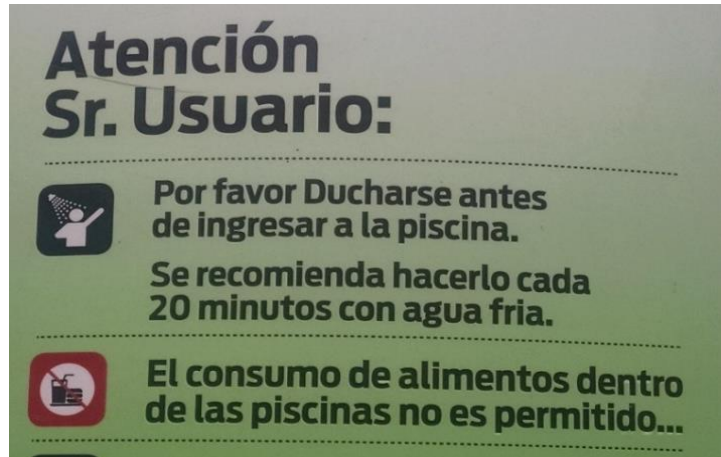
La piscina recibe el agua de un pozo profundo a través de una tubería en PVC. El abastecimiento desde el pozo se realiza permanentemente mientras el agua desechada no se vuelve a utilizar y se conduce a una quebrada que pasa por el predio.

4.3.5 Restricciones de uso de la piscina

Dentro de las restricciones para el uso de la piscina se prohíbe el ingreso a:

- Personas hipertensas.
- Mujeres embarazadas.
- Antes del ingreso a la piscina bañarse en las duchas.
- Ducharse cada 20 minutos con agua fría.

El balneario cuenta con vallas donde se les informa a los bañistas la frecuencia de los baños con agua fría. No se visualizan vallas donde se mencionen las restricciones por condiciones de salud como se muestra en la Fotografía 4.9.



Fotografía 4.9. Restricciones de uso – Termales 3.
Fuente elaboración propia.

4.3.6 Mantenimiento de la piscina

La limpieza de la piscina se realiza cada 8 días. Se utiliza ultrachen (desengrasante), hipoclorito de sodio, jabón, hidrolavadora, 3 mangueras y escobas. No se realiza tratamiento de desinfección del agua para no modificar sus características minerales. En las termales 3, se cuenta con información física y microbiológica del agua termal.

Análisis I.N.S del agua termomineral

ANÁLISIS FÍSICO - QUÍMICO

pH unidades	...7.00	Total	...190.0
Turbiedad UTN	...**	Calcica	...118.0
Color UPC	...7	Magnesica	...72.0
Conductancia mmhos/cm	...610	Permanente	...0.0
ACIDEZ (mg/dm ³ CaCO ₃)		Temporal	...190.0
Total	...30.0	OTROS (mg/dm ³)	
Mineral	...0.0	Calcio	...470.0
Por Co ₂ y las sales hidrolizables	...30.0	Magnesio	...57.3
ALCALINIDAD (mg/dm ³ CaCO ₃)		Cloruros	...44.5
Total	...250.0	Sulfatos **	Hierro...0.0
Fenolftaleina	...0.0	Dióxido de Carbono libre	...50.0
Hidróxidos	...0.0	** No se determinó	
Carbonatos	...0.0		
Bicarbonatos	...250.0		
DUREZA (mg/dm ³ CaCO ₃)			

ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO

Recuento total de microorganismos mesofílicos en 1cm³ de muestra: **10**

Número más probable de coliformes totales en 100 cm³ de muestra: **Menor 3**

Ensayo presuntivo: **Negativo**

CONCEPTO: APTA

Fotografía 4.10. Descripción física y microbiológica-Termales 3.
Fuente Elaboración propia.

4.3.7 Características del agua termal

Las termales 3 contienen los siguientes minerales: Calcio, magnesio, cloruros, dióxido de carbono libre.

4.4 Mantenimiento, limpieza y restricciones en las tres termales

En la Tabla 4.1 se presentan las actividades de mantenimiento y limpieza junto con las restricciones de uso en cada una de las piscinas termales visitadas.

Tabla 4.1 Actividades de mantenimiento y limpieza

TERMAL	DESINFECCIÓN	ABASTECIMIENTO	VACIADO DE LA PISCINA	LIMPIEZA	RESTRICCIONES
Tabio	No	Constante	Si - En su totalidad	Jabón, clorox, escobas y cepillos	Ducharse antes de ingresar. Utilizar gorro de baño. No utilizar cremas faciales o corporales. No ingresa con enfermedades contagiosas o heridas abiertas
Guasca	No	Constante	No	No Tratamiento con sales	Personas con problemas cardiacos Personas hipertensas Mujeres embarazadas Personas que tengan enfermedades cutáneas Antes del ingreso a la piscina bañarse en las duchas
Choachí	No	Constante	Si - En su totalidad	Ultrachen (desengrasante), hipoclorito de sodio, jabón, hidrolavadora, 3 mangueras y escobas	Personas hipertensas Mujeres embarazadas Antes del ingreso a la piscina bañarse en las duchas Ducharse cada 20 minutos con agua fría.

Fuente: Elaboración propia

5. Metodología

Las tres piscinas de agua termal a las cuales se les realizaron los muestreos, se escogieron por los siguientes factores:

1. Menor tiempo de transporte de la muestra al laboratorio.
2. Piscinas pertenecientes al mismo bloque termal de manantial, de acuerdo con lo definido por el Servicio Geológico Colombiano. Las termales de Choachí y Tabio se clasifican como hipertermales y las de Guasca, como mesotermiales (INGEOMINAS, 2003). (Ver Figura 5.1).



Figura 5.1. Manantiales termales de Colombia.

Fuente: Il Simposio Internacional de Termalismo. Manizales. Junio de 2015

3. Todas las piscinas son de uso público y para adultos.

En la Tabla 5.1 se relacionan las características de las piscinas monitoreadas a las cuales se les determinaron parámetros físicos y microbiológicos que se describen a continuación.

Tabla 5.1 Características de las piscinas termales monitoreadas

Termal	Forma	Dimensiones (m)		Composición mineral
		Lados	Profundidad	
1	Hexagonal	Variables	1.1 - 1.5	Sodio, potasio, calcio, magnesio, litio, boro, cloro, sulfato, bicarbonato, dióxido de silicio.
2	Rectangular	35 x 70	1.3 - 1.5	Hierro, ferrosas, azufre (nivel mínimo), yodo, magnesio y zinc
3	Rectangular	11 x 21	1.3 - 1.6	Calcio, magnesio, cloruros, dióxido de carbono libre.

Fuente: Elaboración propia

5.1 Parámetros de control físico

5.1.1 pH (unidades de pH)

Pondus Hydrogenii o Potentia Hydrogenii; del latín *pondus*, que significa *peso*; *Potentia* que significa *potencia* y *hydrogenium*, que significa *hidrógeno*.

El químico Danés Sorensen originalmente definió el

“pH como el logaritmo negativo de la concentración del ión hidrógeno. El pH indica el grado de acidez o basicidad de una solución, éste se mide por la concentración del ión hidrógeno; los valores de pH están comprendidos en una escala de 0 a 14, el valor medio es 7; el cual corresponde a solución neutra, los valores que se encuentran por debajo de 7 indican soluciones ácidas y valores por encima de 7 corresponde a soluciones básicas o alcalinas”. (Libro del pH, 2016).

La medición de pH en la fuente y en la piscina termal en estudio, se realiza in-situ en el momento de tomar la muestra de agua. El equipo que se utilizó fue un pH-metro 3110, el cual se calibra antes de la primera medición. Para la calibración se utilizan soluciones buffer para pH=4 y pH=7.

5.1.2 Temperatura

La temperatura es una medida del calor o energía térmica de las partículas en una sustancia

La medición de la temperatura en la fuente y en la piscina termal en estudio, se realiza in-situ en el momento de tomar la muestra de agua. El equipo que se utilizó fue un pH-metro 3110, el cual se calibra bajo una temperatura de 25°C.

5.2 Parámetros microbiológicos

5.2.1 Pseudomonas aeruginosa (UFC/100 mL)

“La *Pseudomonas Aeruginosa* (PA) es el principal patógeno de la familia Pseudomonadaceae y se identifica por ser un bacilo gramnegativo ligeramente curvado que crece mejor en aerobiosis, se caracteriza por ser muy versátil nutritivamente. Se caracteriza por estar ampliamente distribuida en la naturaleza, la tierra, las plantas, agua corriente pueden actuar como reservorio con clara predilección por los ambientes húmedos tolerando un amplio rango de temperatura de crecimiento (hasta 50°C)”. (Montero, 2012)

Para determinar la presencia o no de *Pseudomonas Aeruginosa* en las muestras de agua termal, se utilizaron las instalaciones del laboratorio de la CAR, el cual realiza la medición del parámetro de *Pseudomonas Aeruginosa* por la técnica de Sustrato Definido, SM 9213 F Modificado.

5.2.1.1 Método de Sustrato Definido

La tecnología de Sustrato Definido (Defined Substrate Technology, DST) se basa en una “tecnología de detección de las enzimas bacterianas que señala la presencia de este patógeno por medio de la hidrólisis de un sustrato en el reactivo de Pseudalert. Las células de *Pseudomonas aeruginosa* crecen y se multiplican con rapidez gracias al gran aporte de aminoácidos, vitaminas y otros nutrientes en el reactivo”. (IDEXX Laboratories, s.f.)

5.2.1.2 Medio de cultivo

Las bacterias *Pseudomonas aeruginosa* crecen y se multiplican con rapidez gracias al gran aporte en aminoácidos, vitaminas y otros nutrientes del reactivo (Medio de cultivo que favorece el crecimiento del patógeno). Las cepas en crecimiento activo de *Pseudomonas aeruginosa* poseen una enzima que hidroliza el sustrato del reactivo y produce una fluorescencia azul cuando se expone a la luz ultravioleta UV. Pseudalert detecta

bacterias *Pseudomonas aeruginosa* en 24 horas a una concentración de 1 UFC en muestras de 100 ml o 250 ml.¹ (IDEXX Laboratories, s.f.). (Ver Figura 5.2 y Figura 5.3).

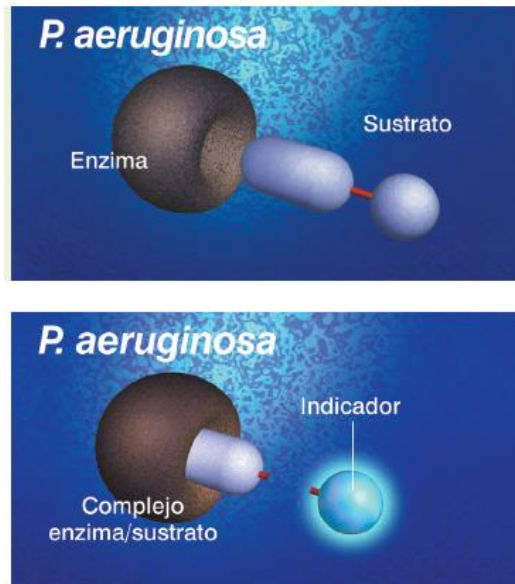


Figura 5.2. Activación del sustrato por presencia de Pseudomonas Aeruginosa.
Fuente: Pseudalert -IDEXX



Figura 5.3. Lectura de Pseudomonas Aeruginosa.
Fuente: Pseudalert -IDEXX

¹ IDEXX, Detección de Pseudomonass aeruginosa en agua de piscina/spa y agua embotellada en 24 horas.

5.2.1.3 Procedimiento detección *Pseudomonas Aeruginosa*

Para la detección de *Pseudomonas Aeruginosa* utilizando el método de sustrato definido debe realizarse el siguiente procedimiento:

1. Se agrega el reactivo de diagnóstico Pseudolater a 100ml del agua termal y se siembran las muestras en una cabina de flujo laminar. (Ver Figura 5.4).



Figura 5.4. Cabina de flujo laminar.

Fuente: Página web LaBolan

2. Se agrega la mezcla en bolsas Quantitray y se sella con un sellador para Quanti-Tray. (Ver Figura 5.5 y Figura 5.6).



Figura 5.5. Reactivo de diagnóstico Pseudolater y bolsas Quantitray.
Fuente: Página web IDEXX



Figura 5.6. Sellador para Quanti-Tray.
Fuente: Página web IDEXX

3. Se realiza la incubación de las bolsas por 24 horas a una temperatura de 38.5°C. (Ver Figura 5.7).
4. Se realiza el conteo de pozos positivos con una lámpara U.V. de 6 watts fluorescente mantenida a unos 12 cm de la muestra. (Ver Figura 5.8).



Figura 5.7. Incubadora.
Fuente: Página web IDEXX



Figura 5.8. Lámpara U.V. de 6 watts
fluorescente.
Fuente: Página web IDEXX

Una vez realizado el procedimiento, los pozos con fluorescencia azul, indican la presencia de *Pseudomonas aeruginosa*. (Ver Figura 5.9).



Figura 5.9. Conteo de pozos positivos.
Fuente: Página web IDEXX

5.3 Muestreo

Las campañas de monitoreo se realizaron en todas las piscinas de agua termal los días 9 de junio, 23 de junio y 6 de julio.

El recorrido se realizó en el siguiente orden por facilidades de movilidad: Termal 1 ubicadas en el municipio de Tabio, Termal 2 ubicadas en el municipio de Guasca y Termal 3 ubicadas en el Municipio de Choachi.

Tabla 5.2 Cronograma para campañas de muestreo

CRONOGRAMA TOMA DE MUESTRAS																																			
TERMAL	JUNIO																														JULIO				
	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	1	2	3	4	5	6	7	8			
Termal 1 Tabio			X														X																	X	
Termal 2 Guasca			X														X																	X	
Termal 3 Choachi			X														X																	X	

Fuente: Elaboración propia

En cada visita se realizaron dos tomas de muestra, una en la fuente o entrega del nacimiento a la piscina y el otro en la piscina. Se realizaron en total 18 muestreos en 3 piscinas de uso público. Las mediciones realizadas en campo se pueden consultar en el Anexo 4. Registro de mediciones en campo

En la Tabla 5.3 y Tabla 5.4 se relacionan los parámetros físicos y microbiológicos medidos en las muestras de agua termal, así como los métodos de análisis, equipos y unidades de medición utilizadas para estimar cada parámetro.

Tabla 5.3 Parámetros físicos

PARÁMETRO	UNIDAD	EQUIPO	MÉTODO DE ANÁLISIS
Temperatura	°C	pH-metro 3110	-
pH	Unidades de pH	pH-metro 3110	Electrométrico, SM 4500-H+ B.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5.4 Parámetros microbiológicos

PARÁMETRO	UNIDAD	MÉTODO	MEDIO DE CULTIVO	PERIODO DE INCUBACIÓN
Pseudomonas Aeruginosa	NMP/100ml	Sustrato definido	Pseudolater	38.5°C durante 24 horas

Fuente: Elaboración propia

5.3.1 Materiales utilizados

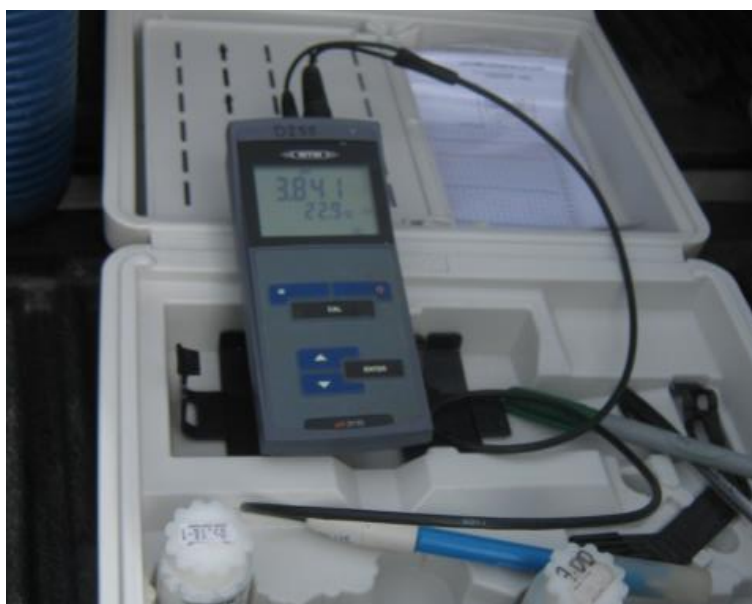
Para la medición en campo se utilizaron los siguientes equipos:

- pH 3110 SET 2: Medidor para pH/mV, con sensor de pH SenTix® 41. La calibración se realiza con soluciones buffer pH 4 y pH 7. (Ver Tabla 5.5 y Fotografía 5.1).

Tabla 5.5. Información técnica –pH 3110 SET 2

Modelo	pH 3110
pH	-2.0...20.0 ± 0.1pH -2.00...20.0 ± 0.01pH -2.000...19.999 ± 0.005pH
mV	± 1200.0 ± 0.3mV ±(2000±1) mV
ISE (mg/l, µmol/l, mg/Kg, ppm, %)	-
Temperatura	-5.0...105.0°C ± 0.1°C
CMC	-
Calibración	1,2 o 3 puntos con buffers WTW NIST

Fuente: WTW a Xylem Brand



Fotografía 5.1. WTW pH-metro.

Fuente: Elaboración propia.

- Frascos de muestra: Las muestras de agua se recolectaron en envases plásticos con capacidad de 250ml, los cuales se encontraban autoclavados y

esterilizados con tiosulfato de sodio. Los frascos se encuentran sellados y rotulados por el laboratorio de la CAR. (Ver Fotografía 5.2).

Se utilizó el tiosulfato de sodio a partir de las indicaciones del Standard Methods en el numeral 9213 B Swimming Pools, en donde dice: “Una piscina es un cuerpo de agua de tamaño limitado contenido en una estructura. El agua generalmente es potable y tratada con un desinfectante, pero también puede ser producida por aguas termales o agua salada” (APHA, AWWA, WEF, 2005). En el numeral 9213 B Swimming Pools en el aparte 2. *Samples* indica que: para la toma de muestras para análisis bacteriológico en piscinas usar el tiosulfato de sodio para esterilizar los frascos de muestra.



Fotografía 5.2. Frascos de muestra.
Fuente: Elaboración propia.

- Flexómetro: Cinta métrica de 3m de longitud. Se utilizó para conocer las dimensiones exactas de la piscina donde se tomó la muestra.
- Balde: Se utilizó para acceder a la muestra del pozo de abastecimiento en agua termal. Antes de su uso fue lavado para no estropear la muestra. (Ver Fotografía 5.3).
- Nevera de icopor: Para la conservación y el traslado de la muestra, se relleno la nevera con hielo, conservando la muestra a una temperatura inferior a la del agua tomada. (Ver Fotografía 5.4).



Fotografía 5.3. Balde.
Fuente elaboración propia.



Fotografía 5.4. Nevera de icopor.
Fuente elaboración propia.

5.3.2 Descripción del muestreo

El criterio de selección de la piscina de bañistas para la toma de muestras en cada termal visitada, se basó en la presencia de personas dentro de la piscina al momento de realizar la toma.

Para la termal 1 por efectos de mantenimiento de las piscinas, en la primera campaña se monitoreo la piscina 1 y en la segunda y tercera campaña la piscina 2, la cual se alimenta de la misma fuente. Para las termales 2 y 3, en las tres campañas la piscina monitoreada fue la misma.

Seleccionada la piscina de agua termal a monitorear, se realizó la toma de la muestra en el siguiente orden:

5.3.2.1 Rotulación vasos de muestra

Se realizó la rotulación de los vasos de la muestra a utilizar, identificando:

- Fecha.
- Número de muestra (1=Pozo, 2=Piscina).
- Número de laboratorio.
- Número de comisión.

Como se muestra en la Fotografía 5.5.



Fotografía 5.5. Rotulación vasos de muestra.
Fuente: Elaboración propia.

Antes de la primera medición de cada campaña de monitoreo se realizó la calibración del pH-metro 3110, donde se utilizaron soluciones buffer para pH=4 y pH=7 y bajo una temperatura de 25°C. En el Anexo 3. Calibración del pH-metro 3110 se presenta la calibración del equipo en cada campaña. (Ver Fotografía 5.6).



Fotografía 5.6. Calibración pHmetro 3110.
Fuente: Elaboración propia.

5.3.2.2 Toma de muestra en el pozo de abastecimiento

1. Con ayuda de un balde, se toma agua termal del pozo profundo de abastecimiento. No se realizó la toma directa del pozo por seguridad del muestreador dado que por la ubicación de este es difícil tomar la muestra directamente. (Ver Fotografía 5.7).



Fotografía 5.7. Toma de la muestra del pozo profundo con ayuda de un balde-Termalés 3.
Fuente: Elaboración propia.

2. Se introduce el vaso de muestra sellado en el balde, una vez adentro se abre para tomar el agua, cuando este esté lleno se cierra y se saca la muestra. Esto con el fin de no contaminar el medio donde se conserva la muestra.



Fotografía 5.8. Toma con el vaso de muestra para el pozo profundo – Termalés 1.
Fuente: Elaboración propia.

3. Se introduce el pHmetro en el balde, una vez la lectura de la temperatura sea estable, se lee entonces el pH y la temperatura del agua termal correspondiente al pozo



Fotografía 5.9. Lectura pH y temperatura en el pozo de abastecimiento – Termales 1.
Fuente: Elaboración propia.

4. Se tomaron las coordenadas del punto donde se toma la muestra de agua termal. (Ver Fotografía 5.10).



Fotografía 5.10. Toma de coordenadas – Termales 2.
Fuente: Elaboración propia.

5.3.2.3 Toma de muestra en la piscina de bañistas

1. Se tomó la muestra en uno de los bordes de la piscina introduciendo el vaso de muestra sellado a 20cm del nivel del agua, una vez adentro se retira la tapa para tomar la muestra de agua, cuando el frasco estuvo lleno

se cerró y se sacó la muestra. Esto con el fin de no contaminar el medio donde se conservó la muestra. (Ver Fotografía 5.11).



Fotografía 5.11. Toma de muestra en piscina de bañistas – Termales 2.
Fuente: Elaboración propia.

2. Se introduce el pHmetro en la piscina, una vez la lectura de la temperatura sea estable, se lee entonces el pH y la temperatura del agua termal correspondiente a la piscina. (Ver Fotografía 5.12).



Fotografía 5.12. Lectura pH y temperatura en piscina de bañistas – Termales 3.
Fuente: Elaboración propia.

3. Se tomaron las coordenadas del punto donde se tomó la muestra de agua termal.
4. Finalizada la toma de muestras en cada termal analizada, los vasos de muestra se guardaron en una nevera de icopor con hielo para la conservación de la muestra.
5. Terminada la campaña de monitoreo, las muestras se transportaron inmediatamente hasta las instalaciones del laboratorio de la CAR, para el análisis microbiológico.

Antes de cada toma de muestra el pHmetro fue lavado con agua destilada para no alterar la toma de la lectura.

El balde utilizado hace parte de los elementos de la CAR y este se lavó antes de cada toma de muestra de pozo profundo.

Las fotografías presentadas no hacen referencia a la cronología de alguna de las campañas realizadas, solo se presentan de forma ilustrativa. En el Anexo 2. Registro fotográfico campañas de monitoreo, se presenta la cronología de las campañas realizadas.

5.3.3 Campañas de monitoreo

Las campañas de monitoreo se realizaron los días 9 de junio, 23 de junio y 6 de julio, siguiendo el procedimiento de muestreo descrito anteriormente.

En la primera campaña, se realizó una recopilación de información de la piscina de agua termal en cuanto al mantenimiento, las restricciones de uso, las medidas de control y la composición del agua termal. Esta información fue proporcionada por trabajadores del balneario y la información se encuentra consignada en el Anexo 1. Encuesta a operarios.

En las campañas dos y tres solamente se realizó toma de muestras.

En la Tabla 5.6 se relaciona el número de bañistas dentro de la piscina al momento de la toma de la muestra.

Tabla 5.6 Número de bañistas

TERMAL	CAMPAÑA		
	1	2	3
Termal 1 Tabio	6	0	0
Termal 2 Guasca	0	0	4
Termal 3 Choachí	3	86	41

Fuente: Elaboración propia

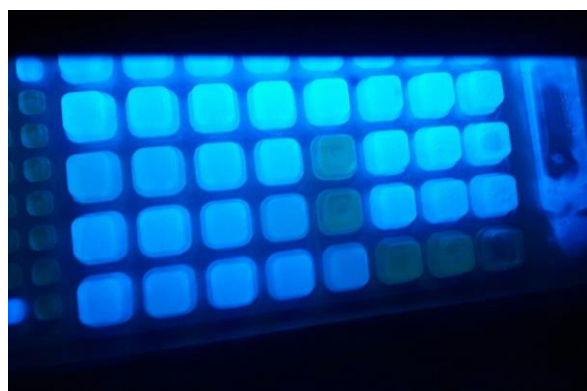
5.4 Análisis de muestras en laboratorio

El análisis de las muestras se realizó en el laboratorio de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca - CAR, el cual utilizó Método de Sustrato Definido para la detección de *Pseudomonas aeruginosa*, en el agua de las piscinas termales seleccionadas, realizando el cultivo de las muestras donde se encontró la presencia del patógeno como se observa en la Fotografía 5.13 y

Fotografía 5.14.



Fotografía 5.13. Cultivo de muestras.
Fuente: Laboratorio CAR



Fotografía 5.14. Lectura Pseudomonas
Aeruginosa.
Fuente: Laboratorio CAR

6. Análisis de resultados

6.1 Resultados de pH, temperatura y pseudomonas aeruginosa

Se realizó el análisis de las muestras de las tres piscinas de agua termal seleccionadas para el estudio, de la Tabla 6.1 a la Tabla 6.3 se presentan los resultados obtenidos de los parámetros físicos y microbiológicos en cada una de las termales. (Ver Anexo 5. Resultados de laboratorio)

Tabla 6.1 Resultados de laboratorio parámetros físicos y microbiológicos termal 1

Campaña	Muestra	Sitio	Coordenada		Hora	pH	Temperatura (°C)	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> (NMP/100ml)
			x	y				
1	1	Pozo	996896	1036213	8:48 a. m.	7.00	49.0	31
	2	Piscina	996931	1036240	9:02 a. m.	7.70	31.4	8
2	1	Pozo	996897	1036210	8:05 a. m.	7.07	42.0	12
	2	Piscina	996898	1036208	8:15 a. m.	7.18	28.6	<1
3	1	Pozo	996898	1036211	8:30 a. m.	7.10	44.4	99
	2	Piscina	996898	1036209	8:40 a. m.	7.18	34.5	11

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6.2 Resultados de laboratorio parámetros físicos y microbiológicos termal 2

Campaña	Muestra	Sitio	Coordenada		Hora	pH	Temperatura (°C)	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> (NMP/100ml)
			x	y				
1	1	Pozo	1024366	1030970	12:20 p. m.	6.00	47.6	<1
	2	Piscina	1024369	1030943	12:30 p. m.	6.40	36.2	<1
2	1	Pozo	1024367	1030972	9:45 a. m.	6.13	38.0	<1
	2	Piscina	1024395	1030968	9:50 a. m.	6.61	31.6	<1
3	1	Pozo	1024366	1030971	10:55 a. m.	6.17	45.4	<1
	2	Piscina	1024359	1030958	10:45 a. m.	6.62	36.5	<1

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6.3 Resultados de laboratorio parámetros físicos y microbiológicos termal 3

Campaña	Muestra	Sitio	Coordenada		Hora	pH	Temperatura (°C)	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> (NMP/100ml)
			x	y				
1	1	Pozo	1017789	994847	3:50 p. m.	6.80	49.3	<1
	2	Piscina	1017851	994751	4:10 p. m.	7.30	36.1	2
2	1	Pozo	1017794	994839	12:37 p. m.	6.93	39.7	<1

Campaña	Muestra	Sitio	Coordenada		Hora	pH	Temperatura (°C)	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> (NMP/100ml)
			x	y				
	2	Piscina	1017843	994693	12:44 p. m.	7.50	30.6	10
3	1	Pozo	1017791	994845	2:10 p. m.	6.85	50.2	<1
	2	Piscina	1017784	994752	2:20 p. m.	7.54	33.9	67

Fuente: Elaboración propia

6.2 Clasificación de las termales estudiadas por temperatura

A partir de los rangos presentados en la Tabla 3.1, en donde se establece la clasificación de las aguas termales por su temperatura, se clasifican las aguas de Tabio, Guasca y Choachí como mesotermiales, al presentar temperaturas entre los 25°C y los 50°C. En la Figura 6.1 se presentan las temperaturas encontradas en cada fuente termal analizada.

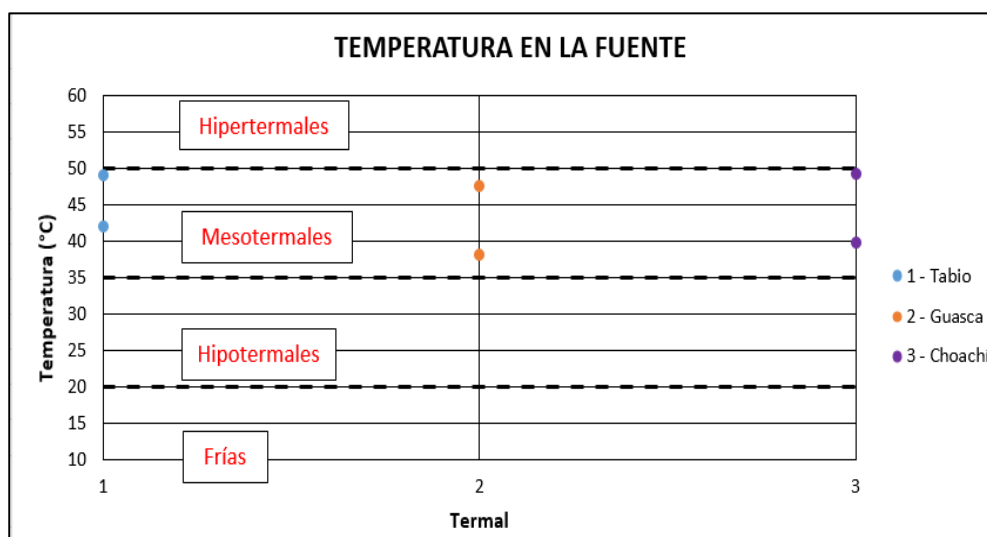


Figura 6.1 Clasificación de las fuentes termales analizadas por temperatura.

Fuente: Elaboración propia.

6.3 Presencia ausencia – *Pseudomonas aeruginosa*

En el estudio “Panorama actual de las Aguas Minerales y Minero-medicinales en España” referencian que:

“En las aguas termales de tipo mesotermal predominan los bacilos Gram negativos (Grupo al que pertenece el patógeno *Pseudomonas aeruginosa*) y los cocos Gram positivos. Las aguas minerales termales de los balnearios son uno de estos hábitats extremos ya que tienen altas temperaturas y elevadas

concentraciones de sales, condiciones desfavorables para la vida de muchos seres vivos. Sin embargo, desde hace tiempo se conoce que estas aguas minerales, como cualquier ambiente acuático natural, poseen una población microbiana autóctona que suele ser característica de cada tipo de agua y que depende de sus propiedades fisicoquímicas (temperatura, pH, sales minerales, nutrientes). También pueden encontrarse en ellas microorganismos alóctonos, procedentes de otros habitats (suelo, heces, vegetales), considerados contaminantes pero que coexisten con los anteriores, adaptándose a las condiciones adversas, siendo los de mayor interés sanitario *Salmonella*, *Escherichia coli*, *Clostridium perfringens*, *Pseudomonas aeruginosa* y *Legionella*". (De la Rosa Jorge & Mosso Romeo, 2000)

Basados en lo anterior las aguas termales monitoreadas en este estudio, presentan condiciones favorables para la presencia de patógenos oportunistas, como lo es la *Pseudomonas aeruginosa*.

Al evaluar la concentración de *Pseudomonas aeruginosa* en las muestras provenientes del pozo a partir del pH del agua, se encontró que para pHs inferiores a 6.93 (sustancia ácida) la concentración es menor a 1NMP/100ml, si el pH es superior o igual a 7 la concentración del patógeno aumenta, siendo la concentración mínima de 12NMP/100ml. (Ver Figura 6.2).

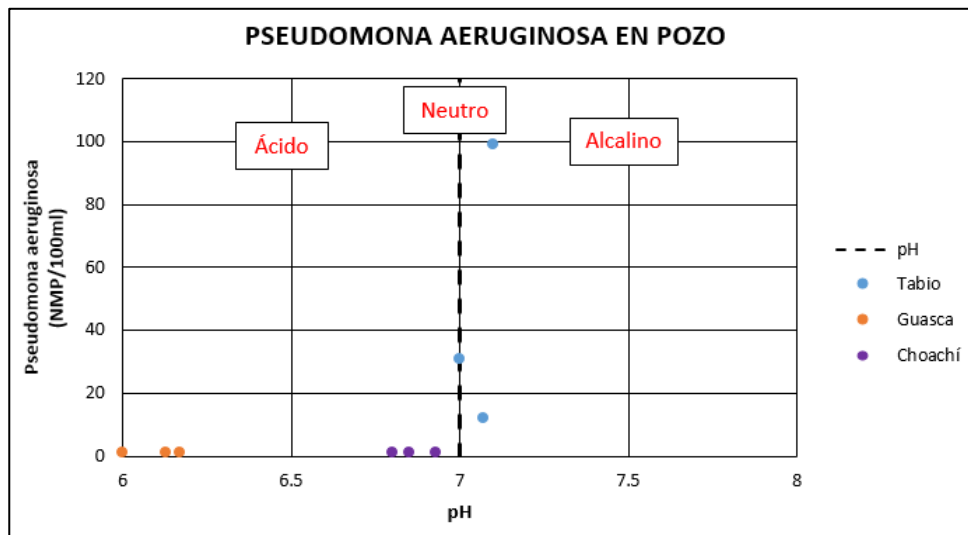


Figura 6.2. Presencia de *Pseudomonas aeruginosa* a partir del pH – Pozo.
Fuente: Elaboración propia.

Si se evalúa la presencia de *Pseudomonas aeruginosa* a partir del número de bañistas presentes en la piscina al momento de la toma de muestra se encuentra que en la termal de Guasca el número de bañistas es independiente de la concentración obtenida debido a que siempre es inferior a 1NMP/100ml. Por el contrario, en la termal de Tabio con presencia de bañistas la concentración podía ser inferior a 1NMP/100ml o superior a 8NMP/100ml. Por su parte la termal de Choachí en los tres muestreos tuvo concentraciones superiores a 2NMP/100ml, resultado obtenido para el menor número de bañistas presentes (3 bañistas), sin embargo, se evidencia que a mayor número de bañistas no necesariamente aumenta la concentración de *Pseudomonas aeruginosa*, como se presenta en la Figura 6.3.

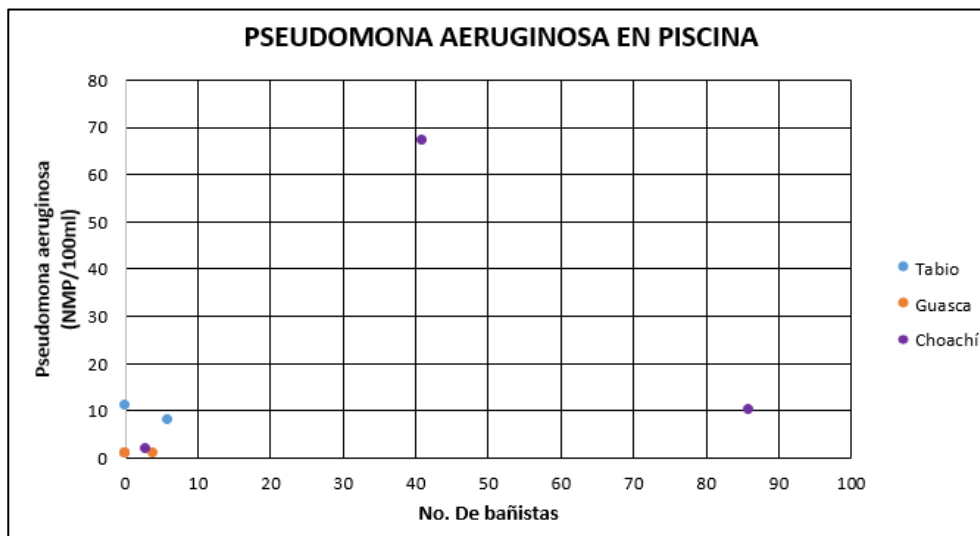


Figura 6.3. Presencia de *Pseudomonas aeruginosa* a partir del número de bañistas.

Fuente: Elaboración propia.

Basados en estos resultados es posible decir que el número de bañistas presentes en las piscinas monitoreadas no tienen incidencia directa en la concentración de *Pseudomonas aeruginosa* obtenida.

Si evaluamos la presencia de *Pseudomonas aeruginosa* a partir del pH del agua termal en la piscina, encontramos que para un pH inferior a 6.62 la concentración es inferior a 1NMP/100ml, mientras que si el pH aumenta la concentración también aumenta. (Ver Figura 6.4).

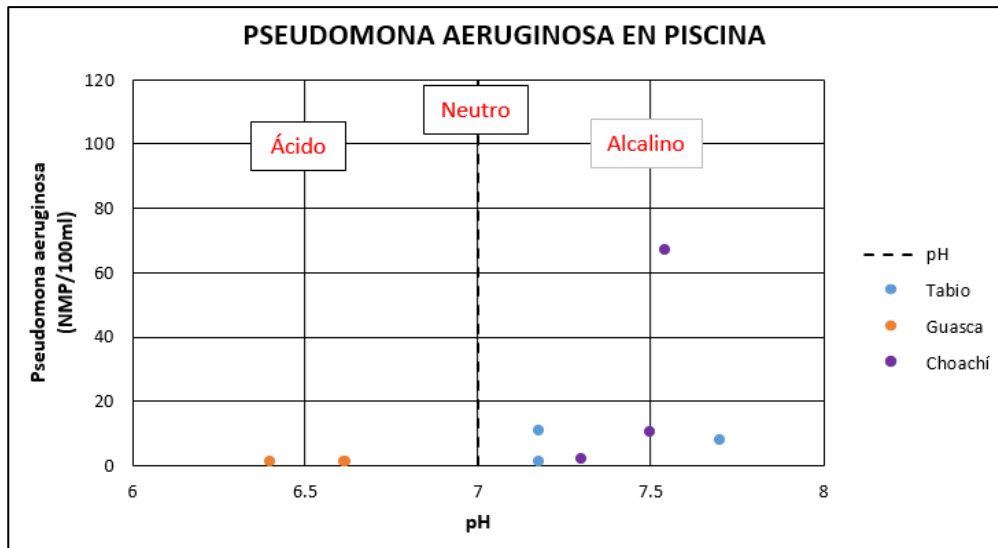


Figura 6.4. Presencia de *Pseudomonas aeruginosa* a partir del pH – Piscina.
Fuente: Elaboración propia.

En términos generales:

- Las aguas termales de Guasca presentan un pH entre 6 (en pozo) y 6.62 (en piscina) y las termales de Choachí tienen pH entre 6.80 y 6.83 (en pozo) clasificándolas como una sustancia ácida, para estas muestras las concentraciones de *Pseudomonas aeruginosa* son inferiores al 1NMP/100ml.
- En las termales de Tabio se observa mayor presencia de *Pseudomonas aeruginosa* en el pozo que en la piscina. Siendo las medidas de pH en el pozo neutras y alcalinas; y en la piscina sólo alcalinas.
- No hay relación directa en el aumento del patógeno al aumentar el número de bañistas.
- Se observa que, tanto en piscinas como en pozos, la presencia de *Pseudomonas aeruginosa* predomina cuando la sustancia se clasifica como alcalina, es decir para un pH mayor a 7.0.

Las relaciones encontradas entre el pH del agua y la presencia del patógeno, coincide con las conclusiones presentadas en el estudio “Diversidad Microbiana de las Aguas Minerales Termales”, en donde concluyen: “Los manantiales con pH alcalino tienen poca diversidad microbiana, encontrándose *Pseudomonas*, *Bacillus* y *Exiguobacterium* que pueden vivir a estos pH y los de pH ácido

presentan un número de bacterias muy pequeño, principalmente bacilos Gram positivos irregulares”. (De la Rosa Jorge & Mosso Romeo, 2000)

6.4 Presencia de *Pseudomonas aeruginosa* en pozos

A diferencia de las termas de Guasca y de Choachí, el agua termal tomada del pozo de abastecimiento de la termal de Tabio presenta concentraciones de *Pseudomonas aeruginosa* superiores a los 12NMP/100ml.

En el estudio “Diversidad Microbiana de las Aguas Minerales Termas”, se establece que:

“Las aguas minerales de balnearios termas presentan una gran diversidad de microorganismos autóctonos característicos de cada tipo de agua y que dependen de sus propiedades fisicoquímicas (temperatura, pH, composición). También puede haber en ellas microorganismos alóctonos, procedentes de otros hábitats (suelos, heces, vegetales), considerados contaminantes, que coexisten con los anteriores.

Entre los microorganismos alóctonos, se encuentra la *Pseudomonas aeruginosa*, cuya presencia en estas aguas mineromedicinales no es deseable ya que es un patógeno oportunista y puede producir infecciones en personas inmunodeprimidas. Su presencia puede indicar una escasa protección del manantial aunque puede colonizar ambientes acuáticos y encontrarse en aguas subterráneas no contaminadas por el hombre”. (De la Rosa Jorge & Mosso Romeo, 2000)

Considerando lo anterior, se puede establecer una hipótesis relacionada a una posible filtración en el pozo de abastecimiento de agua termal de Tabio, el cual puede estar contaminando el agua ocasionando la presencia del patógeno. Se resalta que no es objeto del presente trabajo, establecer las condiciones de contaminación de las fuentes termas analizadas, por lo que no se realizaron estudios en el sitio.

6.5 Análisis de *Pseudomonas aeruginosa* con base a la normatividad consultada

A partir de los rangos establecidos en la Tabla 3.3 en relación a la normatividad consultada en diferentes países en cuanto a la calidad microbiológica del agua en

relación al patógeno de *Pseudomonas aeruginosa*, se realiza una evaluación de los resultados encontrados con base en estas normas. Los resultados se presentan en la Tabla 6.4.

Tabla 6.4 Resultados de *Pseudomonas aeruginosa* evaluados por normatividad consultada

PAIS							
ZONA			ESPAÑA			CUBA	OMS
			Galicia	Cataluña	Murcia	Estatal	-
NORMATIVIDAD			Orden del 5 de noviembre de 1996	Decreto 271 de 2001, del 9 de octubre	Decreto 55 del 11 de julio de 1997	NC 93-09:85 NC 93-28:88	Directrices para Ambientes de Aguas Recreacionales Seguras, Volumen 2. Año 2006
PARÁMETROS							
Pseudomonas aeruginosa (NMP/100ml)			Exento de microorganismos y parásitos patógenos	Ausencia de microorganismos patógenos	Ausencia en 1 g ó 100 ml	< 2,2 NMP/100ml	Semanal <10UFC/100ml
TERMAL	CAMPAÑA	P.A. (NMP/100ml)	RESULTADOS EN POZO				
Tabio	1	31	No cumple	No cumple	No cumple	No cumple	No cumple
	2	12	No cumple	No cumple	No cumple	No cumple	No cumple
	3	99	No cumple	No cumple	No cumple	No cumple	No cumple
Guasca	1	< 1	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
	2	< 1	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
	3	< 1	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
Choachí	1	< 1	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
	2	< 1	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
	3	< 1	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
TERMAL	CAMPAÑA	P.A. (NMP/100ml)	RESULTADOS EN PISCINA				
Tabio	1	8	No cumple	No cumple	No cumple	No cumple	Cumple
	2	< 1	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
	3	11	No cumple	No cumple	No cumple	No cumple	No cumple
Guasca	1	< 1	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
	2	< 1	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
	3	< 1	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
Choachí	1	2	No cumple	No cumple	No cumple	Cumple	Cumple
	2	10	No cumple	No cumple	No cumple	No cumple	No cumple
	3	67	No cumple	No cumple	No cumple	No cumple	No cumple

Fuente: Elaboración propia.

De las nueve muestras de agua termal tomadas en los pozos de abastecimiento encontramos que el 67% de las muestras cumplen con los rangos establecidos en las diferentes normas consultadas, mientras que para las nueve muestras tomadas en piscinas solo el 56% de las muestras cumplen con lo establecido.

En general, de las dieciocho muestras analizadas (Tomadas en pozos y en piscinas) solo el 61% cumple con la normatividad relacionada.

7. Medidas de control sanitario por presencia de *Pseudomonas aeruginosa*

Para reducir los riesgos de contaminación en las fuentes y en las piscinas de agua termal por presencia de *Pseudomonas aeruginosa*, es necesario establecer medidas de control que permitan reducir los agentes contaminantes externos que puedan dañar la calidad del agua.

En el presente capítulo, se definen las medidas de control tanto para las fuentes de agua termal como para las piscinas de bañistas.

7.1 Medidas de control en pozos de abastecimiento de agua termal

Los establecimientos balnearios que presten servicios de piscinas con aguas termales, deben realizar inspecciones periódicas al pozo o pozos de abastecimiento con el fin de detectar posibles filtraciones a la fuente que conlleven a la contaminación de la misma. En caso de detectarse filtraciones deben tomarse las medidas correctivas necesarias para recuperar la impermeabilidad del sistema.

Cuando se proyecten sistemas de alcantarillados, los trazados de colectores de aguas residuales no deben ser realizados en cercanías a las fuentes de agua termal.

7.2 Medidas de control en piscinas de agua termal

7.2.1 Usuarios

El principal agente de contaminación en piscinas de agua termal son los bañistas que ingresan a las instalaciones. Para controlar la contaminación por su uso es necesario implementar un sistema de control de ingreso que contemplen restricciones en cuanto a:

- A toda persona, antes de su ingreso, la debe valorar un médico (Bacaicoa).
- No se debe permitir el ingreso a mujeres embarazadas, personas con enfermedades cutáneas, quemaduras, heridas, o aquellas que padezcan enfermedades crónicas o inmunodeprimidas (Bacaicoa, Reglamento de balnearios visitados).

- Todas las personas que ingresen a piscinas de aguas termales deben ducharse con agua y jabón antes y después del ingreso. (Bacaicoa)
- Todas las personas deben bañarse los pies en los pediluvios antes y después de cada ingreso a la piscina termal. (Bacaicoa)
- Se deben utilizar gorro y ropa de baño adecuados. (Bacaicoa)
- No se permite el ingreso con camisas, pantalonetas u otro tipo de ropa. (Bacaicoa)
- No se permite el ingreso de alimentos o comidas a las piscinas (Reglamento de balnearios visitados).
- No se permite fumar, escupir o introducir animales a las piscinas. (Bacaicoa)
- Los bañistas deben quitarse el traje de baño con la mayor brevedad después de haber salido de la piscina. (Centers for Disease Control and Prevention - U.S. Department of Health and Human Services).
- Se debe lavar el traje de baño después de salir de la piscina. (Centers for Disease Control and Prevention - U.S. Department of Health and Human Services).

Es importante que, para el éxito de los controles, los balnearios concienticen a los usuarios de la importancia de revelar su estado de salud real con el fin de brindarles el mejor servicio.

7.2.2 Piscinas de agua termal

Dado que, a partir de la composición mineral de las aguas termales, no se recomiendan tratamientos por desinfección que puedan alterar las características medicinales de las mismas, se recomiendan actividades de extremada limpieza y mantenimiento en las piscinas como son:

- Para limpiar la piscina es necesario vaciarla en su totalidad. (Bacaicoa)
- Hay que restregar las paredes de las piscinas con escobas, cepillos, detergentes o desengrasantes, y lavarlas con abundante agua (actividades de mantenimiento de los balnearios visitados).
- Todas las instalaciones dentro del balneario que preste el servicio (con excepción de la piscina), como pisos, duchas, vestidores, sanitarios, pediluvios y otros, se deben desinfectar diariamente.

Es indispensable que en los sitios destinados al aprovechamiento de las aguas termales se hagan actividades extremas de limpieza y mantenimiento en las piscinas, con el fin de garantizar la calidad del agua termal, dados los beneficios terapéuticos y medicinales atribuidos a este tipo de agua.

Para el éxito de los controles, los encargados de los balnearios deben concientizar a los usuarios de la importancia de revelar su estado de salud real con el propósito de brindarles el mejor servicio y velar por su salud y su seguridad.

8. Conclusiones y recomendaciones

- La *Pseudomonas aeruginosa*, es capaz de sobrevivir en ambientes húmedos, a altas temperaturas y sus requerimientos alimentarios son mínimos, por lo tanto, las aguas termales constituyen un medio ideal para el crecimiento de este patógeno.
- Dadas las propiedades terapéuticas atribuidas a las aguas termales, la normatividad consultada a nivel nacional e internacional no establece tratamientos de desinfección en piscinas termales para la calidad microbiológica del agua (específicamente para el patógeno *Pseudomonas aeruginosa*), con el fin de no comprometer las propiedades curativas del agua termal.
- La contaminación de una fuente de agua termal por *Pseudomonas aeruginosa*, puede obedecer a: falta de una protección adecuada del acuífero, posibles filtraciones en el acuífero, contaminación por aguas de escorrentía, descargas de desechos de animales o humanos.
- La *Pseudomonas aeruginosa* es la responsable de originar infecciones cutáneas y respiratorias en personas inmunocomprometidas, siendo los baños en piscinas termales un mecanismo de contaminación directa para estos individuos.
- No hay relación directa en el aumento del patógeno al aumentar el número de bañistas.
- Por razones culturales, en Colombia las personas que acuden a piscinas termales en su mayoría presentan algún tipo de enfermedad y visitan estos lugares dadas las propiedades medicinales atribuidas a estas aguas, haciéndolas más vulnerables a contraer infecciones por *Pseudomonas aeruginosa*. Por lo tanto, es de vital importancia reglamentar a nivel nacional el uso de las fuentes de agua termal en cuanto a su calidad microbiológica con el fin proteger a este tipo de usuarios.
- Todos los establecimientos balnearios que presten servicios en donde se utilicen fuentes de agua termal, deben contar con estrictas medidas de mantenimiento y limpieza de sus instalaciones para mitigar la presencia del patógeno *Pseudomonas aeruginosa*.
- Debe prohibirse el ingreso a las piscinas termales, a personas con enfermedades cutáneas, heridas o quemaduras, mujeres en embarazo, personas con enfermedades crónicas o inmunocomprometidas, ya que se constituyen como una población vulnerable para contraer infecciones.

- Se observa la presencia de *Pseudomona aeruginosa* en uno de los tres pozos de agua termal analizados. Como hipótesis, se establece que esta contaminación puede estar asociada a la inadecuada protección del acuífero o a descargas de desechos en el manantial del agua termal.
- A partir de los monitores realizados a las tres piscinas termales se observa que la concentración de *Pseudomona aeruginosa* tanto en pozos como en piscinas para pH menor de 7.00 (sustancia ácida) es inferior a 1 UFC/100 ml, mientras que para pH superior a 7.00 (sustancia alcalina) empieza a ser contable la presencia del patógeno.
- El 67 % de las muestras de agua termal tomadas en los pozos de abastecimiento cumple con los rangos establecidos en las normas consultadas, mientras que tan sólo el 56 % de las muestras tomadas en piscinas cumple con lo establecido.
- En general, de las dieciocho muestras analizadas (tomadas en pozos y en piscinas), sólo el 61 % cumple con la normativa consultada.
- Para controlar la contaminación de las piscinas de agua termal por su utilización, se requiere implementar un sistema de control de ingreso que contemple restricciones médicas, de higiene y uso.

9. Bibliografía

A. A., R. C., & E. B. (23 de Septiembre de 2016). Il Termalismo Dalla Mitologia Alla Scienza. Obtenido de Turismo e Psicologia Rivista Interdisciplinare di Studi Ricerche e Formazione:

http://turismoepsicologia.padovauniversitypress.it/system/files/papers/2011_1_31.pdf

Andueza, F. (2015). Resistencia antimicrobiana en cepas de *Pseudomonas aeruginosa* aisladas de aguas termales.

APHA, AWWA, WEF. (2005). Standard Methods For The Examination of Water & Wastewater (21st Edition ed.). American Public Health Asociaciati.

Bacaicoa, J. S. (s.f.). Piscinas de tratamiento higiene y control. Obtenido de http://aguas.igme.es/igme/publica/pdfjor_aguas_mine/11_piscinas.pdf

Bacaicoa, J. S. (s.f.). Piscinas de tratamiento higiene y control. Recuperado el 22 de Septiembre de 2016, de http://aguas.igme.es/igme/publica/pdfjor_aguas_mine/11_piscinas.pdf

Centers for Disease Control and Prevention - U.S. Department of Health and Human Services (s.f.). Datos sobre la “foliculitis de la bañera” y el “oído de nadador” (*Pseudomonas*). Recuperado el 17 de octubre de 2016 de <https://www.cdc.gov/healthywater/pdf/swimming/resources/pseudomonas-factsheet-esp.pdf>.

Clavijo Araujo, O. E., & Durán Acaro, G. F. (2014). Plan de marketing del centro turístico de la asociación sagrada de aguas termales de Urauco, parroquia Lloa, Ciudad de Quito, como estrategia del buen vivir.

Proyecto de ley 62 de 2015. Informe de ponencia para primer debate (2014). Obtenido de http://www.imprenta.gov.co/gacetap/gaceta.mostrar_documento?p_tipo=22&p_numero=62&p_consec=43460. Congreso de Colombia.

Decreto 55/1997, expedido el 11 de julio, sobre condiciones sanitarias de balnearios, baños termales y establecimientos de talasoterapia y de aplicación de peloides.

Consejería de Sanidad y Política Social (s.f.). Murcia Salud. Recuperado el 14 de julio de 2016 del <http://www.murciasalud.es/legislacion.php?id=15238&idsec=1935#>.

Corral Leedo, M., Abolafia de Llanos, M., & López Geta, J. A. (2006). Revista de Salud Ambiental. Obtenido de <http://ojs.diffundit.com/index.php/rsa/article/view/297>

Curso. (2004-2005). Microbiología clínica.

De la Rosa Jorge, M., & Mosso Romeo, M. (2000). Diversidad Microbiana de las Aguas Minerales Termales. Obtenido de <http://aguas.igme.es/igme/publica/pdfart3/presente.pdf>

G. E. (6 de Noviembre de 2009). La Qualità delle Acque Termali di Suio-Castelforte: Ottimizzazione Tecnologica ed Economica. Recuperado el 23 de Septiembre de 2016, de <http://www.parcopalmer.it/progetti/suio/pdf/Esposito.pdf>

IDEXX Laboratories. (s.f.). IDEXX. Recuperado el 5 de Noviembre de 2016, de Pseudalert - Detección en 24 horas de Pseudomonas aeruginosa en agua de piscinas o balnearios: <http://www.idexx.es/water/products/pseudalert.html>

INGEOMINAS. (Agosto de 2003). Inventario de fuentes termales del Departamento de Cundinamarca. Recuperado el 5 de Noviembre de 2016, de http://manantiales.sgc.gov.co/man_descargas/manantial/227-II-B-05/Inventario_Cundinamarca.pdf

J.R. Fagundo, A. C. (s.f.). Revisión bibliográfica sobre clasificación de las aguas minerales y mineromedicinales. Obtenido de http://www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/rehabilitacion-bal/clasificacion_aguas_minerales.pdf

L. B., & G. D. (2007). Istituto superiore Di Sanità. Recuperado el 15 de Octubre de 2016, de Piscine ad uso natatorio: aspetti igienico-sanitari e gestionali per l'applicazione della nuova normativa: <http://www.iss.it/binary/publ/cont/7-11.1182424833.pdf>

La Camera dei deputati ed il Senato della Repubblica. (2000). Legge 24 ottobre 2000, n 323. Recuperado el 24 de Septiembre de 2016, de <http://www.provincia.so.it/ambiente/acqua/acque/323-00%20L.pdf>

Legifrance Le Service Republic de la Difussion Du droit. (s.f.). Recuperado el 15 de Octubre de 2016, de Décret n°81-324 du 7 avril 1981 Fixant Les Normes D'hygiene Et De Securite Applicables Aux Piscines Et Aux Baignades Amenagees:

<https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=LEGITEXT000006063476&dateTexte=20110927>:

Lledó, M. C., M. A., & Geta, J. L. (2006). Revista de Salud Ambiental. Recuperado el 3 de Abril de 2016, de Análisis sobre la normatividad de las aguas minero-medicinales. Posibles tratamientos: <http://ojs.diffundit.com/index.php/rsa/article/view/297>

Libro del pH. (7 de Septiembre de 2016). Obtenido de http://www.academia.edu/9074284/LIBRO_DEL_p_H

López Geta, J., & Pinuaga Espejel, J. (2000). Instituto Geológico y Minero de España. Obtenido de Panorama Actual de las Aguas Minerales y Minero-Medicinales en España: http://www.igme.es/actividadesigme/lineas/HidroyCA/publica/libros5_AMyT/art3/art3.htm

Magariños, A. F. (3 de Julio de 2015). Estandares de Calidad en Centros Termales Terapéuticos. Recuperado el 11 de Septiembre de 2016, de <https://www.ptp.com.co/documentos/1Antonio%20Freire%20%202015%20SIMPOSIO%20Estandares%20de%20calidad%20en%20Centros%20Termales%20Terapeuticos%20V02.pdf>

M. Bodí, J. G. (Marzo de 2007). Medicina intensiva. Obtenido de <http://www.medintensiva.org/es/pseudomonas-aeruginosa-tratamiento-combinado-frente/articulo/13101464/>

Martínez Vidal, J. L. (1997). Calidad y contaminación de aguas subterráneas: Los sistemas acuíferos del campo de Dalías y cuenca del Andarax. España: Instituto de Estudios Almerienses.

Ministero della Salute. (s.f.). Recuperado el 15 de Octubre de 2016, de http://www.salute.gov.it/portale/temi/p2_6.jsp?lingua=italiano&id=384&area=balneazione&menu=internazionale.

Ministerio de Salud Pública (2002). Localizador de información en salud. Recuperado el 14 de julio de 2016 de <http://files.sld.cu/sida/files/2012/01/prog-cont-sanit-agua.pdf>.

Montero, M. (2012). Tesis doctoral. Etimológicamente Pseudomonas significa falsa unidad del griego pseudo . Barcelona, España.

Organización Mundial de la Salud. (2005). Prevención de las infecciones nosocomiales. Malta.

Proyecto De Ley Ley De Aprovechamiento Turístico Y Medicinal De Las Aguas Minerales, Termas Y De Manantiales Manantiales. (s.f.). Recuperado el 15 de Octubre de 2016, de <http://www2.congreso.gob.pe/sicr/tradocestproc/clproley2001.nsf/pley/B6381AA3B0D089B305256D27007A106A?opendocument>

Rodriguez, L. S. (2000). Hidrogeoquímica de sistema termal "San Diego de los baños - Bermejales", Pinar del Río. Cuba. Recuperado el 26 de Junio de 2016

Rubiano Labrador, C. (2006). Aislamiento y caracterización de microorganismos termofílicos anaerobios lipolíticos, proteolíticos y amilolíticos de manantiales termominerales de Paipa e Iza (Boyacá). Bogotá.

Sanchez, A. A. (2016). Calidad Microbiológica de un Agua Termal. Bogotá. Recuperado el 22 de Septiembre de 2016

Secretaria della Conferenza Permanente Per I Rapporti Tra lo Stato Le Regioni e Le Province Autonome. (2003). Conferenza Stato Regioni Seduta del 16 gennaio 2003. Recuperado el 23 de Septiembre de 2016, de http://www.salute.gov.it/imgs/C_17_normativa_1911_allegato.pdf

Sintesi (s.f.). Recuperado el 14 de julio de 2016 del Decreto 271/2001, del 9 de octubre, por el que se establecen los requisitos técnico-sanitarios que deben cumplir los servicios de balneoterapia y de hidroterapia. <https://www.upf.edu/sintesi/2001/do271.htm>.

Subprograma del control sanitario del agua. (s.f.). Recuperado el 3 de Abril de 2016, de <http://files.sld.cu/sida/files/2012/01/prog-cont-sanit-agua.pdf>

UNI Ente Italiano di Normazione. (4 de Abril de 2013). Recuperado el 15 de Octubre de 2016, de Acqua di piscina: in fase di revisione la norma UNI 10637: http://www.uni.com/index.php?option=com_content&view=article&id=1941&Itemid=546

Wikipedia, la enciclopedia libre. (16 de Octubre de 2016). Obtenido de <https://es.wikipedia.org/wiki/Wikipedia:Portada>

World Health Organization (2006). World Health Organization. Recuperado el 10 de agosto de 2016 de http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/43336/1/9241546808_eng.pdf?ua=1.

Xunta de Galicia (20 de noviembre de 1996). Orden de 5 de noviembre de 1996. Recuperado el 14 de julio de 2016 de http://www.xunta.gal/dog/Publicados/1996/19961120/AnuncioE01A_es.html.

10. Anexos

Anexo 1. Encuesta a operarios

**DETERMINACIÓN DE PRESENCIA DE PSEUDOMONAS AERUGINOSA Y MEDIDAS DE CONTROL EN
AGUAS TERMALES
ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERIA "JULIO GARAVITO"**

ANEXO 1.

Fecha: 09 - Junio - 2016

Municipio: Tabio

Nombre Operario: Javier Rojas

Localización: Rural Urbana

Señale con una x en el recuadro las actividades o parámetros que realiza en la operación de la piscina.

1. La piscina termal se encuentra a: Aire Libre Climatizada

2. El agua que utiliza para abastecimiento de la piscina termal, proviene de:
Pozo profundo Otra fuente ¿Cuál? _____

3. ¿Cuáles de los siguientes parámetros físicos, realiza habitualmente en la piscina termal (in - situ)?

Parámetros físicos	Frecuencia/día			Frecuencia/semana		
p H	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	_____
Temperatura (°C)	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	_____

Observación: No se realiza medición de parámetros físicos

4. Realiza tratamiento de desinfección SI NO

5. Que tipo de tratamiento de desinfección utiliza?

Tratamiento de desinfección	Frecuencia/mes		
Cloración	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	_____

Observación: No se realiza tratamiento para no perder las propiedades del agua

5. ¿Realiza medición de Pseudomona Aeruginosa? SI NO

6. ¿Con que frecuencia realiza la medición de Pseudomona Aeruginosa?

Parámetros microbiológicos	Frecuencia/mes		
Pseudomona Aeruginosa (UFC /100 cm ³)	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	_____

7. ¿Realiza recirculación del agua que utiliza en la piscina? SI NO

Observación: El llenado y vaciado de la piscina es constante, el agua desechada no se vuelve a utilizar.

8. Describa que procedimiento realiza para el mantenimiento de la piscina

La limpieza se realiza los días miercoles y jueves, para tener las instalaciones listas los fines de semana, días con mas visitantes.

Para el mantenimiento se desocupa la piscina y se realiza la limpieza utilizando jabón, clorox, escobas y cepillos.

9. ¿Cuáles son las características de la piscina?

ADULTOS

Ancho (m) _____ 20 _____

Longitud (m) _____

Profundidad media (m) _____ 1.1 - 1.5 _____

Máximo número de bañistas _____ No sabe _____

10. Las actividades para la operación y mantenimiento de las piscinas, las realiza por:

Exigencia Sanitaria Por calidad del servicio Por periodicidad de uso

11. Cuales son las restricciones de uso de la piscina

Ingresar con enfermedades contagiosas, o heridas abiertas. La inspección se realiza visualmente dado que las personas ingresan con vestido de baño, o camiseta y pantaloneta. Antes del ingreso las peronas deben ducharse.

12. Cuales son las características del agua termal

Contiene minerales como: sodio, potasio, calcio, magnesio, litio, boro, cloro, sulfato, bicarbonato, dióxido de silicio.

**DETERMINACIÓN DE PRESENCIA DE PSEUDOMONAS AERUGINOSA Y MEDIDAS DE CONTROL EN
AGUAS TERMALES
ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERIA "JULIO GARAVITO"**

ANEXO 1.

Fecha: 09 - Junio - 2016 Municipio: Guasca

Nombre Operario: Oscar Cabrera Localización: Rural Urbana

Señale con una x en el recuadro las actividades o parámetros que realiza en la operación de la piscina.

1. La piscina termal se encuentra a: Aire Libre Climatizada

2. El agua que utiliza para abastecimiento de la piscina termal, proviene de:
Pozo profundo Otra fuente ¿Cuál? _____

3. ¿Cuáles de los siguientes parámetros físicos, realiza habitualmente en la piscina termal (in - situ)?

Parámetros físicos	Frecuencia/día			Frecuencia/semana		
p H	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	_____ Cada 20/30 días
Temperatura (°C)	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	_____ Cada 20/30 días

Observación: _____

4. Realiza tratamiento de desinfeccion SI NO

5. Que tipo de tratamiento de desinfección utiliza?

Tratamiento de desinfección	Frecuencia/mes	
Cloración	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2	_____

Observación: Tratamiento químico con sales para neutralizar.

5. ¿Realiza medición de Pseudomona Aeruginosa? SI NO

6. ¿Con que frecuencia realiza la medición de Pseudomona Aeruginosa?

Parámetros microbiológicos	Frecuencia/mes	
Pseudomona Aeruginosa (UFC /100 cm ³)	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2	_____

7. ¿Realiza recirculación del agua que utiliza en la piscina? SI NO

Observación: El llenado y vaciado de la piscina es constante, el agua desechada no se vuelve a utilizar.

8. Describa que procedimiento realiza para el mantenimiento de la piscina

El lavado de la piscina se realiza con la misma agua termal y con cepillos y escobas, no se utiliza ningun tipo de detergente o producto.

9. ¿Cuáles son las características de la piscina?

ADULTOS

Ancho (m) 35

Longitud (m) 70

Profundidad media (m) 1.3 - 1.5

Máximo número de bañistas 80

10. Las actividades para la operación y mantenimiento de las piscinas, las realiza por:

Exigencia Sanitaria Por calidad del servicio Por periodicidad de uso

11. Cuales son las restricciones de uso de la piscina

No pueden ingresar personas con enfermedades cardiacas, tensión alta, embarazadas o que tengan enfermedades cutaneas.
Antes del ingreso las personas deben ducharse. Ingresar con traje de baño o pantaloneta y camiseta.

12. Cuales son las características del agua termal

Hierro, ferrosas, nivel mínimo en azufre, yodo, magnesio, zinc.
Beneficios: Para las articulaciones, anemias, artritis, problemas digestivos

**DETERMINACIÓN DE PRESENCIA DE PSEUDOMONAS AERUGINOSA Y MEDIDAS DE CONTROL EN
AGUAS TERMALES
ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERIA "JULIO GARAVITO"**

ANEXO 1.

Fecha: 09 - Junio - 2016 Municipio: Choachi

Nombre Operario: Herley Gutierrez Localización: Rural Urbana

Señale con una x en el recuadro las actividades o parámetros que realiza en la operación de la piscina.

1. La piscina termal se encuentra a: Aire Libre Climatizada

2. El agua que utiliza para abastecimiento de la piscina termal, proviene de:
 Pozo profundo Otra fuente ¿Cuál? _____

3. ¿Cuáles de los siguientes parámetros físicos, realiza habitualmente en la piscina termal (in - situ)?

Parámetros físicos	Frecuencia/día			Frecuencia/semana		
p H	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	_____ Cada 20/30 días
Temperatura (°C)	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	_____ Cada 20/30 días

Observación: _____

4. Realiza tratamiento de desinfeccion SI NO

5. Que tipo de tratamiento de desinfección utiliza?

Tratamiento de desinfección	Frecuencia/mes	
Cloración	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2	_____

Observación: No se realiza tratamiento para no perder las propiedades del agua

5. ¿Realiza medición de Pseudomona Aeruginosa? SI NO

6. ¿Con que frecuencia realiza la medición de Pseudomona Aeruginosa?

Parámetros microbiológicos	Frecuencia/mes	
Pseudomona Aeruginosa (UFC /100 cm ³)	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2	_____

7. ¿Realiza recirculación del agua que utiliza en la piscina? SI NO

Observación: El llenado y vaciado de la piscina es constante, el agua desechada no se vuelve a utilizar.

8. Describa que procedimiento realiza para el mantenimiento de la piscina

La limpieza de la piscina se realiza cada 8 días. Se utiliza ultrachen (desengrasante), hipoclorito de sodio, jabón, hidrolavadora, 3 mangueras y escobas.

9. ¿Cuáles son las características de la piscina?

ADULTOS

Ancho (m) 11

Longitud (m) 21

Profundidad media (m) 1.3 - 1.5

Máximo número de bañistas No sabe

10. Las actividades para la operación y mantenimiento de las piscinas, las realiza por:

Exigencia Sanitaria Por calidad del servicio Por periodicidad de uso

11. Cuales son las restricciones de uso de la piscina

No pueden ingresar personas hipertensas o embarazadas.
Antes del ingreso las personas deben ducharse. Ingresar con traje de baño.
Ducharse cada 20 minutos con agua fría.

12. Cuales son las características del agua termal

Calcio, magnesio, cloruros, dióxido de carbono libre.

Anexo 2. Registro fotográfico campañas de monitoreo

DETERMINACIÓN DE PRESENCIA DE PSEUDOMONA AERUGINOSA Y MEDIDAS DE CONTROL EN AGUAS TERMALES
TESIS PARA OPTAR AL TÍTULO DE MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL CON ENFÁSIS EN RECURSOS HIDRÁULICOS
Y MEDIO AMBIENTE

ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERIA "JULIO GARAVITO"

Campaña de monitoreo No.: 1

Fecha de muestreo: 9/06/2016

Municipios: Tabio/Guasca/Choachí

Departamento: Cundinamarca

Termales: 1 - Tabio
2 - Guasca
3 - Choachí

1 - TERMALES DE TABIO



Termales de Tabio destinadas a fines recreativos y terapeuticos. En el momento de toma de la muestra habian 6 bañistas en la piscina.



Toma de muestra en el pozo de abastecimiento.



Lectura de pH y temperatura en el pozo.



Toma de muestra en la piscina de bañistas.



Lectura de pH y temperatura en la piscina de bañistas.

**DETERMINACIÓN DE PRESENCIA DE PSEUDOMONA AERUGINOSA Y MEDIDAS DE CONTROL EN AGUAS TERMALES
 TESIS PARA OPTAR AL TÍTULO DE MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL CON ENFÁSIS EN RECURSOS HIDRÁULICOS
 Y MEDIO AMBIENTE**

ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERIA "JULIO GARAVITO"

Campaña de monitoreo No.: 1

Fecha de muestreo: 9/06/2016

Municipios: Tabio/Guasca/Choachí

Departamento: Cundinamarca

Termales: 1 - Tabio
2 - Guasca
3 - Choachí

2 - TERMALES DE GUASCA



Pozo de abastecimiento.



En el momento de toma de la muestra no habian bañistas en la piscina.



Toma de muestra en el pozo de abastecimiento con ayuda de un balde.



Lectura de pH y temperatura en la piscina de bañistas.



Toma de muestra en la piscina de bañistas.



Lectura de pH y temperatura en la piscina de bañistas.

DETERMINACIÓN DE PRESENCIA DE PSEUDOMONA AERUGINOSA Y MEDIDAS DE CONTROL EN AGUAS TERMALES
TESIS PARA OPTAR AL TÍTULO DE MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL CON ENFÁSIS EN RECURSOS HIDRÁULICOS
Y MEDIO AMBIENTE

ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERIA "JULIO GARAVITO"

Campaña de monitoreo No.: 1

Fecha de muestreo: 9/06/2016

Municipios: Tabio/Guasca/Choachí

Departamento: Cundinamarca

Termales: 1 - Tabio
2 - Guasca
3 - Choachí

3 - TERMALES DE CHOACHI



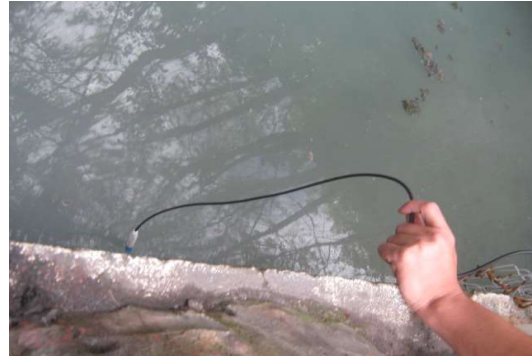
Pozo de abastecimiento.



En el momento de toma de la muestra habian 3 bañistas en la piscina.



Toma de muestra en el pozo de abastecimiento.



Lectura de pH y temperatura en el pozo.



Lectura de pH y temperatura en la piscina de bañistas.



Preservación de las muestras en nevera de icopor con hielo.

DETERMINACIÓN DE PRESENCIA DE PSEUDOMONA AERUGINOSA Y MEDIDAS DE CONTROL EN AGUAS TERMALES
TESIS PARA OPTAR AL TÍTULO DE MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL CON ENFÁSIS EN RECURSOS HIDRÁULICOS
Y MEDIO AMBIENTE
ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERIA "JULIO GARAVITO"

Campaña de monitoreo No.: 2

Fecha de muestreo: 23/06/2016

Municipios: Tabio/Guasca/Choachí

Departamento: Cundinamarca

Termales: 1 - Tabio
2 - Guasca
3 - Choachí

1 - TERMALES DE TABIO



Pozo de abastecimiento de agua termal.



Lectura de pH y temperatura en el pozo.



Toma de muestra en el pozo de abastecimiento.



Lectura de pH y temperatura en la piscina.



Toma de muestra en la piscina. En el momento de la toma no habian bañistas.

**DETERMINACIÓN DE PRESENCIA DE PSEUDOMONA AERUGINOSA Y MEDIDAS DE CONTROL EN AGUAS TERMALES
 TESIS PARA OPTAR AL TÍTULO DE MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL CON ENFÁSIS EN RECURSOS HIDRÁULICOS
 Y MEDIO AMBIENTE**

ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERIA "JULIO GARAVITO"

Campaña de monitoreo No.: 2

Fecha de muestreo: 23/06/2016

Municipios: Tabio/Guasca/Choachí

Departamento: Cundinamarca

Termales: 1 - Tabio
2 - Guasca
3 - Choachí

2 - TERMALES DE GUASCA



Pozo de abastecimiento.



En el momento de toma de la muestra no habian bañistas en la piscina.



Toma de muestra en el pozo de abastecimiento.



Lectura de pH y temperatura en el pozo.



Lectura de pH y temperatura en la piscina de bañistas.



Toma de muestra en la piscina de bañistas. En el momento de la toma no habian bañistas.

DETERMINACIÓN DE PRESENCIA DE PSEUDOMONA AERUGINOSA Y MEDIDAS DE CONTROL EN AGUAS TERMALES
TESIS PARA OPTAR AL TÍTULO DE MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL CON ENFÁSIS EN RECURSOS HIDRÁULICOS
Y MEDIO AMBIENTE

ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERIA "JULIO GARAVITO"

Campaña de monitoreo No.: 2

Fecha de muestreo: 23/06/2016

Municipios: Tabio/Guasca/Choachí

Departamento: Cundinamarca

Termales: 1 - Tabio
2 - Guasca
3 - Choachí

3 - TERMALES DE CHOACHI



Pozo de abastecimiento.



Toma de muestra en el pozo de abastecimiento.



Toma de muestra y lectura de pH y temperatura en el pozo.



Toma de muestra y lectura de pH y temperatura en la piscina. En el momento de la toma habian 86 bañistas en la piscina.

DETERMINACIÓN DE PRESENCIA DE PSEUDOMONA AERUGINOSA Y MEDIDAS DE CONTROL EN AGUAS TERMALES
TESIS PARA OPTAR AL TÍTULO DE MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL CON ENFÁSIS EN RECURSOS HIDRÁULICOS
Y MEDIO AMBIENTE
ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERIA "JULIO GARAVITO"

Campaña de monitoreo No.: 3

Fecha de muestreo: 6/07/2016

Municipios: Tabio/Guasca/Choachí

Departamento: Cundinamarca

Termales: 1 - Tabio
2 - Guasca
3 - Choachí

1 - TERMALES DE TABIO



Toma de muestra en el pozo de abastecimiento.



Lectura de pH y temperatura en el pozo.



Toma de muestra en la piscina de bañistas. En el momento de la toma no habian bañistas.



Lectura de pH y temperatura en la piscina de bañistas.

DETERMINACIÓN DE PRESENCIA DE PSEUDOMONA AERUGINOSA Y MEDIDAS DE CONTROL EN AGUAS TERMALES
TESIS PARA OPTAR AL TÍTULO DE MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL CON ENFÁSIS EN RECURSOS HIDRÁULICOS
Y MEDIO AMBIENTE

ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERIA "JULIO GARAVITO"

Campaña de monitoreo No.: 3

Fecha de muestreo: 6/07/2016

Municipios: Tabio/Guasca/Choachí

Departamento: Cundinamarca

Termales: 1 - Tabio
2 - Guasca
3 - Choachí

2 - TERMALES DE GUASCA



Toma de muestra en el pozo de abastecimiento.



Lectura de pH y temperatura en el pozo.



Toma de muestra en la piscina de bañistas. En el momento de la toma habian 4 personas.



Lectura de pH y temperatura en la piscina de bañistas.

DETERMINACIÓN DE PRESENCIA DE PSEUDOMONA AERUGINOSA Y MEDIDAS DE CONTROL EN AGUAS TERMALES
TESIS PARA OPTAR AL TÍTULO DE MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL CON ENFÁSIS EN RECURSOS HIDRÁULICOS
Y MEDIO AMBIENTE

ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERIA "JULIO GARAVITO"

Campaña de monitoreo No.: 3

Fecha de muestreo: 6/07/2016

Municipios: Tabio/Guasca/Choachí

Departamento: Cundinamarca

Termales: 1 - Tabio
2 - Guasca
3 - Choachí

3 - TERMALES DE CHOACHI



Lectura de pH y temperatura en el pozo.



Muestra del pozo de abastecimiento en el frasco de muestra.



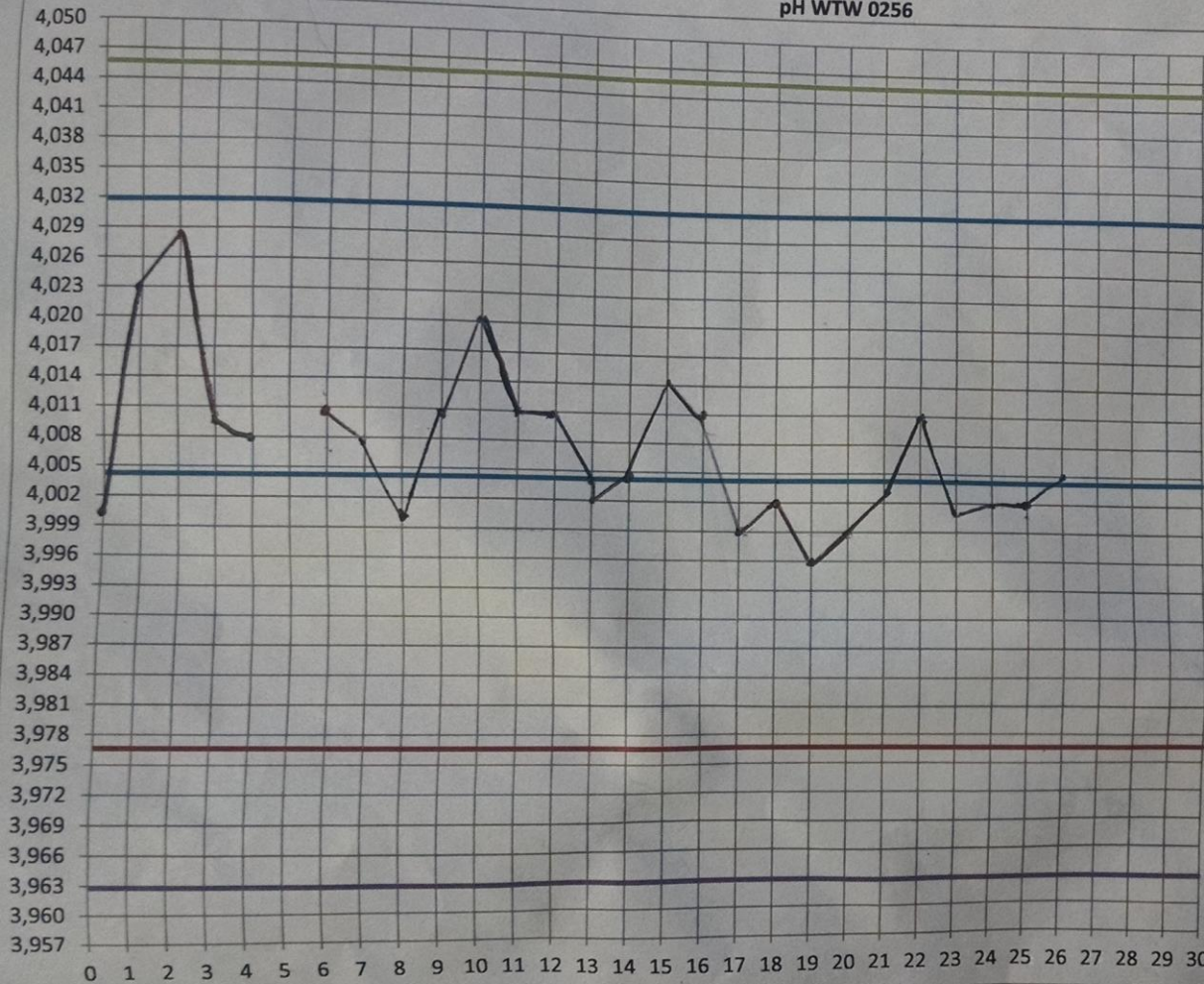
En el momento de la toma habian 41 bañistas en la piscina.



Lectura de pH y temperatura en la piscina.

Anexo 3. Calibración del pH-metro 3110

CARTA DE CONTROL
pH WTW 0256



— x + 2s
— x - 2s
— x + 3s
— x - 3s
— Media (X):

Fecha	Dato	Concentración	Calibración
16-05-16	1	4,001	X N
16-05-17	2	4,023	X N
16-05-18	3	4,028	X N
16-05-19	4	4,010	X N
16-05-20	5	4,008	X N
16-05-23	6	4,01	X N
16-05-24	7	4,007	X N
16-05-25	8	4,00	X N
16-05-26	9	4,011	X N
16-05-27	10	4,02	X N
16-5-27	11	4,016	X N
16-5-31	12	4,011	X N
16-6-02	13	4,002	X N
16-6-02	14	4,00	X N
16-6-05	15	4,014	X N
16-6-07	16	4,01	X N
16-6-08	17	3,99	X N
16-6-10	18	4,00	X N
16-6-12	19	3,99	X N
16-6-13	20	3,99	X N
16-6-14	21	4,004	X N
16-6-15	22	4,01	X N
16-6-16	23	4,01	X N
16-6-17	24	4,002	X N
16-6-21	25	4,001	X N
16-6-22	26	4,005	X N
	27		S N
	28		S N
	29		S N
	30		S N

Carta Anterior	
Desv (s):	0,014
Media (X):	4,004
Datos (n):	28

Carta N°: 1

Observaciones: *... cambio buffer EV-PLC*



— x + 2s
— x - 2s
— x + 3s
— x - 3s
— Media (X):

Fecha	Dato	Concentración	Calibración	
16-05-16	1	7,007	X N	RF-LE
16-05-17	2	7,011	X N	RF-LE
16-05-18	3	7,007	S X	RF-LE
16-05-19	4	7,000	X N	RF-MC
16-5-20	5	7,011	X N	MC-FV
16-05-23	6	7,01	X N	SC-DR
16-05-24	7	7,000	X N	DR-SC
16-05-25	8	6,999	S N	DR
16-05-26	9	7,01	S N	DR-SC
16-05-27	10	7,01	X N	SC-DR
16-05-27	11	7,001	X N	MT-LE
16-05-31	12	7,00	S N	WO-LE
16-06-01	13	7,002	X N	WO-LE
16-06-02	14	7,003	S N	WO-MC
16-06-03	15	7,006	X N	CR-LE
16-06-07	16	7,02	X N	SO-RM
16-06-8	17	6,999	X N	SO-RM
16-06-10	18	7,00	X N	SO-RM
16-06-12	19	7,015	X N	MT-LE
16-06-13	20	7,00	X N	MT-LE
16-6-14	21	6,985	X N	LF-MT
16-6-15	22	7,005	S X	LR-MC
16-6-16	23	7,0	X N	GM-SO
16-6-17	24	6,996	S N	DR-SO
16-6-21	25	7,005	X N	SO-DR
16-6-22	26	6,984	S N	DR-SO
	27		S N	
	28		S N	
	29		S N	
	30		S N	

Carta N°: 1
Patron: 7,00

Observaciones:
16-5-20 calibración, verificación, cambio buffer FV-MC
16-5-20 calibración, verificación, cambio buffer MT-LE
16-6-01 calibración, verificación, cambio buffer

Carta Anterior	
Desv (s):	0,010
Media (X):	7,002
Datos (n):	28

CARTA DE CONTROL
pH WTW 0256



— x + 2s
 — x - 2s
 — x + 3s
 — x - 3s
 — Media (X):

Fecha	Dato	Concentración	Calibración	
16-05-16	1	4.001	X N	RF-LE
16-05-17	2	4.023	X N	R-F-LE
16-05-18	3	4.028	X N	RF-LE
16-05-19	4	4.010	X N	RF-MC
16-05-20	5	4.008	X N	FV-MC
16-05-23	6	4.01	X N	SC-DR
16-05-24	7	4.007	X N	DE-SG
16-05-25	8	4.00	X N	SG-DI2
16-05-26	9	4.011	X N	DE-SG
16-05-27	10	4.02	X N	SG-DI2
16-05-27	11	4.018	X N	MT-LE
16-05-30	12	4.011	X N	MEX
16-06-02	13	4.002	X N	WO-LC
16-06-02	14	4.005	X N	MC-WO
16-06-05	15	4.014	X N	CR-LR
16-06-07	16	4.01	X N	SO-RM
16-06-08	17	3.999	X N	SO-RM
16-06-10	18	4.00	X N	SO-RM
16-06-12	19	3.999	X N	MT-LE
16-06-13	20	3.999	X N	MT-LE
16-06-14	21	4.004	X N	LR-MT
16-06-15	22	4.01	S N	R-CM
16-06-16	23	4.01	X N	JT-SO
16-06-17	24	4.002	X N	OR-SO
16-06-21	25	4.001	X N	SO-DR
16-06-22	26	4.005	X N	DE-SO
	27		S N	
	28		S N	
	29		S N	
	30		S N	

Carta Anterior	
Desv (s):	0,014
Media (X):	4,004
Datos (n):	28

Carta N°: 1
Patron: 4,00

Calidad Analítica (carta anterior)	
CV %	0,3449%
ERROR%	0,1062%

Observaciones:
 16-05-20 calibración, verificación, cambio buffer FV-MC
 16-05-27 calibración, verificación, cambio buffer MT-LE
 16-06-05 Calibración, verificación y cambio de buffer CR-LR

CARTA DE CONTROL
pH WTW 0256



— x + 2s
— x - 2s
— x + 3s
— x - 3s
— Media (X):

Fecha	Dato	Concentración	Calibración	
16-05-16	1	7,007	X N	RF-LE
16-05-17	2	7,014	A N	RF-LE
16-05-18	3	7,007	S X	RF-LE
16-05-19	4	7,000	A N	RF-MC
16-5-20	5	7,011	X N	MC-FV
16-05-23	6	7,01	X N	SC-DR
16-05-24	7	7,00	X N	DR-SC
16-05-25	8	6,999	S N	SC-DR
16-05-26	9	7,01	S N	DR-SC
16-05-27	10	7,01	X N	SC-DR
16-05-27	11	7,001	X N	M-T-LE
16-05-31	12	7,00	X N	WO-MC
16-06-01	13	7,002	X N	WO-LG
16-06-02	14	7,003	X N	WO-MC
16-06-03	15	7,006	X N	CR-LE
16-06-07	16	7,02	A N	SO-PM
16-06-8	17	6,999	A N	SO-PM
16-06-10	18	7,00	A N	SO-PM
16-06-12	19	7,015	A N	MT-LE
16-06-13	20	7,00	X N	MT-LE
16-6-14	21	6,985	X N	LR-MT
16-6-15	22	7,005	S X	LR-MT
16-6-16	23	7,0	X N	GM-SO
16-6-17	24	6,996	S N	DR-SO
16-6-21	25	7,005	X N	SO-DR
16-6-22	26	6,984	S N	DR-SO
	27		S N	
	28		S N	
	29		S N	
	30		S N	

Carta Anterior	
Desv (s):	0,010
Media (X):	7,002
Datos (n):	28

Carta N°: 1
Patron: 7,00

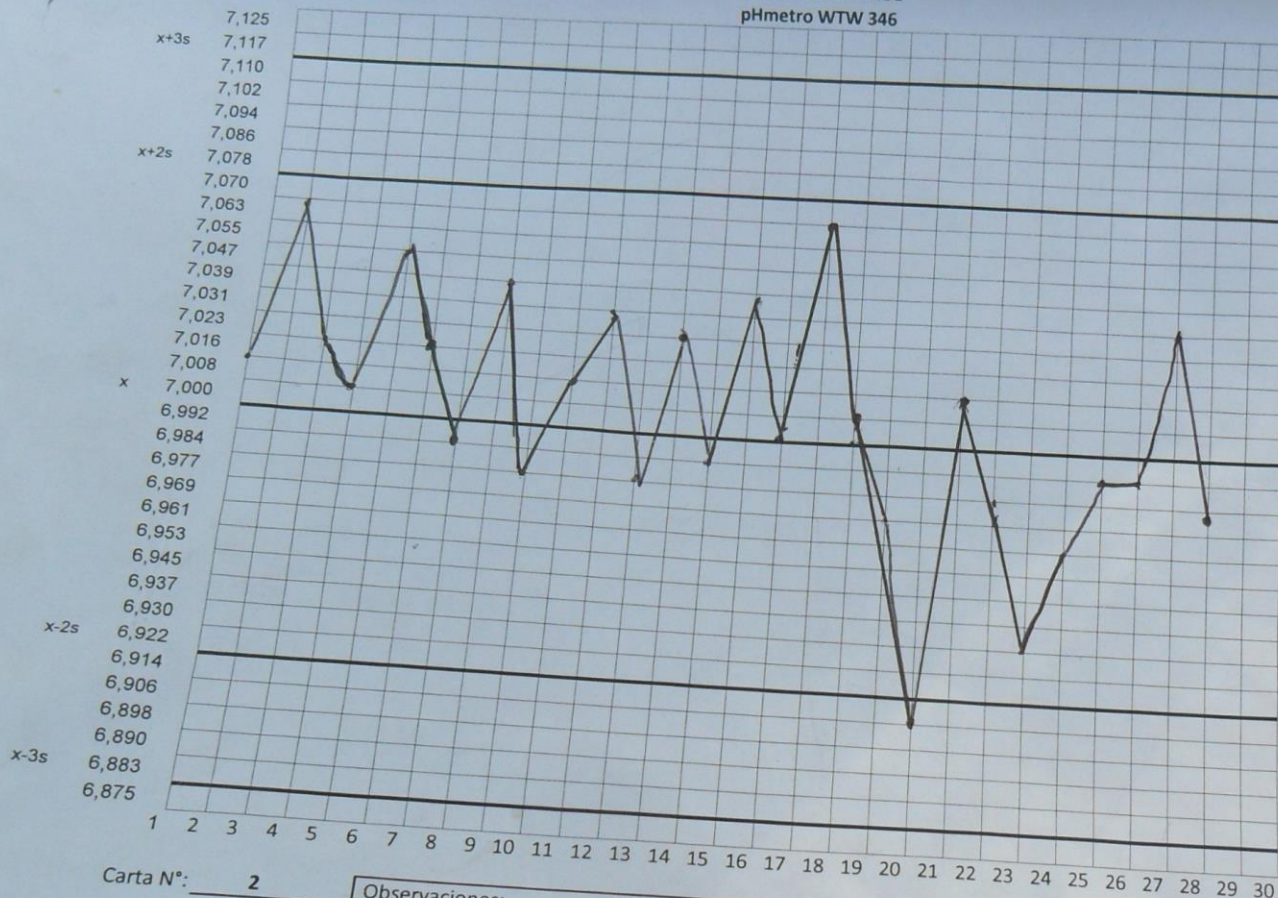
Calidad Analítica (carta anterior)	
CV %	0,1430%
ERROR%	0,0347%

Observaciones:
16-5-20 calibración, verificación, cambio buffer FV-MC
16-5-20 calibración, verificación, cambio buffer MT-LE
16-06-03 Calibración, verificación y cambio de buffer CMLR

Elaboró: Adriana Mora C.

VoBo Oficial Calidad: _____

Fecha: 13/05/2016



Fecha	Dato	Concentración	Calibración
16-5-6	1	7,016	S N DR
16-05-10	2	7,07	S N SG-LE
16-05-11	3	7,02	S N SG-LE
16-05-16	4	7,00	S N FU-LR
16-05-17	5	7,05	S N FU-LR
16-05-19	6	7,02	S N FU-LD
16-05-20	7	6,99	S N MC-FU
16-05-23	8	7,00	S N S-O-LE
16-5-24	9	6,98	S N LR-LE
16-5-25	10	7,01	S N LR-LE
16-5-26	11	7,03	S N LR-LE
16-5-27	12	6,97	S N MT-LE
16-5-31	13	7,03	S N DO-RF
16-6-01	14	7,08	S N MT-RF
16-06-3	15	7,047	S N CM-LR
16-06-8	16	7,00	S N FU, M.T.
16-6-9	17	7,02	S N LR-MT.
16-06-10	18	7,01	S N FU, M.T.
16-06-13	19	6,96	S N MC-RM
16-06-15	20	6,914	S N RM-MC
16-06-17	21	7,01	S N W.O.
16-6-19	22	6,97	S N LR-RM.
16-6-21	23	6,937	S N LR-FU
16-6-23	24	6,989	S N LE-W.O.
16-6-24	25	6,992	S N LE-C.N.
16-6-27	26	6,990	S N CM-DR
16-06-28	27	7,040	S N W.O.-R.O.
16-06-30	28	6,974	S N LR-LG
	29		S N
	30		S N

Carta N°: 2
Estandar: 7,000

Calidad Analítica	
CV %	0,5613%
ERROR%	-0,3397%
VALOR MAX	7,1400
VALOR MIN	6,8600

Observaciones:
 Sonda nueva se verifica calibra 2016-05-06 DR
 Se recalibra y verifica 16-05-19 FU-LR
 16-05-20 se recalibra, verifica, cambio buffer FU-MC
 16-07-27 se realiza limpieza, cambio de buffer y calibración 16-05-27
 16-06-03 = Se calibra y verifica - CM-LR

SE CALIBRA Y VERIFICA 16-06-08 FU-MT

Carta Actual

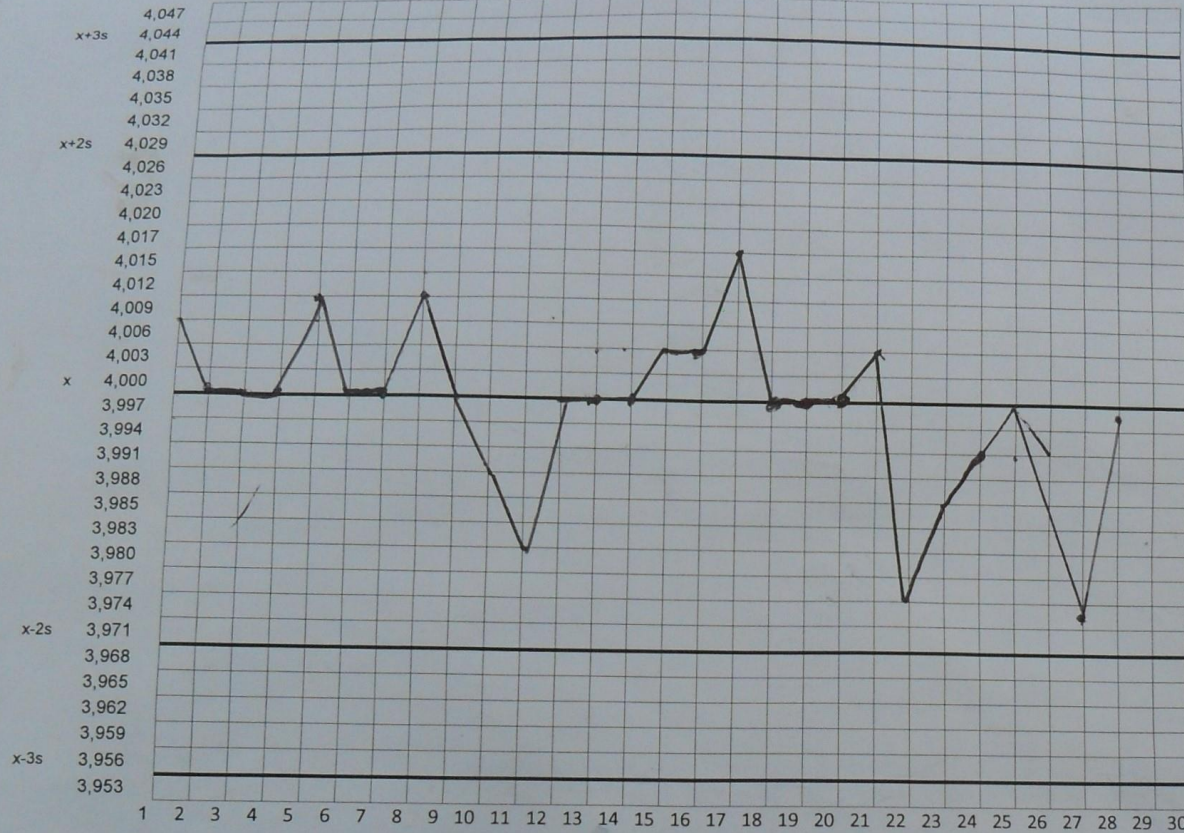
Desv (s):	0,0392
Media (X):	6,976
Datos (n):	27

Carta Anterior

Desv (s):	0,0130
Media (X):	6,996
Datos (n):	8

Elaboró: Ricardo Fiquitiva
 VoBo Oficial Calidad: [Signature]
 Fecha: 08/04/2016

CARTA DE CONTROL
pHmetro WTW 346



Fecha	Dato	Concentración	Calibración	
16-5-6	1	4,008	S N	DR
16-05-10	2	4,00	S N	SC-LE
16-05-11	3	4,00	S N	SG-LE
16-05-14	4	4,00	S N	FD-LR
16-05-16	5	4,01	S N	FU-LR
16-05-19	6	4,00	S N	FU-LR
16-05-20	7	4,00	S N	MC-FU
16-05-23	8	4,01	S N	SO-LE
16-05-24	9	4,00	S N	LR-LE
16-5-25	10	3,99	S X	CR-LE
16-5-26	11	3,98	S N	LR-LE
16-5-27	12	4,01	S N	MT-LE
16-5-31	13	4,01	S N	SO-RT
16-6-9	14	4,00	S N	MT-RT
16-6-03	15	4,004	S N	CM-LR
16-6-08	16	4,003	S N	FU-MT
16-6-9	17	4,019	S N	LR-MT
16-06-10	18	4,01	S N	FU-MT
16-06-13	19	4,00	S X	MC-RM
16-06-15	20	4,00	SO N	MC-RM
16-06-17	21	4,00	S N	W.O.
16-6-19	22	4,006	S X	LR-RM.
16-6-22	23	3,99	S X	LR-FU
16-6-23	24	3,98	S N	LE W.O
16-6-24	25	3,99	S N	LE-CM
16-6-23	26	3,999	S N	DR-CM
16-06-28	27	3,976	S N	W.O-BO.
16-06-30	28	3,999	S N	LE-LB
	29		S N	
	30		S N	

Carta N°: 2
Estandar: 4,000

Calidad Analítica	
CV %	0,3632%
ERROR%	0,0380%
VALOR MAX	4,0800
VALOR MIN	3,9200

Observaciones:
 sonda nueva se verifica y calibra 16-05-06-DR
 se calibra y verifica 16-05-19 FU-LR
 16-05-20 calibración, verificación, cambio buffer FU-MC
 16-05-27 se cambian dobles, limpieza y calibración MT-LE
 16-06-03 se calibra y verifico compo CM-LR
 16-06-08 se calibra y verifica

Carta Actual	
Desv (s):	0,0145
Media (X):	4,002
Datos (n):	27

Carta Anterior	
Desv (s):	0,0117
Media (X):	3,994
Datos (n):	10

Elaboró: Ricardo Fiquitiva
 VoBo Oficial Calidad: *[Signature]*
 Fecha: 08/04/2016

SE CALIBRA Y VERIFICA FU-MT. 16-06-10

Anexo 4. Registro de mediciones en campo

TOMA DE MUESTRAS Y CAPTURA DE DATOS EN CAMPO

Programa: <u>Usario Externo</u>	Plan de Muestreo N°: <u>133</u>	Fecha(aaaa-mm-dd): <u>2016-06-09</u>	Entrega de muestras al Laboratorio	Recibo de muestras (Custodia)	Control Primario (Elaboración y entrega RRA)
Interesado: <u>Escuela Colombiana de Ingeniería</u>	Municipio: <u>Tabio</u>	Testigo de muestreo: <u>Estudiante Muestro</u>	Hora	Firma	Fecha
Muestreador: <u>Miguel I. Manrique - Mayerly Castro</u>	Nombre: <u>Nataly Chivata Lopez</u>	Cédula: <u>103370000</u>			
Aforador: <u>N.A</u>					

Muestra No.	No. Radicación Laboratorio	Sitio de recolección-Descripción	Código punto	Georreferenciación	Hora	Temperatura °C		Tipo de agua	Lluvia	parámetros in situ					Clase de muestreo	Tipo de Aforo	Caudal
						Agua	Aire			pH (Unidades)	O.D. (mg/L)	Conductividad (µS/cm)	Cianuros (mg/L)	Cloro Residual (mg/L)			
1		Termales de Tabio. Entrada	N/A	Alt (m.s.n.m.) 2606 Long(Y): 1036213 Lat(X): 0996896 ME(GPS) 3±	8:48 Am	49.	-	S	Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/>	7.0	N/A	N/A	N/A	N/A	P	N/A	N/A
2		Termales de Tabio Salida	N/A	Alt (m.s.n.m.) 2607 Long(Y): 1036240 Lat(X): 0996931 ME(GPS) 3±	9:02 Am	31.4	-	S	Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/>	7.7	N/A	N/A	N/A	N/A	P	N/A	N/A
3		Termales de Guasca Entrada	N/A	Alt (m.s.n.m.) 2625 Long(Y): 1030970 Lat(X): 1024366 ME(GPS) +/- 3mts	12:20 p.m	47,6	-	S	Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/>	6,0	N/A	N/A	N/A	N/A	P	N/A	N/A
4		Termales de Guasca Salida	N/A	Alt (m.s.n.m.) 2625 Long(Y): 1030943 Lat(X): 1024369 ME(GPS) +/- 3mts	12:30 p.m	36,2	-	S	Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/>	6,4	N/A	N/A	N/A	N/A	P	N/A	N/A

Equipos Utilizados	
pH-metro No.	0255
Oxímetro No.	-
Conductímetro No.	-
Molinete No.	-
Micromolinete No.	-

Observaciones: Los puntos de muestreo son indicados por Ing. Nataly Chivata, estudiante de la ECI

Clase de muestreo: P: (puntual) C: (Compuesto) I: (Integrado) ME: (Margen de Error) Alt: (Altitud) Long: (Longitud) Lat: (Latitud)
 Tipo de agua: P: (Potable) T: (Tratada) R: (Residual) D: (Doméstica) I: (Industrial) S: (Superficial) Sub: (Subterránea) RD: (Residual Doméstica) RI: (Residual Industrial)
 Tipo de aforo: V: (Vadeo) S: (Suspensión) Vol: (Volumétrico)
 NA: No Aplica

TOMA DE MUESTRAS Y CAPTURA DE DATOS EN CAMPO

Programa: <u>USUARIO EXTERNO</u>	Plan de Muestreo N°: <u>133</u>	Fecha(aaaa-mm-dd): <u>2016-06-09</u>	Entrega de muestras al Laboratorio		Recibo de muestras (Custodia)			Control Primario (Elaboración y entrega RRA)		
Interesado: <u>ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIEROS</u>	Municipio: <u>CHOACHÍ</u>	Testigo de muestreo: <u>Estación Hídrica</u>	Hora	Firma	Fecha	Hora	Firma	Fecha	Hora	Firma
Muestreador: <u>Miguel Manrique-Payero Castro</u>	Nombre: <u>Nataly Chicato Lopez</u>	Cédula: <u>833906150</u>								
Aforador: <u>N.A.</u>										

Muestra No.	No. Radicación Laboratorio	Sitio de recolección-Descripción	Código punto	Georreferenciación	Hora	Temperatura °C		Tipo de agua	Lluvia	parámetros in situ					Clase de muestreo	Tipo de Aforo	Caudal
						Agua	Aire			pH (Unidades)	O.D. (mg/L)	Conductividad (µS/cm)	Cianuros (mg/L)	Cloro Residual (mg/L)			
5		TERMALES SANTA MONICA CHOACHÍ ENTRADA	N.A.	Alt (m.s.n.m.) 1824 Long(Y): 994847 Lat(X): 1017789 ME(GPS) +/- 3mts.	3:50 p.m.	49,3	-	S	Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	6,8	N.A	N.A	N.A	N.A	P	N.A	N.A
6		TERMALES SANTA MONICA CHOACHÍ SALIDA	N.A.	Alt (m.s.n.m.) 1812 Long(Y): 994789 Lat(X): 1017851 ME(GPS) +/- 4mts.	4:10 p.m.	36,1	-	S	Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/>	7,3	N.A	N.A	N.A	N.A	P	N.A	N.A
				Alt (m.s.n.m.) Long(Y): Lat(X): ME(GPS)					Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>								
				Alt (m.s.n.m.) Long(Y): Lat(X): ME(GPS)					Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>								

Equipos Utilizados	
pH-metro No.	<u>0255 (p. 28)</u>
Oxímetro No.	<u>-</u>
Conductímetro No.	<u>-</u>
Molinete No.	<u>-</u>
Micromolinete No.	<u>-</u>

Observaciones:

Clase de muestreo: P: (puntual) C: (Compuesto) I: (Integrado) ME: (Margen de Error) Alt: (Altitud) Long: (Longitud) Lat: (Latitud)
 Tipo de agua: P: (Potable) T: (Tratada) R: (Residual) D: (Doméstica) I: (Industrial) S: (Superficial) Sub: (Subterránea) RD: (Residual Doméstica) RI: (Residual Industrial)
 Tipo de aforo: V: (Vadeo) S: (Suspensión) Vol: (Volumétrico)
 NA: No Aplica

TOMA DE MUESTRAS Y CAPTURA DE DATOS EN CAMPO

Programa: Uso Externo	Plan de Muestreo N°: 133	Fecha (aaaa-mm-dd): 2016-06-23	Entrega de muestras al Laboratorio	Recibo de muestras (Custodia)			Control Primario (Elaboración y entrega RRA)			
Interesado: Escuela Colombiana de Ingeniería	Municipio: Tabio - Guasca	Testigo de muestreo:	Hora	Firma	Fecha	Hora	Firma	Fecha	Hora	Firma
Muestreador: Sofía Ospina - Daniel Rojas	Nombre: Naldy Chaves López	Cédula: 1033700150	Firma: <i>[Signature]</i>							
Aforador: N/A										

Muestra No.	No. Radicación Laboratorio	Sitio de recolección-Descripción	Código punto	Georreferenciación	Hora	Temperatura °C		Tipo de agua	Lluvia	parámetros in situ					Clase de muestreo	Tipo de Aforo	Caudal
						Agua	Aire			pH (Unidades)	O.D. (mg/L)	Conductividad (µS/cm)	Cianuros (mg/L)	Cloro Residual (mg/L)			
1		Pozo - Termales el Zipo - Municipio de Tabio	N/A	Alt (m.s.n.m.) 2596 Long(Y): 1036210 Lat(X): 996897 ME(GPS) ±3m	8:05 am	42.0	-	S	Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/>	7.07	N/A	N/A	N/A	N/A	P	N/A	N/A
2		Piscina - Termales el Zipo - Municipio de Tabio	N/A	Alt (m.s.n.m.) 2599 Long(Y): 1036208 Lat(X): 996888 ME(GPS) ±3m	8:15 am	28.6	-		Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/>	7.18	N/A	N/A	N/A	N/A	P	N/A	N/A
3		Pozo - Termas Aguas Calientes Municipio de Guasca	N/A	Alt (m.s.n.m.) 2629 Long(Y): 1030972 Lat(X): 1024367 ME(GPS) ±3m	9:45 am	38.0	-		Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/>	6.13	N/A	N/A	N/A	N/A	P	N/A	N/A
4		Piscina - Termas Aguas Calientes Municipio de Guasca	N/A	Alt (m.s.n.m.) 2630 Long(Y): 1030968 Lat(X): 1024359 ME(GPS) ±3m	9:50 am	31.6	-		Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/>	6.61	N/A	N/A	N/A	N/A	P	N/A	N/A

Equipos Utilizados	Observaciones: *La comision NO conto con TO de aire.
H-termómetro No. 0256 (40027)	
Barómetro No. -	
Inductómetro No. -	
Limete No. -	
Comofinete No. -	
Legenda de muestreo:	P: (puntual) C: (Compuesto) I: (Integrado) ME: (Margen de Error) Alt: (Altitud) Long: (Longitud) Lat: (Latitud) R: (Residual) D: (Doméstica) I: (Industrial) S: (Superficial) Sub: (Subterránea) RD: (Residual Doméstica) RI: (Residual Industrial)



TOMA DE MUESTRAS Y CAPTURA DE DATOS EN CAMPO

Programa: Usuario Externo	Plan de Muestreo N°: 133	Fecha(aaaa-mm-dd): 2016-06-23	Entrega de muestras al Laboratorio	Recibo de muestras (Custodia)			Control Primario (Elaboración y entrega RRA)			
Interesado: Escuela Colombiana de Ingeniería	Municipio: Choachi	Testigo de muestreo:	Hora	Firma	Fecha	Hora	Firma	Fecha	Hora	Firma
Muestreador: Sofia Ospina - Daniel Rojas	Nombre: Nataly Chicato López	Cédula: 1033760150	Firma: <i>[Signature]</i>							
Aforador: N/A										

Muestra No.	No. Radicación Laboratorio	Sitio de recolección-Descripción	Código punto	Georreferenciación	Hora	Temperatura °C		Tipo de agua	Lluvia	parámetros in situ					Clase de muestreo	Tipo de Aforo	Caudal
						Agua	Aire			pH (Unidades)	O.D. (mg/L)	Conductividad (µS/cm)	Cianuros (mg/L)	Cloro Residual (mg/L)			
5		Pozo - Santa Monica Choachi	N/A	Alt (m.s.n.m.) 1830 Long(Y): 994839 Lat(X): 1017794 ME(GPS) ± 4m	12:30 Pm	39.7	-	sub	Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/>	6.93	N/A	N/A	N/A	N/A	P	N/A	N/A
6		Piscina - Santa Monica - Choachi	N/A	Alt (m.s.n.m.) 1817 Long(Y): 994693 Lat(X): 1027843 ME(GPS) ± 3m	12:44 Pm	30.6	-	S	Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/>	7.5	N/A	N/A	N/A	N/A	P	N/A	N/A
				Alt (m.s.n.m.) Long(Y): Lat(X): ME(GPS)					Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>								
				Alt (m.s.n.m.) Long(Y): Lat(X): ME(GPS)					Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>								

Equipos Utilizados	Observaciones:
metro No. 0256 (0.027)	
metro No. -	
ctimetro No. -	
metro No. -	

Interesado: Escuela Colombiana de Ingeniería	Municipio: Tabio - Guasca - Chocachi	Entrega de muestras al Laboratorio		Recibo de muestras (Custodia)			Control Finalizado (Elaboración y entrega RRA)		
Muestreador: Lucindo Espita - Lina Carrión	Testigo de muestreo: Estudiante	Hora	Firma	Fecha	Hora	Firma	Fecha	Hora	Firma
Aforador: N/A	Nombre: Nately Chaves Lopez								
	Cédula: 103370010								

Muestra No.	No. Radicación Laboratorio	Sitio de recolección-Descripción	Código punto	Georreferenciación	Hora	Temperatura °C		Tipo de agua	Lluvia	parámetros in situ					Clase de muestreo	Tipo de Aforo	Caudal
						Agua	Aire			pH (Unidades)	O.D. (mg/L)	Conductividad (µS/cm)	Cianuros (mg/L)	Cloro Residual (mg/L)			
1		POZO Termales "El Zipa" Municipio Tabio (Terminal 1)	N/A	Alt (m.s.n.m.) 2599 Long(Y): 1036211 Lat(X): 996898 ME(GPS) ± 3m	8:30 am	44,4	-	Sub	Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/>	7,10 +- 0,02	N/A	N/A	N/A	N/A	P	N/A	N/A
2		POZO Termales "El Zipa" Municipio Tabio (Terminal 1)	N/A	Alt (m.s.n.m.) 2607 Long(Y): 1036209 Lat(X): 996898 ME(GPS) ± 3m	8:40 am	34,5	-	Sub	Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/>	7,18 +- 0,02	N/A	N/A	N/A	N/A	P	N/A	N/A
3		POZO Termales Guasca Municipio Guasca (Terminal 2)	N/A	Alt (m.s.n.m.) 2625 Long(Y): 1030971 Lat(X): 1024366 ME(GPS) ± 3m	10:55 am	45,5	-	Sub	Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	6,17 +- 0,02	N/A	N/A	N/A	N/A	P	N/A	N/A
4		PiPOZA Termales Guasca Municipio Guasca (Terminal 2)	N/A	Alt (m.s.n.m.) 2624 Long(Y): 1030958 Lat(X): 1024359 ME(GPS) ± 3m	10:45 am	36,5	-	Sub	Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	6,62 +- 0,02	N/A	N/A	N/A	N/A	P	N/A	N/A

Equipos Utilizados	
pH-metro No.	08610,0028
Oxímetro No.	N/A
Conductímetro No.	N/A
Molinete No.	
Micromolinete No.	

Observaciones: - No se toma T° del aire no se tiene el termómetro en el momento del aforamiento

Clase de muestreo: P: (puntual) C: (Compuesto) I: (Integrado) ME: (Margen de Error) Alt: (Altitud) Long: (Longitud) Lat: (Latitud)
 Tipo de agua: P: (Potable) T: (Tratada) R: (Residual) D: (Doméstica) I: (Industrial) S: (Superficial) Sub: (Subterránea) RD: (Residual Doméstica) RI: (Residual Industrial)
 Tipo de aforo: V: (Vadeo) S: (Suspensión) Vol: (Volumétrico)
 NA: No Aplica

Programa: <u>Uso de Agua</u>	Municipio: <u>Tadó - Guasca - Choachi</u>	Entrega de muestras al Laboratorio	Recibo de muestras (Custodia)			Control Primario (Elaboración y entrega RRA)			
Interesado: <u>Escuela Colombiana de Ingeniería</u>	Testigo de muestreo: <u>Estudiante</u>	Hora	Firma	Fecha	Hora	Firma	Fecha	Hora	Firma
Muestreador: <u>Linardo Espita - Lina Qarcón</u>	Nombre: <u>Nancy Cuervo Lopez</u>								
Aforador: <u>N/A</u>	Cédula: <u>10370050</u>	Firma:							

Muestra No.	Sitio de recolección-Descripción	Código punto	Georreferenciación	Hora	Temperatura °C		Tipo de agua	Lluvia	parámetros in situ					Clase de muestreo	Tipo de Aforo	Caudal
					Agua	Aire			pH (Unidades)	O.D. (mg/L)	Conductividad (µS/cm)	Cloruros (mg/L)	Cloro Residual (mg/L)			
5	Pozo Termales Santa Monica - Municipio Choachi (Termal 3)	N/A	Alt (m.s.n.m.) 1815	2:10 pm	50,2	-	Sub	Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/>	6,85	N/A	N/A	N/A	N/A	P	N/A	N/A
			Long(Y): 994845													
			Lat(X): 1017791													
			ME(GPS) ± 3m													
6	Piscina Termales Santa Monica - Municipio Choachi (Termal 3)	NA	Alt (m.s.n.m.) 1811	2:20 pm	33,9	-	Sub	Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/>	7,54	N/A	N/A	N/A	D	N/A	N/A	
			Long(Y): 994752													
			Lat(X): 101784													
			ME(GPS) ± 3m													
			Alt (m.s.n.m.)													
			Long(Y):													
			Lat(X):													
			ME(GPS)													
			Alt (m.s.n.m.)													
			Long(Y):													
			Lat(X):													
			ME(GPS)													

Equipos Utilizados	Observaciones:
pH-metro No. <u>6861 (0,0025)</u>	
Oxímetro No. <u>N/A</u>	
Conductímetro No. <u>N/A</u>	
Molinete No. <u>---</u>	
Micromolinete No. <u>---</u>	

Clase de muestreo: P: (puntual) C: (Compuesto) I: (Integrado) ME: (Margen de Error) Alt: (Altitud) Long: (Longitud) Lat: (Latitud)
 Tipo de agua: P: (Potable) T: (Tratada) R: (Residual) D: (Doméstica) I: (Industrial) S: (Superficial) Sub: (Subterránea) RD: (Residual Doméstica) RI: (Residual Industrial)
 Tipo de aforo: V: (Vadeo) S: (Suspensión) Vol: (Volumétrico)
 NA: No Aplica

Anexo 5. Resultados de laboratorio



REPORTE DE RESULTADOS

INFORME N°: **373**

CLIENTE: ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIEROS Teléfono: 3014130553
PROGRAMA: USUARIO EXTERNO Dirección: Carrera 50 A No. 174 B - 67 Torre 1 Apto 1103
Cotización No. 225 del 08/04/2016 por la Sra Yuli Andrea Sanchez

Municipio de muestreo: TABIO
Fecha Muestreo: 2016-06-09 Comisión de muestreo: LABORATORIO AMBIENTAL N° de muestras: 3 DE 6
Recepción: 2016-06-09 MIGUEL MANRIQUE
Reporte: 2016-06-20 MAYERLY CASTRO Plan de muestreo No. 133

IDENTIFICACIÓN DE LA(S) MUESTRA(S):
Muestra N° 1476-16 TERMALES DE TABIO ENTRADA Muestra N° 1477-16 TERMALES DE TABIO SALIDA Muestra N° 1478-16 TERMALES DE GUASCA ENTRADA

El muestreo se realizó con base en el procedimiento de Toma y preservación de muestras GAM-POE 37 del Laboratorio Ambiental

RESULTADOS ANALISIS AGUA

N°	PARÁMETRO	UNIDADES	Método Analítico	Fecha Analisis	LCT / LCM	LIMITE NORMATIVIDAD	MUESTRAS N°.		
							1476-16	1477-16	1478-16
40	pH en campo*	Unidades	Electrométrico (SM 4500 H ⁺ -B)	2016-06-09	LCM	5,0-9,0	7,0 +/- 0,02	7,7 +/- 0,02	6,0 +/- 0,02
58	Pseudomonas aeruginosa*	NMP / 100 mL	Sustrato Definido, SM 9213 F Modificado	2016-06-09	LCM	<1	3,1E+01 (19-45)	8,0E+00 (4-15)	<1 (0-4)

* Parámetros acreditados según resolución IDEAM N° 243 10 de Septiembre de 2007, N° 504 18 de diciembre de 2008, N° 914 10 de junio de 2009, No. 323 12 Febrero 2010, No. 2327 10 de Diciembre de 2010, No 776 08 de mayo de 2012 y No. 3134 13 de Diciembre de 2013
NR No Representativo
LCT Limite Cuantificación teórico
LCM Limite Cuantificación
Norma de referencia: Decreto 1594-84. Ministerio de Agricultura , ARTICULO 38 AGUA SUPERFICIAL, CRITERIOS DE CALIDAD ADMISIBLES PARA DESTINACIÓN DEL RECURSO HÍDRICO PARA CONSUMO HUMANO Y PARA SU POTABILIZACIÓN SE REQUIERE TRATAMIENTO CONVENCIONAL

CONDICIONES AMBIENTALES DE CAMPO			MUESTRAS N°.		
	UNIDADES	LIMITE PERMISIVO	1476-16	1477-16	1478-16
Caudal	lps				
Temperatura agua	° C	<40	49,0	31,4	47,6
Temperatura aire	° C				
Lluvia	Si/No		NO	NO	NO
Tipo de agua			S	S	S
Tipo de Muestreo			P	P	P
Hora de toma			8:48AM	9:02AM	12:20PM
Georreferenciación	Long (Y):		1036213	1036240	1030970
	Latitud (X):		996931	996931	1024366
	Altitud (msnm):		2606	2607	2625
	Error GPS (m):		+3	+3	+3

VALORES DEL ANALISIS TOMADOS DE LA RESOLUCION CAR No. 1024 DEL 11 DE MAYO DE 2016
RESULTADO(S) VÁLIDO(S) ÚNICAMENTE PARA LA(S) MUESTRA(S) ANALIZADA(S)

EL INFORME INCLUYE LAS MUESTRAS No 1476-161477-16 1478-16

OBSERVACIONES: * LOS PUNTOS DE MUESTREO SON INDICADOS POR ING. NATALY CHIVATA, ESTUDIANTE DE LA ECI.
LA COMISION NO CONTO CON TERMOMETRO DE AIRE DISPONIBLES EN LABORATORIO
*ANALISAR PSEUDONAS

VALORES DEL ANALISIS TOMADOS DE LA RESOLUCION CAR No. 1024 DEL 11 DE MAYO DE 2016

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ÉSTE INFORME SIN AUTORIZACIÓN PREVIA DEL LABORATORIO.

FIRMAS AUTORIZADAS:

Responsable
Servicio y Atención al Cliente

Vo. Bo. Director Operativo Laboratorio Ambiental /
Vo.Bo. Responsable de Calidad



REPORTE DE RESULTADOS

INFORME N°: **373**

CLIENTE: ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIEROS Teléfono: 3014130553
PROGRAMA: USUARIO EXTERNO Dirección: Carrera 50 A No. 174 B - 67 Torre 1 Apto 1103
Cotización No. 225 del 08/04/2016 por la Sra Yuli Andrea Sanchez
Solicitud: _____

Municipio de muestreo: TABIO
Fecha Muestreo: 2016-06-09 Comisión de muestreo: LABORATORIO AMBIENTAL N° de muestras: 6 DE 6
Recepción: 2016-06-09 MIGUEL MANRIQUE
Reporte: 2016-06-20 MAYERLY CASTRO Plan de muestreo No. 133

IDENTIFICACIÓN DE LA(S) MUESTRA(S):
Muestra N° 1479-16 TERMALES DE GUASCA SALIDA Muestra N° 1480-16 TERMALES DE SANTA MONICA CHOACHI ENTRADA Muestra N° 1481-16 TERMALES DE SANTA MONICA CHOACHI SALIDA

El muestreo se realizó con base en el procedimiento de Toma y preservación de muestras GAM-POE 37 del Laboratorio Ambiental

RESULTADOS ANALISIS AGUA

N°	PARÁMETRO	UNIDADES	Método Analítico	Fecha Analisis	LCT / LCM	LIMITE NORMATIVIDAD	MUESTRAS N°.		
							1479-16	1480-16	1481-16
40	pH en campo*	Unidades	Electrométrico (SM 4500 H ⁺ -B)	2016-06-09	LCM	5,0-9,0	6,4 +/- 0,02	6,8 +/- 0,02	7,3 +/- 0,02
58	Pseudomonas aeruginosa*	NMP / 100 mL	Sustrato Definido, SM 9213 F Modificado	2016-06-09	LCM	<1	<1 (0-4)	<1 (0-4)	2,0E+00 (0-7)

* Parámetros acreditados según resolución IDEAM N° 243 10 de Septiembre de 2007, N° 504 18 de diciembre de 2008, N° 914 10 de junio de 2009, No. 323 12 Febrero 2010, No. 2327 10 de Diciembre de 2010, No 776 08 de mayo de 2012 y No. 3134 13 de Diciembre de 2013
NR No Representativo
LCT Limite Cuantificación teórico
LCM Limite Cuantificación
Norma de referencia: Decreto 1594-84. Ministerio de Agricultura, ARTICULO 38 AGUA SUPERFICIAL, CRITERIOS DE CALIDAD ADMISIBLES PARA DESTINACIÓN DEL RECURSO HÍDRICO PARA CONSUMO HUMANO Y PARA SU POTABILIZACIÓN SE REQUIERE TRATAMIENTO CONVENCIONAL

CONDICIONES AMBIENTALES DE CAMPO			MUESTRAS N°.		
	UNIDADES	LIMITE PERMISIVO	1479-16	1480-16	1481-16
Caudal	lps				
Temperatura agua	° C	<40	36,2	49,3	36,1
Temperatura aire	° C				
Lluvia	Si/No		NO	NO	NO
Tipo de agua			S	S	S
Tipo de Muestreo			P	P	P
Hora de toma			12:30:00	3:650PM	4:10PM
Georreferenciación	Long (Y):		1030943	994847	994759
	Latitud (X):		1024369	1017789	1017851
	Altitud (msnm):		2625	1824	1812
	Error GPS (m):		+3	+3	+3

VALORES DEL ANALISIS TOMADOS DE LA RESOLUCION CAR No. 1024 DEL 11 DE MAYO DE 2016

RESULTADO(S) VÁLIDO(S) ÚNICAMENTE PARA LA(S) MUESTRA(S) ANALIZADA(S)

EL INFORME INCLUYE LAS MUESTRAS No. 1479-16/1480-16/1481-16

OBSERVACIONES:

VALORES DEL ANALISIS TOMADOS DE LA RESOLUCION CAR No. 1024 DEL 11 DE MAYO DE 2016

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ÉSTE INFORME SIN AUTORIZACIÓN PREVIA DEL LABORATORIO.

FIRMAS AUTORIZADAS:

Responsable
Servicio y Atención al Cliente

Vo. Bo. Director Operativo Laboratorio Ambiental /
Vo.Bo. Responsable de Calidad

REPORTE DE RESULTADOS

INFORME N°: **479**

CLIENTE: ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERIA Teléfono: 3014130553 Cotización No. 225 del 08/04/2016
 PROGRAMA: USUARIO EXTERNO Dirección: Carrera 50 A No. 174 B - 67 Torre 1 Apto 1103 Solicitud: _____
 Municipio de muestreo: TABIO - GUASCA
 Fecha Muestreo: 2016-06-23 Comisión de muestreo: LABORATORIO AMBIENTAL N° de muestras: 3 DE 6
 Recepción: 2016-06-23 SOFIA OSPINA
 Reporte: 2016-06-30 DANIEL ROJAS Plan de muestreo No. 133

IDENTIFICACIÓN DE LA(S) MUESTRA(S):

Muestra N° 1704-16 POZO - TERMALES EL ZIPO MUNICIPIO DE TABIO Muestra N° 1705-16 PISCINA- TERMALES EL ZIPA- MUNICIPIO DE TABIO Muestra N° 1706-16 PORZO - TERMALES AGUAS CALIENTES MUNICIPIO GUASCA

El muestreo se realizó con base en el procedimiento de Toma y preservación de muestras GAM-POE 37 del Laboratorio Ambiental

RESULTADOS ANALISIS AGUA

N°	PARÁMETRO	UNIDADES	Método Analítico	Fecha Análisis	LCT / LCM	LIMITE NORMATIVIDAD	MUESTRAS N°.		
							1704-16	1705-16	1706-16
40	pH en campo*	Unidades	Electrométrico (SM 4500 H ⁺ -B)	2016-06-23	LCM	5,0-9,0	7,07 +/- 0,02	7,18 +/- 0,02	6,13 +/- 0,01
58	Pseudomonas aeruginosa*	NMP / 100 mL	Sustrato Definido, SM 9213 F Modificado	2016-06-23	LCM	<1	12,0 (7-21)	<1 (0-4)	<1 (0-4)

* Parámetros acreditados según resolución IDEAM N° 243 10 de Septiembre de 2007, N° 504 18 de diciembre de 2008, N° 914 10 de junio de 2009, No. 323 12 Febrero 2010, No. 2327 10 de Diciembre de 2010, No. 776 08 de mayo de 2012 y No. 3134 13 de Diciembre de 2013
 NR No Representativo
 LCT Limite Cuantificación teórico
 LCM Limite Cuantificación

Norma de referencia: Decreto 1594-84. Ministerio de Agricultura, ARTICULO 38 AGUA SUPERFICIAL, CRITERIOS DE CALIDAD ADMISIBLES PARA DESTINACIÓN DEL RECURSO HÍDRICO PARA CONSUMO HUMANO Y PARA SU POTABILIZACIÓN SE REQUIERE TRATAMIENTO CONVENCIONAL

CONDICIONES AMBIENTALES DE CAMPO			MUESTRAS N°.		
	UNIDADES	LIMITE PERMISIVO	1704-16	1705-16	1706-16
Caudal	lps				
Temperatura agua	° C	<40	42,0	28,6	38,0
Temperatura aire	° C				
Lluvia	Sí/No		NO	NO	NO
Tipo de agua			SUB	S	SUB
Tipo de Muestreo			P	P	P
Hora de toma			8:05AM	8:15AM	9:45AM
Georreferenciación	Long (Y):		1036210	1036208	1030972
	Latitud (X):		996897	996898	1024367
	Altitud (msnm):		2596	2599	2629
	Error GPS (m):		+3	+3	+3

VALORES DEL ANALISIS TOMADOS DE LA RESOLUCION CAR No. 1024 DEL 11 DE MAYO DE 2016

RESULTADO(S) VÁLIDO(S) ÚNICAMENTE PARA LA(S) MUESTRA(S) ANALIZADA(S)

EL INFORME INCLUYE LAS MUESTRAS No 1704-16/1705-16/1706-16

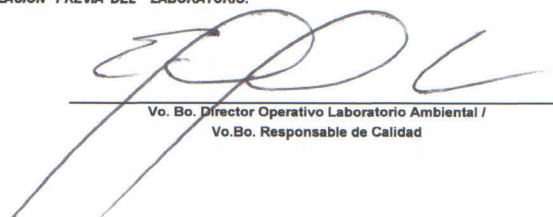
OBSERVACIONES:

VALORES DEL ANALISIS TOMADOS DE LA RESOLUCION CAR No. 1024 DEL 11 DE MAYO DE 2016

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ÉSTE INFORME SIN AUTORIZACIÓN PREVIA DEL LABORATORIO.

FIRMAS AUTORIZADAS:


 Responsable
 Servicio y Atención al Cliente


 Vo. Bo. Director Operativo Laboratorio Ambiental /
 Vo.Bo. Responsable de Calidad

REPORTE DE RESULTADOS

INFORME N°: **479**

CLIENTE: ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERIA Teléfono: 3014130553 Cotización No. 225 del 08/04/2016
 PROGRAMA: USUARIO EXTERNO Dirección: Carrera 50 A No. 174 B - 67 Torre 1 Apto 1103
 Municipio de muestreo: TABIO - GUASCA
 Fecha Muestreo: 2016-06-23 Comisión de muestreo: LABORATORIO AMBIENTAL N° de muestras: 3 DE 6
 Recepción: 2016-06-23 SOFIA OSPINA
 Reporte: 2016-06-30 DANIEL ROJAS Plan de muestreo No. 133

IDENTIFICACIÓN DE LA(S) MUESTRA(S):
 Muestra N° 1707-16 PISCINA - TERMALES AGUAS CALIENTES Muestra N° 1708-16 POZO SANTA MONICA CHOACHI Muestra N° 1709-16 PISCINA SANTA MONICA CHOACHI
MUNICIPIO DE GUASCA

El muestreo se realizó con base en el procedimiento de Toma y preservación de muestras GAM-PCE 37 del Laboratorio Ambiental

RESULTADOS ANALISIS AGUA

N°	PARÁMETRO	UNIDADES	Método Analítico	Fecha Análisis	LCT / LCM		LIMITE NORMATIVIDAD	MUESTRAS N°.		
								1707-16	1708-16	1709-16
40	pH en campo*	Unidades	Electrométrico (SM 4500 H ⁺ B)	2016-06-23	LCM		5,0-9,0	6,61 +/- 0,02	6,93 +/- 0,02	7,50 +/- 0,02
58	Pseudomonas aeruginosa*	NMP / 100 mL	Sustrato Definido, SM 9213 F Modificado	2016-06-23	LCM	<1		<1 (0-4)	<1 (0-4)	10,0 (5-17)

* Parámetros acreditados según resolución IDEAM N° 243 10 de Septiembre de 2007, N° 504 18 de diciembre de 2008, N° 914 10 de junio de 2009, No. 323 12 Febrero 2010, No. 2327 10 de Diciembre de 2010, No 776 08 de mayo de 2012 y No. 3134 13 de Diciembre de 2013
 NR No Representativo
 LCT Limite Cuantificación teórico
 LCM Limite Cuantificación

Norma de referencia: Decreto 1594-84. Ministerio de Agricultura, ARTICULO 38 AGUA SUPERFICIAL, CRITERIOS DE CALIDAD ADMISIBLES PARA DESTINACIÓN DEL RECURSO HÍDRICO PARA CONSUMO HUMANO Y PARA SU POTABILIZACIÓN SE REQUIERE TRATAMIENTO CONVENCIONAL

CONDICIONES AMBIENTALES DE CAMPO			MUESTRAS N°.		
	UNIDADES	LIMITE PERMISIVO	1707-16	1708-16	1709-16
Caudal	lps				
Temperatura agua	° C	<40	31,6	39,7	30,6
Temperatura aire	° C				
Lluvia	Si/No				
Tipo de agua			NO	NO	NO
Tipo de Muestreo			S	SUB	S
Hora de toma			P	P	P
Georreferenciación	Long (Y):		1030968	12:37PM	12:44PM
	Latitud (X):		994839	994839	994693
	Altitud (msnm):		1024359	1017794	1027843
	Error GPS (m):		2630	1834	1817
			+3	+3	+3

VALORES DEL ANALISIS TOMADOS DE LA RESOLUCION CAR No. 1024 DEL 11 DE MAYO DE 2016

RESULTADO(S) VÁLIDO(S) ÚNICAMENTE PARA LA(S) MUESTRA(S) ANALIZADA(S)

EL INFORME INCLUYE LAS MUESTRAS No 1707-16 1708-16 1709-16

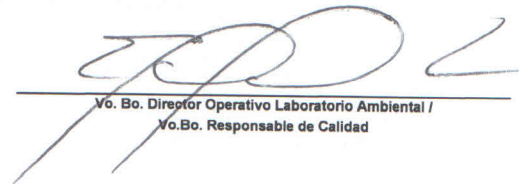
OBSERVACIONES:

VALORES DEL ANALISIS TOMADOS DE LA RESOLUCION CAR No. 1024 DEL 11 DE MAYO DE 2016

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ÉSTE INFORME SIN AUTORIZACIÓN PREVIA DEL LABORATORIO.

FIRMAS AUTORIZADAS:


 Responsable
 Servicio y Atención al Cliente


 Vo. Bo. Director Operativo Laboratorio Ambiental /
 Vo.Bo. Responsable de Calidad



REPORTE DE RESULTADOS

INFORME N°: **507**

CLIENTE: ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERIA
PROGRAMA: USUARIO EXTERNO

Teléfono: 3014130553
Dirección: Carrera 50 A No. 174 B - 67 Torre 1 Apto 1103

Solicitud: Cotización No. 225 del 08/04/2016 por la Sra Yuli Andrea Sanchez

Municipio de muestreo: TABIO, GUASCA, CHOACHI
Fecha Muestreo: 2016-06-30
Recepción: 2016-06-30
Reporte: 2016-07-07

Comisión de muestreo: LABORATORIO AMBIENTAL
LINARDO ESPITIA
LINA GARZON
N° de muestras: 3 DE 6
Plan de muestreo No. 133

IDENTIFICACIÓN DE LA(S) MUESTRA(S):

Muestra N° 1855-16 POZO TERMALES EL ZIPA MUNICIPIO TABIO (TERMAL 1). Muestra N° 1856-16 PISCINA TERMALES EL ZIPA MUNICIPIO TABIO (TERMAL 1). Muestra N° 1857-16 POZO TERMALES GUASCA MUNICIPIO GUASCA (TERMAL 2).

El muestreo se realizó con base en el procedimiento de Toma y preservación de muestras GAM-POE 37 del Laboratorio Ambiental

RESULTADOS ANALISIS AGUA

N°	PARÁMETRO	UNIDADES	Método Analítico	Fecha Analisis	LCT / LCM	LIMITE NORMATIVIDAD	MUESTRAS N°.		
							1855-16	1856-16	1857-16
40	pH en campo*	Unidades	Electrométrico (SM 4500 H ⁺ -B)	2016-06-30	LCM	5,0-9,0	7,10 +/- 0,02	7,18 +/- 0,02	6,17 +/- 0,02
58	Pseudomonas aeruginosa*	NMP / 100 mL	Sustrato Definido, SM 9213 F Modificado	2016-07-01	LCM	<1	9,90E+01 **	1,1E+01 **	<1

* Parámetros acreditados según resolución IDEAM N° 243 10 de Septiembre de 2007, N° 504 18 de diciembre de 2008, N° 914 10 de junio de 2009, No. 323 12 Febrero 2010, No. 2327 10 de Diciembre de 2010, No 776 08 de mayo de 2012 y No. 3134 13 de Diciembre de 2013

NR No Representativo

LCT Limite Cuantificación teórico

LCM Limite Cuantificación

Norma de referencia:

Decreto 1594-84. Ministerio de Agricultura, ARTICULO 38 AGUA SUPERFICIAL, CRITERIOS DE CALIDAD ADMISIBLES PARA DESTINACIÓN DEL RECURSO HÍDRICO PARA CONSUMO HUMANO Y PARA SU POTABILIZACIÓN SE REQUIERE TRATAMIENTO CONVENCIONAL

CONDICIONES AMBIENTALES DE CAMPO			MUESTRAS N°.		
	UNIDADES	LIMITE PERMISIVO	1855-16	1856-16	1857-16
Caudal	lps				
Temperatura agua	° C	<40	44,4	34,5	45,5
Temperatura aire	° C				
Lluvia	Si/No		NO	NO	SI
Tipo de agua			SUB	SUB	SUB
Tipo de Muestreo			P	P	P
Hora de toma			08:30:00	08:40:00	10:55:00
Georeferenciación	Long (Y):		1036211	1036209	1030971
	Latitud (X):		996898	996898	1024366
	Altitud (msnm):		2599	2607	2625
	Error GPS (m):		+/-3 MTS	+/-3 MTS	+/-3 MTS

VALORES DEL ANALISIS TOMADOS DE LA RESOLUCION CAR No. 1024 DEL 11 DE MAYO DE 2016

RESULTADO(S) VÁLIDO(S) ÚNICAMENTE PARA LA(S) MUESTRA(S) ANALIZADA(S)

EL INFORME INCLUYE LAS MUESTRAS No 1855-16/1856-16/ 1857-16

OBSERVACIONES: *NO SE TOMA TEMPERATURA DE AIRE, NO HABIAN TERMOMETROS DISPONIBLES
*LOS PUNTOS FUERON INDICADOS POR LA ESTUDIANTE NATALY CHIVATA QUIEN HIZO EL ACOMPAÑAMIENTO
INCERTIDUMBRE PSEUDOMONAS AERUGINOSA 1855-16 (P-1) 4E+01 1856-16 (P-16) 1857-16 (P-4)

VALORES DEL ANALISIS TOMADOS DE LA RESOLUCION CAR No. 1024 DEL 11 DE MAYO DE 2016

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ÉSTE INFORME SIN AUTORIZACIÓN PREVIA DEL LABORATORIO.

FIRMAS AUTORIZADAS:

Responsable
Servicio y Atención al Cliente

Vo. Bo. Director Operativo Laboratorio Ambiental /
Vo.Bo. Responsable de Calidad



REPORTE DE RESULTADOS

INFORME N°: **507**

CLIENTE: ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERIA Teléfono: 3014130553
PROGRAMA: USUARIO EXTERNO Dirección: Carrera 50 A No. 174 B - 67 Torre 1 Apto 1103
Solicitud: Cotización No. 225 del 08/04/2016 por la Sra Yuli Andrea Sanchez

Municipio de muestreo: TABIO, GUASCA, CHOACHI
Fecha Muestreo: 2016-06-30 Comisión de muestreo: LABORATORIO AMBIENTAL N° de muestras: 6 DE 6
Recepción: 2016-06-30 LINARDO ESPITIA
Reporte: 2016-07-07 LINA GARZON Plan de muestreo No. 133

IDENTIFICACIÓN DE LA(S) MUESTRA(S):

Muestra N° 1858-16 PISCINA TERMALES GUASCA MUNICIPIO GUASCA (TERMAL 2) Muestra N° 1859-16 POZO TERMALES SANTA MONICA - MUNICIPIO CHOACHI (TERMAL 3) Muestra N° 1860-16 PISCINA TERMALES SANTA MONICA MUNICIPIO CHOACHI (TERMAL 3)

El muestreo se realizó con base en el procedimiento de Toma y preservación de muestras GAM-POE 37 del Laboratorio Ambiental

RESULTADOS ANALISIS AGUA

N°	PARÁMETRO	UNIDADES	Método Analítico	Fecha Analisis	LCT / LCM	LIMITE NORMATIVIDAD	MUESTRAS N°.		
							1858-16	1859-16	1860-16
40	pH en campo*	Unidades	Electrométrico (SM 4500 H ⁺ -B)	2016-06-30	LCM	5,0-9,0	6,62 +/- 0,02	6,85 +/- 0,02	7,54 +/- 0,02
58	Pseudomonas aeruginosa*	NMP / 100 mL	Sustrato Definido, SM 9213 F Modificado	2016-07-01	LCM <1	<1	<1	<1	6,70E+01

* Parámetros acreditados según resolución IDEAM N° 243 10 de Septiembre de 2007, N° 504 18 de diciembre de 2008, N° 914 10 de junio de 2009, No. 323 12 Febrero 2010, No. 2327 10 de Diciembre de 2010, No 776 08 de mayo de 2012 y No. 3134 13 de Diciembre de 2013

NR No Representativo
LCT Limite Cuantificación teórico
LCM Limite Cuantificación

Norma de referencia: Decreto 1594-84. Ministerio de Agricultura, ARTICULO 38 AGUA SUPERFICIAL, CRITERIOS DE CALIDAD ADMISIBLES PARA DESTINACIÓN DEL RECURSO HÍDRICO PARA CONSUMO HUMANO Y PARA SU POTABILIZACIÓN SE REQUIERE TRATAMIENTO CONVENCIONAL

CONDICIONES AMBIENTALES DE CAMPO			MUESTRAS N°.		
	UNIDADES	LIMITE PERMISIVO	1858-16	1859-16	1860-16
Caudal	lps				
Temperatura agua	° C	<40	36,5	50,2	33,9
Temperatura aire	° C				
Lluvia	Si/No		NO	NO	NO
Tipo de agua			SUB	SUB	SUB
Tipo de Muestreo			P	P	P
Hora de toma			10:45:00	14:10:00	14:20:00
Georreferenciación	Long (Y):		1030958	994845	994752
	Latitud (X):		1024359	1017791	101784
	Altitud (msnm):		2624	1815	1811
	Error GPS (m):		+/-3 MTS	+/-3 MTS	+/-3 MTS

VALORES DEL ANALISIS TOMADOS DE LA RESOLUCION CAR No. 1024 DEL 11 DE MAYO DE 2016
RESULTADO(S) VÁLIDO(S) ÚNICAMENTE PARA LA(S) MUESTRA(S) ANALIZADA(S)

EL INFORME INCLUYE LAS MUESTRAS No 1858-16/1859-16/ 1860-16

OBSERVACIONES: *NO SE TOMA TEMPERATURA DE AIRE. NO HABIAN TERMOMETROS DISPONIBLES
*LOS PUNTOS FUERON INDICADOS POR LA ESTUDIANTE NATALY CHAVATA QUIEN HIZO EL ACOMPAÑAMIENTO
INCERTIDUMBRE *PSEUDOMNAS AERUGINOSA 1858-16 (0-4) 1859-16 (0-4) 1860-16 (48-91)

VALORES DEL ANALISIS TOMADOS DE LA RESOLUCION CAR No. 1024 DEL 11 DE MAYO DE 2016

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ÉSTE INFORME SIN AUTORIZACIÓN PREVIA DEL LABORATORIO.

FIRMAS AUTORIZADAS:

Responsable
Servicio y Atención al Cliente

Vo. Bo. Director Operativo Laboratorio Ambiental /
Vo.Bo. Responsable de Calidad