

UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA

“Determinación de la calidad microbiológica del agua destinada para el consumo humano en el casco urbano del municipio de San José Pínula, Departamento de Guatemala”



Emily Jeanneth Chocón Monterroso

Axel Armando López Avila

Química Biológica

Guatemala, febrero de 2024

UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA

“Determinación de la calidad microbiológica del agua destinada para el consumo humano en el casco urbano del municipio de San José Pínula, Departamento de Guatemala”

INFORME FINAL DE SEMINARIO

PRESENTADO POR

Emily Jeanneth Chocón Monterroso

Axel Armando López Avila

Para optar al título de

Química Biológica

Guatemala, febrero de 2024

JUNTA DIRECTIVA

Dr. Juan Francisco Pérez Sabino	Decano en Funciones
Dr. Juan Francisco Pérez Sabino	Vocal I
Dr. Roberto Enrique Flores Arzú	Vocal II
Lic. Carlos Manuel Maldonado Aguilera	Vocal III
Br. Carmen Amalia Rodríguez Ortiz	Vocal IV
Br. Paola Margarita Gaitán Valladares	Vocal V
Licda. Bessie Abigail Orozco Ramírez	Secretaria

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por permitirnos la vida, por acompañarnos y fortalecernos en todo momento.

A nuestros padres, quienes creyeron en este proyecto desde su inicio y con su ejemplo nos enseñaron a luchar por nuestras metas.

Al pueblo de Guatemala, que con su arduo trabajo mantiene a la única Universidad Pública del país y contribuye con la formación de profesionales en esta casa de estudios.

A nuestros profesores, quienes nos formaron en este camino como profesionales, por sus enseñanzas las cuales llevaremos presentes en todo momento de nuestro recorrido profesional y personal.

A nuestra familia y amigos, quienes creyeron en nosotros, nos animaron y nos apoyaron desde el inicio hasta el culmen de este proyecto.

INDICE

I. ÁMBITO DE LA INVESTIGACIÓN	1
II. RESUMEN	3
III. ANTECEDENTES	4
A. El agua y sus características	4
B. Importancia del agua a lo largo de la historia	5
C. Condición del agua para consumo humano en américa latina	6
1. Situación del agua potable en Guatemala	6
2. Situación del agua potable en el municipio de San José Pínula, Guatemala	7
D. Calidad del agua	9
1. Características físicas del agua	9
2. Características químicas del agua	9
3. Características microbiológicas del agua	10
4. Indicadores microbiológicos de calidad del agua	11
5. Principales microorganismos transmitidos por el agua e indicadores microbiológicos de contaminación.	12
E. Importancia de la calidad del agua para consumo humano	14
F. Enfermedades transmitidas por el agua	15
G. Desnutrición a causa de la calidad del agua	16
H. Legislación del agua en Guatemala	17
IV. JUSTIFICACIÓN	19
V. OBJETIVOS	20
VI. HIPOTESIS	21
VII. MATERIALES Y MÈTODOS	22
A. Universo	22
B. Muestra	22
C. Recursos	22

1. Humanos	22
2. Institucionales	22
D. Materiales y equipo	22
1. Equipo	22
2. Materiales	22
3. Reactivos	22
E. Métodos	23
1. Toma de muestra	23
2. Análisis microbiológico	23
F. Diseño estadístico	24
1. Tipo de estudio	24
2. Tipo de muestreo	24
3. Análisis de resultados	25
VIII. RESULTADOS	26
IX. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	32
X. CONCLUSIONES	36
XI. RECOMENDACIONES	37
XII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	38
XIII. ANEXOS	42

I. ÁMBITO DE LA INVESTIGACIÓN

El agua potable, determinada como adecuada para el consumo humano y para todo uso del hogar, incluida la limpieza personal, es independiente de microorganismos responsables de patologías. Es aquella que se puede ingerir y que abastece a los humanos y satisface sus necesidades (OPS, 2011).

La escasez de agua perjudica a más del 40 por ciento de los habitantes del mundo, una cifra alarmante que posiblemente crecerá con el aumento de las temperaturas globales producto del calentamiento global. Aun cuando 2,100 millones de individuos consiguieron mejores condiciones de agua y saneamiento a partir de 1990, la decreciente disponibilidad de agua potable de calidad es un inconveniente fundamental que aqueja a todos los continentes. Cada vez más territorios permanecen experimentando estrés hídrico, y el crecimiento de las sequías y la desertificación ya está empeorando estas tendencias (Objetivos de desarrollo sostenible, 2021).

El acceso a agua potable y a medios adecuados de saneamiento está ligado de manera directa a la salud humana y al desarrollo, en Guatemala los problemas de enfermedades por contaminación hídrica, saneamiento inadecuado y malas prácticas higiénicas en el territorio todavía persisten. El efecto de la ausencia de servicios de agua potable y saneamiento recae, primordialmente, sobre los sectores con mayor pobreza y hace un parentesco entre la carencia de dichos servicios y la magnitud de la pobreza, salud, educación, género e inclusión social, el ingreso y el consumo (Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, 2021).

La calidad del agua para consumo humano es un elemento determinante en las condiciones de la salud de las poblaciones, sus propiedades tienen la posibilidad de promover tanto la prevención como la transmisión de agentes que ocasionan patologías. La Organización Mundial de la Salud -OMS- estima que 88% de enfermedades diarreicas son provocadas por el consumo de agua insalubre, falta de saneamiento e higiene. Éstas a su vez producen deshidratación y en caso de no recibir atención médica adecuada y oportuna ocasiona la muerte (OPS, 2021).

El conocimiento de la calidad del agua es de vital importancia para todas las personas que la utilizan tanto en sus hogares como en la industria, ya que si no cumple con los parámetros microbiológicos puede ocasionar severos daños a la salud de los consumidores. El Municipio de San José Pínula, departamento de Guatemala cuenta actualmente con 28 pozos que abastecen de agua para consumo humano a 20 aldeas y más de 15 caseríos, además 10 escuelas que forman parte del municipio (Municipalidad de San José Pínula, 2021).

El objetivo principal de este estudio es determinar la calidad microbiológica del agua de los pozos que abastecen al casco urbano del municipio y si cumple debidamente con los parámetros establecidos por las Normas Técnicas COGUANOR NTG 29001 2013 para garantizar el bienestar de quienes la consumen; el análisis de dichas muestras se realizará en las instalaciones del Laboratorio de Análisis Fisicoquímicos y Microbiológicos (LAFYM) de la Universidad de San Carlos de Guatemala ubicada en la antigua Facultad de Farmacia, zona 1 de la Ciudad de Guatemala.

II. RESUMEN

Se realizó el presente estudio para determinar la calidad microbiológica del agua destinada para consumo humano de los pozos que abastecen el casco urbano del Municipio de San José Pínula, Guatemala. Es por ello que se utilizó como base los límites establecidos por la norma COGUANOR NTG 29001 2013; dicha norma establece las directrices que definen la calidad de agua potable en el país.

Para ello se realizó un muestreo a los 8 pozos que abastecen de agua al casco urbano municipal, el análisis microbiológico se llevó a cabo utilizando el método de fermentación en tubos múltiples y se reportó en función de número más probable en 100 mL de agua como lo indica la norma. Además, se realizó el estudio de las muestras de agua comparando los resultados en época seca como en época lluviosa para evidenciar el efecto que tiene la lluvia sobre la calidad del agua.

Se determinó que la calidad microbiológica del agua de los pozos que abastecen al casco urbano del Municipio de San José Pínula cumple satisfactoriamente con el 62.5% de las muestras evaluadas considerada como APTAS para consumo humano según los criterios de las normas COGUANOR NTG 29 001 2013.

El estudio realizado durante la época seca refleja que el 12.5% de las muestras presentaron contaminación en el análisis microbiológico con Coliformes Totales, mientras que durante la época lluviosa se obtuvo un incremento en la tendencia de los resultados contaminados con Coliformes Totales, Fecales y *Escherichia coli* presentando un 62.5% de muestras con contaminación.

III. ANTECEDENTES

A. El agua y sus características

Los estudios acerca del agua han revelado que solo el 1% de este vital recurso es agua aprovechable o agua dulce, presente en los ríos, lagos y corrientes subterráneas. El agua podría ser considerada como un recurso renovable, una vez que se controla cuidadosamente su uso. De lo contrario, es un recurso no renovable, reducido por las porciones que se mueven en el sistema natural; no obstante, se ha considerado como inagotable, por lo cual su uso ha creado actividades irresponsables. Su captación es dependiente del sistema de lluvias del territorio y del nivel de desarrollo que posibilite procedimientos diversos de recolección, procesamiento y repartición para hacerla apta para el consumo humano. (Fernández y Mortier, 2005).

El 70% del área mundial está cubierta por agua, sin embargo, el 97,5% del agua está en océanos y mares, es decir, es agua salada. La más grande concentración de agua dulce está congelada en los casquetes polares y en el agua subterránea almacenada hasta los 1,000 metros de profundidad superando el agua de forma sencilla accesible de lagos y ríos de todo el mundo (Fernández y Mortier, 2005).

El agua tiene su propia dinámica en el denominado periodo hidrológico. Mientras las personas han modificado el periodo natural para lograr usar el agua para su beneficio, se han creado diferentes ciclos artificiales o antrópicos del agua que no solamente modifican su circulación, sino que involucran una modificación de sus propiedades, debido a que en dichos nuevos ciclos el agua ve alterada su calidad (Fernández y Mortier, 2005).

El ciclo hidrológico es el conjunto de transferencias de agua entre la atmósfera, tierra y mar en sus tres estados: Sólido, líquido y gaseoso en el que el motor de este movimiento es el Sol (Línea Verde, 2021).

El agua potable entonces, es aquella que se puede ingerir y que abastece a los humanos y sacia sus necesidades, debido a que su estructura química no muestra contaminantes objetables (microorganismos, sustancias químicas o agentes infecciosos, entre otros). Dichos

contaminantes tienen la posibilidad de tener efectos perjudiciales en los individuos, convirtiendo al agua en un riesgo, de allí la necesidad de su potabilidad (Pérez, 2016).

B. Importancia del agua a lo largo de la historia

El agua es la sustancia más común y fundamental en la tierra y su disponibilidad fue el componente más crítico para la supervivencia a lo largo del desarrollo de toda forma viva en el mundo (Ríos, Agudelo y Gutiérrez, 2017).

Al principio las sociedades en desarrollo encontraron que la producción y repartición de un volumen suficiente de agua potable presentaba inconvenientes relevantes. Sin embargo, otras complicaciones de las regiones densamente pobladas, como la creciente proporción de residuos, aguas residuales y otros tipos de contaminación, se convirtieron además en componentes peligrosos sobre el agua potable. Además de los inconvenientes de limpieza provocados por los residuos insalubres el veloz desarrollo de la industria, en especial el desarrollo de la industria química, originaron una contaminación persistente de todos los tipos de sistemas de agua naturales, que no solamente se observa en las naciones enormemente industrializados sino en todos los sitios del mundo (Ríos et al., 2017)

Un vago conocimiento de la necesidad de defender las fuentes de agua de la contaminación con residuos y aguas residuales se documenta en archivos históricos. Se pensaba que los brotes regulares de patologías diarreicas y el cólera estaban en relación con las condiciones atmosféricas locales y no con el agua contaminada. Pese a esta teoría el padre de la Epidemiología actualizada John Snow alcanzó la conclusión que una bomba de agua en Broad Street fue la causa del brote de cólera en Londres. Posterior a la eliminación de la manija de la bomba en 1854, fue capaz de detener el problema. La necesidad de protección de los recursos y el tratamiento del agua para consumo humano se evidenció una vez que se hizo la conexión entre las bacterias en el agua y el brote de distintas patologías (Hernández, Aguilera y Castro, 2011).

Uno de los primeros brotes de los que se obtuvo una conclusión a partir de pruebas fue el brote de fiebre tifoidea en 1919 en Pforzheim, Alemania, que causó 4,000 casos y murieron 400 personas. Se demostró que el agua potable estaba contaminada por residuos sanitarios.

La conexión entre la contaminación del agua y el brote de la enfermedad dio lugar no sólo al establecimiento de áreas protegidas como fuentes y sistemas de abastecimiento de agua potable, sino también a la descontaminación y tratamiento de las aguas, para eliminar la mayor cantidad de bacterias posible (Ríos et al., 2017).

En 2012, un brote de Campilobacteriosis ocurrió en el sur de Suecia en una boda, afectó a 44 personas. En 2009, se reportó que los brotes asociados a *Campylobacter* se relacionan principalmente con productos avícolas en la Unión Europea y con productos lácteos en los Estados Unidos. Otros estudios, indican que las fuentes más comunes de brotes por *Campylobacter* son el consumo de productos avícolas o agua (Kaakoush, Castaño, Mitchel y Man, 2015).

C. Condición del agua para consumo humano en América Latina

La escasez de agua perjudica a más del 40 por ciento de los habitantes del mundo, una cifra alarmante que posiblemente crecerá con el aumento de las temperaturas globales producto del calentamiento global. Aun cuando 2,100 millones de individuos consiguieron acceso a mejores condiciones de agua y saneamiento a partir de 1990, la decreciente disponibilidad de agua potable de calidad es un inconveniente que aqueja a la población mundial. Cada vez más territorios permanecen experimentando estrés hídrico, y el crecimiento de las sequías y la desertificación ya está empeorando estas tendencias. Se cree que por lo menos una de cada cuatro personas se verá afectada por escasez frecuente de agua para 2050 (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, 2021).

Las pérdidas de agua gracias a filtraciones, conexiones clandestinas y desperdicios suman cerca del 50% de la proporción de agua que se utiliza para tomar en los países en vías de desarrollo. En torno al 90% de las aguas servidas y el 70% de los desperdicios industriales en las naciones en vías de desarrollo se descargan sin procedimiento alguno, ocasionando a menudo la contaminación del abastecimiento de agua para consumo (Fernández y Mortier, 2005).

Latinoamérica continúa avanzando hacia una más grande urbanización. No obstante, se considera que en 2030 ciertos territorios mantendrán una población rural preeminente al 30%. Pese al esfuerzo llevado a cabo en el lapso 1990-2015, con la mayor parte de las naciones cumpliendo las metas del milenio para agua y saneamiento, la población rural todavía tiene una clara desventaja en la entrada a dichos servicios en relación a la urbana. El nuevo desafío fijado por los Objetivos de Desarrollo Sostenible tiene metas como la cobertura mundial con servicios de calidad, asequibles, seguros y sostenibles. La provisión de dichos servicios debería considerar a la población menos favorecida y las sociedades originarias. Adicionalmente, debería conceder la debida importancia de la sostenibilidad de los recursos hídricos (Mejía et al, 2016).

De acuerdo con el Banco de Desarrollo de Latinoamérica CAF, 34 millones de latinoamericanos todavía no cuentan con ingreso a fuentes mejoradas de agua, de los cuales, 21 millones viven en la zona rural. En saneamiento las cifras ascienden a 106 y 46 millones, respectivamente. Entre 1990 y 2015 la entrada a una fuente de agua mejorada en las regiones rurales incrementó del 62 al 83% y el saneamiento se elevó del 36 al 64% (Mejía et al, 2016).

1. Situación del agua potable en Guatemala

En Guatemala los problemas de enfermedades por contaminación hídrica, saneamiento inadecuado y malas prácticas higiénicas en el territorio todavía persisten. El efecto de la ausencia de servicios de agua potable y saneamiento recae, primordialmente, sobre los sectores con mayor pobreza y hace un parentesco entre la carencia de dichos servicios y la magnitud de la pobreza, salud, educación, género e inclusión social, el ingreso y el consumo (Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, 2012).

Para los guatemaltecos la salud es un aspecto importante al instante de priorizar los recursos que conforman la paz lo cual involucra contar con las condiciones correctas, así como tener los recursos necesarios para alimentarse y tener una casa adecuada. En este sentido, la evaluación general de ciertos determinantes de la salud de los individuos deja claro la existente brecha entre la idea de bienestar y la realidad que vive una buena parte poblacional. En la investigación de estas condiciones destaca que el 16.6% de los domicilios

no cuenta con un servicio sanitario conveniente, en lo que 19.5% recibe el agua de consumo diario de fuentes no mejoradas, o sea de fuentes no aptas para su consumo (Informe Nacional de Desarrollo Humano, 2016).

Según información del Instituto de Indagación y Proyección sobre Ambiente Nacional y Sociedad –IARNA–, el balance hídrico del territorio prueba, en general, que el territorio guatemalteco tiene recursos hídricos suficientes para atender su demanda potencial de agua, «sin embargo, varios guatemaltecos no disponen del recurso en términos de potabilidad y saneamiento. Para el año 2014, el 77.8% del total de los domicilios guatemaltecos tenían ingreso a fuentes de suministro de agua, no obstante, solamente el 64.4% de población rural poseía ingreso a la misma, frente al 89% poblacional urbana (Informe Nacional de Desarrollo Humano, 2016).

Se considera que el 95% de los ríos y lagos padecen de cualquier nivel de contaminación, y según estudios de la Universidad de San Carlos de Guatemala, el 95% de los líquidos que provienen de plantas industriales regresa a los ríos, océanos y lagos sin haber sido tratado previamente (Informe Nacional de Desarrollo Humano, 2016).

Guatemala cuenta con las condiciones naturales favorables que le permiten disponer de abundante agua para las personas, el ambiente y la productividad económica. Anualmente se producen 97 mil millones de m³ de agua. Sin embargo, de esto solo se aprovecha un 10% a nivel nacional. Según la Encuesta nacional de condiciones de vida (ENCOVI) 2011-2012, el 70% de los hogares guatemaltecos tiene acceso a servicios básicos, es decir, a agua entubada y drenajes a nivel urbano, mientras que, en el área rural, solo el 30% de los hogares tienen acceso a estos servicios. Para todos los departamentos la cobertura con mejores fuentes de agua es mayor en la zona urbana que en la rural. El déficit de la cobertura para los servicios de saneamiento está cerca de 83% en la zona rural, mientras en la zona urbana la cobertura es de 76,7%, que demuestra una situación clara de inequidad. De 334 municipalidades registradas en la ENCOVI, sólo un 4% aplican tratamiento a las aguas residuales, mientras que el resto es vertido en los cuerpos de agua, principalmente ríos (Organización Panamericana de la Salud, 2015).

2. Situación del agua potable en el municipio de San José Pínula, Guatemala

La fuente de abastecimiento de agua potable para la cabecera municipal proviene totalmente de pozos mecánicos perforados, los cuales cuentan con equipamiento adecuado para su respectiva desinfección mediante la cloración. En las áreas rurales del municipio, se abastecen por medio de pozos excavados en forma manual (Chitay y García, 2006).

Actualmente, la Municipalidad de San José Pínula está en un proceso de sustitución de las alcantarillas antiguas por un nuevo sistema, dando mayor cobertura a las zonas que han crecido con el pasar de los años y son descargadas directamente sin tratamiento a un colector que conduce al río San Antonio (Chitay y García, 2006).

En las colonias y condominios que se encuentran fuera del casco urbano la mayoría usan sistemas de inodoros con conexión a fosas sépticas y pozos de absorción. Las aldeas Las Anonas, Santa Sofía y los Manantiales, cuentan con servicio de alcantarillado, el cual fue financiado por fondos de SEGEPLAN, pero su disposición final se hace sin ningún tratamiento. Por su lado, en el área rural, se utilizan letrinas o pozos ciegos (Chitay y García, 2006).

En San José Pínula los vecinos reciben agua una vez a la semana, unas 20 mil personas enfrentan la escasez por baja del caudal de 13 de 20 pozos construidos. El casco urbano es uno de los más afectados por lo que se limita el servicio; mientras que mil vecinos de las aldeas Santa Rita y El Pino se han quedado sin agua (Pitan, 2016).

D. Calidad del agua

La calidad del agua para consumo humano es un elemento determinante en las condiciones de la salud de las poblaciones, sus propiedades tienen la posibilidad de promover tanto la prevención como la transmisión de agentes que ocasionan patologías, como, por ejemplo: hepatitis A, polio y parasitosis por protozoarios y helmintos; entre estas, amebiasis, giardiasis, criptosporidiosis y helmintiasis. La diferencia entre prevenir o transmitir esta clase de patologías de procedencia hídrica es dependiente de diversos componentes, los primordiales son: la calidad y la continuidad del servicio de abastecimiento de agua (Briñez, Guarnizo y Arias, 2012).

1. Características físicas del agua

Son aquellas que se detectan sensorialmente o por medios analíticos de laboratorio, el agua no debe presentar sabores u olores que pudieran resultar desagradables para la mayoría de los consumidores. Los consumidores evalúan la calidad del agua de consumo humano basándose principalmente en sus sentidos (COGUANOR NTG 29001, 2013).

2. Características químicas del agua

Son aquellas debidas a elementos o compuestos químicos orgánicos e inorgánicos, las preocupaciones relacionadas con la salud que se asocian a los componentes químicos del agua de consumo humano son distintas de las asociadas a la contaminación microbiana y se deben principalmente a la capacidad de los componentes químicos de producir efectos adversos en la salud luego de períodos prolongados de exposición (COGUANOR NTG 29001, 2013).

3. Características microbiológicas del agua

Son aquellas que se originan por presencia de microorganismos que determinan su calidad, la garantía de la inocuidad microbiana de los abastecimientos de agua de consumo humano se basa en la aplicación de barreras múltiples, desde la captación hasta el consumidor para evitar la contaminación del agua de consumo humano o para reducirla a niveles que no sean perjudiciales para la salud (COGUANOR NTG 29001, 2013).

Tabla 1.

Valores guía para verificación de la calidad microbiológica del agua

Microorganismos	Límite máximo permisible
Agua para consumo directo	
Coliformes Totales y <i>E. coli</i>	No deben ser detectables en 100mL de agua
Agua tratada que entra al sistema de distribución	
Coliformes Totales y <i>E. coli</i>	No deben ser detectables en 100mL de agua
Agua tratada en el sistema de distribución	
Coliformes Totales y <i>E. coli</i>	No deben ser detectables en 100mL de agua

FUENTE: COGUANOR NTG 29001: 2013

4. Indicadores microbiológicos de calidad del agua

Los microorganismos indicadores poseen un comportamiento parecido a los patógenos respecto a su concentración y reacción ante componentes del medio ambiente, pero son más simples, rápidos y económicos de detectar. Una vez que sea demostrada la existencia de dichos indicadores, se puede deducir que los patógenos se hallan presentes en la misma concentración y que su comportamiento ante diferentes componentes como pH, temperatura, presencia de nutrientes, tiempo de retención hidráulica o sistemas de sanitización es parecido a la del indicador (Arcos, Ávila, Estupiñan y Gómez, 2005).

Un indicador de contaminación fecal debe reunir las siguientes características:

- Ser un constituyente normal de la microbiota intestinal de individuos sanos.
- Estar presente, de forma exclusiva, en las heces de animales homeotérmicos.
- Estar presente cuando los microorganismos patógenos intestinales lo estén.
- Presentarse en número elevado, facilitando su aislamiento e identificación.
- Debe ser incapaz de reproducirse fuera del intestino de los animales homeotérmicos.

- Su tiempo de supervivencia debe ser igual o un poco superior al de las bacterias patógenas, su resistencia a los factores ambientales debe ser igual o superior al de los patógenos de origen fecal.
- Debe ser fácil de aislar y cuantificar.
- No debe ser patógeno.

Basado en los criterios mencionados los indicadores microbiológicos de contaminación del agua principalmente fueron bacterias de la microbiota saprófita intestinal, en medio de las que se hallan *Bacteroides fragilis*, bacterias mesófitas, Coliformes Totales y Fecales, *Escherichia coli* y estreptococos fecales (Arcos et.al, 2005).

5. Principales indicadores microbiológicos de contaminación

a. Bacterias

El grupo de microorganismos coliformes es adecuado como indicador de contaminación bacteriana debido a que estos son contaminantes comunes de materia fecal tanto del hombre como de los animales de sangre caliente, están presentes en el tracto gastrointestinal en grandes cantidades, permanecen por más tiempo en el agua que las bacterias patógenas. Los microorganismos que conforman el grupo de los coliformes totales son: *Escherichia*, *Enterobacter*, *Klebsiella* y *Citrobacter* (Pullés, 2014).

Los coliformes fecales se llaman también termotolerantes por su capacidad de tolerar temperaturas más altas. Estas bacterias son de interés clínico, debido a que tienen la posibilidad de ser capaces de producir infecciones oportunistas en el tracto respiratorio superior e inferior, además de bacteriemia, infecciones de piel y tejidos blandos, patología diarreica aguda y otras patologías severas. En la mayor parte de las aguas, el género predominante es *Escherichia*, sin embargo, ciertos tipos de bacterias de los géneros *Klebsiella* y *Enterobacter* además son termotolerantes (Pullés, 2014).

Las especies de *Enterococcus* que están presentes en las heces y que se encuentran en aguas contaminadas tienen una relación directa con las enfermedades asociadas a la natación en ambientes de agua marina y agua dulce, el segundo grupo incluye *Streptococcus bovis*, *Streptococcus equinus* y *Enterococcus avium* (Arcos et.al, 2005).

Pseudomonas aeruginosa es una bacteria que no se estima autóctona del agua, puede derivar de heces humanas y animales, su detección en agua se asocia a descarga de aguas residuales, por consiguiente, existe una estrecha correlación de su presencia en ambientes acuáticos con fenómenos de contaminación (Ríos et al., 2017).

Dentro del grupo de enterobacterias encontramos otros géneros como *Shigella* y *Salmonella*, causantes de disentería bacilar; *Salmonella typhimurium* y *Salmonella typhi* productoras de gastroenteritis y fiebre tifoidea, respectivamente. Otro grupo no menos importante lo conforma el género *Vibrio*. Su especie más representativa es *V. cholerae*, transmitida mediante el consumo de aguas contaminadas y causante de diarrea aguda, acuosa y profusa, con altas tasas de mortalidad en brotes y epidemias de cólera (Arcos et.al, 2005).

b. Virus

Son la principal causa de morbilidad y mortalidad en las enfermedades de transmisión hídrica. El 87% de las enfermedades virales transmitidas por agua son causadas por el virus de la Hepatitis, Adenovirus y Rotavirus (Ríos et. al, 2017).

Los más frecuentes son los virus responsables de gastroenteritis y el virus de la hepatitis. Estos virus, rotavirus, virus Norwalk, no producen una inmunidad protectora a largo plazo por lo cual la infección puede repetirse numerosas veces a lo largo de la vida (Arcos et.al, 2005).

c. Parásitos

Los parásitos que son patógenos para el hombre se clasifican en dos grupos: los protozoos y los helmintos. Los protozoos son organismos unicelulares cuyo ciclo de vida incluye una forma vegetativa (trofozoito) y una forma resistente (quiste). El estado de quiste de estos organismos es relativamente resistente a la inactivación por medio de los sistemas de tratamiento convencional de aguas. Los protozoos más conocidos en las heces humanas son: *Giardia lamblia*, *Entamoeba histolytica* y *Balantidium coli* (Pullés, 2014).

E. Importancia de la calidad del agua para consumo humano

El agua para consumo humano ha sido definida en las Guías para la calidad del agua potable de la Organización Mundial de la Salud (OMS), como aquella “adecuada para consumo humano y para todo uso doméstico habitual, incluida la higiene personal”. Por lo tanto, el uso del agua no debería presentar riesgo de enfermedades para los consumidores (Rojas, 2002).

La buena calidad del agua de consumo humano garantiza al consumidor su defensa contra la existencia de agentes patógenos y compuestos físicos y químicos nocivos a su salud. La información que dan los programas de vigilancia y control del agua para consumo humano, aparte del beneficio referente con el decrecimiento de patologías transmitidas por vía hídrica, es un medio que posibilita el mejoramiento de la calidad del servicio de suministro de agua. El mejoramiento de la calidad del servicio de suministro de agua se da por medio de la identificación de:

- Necesidades de ampliación de la infraestructura de saneamiento básico.
- Rehabilitación del sistema de abastecimiento de agua
- Capacitación del personal encargado de la operación, mantenimiento y administración del servicio de abastecimiento de agua y aguas residuales.
- Identificación de las medidas para preservar las fuentes de agua.

- Actualización de los reglamentos, normas y códigos de buenas prácticas relacionados con la calidad del agua de consumo humano (Rojas, 2002).

F. Enfermedades transmitidas por el agua

El agua contaminada y el saneamiento deficiente permanecen involucrados con la transmisión de patologías como el cólera, otras diarreas, la disentería, la hepatitis A, la fiebre tifoidea y la poliomielitis. Los servicios de agua y saneamiento inexistentes, insuficientes o gestionados de manera inapropiada exponen a la población a peligros prevenibles para su salud. Es decir, en especial en la situación de los centros sanitarios en los cuales tanto los pacientes como los expertos quedan expuestos a más grandes riesgos de infección y patología una vez que no hay servicios de abastecimiento de agua, saneamiento y limpieza. En todo el mundo, el 15% de los pacientes contraen infecciones a lo largo de la hospitalización, proporción que es mucho más grande en las naciones de ingresos bajos (Ríos et al., 2017).

Las patologías transmitidas por el agua son de distribución mundial, responsables de epidemias tanto en territorios desarrollados como en vía de desarrollo. Son una de las primordiales causas de los 4 mil millones de casos de diarrea, que ocasionan anualmente 1,6 millones de muertes en el planeta. Como agravante es responsable del 21% de muertes en niños menores de 5 años de edad (Ríos et al., 2017).

Estas patologías poseen elevado subregistro y su etiología es diversa; tienen la posibilidad de ser virales, bacterianas o parasitarias. Un brote de estas patologías se muestra una vez que dos o más personas en vínculos epidemiológicos de tiempo y espacio a lo largo de la exposición al agua experimentan una patología semejante. En la actualidad en la mayor parte de territorios industrializados el agua potable está clasificada como alimento, y hay varias reglas establecidas para asegurar su calidad y estabilidad. Los precisos requisitos microbiológicos, especifican que el contenido bacteriano debería ser muy bajo y que los patógenos tienen que ser detectados y eliminados (Ríos et al., 2017).

G. Desnutrición a causa de la calidad del agua

De acuerdo a cifras recientes de la Organización Mundial de la Salud (OMS), la desnutrición crónica, afecta globalmente a 155 millones de niños menores de 5 años y responde, más que a la cantidad de alimentos, a la falta de variedad de micro y macronutrientes en la dieta durante un tiempo prolongado y a infecciones recurrentes. A pesar de que provoca daños físicos y cognitivos importantes, no recibe tanta atención como la desnutrición aguda ya que la corta estatura, al ser tan común entre los menores, no supone un signo preocupante que alerte sobre el deterioro de su estado de salud. Por ello, aunque el retraso en el crecimiento suele comenzar durante la gestación, su diagnóstico suele ser tardío, alrededor de los 2 o 3 años.

En 1968, Scrimshaw et al. analizaron la relación sinérgica entre desnutrición e infección. Posteriormente, múltiples publicaciones han puesto de relieve que una nutrición adecuada es fundamental para el desarrollo normal del sistema inmunitario. La deficiencia de proteínas y de ciertos micronutrientes (vitaminas A, C, D, E, B2, B6, B9 y B12, hierro, selenio, cobre, zinc) disminuye la resistencia frente a infecciones y aumenta la severidad de los síntomas por su papel en la modulación del sistema inmunitario adaptativo. Se conoce que alrededor del 65% de los receptores del sistema inmunitario innato están situados en el intestino. A su vez, la función de barrera intestinal está formada por tres elementos de los cuales en primer lugar se encuentra la microbiota intestinal, con funciones en la nutrición, la regulación de la inmunidad y la inflamación. En segundo término, la barrera inmunitaria, cuyas células forman el tejido linfoide asociado al intestino capaz de distinguir entre patógenos invasivos y antígenos inocuos y, en último lugar, una barrera mecánica, compuesta por células endoteliales y epiteliales que, al interconectarse entre sí, protegen y restringen el paso de los iones, moléculas y otras células a través del espacio paracelular. La alteración de cualquiera de estas barreras predispone al organismo a infecciones, malabsorción de nutrientes, agua y electrolitos, al fallo de la respuesta inmune, aumento de la permeabilidad intestinal y a la translocación bacteriana, con el paso de sus toxinas y metabolitos de la inflamación al torrente sanguíneo (Cobo, et al., 2020).

Elisa Colom, encargada de la subcomisión de agua y saneamiento de la estrategia expresó: “Cuando no se tiene acceso al agua apta para el consumo humano se produce diarrea, en un niño son aproximadamente 5 episodios de esta enfermedad al año, lo que significa 3 o 4 días por episodio, los pocos nutrientes que los niños obtienen se pierden a través de las constantes deposiciones, por ello la importancia del agua segura en la nutrición” (Caravantes, 2017).

La Organización Mundial de la Salud -OMS- estima que 88% de enfermedades diarreicas son provocadas por el consumo de agua insalubre, falta de saneamiento e higiene. Éstas a su vez producen deshidratación y en caso de no recibir atención médica adecuada y oportuna ocasiona la muerte (Caravantes, 2017).

En el año 2015 se evaluaron 1638 niños y niñas escolares del primer grado de educación primaria del sector público del municipio de San José Pínula, en el cual 1354 niños su estado nutricional era normal, sin embargo, 284 presentaron un retardo en la talla, de ellos 246 presentaron retardo moderado y 38 retardo severo por lo que se categorizó al municipio con una vulnerabilidad nutricional considerable (SAN, 2015).

H. Legislación del agua en Guatemala

La Constitución Política de la República de Guatemala establece en el artículo 127 “Todas las aguas son bienes de dominio público, inalienables e imprescriptibles. Su aprovechamiento, uso y goce, se otorgan en la forma establecida por la ley, de acuerdo con el interés social”.

Se emitió el Reglamento de Normas Sanitarias para la Administración, Construcción, Operación y Mantenimiento de los Servicios de Abastecimiento de Agua para Consumo Humano; el que establece que en la ausencia de la Norma Guatemalteca Obligatoria de especificaciones COGUANOR NGO 29001, “Agua Potable. Especificaciones”, el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, debe establecer las especificaciones para la vigilancia y control de la calidad del agua (Acuerdo Gubernativo, 113-2009).

Se aprobó, entre otras, la norma COGUANOR NTG 29001 “Agua para consumo humano (agua potable). Por lo que procede emitir el Acuerdo Ministerial de observancia general, que establece el Manual de Especificaciones para la Vigilancia y el Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano, en el marco de las acciones pertinentes para la prevención y control de las enfermedades causadas por microorganismos patógenos, sustancias químicas y toxinas naturales, transmitidas a través del agua (Acuerdo Gubernativo, 83-2013).

IV. JUSTIFICACIÓN

El conocimiento de la calidad del agua es de vital importancia para todas las personas que la utilizan, ya que si no cumple con los parámetros microbiológicos puede ocasionar severos daños a la salud quienes la consumen. El Municipio de San José Pínula, departamento de Guatemala cuenta actualmente con 28 pozos que abastecen de agua a 20 aldeas y más de 15 caseríos, además de abastecer a 10 escuelas que se encuentran dentro del municipio.

En San José Pínula el porcentaje de desnutrición corresponde a 26,8%. Un estado nutricional precario influye en la propensión de infecciones bacterianas, tanto en la duración como en las consecuencias de la misma. En muchos de los casos los niños con desnutrición viven en condiciones insalubres que los predisponen a padecer de infecciones, lo que a su vez implica en el desmejoramiento del estado nutricional. Por lo anterior, el aprovechamiento de los nutrientes depende del estado de salud del niño y en particular de la presencia de enfermedades infecciosas que lo afectan, pues estas reducen su capacidad para absorber, asimilar e incluso ingerir los alimentos. Por ende, la mala calidad del agua influye en la propensión de infecciones por microorganismos y repercute directamente sobre el estado nutricional de los niños.

El objetivo 6: Agua limpia y saneamiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible tiene como meta para el 2030 lograr el acceso universal y equitativo del agua, lograr el acceso a servicios de saneamiento e higiene adecuados y mejorar la calidad del agua. Por ello, mediante este estudio se buscó evaluar la calidad microbiológica del agua de 8 pozos que abastecen el casco urbano del municipio de San José Pínula, lo cual brindó información oportuna si dicho recurso vital cumple con los requisitos de carácter microbiológico para ser considerada como agua para consumo humano según la norma COGUANORNTG 29001 2013.

V. OBJETIVOS

A. Objetivo General:

- Determinar la calidad microbiológica del agua de los 8 pozos con los que cuenta el casco urbano del municipio de San José Pínula, departamento de Guatemala.

B. Objetivos específicos:

- Determinar la presencia de Coliformes Totales, Fecales y *E. coli* en los 8 pozos principales de distribución del agua en el casco urbano del municipio de San José Pínula, Guatemala.
- Establecer si el agua que se consume a partir de los pozos muestreados es apta para consumo humano y verificar si desde el punto de vista microbiológico cumple con la norma COGUANOR NTG 29001:2013.
- Contribuir con la Municipalidad de San José Pínula informando sobre la calidad microbiológica del agua de los pozos que abastecen al casco urbano para que tomen las medidas sanitarias pertinentes según los resultados obtenidos.

VI. HIPÒTESIS

Por ser un estudio de tipo descriptivo no se presenta hipótesis.

VII. MATERIALES Y MÉTODOS

A. Universo

Agua proveniente de pozos con los que cuenta el casco urbano del municipio de San José Pínula, departamento de Guatemala.

B. Muestra

Las muestras fueron recolectadas de los 8 pozos con los que cuenta actualmente el casco urbano del municipio durante la época seca y posteriormente en época lluviosa.

C. Recursos

1. Humanos

- Emily Jeanneth Chocón Monterroso (Seminarista)
- Axel Armando López Avila (Seminarista)
- Dra. Karin Larissa Herrera Aguilar (Asesora)
- MSc. Sergio Alfredo Lickes (Asesor)
- Dr. Jorge De León (Asesor estadístico)
- Personal de la Municipalidad de San José Pínula

2. Institucionales

- a) Municipalidad de San José Pínula
- b) Laboratorio de Análisis Físicoquímicos y Microbiológicos (LAFYM) de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

D. Materiales y equipo

1. Equipo

- Autoclave
- Incubadora a 35°C y 44.5°C
- Vórtex
- Lámpara UV

- Refrigerador
- Balanza
- Cabina de bioseguridad clase II

2. Materiales

- Hielera
- Compresas de hielo
- Gradillas plásticas
- Frascos BOECO de 250 mL para transporte de muestras
- Pipetas serológicas de 10 mL, 5mL, 1 mL
- Tubos de ensayo con capacidad de 30 mL
- Tubos de ensayo con capacidad de 20 mL

3. Reactivos

- Agua desmineralizada estéril
- Etanol al 70%
- Reactivo de Kovacs
- Caldo LMX

E. Métodos

1. Toma de muestra

Después de la autorización Municipal (ver Anexo 1) se realizó el muestreo de agua de los 8 pozos ubicados en el casco urbano del municipio de San José Pínula (ver Figura 1 y Anexo 2) mediante el uso de técnicas asépticas para evitar la contaminación externa de la muestra y empleando recipientes estériles con capacidad de hasta 250 mL, empleando adicionalmente el componente tiosulfato de sodio con la finalidad de neutralizar el cloro presente en el agua (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, 2011).

Las muestras fueron transportadas preservando la cadena de frío e identificando los siguientes datos: lugar de muestreo, fecha y hora de la toma de muestra y condiciones de almacenamiento (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, 2011).

Se realizaron dos muestreos programados de la siguiente manera: Primer muestreo durante la época seca en el mes de abril 2023. El segundo muestreo durante la época lluviosa, durante el mes de junio 2023 (ver Anexo 3).

2. Análisis microbiológico

El análisis microbiológico de las muestras de agua de los pozos se llevó a cabo en función del método número más probable (NMP), en este método se deben de realizar tres diluciones de la muestra original siendo estas 1:10, 1:100 y 1:1000 en 5 tubos con caldo Lauril sulfato-MUGX-GAL (LMX); posteriormente se incubaron los tubos a $35 \pm 1^\circ\text{C}$ durante 24 horas.

Este caldo contiene un sustrato cromógeno, 5-bromo-4-clor-3-indol β -D-galactopiranosido (X-GAL), el cual es hidrolizado por la enzima β -D-galactosidasa que es producida por las bacterias coliformes totales, provocando un cambio de color que va de amarillo claro a azul o verde; este viraje indica y confirma la presencia de coliformes totales en la muestra. Asimismo, el caldo contiene un sustrato fluorogénico, 4-metilumberiferil β -D-glucurónico (MUG), el cual es hidrolizado por la enzima β -D-glucoronidasa que es producida por la bacteria *E. coli*, ocasionando una fluorescencia en el caldo bajo la luz ultravioleta de onda larga (336 nm) que indica la presencia de dicha bacteria. Se estimó la concentración de Coliformes Totales, Fecales y *E. coli* en las muestras calculando el NMP con las tablas estadísticas especialmente diseñadas para su evaluación (Arriaza et al, 2015).

F. Diseño estadístico

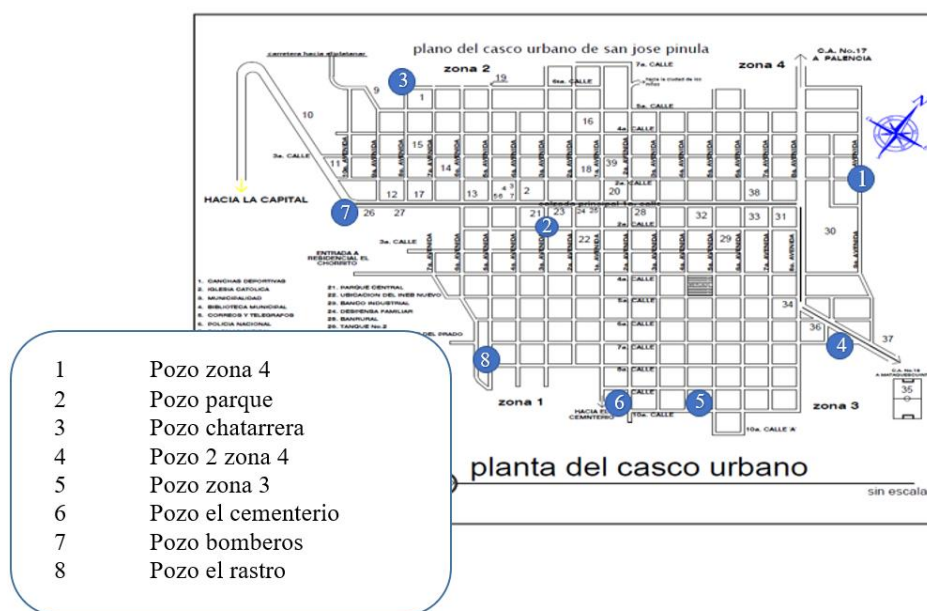
1. Tipo de estudio: Descriptivo
2. Tipo de muestreo: Por cuota estratificado
3. Análisis de resultados: Se realizó un análisis descriptivo de los datos obtenidos a partir de los resultados de las muestras de los pozos analizados, se presentaron las variables estudiadas en medidas de tendencia central y de dispersión para representar la calidad microbiológica del agua de los pozos en el casco urbano municipal. Finalmente se clasificaron los resultados obtenidos como Cumple o No Cumple según los criterios microbiológicos establecidos por la norma COGUANOR NTG 29001 2013.

VIII. RESULTADOS

Se determinó la calidad microbiológica del agua en el casco urbano del Municipio de San José Pinula según lo que establece la normativa COGUANOR NTG 29001:2013; para ello se trabajó con muestras de agua de 8 pozos que abastecen el área central del municipio, comparando los resultados obtenidos de la época seca estudiada en abril 2023 y la época lluviosa estudiada en julio 2023. En la figura 1 se observa la ubicación de los 8 pozos en mención.

Figura 1.

Localización de los pozos del casco Urbano del Municipio de San José Pínula



Fuente: Municipalidad de San José Pínula, 2022.

Los resultados del control microbiológico de las muestras de agua obtenidos durante la época seca muestran que del total de los pozos estudiados el pozo del parque fue el único contaminado con presencia de Coliformes Totales; mientras que los siete pozos restantes obtuvieron un resultado no detectable para Coliformes Totales, Fecales y *E. coli*. En la tabla 2, se puede evidenciar los resultados obtenidos durante la época seca en función del método número más probable (NMP).

Tabla 2.

Parámetros microbiológicos evaluados en los pozos del casco urbano del Municipio de San José Pinula durante la época seca, año 2023.

No.	Pozo	Coliformes		Coliformes		<i>Escherichia coli</i>
		Totales	NMP/ 100 mL	Fecales	NMP/ 100 mL	NMP/ 100 mL
1	Pozo zona 4	no detectable/ 100 mL		no detectable/ 100 mL		no detectable/ 100 mL
2	Pozo parque	8NMP/100 mL		no detectable/ 100 mL		no detectable/ 100 mL
3	Pozo chatarrera	no detectable/ 100 mL		no detectable/ 100 mL		no detectable/ 100 mL
4	Pozo 2 zona 4	no detectable/ 100 mL		no detectable/ 100 mL		no detectable/ 100 mL
5	Pozo zona 3	no detectable/ 100 mL		no detectable/ 100 mL		no detectable/ 100 mL
6	Pozo el cementerio	no detectable/ 100 mL		no detectable/ 100 mL		no detectable/ 100 mL
7	Pozo bomberos	no detectable/ 100 mL		no detectable/ 100 mL		no detectable/ 100 mL
8	Pozo el rastro	no detectable/ 100 mL		no detectable/ 100 mL		no detectable/ 100 mL

NMP/ 100 mL: Número más probable en 100 mL.

FUENTE: Datos experimentales obtenidos en Laboratorio de análisis fisicoquímicos y microbiológicos (LAFYM).

El estudio realizado durante la época seca refleja que el 12.5% de las muestras presentaron contaminación en el análisis microbiológico. En la Tabla 3 se observa la frecuencia de los pozos contaminados con Coliformes Totales, Fecales y *E. coli* durante la época seca. Nótese que únicamente el pozo del parque presentó contaminación con Coliformes Totales.

Tabla 3.

Frecuencia de muestras con presencia de Coliformes Totales, Fecales y *E. coli* durante la época seca

Pozo	Coliformes Totales	Coliformes Fecales	<i>Escherichia coli</i>	Total de muestras
Pozo zona 4	0	0	0	1
Pozo parque	1	0	0	1
Pozo chatarrera	0	0	0	1
Pozo 2 zona 4	0	0	0	1
Pozo tanque elevado zona 3	0	0	0	1
Pozo el cementerio	0	0	0	1
Pozo bomberos	0	0	0	1
Pozo el rastro	0	0	0	1
Total	1	0	0	8
%	12.5	0	0	100

FUENTE: Datos experimentales obtenidos en Laboratorio de análisis fisicoquímicos y microbiológicos (LAFYM).

Durante la época lluviosa se obtuvo un incremento en la tendencia de los resultados contaminados con Coliformes Totales, Fecales y *E. coli*. En la tabla 4, se puede evidenciar los resultados obtenidos durante la época lluviosa en función del método número más probable (NMP), se demuestra que 5 pozos obtuvieron presencia de Coliformes Totales, Fecales y *E. coli* siendo estos: pozo del parque, pozo chatarrera, pozo zona 4, pozo cementerio y pozo el rastro. Cabe mencionar que el pozo el parque también estuvo contaminado en el estudio durante la época seca.

Tabla 4.

Parámetros microbiológicos evaluados en los pozos del casco urbano del Municipio de San José Pinula durante la época lluviosa, año 2023

No.	Pozo	Coliformes Totales NMP/ 100 mL	Coliformes Fecales NMP/ 100 mL	<i>Escherichia coli</i> NMP/ 100 mL
1	Pozo zona 4	no detectable/ 100 mL	no detectable/ 100 mL	no detectable/ 100 mL
2	Pozo parque	2,419.6 NMP/ 100 mL	2,419.6 NMP/ 100 mL	2,419.6 NMP/ 100 mL
3	Pozo chatarrera	3,230.0 NMP/ 100 mL	2,920.0 NMP/ 100 mL	2,920.0 NMP/ 100 mL
4	Pozo 2 zona 4	2,419.6 NMP/ 100 mL	1,119.6 NMP/ 100 mL	1,119.6 NMP/ 100 mL
5	Pozo zona 3	no detectable/ 100 mL	no detectable/ 100 mL	no detectable/ 100 mL
6	Pozo el cementerio	14,136.0 NMP/ 100 mL	1,918.0 NMP/ 100 mL	1,918.0 NMP/ 100 mL
7	Pozo bomberos	no detectable/ 100 mL	no detectable/ 100 mL	no detectable/ 100 mL
8	Pozo el rastro	2,419.6 NMP/ 100 mL	1,046.2 NMP/ 100 mL	1,046.2 NMP/ 100 mL

NMP/ 100 mL: Número más probable en 100 mL.

FUENTE: Datos experimentales obtenidos en Laboratorio de análisis fisicoquímicos y microbiológicos (LAFYM).

El estudio realizado durante la época lluviosa refleja que el 62.5% de las muestras presentaron contaminación en el análisis microbiológico, siendo las muestras provenientes del pozo del parque, pozo chatarrera, pozo zona 4, pozo cementerio y pozo el rastro. En la Tabla 5 se observa la frecuencia de los pozos contaminados con Coliformes Totales, Fecales y *E. coli* durante la época lluviosa.

Tabla 5.

Frecuencia de muestras con presencia de Coliformes Totales, Fecales y *E. coli* durante la época lluviosa

Pozo	Coliformes Totales	Coliformes Fecales	<i>Escherichia coli</i>	total de muestras
Pozo zona 4	0	0	0	1
Pozo parque	1	1	1	1
Pozo chatarrera	1	1	1	1
Pozo 2 zona 4	1	1	1	1
Pozo tanque elevado zona 3	0	0	0	1
Pozo el cementerio	1	1	1	1
Pozo bomberos	0	0	0	1
Pozo el rastro	1	1	1	1
Total	5	5	5	8
%	62.5	62.5	62.5	100

FUENTE: Datos experimentales obtenidos en Laboratorio de análisis fisicoquímicos y microbiológicos (LAFYM).

El estudio se realizó durante las épocas seca y lluviosa del año con el fin de comparar y evidenciar el efecto del arrastre de microorganismos por las fuertes lluvias, la tabla 6 muestra la comparación de resultados de ambas épocas y su clasificación como segura o no segura según los criterios de las normas COGUANOR NTG 29 001; en la cual se puede observar que durante la época seca uno de los pozos no satisface los criterios microbiológicos de calidad conforme la norma, por lo cual se considera como no segura para consumo humano, mientras que en la época lluviosa esta tendencia se ve aumentada evidenciado por el resultado de 5 pozos que no satisfacen los criterios microbiológicos de calidad por lo que son considerados sanitariamente no seguros para el consumo humano.

Tabla 6.

Clasificación de los pozos como fuente de agua segura o no segura en época seca y lluviosa

No.	Pozo	Época seca	Época lluviosa
1	Pozo zona 4	Segura	Segura
2	Pozo parque	No segura	No segura
3	Pozo chatarrera	Segura	No segura
4	Pozo 2 zona 4	Segura	No segura
5	Pozo tanque elevado zona 3	Segura	Segura
6	Pozo el cementerio	Segura	No segura
7	Pozo bomberos	Segura	Segura
8	Pozo el rastro	Segura	No segura

FUENTE: Datos experimentales obtenidos en Laboratorio de análisis fisicoquímicos y microbiológicos (LAFYM).

IX. DISCUSION DE RESULTADOS

La relación de la calidad de agua con la salud debe ser una prioridad sanitaria, es por ello que a través de los años se han realizado diversos estudios en diferentes departamentos y municipios de Guatemala, esto con el fin de brindar seguimiento sobre la calidad microbiológica que posee el agua de los pozos que abastecen a la población guatemalteca. Este estudio se realizó determinando la calidad microbiológica del agua de los 8 pozos que abastecen el casco urbano del Municipio de San José Pínula en las dos estaciones del año 2023: invierno y verano. Se realizó de esta manera para evaluar el efecto que tiene el arrastre de microorganismos por la lluvia y si afecta o no la calidad microbiológica del agua de los pozos evaluados.

Los resultados del control microbiológico de las muestras de agua obtenidos durante la época seca en abril 2023 evidencian que, de los 8 pozos estudiados, únicamente el pozo del parque presentó contaminación con Coliformes Totales (ver Anexo 4). Este dato representa al 12.5% del total de las muestras evaluadas; es decir, que se considera como una fuente de agua no apta para consumo humano según lo establece la Norma COGUANOR NTG 29 001 2013, debido a la presencia de contaminación con materia fecal.

Por el contrario, se demuestra que en los siete pozos restantes se obtuvo un resultado no detectable para Coliformes Totales, Fecales y *E. coli*; lo cual representa al 87.5% de las muestras e indica que el agua proveniente de dichas fuentes es apta para consumo humano por lo que se considera sanitariamente como segura para su consumo. Estos datos son apreciables en las tablas 2 y 3.

La lluvia transporta diversos contaminantes arrastrados durante las tormentas, los cuales pueden representar un gran impacto negativo en los problemas de calidad del agua, puesto que dichos contaminantes provienen de distintos focos y esto hace que sea más difícil de reducirlo (Fuentes, Nájera, Rivara, Hernández y Ríos, 2021).

Esta problemática genera una especial preocupación debido a sus efectos adversos sobre la salud humana, es por ello que en este estudio se hace necesario verificar la calidad de dicho líquido vital durante la época lluviosa. Durante el mes de junio del año 2023 se realizó el análisis microbiológico de los 8 pozos para evaluar el efecto que tiene la lluvia sobre la calidad del agua. En efecto, las tablas 4 y 5 hacen evidente que durante la época lluviosa se obtuvo un incremento en la tendencia de los resultados contaminados con Coliformes Totales, Fecales y *E. coli*. En la tabla 4 se muestra que 5 pozos obtuvieron presencia de Coliformes Totales, Fecales y *E. coli* siendo estos: pozo del parque, pozo chatarrera, pozo zona 4, pozo cementerio y pozo el rastro.

La cantidad de pozos contaminados representan al 62.5% respecto el total de las muestras evaluadas en época lluviosa, es decir, que se consideran como fuentes de agua no apta para consumo humano por lo que no es segura sanitariamente para su consumo. Estos datos son alarmantes, pues representan a más de la mitad de los pozos que distribuyen agua a la población.

Es importante tomar en consideración que la contaminación del agua con materia fecal incrementa el riesgo de adquirir enfermedades potencialmente peligrosas por medio de infecciones bacterianas, virales y otros microorganismos, especialmente en la población infantil menor a cinco años quienes son los más vulnerables. Otros estudios demuestran que existe una relación directa entre la calidad del agua y problemas de salud en los consumidores, siendo principalmente la desnutrición crónica y el retraso en el crecimiento de alto interés para este estudio (Fuentes et.al, 2021).

En la tabla 6 se muestra la comparación de resultados de ambas épocas y su clasificación como fuentes de agua segura o no segura según los criterios de las normas COGUANOR NTG 29 001 2013; se puede evidenciar que el efecto de la lluvia sobre la calidad microbiológica del agua es negativo puesto que incrementa la cantidad de fuentes contaminadas con materia fecal debido al arrastre de microorganismos, lo cual fue evidenciado por el resultado de 5 pozos que no satisfacen los criterios microbiológicos de

calidad por lo que son considerados sanitariamente no seguros para el consumo humano comparado con la época seca que únicamente presentó un pozo contaminado.

Las enfermedades transmitidas por Agua y Alimentos (ETAS) desde siempre han tenido un impacto fuerte en la salud de las personas a nivel mundial, según el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social Guatemala las tiene clasificadas como enfermedades de notificación obligatoria y por ello, son vigiladas de forma pasiva a través de los servicios de salud (Sistema de Información Gerencial de Salud, 2020).

En el anexo 5 se presenta una gráfica comparativa desde el año 2015 hasta el año 2020 en un estudio realizado por el Departamento de epidemiología del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social donde se puede apreciar que cada año existe un incremento en las enfermedades transmitidas por el consumo de agua y alimentos contaminados, lo que a su vez repercute en problemas de salud afectando en su mayoría a la población infantil de niños menores de 5 años (SIGSA, 2020).

Según el último censo del Instituto Nacional de Estadística -INE- del año 2018, San José Pínula tiene una población de 79,844 habitantes de los cuales poco más de 16,000 son niños y niñas menores de 10 años (Censo poblacional, 2018). Este dato representa al 20% de la población, como puede observarse en los anexos 6 y 7 las ETAS se presentan con mayor incidencia en este grupo etario provocando diarreas y otras manifestaciones clínicas que posteriormente repercuten en afecciones como desnutrición crónica y a su vez retraso en el crecimiento y el desarrollo de los niños. Según los datos de SIGSA el grupo etario más afectado por diarreas son los niños de 1 a 4 años, principalmente del sexo masculino con una incidencia de 40,236 casos por 100,000 habitantes (SIGSA, 2020).

Guatemala regula las condiciones de la calidad del agua mediante el ACUERDO MINISTERIAL No. 1148-09, en el cual establece los procesos y los métodos de purificación del agua para consumo humano, así mismo, indica que las Direcciones de Área de Salud y los Distritos Municipales deben realizar las acciones de vigilancia que aseguren el cumplimiento de las disposiciones en dicho acuerdo (Acuerdo Ministerial, 1148-09).

El Programa de Vigilancia de la Calidad del Agua para Consumo Humano tiene como objeto desarrollar la vigilancia de los sistemas públicos y privados de abastecimiento de agua para consumo humano y otras fuentes de abastecimiento de agua que son utilizados por la población, para identificar posibles riesgos de transmisión de enfermedades (Acuerdo Ministerial,1148-09).

Es de vital importancia hacer hincapié que este tipo de estudios favorecen la retroalimentación acerca del estado de la calidad microbiológica del agua y ayudan objetivamente a tomar acciones oportunas para corregir y mejorar la calidad del agua que consume la población y que de no ser tratada a tiempo puede repercutir directamente en la salud de la misma especialmente en la de los más pequeños.

X. CONCLUSIONES

1. La calidad microbiológica del agua de los pozos que abastecen al casco urbano del Municipio de San José Pinula cumple satisfactoriamente con el 62.5% de las muestras evaluadas considerada como APTAS para consumo humano según los criterios de las normas COGUANOR NTG 29 001 2013.
2. Durante la época seca se determinó que el 12.5% de las muestras presentaron contaminación con Coliformes Totales, Fecales y *E. coli* en el análisis microbiológico del agua proveniente de los 8 pozos principales que abastecen el casco urbano del municipio de San José Pinula, Guatemala.
3. El 12.5% de las muestras estudiadas durante la época seca no cumplen con los criterios de las normas COGUANOR NTG 29 001 2013, por lo que son consideradas como fuentes de agua no apta para consumo humano.
4. Durante la época de lluvia se determinó que el 62.5% de las muestras presentaron contaminación con Coliformes Totales, Fecales y *E. coli* en el análisis microbiológico del agua proveniente de los 8 pozos principales que abastecen el casco urbano del municipio de San José Pinula, Guatemala.
5. El 62.5% de las muestras estudiadas durante la época lluviosa no cumplen con los criterios de las normas COGUANOR NTG 29 001 2013, por lo que son consideradas como fuentes de agua no apta para consumo humano.

XI. RECOMENDACIONES

1. Realizar monitoreos de cloro residual en los pozos que abastecen al casco urbano del municipio de San José Pínula y complementar con estudios del control de calidad microbiológica de agua para garantizar que el proceso de desinfección se realice efectivamente como medida correctiva ante la presencia de Coliformes Totales, Fecales y *E. coli*.
2. Realizar las acciones de vigilancia con constancia que aseguren el estricto cumplimiento de los procesos y métodos de purificación del agua para consumo humano en los pozos que abastecen de agua al casco urbano del municipio de San José Pínula.
3. Realizar mantenimientos periódicos a los pozos que abastecen al casco urbano municipal para disminuir el riesgo de contaminación y propagación de agentes potencialmente infecciosos.
4. Implementar la regulación y el control de calidad microbiológico y fisicoquímico de agua de los pozos que abastecen al casco urbano del municipio de San José Pinula y ejecutarlo con periodicidad para garantizar la distribución de agua potable a la población.

XII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arcos, M., Ávila, S., Estupiñan, S. y Gómez, A. (2005). Indicadores microbiológicos de contaminación de las fuentes de agua. *NOVA - PUBLICACIÓN CIENTÍFICA*, 3(4), 69-79.
- Briñez, K., Guarnizo, J. y Arias, S. (2012). Calidad del agua para consumo humano en el departamento del Tolima. *Rev. Fac. Nac. Salud Pública*, 30(2), 175-182.
- Carvanres, G. (2017). Agua potable y saneamiento para prevenir la desnutrición crónica. *Secretaría de Seguridad Alimentaria y Nutricional de la Presidencia de la República*. <http://www.sesan.gob.gt/wordpress/2017/08/28/agua-potable-y-saneamiento-para-prevenir-la-desnutricion-cronica/>
- Castro, A., Salazar, A y Fortny, C. (1997). Código de Salud. https://asisehace.gt/media/GT_Codigo_Salud_90_97.pdf
- Censo Poblacional. (2018). *Características generales de la población*. <https://www.censopoblacion.gt/censo2018/poblacion.php>
- Chitay, R. y García, O. (2006). *Propuesta de plan de saneamiento para la microcuenca del río teocinte, municipio de San José Pínula, Guatemala* (Tesis de Maestro en Ingeniería Sanitaria). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
- Cobo, P., Martín, I., Marrodán, M., Martínez, J., López, N., Villarino, A. y Pedrero, R. (2020). Association between chronic malnutrition and abdominal distension in preschoolers of Mizantéferi, south-west Ethiopia. *Nutrición Clínica y dietética. hospitalaria*, 40(2),39-46.
- Fuentes, J., Nájera, R., Rivara, S., Hernández, D. y Ríos, R. (2021). Calidad microbiológica del agua en el área urbana del municipio de Escuintla. *Revista. Médica Colegio de Médicos Cirujanos de Guatemala*, 160(1),29-33.

- Fernández, A. y Mortier, C. (2005). *Evaluación de la condición del agua para consumo humano en Latinoamérica*. Argentina. Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad de Buenos Aires.
- Guzmán, B., Nava, G. y Díaz, P. (2015). La calidad del agua para consumo humano y su asociación con la morbilidad en Colombia, 2008-2012. *Biomédica*, 35(1), 117-190
- Hernández, C., Aguilera, M. y Castro, G. (2011). Situación de las enfermedades intestinales en México. *Enfermedades infecciosas y microbiología*, 31(4), 137-151.
- Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. (2011). *Protocolo de Muestreo, Transporte y Conservación de Muestras de Agua con Fines Múltiples*.
https://inta.gob.ar/sites/default/files/scriptprotocolo_de_muestreo_de_aguas_inta.pdf
- Kaakoush, N., Castaño, N., Mitchell, H., Man, S. (2015). Global Epidemiology of *Campylobacter* Infection. *Clinical microbiology reviews*, 28, 687-720.
- Línea Verde. (2021). *Guías de buenas prácticas sobre medio ambiente: Ciclo hidrológico*.
http://www.lineaverdeceutatrace.com/lv/guias-buenas-practicas_ambientales/buenas-practicas-sobre-agua/ciclo-hidrologico.asp#
- Mejía, A., Castillo, O y Vera, R. (2016). *Agua Potable y Saneamiento en la Nueva Ruralidad de América Latina*. Banco de Desarrollo de América Latina.
- Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social. (2012). Política Nacional del Sector de Agua Potable y Saneamiento de Guatemala.
<https://www.mspas.gob.gt/images/files/saludambiente/regulacionesvigentes/PoliticaNacionalAPS/PoliticaNacionalSectorAguaPotableSaneamiento.pdf>
- Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social. (2013). Acuerdo Ministerial No. 523-2013.
<https://www.mspas.gob.gt/images/files/saludambiente/regulacionesvigentes/AguaConsumoHumano/ManualCalidadAC69B4-1.PDF>

- Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social. (2021). *Política Nacional del Sector de Agua Potable y Saneamiento*.
<https://www.mspas.gob.gt/images/files/saludambiente/regulacionesvigentes/PoliticaNacionalAPS/PoliticaNacionalSectorAguaPotableSaneamiento.pdf>
- Municipalidad de San José Pinula. (2019). *Dirección de Agua, Saneamiento y Predios de Servicio*. <https://munisanjosepinula.gob.gt/>
- Objetivos de Desarrollo Sostenible. (2021). *Objetivo 6: Agua limpia y saneamiento*.
<https://www.sdgfund.org/es/objetivo-6-agua-limpia-y-saneamiento>
- Organización Mundial de la Salud. (2018). *Guías para la calidad del agua de consumo humano*. Perú: OMS
- Organización Panamericana de la Salud. (2011). *Guías para la calidad del agua de consumo humano*.
<https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/272403/9789243549958-spa.pdf?ua=1>
- Organización Panamericana de la Salud. (2015). *Agua y saneamiento*.
<https://www.paho.org/es/noticias/19-8-2015-agua-saneamiento>
- Pérez, E. (2016). Control de calidad en aguas para consumo humano en la región occidental de Costa Rica. *Revista Tecnología en Marcha*, 29(3).
- Pitan, E. (2016). Más de 500 mil vecinos sufren escasez de agua. *Prensa libre*. Recuperado de <https://www.prensalibre.com/guatemala/comunitario/mas-de-500-mil-vecinos-sufren-escasez-de-agua/>
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (2016). *Informe Nacional de Desarrollo Humano*.
<http://desarrollohumano.org.gt/wpcontent/uploads/2016/04/INDHCCompletoDigital-1.pdf>

- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (2021). *Objetivo 6: Agua limpia y saneamiento*. <https://www1.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals/goal-6-clean-water-and-sanitation.html>
- Pullés, M. (2014). Microorganismos indicadores de la calidad del agua potable en Cuba. *Revista CENIC. Ciencias Biológicas*, 45(1), 25-36.
- Ríos, S. Agudelo, R. y Gutiérrez, L. (2017) Patógenos e indicadores microbiológicos de calidad del agua para consumo humano. *Rev. Fac. Nac. Salud Pública*, 35(2), 236-247.
- Rojas, R. (2002). *Guía para la vigilancia y control de la calidad del agua para consumo humano*. Lima: Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos.
- Seguridad Alimentaria y Nutricional. (2015). *Cuarto Censo Nacional de Talla en Escolares del Primer Grado de Educación Primaria del Sector Público de la República de Guatemala*. Guatemala
- Silva, J., Ramírez, L., Alfieri, A., Rivas, G. y Sánchez, M. (2004). Determinación de microorganismos indicadores de calidad sanitaria. Coliformes totales, coliformes fecales y aerobios mesófilos en agua potable envasada y distribuida en San Diego, estado Carabobo, Venezuela. *Revista de la sociedad venezolana de microbiología*, 24(2), 46-49.
- Universidad Rafael Landívar. (2005). *Situación del Recurso Hídrico en Guatemala (2)*. <http://desastres.usac.edu.gt/documentos/docgt/pdf/spa/doc0135/doc0135.pdf>

XIII. ANEXOS

Anexo 1: Información de la Municipalidad de San José Pinula



Municipalidad de San José Pinula

1a. Calle 4-30, Zona 2, San José Pinula
CEBULA DE NOTIFICACION
PBX: (502) 6626-5500
www.munisanjosepinula.gob.gt

U/AIP-047-2021

Solicitante:

En el municipio de San José Pinula, siendo las ocho horas con cero minutos, del día veintitrés de abril de dos mil veintuno, constituida en la primera calle cuatro-trecinta zona dos San José Pinula, se notifica a la señora Emily Chacón, por medio de la cedula de notificación que se fija en los Estrados de esta Municipalidad, el contenido de la resolución número U/AIP-047-2021 de fecha veintitrés de abril de dos mil veintuno recaída en estas diligencias, quien de enterado NO firma.

Notificado:



Lidia F. Engels, Lidia Zacarias
Encargada Unidad de Acceso a la Información Pública
Municipalidad de San José Pinula

¡Gracias a Tí, Seguimos en marcha con el Desarrollo!





Municipalidad de San José Pinula

1a. Calle 4-30, Zona 2, San José Pinula

PBX: (502) 6626-5500

www.munisanjosepinula.gob.gt

Resolución No. UAIP-047-2021

UNIDAD DE ACCESO A LA INFORMACIÓN PÚBLICA MUNICIPAL, MUNICIPALIDAD DE SAN JOSÉ PINULA DEPARTAMENTO DE GUATEMALA, VEINTITRES DE ABRIL DE DOS MIL VEINTIUNO. I. Se tiene por recibido oficio identificado como OF-DASPS-102-2021 de fecha veinte de abril de dos mil veintiuno, firmado y sellado por el Director de la Dirección de Agua, Saneamiento y Predios de Servicios, Municipalidad de San José Pinula. CONSIDERANDO: Que la señora Emily Chacón, presento solicitud a esta Unidad de Acceso a la Información Pública de la Municipalidad de San José Pinula, Departamento de Guatemala, en la cual manifiesta "numero de pozos existentes." CONSIDERANDO: Que en el presente caso, la solicitud presentada por el sujeto activo se ajusta a las prescripciones legales que son aplicables, por lo que se confirió el trámite respectivo en la Unidad de Acceso a la Información Pública de la Municipalidad de San José Pinula, por lo cual la información requerida, tal como lo indica la solicitud arriba planteada, es procedente su entrega al interesado con las formalidades de Ley; haciendo saber que de conformidad con el artículo 15 de la Ley de Acceso a la Información Pública, "Los interesados tendrán responsabilidad, penal y civil por el uso, manejo o difusión de la información pública a la que tengan acceso, de conformidad con esta ley y demás leyes aplicables." CONSIDERANDO: Que es potestad de esta Unidad, atender las solicitudes y otras actividades relacionadas conforme a lo contenido en Ley de Acceso a la Información Pública, Decreto 57-2008, en particular en su Artículo 42 el cual establece la imperativa emisión de la resolución respectiva a la solicitud formulada por el usuario. POR TANTO: Esta Unidad con fundamento en lo considerado y lo preceptuado por los Artículos 3, 4, 5, 6, 16, 17, 18, 19, 20 incisos 3 y 4, 21 y 38 de Ley de Acceso a la Información Pública, contenida en el Decreto 57-2008 al resolver: DECLARA: I. Remitir a la señora Emily Chacón, (sujeto activo), en forma electrónica copia simple del oficio identificado como OF-DASPS-102-2021 de fecha veinte de abril de dos mil veintiuno, firmado y sellado por Director de la Dirección de Agua, Saneamiento y Predios de Servicios, Municipalidad de San José Pinula. II. En base al Artículo 18 de la Ley de Acceso a la Información Pública el sujeto activo deberá cancelar en la Tesorería Municipal de esta Municipalidad la cantidad de cero quetzales con cero centavos (Q.0.00) en concepto de gastos de reproducción de la Información solicitada. III. La información remitida sus originales debidamente confrontados quedan dentro del presente expediente para su verificación. IV. Entréguese la información a la presentada en la forma solicitada. V. La gestión de la información es en sentido POSITIVO. VI. Notifíquese.


Lidia Pineda Castillo Zucarias
Encargada Unidad de Acceso a la Información Pública
Municipalidad de San José Pinula

¡Gracias a Tí. Seguimos en marcha con el Desarrollo!





Municipalidad de San José Pinula

1a. Calle 4-30, Zona 2, San José Pinula

PBX: (502) 6626-5500

www.munisanjosepinula.gob.gt

José Pinula 20 de abril 2021

OF-DASPS-102-2021

Señorita:

Liseth Castillo

Encargada Unidad de Acceso a la información

Municipalidad de San José Pinula

Presente.

Estimada señorita Castillo:

Reciba un cordial saludo, deseándole éxito en sus actividades cotidianas, en respuesta a su solicitud de fecha de notificación 19-04-2021 Unidad de Acceso a la información pública, según oficio UAIP-047-2021. En el cual, solicita la siguiente información: "Número de pozos existentes en el Municipio de San José Pinula"

Por lo tanto se informa lo siguiente: Después de haber realizado la búsqueda correspondiente en los archivos de esta dirección, se adjunta el siguiente listado de pozos del Municipio de San José Pinula.

Agradezco la atención a la presente, me despido de usted.

Atentamente,



Geztler Daniel Franco Reyes
Dirección de Agua, Saneamiento y Predios de Servicio
Municipalidad de San José Pinula



3:20 PM
21/04/21
Unidad de Acceso a la Información Pública

¡Gracias a Tí, Seguimos en marcha con el Desarrollo!



Anexo 2: Listado de pozos del Municipio de San José Pinula

LISTADO DE POZOS DEL MUNICIPIO DE SAN JOSÉ PINULA, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA

No.	NOMBRE	UBICACIÓN
1	POZO SAN MARINO	5 AVENIDA FINAL Y 8 CALLE ZONA 1 CALLEJÓN SAN MARINO
2	POZO LOS BOMBEROS	1 CALLE 9-25 ZONA 1
3	POZO DE IGLESIA ANTIGUA	8 AVENIDA Y 6 CALLE ZONA 2
4	POZO NÚMERO 1	9 CALLE Y 1 AVENIDA "A" ZONA 3
5	POZO NÚMERO 2	10 CALLE Y 3 AVENIDA ZONA 3
6	POZO SECTOR CAMINOS ZONA 3	9 AVENIDA, SECTOR CAMINOS, ZONA 3
7	POZO NÚMERO 4	SECTOR LA POZA ZONA 4
9	POZO SECTOR "LAS FLORES"	PUENTE LAS FLORES, ALDEA LAS ANONAS
10	POZO SECTOR "EL CAFETALITO"	SECTOR EL CAFETALITO LOTE #14, ALDEA LAS ANONAS
11	POZO ALDEA EL PINO	ALDEA EL PINO
12	POZO CASERÍO EL BORDO	CASERÍO EL BORDO, ALDEA SANTA INES PINULA
13	POZO ALDEA CONCEPCIÓN PINULA	LOTE # 43, ALDEA CONCEPCIÓN PINULA
14	POZO NÚMERO 1 CIÉNAGA GRANDE	ALDEA CIÉNAGA GRANDE
15	POZO NÚMERO 2 CIÉNAGA GRANDE	LOTE #99 SECTOR EL CENTRO, ALDEA CIÉNAGA GRANDE
16	POZO NÚMERO 3 CIÉNAGA GRANDE	LOTE #21, ALDEA CIÉNAGA GRANDE
17	POZO NÚMERO 6 CANTÓN SAN ANTONIO	LOTE #2, CANTON SAN ANTONIO, ALDEA CIÉNAGA GRANDE
18	REBOMBEO ALDEA EL PLATANAR	LOTE #11 SECTOR 1, ALDEA EL PLATANAR
19	POZO #2, ALDEA EL PLATANAR	SECTOR 1, ALDEA EL PLATANAR
20	POZO NÚMERO 1	LOTE #229 SECCIÓN "D", COLONIA SANTA SOFIA
21	POZO NÚMERO 2	ÁREA VERDE SECCIÓN "D", COLONIA SANTA SOFIA
22	POZO NÚMERO 3	CALLE PRINCIPAL SECCIÓN "D" COLONIA SANTA SOFIA
23	TANQUE DE CAPTACIÓN JOYA DE LOS CEDROS	JOYA DE LOS CEDROS,
24	TANQUE DE CAPTACIÓN MONTERREDONDO	ALDEA MONTERREDONDO
25	POZO ALDEA SANTA RITA	CALLE PRINCIPAL, ALDEA SANTA RITA
26	POZO #2 ALDEA EL PINO	ALDEA EL PINO
27	POZO ALDEA CONTRERAS	ALDEA CONTRERAS
28	POZO ALDEA LAS ANONAS	ALDEA ANONAS

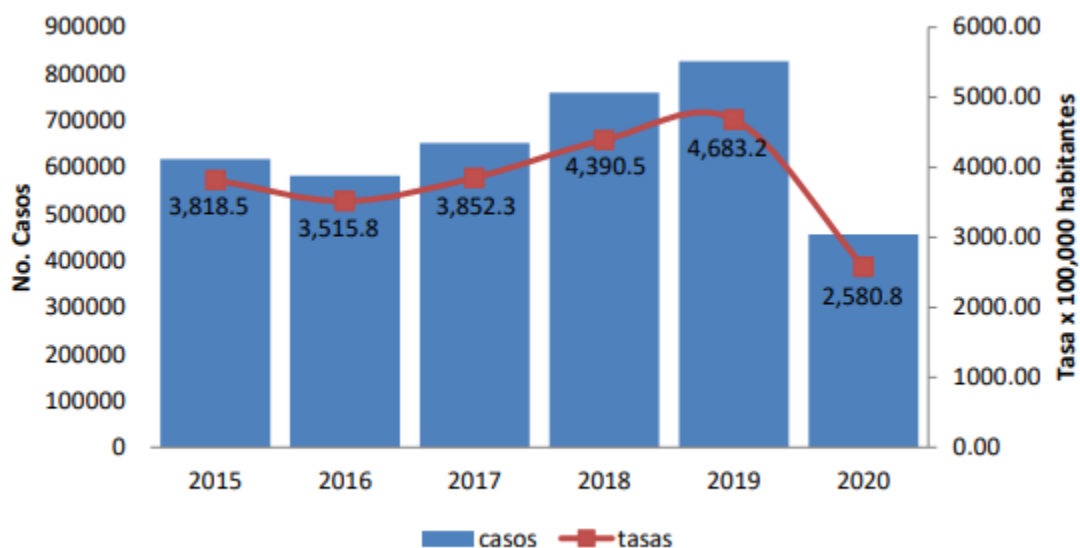
Anexo 3: Muestras de agua de los pozos estudiados durante época seca y lluviosa



Anexo 4: Pozo El Parque

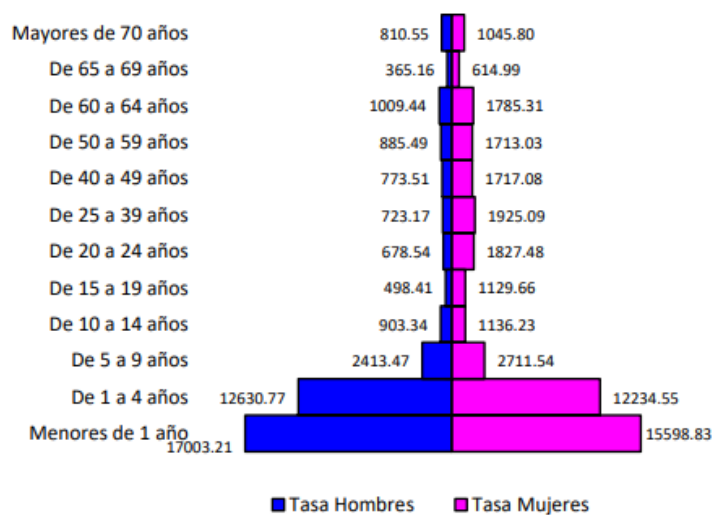


Anexo 5. Gráfica de ETAS: casos y tasas por año.



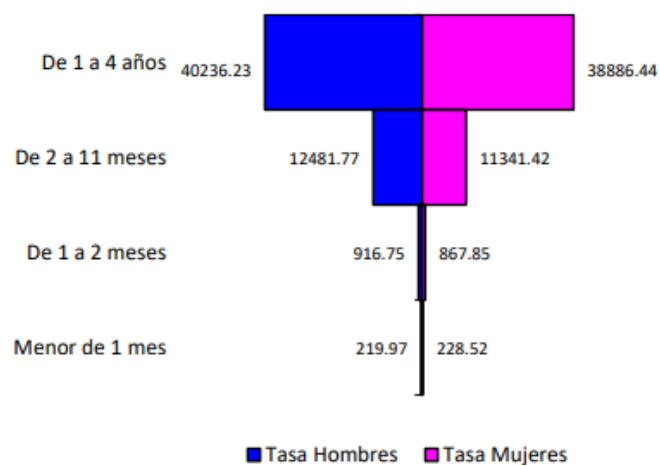
FUENTE: Sistema de Información Gerencial de Salud (SIGSA), 2020.

Anexo 6. Gráfica de ETAS: Tasas por sexo y edad, Guatemala 2020



FUENTE: Sistema de Información Gerencial de Salud (SIGSA), 2020.

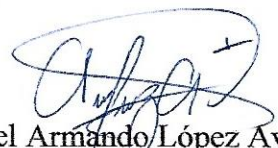
Anexo 7. Gráfica de diarreas en menores de 5 años: Tasas por sexo y edad.



FUENTE: Sistema de Información Gerencial de Salud (SIGSA), 2020.



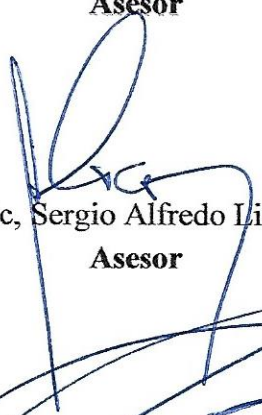
Emily Jeanneth Chocón Monterroso
Autor



Axel Armando López Avila
Autor



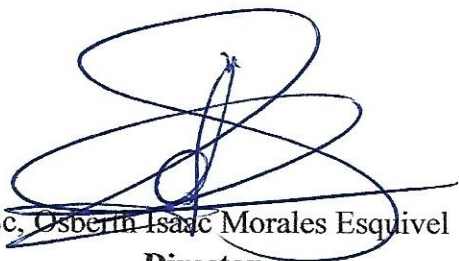
Dra. Karin Larissa Herrera Aguilar
Asesor



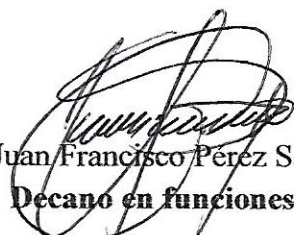
MSc, Sergio Alfredo Lickes
Asesor



MSc, Martín Néstor Fernando Gil Carrera
Revisor



MSc, Osberm Isaac Morales Esquivel
Director



Dr. Juan Francisco Pérez Sabino
Decano en funciones