

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA

Evaluación De La Calidad Físicoquímica Y Microbiológica Del Agua Potable Proveniente
Del Pozo De Santa Clara En La Zona 1 De Villa Nueva.

Informe de Tesis

Presentado por

Vera María Isabel Castillo León

Para optar el título de

Química Farmacéutica

Guatemala, enero de 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA

Evaluación De La Calidad Fisicoquímica Y Microbiológica Del Agua Potable Proveniente
Del Pozo De Santa Clara En La Zona 1 De Villa Nueva.



Vera María Isabel Castillo León
Química Farmacéutica

Guatemala, enero de 2023

JUNTA DIRECTIVA

M.A. Pablo Ernesto Oliva Soto Decano

Licda. Miriam Roxana Marroquín Leiva Secretaria

Dr. Juan Francisco Pérez Sabino Vocal I

Dr. Roberto Enrique Flores Arzú Vocal II

Lic. Carlos Manuel Maldonado Aguilera Vocal III

Br. Carmen Rodríguez Vocal IV

Br. Paola Gaitán Vocal V

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por darme vida, guiar mis pasos y por permitirme culminar esta etapa.

A la Universidad de San Carlos de Guatemala, por abrirme las puertas y permitirme estudiar y convertirme en una profesional de éxito.

A la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, por darme las herramientas y el conocimiento para crecer y aprender, por darme experiencias inolvidables y amistades valiosas.

A mis catedráticos por compartir sus experiencias y conocimientos, por su paciencia y dedicación.

A mi asesora la Licenciada Julia García por compartir sus conocimientos, por su apoyo incondicional, paciencia, dedicación y por sus consejos. Gracias por nunca soltar mi mano.

A mi revisora la Licenciada Aylin Santizo, por su ayuda, su apoyo y sus consejos.

A mis compañeros que formaron parte de mi camino.

DEDICATORIA

A mi mayor tesoro, mi mami, este logro es tanto tuyo como mío. Gracias por escucharme, por cuidarme y por guiarme en cada paso. Porque sin ti no sería la persona que soy, eres parte de mi esencia.

A mi papi, que, a pesar de la distancia, siempre encuentra formas de apoyarme, escucharme, aconsejarme y alegrarme. Gracias por lo que me has enseñado y por tus palabras que me sirven de guía.

A mis hermanos, Juan y Vivian, gracias por siempre estar conmigo cuando lo necesito por ser ese apoyo y esa fuerza que me ayuda en los momentos difíciles. Y por siempre compartir y celebrar mis logros.

A mis primas, Adriana, gracias por caminar cada paso conmigo, por permitirme compartir mi vida contigo, por tus consejos y palabras de apoyo. Por ser esa persona incondicional siempre dispuesta a escucharme. Andrea, gracias por tu apoyo incondicional, por siempre estar para mí y escucharme cuando más lo necesito.

A mis sobrinos, en especial Daniela y Edgar René, gracias por su confianza en mí, por permitirme aprender de ustedes y por compartir sus vidas conmigo. Porque sin importar la circunstancia me apoyan y me dan su cariño. Me hacen querer ser mejor cada día de mi vida y ser un ejemplo para ustedes.

A mi familia, que es una parte esencial de mi vida, gracias por su apoyo y su cariño.

A mis amigos de la vida Mauro, Olguita y Gerardo. A mis monitas, Andrea, Gaby, Mar, Barbie y Pame. A mis almidones Julio, Nancy y Evis. A mis grandes amigas Jenny y Majo. A mis amigas del trabajo, Sara y Ana. Gracias por compartir cada día conmigo, por compartir mis lágrimas y mis risas, por ser parte de cada etapa de mi vida, por su apoyo incondicional, por escucharme y aconsejarme. Por escuchar mis chistes y ser parte de mis anécdotas.

En especial le dedico este logro a mis ángeles, a mi Abuelita Esperanza y mi tía Becky. Tía Becky, no tengo palabras para agradecer tanto que me diste, tanto que me enseñaste, tus consejos, tu cariño y por ser uno de los pilares de mi vida. Te amo y te extraño.

ÍNDICE

1.	Resumen	1
2.	Introducción	2
3.	Antecedentes	4
	3.1. Contexto Geográfico y demográfico	4
	3.2. Red de distribución de agua potable del Municipio de Villa Nueva	6
	3.3. Agua Potable	8
	2.3.1. Calidad del agua potable	8
	2.3.2. Calidad microbiológica del agua	9
	2.3.3. Calidad fisicoquímica del agua	11
4.	Justificación	13
5.	Objetivos	14
	5.1. Objetivo General	14
	5.2. Objetivos Específicos	14
6.	Materiales y Métodos	15
	6.1. Universo	15
	6.2. Muestra	15
	6.3. Materiales	15
	6.4. Métodos	15
	6.4.1. Número de réplicas y diseño de muestreo	15
	6.4.2. Toma de muestras	15
	6.4.3. Distribución de puntos	16
	6.4.4. Análisis de Resultados	18
7.	Resultados	20
8.	Discusión	24
9.	Conclusión	26
10.	Recomendaciones	27
11.	Referencias Consultadas	28
12.	Anexos	32

1. RESUMEN

El presente estudio se realizó para evaluar la calidad microbiológica y fisicoquímica del agua que se distribuye a la pileta comunal ubicada en la colonia El Najarito en la zona 1 de Villa Nueva, que abastece a los habitantes de este lugar, para determinar si cumple con los parámetros establecidos por la norma COGUANOR NTG 29001 de agua potable en Guatemala.

Se tomaron muestras del pozo Santa Clara ubicado en la zona 3 de Villa Nueva y de los puntos de distribución de agua de la pileta, Grifo A y B, tomando una muestra durante el periodo correspondiente a agosto 2018 a enero 2019 y otra de febrero a julio 2019.

Los resultados indicaron que los grifos A y B cumplen con todos los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos establecidos por la norma COGUANOR NTG 29001 en los meses evaluados. También se observó que, a pesar de cumplir, hubo diferencias en los parámetros de conductividad, dureza total, sulfatos, calcio, magnesio y nitratos. Siendo mayor durante el muestreo en enero de 2019, debido al incremento de temperatura y la disminución de lluvias en los últimos meses de 2018.

Para el punto de muestreo del pozo, presentó el mismo comportamiento en los parámetros fisicoquímicos que los puntos de los grifos A y B. Sin embargo, el punto no cumplió con parámetros microbiológicos debido a la presencia de *E.coli* durante el muestreo en enero de 2019, que se atribuye a la contaminación de la toma de muestra por la exposición a contaminantes externos como roedores y aves.

Se establece que el agua que se distribuye a los grifos A y B proveniente del pozo Santa Clara, es potable y es apta para el consumo humano.

2. INTRODUCCIÓN

Guatemala es el país centroamericano con mayores recursos hídricos; a pesar de ello la distribución espacial y temporal del recurso reduce la disponibilidad en ciertos lugares y depende mucho de las condiciones climatológicas de la época (invierno-verano, fenómeno de la niña-niño). En la mayoría de las comunidades el agua se obtiene a partir de fuentes superficiales, ríos, corrientes, lagos, entre otros. Los cuales se encuentran contaminados ya sea por desechos domésticos, desechos agrícolas y desechos industriales. A esto se le puede agregar la deficiencia o debilidad en los sistemas de tratamiento y purificación de agua para consumo humano por parte de los sistemas municipales, por lo que la calidad de agua que llega a los hogares de la población no siempre es la mejor, haciéndola susceptible a diversas enfermedades como los son la fiebre tifoidea o amebiasis o la contaminación de alimentos e ingestión de *E. coli*, entre otras enfermedades relacionadas al consumo de aguas contaminadas.

La norma COGUANOR NTG 29001 es actualmente la única norma en Guatemala, que rige las características que debe tener el agua potable, en donde se regula la cantidad y concentraciones de elementos o sustancias químicas presentes en el agua. Ya que se debe tomar en cuenta que la calidad y la accesibilidad de los servicios de agua y saneamiento son uno de los principales motores de la salud pública actual.

La cobertura, calidad, continuidad, accesibilidad y precio de los servicios difieren entre los centros urbanos y rurales por diversas causas. Según datos del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social se estima que en el país existen aproximadamente 3 millones de personas sin acceso a sistemas adecuados de agua y 6 millones no cuentan con servicios adecuados de saneamiento. Tomando en cuenta que, así como el servicio de agua para consumo humano con chorro exclusivo y público no se da en todos los casos, también hay comunidades en donde no se dispone del servicio de forma adecuada; añadiendo el déficit de cobertura, intermitencia de los servicios por red y la deficiencia en la calidad del agua; afectando así a una gran cantidad de comunidades en los diversos municipios y departamentos del país.

Como lo es, en el caso de la Colonia El Najarito ubicado en la zona 1 de Villa Nueva, que además de no contar con un sistema de agua potable adecuado, la población se ve en la necesidad de utilizar piletas comunales para abastecerse de agua potable. Tomando en cuenta que Villa Nueva actualmente es una zona altamente industrial, en donde se puede encontrar diversas industrias de todo tipo; la contaminación de los recursos hídricos por desechos industriales es un peligro potencial en esta zona. Siendo así necesario realizar un control tanto microbiológico como fisicoquímico del agua potable que se consume en estas áreas.

3. ANTECEDENTES

3.1.Contexto Geográfico Y Demográfico

Guatemala cuenta con una extensión territorial que alcanza los 108,889 Km²; con una proyección poblacional para el 2018 de 16,838,489. Actualmente, Guatemala cuenta con las condiciones naturales favorables que le permiten disponer de abundante de agua para las personas, el ambiente y la productividad económica. En el año 2002 según el censo de población y vivienda, la cobertura en zonas urbanas de hogares con acceso al chorro de uso exclusivo era del 80%, más el 7% de hogares con el chorro fuera de la vivienda. En las zonas urbanas contaban con una cobertura de 80% y 8% de los hogares a través de servicio de chorro exclusivo y provisión exterior, respectivamente. A su vez, en las zonas rurales de la región metropolitana, el 45% de los hogares tenía el servicio de chorro de uso exclusivo, y el 4% usaba el chorro exterior (Lentini, 2010). En la siguiente tabla se puede ver la relación entre el acceso a los servicios y la condición económica del hogar.

Tabla 1

Tipo de servicios de agua para pobres y no pobres (En porcentajes)

Tipo	Total	Pobres	No pobres
Tubería dentro de la vivienda	62	45	73
Tubería fuera de la vivienda y dentro del terreno	14	19	11
Chorro público	2	4	1
Pozo perforado público o privado	11	13	9
Río, lago o manantial	6	12	2
Camión o cisterna	1	0	2
Agua de lluvia	1	2	0
Otros	3	4	2

Fuente: INE, ENCOVI (2016)

El agua para consumo humano es escasa y racionada, sin mencionar que en su mayoría los recursos hídricos del país se encuentran contaminados. Tanto en el área urbana como en la rural; existe una demanda insatisfecha que aumenta conforme el crecimiento poblacional. El crecimiento urbano no planificado hace más difícil el acceso al agua, y en consecuencia se provoca el aumento en la demanda concentrada y el hecho que el aumento de las áreas urbanas disminuye el área de infiltración y por lo tanto disminuye los niveles de los pozos de extracción (Dirección de Investigación en Derechos Humanos, 2014).

Al déficit de cobertura se suma la intermitencia de los servicios por red y la deficiencia en la calidad del agua, se estima que en el país el 80% de los sistemas funcionan de forma intermitente, proporcionando entre 6 y 12 horas de servicio por día. Se estima que sólo el 15% del agua abastecida por los sistemas es desinfectada y que sólo el 25% de los municipios a nivel urbano cuentan con sistemas de desinfección (Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, s.f.).

De acuerdo con la Municipalidad de Villa Nueva, el municipio de Villa Nueva es uno de los municipios más poblados del país de acuerdo con el censo realizado en el año 2002 por el Instituto Nacional de Estadística, la población era de 355, 901 y una estimación para el 2018 de 598,295 de habitantes; con una extensión territorial de 114 Km cuadrados de área en total, de la que una parte de su extensión se encuentra dentro de la cuenca del Lago de Amatitlán.

Con relación a condiciones geológicas, el municipio se encuentra dentro del llamado “Graben de Guatemala”, que define la depresión del Valle de las Vacas o de la Virgen, en donde se encuentra un relleno de espesor variable de ceniza y pómez originario por lluvias o en parte por avalanchas de cenizas, producto de erupciones volcánicas explosivas conocidas en la industria de construcción como arena blanca. Entre los cuerpos hidrográficos del municipio se encuentran Mashul, Parrameño, Platanitos, Villalobos y San Lucas, todos altamente afectados por polución, en especial su mayor recurso hídrico el Lago de Amatitlán (Mancomunidad Gran Ciudad del Sur, 2014).

La conformación hídrica del área se define por el río Platanitos, debido a que es el que recarga los acuíferos de la zona; el mismo que atraviesa el casco urbano, que nace en el

Municipio de San Lucas Sacatepéquez a 2,500 msnm y baja como tributario del río Villa Lobos, y debido a que en esta área colindante el municipio presenta pendientes más altas, da un fuerte caudal del mismo, que antes constituía la fuente de abastecimiento de agua a la cabecera municipal (Fuentes, 2017)

3.2. Red de distribución de agua potable del Municipio de Villa Nueva

La red de distribución de agua es un conjunto de tuberías, accesorios y estructuras que conducen el agua desde tanques de almacenamiento hasta tomas domiciliarias o hidrantes públicos. Su finalidad es proporcionar agua a los usuarios para consumo doméstico, público, comercial, industrial y para condiciones extraordinarias como el extinguir incendios. Se tiene que el 50% de la red de distribución del agua potable se encuentra bajo administración municipal mientras que el otro 50% se reparte en redes de distribución privados y centros poblados que aún no cuentan con la distribución de agua (Fuentes, 2017). En el sistema de abastecimiento de agua se pueden identificar los siguientes pozos de abastecimiento:

Tabla 2

Pozos que abastecen agua potable al Municipio de Villa Nueva

Pozo	Zonas de abastecimiento
Pozo Jacarandas	Las Jacarandas, Valles de Promisión y Residenciales Villas del Prado.
Pozo Tierra de Promisión II	El Edén III, La Perlita, Tierra de Promisión II.
Pozo Cabrini	Lomas de Ramírez, Lomas de San Rafael, Primavera II, Ramírez, San Luis Ramírez, San Luis Ramírez II, San Rafael Ramírez I, San Rafael Ramírez II, Brisas de Bárcena, Concepción, La Ensenada y La Joya Ramírez.
Pozo San José La Laguna	San José La Laguna
Pozo Las Vacas	San Miguel Ramírez zona 2, San Miguelito El Zope zona 2, San Rafael zona 2, San Rafael Los Tanques I zona 2, San

	Rafael Los Tanques II zona 2, Bárcenas zona 3, Parcelamiento El Cedro zona 3 y Parcelamiento Río Platanito zona 3.
Pozo Maestros del Ita	Modelo zona 2, Santa Mónica zona 2, Casas del Campo zona 2 y Maestros del Ita zona 3.
Pozo Iglesias Bárcenas	San Miguel Ramírez zona 2, San Miguelito El Zope zona 2, San Rafael zona 2, San Rafael los Tanques I zona 2, San Rafael los Tanques II zona 2, Bárcenas zona 3, Parcelamiento El Cedro zona 3 y Parcelamiento Río Platanito zona 3.
Pozo La Esperanza	La Esperanza, Peña de Oro, Enriqueta II y Parcelamiento las Nubes.
Pozo Santa Clara	Zona 1, centro de Villa Nueva
Pozo Santa Isabel I (Pozo I)	Santa Isabel I y Asentamiento El Esfuerzo
Pozo Santa Isabel I (Pozo II)	Santa Isabel I
Pozo Santa Isabel II (Pozo I)	Santa Isabel II, Asentamiento Emanuel y Asentamiento Luz y Esperanza
Pozo Santa Isabel II (Pozo II)	Santa Isabel II, Asentamiento Emanuel y Asentamiento Luz y Esperanza
Pozo Santa Isabel II (Pozo III)	Santa Isabel II, Asentamiento Emanuel y Asentamiento Luz y Esperanza
Pozo Termibus	San Miguel Ramírez Zona 2, San Miguelito el Zope zona 2, San Rafael zona 2, San Rafael Los Tanques I zona 2, San Rafael II zona 2, Bárcenas zona 3, Parcelamiento el Cedro zona 3 y Parcelamiento río Platanito zona 3
Pozo APSA	La Felicidad, La Joya, La Joyita, La Perla, Nueva Villa Nueva III, Valle Verde, Las Torres, Villa Nueva, El Amate
Pozo Marianita	Marianita
Pozo El Tabloncito	Tabloncito, Florencia, Samayoa I, Samayoa II, Vista al Valle, El Porvenir, Residenciales Los Rosales y Santiaguito

Pozo Residenciales Villa Nueva	Residenciales Villa Nueva zona 1
Pozo San Miguelito I	Jardines de Villa Nueva zona 1, Nueva Villa Nueva II zona 1, San Miguelito zona 1, y Santa María zona 4
Pozo Parque Central	Pineta, Xela
Pozo La Selva	Colonia Militar la Selva zona 8, Colonia el Mirador
Pozo Residenciales Jerusalén	Colonia Jerusalén, Colonia Nuevo Amanecer, Colonia Gran Mirador, Centro de Peronia.

Fuente: Dirección de Aguas y Saneamiento, Municipalidad de Villa Nueva

Villa Nueva, es un municipio mayormente urbano en donde las industrias y empresas se han establecido por la cercanía que tiene al municipio de Guatemala. Por lo que en la actualidad se pueden encontrar una variedad de industrias que pueden llegar a afectar la distribución de agua y/o contaminar las diversas fuentes hídricas del municipio.

3.3. Agua potable

Cuando se habla de Agua potable se hace referencia al agua para consumo humano, es decir el agua destinada para bebida, preparación de alimentos e higiene personal. Así mismo debe cumplir con las características de calidad, establecidos en la Norma Guatemalteca Obligatoria de Especificaciones, COGUANOR NTG 29001 o bien la norma vigente de especificaciones para agua potable (MSPAS, 2009).

De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud el agua potable, no debe ocasionar ningún riesgo significativo para la salud cuando se consume durante toda una vida, teniendo en cuenta las diferentes vulnerabilidades que pueden presentar las personas en las distintas etapas de su vida. El agua potable es adecuada para todos los usos domésticos habituales, incluida la higiene personal.

3.3.1. Calidad del Agua Potable

Los déficits de cobertura de los servicios representan solo una parte de los problemas del sector de agua potable y saneamiento de Guatemala, otro aspecto importante es la calidad de los servicios que se suministran. Uno de los problemas de

mayor importancia respecto a la calidad de la prestación se refiere a las condiciones fisicoquímicas del agua se estima que sólo el 15% del agua abastecida por los sistemas de red es desinfectada previamente de acuerdo con los parámetros mínimos establecidos y que sólo el 25% de los municipios cuenta con algún sistema de desinfección, desconociendo el estado de funcionamiento de éste (Lentini, 2010).

La reducción de la calidad de los cuerpos de agua se da por la descarga de aguas residuales de tipo ordinario, generadas por la combinación de las actividades domésticas e industriales.

3.3.2. Calidad Microbiológica del Agua

Los riesgos relacionados con el agua de consumo más comunes y extendidos son las enfermedades infecciosas ocasionadas por agentes patógenos como bacterias, virus y parásitos. Existen diversos tipos de agentes patógenos que pueden transmitirse por el agua de consumo contaminada, el consumo de agua es sólo uno de los vehículos de transmisión de los agentes patógenos transmitidos por la vía fecal-oral. Ya que pueden ser transmitidos a través de alimentos contaminados, manos, utensilios y ropa, sobre todo cuando el saneamiento e higiene domésticos son deficientes. La verificación de la calidad microbiológica del agua potable por lo general conlleva al análisis de microorganismos indicadores de contaminación fecal, puede incluir en algunas circunstancias la determinación de las concentraciones de patógenos específicos (OMS, 2006).

Los microorganismos indicadores son aquellos que tienen un comportamiento similar a los patógenos en cuanto concentración en las aguas y reacción frente a factores ambientales, que se identifican con mayor facilidad y rapidez (Heydrich M., et al., 2013). Las bacterias coliformes son indicadoras de contaminación fecal, forman parte del tracto gastrointestinal, tanto de ser humanos como de animales; los cuales pertenecen a la familia *Enterobacteriaceae*.

Coliformes totales: Son bacilos Gram negativos que fermentan lactosa a temperaturas de 35 a 37°C, produciendo ácido y gas (CO₂) en 24 horas, aerobias o anaerobias facultativas, son oxidasa negativa, no forman esporas y presentan actividad

enzimática β -galactosidasa. Como lo son *Escherichia coli*, *Citrobacter*, *Enterobacter* y *Klebsiella* (Heydrich M., et al., 2013).

Coliformes termotolerantes: Bacterias que soportan temperaturas de hasta 45°C. Se diferencian de los coliformes totales por ser indol positivo. Su presencia es indicativa de contaminación fecal de origen humano o animal (Heydrich M., et al., 2013).

Escherichia coli: Es una bacteria Gram negativa, anaerobia facultativa que forma parte de la microbiota normal del intestino y animales, siendo la más abundante en cuanto bacterias anaerobias facultativas intestinales. Se excreta diariamente con las heces y por sus características, es uno de los indicadores de contaminación fecal más utilizados (Heydrich M., et al., 2013).

La cuantificación de estos indicadores permite predecir la ocurrencia de un patógeno específico o un grupo de ellos, con esto se permite identificar la contaminación fecal de las fuentes, demostrar que el tratamiento y desinfección operan correctamente, alertar por posibles ingresos de contaminación en el sistema y monitorear el estado general del sistema de distribución (Gallardo, V., et al., 2017).

Tabla 3

Valores de referencia para la verificación de la calidad microbiológica del agua

Microorganismos	Valor de referencia
Toda agua destinada a ser bebida	No detectables en ninguna muestra de 100ml
<i>E. coli</i> o bacterias coliformes termotolerantes	
Agua tratada que alimenta al sistema de distribución	No detectables en ninguna muestra de 100ml
<i>E. coli</i> o bacterias coliformes termotolerantes	
Agua tratada presente en el sistema de distribución	No detectables en ninguna muestra de 100ml
<i>E. coli</i> o bacterias coliformes termotolerantes	

Fuente: Organización Mundial de la Salud

Según la norma COGUANOR NTG 29001, los métodos utilizados para el análisis son el del número más probable y presencia/ausencia, para determinar y caracterizar el agua como apta para consumo humano y libre de contaminantes como los coliformes totales y *E. coli*.

3.3.3. Calidad Fisicoquímica del Agua

Los primeros indicadores de la calidad del agua son las características sensoriales como lo son el color, olor y sabor, ya que pueden influir en la aceptación o el rechazo del agua por el consumidor; también se toman en cuenta las características físicas como la turbidez, conductividad eléctrica, potencial de hidrógeno (pH) y sólidos totales disueltos. Las sustancias químicas presentes en el agua de consumo son potencialmente peligrosas para la salud sólo después de una exposición prolongada, los cambios en la calidad del agua se producen de forma progresiva, excepto en el caso de las sustancias que se vierten o filtran de forma esporádica a corrientes de aguas superficiales o subterráneas, procedentes de vertederos contaminados u otras fuentes. Se ha demostrado que cierto número de contaminantes químicos causan efectos adversos para la salud de las personas como consecuencia de una exposición prolongada por el agua de consumo; sin embargo, sólo una porción pequeña de las sustancias químicas que pueden estar presentes en el agua de consumo procedente de diversas fuentes. La evaluación de la idoneidad de la calidad química del agua potable se basa en la comparación de los resultados de los análisis con los valores de referencia (OMS, 2006).

Según la norma COGUANOR NTG, los valores establecidos se representan como LMA (Límite Máximo Aceptable) que se refiere a los valores de características no detectadas por el consumidor, o si las detecta son consideradas depreciable; LMP (Límite Máximo Permisible) se refiere a los valores máximos de características arriba de las cuales el agua es considerada como no potable, no debe ser detectable en 100mL de agua.

Tabla 4*Valores de referencia para la verificación de la calidad fisicoquímica del agua*

A	B	C *
● Cloro residual	● Color	● Plomo
● Olor	● Cloruros	● Arsénico
● Sabor	● Sulfatos	● Mercurio
● Turbidez	● Dureza	● Cadmio
● pH	● Nitratos	● Cromo
● Conductividad	● Hierro	● Selenio
	● Manganeseo	● Bario
	● Aluminio	● Fluoruros
	● Cobre	● Cianuros
	● Zinc	● Aceites y grasas
		● Compuestos orgánicos
		● Otros

*Su control depende de la problemática local

Fuente: Organización Panamericana de la Salud

4. JUSTIFICACIÓN

El agua es un recurso esencial para la vida, sin embargo, la conservación de ésta cada vez se hace más difícil debido principalmente al crecimiento desproporcionado y desordenado de la población, de igual manera la industria y el impacto de ambos factores en el ambiente.

Actualmente se ha provocado el deterioro de las fuentes hídricas como lo son ríos y lagos del país, además del manto freático de las colonias aledañas. Donde su impacto sobre la calidad del agua se observa por la presencia de agentes infecciosos, productos químicos tóxicos o radiaciones.

El agua contaminada y la falta de saneamiento se relacionan estrechamente con enfermedades como el cólera, diarreas, disenterías, hepatitis A, fiebre tifoidea entre otras. Según la Organización Mundial de la Salud alrededor de 842,000 personas mueren anualmente por diarreas a consecuencia de la ingesta de aguas contaminadas.

Actualmente en el municipio de Villa Nueva, se encuentran ubicadas una diversidad de industrias que se dedican a la producción de alimentos, productos farmacéuticos, entre otros. Los cuales generan ciertos desechos que pueden llegar a afectar la calidad del agua que se distribuye a la población; tomando en cuenta que es uno de los municipios más grandes del departamento de Guatemala, con alta carga industrial y domiciliar. Además, un alto porcentaje de la población no tiene acceso al servicio de agua potable entubada, por lo que es necesario adquirir el vital líquido a partir de piletas comunales, pipas de distribución de agua potable e incluso fuentes hídricas naturales cercanas. Teniendo en cuenta que a estas fuentes de distribución no se les realiza un análisis fisicoquímico ni microbiológico no es posible asegurar que el agua es apta para su consumo.

Por lo tanto, se considera importante evaluar la potabilidad del agua que se distribuye en este municipio a través de la evaluación del agua que se distribuye en la pileta comunal ubicada en la colonia el Najarito de la zona 1 de Villanueva, esta es un área que ejemplifica la problemática ya que su diversidad de estratos socioeconómicos y la fusión con una zona industrial permite evaluar la interacción de este contexto, se evaluará a través de métodos fisicoquímicos y microbiológicos según lo que se establece en la norma COGUANOR NTG 29 001. Para así determinar su calidad, y así establecer si el agua es apta para el consumo humano.

5. OBJETIVOS

5.1. Objetivo General

Evaluar la calidad microbiológica y fisicoquímica del agua del pozo Santa Clara, que se distribuye a través de una pileta comunal a los habitantes de la Colonia el Najarito, zona 1 del Municipio de Villa Nueva, Departamento de Guatemala, para determinar si cumple con los parámetros establecidos por la norma COGUANOR NGT 29001 de agua potable en Guatemala.

5.2. Objetivos Específicos

- 5.2.1.** Determinar si se cumplen los parámetros fisicoquímicos en las muestras según la norma COGUANOR NGT 29001 de agua potable en Guatemala.
- 5.2.2.** Identificar y cuantificar presencia de coliformes totales y fecales en el agua potable de la pileta ubicada en la Colonia el Najarito, y así evaluar la calidad microbiológica de la misma.
- 5.2.3.** Informar a las autoridades municipales y a las personas interesadas los resultados obtenidos y recomendar medidas para mejorar la calidad del agua que se distribuye en la pileta comunal.

6. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1. Universo

Agua potable proveniente del servicio municipal de Villa Nueva.

6.2. Muestra

Agua potable proveniente del pozo de Santa Clara ubicado en la Zona 3 de Villa Nueva; el cual abastece la pileta comunal ubicada en la colonia el Najarito zona 1 de Villa Nueva.

6.3. Materiales

Frascos estériles con tapa de 250 mL

Frascos plásticos con tapa de 1000mL

Alcohol al 70%

Hielera

Guantes de Nitrilo

6.4. Métodos

6.4.1. Número de Réplicas y diseño de muestreo

Se tomaron las muestras de la siguiente manera: una muestra de agua del pozo Santa Clara y una muestra de cada uno de los grifos que alimentan la pileta, realizando el proceso por duplicado. Se tomaron las muestras por duplicado, la primera se realizó durante el periodo correspondiente a agosto – enero y la segunda se realizó durante el periodo de febrero - julio.

6.4.2. Toma de Muestras

Para el muestreo microbiológico, se limpió la salida de agua (grifos) antes de tomar las muestras con Etanol al 70% por dentro y por fuera; descartando por lo menos 2 litros de agua previo al muestreo. Las muestras se tomaron en recipientes de

vidrio de 250mL, esterilizados, evitando topar la boquilla del frasco con las superficies de los grifos; identificando las muestras correctamente.

Las muestras destinadas para el análisis fisicoquímico se tomaron después las muestras para microbiología. Se tomaron en frascos plásticos con tapa de capacidad de un litro. Para la toma de muestra fue necesario enjuagar por triplicado el envase con el agua a analizar previo a tomar la muestra. Las muestras se identificaron correctamente.

Las muestras se almacenaron a una temperatura de 4°C hasta el momento del análisis.

6.4.3. Distribución de los puntos

Punto de Muestreo 1: Pileta ubicada en la zona 1 de Villa Nueva

Punto de Muestreo 2: Pozo Santa Clara



Fuente: Google Earth



Fuente: Google Earth



Fuente: Google Earth

6.4.4. Análisis de Resultados

Tabla 5

Parámetros fisicoquímicos para evaluar en agua potable según la norma COGUANOR NTG 29001

Característica	Dimensional	LMA*	LMP**
Color	U Pt-Co	5.0	35.0
Olor	---	No Rechazable	No Rechazable
Turbiedad	UNT	5.0	15.0
Conductividad eléctrica	μS/cm a 25°C	750	1,500
Potencial de hidrógeno (pH)	---	7.0-7.5	6.5 – 8.5
Cloro residual	mg/L	0.5	1.0
Cloruro	mg/L	100.0	250.0
Dureza Total (CaCO ₃)	mg/L	100.0	500.0
Sulfatos	mg/L	100.0	250.0
Calcio	mg/L	75.0	150.0
Magnesio	mg/L	50.0	100.0
Manganeso Total	mg/L	0.1	0.4
Hierro Total	mg/L	0.3	---
Nitratos	mg/L	---	50.0
Nitritos	mg/L	---	3.0

*LMA: Límite Máximo Admisible.

**LMP: Límite Máximo Permisible.

Tabla 6

Parámetros Microbiológicos para evaluar en Agua Potable según la norma COGUANOR NTG 29001

Microorganismo	Límite Máximo Permisible
Coliformes totales y E. coli	No deben ser detectables en 100mL de agua.

Cada análisis microbiológico y fisicoquímico se clasificó según el cumplimiento o no, de la norma COGUANOR NTG 29001 y así se determinó si el agua es potable y si es apta o no para consumo humano.

7. RESULTADOS

A continuación, se muestran datos comparativos entre los resultados obtenidos del análisis de agua del pozo Santa clara y los puntos de distribución ubicados en la pileta comunal ubicado en la zona 1 de Villa Nueva entre los meses de agosto 2018 a enero 2019 y de febrero a julio de 2019.

Los resultados microbiológicos de los puntos analizados fueron los siguientes:

Tabla 1

Análisis Microbiológico del punto de muestro 1, “Grifo A”.

MICROORGANISMO	LMP	RESULTADO	
		ENERO 2019	JUNIO 2019
Coliformes totales	No deben ser detectables en 100mL de agua	Cumple	Cumple
E. coli	No deben ser detectables en 100mL de agua	Cumple	Cumple

Fuente: Datos experimentales

LMP: Límite Máximo Permisible

Nota: Los resultados se analizaron según la norma COGUANOR NTG 29001

Tabla 2

Análisis Microbiológico del punto de muestro 2, “Grifo B”.

MICROORGANISMO	LMP	RESULTADO	
		ENERO 2019	JUNIO 2019
<i>Coliformes totales</i>	No deben ser detectables en 100mL de agua	Cumple	Cumple
<i>E. coli</i>	No deben ser detectables en 100mL de agua	Cumple	Cumple

Fuente: Datos experimentales

LMP: Límite Máximo Permisible

Nota: Los resultados se analizaron según la norma COGUANOR NTG 29001

Tabla 3

Análisis Microbiológico del punto de muestro 3, “Pozo”.

MICROORGANISMO	LMP	RESULTADO	
		ENERO 2019	JUNIO 2019
<i>Coliformes totales</i>	No deben ser detectables en 100mL de agua	Cumple	Cumple
<i>E. coli</i>	No deben ser detectables en 100mL de agua	Detectable (2.0 NMP/100mL)	Cumple

Fuente: Datos experimentales

LMP: Límite Máximo Permissible

NMP: Número más probable

Nota: Los resultados se analizaron según la norma COGUANOR NTG 29001

Los resultados fisicoquímicos de los puntos analizados fueron los siguientes:

Tabla 4

Análisis Fisicoquímico del punto de muestro 1, “Grifo A”.

PARÁMETRO	DIMENSIONAL	LMA	LMP	RESULTADO	
				Enero 2019	Junio 2019
Color	U Pt-Co	5.0	35.0	<1.40	<.140
Olor	---	No Rechazable	No Rechazable	No rechazable	No rechazable
Turbiedad	UNT	5.0	15.0	<0.50	<0.50
Conductividad	µS/cm a 25°C	750	1,500	439.7	369.0
Potencial De Hidrógeno (pH)	---	7.0-7.5	6.5 – 8.5	7.40	7.83
Cloro Residual	mg/L	0.5	1.0	0.19	0.45
Cloruro	mg/L	100.0	250.0	7.90	8.80
Dureza Total	mg/L	100.0	500.0	258.4	111.6
Sulfatos	mg/L	100.0	250.0	11.0	10.0
Calcio	mg/L	75.0	150.0	51.74	23.03
Magnesio	mg/L	50.0	100.0	32.39	13.15
Manganeso Total	mg/L	0.1	0.4	<0.013	<0.013
Hierro Total	mg/L	0.3	---	<0.050	<0.050
Nitratos	mg/L	---	50.0	2.40	12.4
Nitritos	mg/L	---	3.0	0.20	<0.015

Fuente: Datos experimentales

LMA: Límite Máximo Aceptable

LMP: Límite Máximo Permisible

U Pt-Co: Unidades de color en escala de platino – cobalto.

UNT: Unidades Nefelométricas de turbiedad

μS/cm: Microsiemens por centímetro

mg/L: Milgramos por litro

Nota: Los resultados se analizaron según la norma COGUANOR NTG 29001

Tabla 5

Análisis Físicoquímico del punto de muestro 2, “Grifo B”.

PARÁMETRO	DIMENSIONAL	LMA	LMP	RESULTADO	
				Enero 2019	Junio 2019
Color	U Pt-Co	5.0	35.0	<1.40	<.140
Olor	---	No	No	No	No
		Rechazable	Rechazable	rechazable	rechazable
Turbiedad	UNT	5.0	15.0	<0.50	<0.50
Conductividad	μS/cm a 25°C	750	1,500	441.6	369.0
Potencial De Hidrógeno (pH)	---	7.0-7.5	6.5 – 8.5	7.07	7.84
Cloro Residual	mg/L	0.5	1.0	0.28	0.51
Cloruro	mg/L	100.0	250.0	7.20	8.00
Dureza Total	mg/L	100.0	500.0	295.6	115.9
Sulfatos	mg/L	100.0	250.0	9.0	10.0
Calcio	mg/L	75.0	150.0	59.19	24.26
Magnesio	mg/L	50.0	100.0	35.91	13.43
Manganeso Total	mg/L	0.1	0.4	<0.013	<0.013
Hierro Total	mg/L	0.3	---	<0.050	<0.050
Nitratos	mg/L	---	50.0	2.20	8.90
Nitritos	mg/L	---	3.0	0.27	<0.015

Fuente: Datos experimentales

LMA: Límite Máximo Aceptable

LMP: Límite Máximo Permisible

U Pt-Co: Unidades de color en escala de platino – cobalto.

UNT: Unidades Nefelométricas de turbiedad

μS/cm: Microsiemens por centímetro

mg/L: Milgramos por litro

Nota: Los resultados se analizaron según la norma COGUANOR NTG 29001

Tabla 6*Análisis Fisicoquímico del punto de muestro 3, “Pozo”*

PARÁMETRO	DIMENSIONAL	LMA	LMP	RESULTADO	
				Enero 2019	Junio 2019
Color	U Pt-Co	5.0	35.0	<1.40	<.140
Olor	---	No	No	No	No
		Rechazable	Rechazable	rechazable	rechazable
Turbiedad	UNT	5.0	15.0	<0.50	<0.50
Conductividad	μS/cm a 25°C	750	1,500	438.6	366.0
Potencial De Hidrógeno (pH)	---	7.0-7.5	6.5 – 8.5	7.20	7.67
Dureza Total	mg/L	100.0	500.0	262.0	118.8
Sulfatos	mg/L	100.0	250.0	7.0	8.0
Calcio	mg/L	75.0	150.0	52.46	25.60
Magnesio	mg/L	50.0	100.0	31.83	13.31
Manganeso Total	mg/L	0.1	0.4	<0.013	<0.013
Hierro Total	mg/L	0.3	---	<0.050	0.051
Nitratos	mg/L	---	50.0	2.20	11.5
Nitritos	mg/L	---	3.0	0.35	<0.015

Fuente: Datos experimentales**LMA:** Límite Máximo Aceptable**LMP:** Límite Máximo Permisible**U Pt-Co:** Unidades de color en escala de platino – cobalto.**UNT:** Unidades Nefelométricas de turbiedad**μS/cm:** Microsiemens por centímetro**mg/L:** Miligramos por litro**Nota:** Los resultados se analizaron según la norma COGUANOR NTG 29001

8. DISCUSIÓN

La situación actual del servicio de agua potable en el municipio de Villa Nueva ha obligado a la población a tener que buscar como abastecerse, ya sea a través de toneles, ríos, pozos o a través de empresas privadas. Los pozos municipales son la mayor fuente de suministro, como lo es el pozo Santa Clara ubicado en la zona 3 de Villa Nueva, el cual se abastece de la subcuenca del río Platanitos. Este pozo se encarga de proveer de agua a las zonas 1, 4 y 6 de este municipio.

Para este estudio, se realizó el análisis microbiológico y fisicoquímico de los dos puntos de distribución de agua potable designados como Grifo A y B, que se encuentran en la pileta comunal ubicada en la zona 1 de Villa Nueva y también el agua proveniente del pozo Santa Clara. El estudio se realizó de manera semestral, muestreando durante los meses de agosto a enero y durante los meses de febrero a julio.

Los resultados de los análisis microbiológicos se describen a continuación. En las tablas 1 y 2 se puede observar que para el grifo A y B no hay presencia de coliformes totales ni de *E.coli*, cumpliendo con lo indicado en la norma COGUANOR NTG 29001. Para el agua de pozo en la tabla 3, se describe que en el mes de enero de 2019 se tuvo presencia de *E.coli* lo cual es indicativo de contaminación por aguas residuales o contaminación por residuos de animales.

Se considera que el aumento de agua de lluvia hace que se genere una mayor contaminación en fuentes de abastecimiento debido al arrastre de bacterias lavadas de la tierra. Sin embargo, según lo indicado por el Instituto Privado de Investigación sobre el Cambio Climático (ICC) durante los últimos meses del 2018 previos al muestreo, hubo una reducción en el acumulado de precipitación; lo que quiere decir que hubo una disminución en la cantidad de lluvia haciendo poco probable que la lluvia sea causante de esta contaminación.

Otro aspecto para considerar es que como se muestra en la fotografía 3 el punto de muestreo del pozo se encuentra expuesto a contaminación externa por falta de infraestructura

que sirva de protección para el mismo, lo cual lo hace vulnerable a la contaminación por desechos de animales como aves y roedores.

Como se observa, los grifos A y B no muestran la misma contaminación que el pozo, por lo que se considera que la contaminación proviene del punto de muestreo y no del agua que circula. También se puede ver a través de los resultados la eficacia del sistema de potabilización del agua al no tener presencia de *E.coli* o coliformes totales en los puntos de distribución de la pileta comunal ubicada en la zona 1 de Villa Nueva.

Los resultados obtenidos para los análisis fisicoquímicos se describen en las tablas 4, 5 y 6, en los cuales se observa que ninguno de los resultados se encuentra fuera de especificación según lo que establece la norma COGUANOR NTG 29001.

No obstante, se presentaron diferencias entre las muestras para cada punto en los distintos intervalos de tiempo. El primer parámetro que posee una diferencia significativa en los resultados es la conductividad, ya que durante el mes de enero se observa que hay un aumento en comparación con los resultados del mes de junio; al igual que los parámetros de dureza total, la concentración de sulfatos, calcio y magnesio. Esto puede ser debido al incremento de temperatura y la disminución del caudal causado por la disminución de las lluvias.

De acuerdo con lo establecido por la OMS la dureza del agua no es perjudicial para la salud de la población. El agua constituye un alimento saludable capaz de aportar nutrientes esenciales como el calcio y el magnesio, siendo estos nutrientes esenciales para procesos enzimáticos del cuerpo humano.

En cuanto la concentración de nitratos se puede ver que durante el mes de junio se encuentra más elevada que en el mes de enero, lo que puede indicar contaminación fecal en el agua; sin embargo, no se detecta presencia de algún contaminante microbiano como se indicó anteriormente.

9. CONCLUSIONES

9.1 Los puntos de muestreo de los Grifos A y B cumplen con todos los parámetros fisicoquímicos establecidos por la norma COGUANOR NTG 29001 en los meses evaluados.

9.2 El punto de muestreo del pozo Santa Clara cumple con todos los parámetros fisicoquímicos establecidos por la norma COGUANOR NTG 29001 en los meses evaluados.

9.3 Los puntos de muestreo de los Grifos A y B cumplen con los parámetros microbiológicos establecidos por la norma COGUANOR NTG 29001 en los meses evaluados.

9.4 El punto de muestreo del pozo Santa Clara no cumplió durante el primer muestreo con los parámetros microbiológicos establecidos por la norma COGUANOR NTG 29001 debido a la presencia de *E.coli*. El segundo muestreo cumple con los parámetros.

9.5 La contaminación encontrada durante el análisis del agua del pozo Santa Clara proviene del sitio de muestreo y no del agua de fuente.

9.6 El agua que se distribuye a través de los grifos A y B en la pileta comunal ubicada en la zona 1 de Villa Nueva es agua potable apta para el consumo de la población.

10. RECOMENDACIONES

- 10.1.** Establecer una frecuencia de análisis de parámetros fisicoquímicos para el control de la calidad de agua potable, tanto desde la fuente de abastecimiento y los puntos de suministro de agua a la población de Villa Nueva.

- 10.2.** Establecer programas de mantenimiento preventivo, tanto de infraestructura y limpieza de los puntos de control y distribución.

- 10.3.** Estudio de las condiciones estructurales de la red de distribución por tuberías del agua potable que abastece la municipalidad de Villa Nueva.

- 10.4.** Incluir entre los controles de calidad de agua de la Municipalidad de Villa Nueva los análisis correspondientes a impurezas inorgánicas o contaminantes del agua a raíz del sector industrial que se encuentra en los alrededores de Villa Nueva

11. REFERENCIAS CONSULTADAS

- Barahona, Ludwing. (2017). Análisis de la calidad fisicoquímica y bacteriológica del agua del pozo que distribuye a una colonia de la zona 2 de Boca del Monte, Villa Canales, Guatemala. Tesis de licenciatura, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
- Cárcamo, J. (2016). Digitalización y Georreferenciación de centros poblados y equipamiento urbano bajo administración municipal, y elaboración de estudio de prefactibilidad de macro circuito sur de distribución de agua potable de zonas 4, 5 y 10 de Villa Nueva, Mancomunidad Gran Ciudad del Sur, Guatemala.
- Chacón H., Gallardo V., Rosas M., Velásquez E. (2017) Calidad Microbiológica del agua de los pozos de las aldeas de la Reserva Natural de Usos Múltiples Monterrico (RNUMM). Seminario de investigación para optar por el título de Químico Biólogo. Escuela de Química Biológica, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
- Comisión Guatemalteca de Normas (2017), Agua para Consumo Humano, COGUANOR NTG 29001.
- Comisión Guatemalteca de Normas, Agua para Consumo Humano (agua potable) Recolección, preservación, transporte y almacenamiento de muestras. Generalidades, COGUANOR NTG 29006.
- Cuellar, J. (2016) Digitalización y Georreferenciación de centros poblados y equipamiento urbano bajo administración municipal, y elaboración de estudio de prefactibilidad de macro circuito sur de distribución de agua potable de zonas 1 y 8, Villa Nueva, Mancomunidad Gran Ciudad del Sur, Guatemala.

Dirección de Investigación en Derechos Humanos (2014). Nota Conceptual: El acceso al agua potable como un derecho humano en Guatemala. Procuraduría de los derechos Humanos, Ciudad de Guatemala, Guatemala.

Fuentes, D. (2017). Digitalización y Georreferenciación de centros poblados y Equipamiento urbano bajo administración municipal y elaboración de estudio de prefactibilidad de macrocircuito norte de distribución de agua potable de zonas 2, 3, 6 y 7, Villa Nueva, Mancomunidad Gran Ciudad del Sur, Guatemala. Tesis de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.

Heydrich M., Larrea J., Rojas M., Rojas N., Romeu B. (2013) Bacterias indicadoras de contaminación fecal en la evaluación de la calidad de las aguas: revisión de la literatura. Cuba: Revista Cenic Ciencias Biológicas. Recuperado de: <https://revista.cnic.edu.cu/revistaCB/articulos/bacterias-indicadoras-de-contaminaci%C3%B3n-fecal-en-la-evaluaci%C3%B3n-de-la-calidad-de-las-aguas>

Lentini, E. (2010) Servicios de agua potable y saneamiento en Guatemala: beneficios potenciales y determinantes de éxito. Naciones Unidas; Santiago de Chile, Chile.

López, J. (2011). Análisis físico, químico y examen microbiológico del agua que se distribuye en la aldea Tachalvé del Municipio de San Francisco El Alto, Totonicapán. Tesis de grado de licenciatura en Química Farmacéutica. Escuela de Química Farmacéutica, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.

Mancomunidad Gran Ciudad del Sur, MGCS (2014). Guía para el Manejo Ambiental, Proyecto de Infraestructura Urbana. Ciudad de Guatemala, Guatemala. Recuperado de http://villanueva.gob.gt/sites/default/files/1._guia_para_el_manejo_ambiental_-gma-_21-04-14.pdf

Martínez, J. (2012). Diagnóstico del sistema operativo, administrativo y técnico de agua potable municipal en el municipio de Villa Nueva, departamento de Guatemala. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala.

Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (s.f.) Manual de Educación Ambiental sobre el recurso hídrico en Guatemala. Gobierno de Guatemala, Ciudad de Guatemala, Guatemala. Recuperado de <http://www.marn.gob.gt/Multimedios/7419.pdf>

Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, MSPAS (s.f.) Política Nacional del Sector de Agua Potable y Saneamiento. Gobierno de Guatemala, Ciudad de Guatemala, Guatemala. Recuperado de: <http://www.mspas.gob.gt/images/files/saludambiente/regulacionesvigentes/PolIticaNacionalIAPS/PoliticaNacionalSectorAguaPotableSaneamiento.pdf>

Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, MSPAS (2009). Acuerdo Ministerial No. 1148-09: “Manual de Normas Sanitarias que Establecen Los Procesos y Métodos de Purificación de Agua para Consumo Humano. Gobierno de Guatemala, Ciudad de Guatemala, Guatemala. Recuperado de: <http://www.mspas.gob.gt/images/files/saludambiente/regulacionesvigentes/AguaConsumoHumano/AcuerdoMinisterial1148-09.pdf>

Molina, M. (2009). Evaluación de la calidad fisicoquímica del Agua de la planta Municipal que abastece al Departamento de Zacapa, Municipio de Zacapa. Tesis de graduación al Título de Químico Farmacéutico, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala.

Monroy, Elia (2012). Diagnóstico de la calidad fisicoquímica y microbiológica en agua de suministro potable para 6 aldeas y cabecera municipal en el municipio de San Vicente Pacaya, Escuintla conforme a la norma COGUANOR NTG 29001:99. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.

Morales, S. (18 de agosto de 2018). Onda del este genera lluvias en el país, aunque canícula todavía no finaliza. Prensa Libre, recuperado de: <https://www.prensalibre.com/guatemala/comunitario/onda-del-este-genera-lluvias-en-el-pais-aunque-canicula-todavia-no-finaliza>

Municipalidad de Villa Nueva (2018). Villa Nueva, Guatemala. Recuperado de: <http://www.villanueva.gob.gt/ubicación-geográfica-villanueva-guatemala>

Organización Mundial De La Salud, OMS (2006). Guías para la Calidad del agua potable, Volumen I (3ra Edición). Recuperado de: http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_full_lowres.pdf

Organización Mundial De La Salud, OMS (2018). Agua y Saneamiento. Recuperado de: https://www.paho.org/gut/index.php?option=com_content&view=article&id=789:agua-y-saneamiento&Itemid=405

Organización Mundial de la Salud, OMS (2007) El agua potable y el saneamiento: El reto del decenio para zonas urbanas y rurales. Recuperado de: http://www.who.int/water_sanitation_health/monitoring/mdg_es.pdf

Organización Panamericana de la Salud, OPS (s.f.) Guía sobre el control de calidad del agua. Recuperado de: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/e/cd-cagua/ref/text/28.pdf>

Orrego, E. (2019) Resumen meteorológico del sur de Guatemala durante el 2018. Instituto Privado de Investigación Sobre Cambio Climático, Guatemala.

Orrego, E. (2020) Resumen meteorológico del sur de Guatemala durante el 2019. Instituto Privado de Investigación Sobre Cambio Climático, Guatemala.

Patzán, J. (20 de Julio de 2017). Pozos de agua se secan en Villa Nueva. Prensa Libre, recuperado de <https://www.prensalibre.com/ciudades/guatemala/pozos-de-agua-se-secan-en-villanueva>

12. ANEXOS

Fotografía 1

Punto de muestreo 1: Grifo "A"



Fotografía 2

Punto de muestreo 1: Grifo "B"



Fotografía 3

Punto de muestreo 3: Toma de agua del pozo San Clara ubicado en la zona 3 de Villa Nueva

**Fotografía 4**

Pileta Comunal ubicada en la Colonia el Najarito en la zona 1 de Villa Nueva





Vera María Isabel Castillo León

Autora



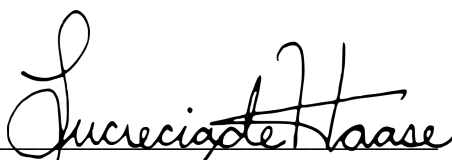
M.A. Julia Amparo García Bolaños

Asesora



M-A. Aylin Evelyn Santizo Juárez

Revisora



M.A. Lucrecia Martínez de Haase

Directora de la Escuela de Química Farmacéutica



M.A. Pablo Ernesto Oliva Soto

Decano de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia