

**Universidad de San Carlos de Guatemala
Dirección General de Investigación**

Ubicación del programa universitario de investigación y línea prioritaria:

**Programa Universitario de Investigación en Recursos Naturales y Ambiente –
PUIRNA-**

Título del proyecto:

**Evaluación de la Calidad Físicoquímica, Bacteriológica y medición del caudal en
Agua de Pozos para Consumo Humano, del casco urbano del municipio de
Chiquimula.**

Nombres de los integrantes del equipo de investigación:

Lic. Abner Mardoqueo Rodas Arzet, **Coordinador**

Fecha: 20 de Enero de 2010

Instituciones participantes y co-financiantes

Universidad San Carlos de Guatemala-USAC

Dirección General de Investigación DIGI-USAC

Centro Universitario de Oriente-CUNORI

Proyecto Fortalecimiento Institucional en Gestión Ambiental Local-FIGAL

Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social-MSPAS

Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales-MARN

Asociación Rural Campecina Chorti –ASORECH-

Índice General

Contenido	pg.
Resumen	1
Introducción	2
Antecedentes	3
Justificación	13
Objetivos	16
Metodología	17
Resultados	19
Discusión de Resultados	37
Conclusiones	47
Recomendaciones	49
Referencias Bibliográficas	50
Mapas	51
Graficas	56
Imágenes	63

Índice de Tablas

Contenidos	pg.
Tabla No1. Numero de Pozos Identificados	19
Tabla No.2 Concentración de Nitrógeno de Nitritos	20
Tabla No.3 Concentración de Nitrógeno de Nitratos	21

Tabla No.4 Concentración de Nitrógeno Total	22
Tabla No.5 Concentración de Fosforo de Orto-fosfatos	23
Tabla No.6 Concentración de Fosforo Total	24
Tabla No.7 Concentración de Sulfatos	25
Tabla No.8 Concentración de Dureza Total	26
Tabla No.9 Concentración de Sólidos Totales	27
Tabla No.10 Demanda Química de Oxígeno	28
Tabla No.11 Demanda Bioquímica de oxígeno	29
Tabla No.12 Potencial de Hidrogeno	30
Tabla No.13 Concentración de Oxígeno Disuelto	31
Tabla No.14 Conductividad	32
Tabla No.15 Número de Colonias formadoras de bacterias	33
Tabla No.16 Numero más probable de bacterias, coliformes totales	34
Tabla No.17 Numero más probable de bacterias, coliformes fecales	35
Tabla No.18 Nivel freático	36

Índice de Mapas

Contenidos	pg.
Mapa No.1 Ciudad de Chiquimula	51
Mapa No.2 Ubicación de pozos Identificados	51
Mapa No.3 Concentración de Nitrógeno de Nitritos	52
Mapa No.4 Concentración de nitrógeno de Nitratos	52
Mapa No.5 Concentración de Nitrógeno Total	53

Mapa No.6 Concentración de Fosforo de Orto-fosfatos	53
Mapa No.7 Concentración de Fosforo Total	54
Mapa No.8 Concentración de Sulfatos	54
Mapa No.9 Concentración de Dureza total	55
Mapa No.10 Concentración de Sólidos Totales	55

Índice de Graficas

Contenidos	pg.
Grafica No.1 Concentración de Nitrógeno de Nitritos	56
Grafica No.2 Concentración de nitrógeno de Nitratos	56
Grafica No.3 Concentración de Nitrógeno Total	57
Grafica No.4 Concentración de Fosforo de Orto-fosfatos	57
Grafica No.5 Concentración de Fosforo Total	58
Grafica No.6 Concentración de Sulfatos	58
Grafica No.7 Concentración de Dureza total	59
Grafica No.8 Concentración de Sólidos Totales	60
Grafica No.9 Demanda Química de Oxígeno	60
Grafica No.10 Demanda Bioquímica de Oxígeno	61
Grafica No. 11 Potencial de Hidrogeno	61
Grafica No.12 Concentración0 de Oxígeno Disuelto	62
Grafica No.13 Conductividad	62

Índice de Imágenes

Contenido	pg.
Imagen No.1	63
Imagen No.2	63
Imagen No.3	64
Imagen No.4	64
Imagen No.5	65
Imagen No.6	65
Imagen No.7	66
Imagen No.8	67
Imagen No.9	68

Resumen

El departamento de Chiquimula se encuentra localizado al nor-oriente de la Guatemala, situado a 170km de la ciudad capital. Cuenta con varios atractivos turísticos, siendo ruta fronteriza con Honduras y el Salvador. Se ha mencionado que Chiquimula se considera parte del corredor seco del país, característica principal la escasa lluvia y monte espinoso.

Para poder llevar a cabo la investigación de la calidad del agua de los pozos en el municipio de Chiquimula, conto en el apoyo de diferentes instituciones gubernamentales y no gubernamentales. Se dio inicio al proyecto por realizar una encuesta para hacer una estimación de la cantidad de pozos existentes. Después de identificar los pozos existentes, se procede a realizar los muestreos de calidad de calidad fisicoquímica y microbiológica, presentando algunas limitaciones en cuanto a reactivos y equipo, las cuales fueron solventadas por el laboratorio ambiental en proporcionado por el FIGAL, implementando los métodos analíticos para determinar la calidad fisicoquímica y microbiológica, dentro del laboratorio ambiental del Centro Universitario de Oriente.

Se realizaron tres muestreos en los meses de junio, agosto y noviembre. Implementando las metodologías de laboratorio para análisis fisicoquímico y microbiológico. Obteniendo una serie de resultados, en base a los cuales se realizo la construcción de mapas temáticos y graficas para su fácil interpretación.

Concluyendo que el agua de los pozos de la ciudad de Chiquimula se encuentra contaminada con aguas servidas, lo cual la hace no apta para consumo humano. Recomendado la implementación de medidas sanitarias medio ambientales que disminuyan el impacto de la contaminación del manto freático.

Introducción

El departamento de Chiquimula se encuentra localizado al nor-orienté del país. Ubicado a 170km de la ciudad capital. Considerada dentro del corredor seco del país. Siendo la escases del recurso hídrico la vivencia predominante.

Por la ciudad pasa el río Tacó, río Shusho y río Sasmo. Los cuales son utilizados como drenajes, descargando las aguas servidas de la ciudad, generando la contaminación de los cuerpos de agua superficial.

En la ciudad de Chiquimula se tiene un estimado de 7200 viviendas de acuerdo el censo realizado por Instituto Nacional de Estadísticas –INE-. Contando con una población aproximada de 50,000 habitantes, los cuales generan desecho domésticos, los cuales son arrojados hacia los ríos que pasan por la ciudad.

La ciudad cuenta en su mayoría con suelo de tipo aluviones, presentando en su mayoría características arenosas, rico en sales minerales. Facilitando la infiltración de los contaminantes procedentes de los ríos hacia el manto freático.

En base a experiencias con la comunidad manifiestan inconformidad con el servicio de abastecimiento de agua potable por parte de la municipalidad, mencionando que recuren a la perforación de pozos, para suplir la necesidad de agua. “Asumiendo que por ser agua cristalina está bien”. Generándose la sobre explotación del recurso hídrico.

La contaminación de los cuerpos superficiales y subterráneos de agua, es un proceso evidente que se conoce, desconociendo la magnitud y daños que produce la ingesta periódica de contaminantes como nitrito, nitratos y carbonatos de calcio y magnesio, y *E.coli*. La importancia del estudio radicó en la cuantificación de contaminantes fisicoquímicos y microbiológicos. Generando la línea base de contaminación actual en el agua de los pozos de la ciudad de Chiquimula.

Antecedentes

Marco teórico

El Municipio de Chiquimula

El idioma que se habla en el municipio es el español, el clima de la ciudad y algunas comunidades que están ubicadas en la parte baja su clima es cálido y en la parte alta es frío. La población rural es completamente agrícola y se dedica al cultivo de frijol, maíz y en algunas comunidades de la parte baja de Chiquimula se dedican al cultivo de manía, así también al cultivo de hortalizas. Además existe una población que se dedica al comercio como Ejemplo, en las aldeas de Maraxcó y parte de la aldea de El Barreal. Las mujeres de nuestras aldeas se dedican a los quehaceres del hogar y los hombres al cultivo y albañilería.

La población del año 2007 fue de: 87,507 habitantes de los cuales 2,697 son menores de 1 año y 26,531 son mujeres en edad fértil. Cuenta con una extensión territorial de 372 Km².

Con respecto a la hidrológica, las diferentes comunidades se abastecen de agua a través de nacimientos y otras como Sabana Grande, San Esteban, Obraje y una parte de la ciudad se abastece de pozos. Chiquimula cuenta con el río San José, el río el Tacó, Sasmo, Shusho y algunas quebradas y estas abastecen algunas comunidades del área rural.

Economía

El terreno es a propósito para todo género de frutos y produce trigo, maíz, frijoles, caña, cacao, verduras, y, no sólo en la vega que forma el río, sino también en las alturas de los montes, en que se ven siembras de caña Chiquimula es la ciudad más antigua de la sección oriental del país. Casi toda la población se dedica a la agricultura, y es fuente de riqueza para el departamento. La industria, en esta ciudad, está aún más atrasada que la agricultura y se limita a la fabricación del añil, azúcar, panela, aguardiente y chicha en los ramos agrícolas, estando representada la industria febril por los artesanos necesarios para las necesidades de la población.

Clima

Aunque el área de estudio tiene una extensión relativamente pequeña, su rango altitudinal varía entre los 314 y los 1800 msnm, esto tiene como consecuencia que las condiciones climáticas a nivel local varíen marcadamente entre las partes bajas, media y alta de las cuencas que componen el área de estudio.

De acuerdo con los modelos climáticos generados por el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación de Guatemala; la precipitación en el área propuesta para el estudio varía entre 500 y los 800 mm anuales, aunque estas estimaciones

no consideran ciertas situaciones microclimáticas que causan que los valores mencionados en este apartado parezcan demasiado conservadores.

Mientras que la temperatura media anual se encuentra entre los 20 y los 27 grados centígrados, siendo mayor la temperatura en las partes bajas de las subcuencas y cercanas a la ciudad de Chiquimula, mientras que las partes altas registran valores de temperatura más bajos. Esto influenciado grandemente por los gradientes adiabáticos.

En cuanto a la evapotranspiración potencial, esta abarca de los 1973 a los 2000 mm por año, en dónde el valor mayor ocurre en las partes más bajas de las subcuencas bajo estudio. Esto provoca que las partes bajas de las cuencas presenten condiciones climáticas bastante secas, mientras que las partes altas poseen condiciones climáticas más favorables.

Aspectos sociales

El área de estudio comprende una zona urbana –la ciudad de Chiquimula– y varias zonas rurales –la mayor parte del territorio–. Está integrada por 45 centros poblados (según la información cartográfica generada por el INE en 2005), excluyendo a la ciudad de Chiquimula. Por centro poblado, debe entenderse lo que en lenguaje común se conocen como: ciudades, provincias, aldeas, caseríos, entre otros. Una lista de los centros poblados mencionados aparece en el *Cuadro 1. Cuadro 1. Centros poblados dentro del área de estudio según el Instituto Nacional de Estadística, municipio de Chiquimula.*

1. Cuadro 1. Centros poblados dentro del área de estudio según el Instituto Nacional de Estadística, municipio de Chiquimula.

Microcuenca	Centro Poblado	Categoría	Microcuenca	Centro Poblado	Categoría
R í o T a c ó	CARRIZAL	CASERIO	R í o S h u s h o	EL PINALITO	ALDEA
	EL CHILAR	CASERIO		EL PITAL	CASERIO
	EL FILO	CASERIO		GUIOR	ALDEA
	EL PATO	CASERIO		JABILLA	PARAJE
	EL SAUCE	CASERIO		LAS MESAS	CASERIO
	GUAYABILLAS	CASERIO		LOS FELIPE	CASERIO
	LA LAGUNA	ALDEA		LOS GARCIA	CASERIO
	LOMA LARGA	CASERIO		LOS RAMOS	CASERIO
	TACO ARRIBA	ALDEA		MARAXCO	ALDEA
	TAMIZ O CARBONERAS	FINCA		PALO VERDE	CASERIO
	TERRERO BARROSO	CASERIO		PETAPILLA	ALDEA
	TIERRA BLANCA	ALDEA		PLAN DEL GUINEO	ALDEA
	R í o S h u s h o	AGUACATE			QUEBRADA LOS CANGREJOS
CUESTA SAN ANTONIO		CASERIO	SABANETAS	CASERIO	
EL CARRIZAL		ALDEA	SAN ANDRES O LOS DUARTE	FINCA	
EL CERRON		CASERIO	SHUSHO ARRIBA	ALDEA	
EL CONACASTE		ALDEA	SHUSHO ENMEDIO	CASERIO	
EL JUTE		CASERIO	TICANLU	CASERIO	
EL LIMONAL		CASERIO	ZOMPOPERO	PARAJE	
EL MORRAL		CASERIO	Ambos	EL POXTE	CASERIO
EL OTRO LADO		CASERIO		LA CATOCHA	ALDEA
EL PALMAR		ALDEA			
EL PASO DE LOS MENENDEZ		CASERIO			
EL PERICON	FINCA				

Fuente: *Capa temática "lugares poblados 2005", Instituto Nacional de Estadística.*

De los cuales, 12 corresponden a la subcuenca del río Tacó, 2 comparten la jurisdicción, y los restantes 31 corresponden a la subcuenca del río Shusho.

Con respecto a la ciudad de Chiquimula, ésta cuenta con 31,808 habitantes, según el censo de 2002, a esto debe sumarse una gran cantidad de personas que visitan o que se establecen temporalmente en la ciudad. Además, es en la ciudad de Chiquimula en la que se concentra la mayor densidad poblacional del departamento. Esto hace que la demanda de los recursos, especialmente por el hídrico sea muy alta.

Como toda población humana demanda de su entorno varios recursos para su supervivencia y desarrollo, la interacción humano-naturaleza puede crear un desbalance entre las partes, en primer lugar en forma negativa hacia a los recursos naturales involucrados, y por último hacia la propia sociedad humana. Por tanto, en cualquier estudio sobre los recursos naturales, necesariamente debe considerarse la relación de éstos con el ser humano.

Características Geomorfométricas de las Subcuencas bajo Estudio.

Las características geomorfométricas de una cuenca definen parámetros que son esenciales en el estudio de cuencas. Debido a que localización de las zonas con potencial de recarga hídrica dentro de una cuenca está relacionada en cierta medida con la forma, relieve y configuración propia de cada cuenca; en el Cuadro 2 se presenta en forma simplificada las principales características geomorfométricas de las áreas que conforman el área de estudio.

Cuadro 2. Características Geomorfométricas de las Subcuencas del Área para la identificación de las Zonas de Recarga

	CARACTERÍSTICA	CUENCA RÍO TACÓ	CUENCA RÍO SHUSHO	AREA COMPLEMENTARIA	AREA TOTAL DE ESTUDIO
ASPECTOS LINEALES	Número de corrientes	5	33	1	39
	Orden de corrientes	2	3	1	-----
	Longitud acumulada de corrientes (Km)	20.86	54.50	6.65	82.01
	Longitud Cauce Principal (Km)	16.73	26.88	3.14	-----
	Perímetro (Km)	40.51	47.74	22.78	54.00
	Radio de Bifurcación	1.5	1.59	-----	-----
ASPECTOS DE SUPERFICIE	Area (Km ²)	26.32	78.21	12.97	117.5
	Relación de Forma	0.09	0.11	1.32	-----
	Relación Circular	0.20	0.43	0.31	0.51
	Radio de Elongación	0.35	0.37	1.29	-----
	Densidad de Drenaje	0.79	0.70	0.51	0.70
	Frecuencia o densidad de corrientes	0.19	0.42	0.08	0.33
ASPECTOS DEL RELIEVE	Pendiente Media	42.46%	36.17%	18.30%	35.67%
	Pendiente del Cauce Principal	5.21%	0.89%	2.64%	-----
	Coefficiente de Robustes	28.2	29.72	15.98	-----

Hídrica. Fuente: Elaboración propia, 2008. Cálculos en base al MDT generado por el IGN en base a la cartografía 1:50000.

Las características mostradas en el cuadro anterior, manifiestan las diferencias geomorfológicas que existen entre las subcuencas que integran el área de estudios, las cuales tal y como es evidente en el mapa de la *Figura 3* son de formas y tamaños diferentes. A pesar de las diferencias mostradas, la integración como área de estudio se hace necesaria ya que en ellas se incluyen los afluentes que son de importancia para el suministro de agua de la ciudad de Chiquimula.

Las características geomorfológicas de las cuencas establecen parámetros simples y teóricos sobre ciertas relaciones hidrológicas, por lo que es posible inferir que algunas de estas características definirán en cierta medida el total de área de recarga que existe en cada una de las subcuencas bajo estudio. Una mayor densidad de drenaje y mayor número de corrientes de un río daría como resultado que estas cuencas poseerán mayor superficie de recarga ya que alimentan muchas corrientes tributarias del cauce principal; otra inferencia se podría hacer en cuanto a la pendiente media de la cuenca, ya que el grado de inclinación del terreno controla la cantidad de escorrentía superficial durante una lluvia, por lo que a mayor pendiente menor posibilidad de recarga; aunque éstos no dejan de ser razonamientos muy generales.

Topografía

Su terreno es sumamente montañoso, penetra a él un brazo de la cordillera departamental, por el este del departamento, se ramifica produciendo las montañas o sierra del Merendón que sirve de límite entre Honduras y Guatemala. Todo esto hace que Chiquimula presente una gran variedad de climas.

Los ríos principales son: San José, Jocotán Shutaque, Lempa que se origina en los ríos Olopa y Sacramento o Rodeo. Abundan además las quebradas con innumerables riachuelos de curso rápido. En Ipala se encuentra el volcán de Ipala con la laguna del mismo nombre en su cráter.

En tiempos de la colonia fue conocida como corregimiento de Chiquimula. Por decreto de la Asamblea Constituyente del 4 de noviembre de 1825 fue elegido como departamento y por decreto 20 del 10 de noviembre de 1871 se dividió el departamento en dos Chiquimula y Zacapa.

Regiones que abarca

Chiquimula está ubicada a 169 kilómetros de la ciudad capital, al oriente del país, al norte colinda con el departamento de Zacapa, al oeste con el municipio de Huité, Cabañas y San Diego del departamento de Zacapa, con el municipio de San Luis jilote-queque departamento de Jalapa, al sur con los municipios de San José La Arada y San Jacinto y al este con los municipios San Juan Ermita y Jocotán.

De acuerdo con el Perfil Ambiental de Chiquimula, se presenta el estudio de Berger Gropos: Abastecimiento de Agua Potable para la Ciudad de Chiquimula.

Este estudio pretende determinar la mejor alternativa de carácter integral que garantice el funcionamiento adecuado y eficiente de un Sistema de Abastecimiento de Agua Potable para la Ciudad de Chiquimula, dentro de un periodo de diseño de 30 años.

Actualmente existe un Sistema de Abastecimiento que está comprendido por 2 fuentes de aguas superficiales (Sistema de Abastecimiento Río el Tacó y Sistema de Abastecimiento Quebrada el Abundante) y 8 fuentes por aguas subterráneas (pozo el Cal vario, pozo San José, pozo el Canjá, pozo el Torito, pozo el Banvi, pozo Mercado nueva Terminal, pozo Palacio Municipal y pozos residenciales Chiquimula). El poblado de San Esteban, se abastece desde la Quebrada Ticanlú; la aldea Petapilla se abastece de la Quebrada El Chucte; y por último la Colonia Shusho Abajo, la cual se abastece de aguas desde un manantial termal ubicado en la inmediación de la aldea de Shusho Arriba.

El Sistema existente cuenta con una planta de potabilización con una capacidad de 80lps. Recientemente rehabilitada y puesta en funcionamiento con recursos del gobierno Japonés. Esta capacidad es insuficiente para tratar la totalidad que se está suministrando (aprox. 126lps.) en la actualidad (mayo del 2001) solo se está potabilizando un caudal de 19.3lps; es decir la planta esta funcionando a un 25% de su capacidad instalada.

Situación general y problemas identificados en el Municipio de Chiquimula

El municipio de Chiquimula se encuentra localizado al oriente del país, se denomina como una región árida en la que la precipitación pluvial es baja, teniendo una geografía muy rocosa y poco apta para el cultivo. El municipio cuenta con 42 comunidades de las cuales todas cuentan con el servicio de agua potable y drenajes, por lo que es de esperar que no cuenten con el servicio de tratamiento de aguas servidas, desechándolas por medio de drenajes ó construyendo un camino que conduce el agua desechada hasta el río más próximo.

En los 8 pozos que abastecen al municipio, solamente se realiza control de cloro residual, como lo indican el muestreo semanal realizado por el Ministerio de Salud y Asistencia Social del Área de Chiquimula. Siendo el síndrome diarreico agudo

consecuencia de esto, como se presentan en los índices de morbilidad y mortalidad presentados por el Ministerio de Salud.

En cuanto a los problemas derivados de la interacción entre la población y los recursos naturales, es de relevancia la degradación causada por las comunidades a las partes altas de las cuencas y ríos, provocando cambios drásticos en la calidad de las aguas superficiales.

Por otra parte, existe un serio problema de contaminación debido a la falta de educación. A lo anterior podemos sumar la inexistencia de un sistema de recolección y tratamiento de basura, y ausencia de sistema de letrización. De esta forma los desechos llegan directa e indirectamente a los cuerpos de agua, provocando la propagación de enfermedades.

Estudios previos sobre la calidad y conservación del recurso hídrico realizados en Chiquimula, Chiquimula

El análisis de los resultados muestra las características físicas, químicas y bacteriológicas predominantes en las dos épocas del año; así como de la influencia del agua marina durante la época seca y de lluvia sobre las condiciones prevalecientes en el agua del canal. Dichos factores permiten concluir en que las aguas de la localidad presentan condiciones semejantes a las de un estuario. El agua marina provoca la concentración de sales de sulfato y cloruro, entre otras. El agua de lluvia aumenta la dilución de la concentración de sales y otras sustancias presentes.

Entre las conclusiones se menciona que el oxígeno disuelto es afectado por los bajos niveles de agua y la descarga continua de desechos domésticos y desechos sólidos entre otros. Las descargas de agua de lavado de los tanques de melaza pertenecientes a los ingenios azucareros presentan mayor efecto en la disminución de la concentración del oxígeno disuelto.

Estudios previos relacionados con la investigación propuesta

Los estudios de calidad de fisicoquímica y bacteriológica del agua de pozos municipales para uso doméstico en Chiquimula, Chiquimula realizados por Álvarez (2005), presentan las concentraciones de siguientes:

Tabla 1.Resultados

Punto de muestreo	NO ₂ mg/lt	NO ₃ mg/lt
Río Tacó	0.23	12.4
Quebrada el Abundante	0.047	2.2
Pozo Terminal	0.002	8.8
Pozo El Canja	0.0021	2.0
Pozo Torito	0.902	1.4

Cumpliendo con el objetivo de determinar la calidad fisicoquímica y bacteriológica de los pozos y fuentes de distribución de agua municipal para consumo humano, se concluye que los puntos de muestreo identificados como Río Taco y Pozo Terminal (ver Tabla 1) presentan las mayores concentraciones de nitratos, sobrepasando el límite establecido por EPA, OMS y COGUANOR en aguas de consumo humano. En base a esto se recomienda el seguimiento de muestreos periódicos para evaluar la calidad del agua de la zona.

El estudio titulado “Caracterizar las aguas residuales de los drenajes de mayor descarga en el río San José, teniendo como objetivo general la caracterización fisicoquímica y bacteriológica de aguas residuales de los drenajes municipales provenientes del área urbana de Chiquimula y el río Tacó” realizado por Ana López en el año 2006, presenta los siguientes resultados:

Tabla 2. Resultados

Parámetro fisicoquímico	Drenaje 3	Drenaje 4	Presa 2	Presa 3
Nitrógeno total mg/lt	9.2	26.10	4.20	0.5
Fósforo total mg/lt	19.5	3.08	3.96	6.30
DBO ₅ mg/lt	276.75	123	3.9	1.65

Después de analizar los resultados anteriores, se concluye que las aguas del río San José no son aptas para uso doméstico y agrícola, según las normas COGUANOR.

Es pertinente mencionar que no se realizaron muestreos en distintas épocas del año, por lo que no puede determinarse las variaciones en el nivel de concentraciones con respecto a las variaciones climáticas.

La Tierra contiene aproximadamente 1,4 millones de kilómetros cúbicos de agua, pero alrededor del 97,4 por ciento de ella es agua de mar o agua salada. Tres cuartas partes del 2,6 por ciento restante están encerradas en casquetes polares y glaciares. El agua dulce disponible se reduce al 0,001 por ciento del total. Las aguas subterráneas forman grandes depósitos que en muchos lugares constituyen la única fuente de agua potable disponible. A veces, cuando circulan bajo tierra, forman grandes sistemas de cuevas y galerías. En algunos lugares regresan a la superficie, brotando de la tierra en forma de fuentes o manantiales. Otras, hay que ir a recogerlas a distintas profundidades excavando pozos. El agua surge como el mayor conflicto geopolítico del siglo XXI ya que se espera que en el año 2025, la demanda de este elemento tan necesario para la vida humana será de un 56% superior que el suministro actual y quienes posean agua podrían ser blanco de un saqueo forzado.

El deterioro de las zonas de recarga de las cuencas hidrográficas, la baja eficiencia del uso del recurso, la contaminación de ríos, fuentes, zonas de recarga y reservorios de agua, están causando una acelerada reducción de la disponibilidad de las fuentes de agua. El grado de deterioro de las zonas de recarga está determinado por el grado de erosión de los suelos, compactación y la deforestación, sobre todo en zonas de pendientes muy inclinadas. Esta situación está siendo causada por la intervención del hombre para desarrollar actividades agrícolas, extracción de leña y de construcción de viviendas, en sitios no apropiados.

Agua subterránea

El sistema de agua subterránea se recarga debido a la precipitación pluvial y el agua fluye hacia los arroyos a través de este sistema.

Impacto de los pozos en el flujo del agua subterránea

El agua bombeada del sistema subterráneo causa que la capa freática baje de nivel y cambie la dirección de la corriente del agua subterránea. Parte del agua que fluía hacia un arroyo, ya no lo hace y así mismo, algo de esta corriente también es acarreada desde el arroyo hasta el sistema de agua subterránea, reduciendo la corriente del arroyo.

Calidad del agua subterránea

La contaminación de la superficie terrestre es capaz de infiltrarse a la capa freática y fluir hacia un punto de descarga (pozo o un arroyo). Debido a que no se cuenta con los datos de la descarga potencial de contaminantes que pasan del arroyo al sistema de agua subterránea, se recomienda la realización de un estudio para ello.

Sobreexplotación del agua subterránea

La sobreexplotación consiste en extraer más agua de la que ingresa en el sistema acuífero, causando el consumo de las *reservas* y, *consecuentemente*, el descenso del nivel freático o piezométrico. El descenso del nivel freático puede llevar al punto de sequía de manantiales y disminución del caudal de ríos, creando trastornos en el suministro. Si la sobreexplotación tiene lugar en los acuíferos de la costa conectados con las aguas marinas, el agua dulce se extrae en su totalidad y deja paso al agua salada del mar que invade el medio permeable terrestre según un proceso conocido con el nombre de “intrusión marina” que saliniza el agua subterránea de los pozos.

El sistema de aprovechamiento más eficaz de los recursos de un acuífero sin incurrir en sobre explotación, se logra con la extracción anual de cantidades de agua igual o inferior a la cantidad de recarga media interanual.

Se diferencian tres tipos de sobreexplotación:

La explotación acelerada de los recursos anuales de una sola vez hasta estabilizar el bombeo en un determinado valor.

Sobreexplotación no destructiva, provocada al alcanzar más allá de los límites antes mencionados durante poco tiempo.

Sobreexplotación destructiva, a la cual se conduce el acuífero cuando se prolongan las extracciones excesivas durante mucho tiempo, haciéndolo inexplorable a causa de la degradación de la calidad química de sus aguas, o bien, por motivos económicos derivados de la elevación desde una gran profundidad de las aguas subterráneas.

Consecuencias de la falta de manejo en la sobre explotación de pozos

La sobreexplotación conduce a un continuado consumo de las *reservas* y a un descenso no estabilizado de los niveles piezométricos. Si se considera el acuífero como un sistema regulador de entradas y salidas de agua, una disminución de las

reservas hará que disminuyan las garantías de suministro ante situaciones extraordinarias, como en caso de sequía prolongada, favoreciendo además la intrusión de aguas de calidad no deseable. El efecto más directo de la sobreexplotación es el empeoramiento de la calidad química de las aguas subterráneas a causa de los siguientes factores:

- Favorecimiento de la concentración de sales mediante una menor dilución de aguas antiguas en nuevas aguas de recarga anual. Menos disolución de las aguas antiguas almacenadas en el acuífero con las nuevas de la recarga anual, lo que favorece la concentración de sales.
- Salinización de los pozos por el avance de las aguas marinas tierra adentro al alterarse del equilibrio agua dulce-agua salada.
- Recarga inducida de las aguas contaminadas de los ríos a los acuíferos, ya que los ríos pasan de ser efluentes a ser influyentes.
- Recarga inducida de las aguas contaminadas por lixiviación de los focos contaminantes situados sobre el acuífero.
- Consecuencias relacionadas con el descenso del nivel freático: Deseccación de marismas, subsidencia y abandono de los pozos. Lo anterior puede provocar que las construcciones que se habían edificado con niveles freáticos bajos puedan ser inundadas al recuperar aquellos su nivel primitivo.

Consecuencias relacionadas con aspectos socioeconómicos: Abandono de cultivos, traslado de industrias, necesidad de nuevas obras de abastecimiento, economía paralela de agua embotellada, etc.

Las aguas subterráneas poseen contenidos en sales disueltas en general, más alto que los de agua superficial a consecuencia de mayor tiempo de contacto entre agua y terreno. Desde el punto de vista de consumo humano, el uso de aguas que contengan más de 1 mg/l de sólidos totales en disolución es desaconsejable tanto por las propias sales, como por su efecto productor de sabor salino o salobre.

Coliformes en agua

El número mayor de 100 microorganismos por ml en el recuento total de bacterias heterótrofas, es señal de que deben tomarse medidas correctivas e indica la necesidad de una inspección sanitaria completa del sistema del lugar de abastecimiento para determinar cualquier fuente de contaminación.

Conductividad del agua

La conductividad es producida por los electrolitos que llevan disueltos en agua y es lógicamente, muy baja en el agua pura. Además se comprende que exista una relación entre ella y la cantidad de los electrolitos que contiene. Concretamente en agua natural no muy polucionada, se cumple que el valor del residuo seco en mg/l

oscila entre 0.5 y 1.0 veces el valor de la conductividad. La conductividad de un agua natural está mediatizada por el terreno que atraviesa y por la posibilidad de disolución de rocas y materiales, el tipo de sales presentes, gases disueltas, pH y toda una serie de factores que pueden afectar la solubilidad de un soluto de agua.

Oxígeno disuelto

Es la cantidad de oxígeno (medido en mg/l) que es requerido para la descomposición de la materia orgánica por organismos unicelulares bajo condiciones de prueba. Se utiliza para medir la cantidad de contaminantes orgánicos de agua residuales.

Justificación

El estudio de la calidad del agua en el municipio de Chiquimula, revela la existencia de contaminación de los cuerpo acuíferos subterráneos debida a las descargas de aguas residuales domésticas y por el drenaje al manto freático por parte de los ríos Tacó, San José, Sasmó y Shusho.

El municipio de Chiquimula se encuentra catalogado como una ciudad de segundo orden, teniendo la tendencia hacia el aumento en el número de habitantes y consigo el aumento en las actividades desarrolladas, aumentando el volumen de desechos sólidos y líquidos hacia los cuerpos de aguas superficiales. Así también una demanda considerable en el consumo de agua para satisfacer sus necesidades básicas.

Según el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, Centro Nacional de Epidemiología, Departamento de Vigilancia Epidemiológica muestra en las Estadísticas Vitales para el Área de Salud de Chiquimula, Distrito de Salud de Chiquimula. Los valores de morbilidad prioritaria (primeras consultas) un total de casos de 3,220 en un total de casos atendidos de 42,455.

Dentro de otros resultados presentados por el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, para el área de Chiquimula, se presentan dentro de las diez primeras causas de morbilidad infantil, el síndrome diarreico intenso con un 19.41%, también se presenta el síndrome diarreico intenso en las estadísticas de las diez primeras causas de mortalidad en menores de un año con un valor de 8.20% y para niños de uno a cuatro años un valor de 23.33%. Siendo los infantiles los de mayor vulnerabilidad ante enfermedades del tipo bacteriológico. Debe de tomarse en cuenta que estas enfermedades se contraen principalmente por el consumo de aguas contaminadas con *Vibrio cholerae* y *Escherichia coli*.

Como lo muestran los informes semanales realizados por el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, para detectar la presencia de cloro residual en los diferentes proyectos de agua de administración municipal que suministran del vital líquido a la población urbana, teniendo tres pozos de abastecimiento y una planta de tratamiento en tanques el Molino, siendo la planta el Molino la que presenta cloro residual. Como se puede observar que se está distribuyendo agua a los pobladores sin ningún tipo de tratamiento, llevándose solamente el análisis de cloro residual y no todos los análisis correspondientes para determinar la calidad fisicoquímica y bacteriológica del agua que se sirve a los habitantes del municipio.

Las aguas de desechos domésticos presentan en su mayoría contaminantes del tipo fosfatos que son producidos por los detergentes y jabones, así también como desechos de nitrógeno el cual es debido a heces fecales y los diferentes tipos de bacterias entre las que comúnmente se encuentra *E. coli* y *Vibrio cholerae*. Si se dejan que estos desechos alcancen el manto freático, esto puede dañar a la población en general ya que se corre el riesgo que se esté sirviendo a la población agua contaminada con diferentes tipos de bacterias y contaminantes como nitritos, nitratos y fosfatos, causando daño a la salud de las personas.

Se debe de tomar en cuenta la vida acuática, ya que esta resulta dañada de forma directa al darse un incremento en los niveles de contaminación, aumentando de manera directa el valor de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅). Lo anterior genera la muerte de la vida acuática por falta de oxígeno en el agua.

El estudio es necesario, puesto que es evidente que en Guatemala, en general, se está produciendo un proceso de degradación de las zonas de recarga hídrica, las cuales abastecen a las cuencas y ríos, que a su vez son las que alimentan el manto freático. Además de un proceso continuo de contaminación debido a la falta de un tratamiento adecuado de desechos sólidos. Por otra parte, la continuación de la medición de los parámetros fisicoquímicos en meses consecutivos, permite un mejor conocimiento del comportamiento de la calidad del agua con respecto a la estación y si este es repetitivo, lo cual constituye una información valiosa para la toma de medida de prevención y una mejora en la planificación del manejo integral de las cuencas y ríos del área.

La importancia de la información a generar es fundamental; debido a que el problema que generalmente se tiene para las propuestas de manejo sostenible del agua y adecuada gestión de la misma, es la falta de datos base y su interpretación. Es por eso que se consideran para esta investigación el análisis de parámetros fundamentales utilizados como referentes para aguas de origen

natural y de consumo humano. Dicha investigación brindará información actualizada, ordenada e interpretada de acuerdo a la situación actual del agua de los pozos para consumo humano en el municipio de Chiquimula.

En la actualidad no se cuenta con un listado detallado del número y tipo de pozos por suelos que existen en el municipio de Chiquimula. Por lo que es de esperar que no se tenga el registro detallado del aforo, caudal y el abatimiento de los pozos. La importancia del estudio radica en proporcionar la línea base para llevar el control en las variaciones en el nivel del manto freático y su relación con las concentraciones de los contaminantes fisicoquímicos y bacteriológicos en época seca y húmeda. Se implementará la metodología para la determinación de contaminantes fisicoquímicos, microbiológicos y medición del caudal en pozos, en los laboratorios del Centro Universitario de Oriente.

Para la realización de la investigación se contará con la participación de entidades gubernamentales y no gubernamentales encargadas y preocupadas por la situación actual del agua en el municipio de Chiquimula; entre estas se menciona el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, Asociación Regional Chortí-ASORECH. Dentro del Centro Universitario se dará participación a las carreras de Medicina, Agronomía, Agrónomo Agrimensor, Agrónomo en Manejo de tierras y Zootecnia, brindando la oportunidad a estudiantes de las distintas carreras para realizar trabajos de investigación cortos y tesis de graduación. Logrando mayor divulgación del proyecto, y el impacto del mismo en el área de estudio, que es la Ciudad de Chiquimula.

Objetivos

General

Caracterizar y evaluar los pozos de agua para consumo humano en el casco urbano de la ciudad de Chiquimula

Específicos

- Determinar el número de pozos existentes en el casco urbano del municipio de Chiquimula.
- Determinar la concentración de contaminantes fisicoquímicos en agua, como lo son: especies de nitrógeno, fosforo, sólidos totales y parámetros químicos como temperatura, pH, oxígeno disuelto y conductividad en agua de pozo para consumo humano, para establecer el grado de contaminación fisicoquímica del agua en el municipio de Chiquimula.
- Determinar la potabilidad del agua en pozos utilizados para servicios humanos y establecer el grado de contaminación bacteriológica del agua en el municipio de Chiquimula.
- Establecer la relación existente entre la variación del nivel del manto freático con las concentraciones de contaminantes fisicoquímicos y microbiológicos, en época seca y húmeda en el casco urbano del municipio de Chiquimula.
- Establecer los parámetros de la calidad del agua para consumo en el municipio de Chiquimula, que sobrepasan los límites recomendados para agua de consumo humano.

Metodología:

2.8 Métodos

Metodología para censo de pozos

Se realizó por medio del llenado de boletas de encuesta, las cuales fueron respondidas por los domiciliarios. Tomando su geoposicionamiento global por medio de herramientas del SIG. Para la delimitación del número de muestra se realizó un muestreo estratificado simple aleatorio.

Metodología para análisis Fisicoquímico

Muestreo

Los métodos analíticos a utilizar e implementar en el laboratorio ambiental, fueron los recomendados por la Agencia de Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos (EPA) y por la Asociación de Salud Pública Americana y Asociación de trabajos del Agua de los Estados Unidos (APHA, AWWA, 1992)

Como primera fase del proyecto, se realizó el censo para determinar el número de pozos existentes en el casco urbano. En la segunda fase del proyecto se seleccionaron los puntos a muestrear, tomando como criterio el tipo de suelo geológico y su cercanía con las fuentes de contaminantes como lo son los ríos que se encuentran localizados dentro del casco urbano del municipio de Chiquimula.

Toma de muestras de agua

Se realizó de acuerdo a los procedimientos estándar de EPA y APHA-AWWA. Las muestras de agua fueron colectadas en botellas plásticas. Las botellas utilizadas fueron tratadas con detergente libre de fosfatos (extran), ácidos o estériles para eliminar cualquier contaminación y fueron transportadas al laboratorio en hieleras para mantener una temperatura de aproximadamente 4°C. Se colectaron muestras de 1 litro por triplicado de cada punto de muestreo.

Análisis de Parámetros Físicos en el Campo

Se utilizó un potenciómetro multiparámetros de campo, con el cual se determinaron los parámetros pH, conductividad, oxígeno disuelto, temperatura del agua, en cada sitio de muestreo. Todos los sitios se registrarán por medio de un sistema de posicionamiento geográfico, para el diseño de un mapa temático de los puntos de muestreo.

Análisis de nutrientes (especies de nitrógeno y fósforo)

Se analizaron los niveles de nitrógeno total, de nitratos y de nitritos, fósforo total y fosforo de o-fosfatos, según metodología de la APHA y AWWA. Los compuestos de interés reaccionan con reactivos específicos para formar compuestos con coloración, que son analizados por Espectrofotometría Visible. Debido al tiempo que transcurrirá entre la toma de las muestras y su análisis de laboratorio, las muestras serán preservadas siguiendo procedimientos de APHA y AWWA.

Análisis de iones

Se analizo calcio, magnesio, para determinar la composición iónica del agua.

Medición de sólidos

Se determinó la concentración de los sólidos totales . Los procedimientos a utilizar son los recomendados por la APHA y AWWA en el Standard Methods.

Metodología para análisis Microbiológico del agua

Toma de muestra para análisis microbiológicos de agua

Recipientes

Los recipientes utilizados para la colecta de las muestras, los frascos se mantuvieron herméticos y estériles hasta el momento de la toma de la muestra.

Volumen de muestra

El volumen de la muestra por análisis no debe ser menor de 100 ml, hasta 500 ml.

Transporte y recepción de muestras

Las muestras fueron transportadas en hielera refrigeración a 4°C. Un tiempo de 6 horas entre la toma de la muestra y el análisis es aceptable; si esto no es posible el tiempo máximo es de 24 horas.

Todas las muestras fueron debidamente rotuladas al momento de la captación.

Análisis microbiológicos en el laboratorio

Los análisis microbiológicos se realizaron en un Laboratorio de Saneamiento Ambiental, del Área de Salud del Ministerio de Salud Pública, y en el Centro Universitario de Oriente. Se analizaron coliformes totales, coliformes fecales y *Escherichia coli*, utilizando el método del Numero Más Probable o Tubos Múltiples modificación con LMX (15 tubos).

Método Para determinación del Nivel Freático

Para obtener el nivel freático, se utilizo como punto de referencia los metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m). Lo primero que se debe de hacer es determinar la profundidad que hay desde el suelo hasta el "espejo de agua" y luego la resta de la altura de los metros sobre nivel del mar para poder darle un valor homogéneo.

Resultados Obtenidos de la Investigación

Número de pozos Identificados en el Casco Urbano de Chiquimula de un total de 382 viviendas Encuestadas.

Zona	Número de Viviendas Encuestadas	Número de pozos Identificados
1	94	18
2	66	19
3	43	0
4	96	3
5	34	14
6	19	9
7	30	9
Total	382	72

Tabla No.1 Número de pozos identificados en el casco urbano de la ciudad de Chiquimula.

Fuente. Encuesta propia realizada en el casco urbano.

Resultados Fisicoquímicos Y Microbiológicos, del agua de pozos del casco urbano de Chiquimula.

Ubicación Geográfica		Nitritos				
		Muestreo 1	Muestreo 2	Muestreo 3	Promedio	
		Muestra	Conc. N-NO ₂ - mg/L			
601268	1636884	1	0.025	0.001	0.000	0.009
602278	1636379	2	0.034	0.001	0.000	0.012
601451	1635672	3	0.021	0.001	0.000	0.008
601166	1635477	4	0.027	0.004	0.001	0.011
602719	1635719	5	0.08	0.002	0.001	0.028
602941	1636342	6	0.041	0.001	0.000	0.014
603271	1636977	7	0.023	0.002	0.005	0.010
603868	1636767	8	0.05	0.002	0.002	0.018
603847	1635645	9	0.027	0.001	0.000	0.009
603620	1637577	10	0.02	0.002	0.003	0.008
603655	1635726	11	0.037	0.001	0.000	0.013
603633	1636382	12	0.043	0.002	0.001	0.015
602378	1638512	13	0.011	0.002	0.001	0.005
602299	1637945	14	0.026	0.001	0.000	0.009
602274	1637372	15	0.037	0.006	0.003	0.016
602797	1637223	16	0.014	0.002	0.045	0.020
603271	1637985	17	0.012	0.001	0.001	0.005
603629	1637845	18	0.009	0.001	0.000	0.003
604252	1637816	19	0.024	0.001	0.001	0.008
604223	1636938	20	0.012	0.003	0.003	0.006

Tabla No.2 Resultados de Nitrógeno de Nitritos.
Fuente. Análisis propio de laboratorio.

Ubicación Geográfica		Nitratos				
		Muestreo 1	Muestreo 2	Muestreo 3	Promedio	
		Muestra	Conc. N-NO ₃ - mg/L			
601268	1636884	1	49.75	53.478	25.000	39.239
602278	1636379	2	40.3	25.435	21.087	23.261
601451	1635672	3	71.75	39.565	32.935	36.250
601166	1635477	4	31.5	20.217	18.261	19.239
602719	1635719	5	41.8	25.543	25.109	25.326
602941	1636342	6	59.25	31.413	23.804	27.609
603271	1636977	7	70.75	4.239	2.421	3.330
603868	1636767	8	270.2	42.283	41.848	42.065
603847	1635645	9	39.9	27.174	24.022	25.598
603620	1637577	10	40.1	26.848	15.978	21.413
603655	1635726	11	28.3	17.826	19.239	18.533
603633	1636382	12	40.3	22.500	5.978	14.239
602378	1638512	13	29.7	25.326	17.717	21.522
602299	1637945	14	24.8	16.087	12.391	14.239
602274	1637372	15	31.1		17.391	8.696
602797	1637223	16	107.5	43.261	35.217	39.239
603271	1637985	17	8.8	1.957	4.239	3.098
603629	1637845	18	41.1	23.478	27.609	25.543
604252	1637816	19	23.5	10.652	12.065	11.359
604223	1636938	20	20	14.348	15.761	12.572

Tabla No.3 Resultados de Nitrógeno de Nitratos.

Fuente. Análisis propio de laboratorio.

Ubicación Geográfica		Nitrogeno Total				
		Muestreo 1	Muestero 2	Muestreo 3	Promedio	
		Muestra	Conc. N-NO3- mg/L	Conc. N-NO3- mg/L	Conc. N-NO3- mg/L	Conc. N-NO3- mg/L
601268	1636884	1	31.739	31.304	33.696	32.246
602278	1636379	2	23.913	25.000	25.543	24.819
601451	1635672	3	34.130	32.826	43.587	36.848
601166	1635477	4	18.913	18.696	18.804	18.804
602719	1635719	5	27.391	23.804	26.522	25.906
602941	1636342	6	34.130	32.500	40.652	35.761
603271	1636977	7	35.543	6.413	5.326	15.761
603868	1636767	8	35.978	33.913	45.109	38.333
603847	1635645	9	32.174	20.109	26.413	26.232
603620	1637577	10	27.717	26.196	25.761	26.558
603655	1635726	11	19.457	24.239	23.478	22.391
603633	1636382	12	31.522	19.130	7.935	19.529
602378	1638512	13	17.717	12.935	21.087	17.246
602299	1637945	14	10.870	18.370	15.978	15.072
602274	1637372	15	14.239	51.848	42.717	36.268
602797	1637223	16	47.174	5.652	18.804	23.877
603271	1637985	17	97.935	30.326	3.804	44.022
603629	1637845	18	29.891	10.543	16.087	18.841
604252	1637816	19	13.152	19.348	12.826	15.109
604223	1636938	20	17.283	4.674	15.761	12.572

Tabla No.4 Resultados de Nitrógeno Total, expresado en Nitrógeno de Nitratos.
Fuente. Análisis propio de laboratorio.

Ubicación Geográfica		Fosforo de OrtoFosfatos				
		Muestro 1	Muestro 2	Muestro 3	Promedio	
		Muestra	Conc. P-PO ₄₋₃ mg/L	Conc. P-PO ₄₋₃ mg/L	Conc. P-PO ₄₋₃ mg/L	Conc. P-PO ₄₋₃ mg/L
601268	1636884	1	8.1	0.178	0.147	0.163
602278	1636379	2	7.2	0.217	0.200	0.208
601451	1635672	3	6.3	0.328	0.292	0.310
601166	1635477	4	6.9	0.239	0.167	0.203
602719	1635719	5	5.7	0.858	0.872	0.865
602941	1636342	6	5.3	0.311	0.742	0.526
603271	1636977	7	4.8	1.592	1.339	1.465
603868	1636767	8	4.7	0.311	0.225	0.268
603847	1635645	9	6.4	0.289	0.250	0.269
603620	1637577	10	5.8	0.461	0.386	0.424
603655	1635726	11	5.3	0.281	0.203	0.242
603633	1636382	12	5.6	0.283	0.281	0.282
602378	1638512	13	3.8	0.367	0.328	0.347
602299	1637945	14	4.4	0.333	0.264	0.299
602274	1637372	15	6.9	0.350	0.239	0.294
602797	1637223	16	7	0.261	0.197	0.229
603271	1637985	17	5	1.783	0.267	1.025
603629	1637845	18	5.7	0.397	0.358	0.378
604252	1637816	19	3.4	0.317	0.244	0.281
604223	1636938	20	5.1	0.250	0.192	0.221

Tabla No.5 Resultados de Fosforo de Orto-fosfatos.
Fuente. Análisis propio de laboratorio.

Ubicación Geográfica		Fosforo Total				
		Muestreo 1	Muestreo 2	Muestreo 3	Promedio	
		Muestra	Conc. P-PO4-3 mg/L	Conc. P-PO4-3 mg/L	Conc. P-PO4-3 mg/L	Conc. P-PO4-3 mg/L
601268	1636884	1	0.272	0.144	0.178	0.198
602278	1636379	2	0.256	0.169	0.189	0.205
601451	1635672	3	0.378	0.311	0.356	0.348
601166	1635477	4	0.278	0.242	0.183	0.234
602719	1635719	5	0.878	0.853	0.806	0.845
602941	1636342	6	0.372	0.344	0.294	0.337
603271	1636977	7	0.372	1.550	1.167	1.030
603868	1636767	8	0.272	0.381	0.344	0.332
603847	1635645	9	0.339	0.297	0.267	0.301
603620	1637577	10	0.500	0.450	0.400	0.450
603655	1635726	11	0.328	0.261	0.178	0.256
603633	1636382	12	0.256	0.358	0.478	0.364
602378	1638512	13	0.372	0.381	0.328	0.360
602299	1637945	14	0.422	0.358	0.394	0.392
602274	1637372	15	0.400	0.406	0.156	0.320
602797	1637223	16	0.311	0.253	0.300	0.288
603271	1637985	17	0.339	0.344	0.294	0.326
603629	1637845	18	0.417	0.400	0.406	0.407
604252	1637816	19	0.372	0.322	0.322	0.339
604223	1636938	20	0.300	0.267	0.267	0.278

Tabla No.6 Resultados de Fosforo Total, expresado en fosforo de orto-fosfatos.
Fuente. Análisis propio de Laboratorio.

		Sulfatos				
		Muestreo 1		Muestreo 2	Muestreo 3	Promedio
Ubicación Geográfica		Muestra	Conc. SO ₄ - 2mg/L			
601268	1636884	1	35.000	41.533	35.567	37.367
602278	1636379	2	19.600	20.933	21.767	20.767
601451	1635672	3	52.533	52.267	43.500	49.433
601166	1635477	4	31.000	26.333	22.700	26.678
602719	1635719	5	33.267	35.667	23.300	30.744
602941	1636342	6	25.400	31.733	22.233	26.456
603271	1636977	7	53.200	55.533	36.067	48.267
603868	1636767	8	63.867	47.133	48.700	53.233
603847	1635645	9	42.467	40.077	30.067	37.537
603620	1637577	10	13.333	16.667	11.000	13.667
603655	1635726	11	20.333	27.200	14.767	20.767
603633	1636382	12	29.133	29.600	7.567	22.100
602378	1638512	13	35.600	36.000	28.067	33.222
602299	1637945	14	13.133	13.133	9.500	11.922
602274	1637372	15	19.333	21.933	15.033	18.767
602797	1637223	16	48.333	57.600	62.500	56.144
603271	1637985	17	18.800	22.467	26.367	22.544
603629	1637845	18	23.200	29.933	36.400	29.844
604252	1637816	19	14.733	18.733	21.567	18.344
604223	1636938	20	16.733	21.533	26.733	21.667
Tabla No.7 Resultados de Sulfatos.	Fuente. Análisis propio de laboratorio.					

		Dureza Total				
		Muestreo 1		Muestreo 2	Muestreo 3	Promedio
Ubicación Geográfica		Muestra	Dureza Total en mg/L de CaCO3 y MgCO3	Dureza Total en mg/L de CaCO3 y MgCO3	Dureza Total en mg/L de CaCO3 y MgCO3	Dureza Total en mg/L de CaCO3 y MgCO3
601268	1636884	1	348.48	348.48	264	320.32
602278	1636379	2	200.64	242.88	264	235.84
601451	1635672	3	443.52	285.12	369.6	366.08
601166	1635477	4	242.88	232.32	211.2	228.8
602719	1635719	5	232.32	200.64	211.2	214.72
602941	1636342	6	295.68	242.88	337.92	292.16
603271	1636977	7	337.92	211.2	242.88	264
603868	1636767	8	728.64	359.04	728.64	605.44
603847	1635645	9	390.72	232.32	337.92	320.32
603620	1637577	10	221.76	211.2	221.76	218.24
603655	1635726	11	253.44	200.64	253.44	235.84
603633	1636382	12	327.36	190.08	211.2	242.88
602378	1638512	13	390.72	221.76	337.92	316.8
602299	1637945	14	232.32	221.76	232.32	228.8
602274	1637372	15	221.76	158.4	232.32	204.16
602797	1637223	16	380.16	285.12	359.04	341.44
603271	1637985	17	253.44	168.96	274.56	232.32
603629	1637845	18	306.24	211.2	316.8	278.08
604252	1637816	19	242.88	168.96	232.32	214.72
604223	1636938	20	253.44	242.88	269.28	255.2

Tabla No.8 Resultados de Dureza Total.
Fuente. Análisis propio de laboratorio.

Ubicación Geográfica		Sólidos Totales				
		Muestreo 1		Muestreo 2	Muestreo 3	Promedio
		Muestra	Concentración en mg/L	Concentración en mg/L	Concentración en mg/L	Concentración en mg/L
601268	1636884	1	700	580	630	637
602278	1636379	2	460	470	405	445
601451	1635672	3	856	790	820	822
601166	1635477	4	490	440	460	463
602719	1635719	5	490	500	475	488
602941	1636342	6	612	590	540	581
603271	1636977	7	826	380	390	532
603868	1636767	8	2132	880	1935	1649
603847	1635645	9	666	520	600	595
603620	1637577	10	436	460	415	437
603655	1635726	11	476	488	765	576
603633	1636382	12	558	460	345	454
602378	1638512	13	572	624	575	590
602299	1637945	14	436	480	440	452
602274	1637372	15	306	428	395	376
602797	1637223	16	942	856	745	848
603271	1637985	17	322	384	360	355
603629	1637845	18	550	612	500	554
604252	1637816	19	394	432	272	366
604223	1636938	20	418	460	400	426

Tabla No.9 Resultados de Sólidos Totales.
Fuente. Análisis propio de laboratorio.

<i>Ubicación Geográfica</i>		Demanda Química de Oxígeno				
		Muestreo 1	Muestreo 2	Muestreo 3	Promedio	
		Muestra	O ₂ mg/L	O ₂ mg/L	O ₂ mg/L	O ₂ mg/L
601268	1636884	1	4	0	29	11.00
602278	1636379	2	2	0	5	2.33
601451	1635672	3	1	0	8	3.00
601166	1635477	4	1	0	10	3.67
602719	1635719	5	2	1	6	3.00
602941	1636342	6	0	0	14	4.67
603271	1636977	7	0	1	9	3.33
603868	1636767	8	3	1	8	4.00
603847	1635645	9	2	0	8	3.33
603620	1637577	10	0	1	9	3.33
603655	1635726	11	6	0	8	4.67
603633	1636382	12	0	9	12	7.00
602378	1638512	13	2	1	6	3.00
602299	1637945	14	0	2	5	2.33
602274	1637372	15	0	0	5	1.67
602797	1637223	16	0	3	6	3.00
603271	1637985	17	0	1	5	2.00
603629	1637845	18	0	2	3	1.67
604252	1637816	19	0	0	5	1.67
604223	1636938	20	2	1	5	2.67

Tabla No.10 Resultados de Demanda Química de Oxígeno.

Fuente. Análisis propio de laboratorio.

Ubicación Geográfica		Demanda Bioquímica de Oxígeno en 5 días				
		Muestreo 1	Muestreo 2	Muestreo 3	Promedio	
		Muestra	Demanda en O ₂ mg/L			
601268	1636884	1	0.758	0.727	1.591	1.025
602278	1636379	2	0.424	0.712	1.394	0.843
601451	1635672	3	0.258	1.212	1.348	0.939
601166	1635477	4	0.212	0.561	1.333	0.702
602719	1635719	5	0.515	1.136	1.424	1.025
602941	1636342	6	0.561	0.773	0.712	0.682
603271	1636977	7	0.288	0.652	1.197	0.712
603868	1636767	8	0.985	0.970	1.061	1.005
603847	1635645	9	0.227	0.515	1.121	0.621
603620	1637577	10	0.288	1.091	1.439	0.939
603655	1635726	11	0.152	0.697	0.848	0.566
603633	1636382	12	0.288	1.394	0.500	0.727
602378	1638512	13	0.333	0.364	1.167	0.621
602299	1637945	14	0.273	1.136	0.788	0.732
602274	1637372	15	0.394	0.864	0.985	0.747
602797	1637223	16	0.424	0.621	1.364	0.803
603271	1637985	17	0.364	0.561	1.212	0.712
603629	1637845	18	0.318	0.758	1.273	0.783
604252	1637816	19	0.439	0.561	1.121	0.707
604223	1636938	20	0.545	0.727	1.470	0.914

Tabla No.11 Resultados de Demanda Bioquímica de Oxígeno.
Fuente. Análisis propio de laboratorio.

Resultados de Mediciones In situ (Oxígeno, Potencial de Hidrógeno y Conductividad)

<i>Ubicación Geográfica</i>		Potencial de Hidrogeno, pH				
		Muestreo 1		Muestreo 2	Muestreo 3	Promedio
		Muestra	Valor	Valor	Valor	Valor
601268	1636884	1	7.65	7.32	7.15	7.37
602278	1636379	2	8.06	7.91	7.84	7.94
601451	1635672	3	7.7	7.4	7.19	7.43
601166	1635477	4	7.92	7.69	7.49	7.70
602719	1635719	5	8.16	7.24	7	7.47
602941	1636342	6	8.03	7.61	7.42	7.69
603271	1636977	7	8.01	7.96	6.81	7.59
603868	1636767	8	7.81	7.49	7.04	7.45
603847	1635645	9	7.92	7.46	7.06	7.48
603620	1637577	10	8.16	7.51	7.27	7.65
603655	1635726	11	7.98	7.55	7.52	7.68
603633	1636382	12	8.16	7.95	8.35	8.15
602378	1638512	13	7.77	7.44	7.08	7.43
602299	1637945	14	7.84	7.56	7.8	7.73
602274	1637372	15	7.73	7.61	7.27	7.54
602797	1637223	16	7.77	7.37	7.59	7.58
603271	1637985	17	7.86	7.64	7.32	7.61
603629	1637845	18	7.84	7.56	7.25	7.55
604252	1637816	19	7.93	7.75	7.51	7.73
604223	1636938	20	7.73	7.52	7	7.42

Tabla No.12 Potencial de Hidrógeno.
Fuente. Análisis propio de laboratorio.

		Oxígeno Disuelto				
		Muestreo 1		Muestreo 2	Muestreo 3	Promedio
<i>Ubicación Geográfica</i>		Muestra	O ₂ mg/L	O ₂ mg/L	O ₂ mg/L	O ₂ mg/L
601268	1636884	1	4.83	4.38	4.13	4.45
602278	1636379	2	6.43	6.67	6.61	6.57
601451	1635672	3	5.41	5.83	5.36	5.53
601166	1635477	4	5.27	6.22	5.53	5.67
602719	1635719	5	6.04	5.85	5.94	5.94
602941	1636342	6	6.38	5.82	5.79	6.00
603271	1636977	7	6.73	6.09	1.88	4.90
603868	1636767	8	5.79	5.93	5.77	5.83
603847	1635645	9	3.21	3.27	3.32	3.27
603620	1637577	10	6.86	6.45	7.03	6.78
603655	1635726	11	6.86	6.13	7.12	6.70
603633	1636382	12	7.19	7.94	6.43	7.19
602378	1638512	13	5.49	5.32	5.33	5.38
602299	1637945	14	5.98	5.95	6.94	6.29
602274	1637372	15	6.15	6.36	6.31	6.27
602797	1637223	16	6.85	6.87	7	6.91
603271	1637985	17	5.61	5.65	5.07	5.44
603629	1637845	18	6.23	5.73	6.1	6.02
604252	1637816	19	6.71	6.6	7.06	6.79
604223	1636938	20	5.66	5.82	5.75	5.74

Tabla No.13 Resultados de Oxígeno Disuelto.

Fuente. Análisis propio de laboratorio.

		Conductividad				
		Muestreo 1	Muestreo 2	Muestreo 3	Promedio	
<i>Ubicación Geográfica</i>		Muestra	Conductividad $\mu\text{S/cm}$	Conductividad $\mu\text{S/cm}$	Conductividad $\mu\text{S/cm}$	Conductividad $\mu\text{S/cm}$
601268	1636884	1	942	653	643	746
602278	1636379	2	584	424	420	476
601451	1635672	3	1037	740	762	846
601166	1635477	4	705	513	503	574
602719	1635719	5	550	411	428	463
602941	1636342	6	721	512	515	583
603271	1636977	7	971	390	390	584
603868	1636767	8	1942	804	1514	1420
603847	1635645	9	892	638	616	715
603620	1637577	10	542	378	380	433
603655	1635726	11	656	493	476	542
603633	1636382	12	733	482	375	530
602378	1638512	13	826	584	622	677
602299	1637945	14	593	436	444	491
602274	1637372	15	581	418	438	479
602797	1637223	16	1113	771	764	883
603271	1637985	17	547	413	410	457
603629	1637845	18	723	524	515	587
604252	1637816	19	560	403	404	456
604223	1636938	20	619	444	431	498

Tabla No.14 Resultados de Conductividad.
Fuente. Análisis propio de laboratorio.

Resultados Microbiológicos (Coliformes Totales, Coliformes Fecales y Escherichia Coli)

Resultados Primero y segundo Muestreo				
Método filtración por membranas				
Ubicación Geográfica		Muestra	Muestreo No.1 No_Colonias	Muestreo No.2 No_Colonias
601268	1636884	1	12	2
602278	1636379	2	0	9
601451	1635672	3	0	12
601166	1635477	4	0	0
602719	1635719	5	0	0
602941	1636342	6	1	0
603271	1636977	7	0	27
603868	1636767	8	24	19
603847	1635645	9	2	2
603620	1637577	10	14	8
603655	1635726	11	10	0
603633	1636382	12	20	29
602378	1638512	13	42	0
602299	1637945	14	6	0
602274	1637372	15	2	0
602797	1637223	16	5	0
603271	1637985	17	9	1
603629	1637845	18	0	0
604252	1637816	19	0	22
604223	1636938	20	0	6

Tabla No.15 Resultados de Número colonias formadoras de bacterias.
Fuente. Análisis de laboratorio de saneamiento ambiental.

		Tercer Muestreo Microbiológico, método de tubos múltiples			
		COLIFORMES TOTALES	COLIFORMES FECALES		
Ubicación Geográfica		Muestra	3Tubos por dilución(NMP/100 mL)	3Tubos por dilución(NMP/100 mL)	Escherichia coli
601268	1636884	1	240	240	+
602278	1636379	2	<3	<3	-
601451	1635672	3	1100	15	+
601166	1635477	4	1100	<3	-
602719	1635719	5	150	4	+
602941	1636342	6	4	<3	-
603271	1636977	7	≥2400	93	+
603868	1636767	8	≥2400	23	+
603847	1635645	9	≥2400	1100	+
603620	1637577	10	≥2400	460	+
603655	1635726	11	15	15	-
603633	1636382	12	460	43	+
602378	1638512	13	93	<3	-
602299	1637945	14	93	<3	-
602274	1637372	15	210	460	+
602797	1637223	16	9	9	+
603271	1637985	17	15	9	+
603629	1637845	18	4	<3	-
604252	1637816	19	93	93	+
604223	1636938	20	7	4	+

Tabla No.16 Resultados de Número más Probable de Bacterias por mililitro.
Fuente. Análisis propio de laboratorio.

		Cuarto Muestreo Microbiológico, método de tubos múltiples			
		COLIFORMES TOTALES	COLIFORMES FECALES		
Ubicación Geográfica		Muestra	3Tubos por dilución(NMP/100 mL)	3Tubos por dilución(NMP/100 mL)	Escherichia coli
601268	1636884	1	240	<3	-
602278	1636379	2	<3	<3	-
601451	1635672	3	460	4	+
601166	1635477	4	23	<3	-
602719	1635719	5	93	<3	-
602941	1636342	6	4	<3	-
603271	1636977	7	≥2400	1100	+
603868	1636767	8	≥2400	210	+
603847	1635645	9	1100	<3	-
603620	1637577	10	9	7	+
603655	1635726	11	460	<3	-
603633	1636382	12	<3	<3	-
602378	1638512	13	15	4	+
602299	1637945	14	460	<3	-
602274	1637372	15	≥2400	93	+
602797	1637223	16	4	<3	-
603271	1637985	17	<3	<3	-
603629	1637845	18	240	9	+
604252	1637816	19	23	<3	-
604223	1636938	20	<3	<3	-

Tabla No.17 Resultados de Número más Probable de Bacterias por mililitro.
Fuente. Análisis propio de laboratorio.

Resultados de Nivel Freático en Pozos distribuidos en el casco urbano de Chiquimula.

Coordenadas		Altura	Profundidad	Nivel freático
x	y	m.s.n.m.		
601298	1636864	442	6.45	435.55
602035	1635849	468	67.31	400.69
601447	1635663	495	37.07	457.93
603649	1635785	384	16.47	367.53
604343	1637192	370	20.1	349.9
603439	1637825	417	41.58	375.42
603283	1637159	418	35.86	382.14
604098	1636073	381	18.3	362.7
603312	1636679	399	40.26	358.74
602639	1636186	424	31.71	392.29
602831	1636930	429	46.26	382.74

Tabla No.18 Resultados de Nivel freático de pozos.
Fuente. Mediciones de campo y cálculos de laboratorio.

Discusión de Resultados:

Numero de Pozos existentes

Para la estimación del número de pozos existentes, se realizó un muestreo estratificado simple aleatorio, con el cual se calculó el número de muestras a tomar, partiendo de la proyección de viviendas para el año 2009. Para la distribución de los puntos de muestreo se utilizó la herramienta del Sistema de Información Geográfico –SIG-.

Como puede observarse en la tabla No.1 el resultado de pozos identificados por zona, esta distribución está influenciada por factores económicos, geológicos. Como puede observarse en el mapa No.2 la distribución de los pozos en la ciudad de Chiquimula no es uniforme, por el contrario la mayoría se encuentra localizado en las partes bajas de la ciudad, lo que facilita la perforación de los mismos. Presentando una relación del 18%, lo cual indica que hay una relación, por cada 5 casas hay un pozo en la ciudad de Chiquimula

Para la comprensión de los resultados fisicoquímicos obtenidos y sus variaciones obtenidas en cada muestreo, cabe mencionar factores críticos como el tipo de suelo (arenoso de alta infiltración), condiciones climáticas fuera de lo normal (invierno escaso).

Especies de Nitrógeno

El nitrógeno en los cuerpos de agua, se encuentra en tres estados inorgánicos importantes. Estos son amonio, nitrito y nitrato. Cualquiera de estas formas tiene su origen en toda materia orgánica ya sea por actividades antropogénicas y también de origen vegetal. Otra fuente de nitrógeno son los fertilizantes, los cuales son lixiviados por el agua de lluvia o escorrentía. En cuanto a las actividades antropogénicas es importante señalar que las formas que predominan en las aguas servidas son los productos de oxidación de la urea y amonio. En este caso en particular, en base a las observaciones de campo, la procedencia del nitrógeno se debe a contaminación por heces fecales.

Nitritos

Los nitritos son una especie intermedia químicamente poco estable, ya que constituyen un estado intermedio entre el amonio y nitrato, dentro de los procesos de oxido-reducción. Tomando en cuenta el carácter levemente básico que

presenta el agua de los pozos, debido a su geoquímica, proporciona un medio oxidante, por lo que domina con mucha facilidad la especie química más estable que será el nitrato.

Las concentraciones obtenidas mostradas en la tabla No.1 de nitrógeno de Nitritos no pasa sobre los valores recomendados por la Comisión Guatemaltecas de Normas (COGUANOR) y la Organización Mundial de la Salud-OMS- que es de 1.00mg/L de N-NO_2^- . Reportándose los resultados en un rango de 0.003 a 0.028 mg/L de N-NO_2^- .

Como puede observarse en el mapa No.3, las concentraciones de nitrógeno de nitritos son bajas, y presentan leve influencia con la cercanía y pendiente de la ciudad. El río Shusho pasa solamente una pequeña porción por la ciudad, en las cercanías de la colonia Shusho, por lo tanto tiene una pequeña influencia en la contaminación del agua de los pozos, tomando en cuenta que el río Shusho es utilizado como drenaje.

El río Sasmo es efímero, en base a observaciones de campo, este río permaneció con niveles sumamente bajos, permaneciendo seco durante el transcurso del verano e invierno, el cual fue de escasa lluvia. Por tal motivo el sector de la zona 2 no presenta valores relativamente elevados como los obtenidos en las zonas 1, 4, 5 y 6. A través de estas cuatro zonas pasa el río Taco (ver mapa No.3), el cual es utilizado como drenaje de la ciudad, conteniendo agua durante el transcurso de todo el año, haciendo perenne la presencia de contaminantes de fácil oxidación como el nitrito. En la gráfica No.2 se puede observar la tendencia hacia la disminución de la concentración del nitrito. Correspondiendo a la escases de lluvia que se vivió en la región durante el segundo semestre del año 2009.

Nitratos

El ion nitrato es la especie más oxidada del amonio, su origen en el agua de los pozos de la ciudad se debe a contaminación por heces fecales, las cuales son lixiviadas desde las letrinas o pozos ciegos, fosas sépticas hacia el manto freático. Tomando en cuenta que es una especie muy estable, teniendo predominancia en pH básico o ligeramente básico como es el caso la ciudad de Chiquimula, lo hace ideal para tener una gran prevalencia en el agua de los pozos.

El rango de los resultados obtenidos reportados en la tabla No.3, dichos valores se encuentra en el rango de 0.284 hasta 42.065 mg/L de N-NO_3^- . Los valores recomendados por la Comisión Guatemalteca de Normas –COGUANOR-, la

Organización Mundial de la Salud –OMS- y la Agencia de Protección Ambiental –EPA-, es de 10mg/L de N-NO_3^- . Sobre pasando tres veces el valor recomendado.

Como puede observarse en el mapa No.4, los puntos muestreados en donde las concentraciones de Nitrato pasan dicho valor recomendado, están estrechamente relacionados con la cercanía con el río Taco y el río Sasmo. Los cuales son utilizados como drenajes de la ciudad, aumentando la carga de contaminantes a medida que los ríos realizan su recorrido por la ciudad recolectando aguas servidas. Observando los resultados más bajos en las orillas de la ciudad y en las cercanías del río Shusho y en las partes bajas del río Sasmo, en donde se encuentra seco.

En la grafica No.2 se puede observar una tendencia hacia la disminución de la concentración del ion nitrato, esto coincide con la escases de lluvia provocando la disminución del caudal de los ríos, por los cuales se transportan las aguas servidas.

Nitrógeno Total

El nitrógeno total es la suma de las diferentes especies del nitrógeno, como amonio, nitrito, nitrato y demás formas no disponibles como en las proteínas. Los resultados presentados en la tabla No. 4 de resultados, se encuentran dentro del rango promedio de 12.572 hasta 44.027 mg/L de N-NO_3^- . Para poder realizar la determinación y cuantificación del Nitrógeno Total, debe de someterse la muestra a una digestión, la cual consiste en una oxidación por medio de un agente oxidante. Los resultados obtenidos no corresponden exactamente a los esperado (nitrógeno total mayor que nitratos) a los resultados obtenidos con los de nitratos, comparando los mapa No.4 y No.5, esto se debe a que las concentraciones más altas de sales disueltas (sólidos totales), son interferentes en el procesos de oxidación, dando el proceso contrario que es la reducción de las especies oxidadas. Por lo que se debe de realizar una adaptación del método, disminuyendo la cantidad de agente oxidante recomendada por el método establecido en la Estándar Métodos. La Agencia de Protección Ambiental, la Comisión Guatemalteca de Normas –COGUANOR- y la Organización Mundial de la Salud –OMS-, no han definido una normativa para el nitrógeno total, pero se toma de referencia el valor normado para nitrógeno de nitratos que es de 10.00mg/L.

En la grafica No.3, no se observa alguna tendencia en las concentraciones respecto a las variaciones climáticas, esto se debe a los interferentes al método.

Especies de Fósforo

El fósforo tiene su origen de diferentes fuentes, como los fertilizantes, plantas en descomposición y detergentes a base de fosfatos. En base a observaciones de campo, el fosforo de orto-fosfatos determinado corresponde principalmente a detergentes que son desechados en las aguas servidas.

Fósforo de Orto-fosfatos

No existe un reglamento del valor máximo para el fósforo de orto-fosfatos en ningún listado de valores guía, sin embargo existen recomendaciones sobre el valor de fósforo total, este valor es de 0.025mg/L. Este valor es recomendado para cuerpos de agua natural. En la actualidad no existe alguna normativa que proporcione algún valor para fósforo de orto-fosfatos. La Norma Guatemalteca estable para especies orgánicas del fosforo no debe pasar de 0.1mg/L.

En la tabla de resultados No.5, se presentan los resultados obtenidos de Fósforo de orto-fosfatos, los cuales se encuentra dentro del rango de 0.163 hasta 1.465 mg/L de $P-PO_4^{-3}$. Pasando por encima de los valores recomendados por las dos normativas mencionadas con anterioridad. Como puede observarse en el mapa No.6, la tendencia de contaminación con fosfatos de todos los pozos de las zonas de la ciudad de Chiquimula. La ingesta de mucho fosfato en infantes menores de un año, provoca el síndrome del bebe azul.

En la Grafica No. 4 se presentan los resultados de fosforo de orto-fosfatos, sin tomar en cuenta los del primer muestreo que fueron analizados por medio reactivos de kit, los resultados de los dos muestreos siguientes presentan una leve disminución en la concentración, lo cual coincide con la época de escasa lluvia que se vivió en el departamento de Chiquimula.

Fósforo Total

El fósforo total es la suma del fosforo de orto-fosfatos (disponible) y otras especies de fósforo adherido a plantas (no disponible). En la tabla de resultados No.6, el rango de concentraciones obtenidas de fosforo total esta de 0.198 hasta 1.030mg/L de $P-PO_4^{-3}$, pasando el valor recomendado por las dos normativas mencionadas anteriormente. Como puede observarse en el mapa No.7 las concentraciones de fósforo total, no presentó una variación significativa, considerando que la presencia de orto-fosfatos se debe en su mayoría a detergentes. En la graficas No.5 de resultados, se puede observar la misma

tendencia hacia la disminución, como se presentó en las concentraciones de fósforo de orto-fosfatos.

Iones

La presencia de ciertos iones como sulfatos, sales minerales y carbonatos de calcio y magnesio se encuentra en abundancia en el agua, debido a su geoquímica del suelo, siendo los mismos de origen aluvional, presentando una alta cantidad de iones disueltos.

Sulfatos

La presencia de sulfato en el agua tiene diferentes fuentes de origen, la primera es de origen geológico y la segunda por contaminación industrial y la tercera es por la oxidación de los sulfuros que son producto de la descomposición de material orgánico. Siendo el caso primero para la ciudad de Chiquimula.

En la tabla No.7 de resultados se reportan las concentraciones de sulfato dentro del rango de 11.92 hasta 56.144mg/L de SO_4^{-2} . Dichos resultados se encuentran por debajo del valor recomendado por las Comisión Guatemalteca de Normas – COGUANOR- y la Organización Mundial de la Salud –OMS-. Como se puede observar en el mapa No.8, las concentraciones de sulfato en el agua no están influenciadas por la presencia de los ríos, dependiendo exclusivamente de la geoquímica del suelo.

En la grafica No.6 de resultados se puede observar una leve tendencia hacia el aumento en la concentración del ion sulfato, lo que corresponde a la reconcentración de las especies disueltas, debido a la escases de lluvia reportada para la región durante el segundo semestre del año. Al realizar un análisis comparativo se observó la prevalencia del sulfato en medio básico y su disminución en medio ácido, ya que el potencial de hidrogeno genera un potencial de oxido-reducción, que favorece la oxidación hacia sulfato o el proceso inverso que es la reducción hacia sulfuro.

Dureza Total (carbonato de calcio, carbonato de magnesio)

Se entiende por dureza total, a la suma de carbonatos de calcio y magnesio presentes en el agua. En la tabla de resultados No.8, se presentan los resultados

obtenidos correspondientes a dureza total, que se encuentran dentro de rango de 214 hasta 605 mg/L de carbonato de calcio y magnesio.

De acuerdo a la clasificación proporcionada por la Organización Mundial de la Salud-OMS- y la Agencia de Protección Ambiental –EPA-, se clasifica como aguas duras la que se encuentran dentro de una rango de 150 a 300 mg/L de carbonato de calcio y magnesio. Y aguas muy duras las que están por arriba de 300mg/L. Como se puede observar en el mapa No.9, todos los pozos de la ciudad de Chiquimula presentan aguas duras y muy duras.

En la gráfica de resultados No.7, no se observa alguna tendencia marcada en las concentraciones de carbonato de calcio y magnesio. Las variaciones entre concentración de un sitio a otro, depende del tipo de suelo en el cual fue construido el pozo, no presentando influencia la cercanía con los ríos.

Sólidos totales

Los sólidos totales es la suma de los sólidos disueltos, sólidos filtrables y sólidos en suspensión. Este parámetro depende exclusivamente de la geoquímica del suelo en donde fue excavado el pozo. En la tabla de resultados No. 9, se presentan los valores de concentración obtenidos los cuales se encuentran dentro del rango de 366 hasta 1649mg/L. Siendo el valor 500mg/L recomendado por la Comisión Guatemalteca de Normas-COGUANOR-.

Como puede observarse en el mapa No.10, el agua en un noventa por ciento de la ciudad presenta altas concentraciones de sólidos totales. En la grafica de resultados No.8, no se observa alguna tendencia marcada en la concentración de sólidos totales, ya que unos puntos muestreados aumentan y otros disminuyen.

Demanda Química de Oxígeno

Esta determinación da una medida de la cantidad de materia oxidable presente en una muestra de agua, ya sea tanto orgánica como inorgánica. En la tabla de resultados No.10, se reportan los resultados promedio, los cuales se encuentran dentro del rango de 1.67 a 11.00mg/L de Oxígeno. En la grafica de resultados No. 8 se observa la tendencia marcada de la disminución de la demanda química de oxígeno del primer muestreo hacia el segundo, y el aumento en la demanda química de oxígeno del segundo muestreo hacia el tercer muestreo. Lo cual se relaciona con la disminución del oxígeno disuelto. Haciendo necesaria una mayor

cantidad de oxígeno disuelto por litro para realizar los procesos de oxidación. No se ha reportado alguna normativa que regule la demanda química de oxígeno.

Demanda Bioquímica de Oxígeno en 5 días

Esta medición tiene más fundamento biológico que químico, debido a que se refiere a la cantidad de oxígeno que la biota presente en la muestra de agua requiere para consumir la materia orgánica presente en un intervalo de cinco días a 20 grados centígrados.

Desde el punto de vista químico debe de interpretarse como la cantidad de material orgánico y nutrientes inorgánicos presentes en la muestra que se oxidan en condiciones favorables. En la tabla de resultados No.11, se reportan los resultados obtenidos los cuales se encuentran dentro del rango de 0.621 a 1.025mg/L de O₂. En la actualidad no se ha normado algún valor para la demanda bioquímica de oxígeno. En la grafica de resultados No.9 se puede observar la tendencia hacia el aumento en la demanda bioquímica de oxígeno, pudiéndose deber a factores como la temperatura ambiental, oxígeno disuelto.

Parámetros In situ

Potencial de Hidrógeno (pH)

El potencial de hidrogeno es una medida de la capacidad del agua para poder llevar procesos de oxido-reducción, relacionados con el equilibrio químico del agua, expresado como acido-base. En la tabla No.11 se presentan los resultados de potencial de hidrogeno, los cuales se encuentran en el rango de 7.3 a 8.1 unidades, dichos valores se encuentran dentro del límite permisible de la normativa guatemalteca, que establece los valores de 6.5 a 8.5 unidades para agua de consumo humano. En la gráfica de resultados No.10 se puede observar la tendencia en la disminución del pH durante el segundo semestre del año. Acidificando levemente el agua.

Oxígeno Disuelto

La cantidad de oxígeno que puede medirse en un momento determinado en el cuerpo de agua subterráneo, dependerá del resultado de las distintas interacciones. Como lo es el intercambio atmosférico y derivado de procesos fotosintéticos, por lo que en el caso del oxígeno disuelto en el manto freático

dependerá directamente de la disolución del oxígeno en el agua, la cual es depositada en el manto freático.

También se deben evaluar otros factores que afectan en la solubilidad del oxígeno en el agua, tomando en cuenta que es un gas, el efecto de la temperatura y la disolución de sales, tendrá mucha influencia en la solubilidad.

Los resultados reportados en la tabla No.12, reportan las concentraciones de oxígeno disuelto en el agua, están en un rango de 3.19 a 7.19mg/L de O₂. La Normativa Guatemalteca establece como límite aceptable 7.0 – 7.5 y 6.5 – 8.5 mg/L de O₂ como límite permisible.

En la gráfica No.11 se observan los resultados de oxígeno disuelto, los cuales no presentan una tendencia hacia el aumento ni al descenso. Esta variación, se debe por la oxigenación que se produce en el agua al momento de ser succionada por la bomba.

Conductividad

La conductividad del agua está relacionada directamente con la disolución de sales y minerales en el agua, ya que estas sales pueden estar cargadas positiva o negativamente, según sea el origen del suelo en donde este contenida el agua y se presenten los procesos naturales de disolución.

En la tabla No.13 de resultados se reportan las conductividades obtenidas, las cuales están en el rango de 433 – 1420 μ S/cm. La normativa guatemalteca ha establecido 100 -1500 μ S/cm, como valores normales y aceptables de conductividad en agua para consumo humano. En la gráfica No.13 de resultados se observan los valores obtenidos de conductividad, los cuales presentan en general una leve tendencia hacia la disminución de la conductividad durante el segundo semestre del año.

Microbiológicos

Las bacterias juegan un papel importante en el agua, en el suelo y demás lugares. Estas son las encargadas de los procesos de degradación de materia orgánica y la asimilación y transformación de los nutrientes disueltos en el agua. Las bacterias del coliformes son naturales en el agua y suelo, ya que es su lugar de origen, por lo que será probable determinar su presencia en cuerpos de agua natural. Las bacterias coliformes fecales son exclusivas del intestino de los

mamíferos, por lo que no deben de estar presentes en otro ambiente, más que en el intestino grueso.

La presencia de las coliformes fecales y *Escherichia coli*, en el agua de los pozos, se debe en su mayoría por la lixiviación de las aguas servidas hacia el manto freático por medio de los ríos, o ya sea por la lixiviación directa desde las letrinas o fosas sépticas.

Las muestras para análisis microbiológico del primero y segundo muestreo se analizaron en el laboratorio de saneamiento ambiental, del área de salud del Ministerio de Salud Pública. Por tal razón se realizó un cuarto muestreo para analizar las muestras por medio del método de tubos múltiples, en base a lo mencionado anteriormente, se interpretan los resultados de diferentes métodos por separado.

Número de unidades formadoras de colonias de bacterias

En la Tabla No.14 de resultados se presentan las unidades formadoras de colonias, durante los primeros dos muestreos, los cuales se encuentran dentro del rango de 0.0 hasta 42 unidades formadoras de colonias, por medio del método de filtración por membrana, la normativa guatemalteca establece un número de dos unidades formadoras de colonias de bacterias, aceptable para consumo humano. Los resultados obtenidos no presentan alguna tendencia, ya que están muy distantes los valores de un muestreo a otro.

Coliformes Totales

En la Tabla No.15 y 16 de resultados se presentan los valores de número más probable de bacterias por mililitro. Estos resultados fueron obtenidos por medio del método de tubos múltiples. Los cuales están dentro del rango de menor a tres hasta mayor de dos mil cuatrocientas bacterias por mililitro. La normativa guatemalteca ha establecido tres de número más probable como valor para agua de consumo humano. No se observa una variación significativa de los valores, del tercer muestreo hacia el cuarto.

Coliformes Fecales

En la Tabla No.15 y 16 de resultados se presentan los valores de coliformes fecales, los cuales se encuentran dentro del rango de menor a tres hasta mil cien,

de número más probable de bacterias por mililitro. La normativa guatemalteca ha establecido tres bacterias por mililitro como valor aceptable para agua de consumo humano. Se observa una disminución en el número de bacterias del tipo coliforme fecal, del tercer hacia el cuarto muestreo de agua para análisis microbiológico.

Escherichia Coli

En la Tabla No.15 y 16 se presentan los resultados de *E.coli*. Para esta sección solamente se limita el método a establecer presencia o ausencia, la normativa guatemalteca no ha definido un valor guía para este parámetro de potabilidad. Se observa una disminución en la presencia de *E.coli*, del tercer muestreo hacia el cuarto muestreo de agua para análisis microbiológico.

Nivel Freático

Bajo el suelo, el agua se distribuye principalmente en dos zonas: saturada y no saturada, como su nombre lo indica, en la primera zona está completamente llena de agua, mientras que en la segunda, existe espacios de aire, agua y suelo. La zona saturada forma los denominados acuíferos subterráneos. El nivel freático representa el límite superior de la zona saturada, cuando se perfora un pozo y encuentran agua se dice que se han llegado a la zona saturada.

Para obtener el nivel freático, se utilizó como punto de referencia los metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m). En algunos casos específicos, algunas personas utilizan "ceros" arbitrarios. El nivel freático no es necesariamente una línea recta bajo el suelo, como sucede con la superficie de un lago por ejemplo. Esta información representa una "línea de base" para evaluar a largo plazo si los niveles del manto freático bajan, suben o se mantienen estables

Las variaciones en el nivel freático estarán influenciadas por la geología del suelo, cercanía con algún río. En la Tabla No.17 se presentan los resultados de nivel freático de algunos de los pozos muestreados para calidad físicoquímica y microbiológica del agua. Los cuales están dentro del rango de 349 a 457mts.

Conclusiones

- En base a los resultados obtenidos de la encuesta realizada en el casco urbano de la ciudad de Chiquimula, se realizó la estimación que el 18% de los habitantes complementa sus necesidades de agua o se abastece de agua por medio de un pozo.
- En base a los resultados obtenidos de nitrógeno de nitritos se concluye que los niveles de nitritos se encuentran por debajo de los valores normados por la normativa guatemalteca y la Organización Mundial de la Salud –OMS-.
- En base a los resultados obtenidos de nitrógeno de nitratos, se concluye que los niveles de nitrato en el agua de pozos esta en promedio el triple del valor recomendado por la normativa guatemalteca y la Organización Mundial de la Salud –OMS-. Presentando contaminación fecal, haciendo el agua no apta para consumo humano.

- En base a los resultados obtenidos de nitrógeno total, se puede concluir que las concentraciones de nitrógeno son tan elevadas que el consumo del agua de pozo es un riesgo para la salud de las personas, lo cual la hace no apta para consumo humano.
- En base a los resultados obtenidos de fosforo de orto-fosfatos, se concluye que todos los pozos presentan contaminación por detergentes, convirtiéndose en un peligro para el consumo humano.
- En base a los resultados obtenidos de fosforo total, se concluye que los pozos de la ciudad de Chiquimula se encuentran contaminados por aguas servidas. Siendo el consumo de esta agua un peligro latente para los habitantes de ciudad.
- En base a los resultados obtenidos de sulfatos, estos se encuentran por debajo de los valores normados por la comisión guatemalteca y la Organización Mundial de la Salud. Concluyendo que no es un riesgo la ingesta de sulfatos procedente del agua de pozos.
- En base a los resultados obtenidos de dureza total, se concluye que toda el agua de los pozos de la ciudad de Chiquimula es dura, convirtiéndola en agua no apta para consumo humano. Es probable que a causa de la ingesta periódica de agua alta en carbonatos de calcio y magnesio se produzcan daños renales a los habitantes de la ciudad.
- En base a los resultados obtenidos de sólidos totales, estos están por encima de los valores recomendados por la normativa guatemalteca, concluyendo que el agua no es apta para consumo humano.
- Aunque no existe una normativa específica para la demanda química de oxígeno, y en base a los resultados obtenidos se observaron resultados dentro del rango esperado para cuerpos de agua natural.
- Aunque no se encontró un valor normado para la demanda bioquímica de oxígeno, en base a los resultados obtenidos se observaron resultados dentro del rango esperado para cuerpos de agua natural.

- En base a los resultados obtenidos, se observa que están dentro del límite permisible para agua de consumo humano, concluyendo que el agua de los pozos presento un carácter levemente básico en el transcurso del año.
- En la normativa guatemalteca no se reportan valores de oxígeno disuelto en agua para consumo humano, realizando una comparación con los valores esperados en cuerpos de agua natural, se observó que el agua de los pozos está por debajo de los valores esperados para cuerpos de agua natural, concluyendo que la concentración de oxígeno disuelto es baja debido a la alta concentración de carbonato de calcio y magnesio.
- En base a los resultados obtenidos y comparándolos con la normativa guatemalteca, se concluye que los valores de conductividad se encuentran dentro del rango para agua de consumo humano.
- Tomando como base el valor normado por la normativa guatemalteca, comparando con los resultados obtenidos de número colonias formadoras de bacterias, se concluye que el agua de los pozos no es apta para consumo humano.
- En base a los resultados obtenidos de coliformes totales, coliformes fecales y E.coli, se concluye que el agua de los pozos de la ciudad de Chiquimula se encuentra contaminada con heces fecales, haciendo el agua no apta para consumo humano.
- Tomando como referencia la altura sobre el nivel del mar, se concluye que el nivel freático de dos pozos en la ciudad de Chiquimula, se encuentra por encima de los trescientos metros.
- En base a todos los análisis fisicoquímicos y microbiológicos realizados al agua de los pozos domésticos de la ciudad de Chiquimula se obtienen dos conclusiones generales, siendo la primera: el manto freático de la ciudad de Chiquimula se encuentra contaminado por aguas servidas las cuales son distribuidas por la ciudad al ser descartadas al río Taco, río Shusho y río Sasmo. La segunda conclusión es que la geoquímica del suelo facilita la lixiviación de los contaminantes y disolución de sales, lo cual hace que el agua de los pozos de la ciudad de Chiquimula no sea apta para consumo humano.

Recomendaciones

- Implementación de sistema de drenajes acoplados a una planta de tratamiento de aguas residuales, para evitar el vertido de aguas servidas hacia los ríos y el manto freático.
- Implementación de filtros de construcción casera de carbón vegetal para la disminución de sales disueltas.
- Someter el agua de los pozos a un proceso de ablandación para poder utilizar el agua para riego, aprovechando las altas concentraciones de nutrientes.
- Dar continuidad a la medición del nivel freáticos para observar sus variaciones anuales y determinar si se está generando un proceso de sobre explotación.
- Implementación de alternativas para abastecimiento de agua como la captación y tratamiento del agua de lluvia.

Referencias y Bibliografía

APHA, AWWAA, WPCF. (1998) Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 20 ed. American Public Health Association, Washington, DC. 1193pp.

Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente -CEPIS-, Organización Mundial de la Salud. (2002) Medidas de protección sanitaria en el aprovechamiento de aguas residuales. 12 p.

Environmental Protection Agency -EPA- (1998) How Wastewater Treatment Works. The Basics. Estados Unidos: Office of Water 5p.

Environmental Protection Agency -EPA- (1978) Environmental Monitoring and Support Laboratory Microbiological Methods for Monitoring the Environment Water and Wastes and Support Laboratory. Cincinnati, Ohio. (P. 5-1, 14-29 y 51). A, USA. 444pp. APHA, AWWAA, WPCF. (1998) Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 20 ed. American Public Health Association, Washington, DC. 1193pp.

INE. (2003) Población y Locales de Habitación Particulares censados según Departamento y Municipio. INE, Guatemala. 38 pp.

MAGA, (2001) Unidad de políticas e Información Estratégica. Programa de Emergencia por desastres naturales.

OMS. (1995) Guías para la Calidad del Agua Potable. Organización Mundial de la Salud, Ginebra. 132, 195pp.

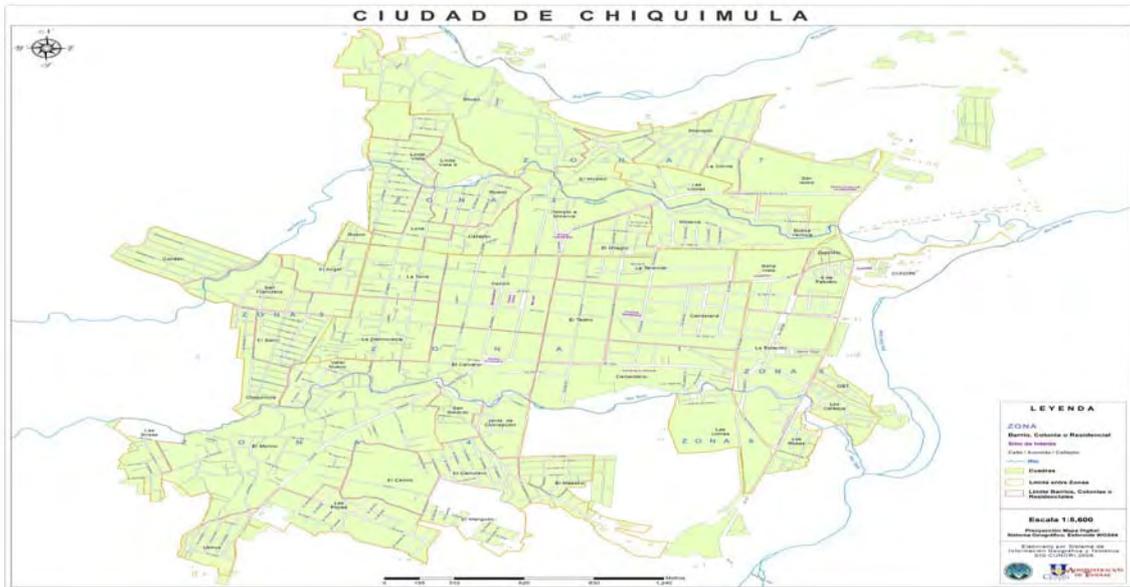
Organización de las Naciones Unidas (2001) Informe de Desarrollo Humano 2001. Guatemala: El Financiamiento del Desarrollo Humano. 234 pp.

(1989) Reglamento de requisitos mínimos y sus límites máximos permisibles de contaminación para la descarga de aguas servidas. Acuerdo Gubernativo No. 60-89. Guatemala, 7 de Febrero de 1989

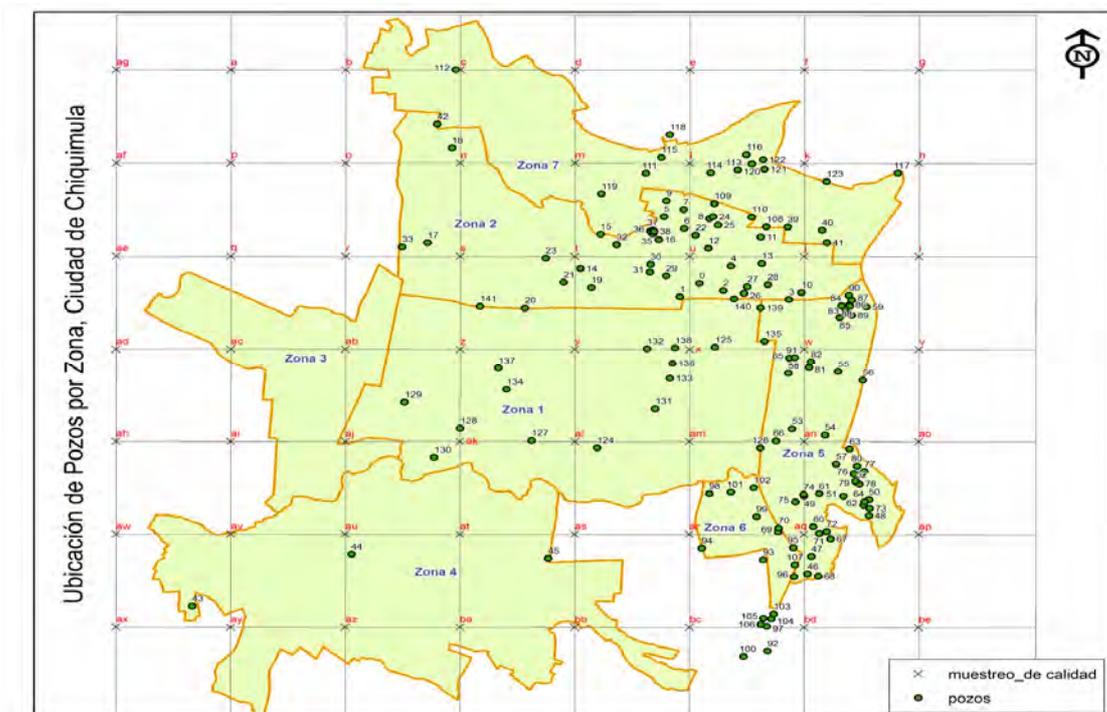
Willard, H. et al. (1988) Métodos Instrumentales de Análisis. Editorial Iberoamericana, México. 879 pp.

Anexos

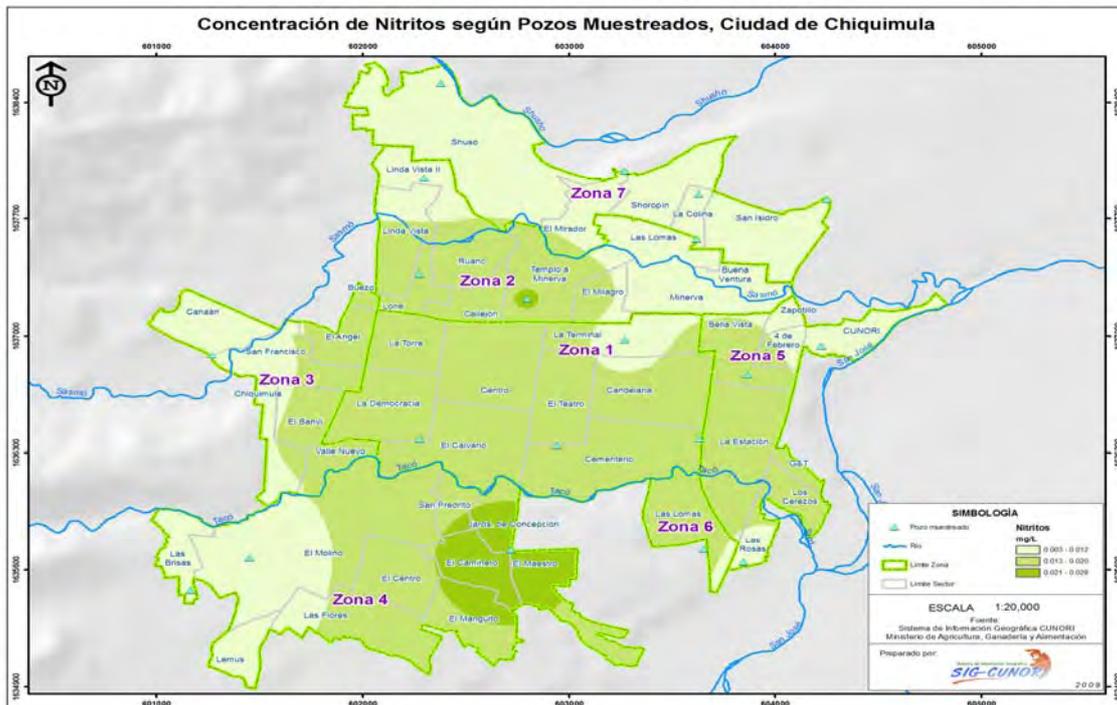
Mapas



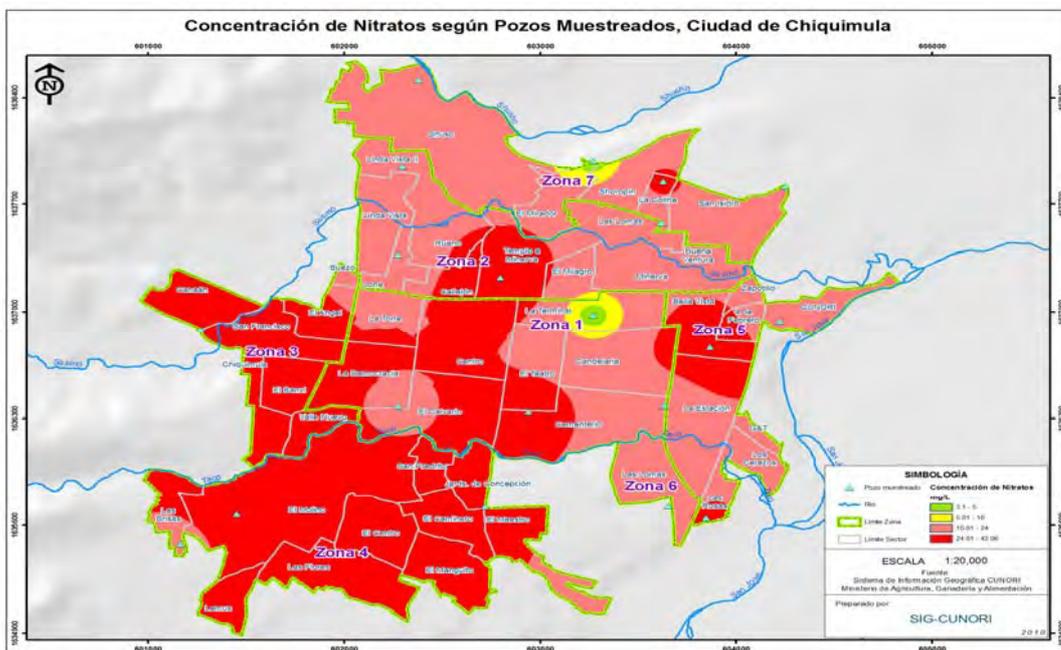
Mapa No.1 Ciudad de Chiquimula.



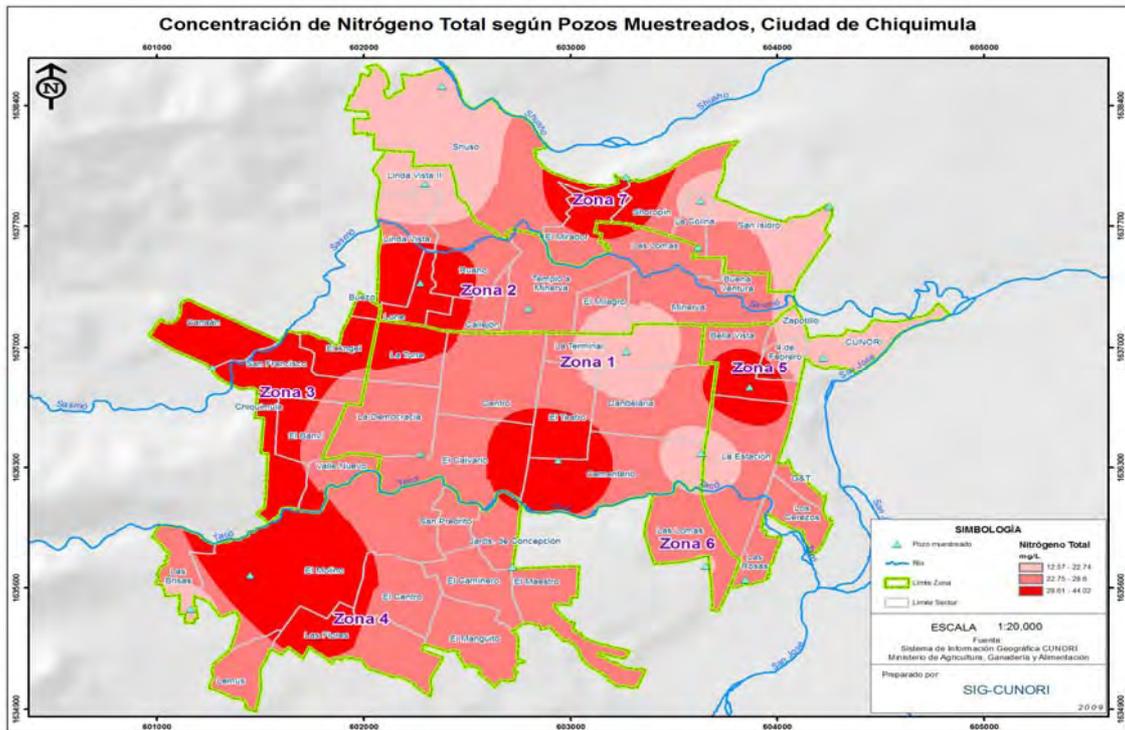
Mapa No.2 Ubicación de los pozos identificados en la ciudad de Chiquimula, elaboración propia 2009.



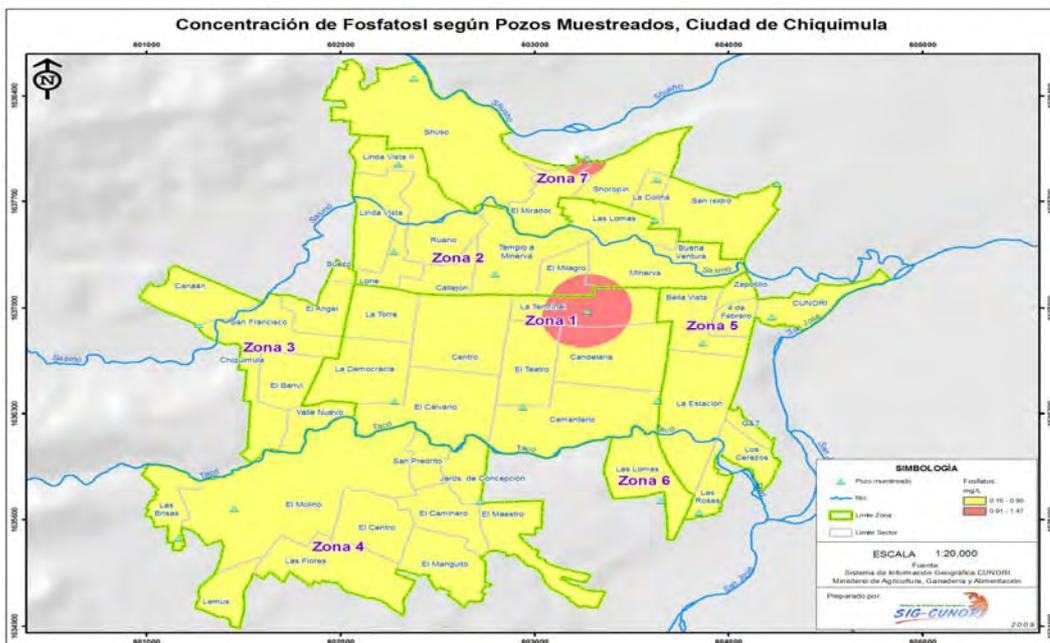
Mapa No.3 Mapa de intensidad de colores correspondientes a las concentraciones de nitrógeno de Nitritos, en el agua de pozos de la ciudad de Chiquimula, elaboración propia 2009.



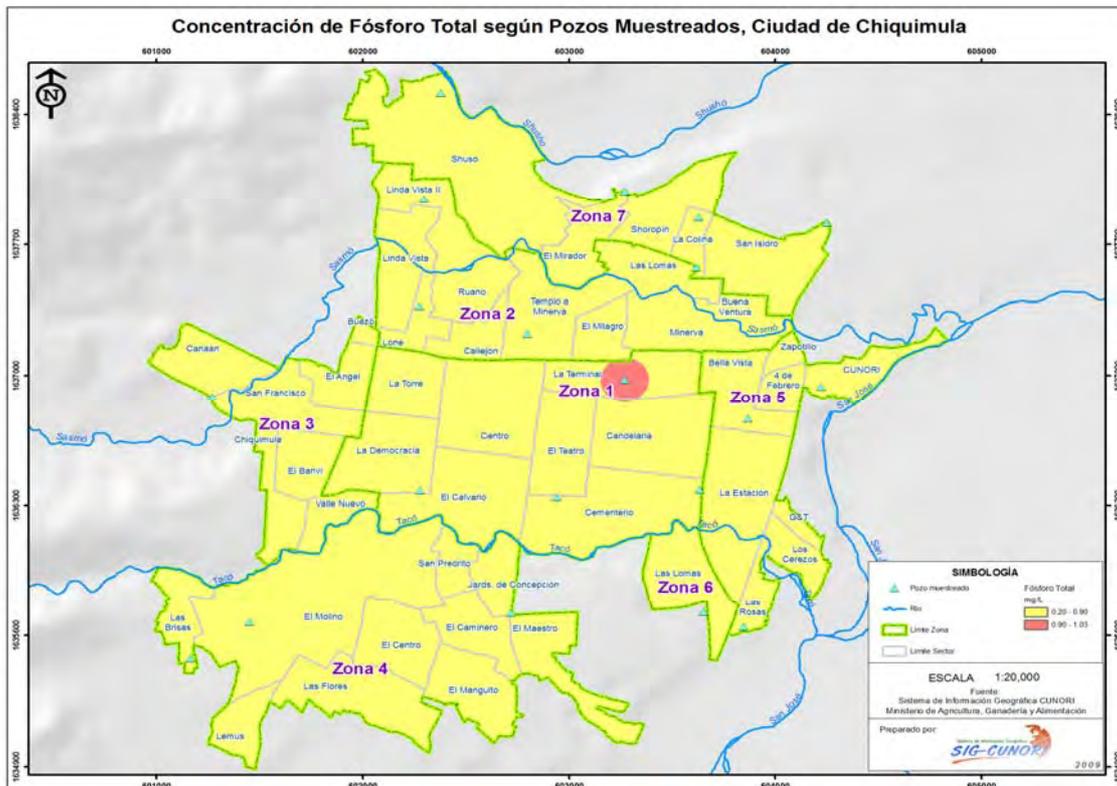
Mapa No.4 Mapa de intensidad de colores correspondientes a las concentraciones de nitrógeno de Nitratos, en el agua de pozos de la ciudad de Chiquimula, elaboración propia 2009.



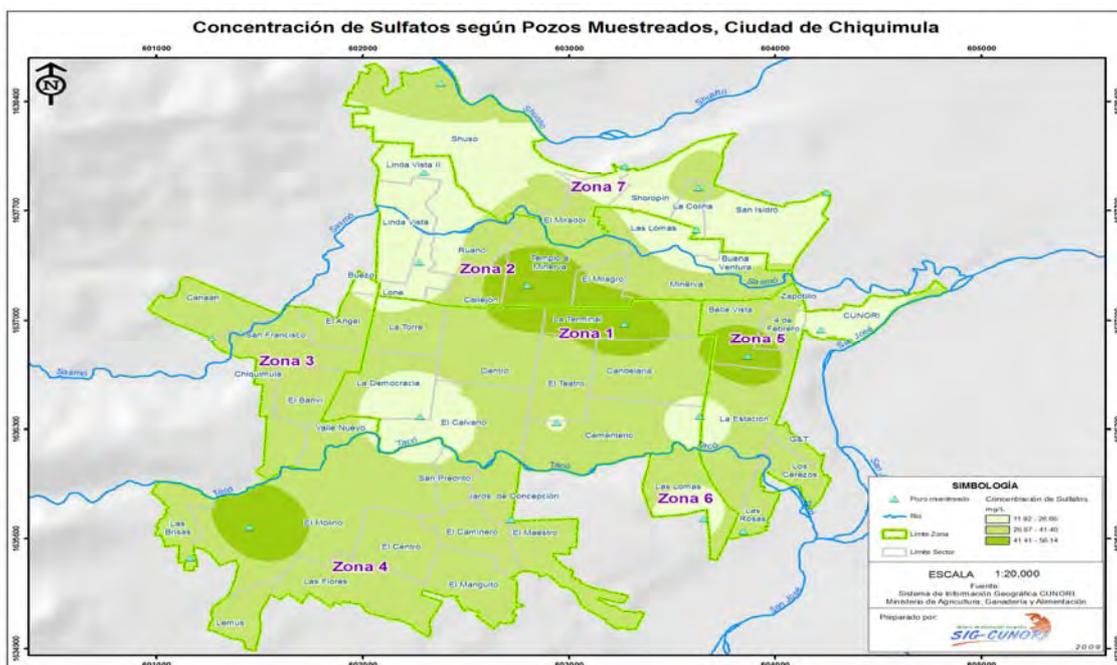
Mapa No.5 Mapa de intensidad de colores correspondientes a las concentraciones de Nitrógeno Total en el agua de pozos de la ciudad de Chiquimula, elaboración propia 2009.



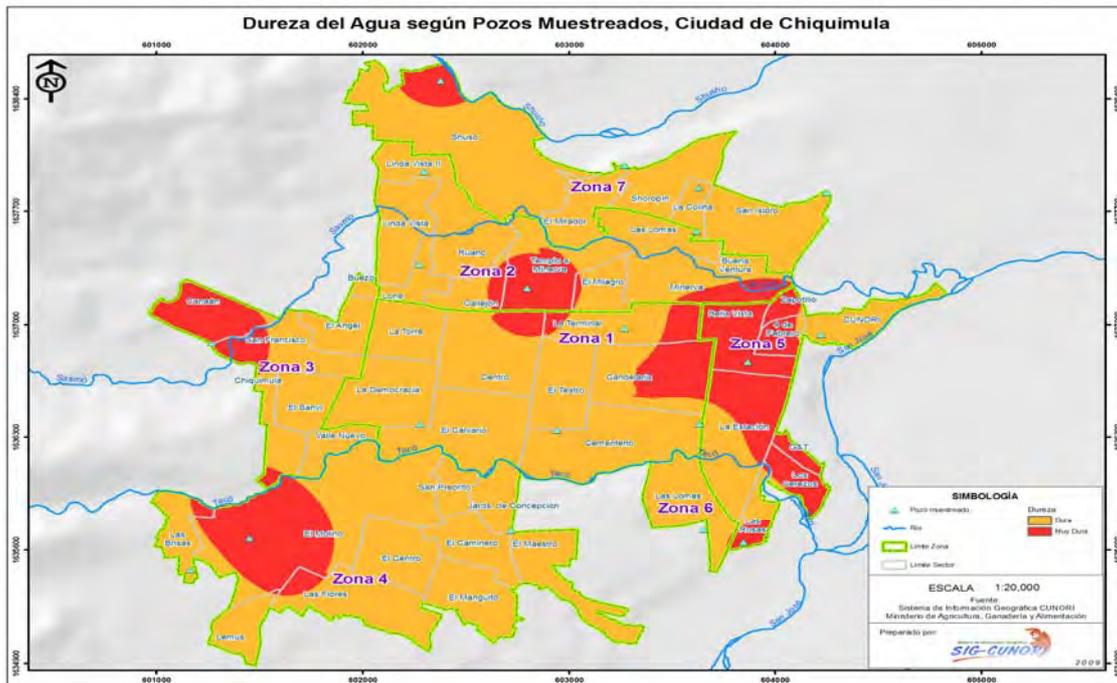
Mapa No.6 Mapa de intensidad de colores correspondientes a las concentraciones de Fosforo de Orto-fosfatos, en el agua de pozos de la ciudad de Chiquimula, elaboración propia 2009.



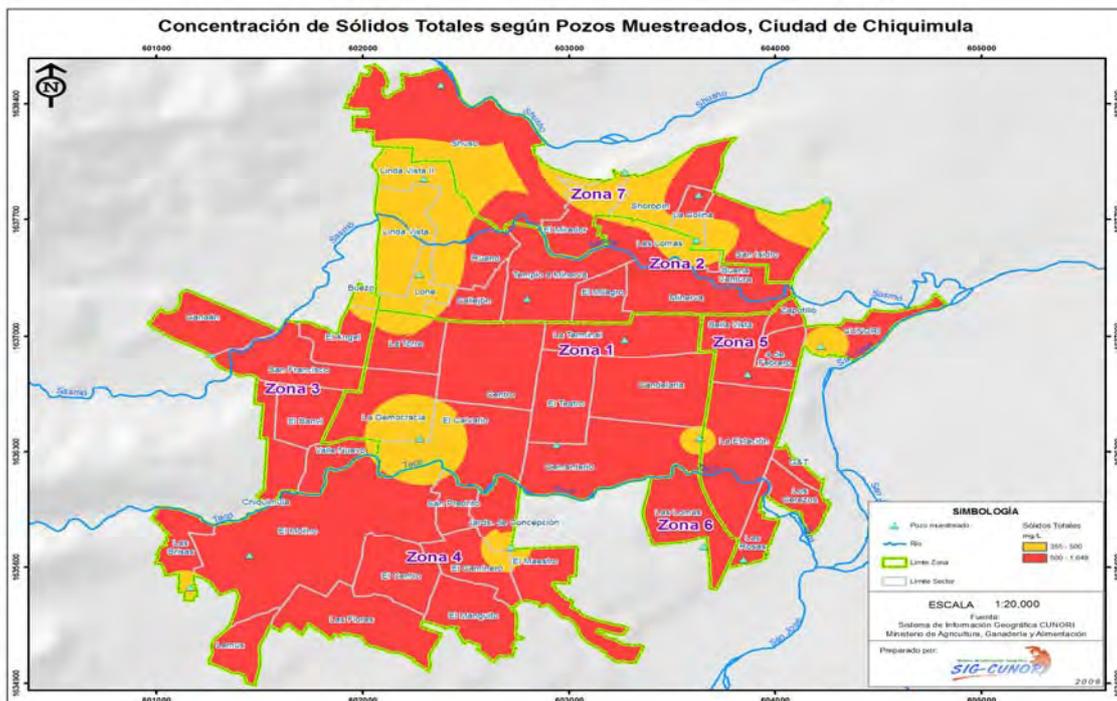
Mapa No.7 Mapa de intensidad de colores correspondientes a las concentraciones de Fosforo Total, en el agua de pozos de la ciudad de Chiquimula, elaboración propia 2009.



Mapa No.8 Mapa de intensidad de colores correspondientes a las concentraciones de Sulfatos, en el agua de pozos de la ciudad de Chiquimula, elaboración propia 2009.

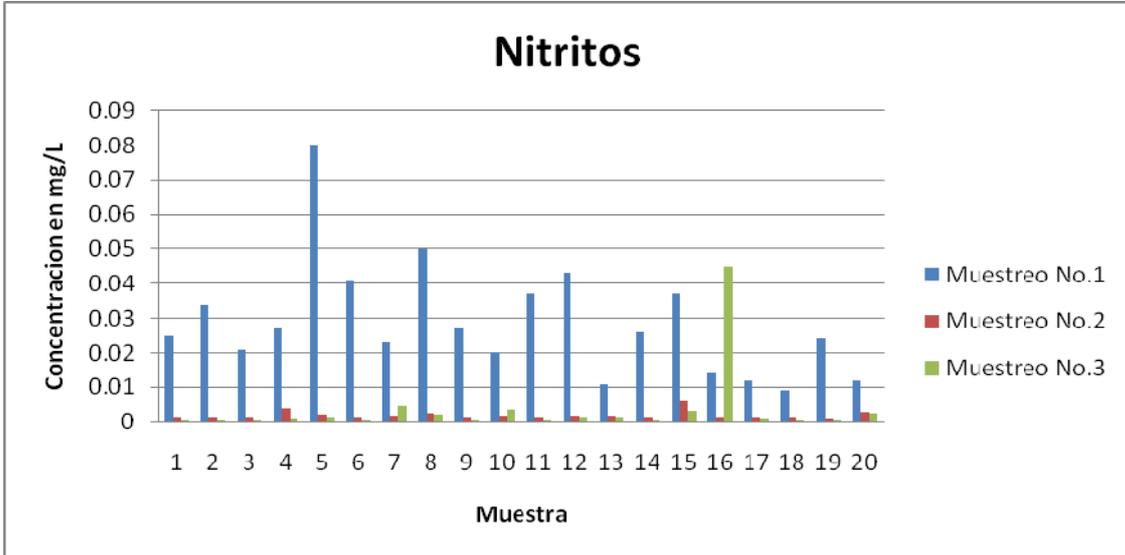


Mapa No.9 Mapa de intensidad de colores correspondientes a las concentraciones de Dureza total, en el agua de pozos de la ciudad de Chiquimula, elaboración propia 2009.



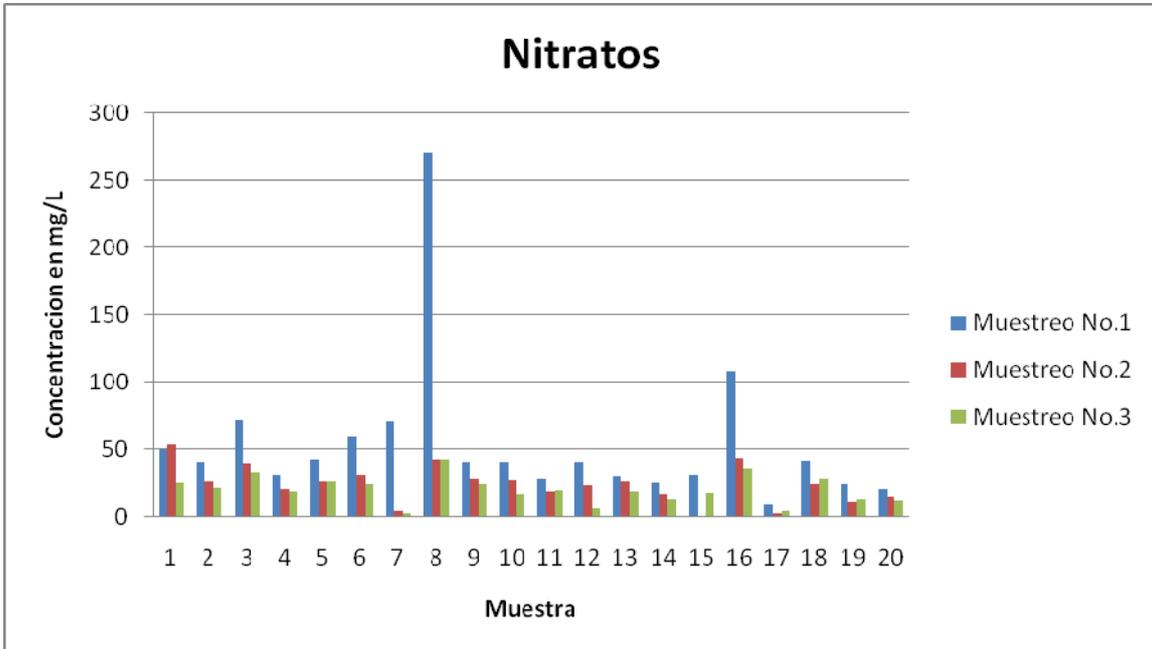
Mapa No.10 Mapa de intensidad de colores correspondientes a las concentraciones de Sólidos Totales, en el agua de pozos de la ciudad de Chiquimula, elaboración propia 2009.

Graficas.



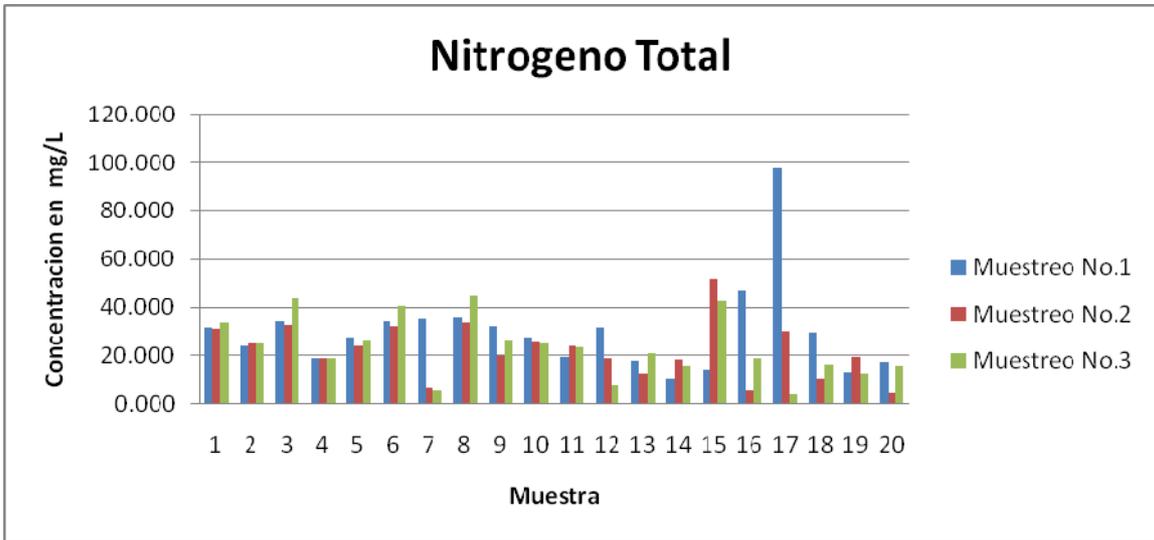
Gráfica No.1 Concentraciones de Nitrógeno de Nitritos.

Fuente. Resultados propios del proyecto.



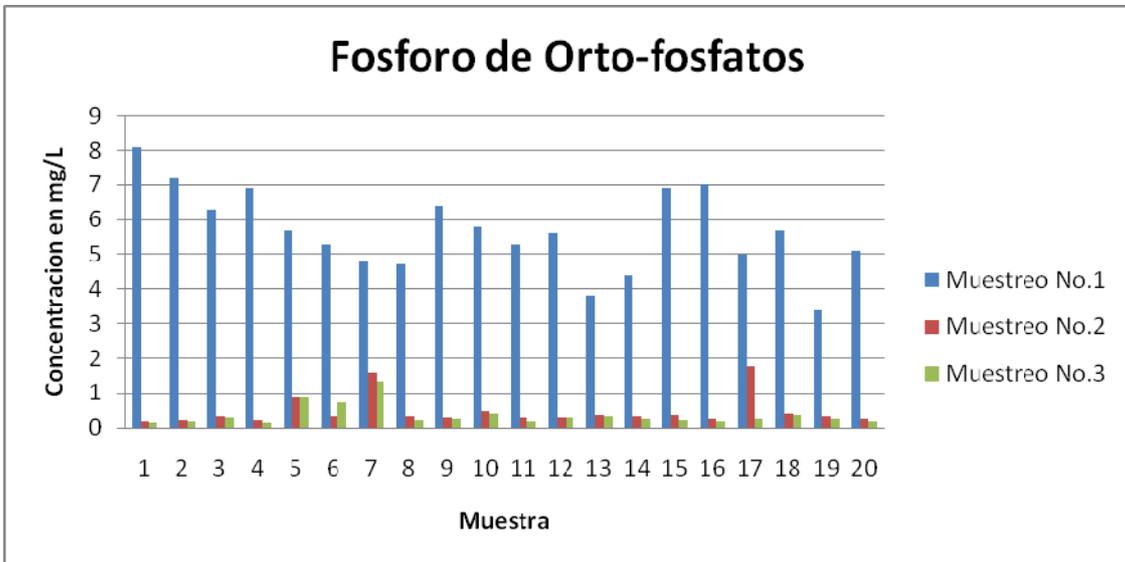
Gráfica 2. Concentraciones de Nitrógeno de Nitratos.

Fuente. Resultados propios del proyecto.



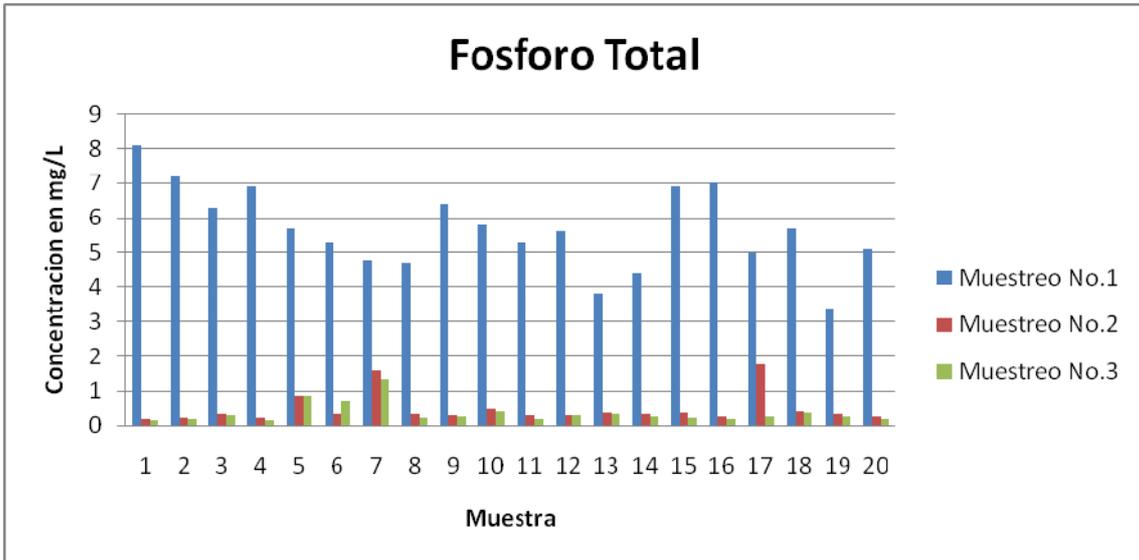
Gráfica No.3 Concentraciones de Nitrógeno Total.

Fuente. Resultados propios del proyecto.



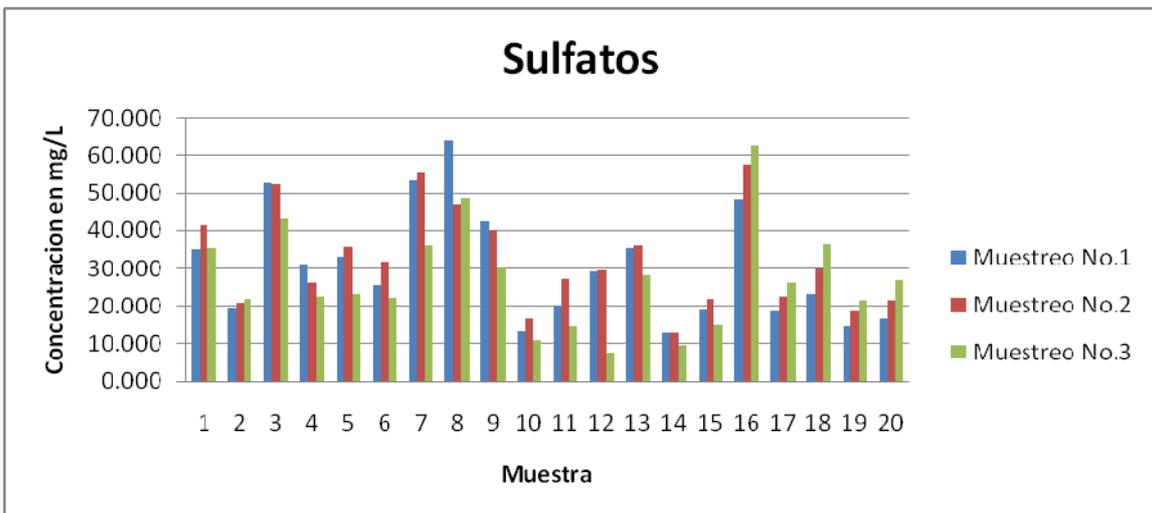
Gráfica No.4 Concentraciones de Fósforo de Orto-fosfatos.

Fuente. Resultados propios del proyecto.



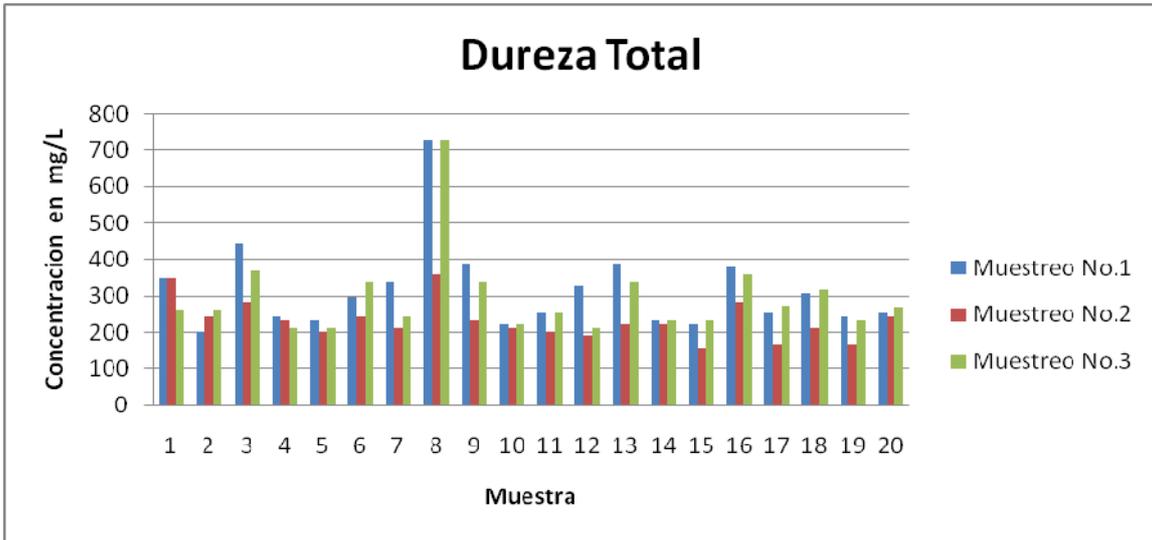
Gráfica No.5 Concentraciones de Fósforo Total.

Fuente. Resultados propios del proyecto.



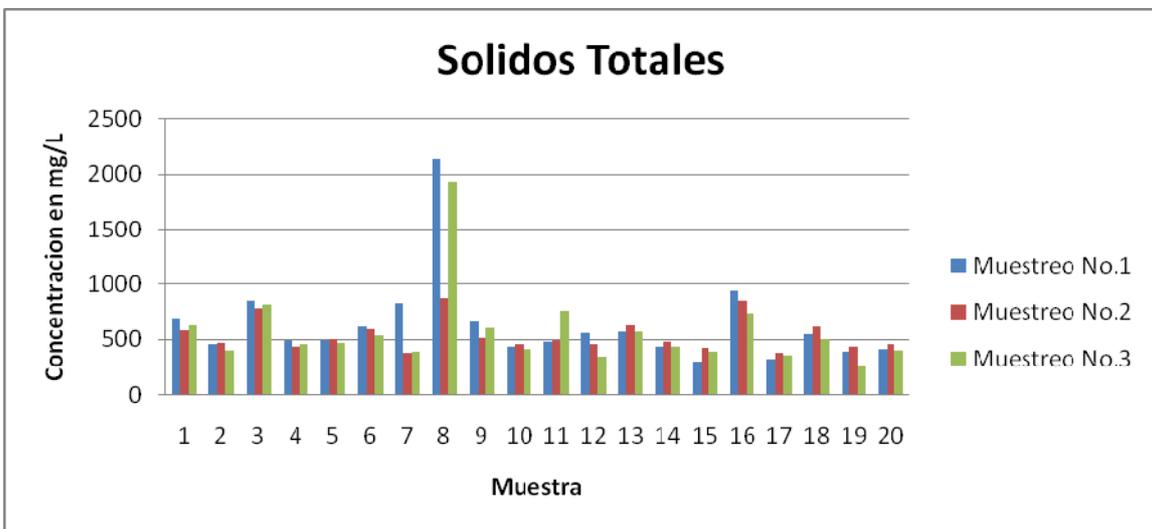
Gráfica No.6 Concentraciones de Sulfatos.

Fuente. Resultados propios del proyecto.



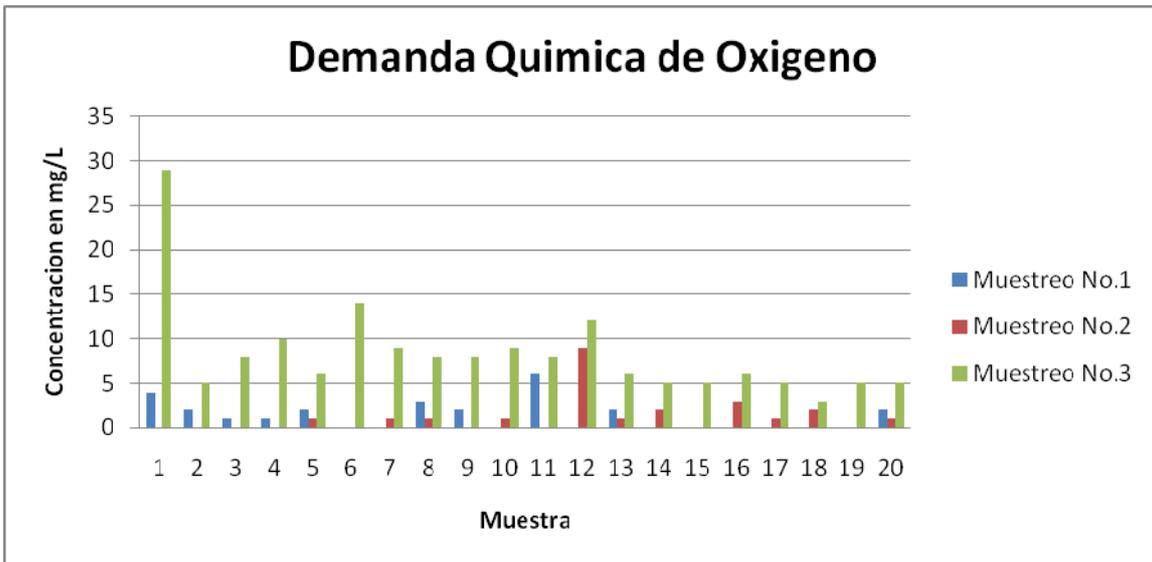
Gráfica No.7 Concentraciones de Dureza Total.

Fuente. Resultados propios del proyecto.



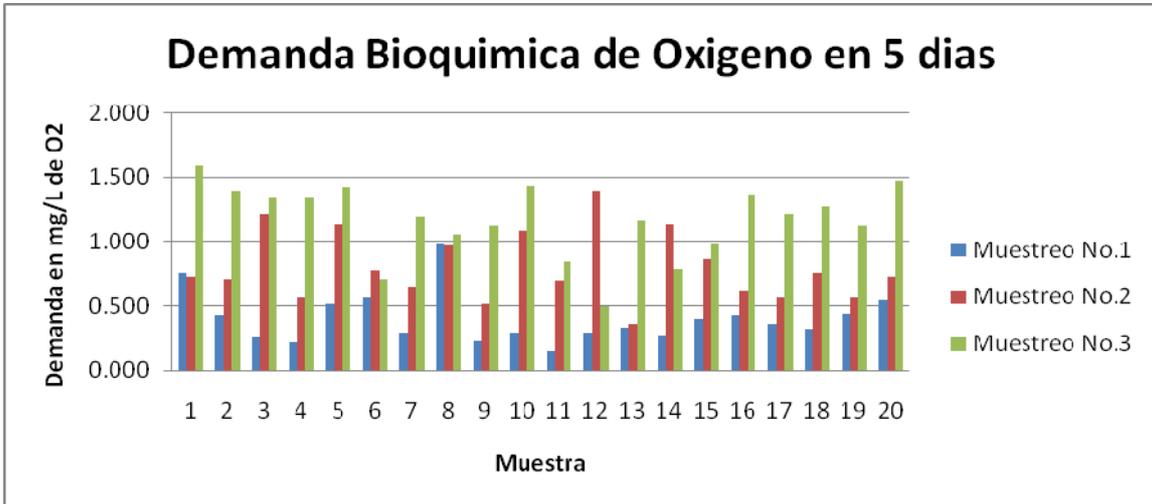
Gráfica No.8 Concentraciones de Sólidos Totales.

Fuente. Resultados propios del proyecto.



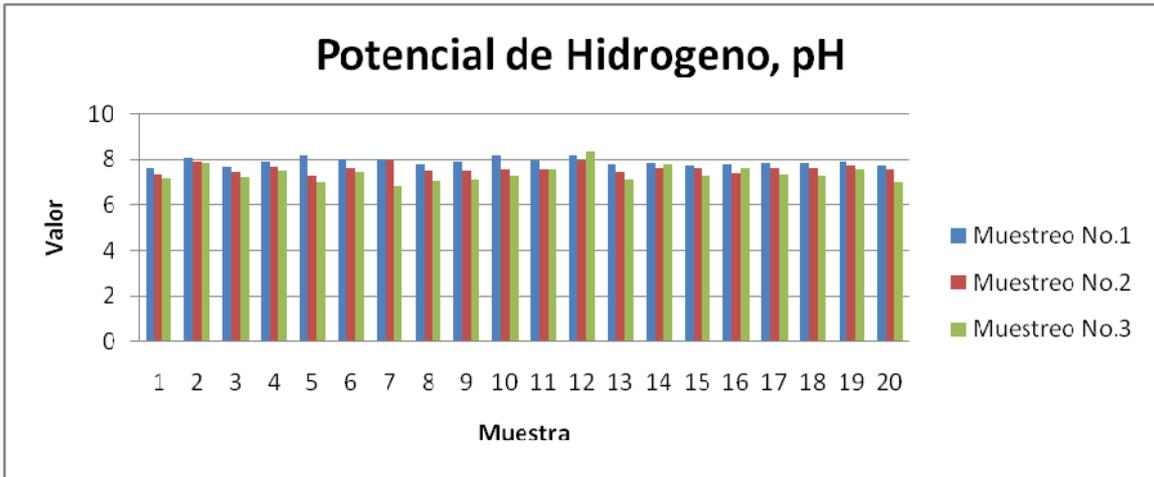
Gráfica No.9 Concentraciones de Oxígeno para Demanda Química de Oxígeno.

Fuente. Resultados propios del proyecto.



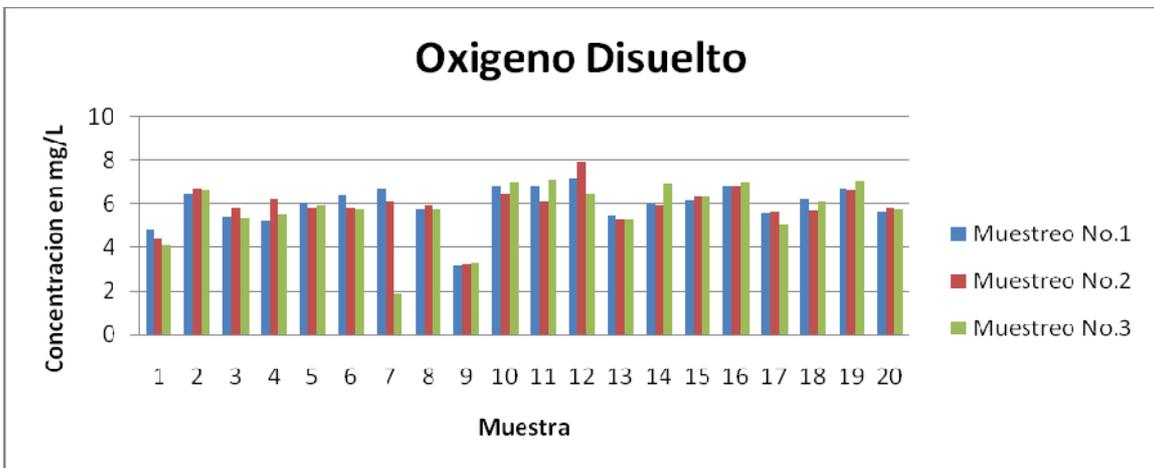
Gráfica No.10 Concentraciones de Oxígeno para Demanda Bioquímica de Oxígeno.

Fuente. Resultados propios del proyecto.



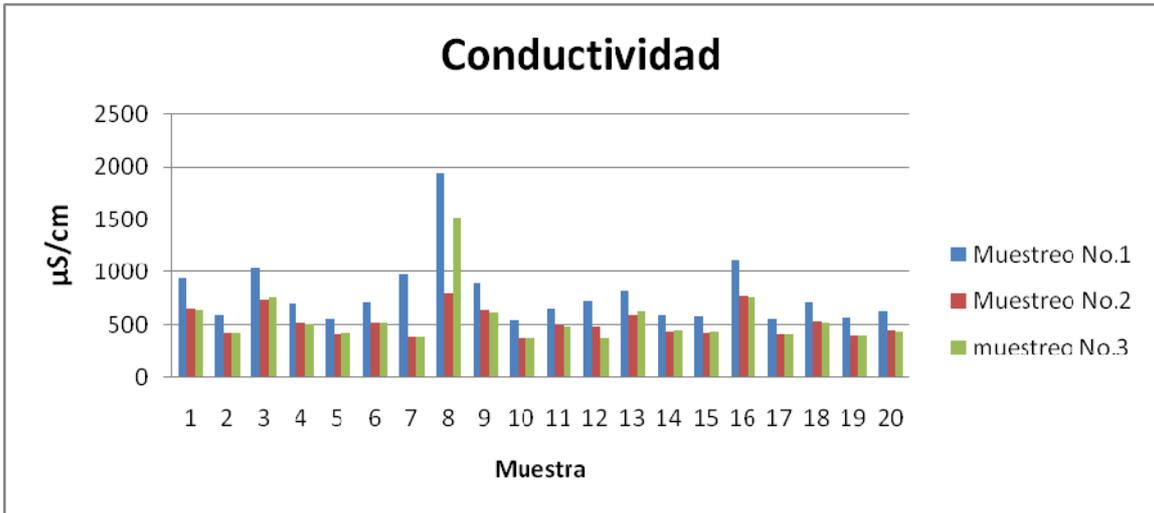
Gráfica No.11 Valores de potencial de Hidrogeno –pH-.

Fuente. Resultados propios del proyecto.



Gráfica No.12 Concentraciones de Oxigeno Disuelto.

Fuente. Resultados propios del proyecto.



Gráfica No. 13 Valores de conductividad.

Fuente. Resultados propios del proyecto.

Imágenes.



Imagen No.1 Estudiante de agronomía tomando muestras de agua para análisis fisicoquímica.



Imagen No.2 Investigador tomando muestra de agua para análisis fisicoquímico.



Imagen No.3 Medición de parámetros in situ.



Imagen No.4 Colecta de muestras de agua distintos puntos de muestreo.



Imagen No.5 Estudiante de agronomía realizando la medición de parámetros in situ.



Imagen No.6 Equipo de campo prestado por el proyecto FIGAL y vehículo para coleccionar muestras prestado por el Centro Universitario de Oriente.



Imagen No.7 Trifoliar repartido en la ciudad de Chiquimula.

Universidad San Carlos de Guatemala

Centro Universitario de Oriente CUNORI-USAC

Dirección General de Investigación DIGI

Encuesta sobre pozos en el casco urbano del municipio de Chiquimula

1. ¿Existe en su propiedad un pozo excavado de tipo manual ó mecánico?
Si No Tipo
 2. ¿Qué profundidad tiene su pozo?
Profundidad en metros: _____
Profundidad en varas: _____
 3. ¿Tiene en su propiedad letrina (fosa séptica)
Si No
 4. ¿Cuenta con servicio de drenaje en su propiedad?
Si No
 5. ¿Esta usted enterado(a) sobre los análisis fisicoquímicos y microbiológicos que se le practica al agua, para ver la calidad del agua?
Si No
 6. ¿Tiene un pozo de agua potable con tubo protector de cemento ó repello en las paredes, que se extiende a mas de 12 pulgadas (30cm) sobre el nivel de la superficie del suelo?
Si No
- Información GPS No. _____ X _____ Y _____ Altitud _____



Imagen No.8 Boleta de campo para recolección de datos de encuesta de pozos existentes en la ciudad de Chiquimula.

Hoja Para Colecta de Datos de Campo

Fecha _____ Hora muestreo _____ Hora de salida _____ Sitio de muestreo _____
 Nombre _____
 Ubicación _____
 _____ Información GPS No. _____ N _____ W
 _____ Altitud _____

Información General

Vegetación alrededor _____
 Poblados: Si ___ No ___ Lavaderos comunales: Si ___ No ___ Otros _____
 Color del agua _____
 Corriente: Suave _____ Moderada _____ Fuerte _____ Muy fuerte _____
 Clima: Soleado _____
 Templado _____ Nublado _____ Lluvia _____ Temperatura Ambiente _____ Humedad ambiental _____

Datos Físicoquímicos

Parámetro	Superficial	1m	2m
pH			
Redox			
Temperatura en Celsius			
Oxígeno en mg/L			
Oxígeno %			
Salinidad			
TDS			
Profundidad m			
Visibilidad m			

Muestras colectadas

Microbiológicos _____ Coliformes _____ Parásitos _____ Colifago _____ Fitoplancton
 Sedimentos _____ Hidrocarburos _____ Plaguicidas _____ Detergentes _____
 Observaciones: _____

Imagen No.9 Boleta de campo para colecta de parámetros in situ.

Lista de integrantes del equipo de investigación

Contratados por la contraparte y colaboradores
Contratados por la Dirección General de Investigación

Nombre	Categoría	Registro personal	Pago Si, No
Lic. Abner Mardoqueo Rodas Arzét Coordinador	Titular I	20060144	Si
Rodolfo Chicas	Titular XII		No
Edgar Casasola	Titular VI		No
Marlon Bueso	Titular IX		No
Eunice Recinos	Titular X		No
Mirna Carranza	Titular IX		No

Lic. Abner Mardoqueo Rodas Arzét
Coordinador del proyecto

Msc. Nery Galdamez
Vo.Bo. Instituto de Investigación.

Chiquimula, 19 de Enero de 2010