



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Civil

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN APROBADO PARA EL MONITOREO DE LA CALIDAD DEL  
AGUA SUBTERRÁNEA DE LA MICROCUENCA DEL RÍO GRANDE DE MITA, MUNICIPIO  
DE ASUNCIÓN MITA, JUTIAPA**

**Iris Roxana de León Rivera**

Asesorado por el MSc. Ing. Alan Giovani Cosillo Pinto

Guatemala, noviembre de 2020

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN APROBADO PARA EL MONITOREO DE LA CALIDAD DEL  
AGUA SUBTERRÁNEA DE LA MICROCUENCA DEL RÍO GRANDE DE MITA, MUNICIPIO  
DE ASUNCIÓN MITA, JUTIAPA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**IRIS ROXANA DE LEÓN RIVERA**

ASESORADO POR EL MSC. ING. ALAN GIOVANI COSILLO PINTO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERA CIVIL**

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2020

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Christian Moisés de la Cruz Leal
VOCAL V	Br. Kevin Armando Cruz Lorente
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Crecencio Benjamín Cifuentes Velásquez.
EXAMINADOR	Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
EXAMINADOR	Ing. Alan Giovanni Cosillo Pinto
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN APROBADO PARA EL MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA DE LA MICROCUENCA DEL RÍO GRANDE DE MITA, MUNICIPIO DE ASUNCIÓN MITA, JUTIAPA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Estudios de Postgrado con fecha 21 de marzo 2019.

**Iris Roxana de León Rivera**

Ref. EEPFI-560-2020  
Guatemala, 21 de mayo de 2020

Director  
Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco  
Escuela de Ingeniería Civil  
Presente.

Estimado Ing. Aguilar:

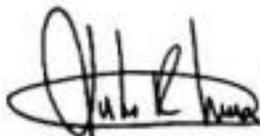
Reciba un cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado. El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado y aprobado el **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN: MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA DE LA MICROCUENCA DEL RIO GRANDE DE MITA, MUNICIPIO DE ASUNCIÓN MITA, JUTIAPA**, presentado por el estudiante **Iris Roxana De León Rivera** carné número **201020653**, quien optó por la modalidad del "PROCESO DE GRADUACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA OPCIÓN ESTUDIOS DE POSTGRADO". Previo a culminar sus estudios en la Maestría en Ciencias en Gestión de Recurso Hidrogeológicos.

Y habiendo cumplido y aprobado con los requisitos establecidos en el normativo de este Proceso de Graduación en el Punto 6.2, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería en el Punto Décimo, Inciso 10.2 del Acta 28-2011 de fecha 19 de septiembre de 2011, firmo y sello la presente para el trámite correspondiente de graduación de Pregrado.

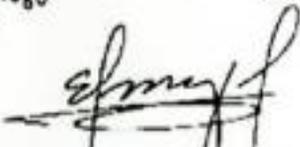
Atentamente,

*"Id y Enseñad a Todos"*

  
Mtro. Alan Giovanni Cosillo Pinto  
Alan Cosillo Pinto M. Sc., MBA  
Ing. Civil e Ing. Geólogo  
Colegiado 3717

  
Mtro. Julio Roberto Luna Arce  
Coordinador de Maestría  
Gestión de Recursos Hidrogeológicos



  
Mtro. Edgar Darío Álvarez Cortés  
Director  
Escuela de Estudios de Postgrado  
Facultad de Ingeniería

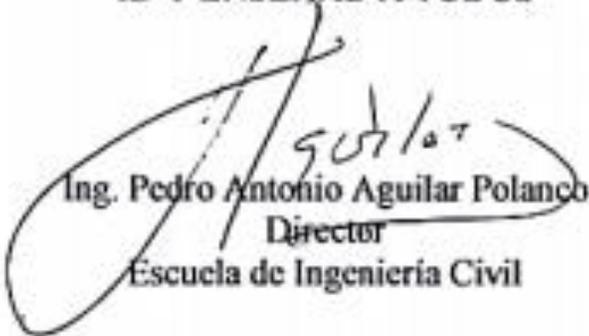




*EEP-EIC-014-2020*

El Director de la Escuela de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el visto bueno del Coordinador y Director de la Escuela de Estudios de Postgrado, del Diseño de Investigación en la modalidad Estudios de Pregrado y Postgrado titulado: **MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA DE LA MICROCUENCA DEL RIO GRANDE DE MITA, MUNICIPIO DE ASUNCIÓN MITA, JUTIAPA**, presentado por la estudiante universitaria Iris Roxana De León Rivera, procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingeniería en esta modalidad.

**ID Y ENSEÑAD A TODOS**



Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco  
Director  
Escuela de Ingeniería Civil

Guatemala, mayo de 2020



DTG. 353.2020.

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN APROBADO PARA EL MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA DE LA MICROCUENCA DEL RÍO GRANDE DE MITA, MUNICIPIO DE ASUNCIÓN MITA, JUTIAPA**, presentado por la estudiante universitaria: **Iris Roxana de León Rivera**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



ing. Anabela Cordova Estrada  
Decana



Guatemala, noviembre de 2020

AACE/asga

## **ACTO QUE DEDICO A:**

<b>Dios</b>	Madre Tierra contenedora de vida a la cual volveré cuando algo me ocurra.
<b>Mis padres</b>	Jacinto de León e Hipólita Rivera, porque nunca dejaron de confiar en mí, esto es para ustedes.
<b>Mis hermanas</b>	Que su camino sea de mucho éxito
<b>Mi novio</b>	Pablo Santos, por ser mi compañero perfecto.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

**Universidad de San  
Carlos de Guatemala**

Casa de estudios, mi segundo hogar, refugio  
intelectual.

**Facultad de Ingeniería**

Por haber permitido desarrollarme como  
ingeniera civil.

**Mi asesor**

Ingeniero Alan Cosillo, por su confianza, guía y  
conocimientos aprendidos.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS .....	VII
GLOSARIO .....	IX
RESUMEN.....	XIII
1. INTRODUCCIÓN .....	1
2. ANTECEDENTES .....	3
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	7
4. JUSTIFICACIÓN .....	9
5. OBJETIVOS .....	11
5.1. General.....	11
5.2. Específicos .....	11
6. ALCANCES .....	13
7. MARCO TEÓRICO.....	15
7.1. Localización y extensión.....	15
7.2. Delimitación .....	15
7.3. Morbilidad .....	18
7.4. Mortalidad.....	18
7.5. Clima .....	19

7.6.	Orografía .....	19
7.7.	Uso de suelo .....	20
7.8.	Tipo de suelo.....	20
7.9.	Actividad agrícola.....	20
7.10.	Servicio de agua potable entubada.....	21
7.11.	Ciclo hidrológico.....	21
7.12.	Hidrogeología.....	22
7.13.	Calidad del agua .....	22
7.14.	Manejo del cultivo del melón .....	23
7.15.	Tipo de suelo y degradación .....	23
7.16.	Elementos esenciales .....	24
7.17.	Control de enfermedades y plagas .....	24
7.18.	Gestión de plagas para el cultivo de melón.....	24
7.19.	Plaguicidas.....	25
7.20.	Efectos y resultados de metales pesados en la salud.....	26
8.	HIPÓTESIS.....	29
8.1.	Pregunta principal .....	29
8.2.	Preguntas secundarias.....	29
9.	PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	31
10.	METODOLOGÍA .....	35
10.1.	Metodología de muestreo.....	35
10.1.1.	Medida del nivel del agua .....	35
10.1.2.	Método para toma de muestras .....	36
10.1.3.	Llenado de envases.....	36
10.2.	Parámetros e interpretación de la calidad del agua .....	38
10.2.1.	Análisis físico .....	40

	10.2.1.1.	Aspecto.....	40
	10.2.1.2.	Olor.....	40
	10.2.1.3.	Color .....	40
	10.2.1.4.	Turbidez.....	41
	10.2.1.5.	Temperatura .....	41
	10.2.1.6.	Potencial de hidrógeno .....	41
	10.2.1.7.	Sólidos disueltos.....	42
10.2.2.		Análisis químico .....	42
	10.2.2.1.	Dureza total .....	42
	10.2.2.2.	Alcalinidad .....	43
10.2.3.		Análisis inorgánico .....	43
	10.2.3.1.	Manganeso.....	43
	10.2.3.2.	Nitratos .....	44
	10.2.3.3.	Sulfuros .....	44
	10.2.3.4.	Cloruros.....	45
10.2.4.		Análisis de metales totales.....	45
	10.2.4.1.	Hierro.....	45
	10.2.4.2.	Boro.....	46
10.2.5.		Análisis hidrogeoquímico .....	46
	10.2.5.1.	Diagrama de Stiff.....	46
	10.2.5.2.	Clasificaciones del agua .....	48
		10.2.5.2.1. Clasificación simple .....	48
		10.2.5.2.2. Clasificación geoquímica .....	49
11.		TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN .....	51
	11.1.	Índice de la calidad del agua .....	51
		11.1.1. Índice de contaminación.....	52

11.1.1.1.	Índice de contaminación por materia orgánica (ICOMO) .....	52
11.1.1.2.	Índice de contaminación por sólidos suspendidos (ICOSUS) .....	53
11.1.1.3.	Índice de contaminación por mineralización ICOMI expresado por variables, de conductividad, dureza y alcalinidad .....	54
12.	CRONOGRAMA .....	57
13.	FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO .....	59
13.1.	FODA .....	60
14.	REFERENCIAS .....	63

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Árbol de problemas .....	8
2.	Mapa de la ubicación de lugares de muestreo .....	16
3.	Localización geográfica río Grande de Mita, Jutiapa .....	17
4.	Diagrama de Stiff .....	47
5.	Cronograma de actividades .....	57

### TABLAS

I.	Listado de materiales para muestreo .....	37
II.	Registros para el monitoreo .....	38
III.	Características físicas y sus límites máximos para el agua de consumo humano.....	39
IV.	Características químicas y sus límites máximos para el agua de consumo humano.....	39
V.	Rango de dureza.....	43
VI.	Clasificación geoquímica del agua.....	50
VII.	Ponderación de los parámetros de calidad de agua .....	52
VIII.	Clasificación de la calidad de agua en función de los índices de contaminación .....	53
IX.	Listado de costos por actividad realizada, presupuesto .....	59
X.	Foda .....	61



## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>CL</b>	Cloro
<b>DBO</b>	Demanda bioquímica de oxígeno
<b>DQO</b>	Demanda química de oxígeno
<b>Qi</b>	Factor de escala
<b>Wi</b>	Factor de importancia
<b>L</b>	Litro
<b>Ln</b>	Logaritmo natural
<b>μs</b>	Microsiemens
<b>Mg</b>	Miligramo
<b>NO<sub>3</sub></b>	Nitratos
<b>ppm</b>	Partes por millón
<b>pH</b>	Potencial de hidrógeno
<b>SDT</b>	Sólidos disueltos totales
<b>SO<sub>4</sub></b>	Sulfuros



## GLOSARIO

<b>Acuífero</b>	Reservorio de agua que está debajo de la superficie terrestre.
<b>AECID</b>	Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo.
<b>Agentes contaminantes Biodegradables</b>	Contaminantes que son capaces de ser descompuestos bajo condiciones naturales.
<b>Aguas subterráneas</b>	Agua que puede ser encontrada en la zona saturada del suelo, se mueve lentamente desde lugares de alta elevación y presión hacia lugares más bajos.
<b>AMAR</b>	Asociación de Monitoreo y Protección Ambiental Regional.
<b>Contaminante</b>	Compuesto que a concentraciones suficientemente alta causa daños en la vida de los organismos.
<b>DRASTIC</b>	<i>Depth, recharge, aquifer, soil, topography, impact, hydraulic conductivity</i> (Profundidad, recarga, acuífero, suelo, topografía, impacto, conductividad hidráulica).

<b>GOD</b>	<i>Ground water occurrence, overall aquifer class, depth to groundwater</i> (Presencia de agua subterránea, clase general de acuífero, profundidad del agua subterránea).
<b>ICA</b>	Índice de calidad del agua.
<b>ICOMI</b>	Índice de contaminación por mineralización.
<b>ICOMO</b>	Índice de contaminación por materia orgánica.
<b>ICOSUS</b>	Índice de contaminación por sólidos suspendidos.
<b>INE</b>	Instituto Nacional de Estadística.
<b>ISCA</b>	Índice simplificado de la calidad del agua.
<b>Materia orgánica</b>	Sustancia de material de plantas y animales muertos, con estructura de carbono e hidrógeno.
<b>Metal pesado</b>	Metal que tiene una densidad de 5.0 o mayor y elevado pero elemental.
<b>Microorganismos</b>	Organismos que son tan pequeños que solo pueden ser observados a través del microscopio.
<b>NSF</b>	National Sanitation Foundation.
<b>OMS</b>	Organización Mundial de la Salud.

<b>Oxígeno disuelto</b>	Cantidad de oxígeno disuelto en el agua en un cierto tiempo, expresado en ppm o mg/L.
<b>Parámetro</b>	Una variable, propiedad medible cuyo valor está determinado por las características del sistema en caso del agua.
<b>Salinidad</b>	Presencia de minerales solubles en el agua.
<b>Sedimentos</b>	Suelo, arena y minerales lavados desde el suelo hacia la tierra generalmente después de la lluvia.
<b>Sólidos disueltos</b>	Materiales sólidos que se disuelven totalmente en agua y pueden ser eliminados por filtración.
<b>Sólidos suspendidos</b>	Partículas sólidas orgánicas o inorgánicas que se mantienen en suspensión en una solución.
<b>Sólidos totales</b>	Todos los sólidos en el agua residual o aguas de desechos, incluyendo sólidos suspendidos y sólidos filtrables.
<b>Solubilidad</b>	Cantidad de masa de un compuesto que puede disolverse por unidad de volumen de agua.
<b>Turbidez</b>	Medida de la no transparencia del agua debida a la presencia de materia orgánica suspendida.



## RESUMEN

El presente proyecto de investigación consiste en la realización del monitoreo de la calidad del agua subterránea en el municipio de Asunción Mita, Jutiapa, utilizando como base pozos artesanales, mecánicos, manantiales, y dos puntos en la microcuenca del río Ostúa que se encuentran localizados en la región, se cuenta con información además de la que se pueda generar en el proyecto.

Para establecer las características y el comportamiento hidrogeológico del agua subterránea por medio de los puntos de muestreo, asimismo, determinar sus posibles variaciones en la calidad del agua, debido a los contaminantes producidos por pesticidas y fertilizantes que utiliza la agroindustria de la región. Para la determinación de estos contaminantes se realizará el monitoreo del recurso hídrico subterráneo en pozos artesanales, realizando mediciones periódicas, es decir, en época seca y época lluviosa, por lo que es necesario realizar el monitoreo en época de riego y cuando no es época de riego, debido a que los niveles bajan o suben dependiendo de la época.

Estas mediciones tienden a cuantificar cambios en la cantidad y calidad del agua y también a descifrar el origen de estos, es decir, si el cambio en la calidad y cantidad del agua se debe a la industria melonera y sus posibles contaminantes. De no haber contaminación por parte de esta industria no se tendría preocupación alguna por esta producción, ya que además generarán fuentes de empleo temporales que beneficiarán a una parte de la comunidad. De lo contrario los productores y las autoridades deberán tomar otras medidas para la reducción de dichos contaminantes.



# 1. INTRODUCCIÓN

El desarrollo de un trabajo para el monitoreo de la calidad del agua subterránea por medio de pozos, además de ser una fase previa de recopilación y síntesis de la información que existe en la zona de estudio, requiere llevar a cabo una combinación y coordinación entre las diferentes tareas a realizar como: geología, climatología, hidrogeología, análisis de campo y toma de muestra, que aporten la suficiente información para definir aspectos relativos a la determinación de la contaminación de los acuíferos semiconfinados de la región.

De esta manera se contribuirá a evitar escasez de fuentes de agua, desastres naturales, mala utilización del suelo (provocando la erosión del mismo) y desaparición de flora y fauna de las comunidades que se encuentran dentro de la microcuenca del río Grande de Mita, municipio de Asunción Mita, Jutiapa, donde se encuentra ubicada la industria melonera.

En las variaciones de la calidad del agua interviene en gran parte la industria debido a los agroquímicos utilizados, además de las variaciones que pueda sufrir el agua en su composición química, tanto en la calidad como en el comportamiento hidráulico de los acuíferos, que pueda ser provocado por los procesos naturales en la interacción del agua con el subsuelo.

La aplicación de fertilizantes y plaguicidas en los períodos de riego puede incrementar el contenido de  $\text{NO}_3$ ,  $\text{SO}_4$ , y la utilización de los plaguicidas incrementan el contenido de  $\text{Cl}$ . El análisis de los resultados y la interpretación de estos datos, además de la obtención de la información con base a los

monitoreos realizados, permitirá obtener el grado de contaminación que produce la industria melonera.

Las pruebas de laboratorio además de ser costosas, como por ejemplo los metales pesados; por lo que, debido a esto si en los primeros monitoreos no se detecta la presencia de alguna de estas sustancias se cree conveniente eliminarla del listado de análisis químicos a realizar.

## 2. ANTECEDENTES

Según el Instituto Nacional de Estadística (2018) dio como resultado que, en el municipio de Asunción Mita, Jutiapa la población en el año 2018 asciende a 48,297 habitantes, siendo 48 % hombres y el 52 % son mujeres. Además, el total de la población de este municipio el 57 % de las personas vive en el área rural.

En el trabajo de tesis *Evaluación y mapeo de la calidad de agua y nivel freático en pozos artesanales para abastecimiento humano y su posible relación con la red hidrológica en el casco urbano de la ciudad de Chiquimula* (Girón, 2011) buscó diversas alternativas para poder aprovechar el agua subterránea por medio de pozos artesanales, teniendo como objetivo primordial el análisis de la calidad del agua como recurso indispensable humano a través de análisis microbiológicos y físicoquímicos, asimismo determinó la vulnerabilidad de posible contaminación en los acuíferos implementando la metodología GOD (*Ground water occurrence, overall aquifer class, depth to groundwater*).

Herrera, Manzo y Hernández (2016) en su informe *Estudio hidrogeológico de los acuíferos volcánicos de la República de Guatemala* determinaron los parámetros hidrogeológicos como la transmisividad, el coeficiente de almacenamiento, conductividad hidráulica, para la creación de mapas hidrogeológicos identificando diversos acuíferos volcánicos no solo en Jutiapa, sino que en todo el país. En el caso de Jutiapa se determinó que el río salado se une al río Ostúa y drenan hacia el lago de Güija el cual se encuentra sobre rocas volcánicas fracturadas y depósitos piroclásticos de pómez.

Otro importante hallazgo es el trabajo de graduación del *Estudio sobre la calidad de agua subterránea del área noreste del valle de la ciudad capital de Guatemala* (Ramírez, 2003) quien utilizó el método Drastic, para la realización de evaluaciones en acuíferos naturales expuestos a la contaminación, debido a la presencia de contaminantes depositados en área determinada, analizando características comunes en un medio hidrogeológico.

En la investigación a nivel postgrado *Estimación de la carga contaminante y el volumen de sedimento en la laguna de Ayarza* (Ortega, 2010) identificó la existencia de contaminantes y las actividades que general el aumento de nutrientes, además muestra del gran deterioro de la microcuenca. Con la finalidad de promover acciones que reduzcan la contaminación y la eutrofización en dicha laguna.

En el artículo científico *Índice de calidad del agua del río Cucabaj ubicado en el municipio de Santa Cruz del Quiché, Quiché y la influencia en los costos del tratamiento de potabilización* (Aldana y Zacarias, 2014) determinaron los parámetros que evalúan la calidad del agua, además de indicar cuales son los incidencias de posible contaminación del río Cucabaj, para mostrar las variaciones del recurso hídrico en el tiempo.

En la publicación de la escuela Regional de Ingeniería Sanitaria titulada *Evaluación de la fórmula de Manning en el río Ostúa* (Pastora, 2010) utilizó la metodología de muestreo de caudales en canales abiertos obtuvieron los datos de aforo para un año hidrológico de la ecuación de Manning para corrientes de un flujo natural, contando con todas las variables que luego compararon con aforos realizados por Insivumeh en las estaciones hidrométricas Las Cruces y Las Lechuzas del río Ostúa.

En la tesis de la Universidad Rafael Landívar *Guía de aspectos técnicos y de calidad del agua para el aprovechamiento y extracción de agua subterránea en Guatemala* (Martínez, 2017) realizó un estudio acerca del aprovechamiento y la calidad del agua del subsuelo con el objeto de proveer una guía de los procesos a tomarse en cuenta para la exploración y explotación del agua subterránea dependiendo de sus características generales, incluyendo parámetros que determinaron la calidad del agua.

La Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos, publicó el trabajo de investigación *Determinación de los índices de calidad del agua (ICA-NSF E ISCA) para consumo humano de los ríos Teocinte y Acatán*, (Saravia, 2016) que abastecen la planta de tratamiento de agua Santa Luisa zona 16, Guatemala determinó los parámetros de la calidad en el agua de la planta de tratamiento analizando la calidad bacteriológica y fisicoquímica de los ríos Teocinte y Acatán los cuales aportan a la planta de tratamiento, tomando en cuenta los parámetros de la calidad del agua del Índice de Calidad del Agua - National Sanitation Foundation (ICA-NSF) e Índice Simplificado de la Calidad del Agua (ISCA), obteniendo análisis del pH, turbidez, sólidos totales, nitratos, coliformes fecales y temperatura los cuales son dañinos para el consumo humano.

El Centro de Formación de la Cooperación Española en La Antigua Guatemala (2017) en su informe *La importancia de las aguas subterráneas en la gestión integrada de los recursos hídricos: aplicaciones prácticas en proyectos de cooperación internacional para el desarrollo* mostró la mala calidad y gestión del recurso hídrico, siendo el principal objetivo la creación de un curso para brindar conocimientos de buen funcionamiento del aguas subterráneas, para tratar de disminuir los problemas relacionados a la contaminación de acuíferos,

teniendo como principios la sostenibilidad, accesibilidad, calidad, aceptación y disposición del recurso hídrico.

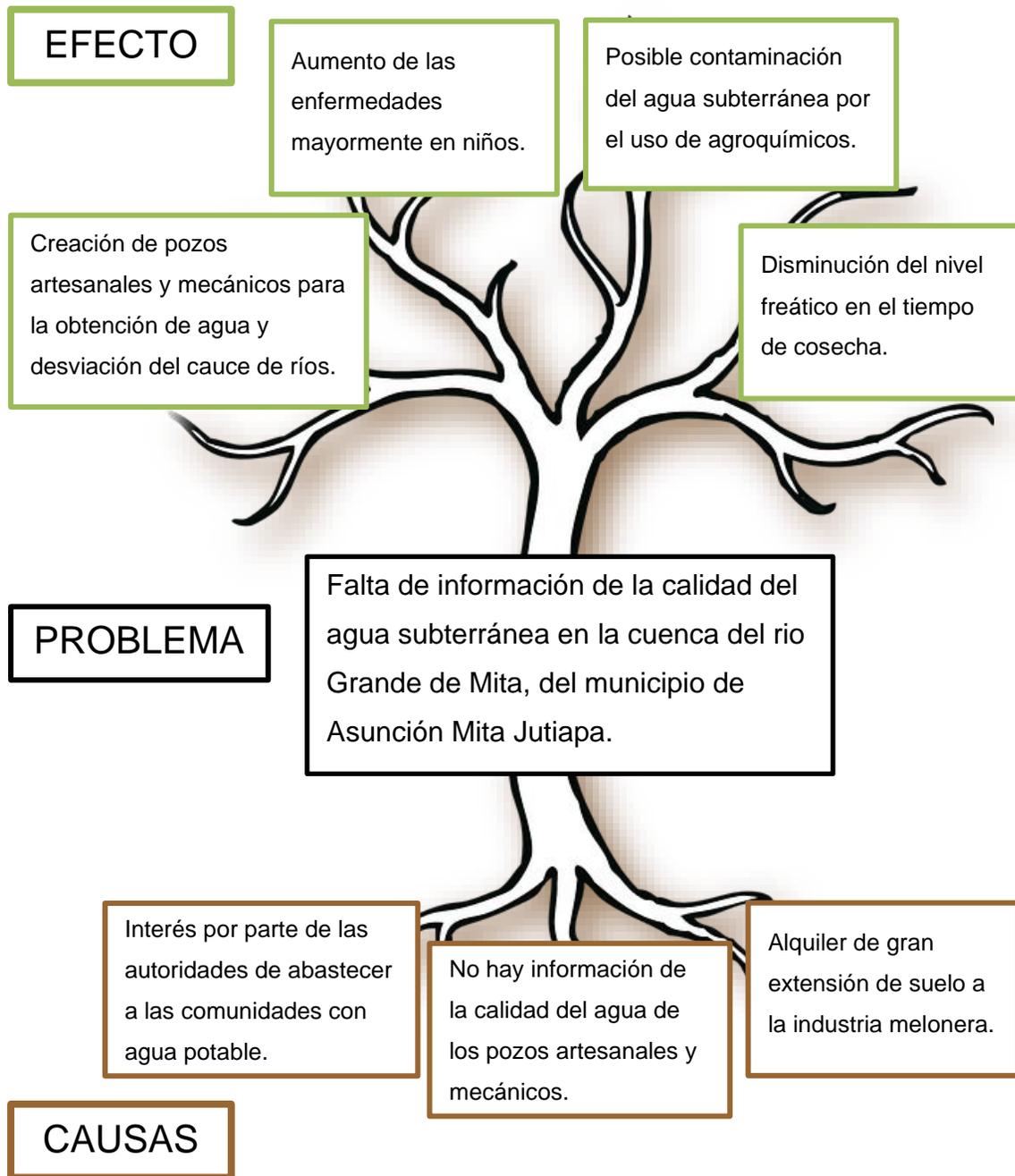
### 3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Parte de la población de Asunción Mita, Jutiapa, depende del agua subterránea que en el sitio puedan encontrar, especialmente la población que no cuenta con el estado económico que les permita obtener agua municipal, por esta razón recurren a la creación de pozos artesanales, lo que implica la obtención directa del agua subterránea, debido a esto y a la intervención de la industria melonera en el sitio, la cual utiliza agroquímicos que puedan afectar la composición del agua, se ve la necesidad de realizar el monitoreo de la calidad del agua subterránea para determinar si dicha industria afecta la calidad del agua, para consumo humano.

- Árbol de problemas

Debido a la falta de información y monitoreo de la calidad del agua subterránea en el municipio de Asunción Mita, Jutiapa ya que muchas de las comunidades se han visto afectadas al no contar con un servicio de agua potable por parte del poco interés de las autoridades, el mal manejo del suelo debido al alquiler de grandes extensiones de tierra para cultivos y siembra, los cuales utilizan diversos agroquímicos que pueden filtrarse al subsuelo generando contaminación en el agua subterránea la cual es extraída con pozos artesanales y mecánicos o pueden drenar hacia un río, lo que ocasiona enfermedades mayormente en los niños además de una disminución en el nivel freático, perdiéndose de esta manera el nivel y la calidad del recurso hídrico subterráneo. Con esta problemática surgen varias causas que a su vez traen distintos efectos ya sea en la salud y abastecimiento del recurso como lo muestra la figura 1.

Figura 1. **Árbol de problemas**



Fuente: elaboración propia.

## 4. JUSTIFICACIÓN

Los agroquímicos son productos que utilizan los agricultores para el mejoramiento o limpieza de sus cultivos, además el agua es explotada de los acuíferos por lo que se ve la necesidad de la creación de un estudio que brinde información de la calidad del agua que se utiliza para el consumo humano por medio de pozos artesanales de un sitio en particular, por lo que se tomó como sitio piloto el área de la microcuenca del río Grande de Mita, municipio de Asunción Mita, Jutiapa.

Además de brindar información de la calidad del agua subterránea el proyecto pretende determinar el grado de contaminación que pueda generarse, debido a la intervención de la agroindustria melonera que se encuentra ubicada en el sitio, e identificar las áreas que están más vulnerables a ser contaminadas por agroquímicos, que tiendan a disminuir la calidad del agua.

Por lo tanto, una investigación hidrogeológica de un sitio permite construir un modelo conceptual del área de posibles contaminantes que puedan afectar los acuíferos, lo que requiere los siguientes componentes:

- Geología: marco físico en el cual se desarrolla el movimiento de fluidos y contaminantes.
- Hidrología: cómo se produce el movimiento de los fluidos en la formación acuífera.

- Química: naturaleza de los constituyentes químicos que se encuentran presentes en el agua o el suelo, así como las interacciones físicas y químicas entre el agua y la formación acuífera.

## **5. OBJETIVOS**

### **5.1. General**

Realizar el monitoreo y el análisis de la calidad del agua subterránea en la microcuenca del río Grande de Mita, municipio de Asunción Mita, Jutiapa.

### **5.2. Específicos**

- Conocer los parámetros de la calidad del agua subterránea que se encuentra en la región la cual sirve para abastecer a la población por medio de pozos artesanales.
- Analizar si la industria melonera altera la calidad el agua subterránea debido a los agroquímicos que utiliza.
- Examinar los parámetros de calidad el agua en los pozos seleccionados, estableciendo los límites de los análisis del agua en cuanto a sus características físicas y químicas.



## **6. ALCANCES**

El contexto de calidad de agua en una determinada región brinda un panorama muy crítico. Por lo tanto, el desafío de analizar la calidad del agua pertinente para la demanda de la sociedad se vuelve más complejo, por eso se debe asumir con la seriedad de todas las personas beneficiadas del recurso, promoviendo el análisis y cuidados de los cuerpos de agua de cada región siendo este primordial para la salud y la vida de muchos pobladores que de ella se benefician.

Es necesario implementar un sistema de monitoreo el agua subterránea debido a la utilización de agroquímicos por parte de la industria melonera, debido a que parte del agua que utilizan se infiltra hacia los acuíferos, por lo tanto, sería necesario recomendar a los agricultores el tratamiento del agua de las industrias para limitar la contaminación hacia los acuíferos y así asegurar una calidad de agua suficiente para consolidar los sistemas de captación existente.

El estudio y monitoreo de la calidad de agua será desarrollado en 14 distintos puntos de Asunción Mita, del departamento de Jutiapa, siendo este nuestro sitio piloto, se tendrá información con ayuda de la comunidad y de la asociación AMAR, ya que con la realización de este monitoreo es posible determinar si la industria melonera afecta o no el agua subterránea.



## **7. MARCO TEÓRICO**

### **7.1. Localización y extensión**

La cabecera municipal del departamento de Jutiapa, dista 117 km de la ciudad de Guatemala, está a 47 kilómetros de San Cristóbal en la frontera con la república de El Salvador, la principal vía es la carretera Interamericana o CA-1, otra ruta de importancia es la Nacional 22 CA-8; la Internacional del Pacífico CA-2, que llega a la orilla del río Paz para empalmar con la república de El Salvador; la ruta Nacional 23, la ruta Nacional 19 que conduce de El Progreso a la cabecera. (Palma, de León , Rodríguez, Melgar y Paiz, 2013, p. 3)

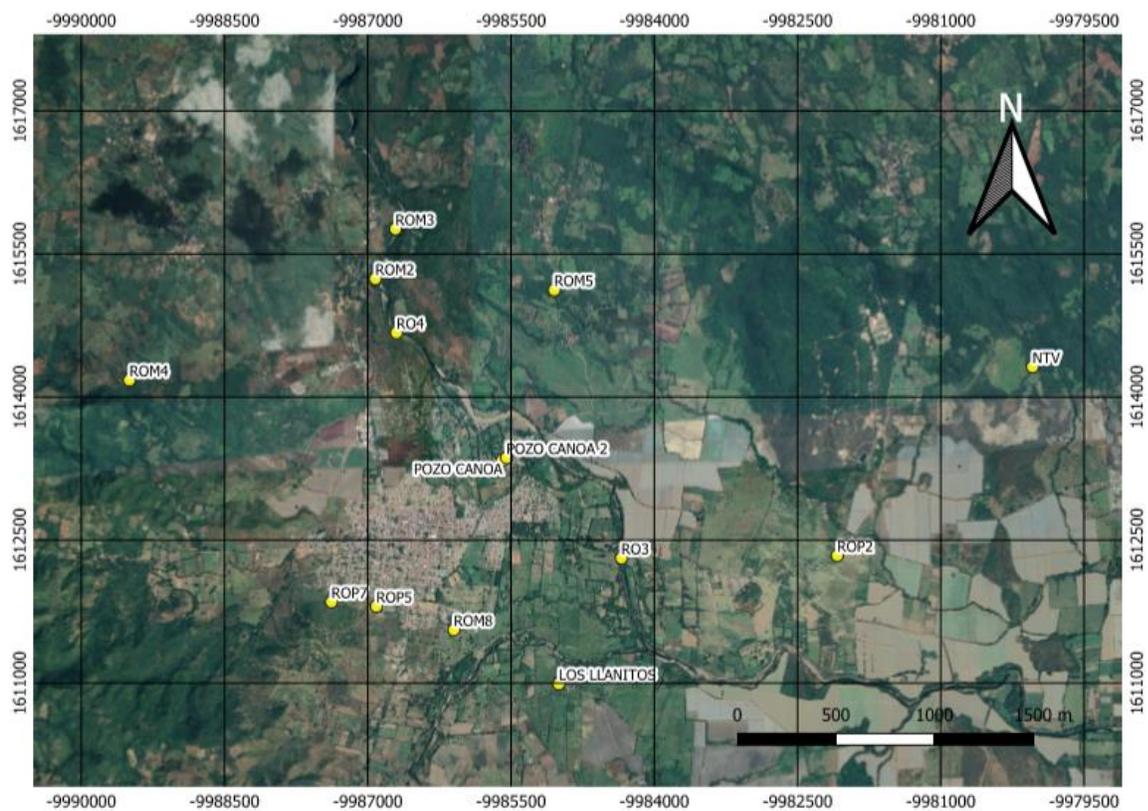
El área aproximada del municipio es de 620 kilómetros cuadrados que equivale al 19.26 % del total del departamento, se encuentra a una altura sobre el nivel del mar entre los 850 y 1,832 metros. La cabecera departamental tiene siete calles y la calle principal es la Calzada 15 de septiembre. Limitando al norte con el municipio El Progreso, Monjas (Jalapa) y Santa Catarina Mita (Jutiapa); al este con Asunción Mita, Yupiltepeque y El Adelanto (Jutiapa); al oeste con Quezada (Jutiapa) y Casillas (Santa Rosa); al sur con Comapa, Jalpatagua y El Adelanto. (Palma *et al.*, 2013, p. 3).

### **7.2. Delimitación**

La investigación se va a realizar en Asunción Mita, Jutiapa, donde se obtendrán muestras de pozos artesanales y mecánicos ubicados en la finca la

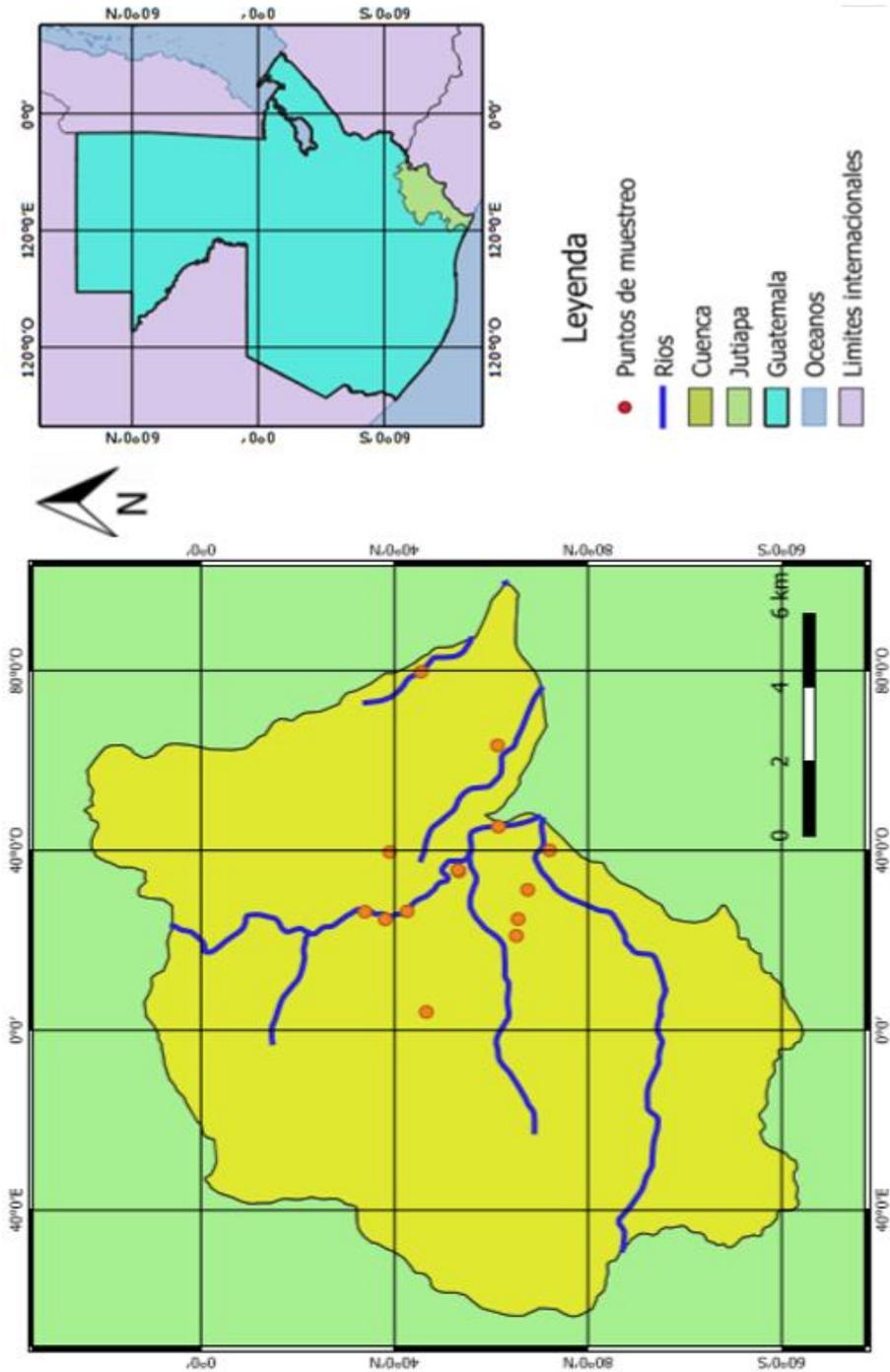
Canoa, el caserío Las Limas (El Tule), y en la aldea Los Llanitos. Por el área de estudio pasa la carretera Panamericana, colinda al norte con el río Ostúa, al sur con el río Tamasulapa y al suroeste con el cerro Tultepeque. Dentro de estos límites se encuentra gran parte de la industria melonera. Los ríos que se encuentran dentro del área a analizar son el río Grande de Mita, Quebrada San Francisco, Riachuelo Ataicinco, el río Tamasulapa y la Quebrada Moran.

Figura 2. **Mapa de la ubicación de lugares de muestreo**



Fuente: elaboración propia.

Figura 3. Localización geográfica río Grande de Mita, Jutiapa



Fuente: elaboración propia.

### **7.3. Morbilidad**

Referente a la morbilidad infantil, las causas principales se dan por: resfriados, amebiasis, diarreas, conjuntivitis, enfermedades respiratorias, bronquitis aguda, impétigo, dermatitis, y parásitos; además de enfermedades que en su mayoría pueden ser prevenidas y podrían disminuir considerablemente si se implementan hábitos de higiene y limpieza, además de mejorar las condiciones y servicios en las viviendas.

Es decir, que existen diversos aspectos en el ambiente que no favorecen que lo niños puedan desarrollarse y crecer, estos aspectos pueden crearse debido a la manipulación de utensilios sucios, así como consumir agua contaminada, la falta de higiene personal, estar expuestos a cambios constantes de clima, consumir alimentos contaminados y una alimentación desequilibrada. (Palma *et al.*, 2013, p. 4)

### **7.4. Mortalidad**

La tasa de mortalidad general que se presenta en el área de estudio es de 0.62. De acuerdo con información del Área de Salud de Jutiapa, la mortalidad de la niñez en el departamento para el año 2009, niños menores de cinco años de edad, fue de 1.05 de cada 1,000 niños nacidos vivos; y la mortalidad infantil, niños menores de un año de edad, de 18 por cada millar de nacidos vivos. (Palma *et al.*, 2013, p. 5)

## **7.5. Clima**

Estudios de Segeplan (2011), establecieron que el régimen de lluvia en el municipio disminuyó de igual forma que la precipitación promedio anual, e indicaron un aumento en la temperatura promedio en comparación del año 2001.

El municipio de Jutiapa tiene una elevación promedio de 905.96 msnm y sus coordenadas geográficas son 14°16'58" latitud norte y 89°53'33" longitud oeste, La temperatura tiene una media anual de 22.3 °C, promedio de máxima 26.8°, promedio de mínima 17.9 °C absoluta máxima de 33.5 °C y absoluta mínima de 9.9 °C, la precipitación total fue de 1,146.2mm, presentándose 96 días de lluvia con una humedad relativa del 71 %. (Palma *et al.*, 2013, p. 6)

## **7.6. Orografía**

Los suelos del municipio de Jutiapa son principalmente quebrados, muestran formas onduladas y planas, en la parte alta se encuentran diversas laderas, siendo estas áridas y utilizadas para la crianza y engorde de ganado, asimismo se utiliza para la agricultura. La cabecera departamental se encuentra rodeada de cerros y montañas. La ubicación principal de Jutiapa es sobre una meseta plana, se encuentra a una altura de 895 metros sobre el nivel del mar, con latitud 14° 16' 58" y una longitud de 89° 53' 33". (Palma *et al.*, 2013, p. 6)

### **7.7. Uso de suelo**

De acuerdo a estudios de la “Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia, el 33.26 % de la superficie del municipio de Jutiapa es utilizado en agricultura, el 51.10 % es ocupado por arbustos y matorrales, el 14.27 % es bosque natural y el 1.37 % lo constituyen los lugares poblados” (Palma *et al.*, 2013).

### **7.8. Tipo de suelo**

Dentro de la clasificación del suelo en Guatemala, el municipio de Asunción Mita Jutiapa se encuentra ubicado dentro de la división fisiográfica I, siendo este un suelo de altiplanicie con suelo inclinado y pedregoso, estas características son básicas para pastos y bosques extensos. Gran parte del suelo del municipio es material volcánico, además de rocas sedimentarias que van desde oscuras a color claro, con pendientes poco inclinadas. (Palma *et al.*, 2013, p. 7)

### **7.9. Actividad agrícola**

De acuerdo a investigaciones realizadas la actividad que genera mayor fuente de ingresos en el municipio es el maíz el cual presenta el 28.66 %, el frijol negro 13.57 %, maicillo 17.25 %, arroz 6.79 %, café 33.47 % y tomate 0.26 %, respecto al volumen y valor total de la producción agrícola. (Palma *et al.*, 2013, p. 7)

En el municipio de Asunción Mita, se cultiva gran variedad de frutas como el melón, sandía, mango, papaya, entre otras, con buena rentabilidad, pero temporales. Actualmente muchos de los productores decidieron alquilar sus

terrenos a la industria melonera, esto ha ido incrementando y apropiándose de grandes extensiones de tierra (SEGEPLAN, 2011).

#### **7.10. Servicio de agua potable entubada**

El tratamiento que recibe el agua consiste en aplicarle gas-cloro para desinfectarla de las bacterias dañinas al ser humano, para eliminar la turbidez del agua de los ríos se le administra sulfato de aluminio. La municipalidad cuenta con tres tipos de servicios, el domiciliario que tienen una cuota mensual de Q 20.00, el comercial de Q 30.00 y el industrial de Q 50.00, todos con un límite de 30 metros cúbicos. (Palma *et al.*, 2013, p. 8).

Sin embargo, proveer de agua potable para todas las comunidades es un problema debido a la ubicación de algunas aldeas, por lo tanto, recurren a la creación de pozos artesanales o desvíos del río más cercano para la obtención de agua la cual no cuenta con un tratamiento previo o análisis bacteriológico.

#### **7.11. Ciclo hidrológico**

El ciclo hidrológico del agua se refiere al movimiento de la misma en forma cíclica, es decir, que fluye por la tierra ya sea de manera superficial o subterránea formando acuíferos y cuerpos de agua libres, los cuales drenan hacia el océano en donde el agua se evapora hacia la atmósfera para luego condensarse y precipitar, completando de esta manera el ciclo.

En el ciclo del agua, esta se encuentra en los tres estados: líquido, formando cuerpos de agua; sólido, en glaciares y hielo; gaseoso, condensándose en la

atmosfera, este ciclo forma un equilibrio en el planeta Tierra lo cual permite sobrevivir. Los principales procesos que forman el ciclo hidrológico del agua son:

- **Evaporación:** el agua se evapora en océanos, cuerpos de agua que cuentan con gran cantidad de radiación solar.
- **Precipitación:** en este proceso el agua se evaporada luego es condensada para finalmente caer en forma de lluvia, granizo o nieve, entre otros.
- **Infiltración:** el agua precipitada ingresa hacia el subsuelo formando así diversos tipos de acuíferos los cuales recorren en subsuelo que en un punto emergen a la superficie en forma de manantiales o ríos, y parte de esta agua drena hacia los océanos por efectos de la gravedad.

### **7.12. Hidrogeología**

Se refiere al estudio de las leyes relativas a la existencia y movimiento de las aguas subterráneas, ya que esta definición “supone un estudio de la geología general lo suficientemente adecuado como para dar una visión que permita comprender los factores hidrogeológicos condicionantes y los imperativos debido a los factores geológicos”. (Stanley, 2009, p. 15)

### **7.13. Calidad del agua**

Para la realización de cualquier monitoreo en donde se desea determinar la calidad del agua que está consumiendo el ser humano se deben tener muestras recolectadas del acuífero a analizar de forma directa. Los componentes químicos como el Cl, Ca, Na, CO<sub>3</sub>H, SO<sub>4</sub>, K y Mg no requieren un tratamiento especial para su conservación. Los plaguicidas organiclorados y los

organofosforados, son tóxicos aun en concentraciones pequeñas y requieren de tratamientos especiales en la toma de muestras (Auge, 2006).

#### **7.14. Manejo del cultivo del melón**

El etileno se ha convertido en uno de los reguladores naturales que inducen la floración del melón, cuando se utilizan insecticidas es recomendable que se apliquen por la mañana o en la noche, ya que la temperatura puede influir desde la fotosíntesis, hasta la germinación adecuada de la planta y en la transpiración de los fertilizantes, siendo de 28 a 30 °C la temperatura óptima para que el cultivo crezca en el día, y en la noche la temperatura puede variar desde los 18 a 22 °C (Abarca y Crawford, 2017, p. 3).

#### **7.15. Tipo de suelo y degradación**

El cultivo de melón puede darse de manera adecuada en suelos que sean neutros, franco arcilloso y con un grado alto en el contenido de materia orgánica registrando un pH de 6 a 7, el cual puede sufrir degradación por agentes químicos como el aumento de la alcalinización y disminución de nutrientes y su capacidad de metabolizar sustancias generando así una contaminación. Además, las plantas forman moléculas capaces de generar energía debido a la absorción de agua más CO<sub>2</sub>. (Abarca y Crawford, 2017, p. 3)

#### **7.16. Elementos esenciales**

Las plantas necesitan elementos esenciales para su crecimiento siendo estos proporcionados por el suelo o por la misma producción de la planta como por ejemplo el oxígeno, carbono, hidrogeno. Existen otros elementos esenciales por medio de disoluciones nutritivas como el nitrógeno, calcio, fósforo, magnesio, potasio, hierro, zinc, cloro, boro, cobre y molibdeno. (Abarca y Crawford, 2017, p. 4)

#### **7.17. Control de enfermedades y plagas**

Para el control de enfermedades y plagas en determinada especie o cultivo es necesario considerar los términos de plaguicida, es decir, microorganismos que se desarrollan como la maleza y los insectos y la utilización de distintos funguicidas, nematicidas, bactericidas, insecticidas, etc., que proceden en forma preventiva y curativa de la planta. Entre las enfermedades que dañan el crecimiento del melón se encuentran las bacterias, hongos, nematodos, viroides y fitoplasma. (Abarca y Crawford, 2017, p. 6)

#### **7.18. Gestión de plagas para el cultivo de melón**

No importando del sitio en donde se cultive el melón es necesario tener en cuenta el manejo, control y gestión integrada de las plagas, iniciando con la determinación de la plaga, el monitoreo de la plaga, además del uso de distintos métodos para controlar las plagas como el genético, físico, biológico y químico, siendo el análisis químico el control que genera un mayor impacto económico y al ambiental, para algunas plagas como la mosca almaciguera como es llamada

científicamente, es necesaria la fumigación o la utilización de sustratos de desinfección.

### **7.19. Plaguicidas**

Se define plaguicida a cualquier sustancia o mezcla de sustancias que son destinadas para controlar pestes incluyendo enfermedades humanas o de animales, son más utilizados en distintas especies no deseadas en las plantas que puedan causar daños que interfieran en la producción, almacenamiento o comercialización de alimentos y en productos agrícolas, de manera que puedan eliminar insectos o pestes (OMS, 1992).

Existen diversos tipos de plaguicidas, como el de ingredientes activos cirmazina regulador de larvas, también se utiliza abamectina, acaricida e insecticida natural, además el uso de azufre permite eliminar el problema, pero en caso de ataques de plagas muy severos deben aplicarse acaricidas para mayor eficacia y control de plagas (Abarca y Crawford, 2017).

Domínguez (2008) menciona que la composición de un plaguicida regularmente presenta un 75 % - 98 % de producto activo y el resto de residuos e impurezas de fabricación. Entre las características típicas de cualquier plaguicida se encuentran:

- Toxicidad.
- Elevada resistencia a la degradación.
- Carácter acumulativo y toxicidad.

Además, Domínguez (2008) indica que los plaguicidas más utilizados en la actualidad se dividen en los siguientes tres grupos:

- Organoclorados: DDT, aldrín, clordano, heptaclor, dieldrín.
- Organofosforados: azinfosmetil, diazinon, fosdrín, fentión.
- Carbonatados: carbaryl, temik, undén, zectrán.

Según, Domínguez (2008) la toxicidad del pesticida viene dada en función de su concentración, siendo los insecticidas organofosforados los más tóxicos para la salud humana, de lo cual se derivan los siguientes:

- DDT: estructura de varios isómeros, poco soluble, se encuentra en valores de  $1\mu\text{g/l}$ , actúa sobre el sistema nervioso y tumores en el hígado.
- Aldrín y dieldrín: corresponden al hexahidro y hexacloro respectivamente, no debe sobrepasar de los  $0.002\mu\text{g/l}$ , ya que actúa sobre el sistema nervioso central, es capaz de desarrollar tumores hepáticos.
- Hexaclorobenceno: su presencia prevalece en zonas agrícolas, con niveles de hasta  $0.4\mu\text{g/l}$ , puede provocar trastornos hepáticos y erupciones en la piel y ojos.

## **7.20. Efectos y resultados de metales pesados en la salud**

La clasificación de metales pesados se refiere a elementos químicos con alta densidad y toxicidad, cuando es consumido por el ser humano, se miden por su peso atómico o por su densidad, se emplea el término “metal tóxico” o “elemento tóxico”. Algunos de estos elementos pueden presentar serios problemas medioambientales por lo que es común nombrarlos como “metales pesados”. Muchos de los elementos a concentraciones elevadas son perjudiciales sobre todo cuando sobrepasan los límites permisibles, aunque en algunos de estos metales en mínima concentración también suelen ser

perjudiciales para la salud. Se muestra a continuación algunos de los metales pesados más comunes y los efectos que ocasionan (Pérez, 2011).

- Arsénico

Entre los síntomas más comunes generados por envenenamiento con arsénico son: cambios en la pigmentación cutánea, diarrea constante, alopecia, dermatitis, además de provocar afecciones en el hígado, al momento de la intoxicación una de sus consecuencias es la encefalopatía, además de que la médula ósea puede sufrir serios daños, y se puede generar anemia y serias enfermedades que ocasionan la muerte.

- Cromo

Los daños que se producen por la contaminación debido al cromo se generan en la piel causando dermatitis aguda, sensibilidad e irritaciones en la piel, además de mucosidad, bronquitis, dolores al momento de respirar y dolores fuertes de cabeza, úlceras debido a la tos crónica, y hemorragia nasal.

- Cinc

En cantidades mínimas el cinc es beneficioso para la salud, pero en sobredosis puede provocar vómitos, diarrea, náuseas, cólicos, dolor estomacal, estos casos se dan al consumir entre 4-8g de cinc.

- Cobre

En altas dosis causa anemia, daños en los riñones y hígado, irritación en el estómago y los intestinos, el cobre se encuentra mayormente en tuberías, así como en distintos añadidos para el control del crecimiento de algas.

- Cadmio

Es un metal conocido por su alto grado de toxicidad, además de que es cancerígeno y en las mujeres en periodos de gestación pueden presentar lesiones y afectar el feto, puede producir náuseas, irritaciones gastrointestinales, daños renales severos por la acumulación de cadmio en los riñones, además produce cáncer de pulmón.

- Plomo

Entre los síntomas más comunes por presencia de plomo en el agua se encuentra el dolor de cabeza, fatiga, dolor abdominal, muscular y óseo, trastornos del sueño y de conducta, impotencia, cólicos, náuseas y vómitos, hipertensión arterial, enfermedad renal, afecciones de los nervios, delirios, problemas de cáncer y muerte.

- Manganeso

Este elemento es muy común en el agua ya que es uno de los tres elementos principales de trazas de tóxicos esenciales, es decir, que es necesario para los seres humanos, pero puede considerarse tóxico cuando se encuentra en concentraciones muy elevadas, los problemas que produce principalmente en el cerebro y en el tracto respiratorio. Presenta síntomas como alucinaciones, daños en los nervios embolia y bronquitis.

## **8. HIPÓTESIS**

La microcuenca del río Grande de Mita, del municipio de Asunción Mita, Jutiapa, es contaminada debido a la actividad agroindustrial, donde el cultivo del melón es de mayor producción ya que utilizan agroquímicos, además las descargas de aguas servidas de la población, provocando variaciones en la calidad del agua subterránea.

### **8.1. Pregunta principal**

¿Se podrá realizar el monitoreo y el análisis de la calidad del agua subterránea en la microcuenca del río Grande de Mita, del municipio de Asunción Mita, Jutiapa?

### **8.2. Preguntas secundarias**

- ¿Qué parámetros se tomarán en cuenta para el análisis de la calidad del agua subterránea que se encuentra en la región la cual sirve para abastecer a la población por medio de pozos artesanales?
- ¿La agroindustria melonera altera la calidad del agua subterránea debido a los agroquímicos que utiliza?
- ¿Cómo se van a examinar los parámetros de calidad el agua en los pozos seleccionados, estableciendo los límites de los análisis del agua en cuanto a sus características físicas y químicas?



## 9. PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

LISTADO DE SIMBOLOS

GLOSARIO

OBJETIVOS

HIPÓTESIS

RESUMEN DEL MARCO TEÓRICO

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

INTRODUCCIÓN

### 1. MARCO CONCEPTUAL

- 1.1. Antecedentes
- 1.2. Planteamiento del problema
- 1.3. Justificación

### 2. MARCO TEÓRICO

- 2.1. Localización y extensión
- 2.2. Delimitacion
- 2.3. Morbilidad
- 2.4. Mortalidad
- 2.5. Clima
- 2.6. Geomorfología
- 2.7. Geología
- 2.8. Orografía
- 2.9. Tipo de suelo
- 2.10. Uso del suelo

- 2.11. Actividad agrícola
- 2.12. Ubicación puntos de muestreo
- 2.13. Servicios de agua potable entubada
- 2.14. Mapa de fallas
- 2.15. Estratigrafía general
- 2.16. Conceptos básicos
  - 2.16.1. Ciclo hidrológico
  - 2.16.2. Calidad del agua
  - 2.16.3. Manejo agronómico para cultivo de melón
  - 2.16.4. Plaguicidas
  - 2.16.5. Efectos de los metales pesados en la salud humana

### 3. METODOLOGÍA

- 3.1. Medida del nivel del agua
- 3.2. Método de toma
- 3.3. Párametros de campo
- 3.4. Párametros físicos
- 3.5. Párametros químicos
- 3.6. Párametros inorgánicos
- 3.7. Párametros de metales totales
- 3.8. Párametros hidrogeoquímicos
  - 3.8.1. Diagrama de Stiff
  - 3.8.2. Clasificación del agua
- 3.9. Índice de la calidad del agua
- 3.10. Índice de contaminación
  - 3.10.1. Índice de contaminación por materia orgánica (ICOMO)

- 3.10.2. Índice de contaminación por sólidos suspendidos (ICOSUS)
- 3.10.3. Índice de contaminación por mineralización ICOMI expresado por variables, de conductividad, dureza y alcalinidad

#### 4. MONITOREO Y VULNERABILIDAD

##### 4.1. Generalidades

- 4.1.1. Objetivos del monitoreo de la calidad del agua
- 4.1.2. Selección de los parámetros a evaluar
- 4.1.3. Precaución de seguridad para el muestreo

##### 4.2. Puntos de monitoreo

- 4.2.1. Ubicación

##### 4.3. Monitoreo

- 4.3.1. Procedimientos de precaución operacional
  - 4.3.1.1. Acceso y limpieza del área
  - 4.3.1.2. Recolección de la muestra
  - 4.3.1.3. Filtración de la muestra
  - 4.3.1.4. Preservación de la muestra
- 4.3.2. Parámetros indicadores de contaminación

#### 5. RESULTADOS

#### 6. ANÁLISIS DE RESULTADOS.

- 6.1. Calidad del agua, parametros y su interpretación
  - 6.1.1. Análisis físico
  - 6.1.2. Análisis químico
  - 6.1.3. Análisis inorgánico
  - 6.1.4. Análisis de metales totales

### 6.1.5. Análisis hidrogeoquímico

INTERPRETACION DE RESULTADOS

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS

## **10. METODOLOGÍA**

### **10.1. Metodología de muestreo**

Los procedimientos para la realización de toma de muestras y los análisis químicos deben de garantizar la procedencia de la muestra y la posibilidad de comparar los resultados de los análisis procedentes de puntos de control del agua subterránea y superficial que habrán sido muestreados por diferentes técnicos o profesionales encargados, mediante diversos sistemas de toma de muestras y, en ocasiones, analizados en laboratorios distintos (Gadahatari, 2013).

#### **10.1.1. Medida del nivel del agua**

Siempre que se tome una muestra para el análisis químico conviene realizar previamente una medida del nivel del agua en la captación. Las mediciones del nivel del agua deben seguir los siguientes principios Gadahatari (2013):

- Tomar la muestra desde el mismo punto de referencia del pozo de control, debe estar documentado en los formatos de mediciones a utilizar.
- Se requiere una precisión al menos de 0.01m.
- Medir tres veces la distancia desde el punto de referencia hasta la superficie laminar del pozo, para que la medida sea segura, la medida debe estar registrada con la identificación de cada pozo de observación, tomando en cuenta fecha y hora exacta de toma de la muestra.

### **10.1.2. Método para toma de muestras**

Una vez extraído el volumen de agua necesario del pozo, se aconseja que se proceda a la toma de una muestra en el recipiente seleccionado para su transporte, que se pueda cerrar herméticamente, etiquetado y embalado para él envió al laboratorio. Los recipientes para conservar las muestras deben ser llenados y vaciados con el agua a muestrear al menos tres veces antes de recoger la muestra definitiva para ese punto (Gadahatari, 2013).

Es conveniente extraer un volumen de muestra suficiente no solo para el análisis, sino también para los enjuagues de los recipientes que contendrán la muestra. Una vez extraída la muestra, deberá almacenarse y preservarse (Gadahatari, 2013).

### **10.1.3. Llenado de envases**

Serán llenados hasta el borde para evitar la cámara de aire, entre el agua y el tapón. Añadir antes el preservante que corresponde para la muestra y análisis. Teniendo las muestras es necesaria su conservación a 4 °C y en la oscuridad, para ello se utiliza una nevera portátil (Gadahatari, 2013).

Tabla I. **Listado de materiales para muestreo**

Proyecto	
Lugar	
Técnico	
Fecha	
<b>Material y ubicación</b>	
	Punto de control
	Mapa de la zona a muestrear
	GPS
	Brújula
<b>Medición de parámetros en campo</b>	
	Equipo de medición in-situ
	Equipo de calibración
	Limpieza de equipo
	Copia de manuales del uso de equipo
<b>Toma de muestra</b>	
	Recipiente de vidrio o plástico
	Probeta plástica graduada de 1000 o 2000 mL
	Bolsa de hielo
	Papel absorbente
	Bolsa de desechos
	Cuerda
	Marcadores
	Etiquetas
	Hielera
	Libreta de campo
	Navaja
<b>Equipo de protección</b>	
	Guantes y anteojos
	Jabón y toalla
	Botiquín de primeros auxilios
	Linterna
	Agua y alimentos

Fuente: elaboración propia.

Tabla II. **Registros para el monitoreo**

Código de la muestra			
Operario			
Fecha			
Hora			
<b>Datos del sitio</b>			
Diámetro de pozo		Coordenadas	
Profundidad			
<b>Mediciones</b>			
Nivel estático		Nivel estático inicial	
Columna de agua		Profundidad de la bomba	
Volumen inicial en el sondeo		Caudal de bombeo	
Tipo de bomba		Volumen	
Tiempo		Nivel de diámetro	
<b>Parámetros in-situ</b>			
Temperatura (°C)			
Olor			
<b>Preparación de muestra para análisis</b>			
Arsénico		Flúor	
Bicarbonato		Fosfato total	
Bromato		Hierro	
Cadmio		Mercurio	
Carbonato		Nitrato	
Cianuro		Oxígeno disuelto	
Cloruro		Sodio	
Cobalto		Sulfato	

Fuente: elaboración propia.

## 10.2. **Parámetros e interpretación de la calidad del agua**

Para el análisis de la calidad del agua los parámetros que se miden son: físicos, químicos, análisis bacteriológicos e hidrogeoquímicos, la Comisión Guatemalteca de Normas (COGUANOR 29-001, 2013) establece los límites máximos aceptables (LPA) y los límites máximos permisibles (LPM).

Tabla III. **Características físicas y sus límites máximos para el agua de consumo humano**

Características	LMA	LMP
Color	5,0 u	35,0 u <sup>(a)</sup>
Olor	No rechazable	No rechazable
Turbiedad	5,0 UNT	15,0 UNT <sup>(b)</sup>
Conductividad eléctrica	750 $\mu$ S/cm	1500 $\mu$ S/cm <sup>(d)</sup>
Potencial de hidrógeno	7,0-7,5	6,5-8,5 <sup>(c) (d)</sup>
Sólidos totales disueltos	500,0 mg/L	1000,0 mg/L

(a) Unidades de color en la escala de platino-cobalto  
 (b) Unidades nefelométricas de turbiedad (UNT).  
 (c) En unidades de pH  
 (d) Límites establecidos a una temperatura de 25 °C.

Fuente. COGUANOR 29-001. *Norma técnica guatemalteca, agua para consumo humano*. Consultado el 25 de noviembre de 2019. Recuperado de <http://www.ecosistemas.com.gt/wp-content/uploads/2015/07/04-COGUANOR-NTG-29-001-1a-Revision.pdf>.

Tabla IV. **Características químicas y sus límites máximos para el agua de consumo humano**

Características	LMA (mg/L)	LMP (mg/L)
Cloro residual libre <sup>(a)</sup>	0,5	1,0
Cloruro (Cl <sup>-</sup> )	100,0	250,0
Dureza Total (CaCO <sub>3</sub> )	100,0	500,0
Sulfato (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	100,0	250,0
Aluminio (Al)	0,050	0,100
Calcio (Ca)	75,0	150,0
Cinc (Zn)	3,0	70,0
Cobre (Cu)	0,050	1,500
Magnesio (Mg)	50,0	100,0
Manganeso total (Mn)	0,1	0,4
Hierro total (Fe) <sup>(b)</sup>	0,3	-----

a) El Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social será el ente encargado de indicar los límites mínimos y máximos de cloro residual libre según sea necesario o en caso de emergencia.  
 b) No se incluye el LMP porque la OMS establece que no es un riesgo para la salud del consumidor a las concentraciones normales en el agua para consumo humano, sin embargo el gusto y apariencia del agua pueden verse afectados a concentraciones superiores al LMA.

Fuente. COGUANOR 29-001. *Norma técnica guatemalteca, agua para consumo humano*. Consultado el 25 de noviembre de 2019. Recuperado de <http://www.ecosistemas.com.gt/wp-content/uploads/2015/07/04-COGUANOR-NTG-29-001-1a-Revision.pdf>.

### **10.2.1. Análisis físico**

Ramírez (2003) menciona que el análisis físico relaciona las propiedades que son observadas por los sentidos. Por lo que se utilizan ciertos parámetros, los cuales permiten dar un juicio acertado de la calidad del agua los cuales son:

#### **10.2.1.1. Aspecto**

Se refiere al análisis cualitativo el cual se califica de acuerdo con su apreciación general, siendo: claro, ligeramente turbio y turbio. Esto permite una estimación sencilla, rápida y aceptable siendo su aspecto claro.

#### **10.2.1.2. Olor**

La mayoría de los olores del agua se producen debido a pequeñas concentraciones de compuestos volátiles, que generalmente se producen por la descomposición de materia orgánica, algunos olores pueden ser debido al moho, tierra o putrefacción.

#### **10.2.1.3. Color**

El color se debe generalmente por colorantes del humus de los bosques o pantanos, este parámetro se mide en unidades de color (UC), con base en los patrones de comparación de platino-cobalto.

- Límite mínimo permisible 5 UC
- Límite máximo permisible 50 UC

#### **10.2.1.4. Turbidez**

La turbidez se mide por la dispersión e interferencia de los rayos luminosos, los cuales pasan a través del agua, la cual se expresa en unidades de turbidez (UT).

- Límite mínimo permisible 5 UT
- Límite máximo permisible 25 UT

#### **10.2.1.5. Temperatura**

Este parámetro se considera una medida de la energía térmica del movimiento de las moléculas del agua en equilibrio térmico, relacionada a la rapidez de estabilización de la materia orgánica y los niveles de oxígeno disuelto.

- Límite mínimo permisible 18-30 °C
- Límite máximo permisible 34 °C

#### **10.2.1.6. Potencial de hidrógeno**

Se expresa como el logaritmo de base 10 del inverso en la concentración del ion de hidrógeno, es una escala que varía de 1 a 14<sup>o</sup> la cual indica la alcalinidad del agua.

- Ácido 1 – 6.5
- Neutro 6.5 – 7.5

- Alcalino 7.5 – 14

#### **10.2.1.7. Sólidos disueltos**

Es la cantidad de material que permanece como residuo luego de un proceso de evaporación entre los 103° - 105 °C, el agua que presenta una alta cantidad de residuos ocasiona problemas en los seres humanos cuando ingieren el agua.

- Límite mínimo permisible 500 residuo total
- Límite máximo permisible 1500 residuo total

#### **10.2.2. Análisis químico**

Ramírez (2003) menciona que el análisis químico permite obtener la cantidad de materia orgánica y mineral presente en el agua para determinar la calidad del a misma. Brinda datos de contaminación y variaciones en el tiempo. Estos análisis son:

##### **10.2.2.1. Dureza total**

La dureza del agua se caracteriza por la concentración de calcio y magnesio, siendo este carbonato de calcio (CaCO<sub>3</sub>), según su contenido puede clasificarse como:

Tabla V. **Rango de dureza**

<b>Rango de dureza total (mg/L)</b>	<b>Clasificación del agua</b>
0.0 a 50	Blanda
50 a 150	Moderadamente dura
150 a 300	Dura
Menor 300	Muy dura

Fuente: Ramírez. *Estudio sobre la calidad de agua subterránea del área noreste del valle de la ciudad capital de Guatemala*. Consultado el 29 de octubre de 2019. Recuperado de [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_2305\\_C.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_2305_C.pdf).

#### **10.2.2.2. Alcalinidad**

La alcalinidad se refiere a la capacidad del agua de neutralizar los ácidos, la presencia de bicarbonatos, carbonatos, metales de calcio, magnesio, hidróxidos, y sodio son causantes de la alcalinidad del agua, esta propiedad no presenta inconvenientes desde el punto de vista sanitario, pero si en procesos de corrosión.

#### **10.2.3. Análisis inorgánico**

Ramírez (2003) nos muestra un parámetro de los elementos para el análisis inorgánico de las muestras de agua con sus límites establecidos.

##### **10.2.3.1. Manganeso**

Este elemento se encuentra en el agua en forma de ion, en forma soluble o partículas suspendidas debido a los estados de oxidación, da un sabor desagradable al agua, y el cambio de coloración es similar al del hierro.

- Límite máximo en forma de nitritos 0.05 mg/l Mn
- Límite máximo en forma amoniacal 0.50 mg/l Mn

### **10.2.3.2. Nitratos**

El agua contaminada por nitratos se considera como contaminación reciente de gran peligro para la salud, debido a la presencia de materia orgánica en descomposición en el agua, las normas establecen que los límites aceptables son:

- Límite máximo en forma de nitritos 0.01 mg/l
- Límite máximo en forma amoniacal 0.50 mg/l

### **10.2.3.3. Sulfuros**

Los sulfatos se presentan cuando el agua proviene de una mina o afluente industrial, estas aguas presentan altas concentraciones de sulfatos debido a la oxidación de la pirita y la utilización del ácido sulfúrico.

- Límite mínimo permisible 400 mg/L SO<sub>4</sub>
- Límite máximo permisible 600 mg/L SO<sub>4</sub>

#### **10.2.3.4. Cloruros**

Son aniones que se presentan en diversas concentraciones en el agua, al agua subterránea presenta una mayor concentración debido al contacto entre agua-roca, al encontrarse en exceso puede denominarse como un indicio de contaminación por excretas humanas, los límites son:

- Límite mínimo permisible 200 mg/L
- Límite máximo permisible 400 mg/L

#### **10.2.4. Análisis de metales totales**

Ramírez (2003) define los límites máximos y mínimos de los elementos pesados permisibles que se pueden encontrar en las muestras de agua.

##### **10.2.4.1. Hierro**

El hierro se encuentra en el agua debido a la infiltración natural de depósitos que contienen este elemento, en exceso produce proliferación de ferrobacterias, además de darle color, sabor y turbidez al agua.

- Límite mínimo permisible 0.1 – 0.5 mg/L Fe
- Límite máximo permisible 1.0 mg/L Fe

#### **10.2.4.2. Boro**

Los niveles de boro en el agua subterránea son mayores a los niveles que se encuentran en el agua superficial, este elemento se puede analizar fácilmente por la técnica de espectrofotometría, y sus límites oscilan entre:

- Límite mínimo permisible 0.01 mg/L B
- Límite máximo permisible 0.10 mg/L B

#### **10.2.5. Análisis hidrogeoquímico**

Este tipo de análisis se realiza para caracterizar químicamente el agua de una cuenca, para tener una mejor comprensión se utiliza el diagrama de Stiff, ya que se puede identificar los elementos geoquímicos que se presentan y en la cantidad que se pueden encontrar.

##### **10.2.5.1. Diagrama de Stiff**

Stiff (1951) realizó una representación para identificar gráficamente la ionización de una muestra de agua por lo que el diagrama lleva su nombre. El diagrama consiste en obtener líneas semirrectas paralelas o convergentes, tomando solo un ion o catión y un anión, formando un polígono al unir los extremos de la figura dando como resultado el tipo de agua analizada, se utiliza para hacer comparaciones del agua y para mapas hidrogeoquímicos formando las siguientes figuras:

- Radiantes: sobre 4, 6 o 12 semirrectas uniformemente espaciadas, se colocan valores proporcionales de cada ion y se unen los extremos formando un polígono estelar.

- Poligonales paralelos: en este diagrama se obtienen cuatro rectas paralelas igualmente espaciadas, formando cuatro semirrectas izquierdas siendo este el campo de cationes y las cuatro semirrectas derechas son los aniones. Se toma un segmento proporcional del ion y se unen los extremos dando como resultado un polígono.

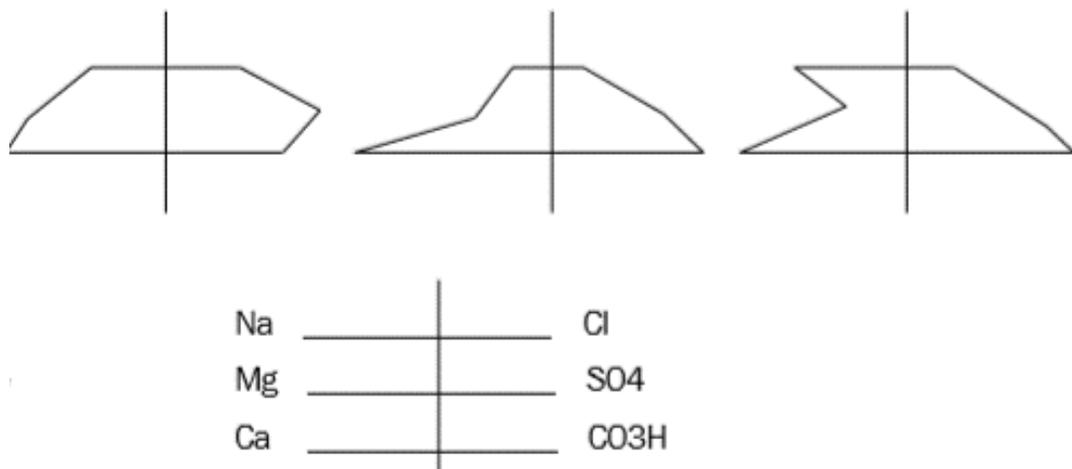
Para aguas subterráneas, se dispone utilizando 3 o 4 rectas base de arriba abajo.

Na + K, Mg, Ca ; Cl + NO<sub>3</sub>, SO<sub>4</sub>, CO<sub>3</sub>H + CO<sub>3</sub>

O bien:

K, Na, Mg, Ca ; NO<sub>3</sub>, Cl, SO<sub>4</sub>, CO<sub>3</sub>H + CO<sub>3</sub>

Figura 4. **Diagrama de Stiff**



Fuente: Ramírez. *Estudio sobre la calidad de agua subterránea del área noreste del valle de la ciudad capital de Guatemala*. Consultado el 29 de octubre de 2019. Recuperado de [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_2305\\_C.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_2305_C.pdf).

Para aguas muy concentradas el diagrama tiende a ser alargado, el valor en % de meq/l evita diferenciar el tamaño entre la figura, por lo tanto, la escala logarítmica permite representar tamaños aceptables.

### **10.2.5.2. Clasificaciones del agua**

Ramírez (2003) clasifica el agua con el fin de obtener información de su composición química o de sus características, generalmente se establecen sus propiedades destacadas dependiendo del sitio y según la necesidad y disponibilidad del agua.

#### **10.2.5.2.1. Clasificación simple**

Este tipo de clasificación se realiza de manera fácil y rápida ya que se tienen límites establecidos dependiendo de las características que se presentan en el agua, en un laboratorio se puede realizar de una manera más simple para poder obtener sus resultados.

- Por su residuo seco:
  - Agua dulce: de 0 a 2,000 ppm, a veces 3,000.
  - Agua salobre: hasta 5,000 ppm, a veces 10,000.
  - Agua salada: hasta 40,000 ppm, a veces 100,000.
  - Salmuera: hasta saturación.

- Por la dureza
  - Blanda: de 0 a 50 ppm en  $\text{CO}_3\text{Ca}$ , a veces hasta 60.
  - Algo dura: hasta 100 ppm en  $\text{CO}_3\text{Ca}$ , a veces hasta 120.
  - Dura: hasta 200 ppm en  $\text{CO}_3\text{Ca}$ , a veces hasta 250.
  - Muy dura: hasta saturación.
  
- Por propiedades destacas según los usos:
  - Selenitosa: se tiene más de 500 o 600 ppm en  $\text{SO}_4$ .
  - Sulfhídrica: si huele a ácido sulfhídrico.
  - Ferruginosa: si tiene hierro que produce un precipitado de óxido de hierro, al contacto con el aire.

#### **10.2.5.2.2. Clasificación geoquímica**

Se clasifica dependiendo de la cantidad de cationes o aniones en el agua si sobrepasan el 50 % de la suma de cada uno, si ninguno sobrepasa el 50 % se nombra con los dos elementos más abundantes, además puede añadirse o resaltar la mineralización total del agua o de acuerdo con su conductividad.

Tabla VI. **Clasificación geoquímica del agua**

	<b>ANIONES</b>		<b>CATIONES</b>
1	r Cl > r SO4 > r CO3H	a	r Na > r Mg > r Ca
2	r Cl > r CO3H > r SO4	b	r Na > r Ca > r Ca
3	r SO4 > r Cl > r CO3H	c	r Mg > r Na > r Ca
4	r SO4 > r CO3H > r Cl	d	r Mg > r Ca > r Na
5	r CO3H > r Cl > r SO4	e	r Ca > r Na > r Mg
6	r CO3H > r SO4 > r Cl	f	r Ca > r Mg > r Na

Fuente: Ramírez. *Estudio sobre la calidad de agua subterránea del área noreste del valle de la ciudad capital de Guatemala*. Consultado el 29 de octubre de 2019. Recuperado de [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_2305\\_C.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_2305_C.pdf).

## 11. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

La información obtenida se utilizará para el cálculo de diversos índices de calidad del agua siendo estos:

### 11.1. Índice de la calidad del agua

Krenkel y Novotny (citado por Jiménez y Vélez, 2006), indica que, para estimar el índice de calidad de agua, se utilizan factores de ponderación para cada una de las variables:

$$WQI = \sum_{i=1}^9 W_i * Q_i \quad \text{Ec. 1}$$

Donde:

WQI = índice de calidad de agua

W<sub>i</sub> = factor de importancia o ponderación de la variable i respecto a las restantes variables que conforman el índice.

Q<sub>i</sub> = correspondiente al factor de escala de la misma.

Tabla VII. **Ponderación de los parámetros de calidad de agua**

Parámetro	Factor
Porcentaje de saturación de oxígeno	0.17
Coliformes fecales	0.16
pH	0.11
Demanda bioquímica de oxígeno	0.11
Nitratos	0.1
Fosfatos	0.1
Temperatura	0.1
Turbiedad	0.08
Sólidos disueltos	0.07

Fuente: Fernández y Solano. *Análisis de la calidad de varios cuerpos de aguas superficiales en Bahía Solano utilizando índices de contaminación*. Consultado el 11 de febrero de 2020.

Recuperado de

<https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/13688/2018valentinamontero.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

### 11.1.1. Índice de contaminación

Jiménez et al., (2006) establece cuales son los índices de contaminación con un rango de variación de 0 a 1, donde 0 indica baja contaminación y 1 alta contaminación.

#### 11.1.1.1. Índice de contaminación por materia orgánica (ICOMO)

Incluye variables como oxígeno, DBO5, y coniformes totales y fecales.

$$ICOMO = \frac{1}{3}(I_{DBO} + I_{Coliformes\ totales} + I_{Oxigeno\%}) \quad Ec.. 2$$

Donde:

$$I_{DBO} = -0.05 + 0.70 \text{ Log}_{10}[\text{DBO}(\text{g}/\text{m}^3)]$$

$$I_{col\ tot} = -1.44 + 0.56 \text{ Log}_{10}[\text{Col tot}(\text{NMP})]$$

$$I_{Oxígeno\%} = 1 - 0.01 \text{ Oxígeno } (\%)$$

Tabla VIII. **Clasificación de la calidad de agua en función de los índices de contaminación**

Valor del índice	Clasificación de contaminación
0.8 - 1.0	Muy alta
0.6 - 0.8	Alta
0.4 - 0.6	Media
0.2 - 0.4	Baja
0.0 - 0.2	Muy baja

Fuente: Fernández y Solano. *Análisis de la calidad de varios cuerpos de aguas superficiales en Bahía Solano utilizando índices de contaminación*. Consultado el 11 de febrero de 2020.

Recuperado de

<https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/13688/2018valentinamontero.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

#### **11.1.1.2. Índice de contaminación por sólidos suspendidos (ICOSUS)**

Sólo utiliza una variable para su cálculo (valor de sólidos suspendidos) y su fórmula general es:

$$\text{ICOSUS} = -0.02 + 0.003 \text{ sólidos suspendidos } (\text{g}/\text{m}^3) \quad \text{Ec. 3}$$

Donde:

Sólidos suspendidos por encima de 340g/m<sup>3</sup> tienen un ICOSUS = 1

Sólidos suspendidos por debajo de 10 g/m<sup>3</sup> tienen ICOSUS = 0

**11.1.1.3. Índice de contaminación por mineralización ICOMI expresado por variables, de conductividad, dureza y alcalinidad**

Los valores muy bajos cercanos a cero reflejan baja contaminación por mineralización y cercanos a uno lo contrario:

$$ICOMO = \frac{1}{3}(I_{conductividad} + I_{Coliformes\ totales} + I_{alcalinidad}) \quad \text{Ec. 4}$$

Donde:

$$\text{Ln}(I) = -3.26 + 1.34\text{Ln} [\text{conductividad } (\mu\text{S/cm})]$$

Para esta variable hay que tener en cuenta que conductividades mayores a 270  $\mu\text{S/cm}$ , se les asigna el valor de 1.

- I dureza se obtiene:

$$\text{Ln}(I \text{ dureza}) = -9.09 + 4.40\text{Ln} [\text{dureza } (\text{mg/L})]$$

Se debe tener en cuenta que:

- Dureza mayor a 110 mg/L tiene un valor de 1 (I dureza = 1)
- Dureza menor a 30 mg/L tiene valor de 0 (I dureza = 0)
  
- I Alcalinidad se obtiene:

$$I \text{ Alcalinidad} = -0.25 + 0.005 \text{Alcalinidad (mg/L)}$$

Para esta variable se debe tener en cuenta:

- Alcalinidades mayores a 250 mg/L tienen un valor de 1 (I alcalinidad = 1).
  
- Alcalinidades menores a 50 mg/L tienen un valor de 0 (I alcalinidad = 0).



## 12. CRONOGRAMA

Figura 5. Cronograma de actividades

ACTIVIDADES	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6	MES 7	MES 8	MES 9	MES 10	MES 11	MES 12
Obtención de información del sitio	█	█	█									
Realización de mapas		█	█									
Muestreos		█		█		█		█		█		
Análisis de laboratorio		█		█		█		█		█		
Análisis de la recopilación de datos			█		█		█		█	█		
Conclusiones										█		
Presentación											█	
Revisión											█	█
Corrección												█
Impresión final												█

Fuente: elaboración propia.



### 13. FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO

La realización del estudio y monitoreo del agua subterránea en Asunción Mita, Jutiapa, brindará información actualizada del estado de la calidad del agua subterránea del sitio piloto de la Maestría en Gestión de Recursos Hidrogeológicos, contando con información de análisis y toma de muestras por parte de la Cooperación Italiana y el programa Agua Futura, e información sobre los puntos de monitoreo por parte de la comunidad y de la Asociación de Monitoreo y Protección Ambiental Regional (AMAR).

Tabla IX. **Listado de costos por actividad realizada, presupuesto**

<b>Actividad</b>	<b>Subactividad</b>	<b>Costo</b>
Obtención de información del sitio	Gasolina (incluye visita de campo)	Q 3,000.00
	Viáticos	Q 3,500.00
	Herramienta	Q 1,500.00
	Realización de mapas	Q 2,500.00
Muestreo	Obtención de muestras	Q 1,000.00
	Equipo de muestreo	Q 2,500.00
Análisis de muestras	Campo	Q 2,800.00
	Laboratorio	Q 8,000.00
Trabajo de gabinete	Conclusiones	Q 0.00
	Copias e impresiones	Q 2,000.00
Asesor	Consultoría general	Q 2,500.00
	Revisión de tesis	Q 2,500.00
Maestría	Inscripción	Q 2,062.00
<b>Total</b>		<b>Q 33,862.00</b>

Fuente: elaboración propia.

### **13.1. FODA**

La realización de este proyecto tiene como fortaleza la preocupación de los pobladores del sitio, ya que pueden brindar información necesaria, para el cumplimiento de los objetivos, debido a la inquietud que de ellos surge al ver que la industria melonera se ha establecido en grandes extensiones de suelo, y al no contar con el servicio de agua potable, se crea la necesidad de recurrir a la creación de pozos, de los cuales no se cuenta con información sobre la calidad del agua que de ellos obtienen.

Por lo tanto, se ve la oportunidad de realizar un análisis de la calidad del agua que los pobladores obtienen en distintos puntos de la región, contando con el apoyo del proyecto Agua Futura y del Centro de Estudios Superiores de Energía y Minas (CESEM), siempre teniendo en cuenta que existen debilidades que pueden retrasar un poco la realización del proyecto, además de las amenazas que en algún momento impedirán la realización de las metas, se tendrá en cuenta un respaldo propio para poder solventar cualquier inconveniente académico, económico o social que pueda surgir. Como se muestra en la tabla VII.

Tabla X. **FODA**

<b>FORTALEZAS</b>	<b>OPORTUNIDADES</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Información por parte de la comunidad.</li> <li>• Apoyo de la cooperación italiana con el programa Agua Futura.</li> <li>• Acceso a pozos y puntos de muestreo con apoyo de la asociación AMAR.</li> <li>• Realizar el proyecto para brindar información concreta y real del estado del agua subterránea del sitio.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Creciente preocupación de los pobladores por saber el estado y la calidad del agua que utilizan para su consumo.</li> <li>• Manejo de la información ya existente en algunos pozos, manantiales y otros cuerpos de agua.</li> <li>• Uso de equipo por parte de CESEM – USAC.</li> </ul>
<b>DEBILIDADES</b>	<b>AMENAZAS</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Medios de transporte para los distintos puntos de análisis para la toma de muestras</li> <li>• Mal estado de los sitios y acceso restringido por vegetación hacia los puntos de muestreo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Retiro del apoyo por parte de la cooperación italiana y el programa Agua futura.</li> <li>• Costo de la toma de muestras y realización de pruebas para el monitoreo.</li> <li>• Factores tiempo y dinero.</li> </ul>

Fuente: elaboración propia.



## 14. REFERENCIAS

1. Abarca, P. y Crawford, H. (2017). *Manual de manejo agronómico para cultivo de melón*. Chile: INDAP. Recuperado de <https://www.inia.cl/wp-content/uploads/ManualesdeProduccion/01%20Manual%20melon.pdf>
2. AECID. (2017). *La importancia de las aguas subterráneas en la gestión integrada de los recursos hídricos: aplicaciones prácticas en proyectos de cooperación internacional para el desarrollo*. Guatemala: Cooperación Española. Recuperado de <https://intercoonecta.aecid.es/programaci%C3%B3n-de-actividades/la-importancia-de-las-aguas-subterr-neas-en-la-gesti-n-integrada-de-los-recursos-h-dricos-aplicaciones-pr-cticas-para-proyectos-de-cooperaci-n-internacional-para-el-desarrollo>
3. Aldana, M. y Zacarias, E. (Septiembre 2014). Índice de calidad de agua del río Cucabaj ubicado en el municipio de Santa Cruz del Quiché, Quiché y la influencia en los costos del tratamiento de potabilización. *Ciencia, Tecnología y Salud*, (1), pp 21-34.
4. Auge, M. (2006). *Métodos y Técnicas para el monitoreo de acuíferos*. Argentina: Universidad de Buenos Aires. Recuperado de <http://tierra.rediris.es/hidrored/ebooks/miguel/Monitoreo.pdf>

5. Centro de Formación de la Cooperación Española en La Antigua Guatemala. (2017). *La importancia de las aguas subterráneas en la gestión integrada de los recursos hídricos: aplicaciones prácticas en proyectos de cooperación internacional para el desarrollo*. Guatemala: Embajada de España en Guatemala. Recuperado de [https://interconecta.aecid.es/Gestin%20del%20conocimiento/relatoria\\_igme\\_web.pdf](https://interconecta.aecid.es/Gestin%20del%20conocimiento/relatoria_igme_web.pdf)
  
6. Domínguez, A. (2008). *Análisis de agua. Química Analítica Ambiental*. (Tesis de Doctorado). Universidad de Zaragoza, España. Recuperado de <https://digital.csic.es/bitstream/10261/112949/1/TESIS%20Andr%C3%A9s%20Dominguez%20Carrasco.pdf>
  
7. Fernández, N., y Solano, F. (2005). *Análisis de la calidad de varios cuerpos de aguas superficiales en Bahía Solano utilizando índices de contaminación*. (Tesis de Licenciatura). Universidad Tecnológica del Chocó Diego Luis Córdoba, Colombia. Recuperado de <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/13688/2018valentinamontero.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
  
8. Gestion sostenible del agua Gidahatari. (2013). *Protocolo de monitoreo de calidad de agua subterránea*. Perú: Gidahatari. Recuperado de <https://www.iagua.es/blogs/gidahatari/protocolo-de-monitoreo-de-calidad-de-agua-subterranea>

9. Girón, D. (2011). *Evaluación y mapeo de la calidad de agua y nivel freático en pozos artesanales para abastecimiento humano y su posible relación con la red hidrológica en el casco urbano de la ciudad de Chiquimula*. (Tesis de Licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. Recuperado de [http://cunori.edu.gt/descargas/Girn.D.2009.Evaluacin\\_Mapeo\\_AguaSubterrnea\\_Chiquimula.pdf](http://cunori.edu.gt/descargas/Girn.D.2009.Evaluacin_Mapeo_AguaSubterrnea_Chiquimula.pdf)
10. Herrera, I., Manzo, D. y Hernández, E. (2016). *Estudio hidrogeológico de los acuíferos volcánicos de la República de Guatemala*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala. Recuperado de <https://digi.usac.edu.gt/bvirtual/informes/puirna/INF-2016-05.pdf>
11. Jiménez, M., y Vélez, M. (Octubre 2006). Análisis comparativo de indicadores de la calidad de agua superficial. *Avances en Recursos* (14), pp 53-70.
12. Martínez, N. (2017). *Guía de aspectos técnicos y de calidad del agua para el aprovechamiento y extracción de agua subterránea en Guatemala*. (Tesis de Licenciatura). Universidad Rafael Landívar, Guatemala. Recuperado de <http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesiseortiz/2017/02/09/Martinez-Nancy.pdf>
13. Norma Técnica Guatemalteca, COGUANOR 29-001. (2013). *Agua para consumo humano (agua potable), especificaciones*. Guatemala: Ministerio de Economía. Recuperado de <http://www.ecosistemas.com.gt/wp-content/uploads/2015/07/04-COGUANOR-NTG-29-001-1a-Revision.pdf>

14. OMS. (1992). *Consecuencias sanitarias del empleo de plaguicidas en la agricultura*. Ginebra, Suiza: Organización Mundial de la Salud. Recuperado de <https://apps.who.int/iris/handle/10665/39175>
15. Ortega, I. (2010). *Estimación de la recarga contaminantes y el volumen de sedimento en la laguna de Ayarza*. (Tesis de Maestría). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. Recuperado de [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_0402\\_MT.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0402_MT.pdf)
16. Palma, A., de León, G., Rodríguez, J., Melgar, J. y Paiz, L. (2013). *Diagnóstico socioeconómico, potencialidades productivas y propuestas de inversión*. (Tesis de Licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. Recuperado de [http://biblioteca.usac.edu.gt/EPS/03/03\\_0718\\_v1.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/EPS/03/03_0718_v1.pdf)
17. Pastora, D. (2010). *Evaluación de la fórmula de Manning en el río Ostúa*. (Tesis de Maestría). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. Recuperado de <file:///C:/Users/casa/Downloads/Tesis%20%20Evaluacion%20de%20La%20Formula%20de%20Manning%20en%20el%20rio%20Ostua%20-%20Ing.%20Deyman%20Vladimir%20Pastora%20Flores.pdf>
18. Pérez Vázquez, R. (2011). *Efectos de los metales pesados en el medio ambiente y la salud humana*. Departamento de Geología. Universidad de Pinar del Río Hermanos Saíz Montes de Oca: Pinar del Río, Cuba.

19. Ramírez, L. (2003). *Estudio sobre la calidad de agua subterránea del área noreste del valle de la ciudad capital de Guatemala*. (Tesis de Licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. Consultado el 29 de octubre de 2019. Recuperado de [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_2305\\_C.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_2305_C.pdf)
20. Saravia, P. (2016). *Determinación de los índices de calidad del agua (ICANSF E ISCA) para consumo humano de los ríos Teocinte y Acatán, que abastecen la planta de tratamiento de agua Santa Luisa zona 16, Guatemala*. (Tesis de Maestría). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. Recuperado de [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_0527\\_MT.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0527_MT.pdf)
21. SEGEPLAN. (2011). *Plan de desarrollo, Asunción Mita Jutiapa*. Guatemala: Dirección Municipal de Desarrollo. Recuperado de [file:///C:/Users/casa/Downloads/PDM\\_2205.pdf](file:///C:/Users/casa/Downloads/PDM_2205.pdf)
22. Stiff, H. A. (1951). *Sistema informático para la caracterización y monitoreo de la calidad de las aguas superficiales y subterráneas*. Recuperado de <http://repositorio.geotech.cu/jspui/bitstream/1234/3221/1/Sistema%20inform%C3%A1tico%20para%20la%20caracterizaci%C3%B3n%20y%20monitoreo%20de%20la%20calidad%20de%20las%20aguas.pdf>

