

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE IZABAL
CARRERA DE INGENIERÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL**

The seal of the University of San Carlos of Guatemala is a circular emblem. It features a central figure of a woman in a red and white dress, likely the Virgin Mary, seated on a white horse. The background is a landscape with green hills and a blue sky. The seal is surrounded by a circular border containing the Latin motto: "CETERA SEQUITUR CONSPICUA CAROLINA ACADEMIA COACTEMALENSIS INTER".

**EFFECTO DEL USO DE LA TIERRA SOBRE LA CALIDAD DEL AGUA EN LA
MICROCUENCA DEL RÍO EL DERRUMBE, MUNICIPIO DE PUERTO BARRIOS,
IZABAL**

JOSELYN GRACIELA MORALES BARRIENTOS

PUERTO BARRIOS, IZABAL, GUATEMALA, OCTUBRE DE

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE IZABAL
CARRERA DE INGENIERÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL**

**EFFECTO DEL USO DE LA TIERRA SOBRE LA CALIDAD DEL AGUA EN LA
MICROCUEENCA DEL RÍO EL DERRUMBE, MUNICIPIO DE PUERTO BARRIOS,
IZABAL**

PRESENTANDO AL HONORABLE CONSEJO DIRECTIVO

POR:

JOSELYN GRACIELA MORALES BARRIENTOS

**EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO
INGENIERA EN GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL, EN EL GRADO ACADÉMICO
DE LICENCIADO**

PUERTO BARRIOS, IZABAL, GUATEMALA, OCTUBRE DE 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE IZABAL
CARRERA DE INGENIERÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL

RECTOR

PhD. Carlos Alvarado Cerezo

CONSEJO DIRECTIVO

Presidente

PhD. José Adiel Robledo Hernández

Representantes de profesores

Lic. Humberto Teos Morales

Licda. Juana Izabal Galdámez Mendoza

Representantes de estudiantes

Luis Fernando Arias López

Roberto Gabino Barrera Castillo

Secretaria

Licda. Ana María de León Escobar

AUTORIDADES ACADÉMICAS

Coordinador académico

Lic. Humberto Teos Morales

Coordinador de carrera

MSc. Ricardo Alfonso Barrientos Reneau

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE IZABAL
CARRERA DE INGENIERÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL**

**EFFECTO DEL USO DE LA TIERRA SOBRE LA CALIDAD DEL AGUA EN LA
MICROCUEENCA DEL RÍO EL DERRUMBE, MUNICIPIO DE PUERTO BARRIOS,
IZABAL**

**JOSELYN GRACIELA MORALES BARRIENTOS
201243633**

**ING. NAZIR EDUARDO BARROW RAMÍREZ
ASESOR PRINCIPAL**

PUERTO BARRIOS, IZABAL, GUATEMALA, OCTUBRE DE 2017

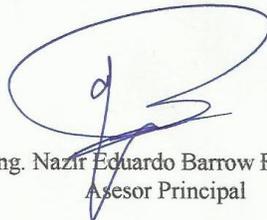
Puerto Barrios, septiembre de 2017

Señor Director
Centro Universitario de Izabal
Universidad de San Carlos de Guatemala
Puerto Barrios, Ciudad

Señor Director:

En atención a la designación efectuada por el Programa de Trabajos de Graduación de la Carrera de Gestión Ambiental Local, para asesorar al estudiante, Joselyn Graciela Morales Barrientos, en la realización del trabajo de investigación denominado "EFECTO DEL USO DE LA TIERRA SOBRE LA CALIDAD DEL AGUA EN LA MICROCUENCA DEL RÍO EL DERRUMBE, MUNICIPIO DE PUERTO BARRIOS, IZABAL", tengo el agrado de dirigirme a usted, para informarle que he procedido a revisar y orientar al sustentante, en todo el proceso de planificación, ejecución y evaluación.

En mi opinión, el trabajo presentado reúne los requisitos exigidos por las normas pertinentes; razón por la cual recomiendo su aprobación para su discusión en el Examen General Público de Graduación, previo a optar el título de Ingeniera en Gestión Ambiental Local, con el grado académico de Licenciado"



Ing. Nazir Eduardo Barrow Ramírez
Asesor Principal

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Universidad de San Carlos de Guatemala
Centro universitario de Izabal
Ingeniería en gestión ambiental local
Comisión de tesis

Acta No 7
Seminario II de tesis
Estudiante: Joselyn Graciela Morales Barrientos

Con fecha 22 de Septiembre 2017, se presentó seminario de tesis II a solicitud de la estudiante Joselyn Graciela Morales Barrientos, identificada con numero de carné: 201243633 quien luego de presentar su seminario, fue evaluada individualmente y calificada satisfactoriamente por la terna evaluadora, por lo que está aprobado el seminario II con una nota de setenta y nueve (79) puntos, con la salvedad de incorporar las sugerencias inscritas en los documentos evaluados individualmente y a los acuerdos a los que se llegó de manera grupal en la reunión, entre los que destaca:

- Revisión de puntuación y ortografía.
- Utilización adecuada de norma APA.
- Mejoramiento de figuras.
- Forma del documento.

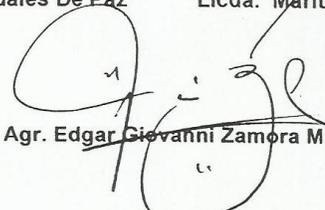
Por lo que se insta al estudiante a que pueda continuar con su proceso de graduación.

Se finaliza la presente acta el 17 de octubre del 2017 y entrega una copia certificada a la alumna para los trámites respectivos de seguimiento a su proceso de graduación.

Atentamente,


Ing. Agr. Abin Josué Bardales De Paz


Licda. Maritza Raquel Aguirre Cordón


Ing. Agr. Edgar Giovanni Zamora Morales



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE IZABAL
INGENIERIA EN GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL

Dictamen de Revisora de Redacción y Estilo de tesis de Ingeniera en Gestión Ambiental Local, en el Grado Académico de Licenciada

Nombre del estudiante: **Joselyn Graciela Morales Barrientos**
Título de la tesis: **“Efecto del Uso de la Tierra Sobre la Calidad del Agua en la Microcuenca del Río El Derrumbe, Municipio de Puerto Barrios, Izabal”**

La Revisora de Tesis,

Considerando:

PRIMERO: Que ha leído el informe de tesis, donde consta que la estudiante en mención realizó la investigación de rigor atendiendo a un método, técnicas e instrumentos propios de su campo.

SEGUNDO: Que luego de que la estudiante realizara las correcciones que le fueron planteadas en su oportunidad.

TERCERO: Que dicho trabajo reúne las calidades necesarias de un trabajo de investigación de **Ingeniera en Gestión Ambiental Local, en el Grado Académico de Licenciada.**

Por tanto,

En calidad de revisora de Redacción y Estilo de Tesis de Ingeniero en Gestión Ambiental Local, en el Grado Académico de Licenciado, emite **DICTÁMEN FAVORABLE**, con correcciones menores para que continúe con los trámites de rigor

Izabal, Guatemala, octubre 2017

MSc. Elena Elizabeth Sújite Garnica de Quintanilla
Revisora de Redacción y Estilo

Cc/estudiante
Archivo.



Universidad de San Carlos de Guatemala
Centro Universitario de Izabal "CUNIZAB"
Teléfonos: 79475792, 79475788, 79475754

DICTAMEN DE IMPRESIÓN 085-2017

Con base en los requerimientos académicos y en cumplimiento de los reglamentos; según consta en punto CUARTO del acta 18-2017, de la sesión celebrada por el Consejo Directivo del Centro Universitario de Izabal, el miércoles ocho de Noviembre del dos mil diecisiete, se conoció el acta No. 7 de Examen Privado de Tesis de la carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local, de fecha 17 de Octubre de dos mil diecisiete y el trabajo de Tesis denominado "EFECTO DEL USO DE LA TIERRA SOBRE LA CALIDAD DEL AGUA EN LA MICROCUENCA DEL RIO EL DERRUMBE, MUNICIPIO DE PUERTO BARRIOS, IZABAL", que para su graduación profesional presentó la estudiante: JOSELYN GRACIELA MORALES BARRIENTOS. Por lo cual, posterior a la revisión respectiva y en cumplimiento de los normativos correspondientes, el Consejo Directivo APROBO lugar, fecha y hora para efectuar examen público de graduación y esta Dirección AUTORIZA la impresión del documento de Tesis.

Dado en la ciudad de Puerto Barrios, a los diez días del mes de Noviembre de dos mil diecisiete.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

A handwritten signature in black ink, followed by a circular official stamp of the Universidad de San Carlos de Guatemala, Centro Universitario de Izabal. The stamp contains the text "UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA" and "CENTRO UNIVERSITARIO DE IZABAL" around the perimeter, with "DIRECCION" at the bottom.

PhD. José Adiel Robledo Hernández
Director
CUNIZAB

AGRADECIMIENTOS

- A:** Dios por estar a mi lado.
- Al:** Centro Universitario de Izabal, de la Universidad de San Carlos de Guatemala, centro de estudio de mi formación académica.
- A:** La Autoridad para el Manejo Sustentable de Cuenca Hidrográfica del Lago de Izabal y Río Dulce –AMASURLI-, por su apoyo en el Ejercicio Profesional Supervisado.
- A:** PRONICO-CGN, por el apoyo incondicional en la realización de esta investigación científica y sus implicaciones en el manejo sostenible y conservación ambiental de la región del caribe guatemalteco.
- Al:** Claustro de docentes de la carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local, del Centro Universitario de Izabal, por compartir sus conocimientos durante mi formación profesional.
- A:** Elda Villeda, Hugo Argueta y Zulma, profesores que compartieron su conocimientos para mi formación académica.
- Al:** Ing. Nazir Barrow, por su asesoría y apoyo en la elaboración del estudio.
- Al:** Ing. Agr. Erick Coc, por su apoyo en la elaboración del estudio.

DEDICATORIAS

- A MIS PADRES:** Manuel de Jesús Morales Alvarado
Mara Graciela Barrientos Rivas
Con mucho cariño y agradecimiento, por el esfuerzo y apoyo que me brindaron.
- A MIS HERMANOS:** Jessica Teresa Morales Barrientos
Manuel Ricardo Morales Barrientos
Con mucho cariño, nunca es tarde para lograr lo que se propongan.
- A MIS ABUELOS:** Ricardo Barrientos Yanes (Q.E.P.D)
Teresa de Jesús Rivas Saavedra
Luz Alvarado (Q.E.P.D)
Por sus consejos y amor.
- A MI FAMILIA:** Tíos, tías y primos Alvarado, con mucho cariño.
- A MIS TÍOS:** Edwin Barrientos, Nora Barrientos, Ruth Canales
Con mucho cariño y agradecimiento.
- A MIS PRIMOS:** Marilee Barrientos, Steven Barrientos, Natally Ruiz, Ingrid Ruiz y Aroldo Ruiz (Q.E.P.D)
Con cariño, futuros profesionales.
- A MIS SOBRINOS:** Aroldo Isaac Morales, Carlos y Allyson Moscoso.
Con mucho cariño, que nadie les diga que no pueden lograr lo que se propongan.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE CONTENIDO.....	xxi
ÍNDICE DE TABLAS	xxv
ÍNDICE DE FIGURAS	xxvi
ÍNDICE DE APENDICES	xxvii
RESUMEN.....	xxviii

ÍNDICE DE CONTENIDO

1.	INTRODUCCION.....	1
2.	ANTECEDENTES	2
3.	DEFINICIÓN Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
4.	JUSTIFICACION	4
5.	OBJETIVOS.....	5
5.1.	General	5
5.2.	Específicos	5
6.	MARCO TEORICO	6
6.1.	Recursos naturales	6
6.1.1.	Cuencas hidrográficas.....	6
6.1.2.	Recurso Forestal	7
6.1.3.	Cambios en el uso del suelo	7
6.1.3.A	Principales cambios del uso de la tierra	8
6.1.4.	El agua un vital recurso.....	9
6.1.5.	Recurso agua en Guatemala	9

6.1.6.	Impactos ambientales al agua por cambio del suelo	10
6.1.6.A	El impacto de las zonas habitacionales a la calidad del agua	10
6.1.6.B	Impacto de las zonas boscosas a la calidad del agua.....	11
6.1.7.	La legislación como elemento de protección del agua	11
7.1.7.A	Norma COGUANOR NGO 29 001:99	12
7.	MARCO REFERENCIAL	15
7.1.	Ubicación geográfica del área de estudio.....	15
7.2.	Características Microcuenca Río El Derrumbe	16
7.2.1.	Zona de vida	16
7.2.2.	Geología	16
7.2.3.	Fisiografía.....	16
7.2.4.	Descripción del clima	17
7.3.	COGUANOR NGO 29001: 99.....	17
7.3.1.	Determinación de la calidad del agua para consumo humano que suministra la municipalidad de San Agustín Acasaguastlán, departamento de El Progreso	18
7.3.2.	Diagnóstico de la calidad fisicoquímica y microbiológica en agua de suministro potable para 6 aldeas y cabecera municipal en el municipio de San Vicente Pacaya, Escuintla conforme a la norma COGUANOR NGO 29001:99.....	18
8.	MARCO METODOLÓGICO	19
8.1.	Identificando los cambios del uso de la tierra de la microcuenca del Río El Derrumbe.....	19
8.1.1.	Delimitación de la microcuenca del Río El Derrumbe	19
8.1.2.	Recorrido de campo para la delimitación de polígonos de los usos actuales de la microcuenca.....	19
8.1.3.	Conformación preliminar del mapa de uso de la tierra de la microcuenca del Río El Derrumbe.	20

8.1.4.	Recorrido de verificación de los usos de la tierra de la microcuenca del Río El Derrumbe.....	20
8.1.5.	Rectificación y conformación del mapa de uso de la tierra de la microcuenca del Río El Derrumbe.....	20
8.1.6.	Determinar el cambio de la cobertura boscosa de la microcuenca del Río El Derrumbe.....	21
8.2.	Estimación de la calidad del agua según la norma COGUANOR NGO 29 001:99 de la microcuenca del Río El Derrumbe	21
8.2.1.	Establecer puntos de muestreo de la calidad de agua.	21
8.3.	Estimar el caudal del Río El Derrumbe	23
8.3.1.	Toma de muestra en los puntos de muestreo para la calidad de agua	24
8.3.2.	Traslado de las muestras de agua para estimar los contenidos de los factores de acuerdo a lo requerido por la Norma COGUANOR NGO 29 001: 99.....	25
8.3.3.	Interpretación de los resultados de laboratorio de acuerdo a la Norma COGUANOR NGO 29 001: 99.....	26
8.4.	Estableciendo las relaciones del efecto del uso de la tierra sobre la calidad del agua en la microcuenca del Río El Derrumbe.....	26
8.4.1.	Identificar los factores de contaminación de las categorías de uso de la tierra evaluadas de la microcuenca.	26
8.4.2.	Establecer relación mediante una comparación descriptiva entre la calidad de agua obtenida de los dos puntos de muestreo y el uso de la tierra	27
8.5.	Determinación de la propuesta de medidas que reduzcan los impactos a la calidad del agua para ser promisoría de abastecimiento para consumo humano	27
8.5.1.	Identificar y valorar impactos mediante la matriz de Leopold.....	27
8.5.2.	Elaboración de medidas de mitigación	30
9.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	31
9.1.	Cambios del uso de la tierra en la microcuenca del Río El Derrumbe.	31

9.1.1.	Usos actuales de la Microcuenca del Río El Derrumbe.....	31
9.1.2.	Cambio de uso del bosque 2006-2016.....	32
9.2.	Calidad del agua según la norma COGUANOR NGO 29 001:99 de la microcuenca del Río El Derrumbe.....	33
9.2.1.	Caudal del Río El Derrumbe	33
9.2.2.	Calidad de agua de la microcuenca.....	34
10.2.2.A	Punto de muestreo cobertura boscosa	34
10.2.2.B	Punto de muestreo cobertura habitacional.....	37
9.3.	Establecer relaciones del efecto del uso de la tierra sobre la calidad del agua en la microcuenca del Río El Derrumbe	39
9.3.1.	Relación uso del suelo y calidad del agua cobertura boscosa de la microcuenca ..	39
9.3.2.	Relación uso del suelo y calidad del agua cobertura habitacional de la microcuenca.....	40
9.4.	Proponer medidas que reduzcan los impactos a la calidad del agua para ser promisorias de abastecimiento para consumo humano.	40
9.4.1.	Matriz de Leopold.....	40
9.4.2.	Medidas de mitigación.....	43
10.	CONCLUSIONES	45
11.	RECOMENDACIONES	46
12.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	47
13.	APÉNDICE	51

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características Físicas	12
Tabla 2. Características Químicas	13
Tabla 3. Características Microbiológicas	14
Tabla 4. Parámetros de evaluación de la norma COGUANOR NGO 29 001: 99.....	25
Tabla 5. Rango de valoración.....	28
Tabla 6. Modelo Matriz de Leopold	29
Tabla 7. Matriz Medidas de Mitigación.....	30
Tabla 8. Análisis microbiológico estación cobertura boscosa	35
Tabla 9. Análisis físico-químico estación cobertura boscosa	36
Tabla 10. Análisis microbiológico estación cobertura habitacional.....	37
Tabla 11. Análisis físico-químico estación cobertura habitacional.....	38
Tabla 12. Matriz de Leopold	41
Tabla 13. Medidas de Mitigación	43

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Microcuenca del Río El Derrumbe.....	15
<i>Figura 2.</i> Puntos de muestreo.....	22
<i>Figura 3.</i> Uso actual de la Microcuenca 2017	31
<i>Figura 4.</i> Cambio uso del bosque 2006-2016	32
<i>Figura 5.</i> Precipitación año 2010	34
<i>Figura 6.</i> Impactos identificados.....	42

ÍNDICE DE APENDICES

Apéndice A. Zona de vida microcuenca río El Derrumbe	51
Apéndice B. Geología microcuenca río El Derrumbe	52
Apéndice C. Fisiografía microcuenca río El Derrumbe.....	53
Apéndice D. Usos de la tierra microcuenca río El Derrumbe 2006	54
Apéndice E. Cobertura boscosa perdida	54
Apéndice F. Área promedio de la sección del río El Derrumbe	55
Apéndice G. Tiempo promedio del flotador	55
Apéndice H. Análisis microbiológico cobertura boscosa microcuenca río El Derrumbe ...	56
Apéndice I. Análisis físico-químico cobertura boscosa microcuenca río El Derrumbe	57
Apéndice J. Análisis microbiológico cobertura habitacional microcuenca río El Derrumbe	58
Apéndice K. Análisis físico-químico cobertura habitacional microcuenca río El Derrumbe	59
Apéndice L. Zona de carga parte alta	60
Apéndice M. Zona de veda Santo Tomas	61
Apéndice O. Fotografías parte alta microcuenca río El Derrumbe	62
Apéndice P. Fotografías parte baja microcuenca río El Derrumbe	63

RESUMEN

El agua es el principal recurso natural que necesita el humano para sobrevivir.

En el municipio de Puerto Barrios cuenta con una población de 126,000 personas las cuales demandan a la municipalidad la provisión de servicios básicos como energía eléctrica, saneamiento y agua potable. Para esta última la empresa municipal de agua utiliza diferentes fuentes para el abastecimiento de la población, siendo la principal el río Las Escobas. Sin embargo el aumento poblacional y la degradación de los recursos en esta cuenca hacen necesaria la búsqueda de nuevas alternativa que permitan al municipio planificar su utilización como futura fuente de abastecimiento.

Para ello en la presente investigación se seleccionó el río El Derrumbe, como una alternativa que permita abastecer del vital a una parte de la población en el municipio de Puerto Barrios. El objetivo principal definido fue evaluar el efecto del uso de la tierra sobre la calidad del agua de la microcuenca del río El Derrumbe para fines de consumo humano.

Para determinar si el agua era adecuada para consumo humano, se realizó la proyección del mapa de usos actuales de la tierra donde se identificó la población y el bosque como los dos usos con mayor cobertura de la microcuenca, en los límites de los dos usos, se identificaron los puntos de muestreo, el punto de muestreo en el río referente a la cobertura boscosa y el punto de muestreo de la cobertura habitacional. Las muestras de agua fueron tomadas en cada uno de los puntos, luego fueron enviadas al laboratorio para ser analizadas de acuerdo a los parámetros físico-químicos y microbiológicos establecidos por la norma de la Comisión Guatemalteca de Normas (COGUANOR) Normas Guatemaltecas Obligatorias (NGO) 29 001: 99.

De acuerdo a los resultados obtenidos las actividades realizadas dentro de la microcuenca influyen en la calidad del agua del río. Los resultados obtenidos del análisis de calidad de agua en el punto de la cobertura habitacional mostraron la presencia de coliformes totales, dureza total, hierro, pH y sulfatos sobre los límites establecidos por la norma COGUANOR NGO 29 001: 99. En el punto de la cobertura boscosa los análisis mostraron presencia de coliformes totales, pH y

Sulfatos sobre los límites establecidos por la norma. En los dos puntos el agua no es adecuada para consumo humano. El agua que solo se ve afectada por la cobertura boscosa puede ser utilizada para consumo, si se aplica un tratamiento de potabilización de agua para reducir los tres parámetros que están sobre los límites permisibles establecidos en la norma.

Al final, se recomiendan medidas de mitigación para cada uno de los impactos identificados dentro de la microcuenca, las medidas están enfocadas en la conservación de la cobertura boscosa y mejorar la calidad del agua del río El Derrumbe.

1. INTRODUCCION

De todo el recurso hídrico utilizable solo el 25% se encuentra accesible y utilizado. El agua es un recurso necesario para el consumo de las personas, siendo las personas la principal amenaza en la alteración de la calidad del agua (AGROPOLIS INTERNACIONAL, 2012).

En los últimos 40 mil años el volumen del agua no ha variado pero la calidad se ha deteriorado. Las actividades realizadas por los humanos generan contaminantes que afectan la calidad del agua, suelo, aire y biota (Auge, 2007).

Por su ubicación geográfica Guatemala cuenta con gran abundancia de recursos hídricos, entre estos la Vertiente del Atlántico abarca el 31% del territorio, el Motagua es uno de los ríos con los que cuenta la Vertiente (GWP Centroamérica, 2015).

La microcuenca del río El Derrumbe se encuentra en el municipio de Puerto Barrios, este río desemboca en la Bahía de Amatique. El incremento poblacional que ha tenido el municipio hace necesario la búsqueda de nuevas fuentes de abastecimiento de agua.

El objetivo es evaluar el efecto del uso de la tierra sobre la calidad del agua en la microcuenca del río El Derrumbe, se determinaron los usos actuales de la microcuenca, seleccionando los dos usos con mayor cobertura, se identificaron los puntos de muestreo, en los límites de cada uno de los usos donde se realizó la toma de muestras de agua para determinar si el agua es adecuada para consumo humano.

El análisis de calidad de agua se realizó de acuerdo a la norma COGUANOR NGO 29001:99, la cual establece los límites aceptables y permisibles para cada uno de los parámetros evaluados. Se analizaron los parámetros microbiológicos y físico-químicos del agua de cada una de las muestras determinando que el río no puede ser utilizado como fuente de abastecimiento de agua para consumo humano ya que no cumplen con los valores máximos de los parámetros establecidos por la norma. Por ello se propone utilizar un tratamiento de potabilización previo a ser consumida.

2. ANTECEDENTES

A nivel nacional se han desarrollado trabajos de investigación a través de estudios de la calidad del agua, en el departamento del Progreso, del municipio de Acasaguastlan se llevó a cabo un estudio donde se determinó la calidad del agua para consumo humano para los pobladores del casco urbano basando los parámetros según la norma COGUANOR NGO 29001 donde se encontró presencia de coliformes fecales y *Escherichia coli* (Pensamiento, 2011).

En el municipio de San Vicente Pacaya del departamento de Escuintla se realizó un estudio del manantial Los Jazmines y Laguna de Calderas para determinar su potabilidad, se utilizó la norma COGUANOR NGO 29001, para determinar las características fisicoquímicas y microbiológicas en dicho estudio se determinó que el agua no era potable, debido a que presentó en las características microbiológicas de las dos fuentes que no cumplieron con la normativa ya que se encontraron presencia de contaminación fecal (Monroy, 2012).

En la cuenca del Río Sarapiquí en San José, Costa Rica se realizó el estudio para analizar como el uso del suelo y captación afectan las fuentes de abastecimiento de agua. Utilizando la Formula Universal de Perdida del Suelo se determinaron estratos con algún tipo de erosión (Guerreo, 2011).

En Izabal se han llevado a cabo otros estudio similares, los más cercanos son los realizados en el área protegida Cerro San Gil, donde se realizaron análisis de calidad de agua en 15 ríos dentro del área protegida, para los análisis se utilizó la normativa COGUANOR NGO 29 001, entre los resultados nueve ríos mostraron contaminación fecal (CONAP, FUNDAECO & TNC, 2006).

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El agua es uno de los recursos que se necesita para sobrevivir. Las fuentes de agua dulce para el consumo humano son limitadas. Las fuentes de agua superficial de los ríos son las fuentes de abastecimiento de agua promisorias para la población del municipio de Puerto Barrios, por lo que su disponibilidad para el consumo humano estará determinada por las características físico-químicas y microbiológicas que presenten.

El Río las Escobas en la actualidad es la fuente de agua superficial que provee de este vital líquido a un sector de la población del casco urbano del municipio de Puerto Barrios, y de la misma manera su calidad está en función del estado de la conservación de los recursos suelo y flora.

La microcuenca del río El Derrumbe no es la excepción, conforma parte del sistema hidrológico del municipio de Puerto Barrios y como tal es promisorio como una fuente alternativa para satisfacer la demanda insatisfecha de agua para los pobladores del municipio, pero al igual que otras cuencas hidrográficas existe pérdida de su cobertura boscosa por actividades antropogénicas.

La falta de fuentes de agua para el municipio y el mal sistema de distribución ocasiona que la población no este conforme y que el recurso no sea distribuido a toda la población equitativamente. Así como la demanda de agua se incrementa con los años por el aumento poblacional, entre mayor sea la población más territorio requiere ocasionando un impacto al recurso tierra.

4. JUSTIFICACION

Actualmente uno de los recursos naturales que se ve afectado por el humano es el agua. El municipio de Puerto Barrios cuenta con fuentes de agua que pueden ser utilizadas para el abastecimiento de la población. El río El Derrumbe podría llegar a ser una futura fuente de agua para cubrir la demanda de agua requerida por población del casco urbano de Puerto Barrios, que por años han sufrido de esta necesidad ocasionada por su mismo crecimiento poblacional. El mal uso del recurso suelo por el aumento de la población y por actividades agrícolas tienen efecto en la calidad de agua de los ríos.

Las pruebas de calidad de agua en diferentes puntos del río El Derrumbe darán información de los niveles de contaminación del mismo, en cuanto a sus características físico-químicas y microbiológicas; por otro lado el análisis del uso de la tierra por diferentes actividades productivas permitirá identificar los impacto ocasionado al suelo y que será reflejado en los parámetros de las pruebas de calidad de agua, los datos de estas pruebas serán utilizados para determinar si la fuente de agua podrá ser usada por la población.

5. OBJETIVOS

5.1. General

Evaluar el efecto del uso de la tierra sobre la calidad del agua de la microcuenca del río El Derrumbe para fines de consumo humano.

5.2. Específicos

- Determinar los cambios del uso de la tierra en la microcuenca del río El Derrumbe.
- Estimar la calidad del agua según la norma COGUANOR NGO 29 001:99 de la microcuenca del río El Derrumbe.
- Establecer relaciones del efecto del uso de la tierra sobre la calidad del agua en la microcuenca del río El Derrumbe.
- Proponer medidas que reduzcan los impactos a la calidad del agua para ser promisorias de abastecimiento para consumo humano.

6. MARCO TEORICO

6.1. Recursos naturales

Los recursos naturales son los que obtenemos directamente de la naturaleza, estos pueden ser renovables y no renovables.

6.1.1. Cuencas hidrográficas

El termino cuenca hidrográfica según la FAO (2009), “es la zona geográfica drenada por una corriente de agua”, estas pueden llegar a tener un área de miles de kilómetros cuadrados o áreas de pocas hectáreas, las cuencas más pequeñas forman siempre parte de una cuenca más grande. Las cuencas hidrográficas producen y regulan cauces, uno de los suministros de agua dulce a nivel mundial, el agua generada se utiliza para uso doméstico, agrícola e industria.

El aumento de las actividades como la ganadería y agricultura disminuyen la cobertura boscosa, cambiando el uso forestal de la tierra. La biodiversidad, la calidad de los suelos, la calidad del agua y el aire se ven afectadas por la disminución de las áreas forestales (ANAM, DIGICH & DEMAFOR, 2008).

El uso indebido de los recursos naturales durante años no ha sido racional. Se han olvidado la capacidad de carga de los ecosistemas, originando así una alarmante serie de problemas al sistema hidrológico, principalmente las cuencas. Actualmente las cuencas han perdido la capacidad natural para regular el aumento de las escorrentías que son producidas por las excesivas lluvias. Dentro de las cuencas las interacciones son desiguales la mayoría de las veces, en las partes bajas las poblaciones se benefician del caudal y suelos con mayores nutrientes, pero para los habitantes de las partes altas no hay un mejor bienestar, provocando que una mayor presión de los recursos naturales (FAO, 2007).

6.1.2. Recurso Forestal

El bosque es vital ya que provee bienes a la población, es fundamental en la protección de las cuencas hidrográficas y los recursos hídricos.

Para el año 2010 la cobertura forestal estimada fue de 3,722,595 ha, del 2006-2010 hubo una pérdida de 500,107 ha, de las cuales se recuperaron 354,107 ha, teniendo una pérdida neta de 146,112 ha. La tercera parte del territorio nacional está cubierto por el Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas –SIGAP- representando el 52% de la cobertura forestal del país de cada cuatro hectáreas perdidas tres fueron del SIGAP. En las áreas protegidas la pérdida de cobertura forestal es temporal ya que las áreas afectadas se recuperan de forma natural (INAB et al, 2012).

Los pequeños focos de deforestación abarcan el 58% del territorio nacional afectando los restos de bosques de pino encino y hoja ancha, estos se localizan en el “centro, nororiente, noroccidente y sur del país” (IARNA-URL, 2012).

6.1.3. Cambios en el uso del suelo

Según la FAO (2016) el suelo se define como el medio natural donde se da el crecimiento de las plantas.

Los ecosistemas son elementos vivos, por tanto están siendo sometidos constantemente modificaciones alterando de esta manera la naturaleza en general (Acevedo & Delibes, 2013).

Los ecosistemas naturales han presentado una reducción, por el incremento del uso de la energía y materia que generan, la creciente ocupación y el intenso uso del territorio guatemalteco por la producción agrícola, la reducción de la masa boscosa, las actividades agropecuarias y el aumento de poblados (URL, FCAA & IARNA. 2006).

Los suelos del territorio de Guatemala presentan que el 8% son aptos para las actividades agrícolas y un 70% son aptos para la actividad forestal, así mismo el país no cuenta con un catastro completo de las tierras, ocasionando conflictos por su tenencia (Lobos, 2013).

El deterioro de la tierra se mide por el impacto ocasionado del inadecuado uso de las actividades realizadas. Especialmente el uso agropecuario utiliza la tierra llevándola hasta su máxima capacidad de uso, ocasionando procesos como la erosión del suelo, haciendo que estos pierdan características tanto físicas y químicas, el 36.6% del territorio nacional presentan un alto nivel de deterioro de los suelos. (URL, FCAA & IARNA, 2006).

6.1.3.A Principales cambios del uso de la tierra

El mayor causante de la reducción en la biodiversidad de los ecosistemas naturales es el cambio de la cobertura de la tierra, el desarrollo de estudios sobre la cobertura vegetal y uso de la tierra analiza los diferentes tipos de cobertura realizado por prácticas antropogénicas (García, 2008).

En Guatemala la deforestación tiene una de las tasas más altas de Latinoamérica con el 3.4% anual. El territorio despojado de especies forestales es transformado para otro uso, ocasionando que la cobertura forestal sea difícilmente recuperada. La deforestación se da con mayor impacto en los bosques naturales y maduros que contienen una gran diversidad, la mayoría están localizados en el departamento de Peten y en las áreas protegidas (IARNA-URL, 2012.)

6.1.4. El agua un vital recurso

Según UNESCO-WWAP (2003) el elemento más abundante en el planeta es el agua, contando solo con el 2.53% de agua dulce y el resto del total es agua salada. A esto hay que sumarle la contaminación del agua dulce, minimizando su posible uso. El cambio climático causa efectos inciertos sobre los recursos hídricos. Según estimaciones el cambio climático será el responsable por el 20% incremento de la escasez de agua. Las presiones ocasionadas al sistema hidrográfico van aumentando con el crecimiento demográfico y el desarrollo económico.

Las cuencas y las áreas geográficas donde hay carencia de agua por su escasez y la falta de infraestructura que cumpla la demanda de agua, muestra que el recurso hídrico está repartido de manera desigual. Geográficamente los ríos más importantes están en Suramérica y Asia, siendo los mayores recursos superficiales de agua (UNESCO Etxea, 2009).

6.1.5. Recurso agua en Guatemala

Según FCCyT (2012) el país se encuentra en una posición geográfica donde se originan vientos húmedos del Mar Caribe y Océano Pacífico, debido a su cercanía con estas fuentes de humedad, el país presenta una precipitación intensa en las laderas de las montañas que están expuestas a los vientos. Debido a los vientos, el país tiene una cantidad de agua significativa, superando por mucho la demanda del recurso. El país cuenta con fuentes de agua superficiales, las cuales están distribuidas en tres regiones hidrográficas, contando con 38 cuencas fluviales y 194 cuerpos de agua continentales. El régimen hídrico está dependiente de la lluvia y el almacenamiento subterráneo, la lluvia tiene una distribución espacial irregular, la demanda del agua no concuerda con su disponibilidad natural.

Por la contribución que el recurso agua ha brindado para el desarrollo del país, el gobierno de Guatemala priorizó el tema del agua, creando en el año 2008 el Gabinete Específico del Agua mediante el Acuerdo Gubernativo 204-2008, a partir de esto el gabinete le da vida a la Pollita Nacional del Agua y a la Estrategia Nacional del Agua (Colom & Morales, 2011).

Para el municipio de Puerto Barrios, según los reporte de INSIVUMEH (2016) la precipitación promedio anual oscila en los 3000 a 4000 mm.

Según el mapa de sequias de Guatemala, el municipio de Puerto Barrios y por consiguiente la microcuenca no se encuentra dentro de las zonas de sequía, por lo tanto su disponibilidad estará en función del cambio del uso del suelo (INSIVUMEH, 2012).

Zamora (2005) en su sentido determino que el agua de la cuenca del río Tameja no puede ser usada para consumo humano, ya que algunos parámetros superan los límites aceptables, indicando que el agua del río puede ser utilizada para riego (CONAP, FUNDAECO & TNC, 2006).

6.1.6. Impactos ambientales al agua por cambio del suelo

El cambio del uso del suelo crea alteraciones en la calidad del agua a nivel físico-químico, afectando la vulnerabilidad del recurso. El incremento de la ganadería reduce las franjas de las microcuencas y se aumenta la contaminación por los eses de los animales (Auquilla, Astorga & Jimenez, 2006). El recurso hídrico se ha visto afectado por el deterioro de los recursos naturales por los diferentes cambios en el uso del suelo (Guerrero, 2011).

6.1.6.A El impacto de las zonas habitacionales a la calidad del agua

Los sistemas acuáticos se ven afectados por el uso del suelo que realiza el hombre en las cuencas afectando los componentes bióticos y abióticos. La calidad del agua por los contaminantes de las descargas puntuales y no puntuales que provienen de actividades urbanas, industriales y agrícolas se ve afectada (Teixeira, 2007).

6.1.6.B Impacto de las zonas boscosas a la calidad del agua

Los bosques contribuyen en la calidad del agua, los bosques reducen la erosión ocasionada en el suelo disminuyendo los sedimentos de los ríos, lagos, etc. La cobertura forestal en la parte alta de las cuencas limita la contaminación ocasionada por el uso de la tierra, la cobertura forestal natural es una gran protección, las zonas núcleos de paraqués o áreas protegidas dentro de las cuencas son el mejor uso, protegiendo contra la erosión, sedimentos y otros contaminantes (FAO, 2009).

6.1.7. La legislación como elemento de protección del agua

En el artículo 97 de la Constitución de la República de Guatemala especifica que todas las personas que se encuentran dentro del territorio nacional, estamos obligados a mantener el equilibrio ecológico y que los recursos se utilicen racionalmente. El artículo 126 especifica que las zonas que se encuentran a las riberas de los ríos tienen especial protección, así como el artículo 127 indica que todas las aguas son públicas pero el uso estará establecido por la ley y por último el artículo 128 establece que los usuarios están obligados a reforestar las riberas y causes de los ríos (Constitución de la República de Guatemala).

El estado de la misma manera prohíbe la eliminación del bosque en la parte alta de las cuencas y en zonas de recarga hídrica porque abastecen de agua, y gozan de especial protección por dicha condición. (Decreto No. 101-96).

Por otro lado el Decreto No. 68-86, en su artículo 15 indica lo conducente.

“El Gobierno velará por el mantenimiento de la cantidad del agua para el uso humano y otras actividades cuyo empleo sea indispensable, por lo que emitirá las disposiciones que sean necesarias y los reglamentos correspondientes”.

Evaluar la calidad del agua, ejercer control para aprovechamiento del agua, revisar el sistema de disposición de las aguas servidas, determinar casos, promover el manejo de las cuencas hidrográficas y fomentar investigaciones, investigar fuentes de contaminación, propiciar acciones, velar por la conservación de los recursos, prevenir la contaminación de los ríos y controlar fuentes de contaminación. Son parte de los incisos a evaluar por las disposiciones y reglamentos del artículo 15 (Decreto No. 68-86).

7.1.7.A Norma COGUANOR NGO 29 001:99

Esta norma establece las características y los valores que debe tener el agua para consumo humano, se aplica en las fuentes de agua que provienen de ríos, pozos y otros. También aplica a las aguas que se encuentran en depósitos, reservorios utilizados para los sistemas de distribución (COGUANOR, 2009).

En la Tabla 1, se aprecian los límites establecidos de las características físicas del agua por la norma.

Tabla 1. Características Físicas

Características	LMA	LMP
Color	5.0 u	35.0 u (1)
Olor	No rechazable	No rechazable
Sabor	No rechazable	No rechazable
Turbiedad	5.0 UNT	15.0 UNT (2)

Fuente: Norma COGUANOR NGO 29 001:99.

El cloro residual, el cloruro, dureza, el pH, presencia de aluminio, Zinc, cobre sulfatos entre otros, son las características químicas que se evalúan en dicha norma. La Tabla 2, muestra estas características y sus límites aceptables y permisibles.

Tabla 2. Características Químicas

Características	LMA	LMP
Cloro residual libre (1) (2)	0.5 mg/L	1.0 mg/L
Cloruro (Cl)	100.000 mg/L	250.000 mg/L
Conductividad	---	< de 1 500 μ S/cm
Dureza Total (CaCO ₃)	100.000 mg/L	500.000 mg/L
Potencial de hidrogeno (3)	7.0-7.5	6.5-8.5
Solidos totales disueltos	500.0 mg/L	1 000.0 mg/L
Sulfato (SO ₄ ²⁻)	100.000 mg/L	250.000 mg/L
Temperatura	15.0°C-25.0°C	34.0°C
Aluminio (Al)	0.050 mg/L	0.100 mg/L
Calcio (Ca)	75.000 mg/L	150.000 mg/L
Cinc (Zn)	3.000 mg/L	70.000 mg/L
Cobre (Cu)	0.050 mg/L	1.500 mg/L
Magnesio (Mg)	50.000 mg/L	100.000 mg/L

Fuente: Norma COGUANOR NGO 29 001:99

En la Tabla 3 se muestran las características microbiológicas y sus especificaciones.

Tabla 3. Características Microbiológicas

Característica	Especificación
Coliformes totales	No detectable/100 mL
<i>Escherichia Coli</i>	No detectable/100 mL

Fuente: Norma COGUANOR NGO 29 001:99

7. MARCO REFERENCIAL

7.1. Ubicación geográfica del área de estudio

La microcuenca del río El Derrumbe se encuentra ubicado en la aldea Santo Tomas de Castilla del municipio de Puerto Barrios en el departamento de Izabal, cuenta con un área de 1131.22 ha. El río El Derrumbe se une con el Río Quebrada Seca desembocando en la bahía de Amatique. La Figura 1 muestra la ubicación geográfica del área de estudio.

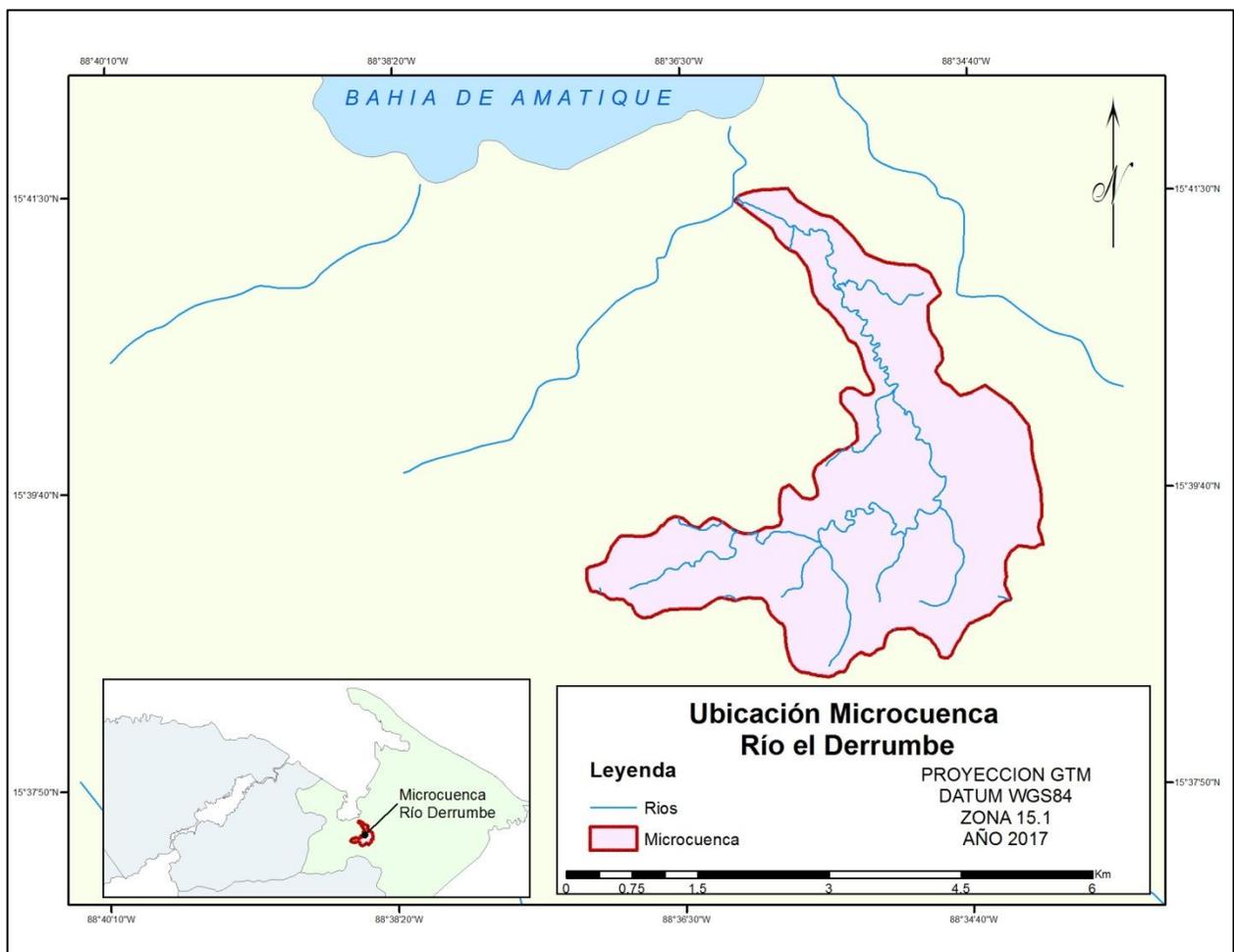


Figura 1. Microcuenca del río El Derrumbe. Elaboración Propia.

7.2. Características microcuenca río El Derrumbe

7.2.1. Zona de vida

Dentro del departamento de Izabal se pueden encontrar seis zonas de vida, las zonas bosque muy húmedo tropical (bmh-T) y bosque muy húmedo subtropical (cálido) (bmh-S (c)) son las que más predominan en el departamento.

La microcuenca del río El Derrumbe está dentro de la zona de vida bosque muy húmedo tropical (bmh-T).

7.2.2. Geología

La microcuenca del río El Derrumbe presenta rocas de tipo sedimentarias del periodo cuaternario, pérmico y en su mayoría cretácico, contienen en sus características carbonatos.

7.2.3. Fisiografía

Se encuentran dos características fisiográficas dentro de la microcuenca del río El Derrumbe, la depresión del Motagua y las tierras altas sedimentarias. La depresión del Motagua se encuentra sobre la planicie costera del Atlántico y las superficies de baja erosión. Dentro de la microcuenca predominan las tierras altas sedimentarias, estas se encuentran sobre las montañas sedimentarias del Mico.

7.2.4. Descripción del clima

- **Precipitación:** el municipio de Puerto Barrios presenta una precipitación promedio anual de 3000 a 4000 mm, días promedio de lluvia anual 201 días.
- **Temperatura:** el municipio de Puerto Barrios tiene una temperatura máxima promedio anual de 30.5°C y una mínima de 22.1°C. Tiene una humedad relativa anual del 79.2%. La temperatura promedio anual de 26.5 °C (INSIVUMEH, 2017).

7.3. COGUANOR NGO 29001: 99.

La norma COGUANOR NGO 29001: 99 es utilizada para analizar la calidad del agua de pozos, ríos, redes de distribución de agua. Esta norma contiene parámetros que se tienen que evaluar para determinar si el agua es apta para consumo humano, se evalúan características físico-químicas y microbiológicas. Cada parámetro tiene que cumplir con los límites establecidos en la norma para ser apta para consumo humano, si los resultados están por arriba de los límites establecidos el agua no es apta para consumo humano.

7.3.1. Determinación de la calidad del agua para consumo humano que suministra la municipalidad de San Agustín Acasaguastlán, departamento de El Progreso

Este estudio tuvo como objetivo determinar la calidad de agua que ofrecía la municipalidad de San Agustín Acasaguastlán en el casco urbano. De acuerdo a la norma COGUANOR NGO 29 001 se realizaron análisis físico-químicos y microbiológicos. Se tomaron un total 90 muestras de forma al azar, estas muestras incluían el nacimiento, tanque y viviendas de siete barrios, estas fueron tomadas en temporada de lluvia. En el 100% de las muestras se encontró presencia de Coliformes totales y *Escherichia coli* sobrepasando los límites máximos permisibles que exige la norma. El análisis físico-químico mostro que las muestras sobrepasaron los límites máximos permisibles de: pH, hierro, color, conductividad, solidos totales, disueltos, calcio, nitritos, nitratos, dureza total, magnesio y manganeso. Concluyendo que el agua no es apta para consumo humano (Pensamiento, 2011).

7.3.2. Diagnóstico de la calidad fisicoquímica y microbiológica en agua de suministro potable para 6 aldeas y cabecera municipal en el municipio de San Vicente Pacaya, Escuintla conforme a la norma COGUANOR NGO 29001:99

El objetivo de este estudio fue determinar la calidad del agua del manantial los Jazmines y Laguna de Calderas que suministran el agua potable de la población ubicada en el lado norte del municipio de San Vicente, Pacaya. Se realizaron muestreos simples sistemáticos en las dos fuentes de agua, estas fueron analizadas de acuerdo a la norma COGUANOR NGO 29001:99, donde se analizaron las características físico-químicas y microbiológicas. Los resultados mostraron que las dos fuentes de agua cumplen los límites establecidos por la norma para las características físico-químicas, las dos fuentes de agua contenían presencia de contaminación fecal, los parámetros microbiológicos no cumplen con los límites establecidos en la norma, por lo que el agua no es apta para consumo humano.

8. MARCO METODOLÓGICO

8.1. Identificando los cambios del uso de la tierra de la microcuenca del río El Derrumbe.

Para llevarlo a cabo se realizó de la siguiente manera:

8.1.1. Delimitación de la microcuenca del río El Derrumbe

Utilizando las curvas de nivel de la zona donde se ubica el río El Derrumbe sobre hojas cartográficas impresas, se delimitó con el trazo de un marcador el parte aguas de la microcuenca. La microcuenca fue proyectada utilizando el programa de cómputo para el procesamiento de información geográfica ArcGis 9.3 utilizando el Datum WGS84 sobre la zona 15.5.

8.1.2. Recorrido de campo para la delimitación de polígonos de los usos actuales de la microcuenca

Se tuvo acceso a la Base de Datos Digital de la República de Guatemala a escala 1:50,000 generada por el MAGA publicada en el año 2006, determinando por medio del shape los usos de la tierra en la microcuenca, teniendo en cuenta esta información se procedió con hoja impresa de los usos de la tierra, a realizar recorrido de campo en la microcuenca del río El Derrumbe para referenciar los usos de la tierra.

8.1.3. Conformación preliminar del mapa de uso de la tierra de la microcuenca del río El Derrumbe.

Con la información recolectada en campo, se interpretó y analizó la información obtenida a través de proyecciones, utilizando el Software SIG (ArcGis 9.3) se generó un mapa preliminar de los usos actuales de la tierra de la microcuenca del río El Derrumbe.

8.1.4. Recorrido de verificación de los usos de la tierra de la microcuenca del río El Derrumbe

La verificación de campo consistió en la utilización de navegadores geoespaciales (GPS) y cámara fotográfica, corroborando la información generada por medio del Software SIG (ArcGis 9.3) y recabando información relacionada con la zona de verificación.

8.1.5. Rectificación y conformación del mapa de uso de la tierra de la microcuenca del río El Derrumbe

El producto final obtenido son mapas temáticos a escala 1:50,000 proyectada en GTM en Datum WGS84 en la Zona 15.5, de las siguientes características: bosque, ganadería, predios, Zona Libre de Industria y Comercio –ZOLIC-, agricultura, pastos, arbustos, población y canteras.

8.1.6. Determinar el cambio de la cobertura boscosa de la microcuenca del río El Derrumbe

Con la información generada y recolectada en campo, se realizó un análisis del cambio del uso de la cobertura boscosa de la microcuenca del río El Derrumbe; para el análisis y proyección de la información se utilizó el Software SIG (ArcGis 9.3), generando un mapa de cambio de cobertura boscosa de la microcuenca del Río El Derrumbe, con las siguientes categorías: Cobertura existente en 2006, pérdida en el período 2006-2016 y ganancia en el período 2006-2016.

8.2. Estimación de la calidad del agua según la norma COGUANOR NGO 29 001:99 de la microcuenca del río El Derrumbe

8.2.1. Establecer puntos de muestreo de la calidad de agua.

Con la información del mapa de uso de la tierra, se determinó cuáles son los usos con mayor área relativa en la microcuenca, con el fin de establecer en la zona de convergencia hídrica de las estaciones de muestreo de calidad de agua, generando las siguientes:

- Punto de muestreo “Cobertura Boscosa”: Esta estación se ubica en las coordenadas latitud 1733389.255 N longitud 705489.661 O, en ella converge la precipitación sobre la cobertura boscosa.
- Punto de muestreo “Cobertura Habitacional”: Esta estación se ubica en las coordenadas latitud 1736113.204 N longitud 703432.858 O, en ella converge la precipitación sobre la zona urbana conformada.

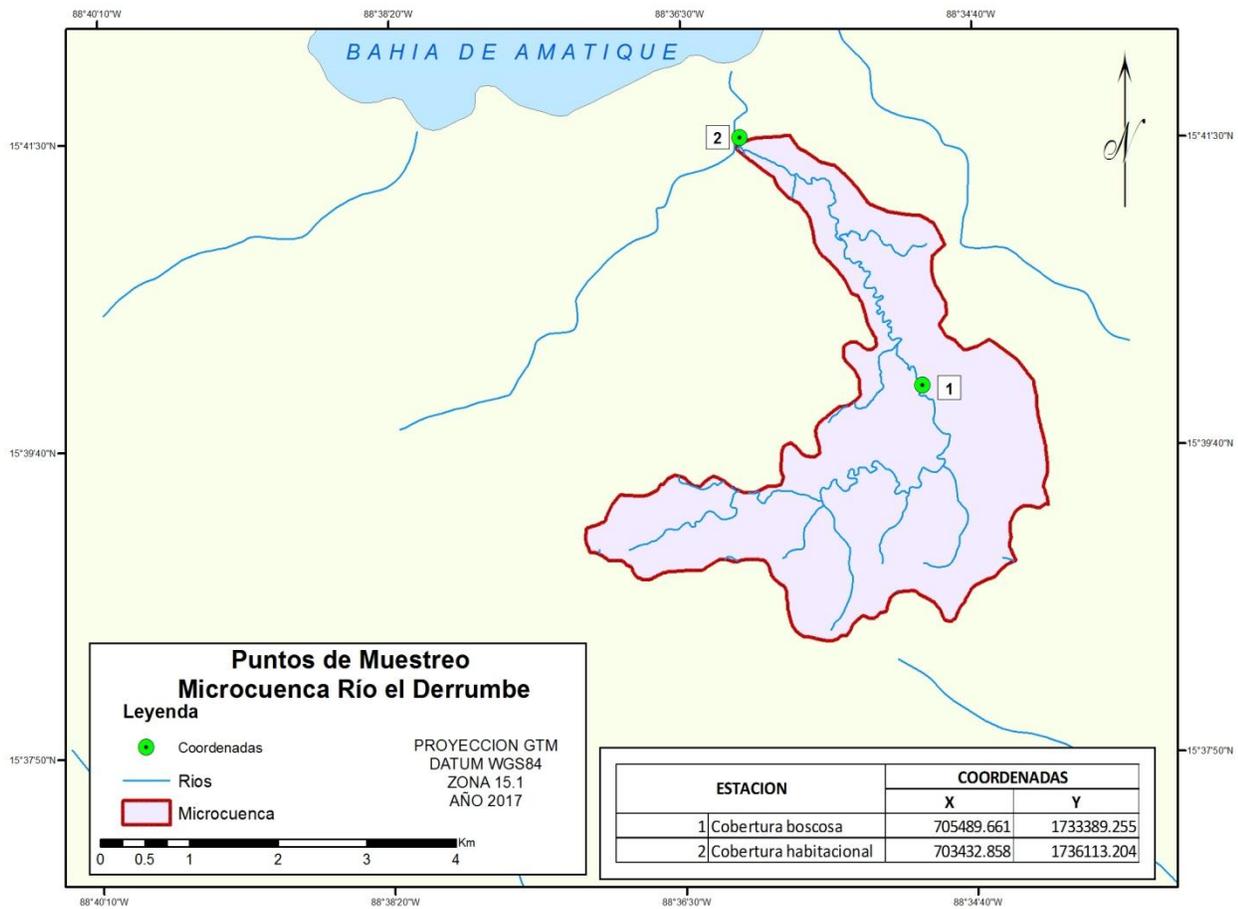


Figura 2. Puntos de muestreo. Elaboración Propia.

8.3. Estimar el caudal del río El Derrumbe

Se estableció en campo una sección de corriente sostenida con pocas alteraciones para la estimación del cauce del Río Derrumbe, luego se procedió a medir el ancho y largo de la sección del río Elegida, donde el ancho fue de 3.50 m y se utilizó un largo promedio de 10 m. Se colocaron estacas para marcar el inicio y el final del trayecto. El largo de la sección del río se dividió en subsecciones de un metro, teniendo en total 10 subsecciones, donde se obtuvieron las profundidades. Las profundidades se realizaron a partir del ancho del río a cada metro, teniendo 3 profundidades en cada sección. Por medio de un cronometro se tomó el tiempo que tardaba el flotador en recorrer el trayecto del río, esto se realizó tres veces para obtener un tiempo promedio (s).

La velocidad superficial del tramo se obtiene:

$$Velocidad\ superficial = \frac{\text{largo del trayecto (m)}}{\text{tiempo promedio (s)}}$$

La velocidad media se obtiene:

$$Velocidad\ media = \text{velocidad superficial} \times 0.90$$

Luego por medio del programa AUCAD se dibujaron las secciones para determinar el área en m² de cada sección y obtener un área promedio.

El caudal se determina en m³/s, este se obtiene:

$$Caudal = \text{Área promedio (m}^2\text{)} \times \text{Velocidad media (m/s)}$$

Luego se procedió a sacar el 45% al resultado del caudal para representar la pérdida que tendrá en verano.

8.3.1. Toma de muestra en los puntos de muestreo para la calidad de agua

Se efectuó una evaluación fisicoquímica del agua para evaluar su calidad y su relación con el uso de la tierra.

En cada punto de muestreo se procedió a la recolección de muestras, estas muestras fueron tomadas de acuerdo a las indicaciones del protocolo del Laboratorio que realizó el análisis, resaltando los siguientes procedimientos en la toma de muestras:

- a) Identificación de los puntos de muestreo.
- b) Toma de coordenadas del punto de muestreo.
- c) Toma de la muestra con guantes de látex.
- d) Las muestras se tomaron en horas de la mañana.
- e) Las muestras fueron tomadas en recipientes de 1 litro para análisis fisicoquímicos y en recipientes de 100 ml para microbiológico.
- f) Los recipientes se enjuagaron de 2 a 3 veces con el agua del lugar, para la toma de muestra para el análisis químico.
- g) Se tomó la muestra procurando que no quede aire en el recipiente.
- h) El recipiente se cerró para asegurar que ni ocurrieran derrames.
- i) Los recipientes se rotularon con el número de muestra.
- j) Las muestras fueron colocadas en hielo y llevadas al laboratorio para su análisis.

8.3.2. Traslado de las muestras de agua para estimar los contenidos de los factores de acuerdo a lo requerido por la Norma COGUANOR NGO 29 001: 99

Las muestras fueron trasladadas al Laboratorio Clínico Prado de Oliva, estas fueron analizadas según los parámetros de la norma COGUANOR NGO 29 001: 99, que se muestran en la Tabla 4, mismos que según la normativa permiten establecer si la muestra cumple con las características para el consumo humano.

Tabla 4. Parámetros de evaluación de la norma COGUANOR NGO 29 001: 99

Parámetros		
Químicos	Físicos	Microbiológicos
Cloro residual libre (1) (2)	Color	Coliformes fecales
Cloruro (Cl ⁻)	Olor	<i>Escherichia coli</i>
Conductividad	Sabor	
Dureza Total (CaCO ³)	Turbiedad	
Potencial de hidrogeno (3)		
Solidos totales disueltos		
Sulfato (SO ₄ ⁻)		
Temperatura		
Aluminio (Al)		
Calcio (Ca)		
Cinc (Zn)		
Cobre (Cu)		
Magnesio (Mg)		

Fuente: Norma COGUANOR NGO 29 001:99.

8.3.3. Interpretación de los resultados de laboratorio de acuerdo a la Norma COGUANOR NGO 29 001: 99

Los resultados que fueron obtenidos se interpretaron de acuerdo al límite máximo aceptable y límite máximo permisible según la norma COGUANOR NGO 29 001.99.

“Límite Máximo Aceptable (LMA): Es el valor de la concentración de cualquier característica del agua, arriba del cual el agua pasa a ser rechazable por los consumidores, desde un punto de vista sensorial pero sin que implique un daño a la salud del consumidor.

Límite Máximo Permisible (LMP): Es el valor de la concentración de cualquier característica del agua, arriba de la cual el agua no es adecuada para consumo humano.” (COGUANOR, 2009)

8.4. Estableciendo las relaciones del efecto del uso de la tierra sobre la calidad del agua en la microcuenca del río El Derrumbe

8.4.1. Identificar los factores de contaminación de las categorías de uso de la tierra evaluadas de la microcuenca.

Se realizó un registro fotográfico de la microcuenca con el fin de establecer otras posibles fuentes de contaminación que escapen al análisis de la cartografía generada en la microcuenca, que constituyen el interés de estudio.

8.4.2. Establecer relación mediante una comparación descriptiva entre la calidad de agua obtenida de los dos puntos de muestreo y el uso de la tierra

Con los resultados de calidad de agua obtenidos y el mapa de uso de la tierra, se realizó una comparación descriptiva entre la calidad del agua de los dos puntos de muestreo y la cobertura vegetal y el uso poblacional existente.

8.5. Determinación de la propuesta de medidas que reduzcan los impactos a la calidad del agua para ser promisoria de abastecimiento para consumo humano

8.5.1. Identificar y valorar impactos mediante la matriz de Leopold

Para determinar las medidas que reduzcan el impacto a la calidad del agua se utilizó la matriz de Leopold, esta es una tabla de identificación y valoración de impactos donde se valora la magnitud e importancia de cada correlación. Esta matriz consta de las acciones que pueden ocasionar un impacto al ambiente y las características ambientales (Ramos, 2004).

Para la elaboración de la matriz se identificaron las diferentes actividades que ocasionan un impacto dentro de los límites de la microcuenca. A partir de las actividades se determinaron los impactos que afectan a los componentes ambientales.

Luego se realizó una correlación entre las actividades e impactos, ponderando la magnitud con un valor de 1 a 10, si el impacto era positivo se le colocó un (+) y si era negativo un (-). La importancia se también se calificó de 1 a 10 pero está siempre se mantiene positiva. El rango de valoración se observa en la Tabla 5.

Tabla 5. Rango de valoración

Valoración	
1-3	Bajo impacto
4-6	Moderado impacto
7-10	Alto impacto

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 6. Modelo Matriz de Leopold

Magnitud/Importancia	Impactos	Tierra			Atmosfera			Agua		Socioeconómico	Total de Actividad	Impactos negativos	Impactos Positivos
		Cambio de cobertura forestal	Movimientos de tierra	Perdida del suelo por desaparición de cobertura forestal	Partículas en suspensión	Ruido	Olor	Subterránea	Superficial				
Actividades	Agricultura												
	Canteras												
	Predios												
	Urbanización												
	Industrias												
	Contaminación por Desechos sólidos												
	Contaminación por Aguas residuales												
	Reforestación												
	Deforestación												
	Total de Impacto												
Actividades negativas													
Actividades Positivas													

Fuente: Elaboración Propia

8.5.2. Elaboración de medidas de mitigación

Al completar la correlación de cada actividad e impacto en la matriz de Leopold, se identificaron los impactos que necesitan medidas de mitigación.

Se desarrolló una tabla donde se proponen las medidas de mitigación para reducir los impactos que las actividades generen dentro de la microcuenca, creando así una propuesta de mitigación de impactos. En la Tabla 7 se identifica los posibles impactos que requieran medidas de mitigación.

Tabla 7. Matriz Medidas de Mitigación

Medidas de Mitigación			
Variable ambiental	Impacto	Fuente de generación	Medida de Mitigación
Tierra	Cambio de cobertura forestal		
	Movimientos de tierra		
	Perdida del suelo por desaparición de cobertura forestal		
Atmosfera	Partículas en suspensión		
	Ruido		
	Olor		
Subterránea	Alteración del nivel freático		
	Derrame de lubricantes y combustibles		
Agua	Alteración zona de recarga hídrica		
	Superficial	Cambio de cauce	
Disminución de caudal			
Calidad del agua			
Socioeconómico	Incrementos de sedimentos		
	Enfermedades por vectores y organismos		

Fuente: Elaboración Propia

9. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

9.1. Cambios del uso de la tierra en la microcuenca del río El Derrumbe.

9.1.1. Usos actuales de la Microcuenca del río El Derrumbe

La población y el bosque son los usos que mayor cobertura tienen dentro de la microcuenca, lo sigue la ganadería y arbustos en cobertura. En la Figura 3, se muestran los usos actuales de la microcuenca. Se identificaron nueve usos los cuales son: población, predios, ZOLIC, canteras, arbustos, pastos, agricultura, ganadería y bosque. Dentro de los usos existen 10 predios, 6 canteras y la Zona Libre de Industria y Comercio –ZOLIC-.

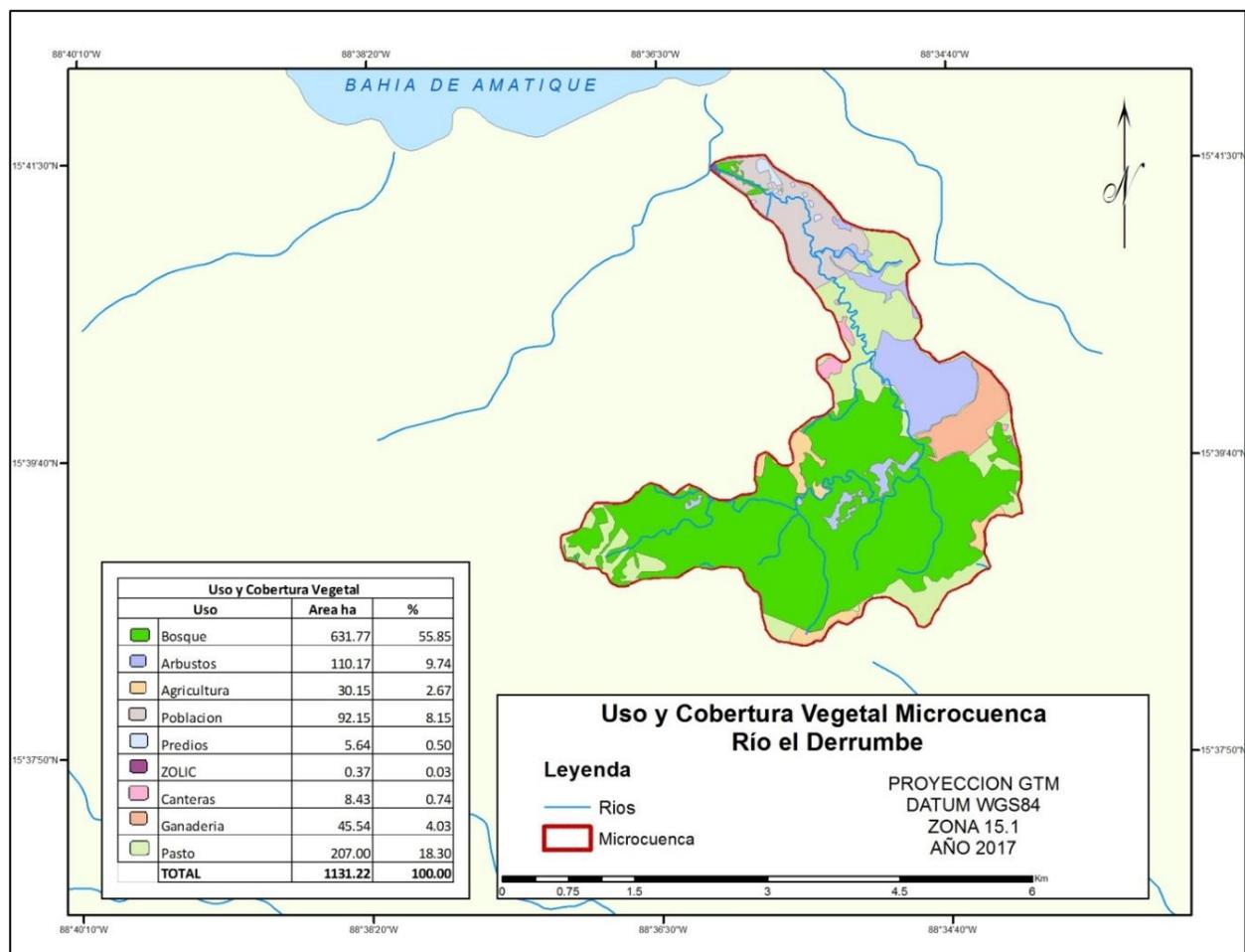


Figura 3. Uso actual de la Microcuenca 2017. Elaboración Propia.

La microcuenca del río El Derrumbe cuenta con una superficie total de 1,131.22 ha, las cuales están representadas en un 8.15% por los centros poblados, arbustos con el 8.34%, por último se observa la agricultura con un 2.67% y una cobertura boscosa del 55.85% (631.77 ha), el bosque identificado dentro de la microcuenca es latifoliado.

9.1.2. Cambio de uso del bosque 2006-2016

Para el año 2006 la cobertura forestal de la microcuenca era de 673.70 ha, luego de 10 años la cobertura forestal para el año 2016 es de 631.77 ha. Según la dinámica de cobertura realiza para el periodo 2006-2016 se perdieron un total de 130.42 ha de cobertura forestal, en ese mismo periodo se ganaron 87.34 ha de cobertura, obteniendo una diferencia de 43.08 ha. Desde el 2006 hasta el 2016 se perdieron 13.042 ha por año y se ganaron 8.734 ha por año, obteniendo una diferencia por año de 4.308 ha.

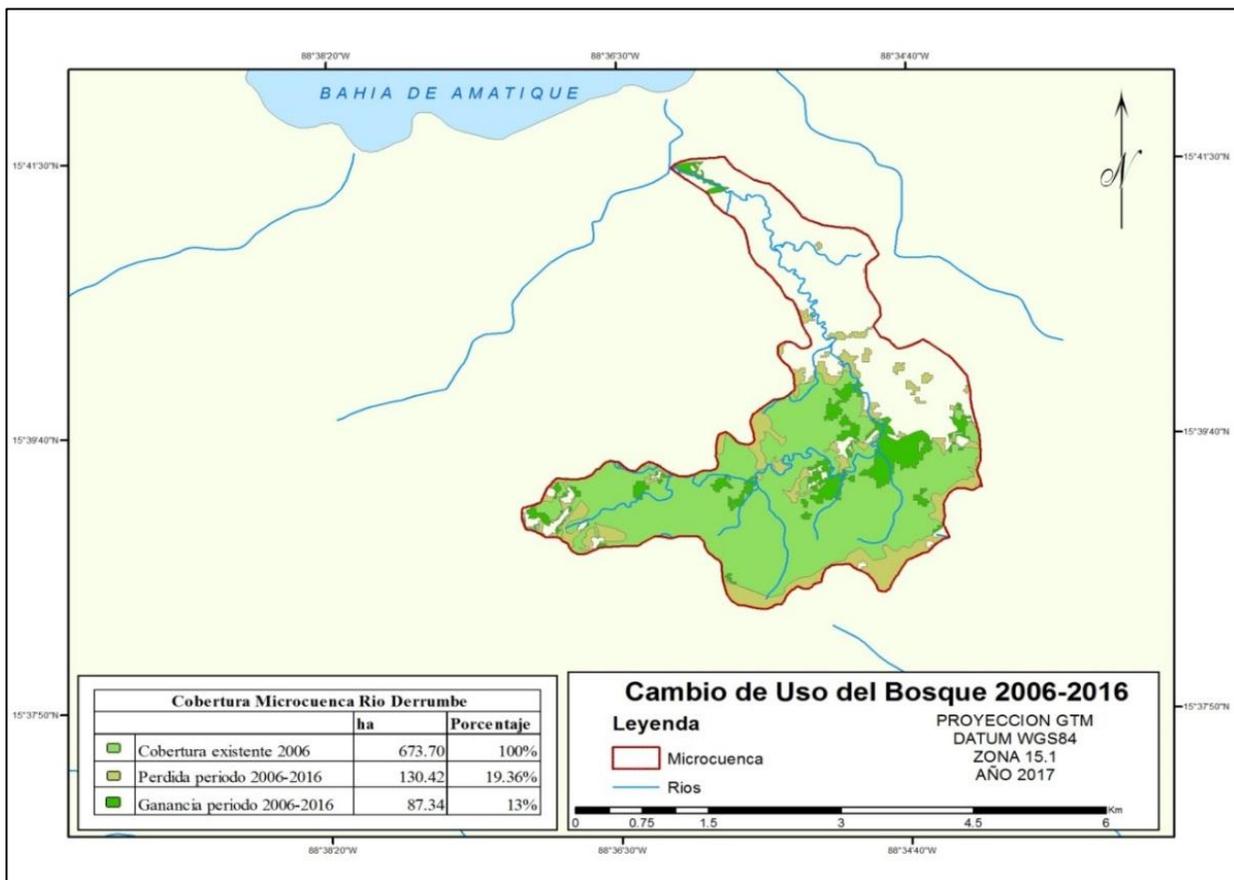


Figura 4. Cambio uso del bosque 2006-2016. Elaboración Propia.

En los 10 años transcurridos en el periodo se perdió un total del 6.39% de la cobertura forestal. La ganancia obtenida en el periodo se debe a las actividades de recuperación de bosque en la microcuenca, ganando cobertura en las áreas donde anteriormente no existía

9.2. Calidad del agua según la norma COGUANOR NGO 29 001:99 de la microcuenca del río El Derrumbe.

9.2.1. Caudal del río El Derrumbe

Se midieron en total 30 profundidades divididas en las 10 subsecciones, a partir de las áreas obtenidas de cada subsección se determinó el área promedio. El área promedio fue de 0.625m^2 .

El tiempo promedio fue de 282s, se determinó a partir de los tiempos que tardó el flotador en recorrer los 10m del trayecto de la sección. Para determinar el caudal se obtuvieron los siguientes datos:

$$\textit{Velocidad superficial} = 0.035\text{m/s}$$

$$\textit{Velocidad media} = 0.032\text{m/s}$$

$$\textit{Caudal} = 0.02\text{m}^3/\text{s}$$

$$\textit{Caudal} = 20 \text{ L/s}$$

La precipitación promedio mensual es de 267.49 mm. En la Figura 5, los meses seguidos de julio, agosto y septiembre tienen altas precipitaciones, siendo esta la temporada de lluvia. La medición del caudal se realizó en el mes de Agosto el mes que presenta la mayor precipitación, por lo que se procedió a sacar el 45% de pérdida del caudal en temporada de verano.

$$\textit{Caudal} = 0.011\text{m}^3/\text{s}$$

$$\textit{Caudal} = 11 \text{ L/s}$$

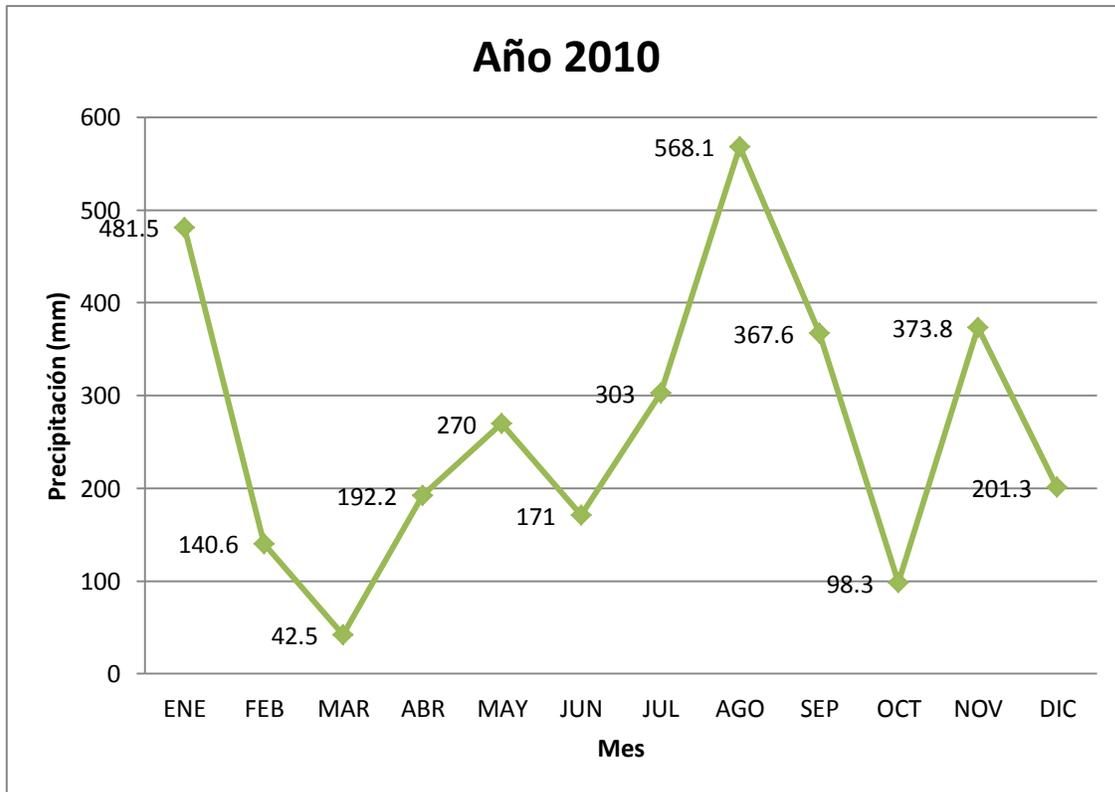


Figura 5. Precipitación año 2010. INSIVUMEH

9.2.2. Calidad de agua de la microcuenca

10.2.2.A Punto de muestreo cobertura boscosa

La calidad del agua del río El Derrumbe tendría que ser beneficiada por la cobertura forestal de la microcuenca, pero los resultados de la cobertura boscosa muestran parámetros por encima de los límites establecidos por la norma COGUANOR NGO 29 001: 99.

En la Tabla 8. Se observa el resultado del análisis microbiológico realizado a la muestra tomada en la cobertura boscosa de la microcuenca del río El Derrumbe, donde las Coliformes totales sobrepasan el límite establecido.

Tabla 8. Análisis microbiológico estación cobertura boscosa

Parámetro	Especificación	Resultado
Coliformes totales	No detectable/100 mL	Mayor de 1.6×10^3/100mL
<i>Escherichia Coli</i>	No detectable/100 mL	No detectable/100mL

Fuente: Elaboración Propia.

En la Tabla 9, se puede observar los resultados del análisis físico-químico donde el pH y los sulfatos se encuentran fuera de los límites establecidos.

Tabla 9. Análisis físico-químico estación cobertura boscosa

Parámetro	LMA	LMP	Resultado
Color	5.0 u	35.0 u	0 u
Olor	No rechazable	No rechazable	No rechazable
Sabor	No rechazable	No rechazable	-
Turbiedad	5.0 UNT	15.0 UNT	1.2 UTN
Cloro residual libre	0.5 mg/L	1.0 mg/L	Menor de 0.05 mg/L
Cloruro (Cl ⁻)	100.000 mg/L	250.000 mg/L	10.0 mg/L
Conductividad	---	< de 1 500 S/cm	439 S/cm
Dureza Total (CaCO ³)	100.000 mg/L	500.000 mg/L	100 mg/L
Potencial de hidrogeno	7.0-7.5	6.5-8.5	7.6
Solidos totales disueltos	500.0 mg/L	1 000.0 mg/L	443.0 mg/L
Sulfato (SO ₄ ⁻)	100.000 mg/L	250.000 mg/L	110.0 mg/L
Temperatura	15.0°C-25.0°C	34.0°C	-
Aluminio (Al)	0.050 mg/L	0.100 mg/L	-
Calcio (Ca)	75.000 mg/L	150.000 mg/L	35.0 mg/L
Cinc (Zn)	3.000 mg/L	70.000 mg/L	-
Continúa Tabla 9.			
Cobre (Cu)	0.050 mg/L	1.500 mg/L	-
Magnesio (Mg)	50.000 mg/L	100.000 mg/L	10.3 mg/L
Hierro (Fe)	-	0.3 mg/L	0.18 mg/L
Manganeso (Mn)	0.4 mg/L	0.1 mg/L	0.023 mg/L
Nitratos (NO ₃ ⁻)	50.0 mg/L	-	0.2 mg/L
Nitritos (NO ₂ ⁻)	3.0 mg/L	-	0.080 mg/L

Fuente: Elaboración Propia

Según los límites para cada parámetro establecido por la norma COGUANOR NGO 29 001: 99, los resultados obtenidos de los análisis microbiológicos y físico-químicos no recomiendan el uso del agua para consumo humano.

10.2.2.B Punto de muestreo cobertura habitacional

En la Tabla 10, se observa el resultado del análisis microbiológico realizado a la muestra tomada en la cobertura habitacional de la microcuenca del río El Derrumbe, donde las Coliformes totales sobrepasan el límite establecido.

Tabla 10. Análisis microbiológico estación cobertura habitacional

Parámetro	Especificación	Resultado
Coliformes totales	No detectable/100 mL	Mayor de 1.6 x 10³/100mL
<i>Escherichia Coli</i>	No detectable/100 mL	No detectable/100mL

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla 11, se puede observar los resultados del análisis físico-químico donde la Dureza total, Hierro, pH y Sulfatos se encuentran fuera de los límites establecidos.

Tabla 11. Análisis físico-químico estación cobertura habitacional

Parámetro	LMA	LMP	Resultado
Color	5.0 u	35.0 u	0 u
Olor	No rechazable	No rechazable	No rechazable
Sabor	No rechazable	No rechazable	-
Turbiedad	5.0 UNT	15.0 UNT	0.63 UNT
Cloro residual libre	0.5 mg/L	1.0 mg/L	0.07 mg/L
Cloruro (Cl ⁻)	100.000 mg/L	250.000 mg/L	14.0 mg/L
Conductividad	---	< de 1 500 S/cm	319 S/cm
Dureza Total (CaCO ³)	100.000 mg/L	500.000 mg/L	140 mg/L
Potencial de hidrogeno	7.0-7.5	6.5-8.5	7.8
Solidos totales disueltos	500.0 mg/L	1 000.0 mg/L	323.0 mg/L
Sulfato (SO ₄ ⁻)	100.000 mg/L	250.000 mg/L	142.0 mg/L
Temperatura	15.0°C-25.0°C	34.0°C	-
Aluminio (Al)	0.050 mg/L	0.100 mg/L	-
Calcio (Ca)	75.000 mg/L	150.000 mg/L	20.0 mg/L
Cinc (Zn)	3.000 mg/L	70.000 mg/L	-
Continuación Tabla 11.			
Cobre (Cu)	0.050 mg/L	1.500 mg/L	-
Magnesio (Mg)	50.000 mg/L	100.000 mg/L	6.9 mg/L
Hierro (Fe)	-	0.3 mg/L	1.12 mg/L
Manganeso (Mn)	0.4 mg/L	0.1 mg/L	0.398 mg/L
Nitratos (NO ₃ ⁻)	50.0 mg/L	-	1.2 mg/L
Nitritos (NO ₂ ⁻)	3.0 mg/L	-	0.277 mg/L

Fuente: Elaboración Propia

Según los límites para cada parámetro establecido por la norma COGUANOR NGO 29 001: 99, los resultados obtenidos de los análisis microbiológicos y físico-químicos no recomiendan el uso del agua de la cobertura habitacional de la microcuenca para consumo humano.

Cuando los parámetros de las características físico-químicas están arriba del Límite Máximo Aceptable (LMA) y los parámetros de las características microbiológicas están arriba de los límites establecidos el agua no es adecuada para consumo humano.

El resultado de los análisis de calidad de agua realizados en los puntos de muestreo demuestra que ciertos parámetros no cumplen con los límites establecidos por la norma COGUANOR NGO 29 001: 99, como consecuencia el agua en los dos puntos no puede ser usada para consumo humano.

9.3. Establecer relaciones del efecto del uso de la tierra sobre la calidad del agua en la microcuenca del río El Derrumbe

9.3.1. Relación uso del suelo y calidad del agua cobertura boscosa de la microcuenca

Los resultados de la calidad de agua de la muestra tomada en la cobertura boscosa muestran parámetros que sobrepasan los límites establecidos por la norma COGUANOR NGO 29 001: 99. Estos resultados reflejan que la calidad del agua de la cobertura boscosa no es adecuada para consumo humano, consecuencia de las actividades realizadas dentro de la microcuenca. En la visita a campo se identificó en la microcuenca la presencia de canteras, cobertura vegetal, agricultura y heces fecales de animales por la ganadería. Entre los parámetros analizados que no superaron los límites establecidos por la norma, muestran que los Sólidos totales disueltos son mayores que los resultados de la cobertura habitacional, consecuencia de la agricultura, ganadería y canteras dentro de la microcuenca.

9.3.2. Relación uso del suelo y calidad del agua cobertura habitacional de la microcuenca

Los resultados del análisis de laboratorio muestran los parámetros que sobrepasan los límites establecidos por la norma COGUANOR NGO 29 001: 99, reflejando la contaminación generada en la microcuenca por la población. En las visitas a campo realizadas se identificaron descargas de aguas residuales directo al río, las casas que se encuentran ubicadas cerca de las orillas del río tienen tuberías que dirigen sus aguas residuales al río, el tipo de agua que se apreció salir de las tuberías son aguas con residuos de detergentes. También se apreciaron desechos sólidos, estos desechos son parte de los basureros que se encuentran en la orilla del río, así como los desechos arrastrados por las lluvias de las casas río arriba, logrando que estos se acumulen a las orillas del río. Estas son actividades afectan a calidad del agua del río.

La contaminación del agua del río El Derrumbe se ve reflejada en los análisis de calidad de agua realizados en los puntos de muestreo. Los resultados muestran que las actividades realizadas en la microcuenca influyen en la calidad del agua del río, la mala calidad del agua podría ser perjudicial en un futuro para la zona de veda de Santo Tomas.

9.4. Proponer medidas que reduzcan los impactos a la calidad del agua para ser promisorio de abastecimiento para consumo humano.

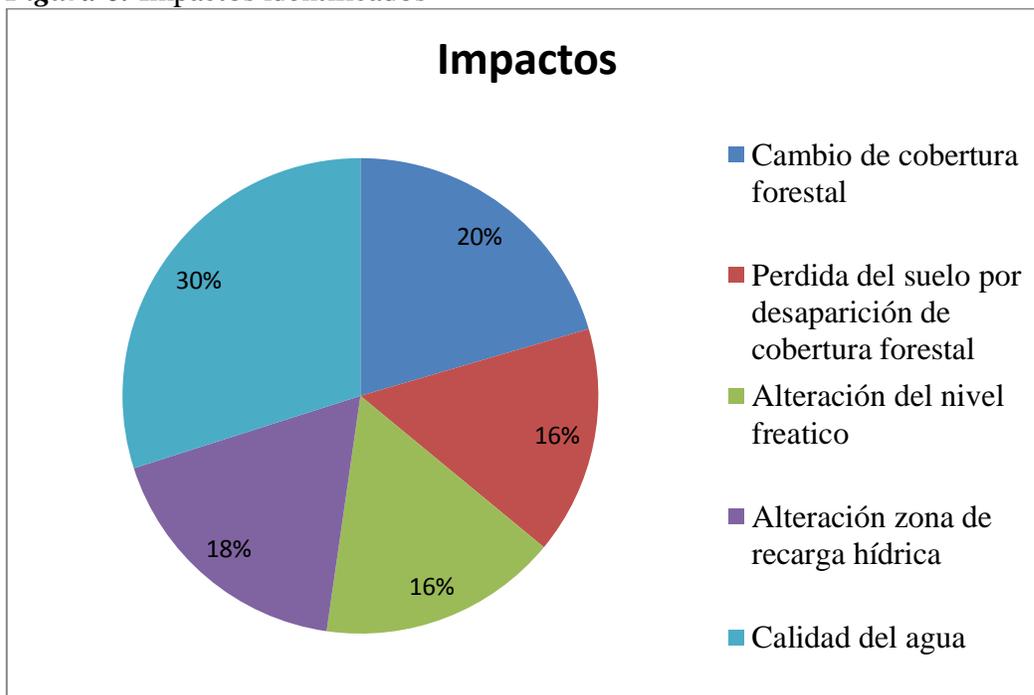
9.4.1. Matriz de Leopold

Realizando la correlación de los datos, se identificó con texto de color rojo la actividad que mayores impactos genera, así como el mayor impacto que existe en la microcuenca. En la Tabla 12 se observan los resultados obtenidos.

La actividad que genera mayores impactos dentro de la microcuenca es la urbanización, esta actividad genera 11 impactos negativos. La calidad del agua es el mayor impacto identificado en la microcuenca, existen 8 actividades negativas que contribuyen a que exista una mala calidad del agua en el río de la microcuenca.

A partir de los resultados obtenidos por la matriz de los 14 impactos se identificaron 5, en la Figura 6 se observan los impactos que tienen los valores de importancia más altos.

Figura 6. Impactos identificados



Fuente: Elaboración Propia

El cambio de cobertura forestal representa el 20% del impacto generado dentro de la microcuenca, la pérdida del suelo por desaparición de cobertura forestal y la alteración del nivel freático generan un 16% del impacto, la alteración de la zona de recarga hídrica genera un 18% y la calidad del agua representa el 30% del impacto generado dentro de la microcuenca.

La calidad del agua es el mayor impacto dentro de la microcuenca, esto concuerda con los resultados obtenidos de los puntos de muestreo.

9.4.2. Medidas de mitigación

De acuerdo a los resultados obtenidos de la matriz de Leopold se propusieron medidas de mitigación para cada uno de los impactos.

Tabla 13. Medidas de Mitigación

Medidas de Mitigación			
Variable ambiental	Impacto	Fuente de Generación	Medida de Mitigación
Tierra	Cambio de cobertura forestal	<ul style="list-style-type: none"> • Agricultura • Predios • Canteras • Urbanización • Deforestación 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Minimizar la pérdida de cobertura forestal en las futuras construcciones ocasionadas por el aumento poblacional. 2. Elaborar un plan de manejo de microcuenca, para la gestión de los recursos naturales.
	Perdida del suelo por desaparición de cobertura forestal	<ul style="list-style-type: none"> • Agricultura • Predios • Canteras • Urbanización • Deforestación 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Recuperar cobertura vegetal en las áreas identificadas sin cobertura vegetal.
Subterránea	Alteración del nivel freático	<ul style="list-style-type: none"> • Agricultura • Predios • Canteras • Urbanización • Deforestación 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Implementar campañas de reforestación en la parte alta de la microcuenca
Agua	Alteración de zona de recarga hídrica	<ul style="list-style-type: none"> • Agricultura • Canteras • Urbanización • Deforestación 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Generar informe de los propietarios en la parte alta de la microcuenca
Superficial			<ol style="list-style-type: none"> 2. Identificar las propiedades inscritas en los programas de incentivos forestales. 3. Implementar charlas con los propietarios sobre los beneficios de los incentivos forestales.

Continuación de la Tabla 13.

Calidad del agua

- Agricultura
- Canteras
- Urbanización
- Industrias
- Contaminación por Desechos sólidos
- Contaminación por Aguas Residuales
- Deforestación

1. Implementar sistema de tratamiento de purificación de agua en la parte alta de la microcuenca, con el apoyo de la municipalidad de Puerto Barrios.
2. Realizar reuniones con los COCODES ubicados dentro de la microcuenca para que cada uno realice actividades como:
 - Censo de todas las casas ubicadas en las orillas del río, identificando cuales cuentan con un sistema de tratamiento primario (fosa séptica) y cuales dirigen sus aguas residuales al cauce del río.
 - Identificar los basureros clandestinos ubicados en las orillas de los ríos.
 - Realizar reuniones con los vecinos sobre las consecuencias que estas acciones ocasionan.

Fuente: Elaboración Propia

10. CONCLUSIONES

- 10.1. Se identificaron nueve usos actuales: bosque, arbustos, agricultura, población, predios, ZOLIC, canteras, ganadería y pastos en la microcuenca del río El Derrumbe. El bosque es el mayor uso ocupando el 55.85% (631.77 ha).
- 10.2. En el año 2006 la cobertura forestal era de 673.70 ha en la microcuenca del río El Derrumbe, la investigación determinó que en los últimos 10 años existió una pérdida de 43.08 ha. de esta cobertura.
- 10.3. El agua del río El Derrumbe no es apta para consumo humano, los resultados de las muestras de los dos puntos mostraron altos índices de Coliformes totales, superando el límite especificado por la norma COGUANOR NGO 29 001: 99. El agua de la parte alta de la microcuenca puede ser utilizada para consumo humano si se emplea un tratamiento de agua adecuado.
- 10.4. Los usos de la tierra dentro de la microcuenca del Río El Derrumbe, han afectado de manera negativa la calidad del agua, por aumentar los valores de los parámetros físico-químicos ocasionando que el agua no sea apta para el consumo humano según norma COGUANOR NGO 29 001: 99.
- 10.5. Los impactos de mayor importancia ocasionados dentro de la microcuenca son cambio de cobertura forestal, pérdida del suelo por desaparición de cobertura vegetal, alteración del nivel freático, alteración zona de recarga hídrica, calidad del agua.
- 10.6. Se propuso como una medida de mitigación la implementación de un Plan de Manejo de Microcuenca enfocado en los pagos de servicios ambientales, para la recuperación y conservación de la cobertura forestal.

11. RECOMENDACIONES

- 11.1. Zonificar los usos de la tierra con ayuda de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) para la planificación de futuras intervenciones sin afectar los recursos naturales existentes.
- 11.2. Antes de utilizar el agua como fuente de abastecimiento para consumo humano, esta deberá ser tratada con un proceso de potabilización que cumpla con la norma COGUANOR NGO 29001: 99
- 11.3. Realizar monitoreo de la calidad de agua en el río El Derrumbe para identificar el aumento de los valores de los parámetros físico-químicos y microbiológicos del agua en la parte baja y alta de la microcuenca.
- 11.4. Controlar las actividades poblacionales dentro de la microcuenca que puedan causar impactos negativos en la calidad del agua, como evitar la descarga de aguas residuales sin tratamiento al cauce o la creación de basureros clandestinos en las orillas.
- 11.5. Generar un Plan de Gestión Ambiental para implementar las medidas de mitigación para cada uno de los impactos generados dentro de la microcuenca del río El Derrumbe.
- 11.6. Realizar los procesos de conformación del Plan de Gestión ambiental con la participación de los diferentes sectores, teniendo en cuenta la estructura de los Consejos Comunitarios de Desarrollo.

12. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acevedo, P. Delibes, M. (2013). *Efectos de los cambios en los usos del suelo en las especies cinegéticas en el sur de España: repercusiones para la gestión*. Ecosistemas 22(2):33-39. Doi.: 10.7818/ECOS.2013.22-2.06. ISSN 1697-2473.
- Acuerdo Gubernativo número 236-2006 del Presidente de la República de Guatemala. *Reglamento De Las Descargas Y Reuso De Aguas Residuales Y De La Disposición De Lodos*. Guatemala, 5 de Mayo de 2006.
- AGROPOLIS INTERNACIONAL. Febrero de 2012. *Recursos de Agua Preservación y gestión*.
- Auge, M. (2007). *Agua Fuente de Vida*. La Plata, Argentina.
- Aquilla, R. Astorga, Y. Jimenez, F. 2006. *Influencia del uso del suelo en la calidad del agua en la subcuenca del río Jabonal, Costa Rica*. Recursos Naturales y Ambiente/no. 48:81-92.
- Autoridad Nacional del Ambiente (ANAM), Dirección de Gestión Integrada de Cuencas Hidrográficas (DIGICH), Departamento de Desarrollo y Manejo Forestal (DEMAFOR). (Junio 2008). *Modelo Forestal Sostenible para la restauración de cuencas hidrográficas y Áreas Protegidas*. Panamá.
- Colom, E., & Morales, M. (Mayo de 2011). *Política Nacional del Agua de Guatemala y Su estrategia*. Guatemala.
- Comisión Guatemalteca de Normas –COGUANOR-. 2009. *Agua para consumo humano (agua potable). Especificaciones*. Guatemala.
- CONAP, FUNDAECO, TNC. (2006). *Plan Maestro de la Reserva de Manantiales Cerro San Gil*. Guatemala. 208 pp.

Constitución de la República de Guatemala. *Art. 97, 122, 126, 127, 128.* Guatemala.

Decreto del Congreso de la República de Guatemala número 101-96. *Ley Forestal.* Guatemala

Decreto del Congreso de la República de Guatemala número 68-86. *Ley De Protección Y Mejoramiento Del Medio Ambiente.* Guatemala.

FAO. (Diciembre de 2007). *Las cuencas y la gestión del riesgo a los desastres naturales en Guatemala.* Guatemala.

FAO. (2016). *Portal de Suelos de la FAO.* Recuperado el 23 de Noviembre de 2016, de <http://www.fao.org/soils-portal/about/definiciones/es/>

FAO. (2009) *¿Por qué invertir en ordenación de las cuencas hidrográficas?* Roma. 2009

FAO. (2009). *Los bosque y el agua.* Roma.2009.

FCCyT. (Marzo de 2012). *Diagnóstico del Agua en las Américas.* Distrito Federal, México.

García, E. (2008). *El proceso de expansión urbana y su impacto en el uso de suelo y vegetación del municipio de Juárez, Chihuahua.* Tijuana, B. C., México.

Guerrero, M. (2011). *Determinación Del Efecto Del Uso Del Suelo (Influencia Antropogénica) Sobre La Calidad De Agua De Las Fuentes De Abastecimiento De La Población En La Cuenca Del Río Sarapiquí.* San José, Costa Rica. 2011.

GWP Centroamérica. (2015). *Situación de los Recursos Hídricos en Centroamérica Guatemala.* Honduras.

IARNA-URL (Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente de la Universidad Rafael Landívar). (2012). *Perfil Ambiental de Guatemala 2010-2012. Vulnerabilidad local y creciente construcción de riesgo*. Guatemala: Autor.

Instituto Nacional de Bosques –INAB-, Consejo Nacional de Áreas Protegidas –CONAP-, Universidad del Valle de Guatemala –UVG-, Universidad Rafael Landívar –URL-. (2012). *Mapa de Cobertura Forestal de Guatemala 2010 y Dinámica de la Cobertura Forestal 2006-2010*. Guatemala.

Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología –INSIVUMEH-. (2016). *Estadísticas Climáticas*.

Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología –INSIVUMEH-. (2012). *Boletín Climático 3-2012*.

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. 2011. *Protocolo de Muestreo, Transporte y Conservación de Muestras de Agua con Fines Múltiples (consumo humano, abrevado animal y riego)*.

Lobos, I. (2013). *Tierra y suelos en los Objetivos de Desarrollo Sostenible Rio+20*. Alemania.

MARN. 2017. Términos de referencia para un Plan de Gestión Ambiental. Recuperado de http://www.marn.gob.gt/paginas/Categoria_B2_Actividades_de_Bajo_a_Moderado_Impacto_Ambiental.

Monroy, E. (Mayo de 2012). *Diagnóstico De La Calidad Fisicoquímica Y Microbiológica En Agua De Suministro Potable Para 6 Aldeas Y Cabecera Municipal En El Municipio De San Vicente Pacaya, Escuintla Conforme A La Norma COGUANOR NGO 29001:99*. Guatemala.

Normativo. *COGUANOR NGO 29001: 99*. Guatemala.

Pensamiento, J. (Febrero de 2011). *Determinación De La Calidad Del Agua Para Consumo Humano Que Suministra La Municipalidad De San Agustín Acasaguastlán, Departamento De El Progreso. Guatemala.*

Ramos, A. 2004. *Metodologías matriarcales de evaluación ambiental para países en desarrollo: Matriz de Leopold y método Mel-Enel. Guatemala.*

Teixeira, F. (2007). *Efecto Del Uso Del Suelo Sobre La Calidad Del Agua Y Las Comunidades De Peces En Sistemas Lóticos De La Cuenca Baja Del Río Santa Lucía (Uruguay).*

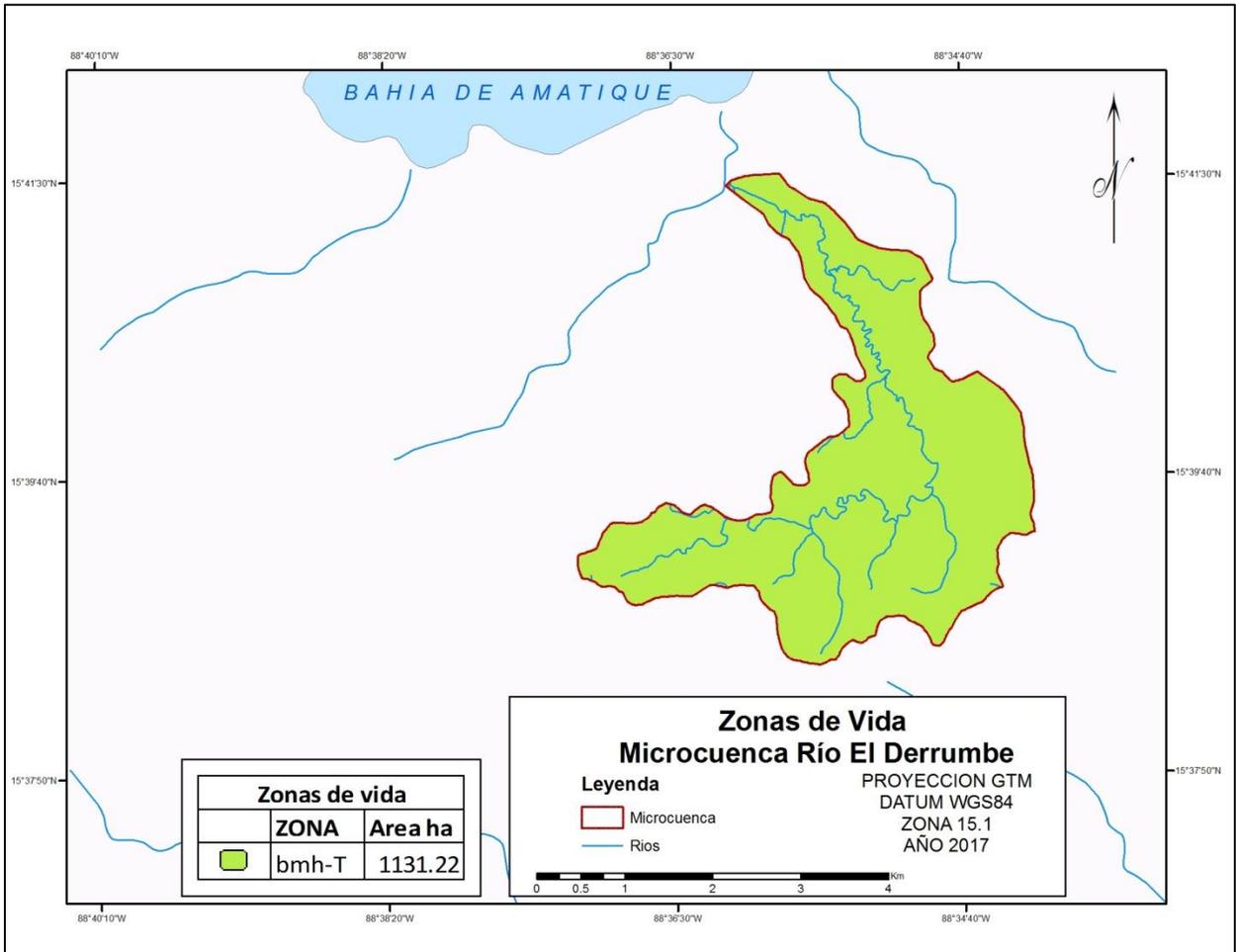
UNESCO Etxea, UNESCO y Decenio de Naciones Unidas para la Educación en el Desarrollo Sostenible. 2009. *Manual de educación para la sostenibilidad.*

UNESCO-WWAP. (2003). *Agua para todos, Agua para la vida.*

Universidad Rafael Landívar (URL), Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas –FCAA–, Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente –IARNA–. (Febrero de 2006). *Estado del uso de la tierra y ordenamiento territorial en Guatemala. Guatemala.*

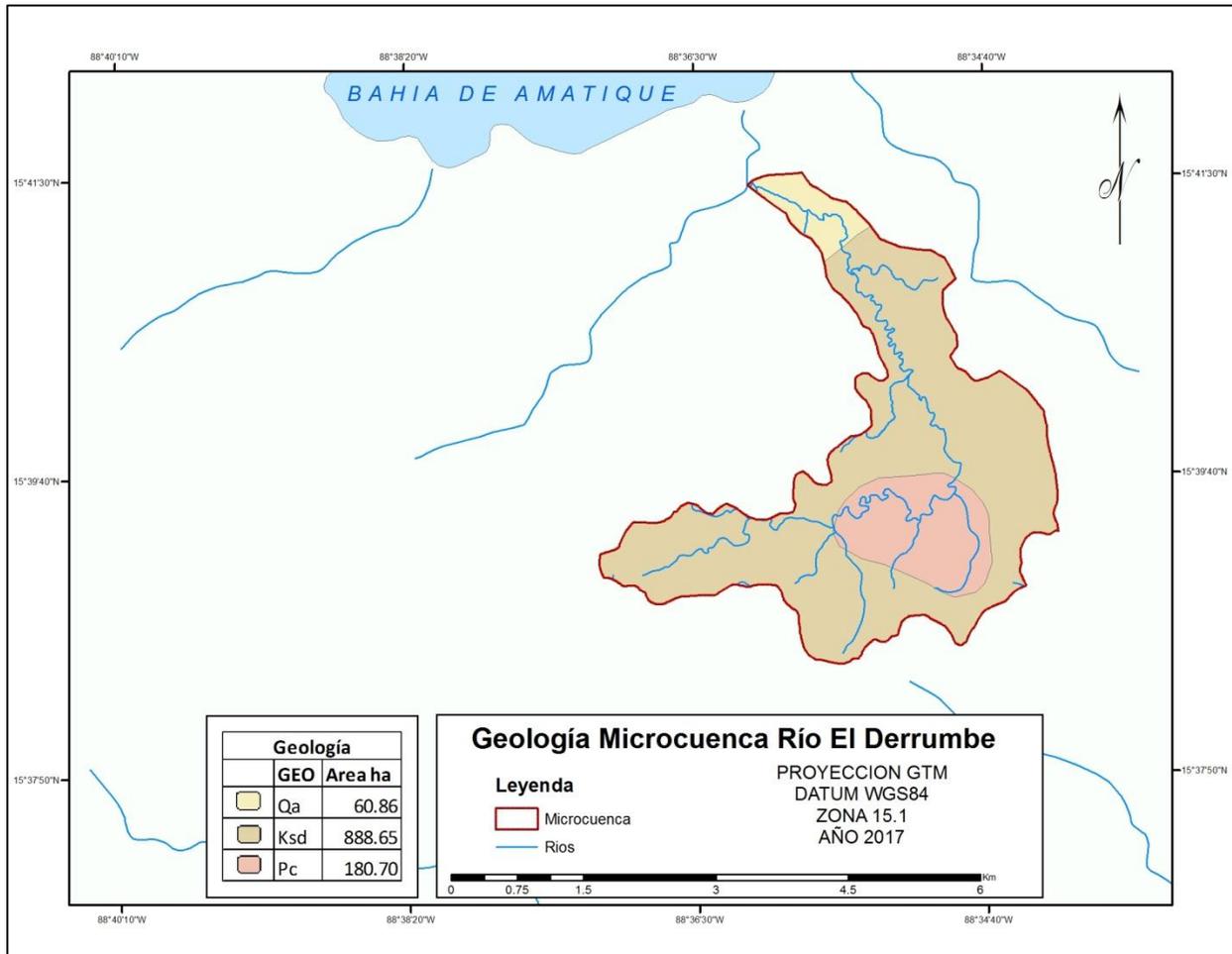
13. APÉNDICE

Apéndice A. Zona de vida microcuenca río El Derrumbe



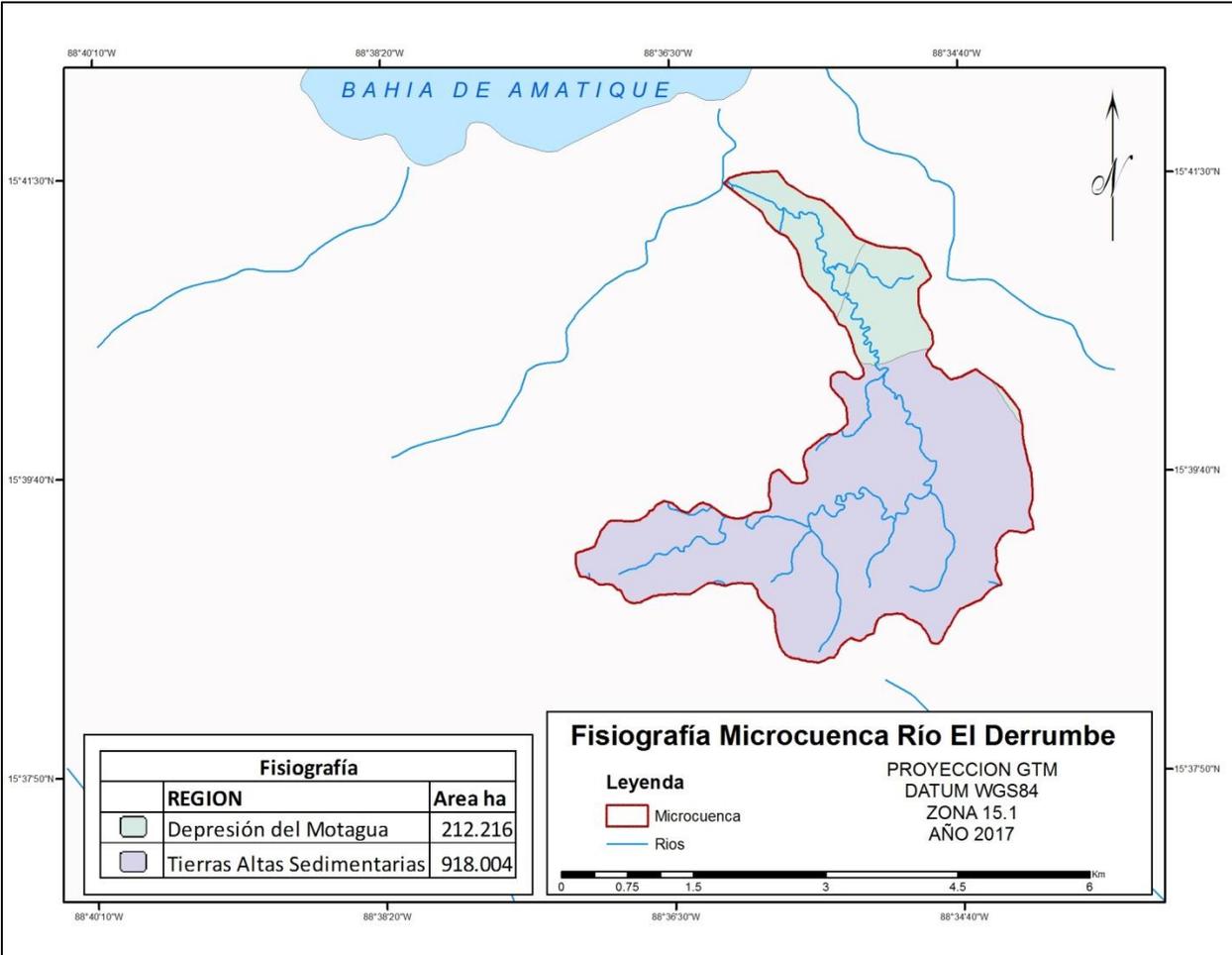
Fuente: Elaboración Propia

Apéndice B. Geología microcuenca río El Derrumbe



Fuente: Elaboración Propia

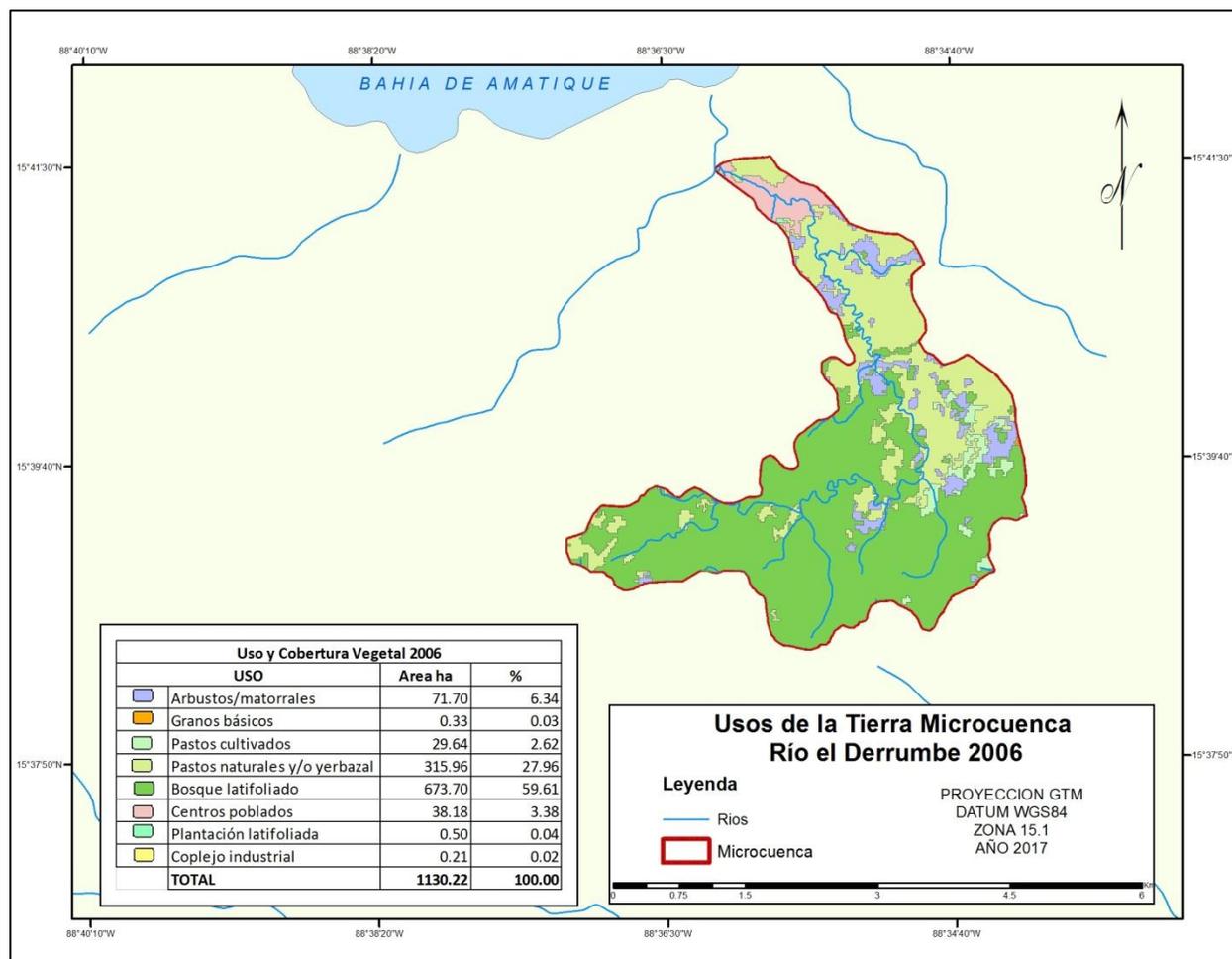
Apéndice C. Fisiografía microcuenca río El Derrumbe



Fuente: Elaboración Propia

Apéndice D. Usos de la tierra microcuenca río El Derrumbe 2006

Fuente: Elaboración Propia



Apéndice E. Cobertura boscosa perdida

% total de cobertura perdida

Bosque 2006 673.70

Diferencia 43.08

6.39%

Fuente: Elaboración Propia

Apéndice F. Área promedio de la sección del río El Derrumbe

No. Sección	Profundidad m ²			Área m ²
	1	2	3	
1	0.09	0.13	0.12	0.28
2	0.11	0.14	0.10	0.29
3	0.11	0.17	0.19	0.39
4	0.15	0.26	0.27	0.57
5	0.12	0.26	0.27	0.53
6	0.13	0.31	0.36	0.61
7	0.09	0.37	0.37	0.68
8	0.14	0.35	0.46	0.79
9	0.19	0.47	0.55	1
10	0.26	0.44	0.63	1.11
	Promedio			0.625

Fuente: Elaboración Propia

Apéndice G. Tiempo promedio del flotador

Tiempo	
1	5.20
2	4.40
3	4.50
Promedio segundos	282

Fuente: Elaboración Propia

Apéndice H. Análisis microbiológico cobertura boscosa microcuenca río El Derrumbe

LABORATORIO CLÍNICO



Nuestra experiencia a su servicio

Licda. María de los Ángeles Prado de Oliva
Química Bióloga Colegiado No. 1099

Calzada Justo Rufino Barrios, y 16 Calle, esquina
Puerto Barrios, Izabal. Telefax: 7948 0489

Código: 108051	#Protocolo: 13755	Fecha informe de resultado: 14/09/2017	Página 1 (2)
----------------	-------------------	--	--------------

INFORME DE RESULTADOS

Con atención a:	Joselyn Morales Barrientos
Teléfono:	3302-5494

DATOS DE LA MUESTRA	FECHA	HORA
Fecha y hora del muestreo:	04/09/2017	11:00:00 a.m.
Fecha y hora de ingreso a Laboratorio de referencia:	05/09/2017	09:30:00 a.m.
Responsable de muestreo:	Joselyn Morales Barrientos	

1. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DE AGUA

Tipo de muestra: AGUA - RIO EL DERRUMBE - PARTE ALTA

Análisis	Resultados	Especificación ¹	Método ²
Coliformes totales**	Mayor de $1.6 \times 10^3/100\text{mL}$	No detectable/100mL	SM 9221 B
Escherichia coli**	No detectable/100mL	No detectable/100mL	SM 9221 F

CONCLUSION: De acuerdo a Comisión Guatemalteca de Normas COGUANOR NGO 29 001 para análisis microbiológico de agua potable, la muestra analizada se encuentra FUERA de los límites establecidos, en cuanto a la detección de coliformes totales. NO SE RECOMIENDA PARA CONSUMO HUMANO.

NMP (Número más probable) en 100 mililitros

¹ Especificaciones según COGUANOR 29001 AGUA POTABLE Especificaciones. 2010.

² Metodo de análisis: COGUANOR y Standard Methods (SM) for the Examination of Water and Wastewater. American Public Health Association (APHA). 21th Ed. USA. 2005

** Análisis acreditados ISO/IEC 17025:2005 - OGA - LE - 044 -11

Coliformes totales: Grupo bacteriano que sirve de indicador de la eficiencia en el tratamiento de potabilización del agua, puede indicar una contaminación bacteriana posterior a tratamiento de este grupo pueden encontrarse en el suelo, materias vegetales en descomposición, aguas ricas en nutrientes, animales y en el hombre.

Escherichia coli: La presencia de este microorganismo en agua indica contaminación fecal de origen humano o animal. Además indica que pueden estar presentes microorganismos causantes de infección gastrointestinal que son transmitidos por vía fecal.

Muestra de agua referida a laboratorio BIOLAB, ciudad capital.

Lic. Deivy Alexander Mazariegos P.
Químico Biólogo
Colegiado No. 5277

Apéndice I. Análisis físico-químico cobertura boscosa microcuenca río El Derrumbe

LABORATORIO CLÍNICO



Nuestra experiencia a su servicio

Licda. María de los Ángeles Prado de Oliva
Química Bióloga Colegiado No. 1099

Calzada Justo Rufino Barrios, y 16 Calle, esquina
Puerto Barrios, Izabal. Telefax: 7948 0489

Código: 108051	#Protocolo: 13755	Fecha informe de resultado: 14/09/2017	Página 2 (2)
----------------	-------------------	--	--------------

INFORME DE RESULTADOS

Con atención a:	Joselyn Morales Barrientos
Teléfono:	3302-5494

DATOS DE LA MUESTRA	FECHA	HORA
Fecha y hora del muestreo:	04/09/2017	11:00:00 a.m.
Fecha y hora de ingreso a Laboratorio de referencia:	05/09/2017	09:30:00 a.m.
Responsable de muestreo:	Joselyn Morales Barrientos	

2. ANÁLISIS.FISICO-QUÍMICO DE AGUA

Tipo de muestra: AGUA - RIO EL DERRUMBE - PARTE ALTA

ANÁLISIS	RESULTADO	LIMITE MAXIMO PERMISIBLE*	LIMITE MAXIMO ACEPTABLE*
Color	0 U	5 U	35 U
Olor	No rechazable	No rechazable	No rechazable
Turbiedad	1.2 NTU	5.0 NTU	15.0 NTU
Calcio	35.0 mg/L	75.0 mg/L	150.0 mg/L
Cloro residual libre	Menor de 0.05 mg/L	0.5 mg/L	1.0 mg/L
Cloruros	10.0 mg/L	100 mg/L	250 mg/L
Conductividad eléctrica	439.0 uS/cm	750.0 uS/cm	1500.0 uS/cm
Dureza total (CaCO ³)	100 mg/L	100 mg/L	500 mg/L
Hierro	0.18 mg/L	0.3 mg/L	----
Magnesio	10.3 mg/L	50.0 mg/L	100.0 mg/L
Manganeso	0.023 mg/L	0.1 mg/L	0.4 mg/L
Nitratos	0.2 mg/L	----	50.0 mg/L
Nitritos	0.080 mg/L	----	3.0 mg/L
Potencial de Hidrógeno (pH)	7.6	7.0 a 7.5	6.5 a 8.5
Sólidos totales disueltos	443.0 mg/L	500.0 mg/L	1000.0 mg/L
Sulfatos	110.0 mg/L	100 mg/L	250 mg/L

DEFINICIONES: (según la Norma COGUANOR 29 001)

Agua Potable: Es aquella que por sus características de calidad especificadas en esta norma, es adecuada para el consumo humano.

***Límite Máximo Permisible:** Es el valor de la concentración de cualquier característica de calidad de agua, arriba de la cual el agua no es adecuada para el consumo humano.

****Límite Máximo Aceptable:** Valor de la concentración de cualquier característica del agua, arriba del cual estas características son percibidas por los consumidores desde el punto de vista sensorial, pero sin que implique un daño a la salud del consumidor.

CONCLUSION: De acuerdo a la Norma Guatemalteca COGUANOR NGO29 001 para análisis fisicoquímico de agua potable, los parámetros de; Potencial de hidrógeno (pH) y sulfatos se encuentran fuera de los límites establecidos. **NO SE RECOMIENDA PARA CONSUMO HUMANO.**

Muestra de agua referida a laboratorio BIOLAB, ciudad capital.

Lic. Pety Alexander Mazariegos P.
Química Bióloga
Colegiado No. 5277

Apéndice J. Análisis microbiológico cobertura habitacional microcuenca río El Derrumbe

LABORATORIO CLÍNICO



Nuestra experiencia a su servicio

Licda. María de los Ángeles Prado de Oliva
Química Bióloga Colegiado No. 1099

Calzada Justo Rufino Barrios, y 16 Calle, esquina
Puerto Barrios, Izabal. Telefax: 7948 0489

Código: 108052	#Protocolo: 13756	Fecha informe de resultado: 14/09/2017	Página 1 (2)
----------------	-------------------	--	--------------

INFORME DE RESULTADOS

Con atención a:	Joselyn Morales Barrientos
Teléfono:	3302-5494

DATOS DE LA MUESTRA	FECHA	HORA
Fecha y hora del muestreo:	04/09/2017	11:25:00 a.m.
Fecha y hora de ingreso a Laboratorio de referencia:	05/09/2017	09:30:00 a.m.
Responsable de muestreo:	Joselyn Morales Barrientos	

1. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DE AGUA

Tipo de muestra: AGUA - RIO EL DERRUMBE - PARTE BAJA

Análisis	Resultados	Especificación ¹	Método ²
Coliformes totales**	Mayor de $1.6 \times 10^3/100\text{mL}$	No detectable/100mL	SM 9221 B
Escherichia coli**	No detectable/100mL	No detectable/100mL	SM 9221 F

CONCLUSION: De acuerdo a Comisión Guatemalteca de Normas COGUANOR NGO 29 001 para análisis microbiológico de agua potable, la muestra analizada se encuentra FUERA de los límites establecidos, en cuanto a la detección de coliformes totales. NO SE RECOMIENDA PARA CONSUMO HUMANO.

NMP (Número más probable) en 100 mililitros

¹ Especificaciones según COGUANOR 29001 AGUA POTABLE Especificaciones. 2010.

² Metodo de análisis: COGUANOR y Standard Methods (SM) for the Examination of Water and Wastewater. American Public Health Association (APHA). 21th Ed. USA. 2005

** Análisis acreditados ISO/IEC 17025:2005 - OGA - LE - 044 -11

Coliformes totales: Grupo bacteriano que sirve de indicador de la eficiencia en el tratamiento de potabilización del agua, puede indicar una contaminación bacteriana posterior a tratamiento de este grupo pueden encontrarse en el suelo, materias vegetales en descomposición, aguas ricas en nutrientes, animales y en el hombre.

Escherichia coli: La presencia de este microorganismo en agua indica contaminación fecal de origen humano o animal. Además indica que pueden estar presentes microorganismos causantes de infección gastrointestinal que son transmitidos por vía fecal.

Muestra de agua referida a laboratorio BIOLAB, ciudad capital.

Lic. Deivy Alexander Mazariegos P.
Química Bióloga
Colegiado No. 5277

Apéndice K. Análisis físico-químico cobertura habitacional microcuenca río El Derrumbe

LABORATORIO CLÍNICO



Nuestra experiencia a su servicio

Licda. María de los Ángeles Prado de Oliva
Química Bióloga Colegiado No. 1099

Calzada Justo Rufino Barrios, y 16 Calle, esquina
Puerto Barrios, Izabal. Telefax: 7948 0489

Código: 108052	#Protocolo: 13756	Fecha informe de resultado: 14/09/2017	Página 2 (2)
----------------	-------------------	--	--------------

INFORME DE RESULTADOS

Con atención a:	Joselyn Morales Barrientos
Teléfono:	3302-5494

DATOS DE LA MUESTRA	FECHA	HORA
Fecha y hora del muestreo:	04/09/2017	11:25:00 a.m.
Fecha y hora de ingreso a Laboratorio de referencia:	05/09/2017	09:30:00 a.m.
Responsable de muestreo:	Joselyn Morales Barrientos	

2. ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DE AGUA

Tipo de muestra: AGUA - RIO EL DERRUMBE - PARTE BAJA

ANÁLISIS	RESULTADO	LIMITE MÁXIMO PERMISIBLE*	LIMITE MÁXIMO ACEPTABLE*
Color	0 U	5 U	35 U
Olor	No rechazable	No rechazable	No rechazable
Turbiedad	0.63 NTU	5.0 NTU	15.0 NTU
Calcio	20.0 mg/L	75.0 mg/L	150.0 mg/L
Cloro residual libre	0.07 mg/L	0.5 mg/L	1.0 mg/L
Cloruros	14.0 mg/L	100 mg/L	250 mg/L
Conductividad eléctrica	319.0 uS/cm	750.0 uS/cm	1500.0 uS/cm
Dureza total (CaCO ³)	140 mg/L	100 mg/L	500 mg/L
Hierro	1.12 mg/L	0.3 mg/L	----
Magnesio	6.9 mg/L	50.0 mg/L	100.0 mg/L
Manganeso	0.398 mg/L	0.1 mg/L	0.4 mg/L
Nitratos	1.2 mg/L	----	50.0 mg/L
Nitritos	0.277 mg/L	----	3.0 mg/L
Potencial de Hidrógeno (pH)	7.8	7.0 a 7.5	6.5 a 8.5
Sólidos totales disueltos	323.0 mg/L	500.0 mg/L	1000.0 mg/L
Sulfatos	142.0 mg/L	100 mg/L	250 mg/L

DEFINICIONES: (según la Norma COGUANOR 29 001)

Agua Potable: Es aquella que por sus características de calidad especificadas en esta norma, es adecuada para el consumo humano.

***Límite Máximo Permisible:** Es el valor de la concentración de cualquier característica de calidad de agua, arriba de la cual el agua no es adecuada para el consumo humano.

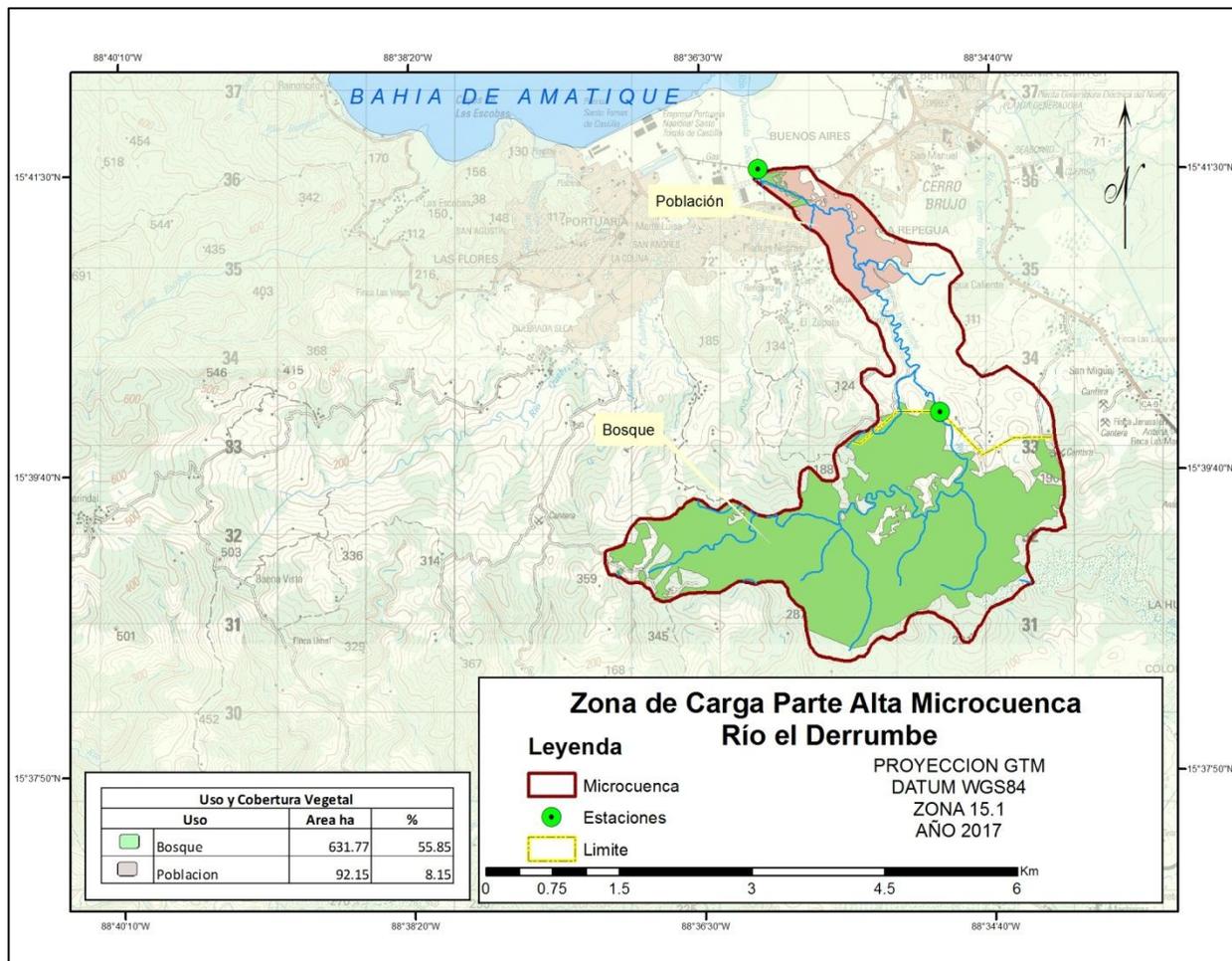
****Límite Máximo Aceptable:** Valor de la concentración de cualquier característica del agua, arriba del cual estas características son percibidas por los consumidores desde el punto de vista sensorial, pero sin que implique un daño a la salud del consumidor.

CONCLUSION: De acuerdo a la Norma Guatemalteca COGUANOR NGO29 001 para análisis fisicoquímico de agua potable, los parámetros de: Dureza total (CaCO³), Hierro, Potencial de hidrógeno (pH) y sulfatos se encuentran fuera de los límites establecidos. **NO SE RECOMIENDA PARA CONSUMO HUMANO.**

Muestra de agua referida a laboratorio BIOLAB, ciudad capital.

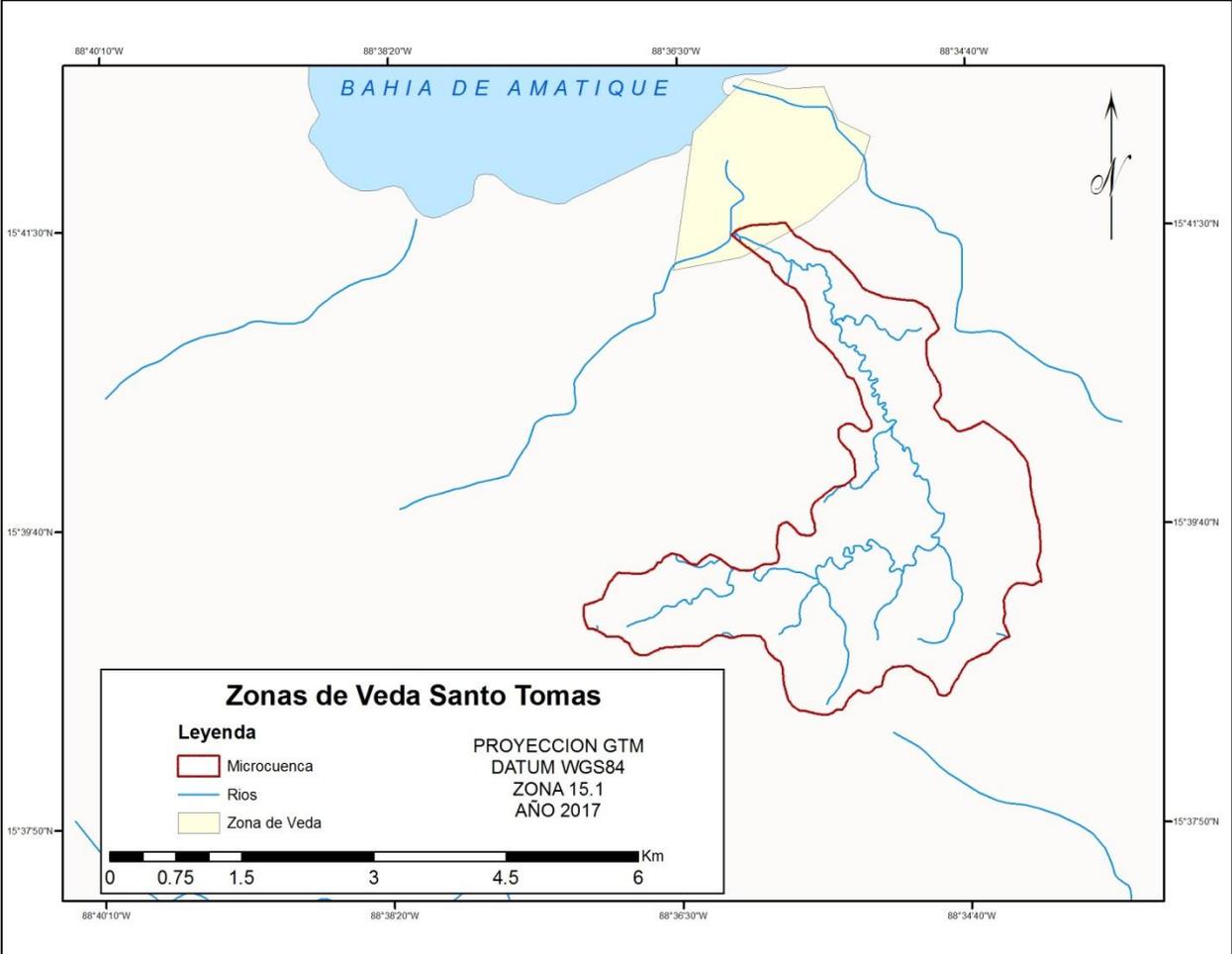
Lic. Deivy Alexander Mazariegos P.
Química Bióloga
Colegiado No. 5277

Apéndice L. Zona de carga parte alta



Fuente: Elaboración Propia

Apéndice M. Zona de veda Santo Tomas



Fuente: Elaboración Propia

Apéndice N. Fotografías parte alta microcuenca río El Derrumbe



Cantera



Cantera



Cauce del río



Cauce del río

Apéndice O. Fotografías parte baja microcuenca río El Derrumbe



Toma de muestras



Predios



15.3. Cauce del río



15.4. Cauce del río



Descarga de aguas residuales



Tubería de aguas residuales



Aguas residuales



Basurero a orilla del río