

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ÁREA INTEGRADA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

**MODELO DE GESTIÓN SOSTENIBLE DEL ÁREA DE
INFLUENCIA DEL RÍO PANSALIC, MIXCO, GUATEMALA, C.A.,
DIAGNÓSTICO DE LA RESERVA FORESTAL PROTECTORA DE
MANANTIALES COORDILLERA ALUX Y SERVICIOS
REALIZADOS EN EL INSTITUTO DE DESARROLLO
ECONÓMICO Y SOCIAL DE AMÉRICA CENTRAL -IDESAC- Y LA
RESERVA FORESTAL PROTECTORA DE MANANTIALES
COORDILLERA ALUX.**

HANS JEFFERSON MEJIA DE LEÓN

GUATEMALA, ENERO DE 2021

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ÁREA INTEGRADA**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN
MODELO DE GESTIÓN SOSTENIBLE DEL ÁREA DE INFLUENCIA DEL RÍO
PANSALIC, MIXCO, GUATEMALA, C.A.**

**PRESENTADO A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE
AGRONOMÍA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

POR

HANS JEFFERSON MEJIA DE LEÓN

**EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO
INGENIERO AGRÓNOMO**

EN

**GESTION AMBIENTAL LOCAL
EN EL GRADO ACADÉMICO DE
LICENCIADO**

GUATEMALA, ENERO DE 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

RECTOR

Ing. Murphy Olímpto Paiz Recinos

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

DECANO	Ing. Agr. Waldemar Nufio Reyes
VOCAL I	Dr. Marvin Roberto Salguero Barahona
VOCAL II	Dra. Gricelda Lily Gutiérrez Álvarez
VOCAL III	Ing. Agr. M. A. Jorge Mario Cabrera Madrid
VOCAL IV	P. Agr. Marlon Estuardo González Álvarez
VOCAL V	P. Agr. Sergio Wladimir González Paz
SECRETARIO	Ing. Agr. Walter Arnoldo Reyes Sanabria

GUATEMALA, ENERO DE 2021

Guatemala, Enero de 2021

Honorable Junta Directiva
Honorable Tribunal Examinador
Facultad de Agronomía
Universidad de San Carlos de Guatemala

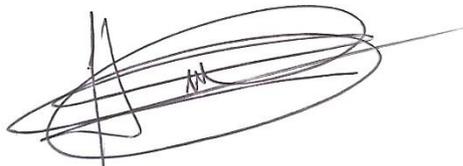
Honorables miembros:

De conformidad con las normas establecidas por la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración, el trabajo de graduación titulado: **“MODELO DE GESTIÓN SOSTENIBLE DEL ÁREA DE INFLUENCIA DEL RÍO PANSALIC, MIXCO, GUATEMALA, C.A.”** como requisito previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo en Gestión Ambiental Local, en el grado académico de Licenciado.

Esperando que el mismo llene los requisitos necesarios para su aprobación, me es grato suscribirme,

Atentamente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

A handwritten signature in black ink, consisting of several overlapping loops and a long horizontal stroke extending to the right.

Hans Jefferson Mejía De León

ACTO QUE DEDICO

A:

A Dios

Por darme la oportunidad de salir adelante a pesar de los obstáculos que me ha puesto la vida y me ha dado la fuerza para seguir adelante.

A mi madre

Por apoyarme en las decisiones de mi vida, por ser el pilar de mi vida, por ser una fuerza que nunca se detiene y me enseña a luchar por las cosas que deseo, por ser la mujer que me enseñó que si deseo algo en esta vida tengo que luchar por ello salir adelante y tomarlo sin importar los obstáculos que encuentre en el camino. Gracias mami por motivarme, cuidarme, apoyarme, soportarme pero más que nada gracias por siempre estar presente en mi vida y formarme como el hombre que soy el día de hoy.

A mis hermanos

Por siempre estar en mi vida, por ser parte de mi vida y por enseñarme que podemos pelear y enojarnos mutuamente pero que siempre que los necesite van a estar ahí para mí.

A mi hijo

Aidan eres mi amor, un amor que no puedo explicar pero que me hace querer cuidarte y guiarte a través de la vida, por ser ese bebé sonriente y darme ese amor tan grande que me das, por permitirme estar en ese corazón tan grande y noble que tienes.

A mi familia

A mi abuelita, a mis tías y mis primos que siempre han estado en mi vida y me llenan de su amor incondicional.

A mis amigos

Que a lo largo de toda mi carrera universitaria me han apoyado y nos hemos ayudado en el camino, que a pesar de que algunos se quedaron en el camino siguen apoyándome.

AGRADECIMIENTOS

A:

A Dios. Por guiarme, iluminarme y cuidarme en el camino.

A mi madre Por educarme y apoyarme incondicionalmente cada día de mi vida.

A mis Asesores, consultores y Docentes. En especial al Ingeniero Kelder Ortiz, Ingeniero Alfredo Itzep e ingeniero Pablo Prado, por todo el conocimiento que compartieron conmigo y por su valioso tiempo dedicado a este trabajo.

A la Facultad de Agronomía. Por abrirme sus puertas y acogerme en mis años de estudio.

A la Universidad de San Carlos de Guatemala. Por el regalo invaluable de la educación y conciencia social, que me abre los ojos a una realidad y las puertas a un universo de posibilidades

A IDESAC Por darme la oportunidad de desarrollar mi EPS en su institución y apoyarme al momento de realizar mi investigación, observando lo valioso e importante que es el conocimiento.

ÍNDICE GENERAL

TÍTULO	PÁGINA
RESUMEN	IX
CAPÍTULO I	
DIAGNÓSTICO DE LA RESERVA FORESTAL PROTECTORA DE MANANTIALES COORDILLERA ALUX.	1
1.1 PRESENTACIÓN	3
1.2 MARCO REFERENCIAL	4
1.2.1 UBICACIÓN	4
1.2.2 INFRAESTRUCTURA VIAL	6
1.2.3 GEOLOGÍA	6
1.2.4 SUELOS	9
1.2.5 ASPECTOS CULTURALES	11
1.2.6 DEMOGRAFÍA	11
1.2.7 ORGANIZACIÓN COMUNITARIA	13
1.3 OBJETIVOS	14
1.3.1 GENERAL	14
1.3.2 ESPECÍFICOS	14
1.4 METODOLOGÍA	15
1.4.1 DESCRIPCIÓN DEL MANEJO DEL ÁREA PROTEGIDA	15
1.4.2 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	15
1.4.3 PRIORIZACIÓN DE PROBLEMAS	15
1.5 RESULTADOS	17
1.5.1 DESCRIPCIÓN DEL MANEJO DEL ÁREA PROTEGIDA	17
A. Zona de Avance de la Frontera Urbana	17
B. Zona de Avance de la Frontera Agrícola	18
C. Zona de aprovechamiento ilícito de flora	19
D. Dificultades encontradas	19
E. Oportunidades encontradas	20
1.5.2 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	21
1.5.3 PRIORIZACIÓN DE PROBLEMAS	22
1.6 CONCLUSIONES	24

	PÁGINA
1.7 RECOMENDACIONES	25
1.8 BIBLIOGRAFÍA	26
CAPITULO II	
MODELO DE GESTIÓN SOSTENIBLE DEL ÁREA DE INFLUENCIA DEL RÍO PANSALIC, MIXCO, GUATEMALA, C.A.	29
2.1 PRESENTACIÓN	31
2.2 MARCO CONCEPTUAL	33
2.2.1 AFORO DE CAUDAL	33
2.2.2 AGUA SUPERFICIAL	33
2.2.3 ANÁLISIS DE AGUA	33
2.2.4 CALIDAD DEL AGUA	34
2.2.5 RESERVA FORESTAL PROTECTORA DE MANANTIALES CORDILLERA ALUX (RFPMCA)	34
2.2.6 CONTAMINACIÓN DEL AGUA	34
2.2.7 CALIDAD DEL AGUA	35
2.2.8 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS	35
A. Conductividad	35
B. Demanda Bioquímica de Oxígeno -DBO-	35
C. Demanda Química de Oxígeno –DQO-	36
D. Fósforo total	36
E. Nitrógeno total	36
F. Sólidos sedimentables	36
G. Sólidos en suspensión	37
H. Coliformes fecales	37
2.2.9 MODELO DE GESTIÓN SOSTENIBLE	37
2.3 MARCO REFERENCIAL	39
2.3.1 UBICACIÓN	39
2.3.2 ACUERDO GUBERNATIVO No. 236-2006 “REGLAMENTO DE LAS DESCARGAS Y REUSÓ DE LAS AGUAS RESIDUALES Y LA DISPOSICIÓN DE LODOS”	40
A. Afluente	40
B. Aguas residuales	40
C. Aguas residuales de tipo especial	41

PÁGINA

D.	Aguas residuales de tipo ordinario	41
E.	Alcantarillado público	41
F.	Caracterización de una muestra	41
G.	Caracterización de un efluente o un afluente	42
H.	Cuerpo receptor	42
I.	Dilución	42
J.	Efluente de aguas residuales	42
K.	Entes generadores	42
L.	Eutrofización	43
M.	Límite máximo permisible –LMP-	43
N.	Lodos	43
O.	Monitoreo	43
P.	Muestra	43
Q.	Muestra simple	44
R.	Parámetro	44
S.	Reusó	44
T.	Tratamiento de aguas residuales	44
2.3.3	CONTAMINACIÓN DE AGUA	44
A.	Contaminación difusa	45
B.	Contaminación puntual	45
2.3.4	CARACTERIZACIÓN DEL AGUA	46
A.	Agua potable	46
B.	Características bacteriológicas	46
C.	Características físicas	46
D.	Características químicas	47
E.	Características microbiológicas	47
F.	Coliformes totales	47
G.	Coliformes fecales	48
2.3.5	LEY DE PROTECCIÓN Y MEJORAMIENTO DEL MEDIO AMBIENTE	48
2.3.6	MANEJO DE LOS DESECHOS SÓLIDOS Y LÍQUIDOS	49
2.3.7	GESTIÓN INTEGRAL	50

	PÁGINA	
A.	Sistema de gestión del medioambiente	50
B.	Norma ISO 14001	50
2.3.8	ANTECEDENTES	51
2.4	OBJETIVOS	53
2.4.1	OBJETIVO GENERAL	53
2.4.2	OBJETIVO ESPECÍFICOS	53
2.5	METODOLOGÍA	54
2.5.1	ANÁLISIS DE NIVELES DE CONTAMINACIÓN	54
A.	Análisis de criterios de evaluación sobre áreas vulnerables a problemas de contaminación	54
B.	Análisis de la calidad del agua	56
C.	Selección de puntos de muestreo	57
D.	Toma y transporte de muestras	58
E.	Análisis de muestras	59
F.	Análisis de la información	60
2.5.2	IDENTIFICACIÓN DE ACTORES	60
2.5.3	FORMULACIÓN DE LÍNEAS BASES PARA UN PLAN DE ACCIÓN DE SANEAMIENTO PARA EL RÍO PANSALIC	60
2.6	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	62
2.6.1	ANÁLISIS DE LOS NIVELES DE CONTAMINACIÓN EN ÉPOCA LLUVIOSA DEL RÍO PANSALIC	62
A.	Análisis de pruebas físico-químico	62
B.	Análisis de las pruebas microbiológicas	64
C.	Análisis de las pruebas de metales pesados	66
2.6.2	ACTORES INVOLUCRADOS	68
2.6.3	MODELO DE GESTIÓN PARA EL RÍO PANSALIC	70
2.7	CONCLUSIONES	73
2.8	RECOMENDACIONES	74
2.9	BIBLIOGRAFÍA	76
2.10	APÉNDICE	81
2.10.1	TOMA DE MUESTRAS	81

CAPÍTULO III		
SERVICIOS REALIZADOS EN INSTITUTO DE DESARROLLO ECONÓMICO Y SOCIAL DE AMÉRICA CENTRAL -IDESAC- EN RESERVA FORESTAL PROTECTORA DE MANANTIALES COORDILLERA ALUX.		87
3.1	PRESENTACIÓN	89
3.2	SERVICIO 1: ELABORACIÓN DE LÍNEA CORTAFUEGO EN LA FINCA SAN RAFAEL UBICADA EN EL AREA PROTEGIDA RESERVA FORESTAL PROTECTORA DE MANANTIALES COORDILLERA ALUX	90
3.2.1	OBJETIVOS	90
A.	Objetivo General	90
3.2.2	METODOLOGÍA	90
A.	Fase de gabinete	90
B.	Fase de campo	90
3.2.3	RESULTADOS DEL APROVECHAMIENTO DE LAS ÁREAS FORESTALES DE LA FINCA SAN RAFAEL PARA ELABORAR LINEAS CORTAFUEGO	91
3.2.4	EVALUACIÓN DE SERVICIO	92
3.3	SERVICIO 2: CHARLAS DE CONCIENTIZACIÓN AMBIENTAL CON RESPECTO A LA DEFORESTACIÓN Y REFORESTACION DEL BOSQUE NATURAL, RELACIÓN DEL NIVEL DEL MANTO FREATICO CON RESPECTO A LA REFORESTACIÓN Y LA PROTECCIÓN Y APROVECHAMIENTO DEL RECURSO HIDRICO	92
3.3.1	OBJETIVOS	92
A.	Objetivo general	92
B.	Objetivos específicos	92
3.3.2	METODOLOGÍA	93
A.	Fase de gabinete	93
B.	Fase de campo	93
3.3.3	RESULTADOS DE ELABORACIÓN DE CHARLAS DE CONCIENTIZACION AMBIENTAL A LA POBLACIÓN DE LA ALDEA PACHALÍ UBICADA EN SANTIAGO SACATEPÉQUEZ	93
3.3.4	EVALUACIÓN DE SERVICIO	95
3.4	ANEXOS	96
3.4.1.	ELABORACIÓN DE LA LÍNEA CORTAFUEGO	96

ÍNDICE DE FIGURAS**FIGURA**

Figura 1.	Mapa de ubicación de la reserva forestal protectora de manantiales cordillera Alux	5
Figura 2.	Mapa de geología de la reserva forestal protectora de manantiales cordillera Alux	8
Figura 3.	Mapa de serie de suelos de la reserva forestal protectora de manantiales cordillera Alux	10
Figura 4.	Relación porcentual de pobladores indígenas por municipio, que comprenden el área de la Cordillera Alux	12
Figura 5.	Árbol de problemas en el área de la Cordillera Alux	21
Figura 6.	Mapa de ubicación de la microcuenca del río Pansalic	39
Figura 7.	Método de análisis de muestras de agua	54
Figura 8.	Mapa de ubicación de los puntos de muestreo	57
Figura 9.	Etiquetas de muestras para análisis de agua	59
Figura 10.	Actores involucrados en la implementación de modelo de gestión	69
Figura 11.	Plan de manejo de gestión para el río Pansalic	71
Figura 12A.	Etiqueta de muestra para el análisis llenada en campo	81
Figura 13A.	Punto alto de la microcuenca del río Pansalic, toma de muestras	82
Figura 14A.	Punto bajo de la microcuenca del río Pansalic, toma de muestras	83
Figura 15A.	Toma de datos de las muestras para llenar las etiquetas de muestreo	84
Figura 16.	Elaboración de la línea cortafuego	91
Figura 17.	Elaboración de la línea cortafuego	91
Figura 18.	Desarrollo de charlas de concientización ambiental	94
Figura 19A.	Elaboración de línea corta fuego	96
Figuras 20A.	Línea cortafuego terminada	97
Figuras 21A.	Línea cortafuego terminada	97

PÁGINA

Figura 22A.	Charla de concientización ambiental a la comunidad de la Aldea Pachalí ubicada en Santiago Sacatepéquez	98
Figura 23A.	Charla de concientización ambiental a la comunidad de la Aldea Pachalí ubicada en Santiago Sacatepéquez	99

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO		PÁGINA
Cuadro 1.	Geología de los suelos de la Cordillera Alux	7
Cuadro 2.	Número de habitantes por municipio que comprenden la Cordillera Alux	12
Cuadro 3.	Matriz de pares para la priorización de problemas en el área Protegida Reserva Forestal Protectora de Manantiales Cordillera Alux	22
Cuadro 4.	Referencia para elaboración de Matriz de pares para la priorización de problemas en el área protegida Reserva Forestal Protectora de Manantiales Cordillera Alux	23
Cuadro 5.	Matriz de análisis de criterios de evaluación	55
Cuadro 6.	Matriz de análisis para criterios de evaluación sobre impacto ambiental	56
Cuadro 7.	Resultado de análisis de aguas residuales	62
Cuadro 8.	Resultados de análisis microbiológicos	65
Cuadro 9.	Resultados de análisis de metales pesados	66

MODELO DE GESTIÓN SOSTENIBLE DEL ÁREA DE INFLUENCIA DEL RÍO PANSALIC, MIXCO, GUATEMALA, C.A., DIAGNÓSTICO DE LA RESERVA FORESTAL PROTECTORA DE MANANTIALES COORDILLERA ALUX Y SERVICIOS REALIZADOS EN EL INSTITUTO DE DESARROLLO ECONÓMICO Y SOCIAL DE AMÉRICA CENTRAL -IDESAC- Y LA RESERVA FORESTAL PROTECTORA DE MANANTIALES COORDILLERA ALUX.

RESUMEN

El río Pansalic es uno de los afluentes principales del río Villa Lobos, que desemboca en el lago de Amatitlán. El río Pansalic es de suma importancia para el abastecimiento hídrica del lago de Amatitlán. El río Pansalic nace dentro del área protegida conocida como Reserva Forestal protectora de Manantiales Cordillera Alux -RFPMCA-, la cual fue declarada como tal, según Decreto No. 41-97 de la Constitución Política de la República de Guatemala y se encuentra bajo la jurisdicción de la Autoridad para el manejo sustentable del lago de Amatitlán.

Durante el Ejercicio Profesional Supervisado –EPS-, realizado en el período de agosto 2019 a mayo 2020, se diagnosticó la situación del área protegida conocida como Reserva forestal protectora de manantiales cordillera Alux, con la finalidad de conocer la situación actual con respecto a la contaminación del río Pansalic.

El presente diagnóstico se evidenció que para proteger y restaurar el río Pansalic se debe evitar que las aguas residuales sigan siendo depositadas en el río Pansalic. La evacuación de aguas servidas sin tratamiento previo no es controlada, esto constituye a ser el mayor causante de contaminación de las aguas del río Pansalic.

Se desarrolló la investigación con el objetivo de establecer un modelo de gestión sostenible sobre el área de influencia de las aguas del río Pansalic, en la que se evaluó la contaminación provocada por la falta de un sistema de drenajes pertinentes y la falta de monitoreo a la calidad del agua. Se evaluaron además, la calidad del agua en la época

lluviosa, en los siguientes parámetros: potencial de Hidrógeno (pH), conductividad, sólidos en suspensión, demanda bioquímica de oxígeno (DBO), demanda química de oxígeno (DQO), nitrógeno total, fósforo total, color, aceites y grasas, coliformes fecales y metales pesados; los cuales se compararon con el límite máximo permisible -LMP- establecido en el Acuerdo gubernativo 236-2006.

Las muestras pertinentes fueron desarrolladas en dos puntos los cuales fueron: punto alto y punto bajo de la microcuenca del río Pansalic, de esta manera se midieron los niveles de contaminación, en la que se determinó el punto focal de mayor contaminación para la microcuenca.

Mediante el conocimiento de la situación actual del río Pansalic y su área influencia por medio de los análisis del recurso hídrico realizados en el laboratorio de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad de San Carlos de Guatemala USAC, se desarrolló un “Modelo de gestión sostenible del área de influencia del río Pansalic”. Esto se realizó para profundizar en las interrelaciones de las dinámicas urbanas y ambientales que repercuten en la gestión del recurso hídrico de este sector.

A su vez se realizaron los servicios los cuales corresponden a la realización de línea cortafuego en puntos estratégicos de la finca San Rafael de la cual la institución IDESAC – Instituto para el Desarrollo Económico y Social de América Central – es encargada y el desarrollo de talleres de concientización ambiental a las mujeres de la aldea de Pachalí ubicada en Santiago Sacatepéquez, con el fin de establecer las bases de la conciencia ambiental y la importancia del ambiente en el papel de la comunidad.



**CAPÍTULO I: DIAGNÓSTICO DE LA RESERVA FORESTAL PROTECTORA DE
MANANTIALES COORDILLERA ALUX.**

1.1 PRESENTACIÓN

El presente diagnóstico presenta la información recabada de la reserva forestal protectora de manantiales cordillera Alux - RFPMCA -. En mayo de 1992, por iniciativa del Alcalde de Mixco, apoyado por los Alcaldes de los municipios de San Lucas, Santiago y San Pedro Sacatepéquez, acordaron realizar las gestiones necesarias para declarar la Cordillera Alux, como área protegida. Por esa iniciativa, el Consejo de Desarrollo de la Región Metropolitana nombró una comisión de protección del ambiente, para identificar alternativas de solución para la conservación y protección de la Cordillera Alux.

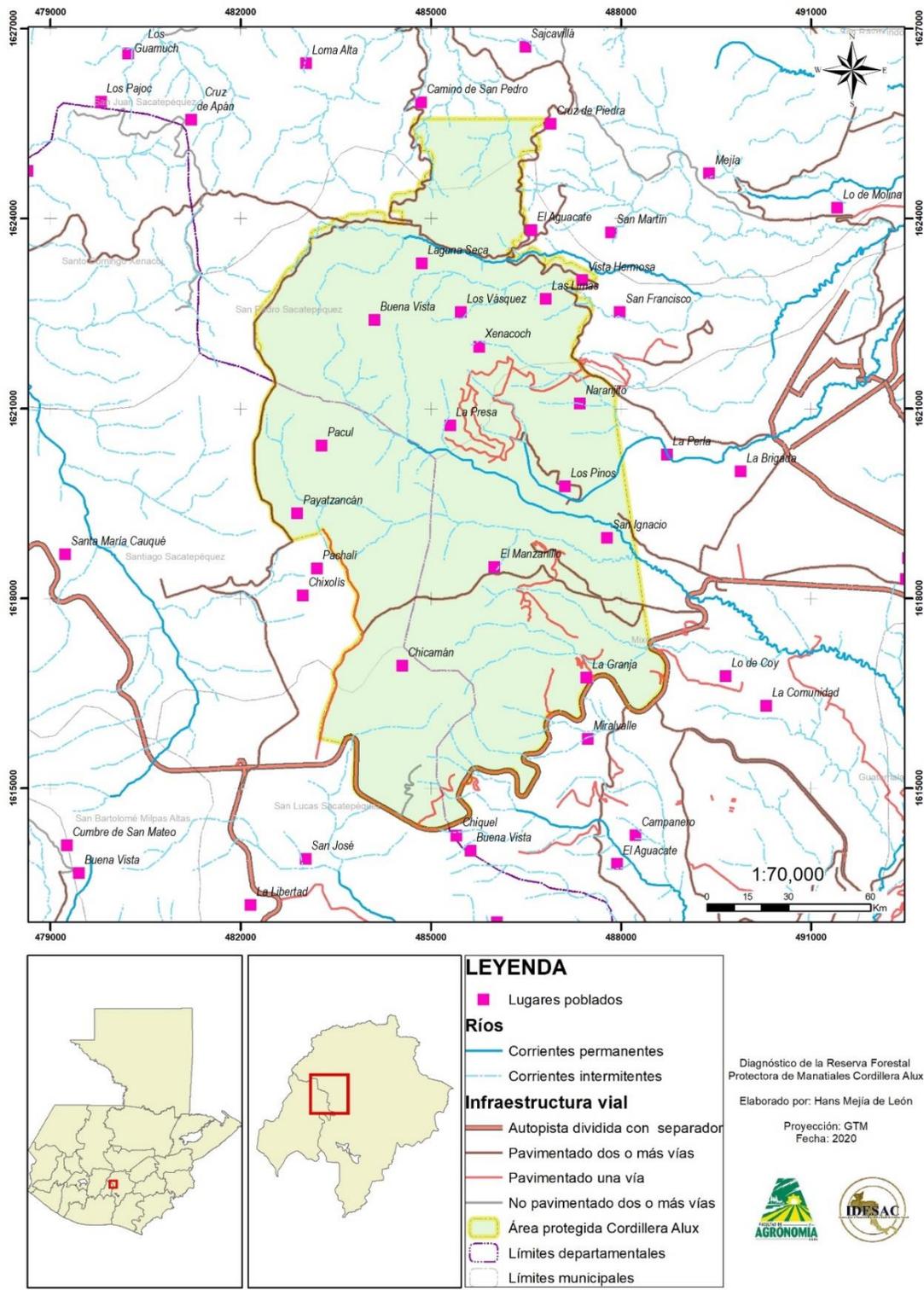
La metodología a utilizada se desarrolló a través de un reconocimiento del área protegida en el cual se observó sus cuidados y procesos dentro de la misma. De lo observado se dio una recopilación de información, en ésta se identificaron los problemas dentro del área protegida en la cual se ubicó un problema central, a raíz de esto se estableció una priorización de problemas. De la priorización de problemas se encontraron los problemas en los cuales se trabajaron los servicios realizados y descritos en el capítulo III.

El problema central ubicado dentro del área protegida fue la contaminación del río Pansalic debido a la importancia y el papel que tiene este río para las comunidades aledañas al área protegida.

1.2 MARCO REFERENCIAL

1.2.1 Ubicación

La reserva forestal protectora de manantiales cordillera Alux, abarca parte de los municipios de Mixco, San Pedro Sacatepéquez y San Juan Sacatepéquez, del departamento de Guatemala, los municipios de Santiago Sacatepéquez y San Lucas Sacatepéquez, del departamento de Sacatepéquez. El área que abarca cada uno de estos municipios y su porcentaje se presenta en el cuadro adjunto a la figura 1, en donde se presentan los límites dentro de cada uno de los municipios. Se observa en este cuadro, que el municipio que abarca mayor área de la Cordillera Alux, es Mixco (39.34%), luego de los municipios de San Pedro Sacatepéquez (31.55%), Santiago Sacatepéquez (16.73%), San Lucas Sacatepéquez (9.20%) y San Juan Sacatepéquez (3.18%), en el cual podemos ver en la figura 1. (CONAP, 1999)



Fuente: elaboración propia, 2019.
Figura 1. Mapa de ubicación de la reserva forestal protectora de manantiales cordillera Alux.

1.2.2 Infraestructura vial

La Cordillera Alux, cuenta con varios accesos. Dentro de los accesos más importantes, está la carretera interamericana CA-1, a partir del kilómetro 17.5 hasta el kilómetro 27.5. Esta carretera sirve además como límite de la Cordillera Alux. Así también, existen accesos por las cabeceras municipales de Mixco, San Lucas Sacatepéquez, San Pedro Sacatepéquez, San Juan Sacatepéquez y Santiago Sacatepéquez. La mayor parte de la carretera que limita la Cordillera Alux, está asfaltada. Dentro del área protegida, se encuentran una serie de carreteras asfaltadas y caminos de terracería, que sirven de comunicación a las diferentes cabeceras municipales, fincas, aldeas y caseríos. Ver figura 1. (CONAP, 1999)

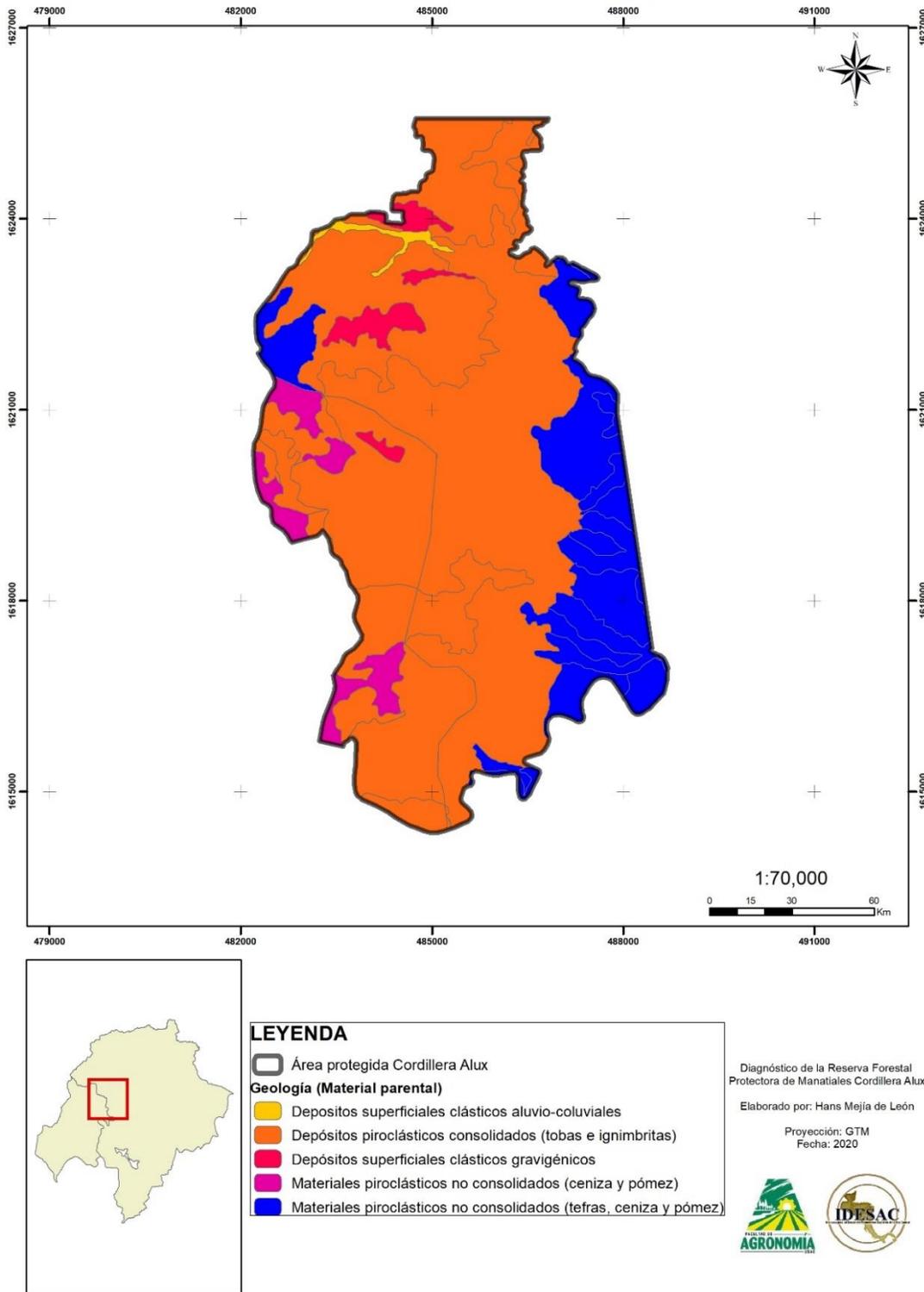
1.2.3 Geología

Los suelos de la Cordillera Alux, pertenecen predominantemente al período Terciario, con una edad que va desde los 66.4 millones de años hasta los 1.8 millones de años, mientras en menor porcentaje, se encuentran los suelos del período Cuaternario, los cuales tienen una edad cercana a los 2 millones de años. En el cuadro 1, se presentan las características de los suelos de estos dos períodos, los cuales presentan Rocas Igneas y Metamórficas, como resultado de la intensa actividad volcánica que se desarrolla en Guatemala. Todo este material superficial descansa sobre material calizo y metamórfico muy antiguo, que permite que los suelos sean muy similares, desde el punto de vista hidrológico, ya que poseen la misma permeabilidad y conductividad hídrica (CONAP, 2006). En la figura 2, se presentan las categorías geológicas que comprenden la Cordillera Alux.

Cuadro 1. Geología de los suelos de la Cordillera Alux.

PERÍODO	EDAD (MLLONES DE AÑOS)	CARACTERÍSTICAS	EXTENSIÓN (Ha)	PORCENTAJE
Terciario	66.4 a 1.8	Rocas ígneas y metamórficas. Rocas volcánicas sin dividir. Predominantemente Mio- Plioceno. Incluye tobas, coladas de lava, material lahárico, y sedimentos volcánicos	546	87.38
Cuaternario	2	Rocas ígneas y metamórficas. Rellenos y cubiertas gruesas de cenizas pómez de origen diverso.	3,976	12.62

Fuente: elaboración propia, 2019.



Fuente: elaboración propia, 2019.
 Figura 2. Mapa de geología de la reserva forestal protectora de manantiales cordillera Alux.

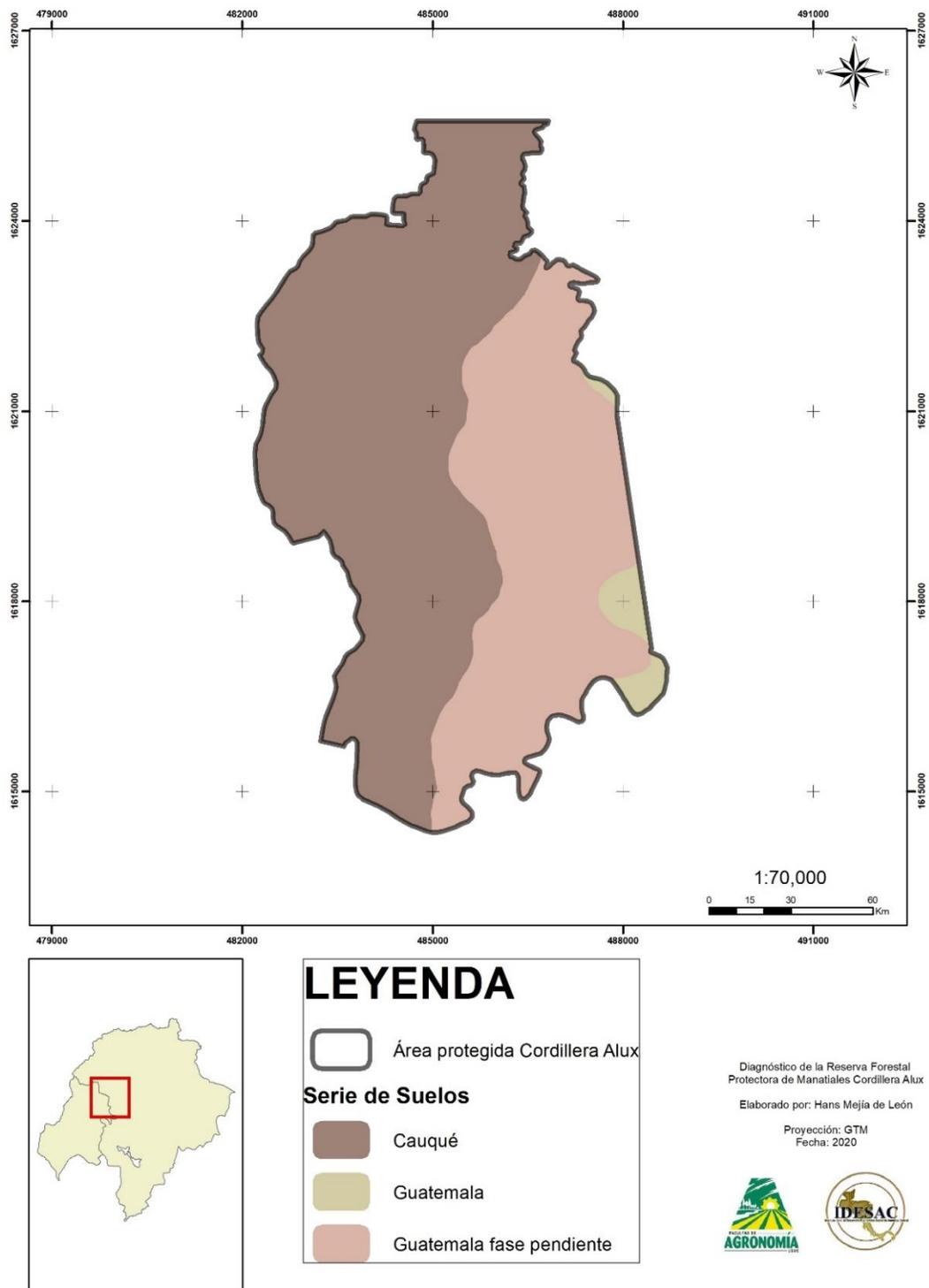
1.2.4 Suelos

Los suelos se clasifican con las categorías de Simmons en la cual la reserva forestal protectora de manantiales cordillera Alux cuenta con la siguiente las cuales se observan en la figura 3.

Los suelos de la Cordillera Alux, de acuerdo a la Clasificación de Reconocimiento de los suelos de la República de Guatemala (Simmons, 1959), pertenecen a los suelos de la Altiplanicie Central y al subgrupo de suelos profundos sobre materiales volcánicos a mediana altitud. A nivel de serie, pertenecen a la serie "Cauque", los cuales se caracterizan por ser suelos profundos, bien drenados, desarrollados sobre ceniza volcánica pomácea firme y gruesa. Los relieves se caracterizan por ser escarpados en combinación con superficies onduladas y casi planas.

El suelo superficial a una profundidad de 15 centímetros es franco o franco-arcillo-arenoso, friable de color café oscuro, con un alto contenido de humus y estructura granular fina. A profundidades de 50 centímetros hasta más de un metro, la estructura es granular suave y con un valor de pH de 6.0. El material parental es pómez gruesa cementada, de color casi blanco; en algunos lugares se encuentra sin descomponer y en otros, está intemperizada a más de tres metros de profundidad.

La textura franco arcillo-arenosa y la estructura de bloques, contribuyen a que estos suelos presenten buenas condiciones de drenaje y permitan una buena infiltración, situación que favorece la percolación hacia los mantos acuíferos. Desde el punto de vista taxonómico, los suelos de la Cordillera Alux pertenecen al orden Inceptisoles y pequeñas áreas de suelos corresponden al orden de los Entisoles (CONAP, 2006)



Fuente: elaboración propia, 2019.
 Figura 3. Mapa de serie de suelos de la reserva forestal protectora de manantiales cordillera Alux.

1.2.5 Aspectos culturales

Dado que los 5 municipios que comprenden la Cordillera Alux, se encuentran cerca de la ciudad capital, el sistema religioso es mucho más complicado, ya que su población es grande y las influencias de la iglesia católica y las de otras denominaciones religiosas, de los medios de comunicación radiales y televisivos, es abundante. Las cofradías de los 5 municipios, juegan un papel preponderante en la reproducción de la cultura espiritual y compiten en presencia religiosa con las hermandades de estos municipios.

Los mercados de frutas, verduras y flores más interesantes y de fama, son los mercados de los municipios de San Juan y San Lucas Sacatepéquez. El mercado de Mixco es grande y con abundantes productos regionales.

Los 5 municipios que comprenden la Cordillera Alux, tienen abundantes danzas y bailes. Los nombres de las danzas y bailes practicados. Los meses de junio, julio y agosto de cada año, se realizan las celebraciones de las fiestas patronales, las cuales tienen bastante realce. Los barriletes gigantes de Santiago Sacatepéquez, cada primero de noviembre de cada año, lo que atrae a muchos turistas nacionales e internacionales. (CATEC, 2007)

1.2.6 Demografía

De los 5 municipios, Mixco es el que presenta la mayor población, con 455,302 habitantes, mientras el municipio de San Lucas Sacatepéquez, es el menos poblado, con 22,220 habitantes, proyectados para el año 2,007. Otros valores se presentan en el cuadro 2. En este cuadro, se puede apreciar que los municipios de Santiago, San Pedro y San Juan Sacatepéquez, tienen la mayor población indígena, mientras los municipios de Mixco y San Lucas Sacatepéquez, tienen la mayor ladina. El 32.32% de la población de estos 5 municipios, es de ascendencia indígena, es decir, casi la tercera parte de la población total. Así mismo, se debe considerar la participación de la mujer, en acciones tendientes a proteger, conservar y manejar los recursos naturales de la Reserva. (SALGUERO, 2001)

Cuadro 2. Número de habitantes por municipio que comprenden la Cordillera Alux.

Municipios	Población			Población Indígena		
	Total	Hombres	Mujeres	Indígenas	Hombres	Mujeres
Mixco	455,302	218,368	236,934	55,837	26,780	29,057
San Juan S.	191,004	92,215	94,789	124,996	62,965	62,032
San Pedro S.	37,420	18,810	18,610	30,942	15,553	15,388
Santiago S.	26,241	13,036	13,205	22,259	11,058	11,201
San Lucas S.	22,220	10,836	11,384	2,592	1,264	1,328
Totales	732,187	353,265	374,922	236,626	117,620	119,006

Fuente: Academia de Lenguas Mayas, 2008.

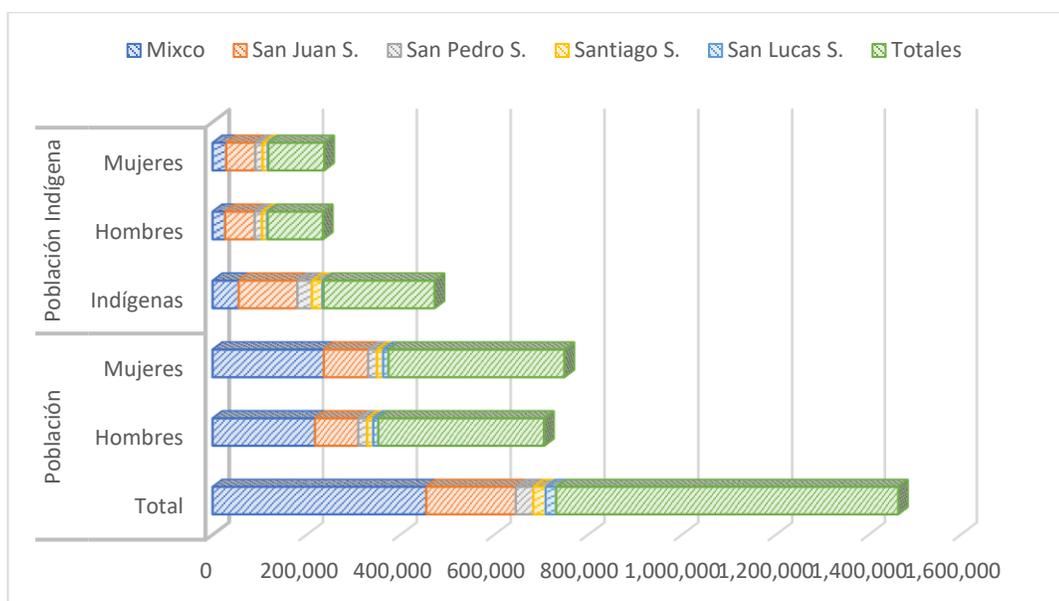


Figura 4. Relación porcentual de pobladores indígenas por municipio, que comprenden el área de la Cordillera Alux.

De los 5 municipios, San Lucas Sacatepéquez presenta el mayor crecimiento de la población con 4.66%, por lo que la población, se duplicará en 14.88 años. Este aspecto es importante analizarlo, dado que una población mayor, significa mayor presión sobre los recursos naturales, por la demanda de tierra para vivienda, para actividades productivas, mayor demanda de agua, mayor número de obras de infraestructura, mayor consumo de

leña, etc., lo que implica, nuevos escenarios y retos para mantener las funciones ecológicas y biológicas de la Cordillera Alux. Otros valores de crecimiento poblacional y número de años en que se duplican estas poblaciones.

1.2.7 Organización comunitaria

Cada una de las comunidades que conforman estos 5 municipios, cuentan con un Consejo Comunitario de Desarrollo (COCODE), los cuales son los niveles de poder local, más cercanos a las comunidades. Cada uno de los integrantes de los COCODES se elige en asamblea comunitaria durante dos años.

En un nivel superior está el Consejo Municipal de Desarrollo (COMUDE), que está integrado por representantes de las diferentes organizaciones localizadas en el municipio y por los presidentes de los COCODES. El puesto dura un período de dos años y su función principal es apoyar el desarrollo socioeconómico del municipio respectivo, aportando sugerencias para los diferentes proyectos a ejecutar. Cada uno de los COMUDES lo preside el Alcalde Municipal dentro de su ámbito jurisdiccional. Además lo integran los miembros de la Honorable Corporación Municipal, quienes presiden las diferentes comisiones en las que está formado el Consejo.

Cada uno de los municipios, cuentan con un Comité de Festejos de la Feria Titular, los cuales se conforman de forma temporal. Su función principal es organizar, dirigir y coordinar todas las actividades socioculturales en honor a cada uno de los Santos Patronos. Estas ferias titulares se encargan de reproducir la riqueza de sus costumbres y tradiciones.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 General

Conocer la situación actual de la Reserva Forestal Protectora de Manantiales Cordillera Alux para describir su manejo y definir la problemática.

1.3.2 Específicos

- Identificar a través de la situación actual la problemática que enfrenta el área protegida
- Jerarquizar los problemas existente en el área protegida de manera que sean trabajables

1.4 METODOLOGÍA

1.4.1 Descripción del manejo del área protegida

- a) Reconocimiento del área protegida.
 - i) Observación de las condiciones actuales del área protegida, así como los cuidados dentro de tal.
- b) Identificación de procesos.
 - Cuidado del área.
 - Cobertura de cuidado.
- c) Verificación de los procesos mínimos en el cuidado del área protegida.
- d) Recopilar información sobre el estado actual del área protegida.
- e) Reconocer dificultades y oportunidades en el manejo del área protegida

1.4.2 Análisis de la información

- a) Escribir en tarjetas los problemas principales, identificados en la fase de campo.
- b) Identificar las causas y los efectos de cada uno de los problemas, también escribirlos en tarjetas.
- c) Identificar un problema central.
- d) Pegar debajo del problema central, las causas y sobre los efectos.

1.4.3 Priorización de problemas

1. Matriz de análisis de pares

- a) Listar los problemas principales.
- b) Codificar los problemas asignando a cada uno de estos una letra.
- c) Colocar cada problema o su codificación en las respectivas filas y columnas.
- d) Comparar los problemas de la fila y la columna por cada celda de intersección.

- e) Escribir en cada celda el código del problema más importante.
- f) Cuantificar el número de veces que cada problema se repite
- g) Ordenar los problemas en orden descendente según su repitencia.

1.5 RESULTADOS

1.5.1 Descripción del manejo del área protegida

La problemática de la Cordillera Alux es compleja y definir límites donde esta se expresa, es difícil, aunque en este inciso se ha tratado de ubicar espacialmente la misma. Las principales áreas críticas son:

- ✓ Área de Avance de la Frontera Urbana.
- ✓ Área de Avance de la Frontera Agrícola.
- ✓ Área de sobreexplotación del recurso hídrico
- ✓ Área de Aprovechamiento ilícito de la flora y fauna.
- ✓ Área de Presencia de basureros clandestinos.

La situación de cada una de estas zonas se describe a continuación.

A. Zona de Avance de la Frontera Urbana

El avance de la frontera urbana se da principalmente en las zonas de Protección de Caudales y la Zona de Uso Extensivo. Las principales áreas de expansión urbana, son:

a) Casco Urbano de Mixco y Aldea El Manzanillo:

El área de expansión urbana, es la que ha tenido mayor crecimiento, ya que ha crecido hacia el sur a lo largo de la carretera que conduce de la ciudad capital hacia San Lucas Sacatepéquez, invadiendo la ZUE. Ha crecido también hacia el oeste, invadiendo parte de la ZUE y la ZPCFA, amenazando con dividir la ZPCFA, en su lado sur.

b) Aldea Las Limas, Residenciales El Naranjo y El Naranjito

Esta área se ha ido extendiendo hacia el sur, al lado izquierdo de la carretera que conduce de la ciudad capital de Guatemala hacia San Pedro Sacatepéquez, abarcando la ZUE. La Aldea Las Limas, presenta sus viviendas dispersas, sin seguir patrón alguno, mientras las viviendas de las residenciales El Naranjo y el Naranjito, se encuentran agrupadas en sectores.

c) Residencial El Encinal

Este residencial se caracteriza por ser viviendas de baja densidad. Por ser un residencial con terrenos extensos, representa una presión menor a los recursos naturales en este momento, sin embargo muchos de los terrenos originales se están dividiendo para hacer varias viviendas, corriendo el riesgo convertirse en un área densamente poblada.

B. Zona de Avance de la Frontera Agrícola

El avance de la frontera agrícola se da principalmente en las zonas de Protección de Caudales y la Zona de Uso intensivo. Las principales áreas de expansión urbana, son:

a) Pachalí

Esta área de expansión urbana también contribuye con el avance de la frontera agrícola, amenazando con unirse al área de expansión anterior, aumentando el área deforestada y poniendo en peligro el área noroeste de la Cordillera Alux, especialmente la ZPCFA.

b) San José Pacul

El área de influencia de esta área de expansión urbana contribuye con el cambio de uso de los remanentes de bosques y amenaza con cambiar el uso de la misma. El crecimiento de este uso del suelo alcanza a parte de la ZPCFA, en los dos límites de esta zona.

C. Zona de aprovechamiento ilícito de flora

El aprovechamiento de la flora se da especialmente alrededor de las áreas de influencia de las zonas de expansión urbana, descritas anteriormente. En lo que respecta a la tala ilícita de madera, en el municipio de San Pedro Sacatepéquez, las áreas de extracción ilícita son: Aldea Buena Vista, Cruz de Piedra, El Aguacate, el Astillero Municipal de San Pedro Sacatepéquez y Laguna Seca. En el municipio de Mixco, las áreas de extracción son: La Cumbre de Pansalic, El Encinal, Las Hojarascas, El Manzanillo y Miralvalle. En el municipio de Santiago Sacatepéquez, las áreas son: Aldea Pachalí y San José Pacul y la Finca San Miguel. En San Lucas Sacatepéquez, las áreas son: La Finca Lourdes y el Cerro Alux. En San Juan Sacatepéquez, las áreas son: Sajcavilla y el sector 5 y 1. De acuerdo al conocimiento de los guarda recursos de la Cordillera Alux, el 90% de la madera extraída de forma ilícita, es para autoconsumo y el 10% restante, para la venta. La especie forestal más talada de forma ilícita es el Encino en un 80%, seguido de las especies de Pino con un 8%, de Ciprés 5% y el restante 7%, de otras especies forestales.

El aprovechamiento ilícito de Tillandsias y orquídeas, se da mayormente en la Finca San Miguel y Finca San Bartolo (Santiago y Mixco), y la Finca Lourdes (San Lucas), principalmente en la época navideña. La extracción de bejucos, para la elaboración de artesanías se da principalmente en el municipio de San Pedro Sacatepéquez y la Finca Lourdes. La broza se extrae de toda el área de la Cordillera Alux, especialmente en verano.

D. Dificultades encontradas

- a. No contar con un programa rector de las actividades de manejo del área protegida (Plan Maestro)
- b. Escasa asignación presupuestaria, falta de personal (técnicos y guarda recursos) y falta de equipo (GPS, Cámara, motos, etc.).

- c. Escasa información socioeconómica de los pobladores de las aldeas que se encuentran dentro de los límites de la Cordillera Alux.
- d. Debilidad en la aplicación de la Legislación ambiental.

E. Oportunidades encontradas

- a. La existencia de una Unidad Técnica responsable de área protegida.
- b. La existencia de masas boscosas en buen estado
- c. Las características del área como reservorio de agua, que con una adecuada gestión puede proveer grandes beneficios a los pobladores de comunidades dentro de la Cordillera Alux y áreas adyacentes.
- d. La participación activa de las municipalidades, instituciones públicas y privadas, en impulsar las acciones propuestas dentro de este Plan Maestro.
- e. El interés de investigadores de las diferentes universidades en desarrollar investigación en el área de la Cordillera Alux.
- f. La cercanía con la Ciudad de Guatemala, ya que hay mucho potencial para el desarrollo y promoción de actividades sanas y al aire libre.

1.5.2 Análisis de la información

Árbol de problemas sobre la contaminación del río Pansalic

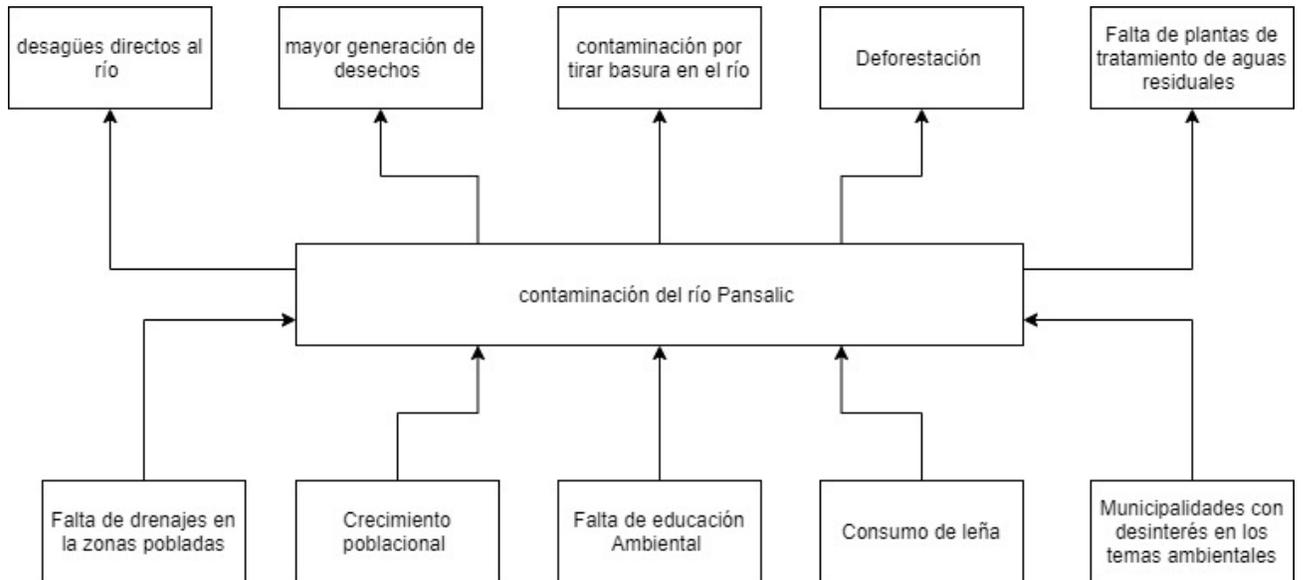


Figura 5. Árbol de problemas en el área de la Cordillera Alux.

El río Pansalic nace dentro del área protegida Reserva Forestal Protectora de Manantiales Cordillera Alux, las comunidades aledañas al río Pansalic se ven beneficiadas y afectadas a su vez por la situación actual del río Pansalic. Debido a esto en la figura 5 demostramos la causa y efecto de la contaminación del río.

La falta de drenajes es el principal contaminante del río, debido a que las aguas residuales son depositadas directamente en el río. Esta situación crece exponencialmente debido a que se da una generación mayor de desechos y aguas residuales las cuales van a ser depositadas en el río, debido al crecimiento poblacional se da un consumo mayor de madera, dando paso a la deforestación en las áreas aledañas al área protegida Reserva Forestal Protectora de Manantiales Cordillera Alux.

La deforestación realizada deja un suelo descubierto el cual se da al arrastre de basura que va a parar al río Pansalic en la época lluviosa.

La falta de educación ambiental se evidencia dentro de las poblaciones que desconocen los daños que son causados por al arrojar la basura en la calle y que por lluvias o tuberías improvisadas van a parar al río Pansalic directamente.

Todas estas situaciones se van juntando debido a que las municipalidades correspondientes dejan los temas ambientales como último tema y tienen un desinterés a la protección ambiental a pesar de tener utilizar los recursos naturales.

1.5.3 Priorización de problemas

Cuadro 3. Matriz de pares para la priorización de problemas en el área protegida Reserva Forestal Protectora de Manantiales Cordillera Alux

	Riesgos de incendios	Contaminación del río Pansalic	Concientización ambiental
Riesgos de incendios	a	b	c
Contaminación del río Pansalic	b	b	b
Concientización ambiental	c	c	c

Fuente: elaboración propia, 2019.

Cuadro 4. Referencia para elaboración de Matriz de pares para la priorización de problemas en el área protegida Reserva Forestal Protectora de Manantiales Cordillera Alux

	Nomenclatura	Resultado
Riesgos de incendios	a	0
Contaminación del río Pansalic	b	2
Concientización ambiental	c	1

Fuente: elaboración propia, 2019.

La matriz de pares representa una metodología para la estratificación descendente según el nivel de incidencia y grado de importancia de los problemas analizados y definidos previamente.

La matriz permite comparar y juzgar, según juicios de valor grupales o individuales la preponderancia con la que cuenta cada uno de los problemas, con esto se permite generar priorización de cada uno de los problemas para poder jerarquizarlos, esto con el objeto de definir las estrategias para solventar problemáticas más inmediatas.

A través del diagnóstico establecimos que la matriz demuestra que el problema principal a evaluar es la contaminación del río Pansalic, esto debido a la importancia que tiene el río para el ambiente como una de las fuentes principales de abastecimiento para el lago de Amatitlán.

1.6 CONCLUSIONES

1. En dicho diagnostico concluimos que es importante la investigación para conocer el estado en el que se encuentra el río Pansalic, el cual fue estudiado durante el ejercicio profesional supervisado, de la Universidad de San Carlos de Guatemala, el cual sirve como fuente para determinar su pasado, el presente y los problemas que atraviesa y generar herramientas que permitan a los futuros participantes identificar las potencialidades y debilidades del contexto en el cuál se desempeñan.
2. La reserva forestal protectora de manantiales cordillera Alux, declarada como área protegida el 29 de mayo de 1,997, existe una diversidad de flora y fauna, así como de recurso hídrico, el cual mantiene a los cinco municipios en trabajo conjunto de instituciones gubernamentales como no gubernamentales.
3. Pese al trabajo dirigido en mayor parte al cuidado del medio ambiente, la mayoría de problemas que atraviesa la reserva forestal protectora de manantiales cordillera Alux son ambientales, los cuales radican en: la contaminación a ríos, caudales o nacimientos de agua, esto derivado de un consumismo y crecimiento poblacional.
4. La tala ilegal de árboles pece al reglamento existente, también se da en menor medida en dicha área protegida, por lo cual se considera que existe una baja conciencia ambiental y escasos conocimientos sobre el manejo de desechos.
5. Se comprueba la utilidad de esta herramienta diagnóstica como un recurso para mejorar el rendimiento y trabajo en distintas comunidades guatemaltecas.

1.7 RECOMENDACIONES

1. El mejoramiento en los procesos de sensibilización ambiental hacia las comunidades, exige una medida de manejo más eficiente como mecanismo educativo para el fortalecimiento comunitario y cuidado del ambiente. La concientización ambiental es vital para el desarrollo humano, esto debido a la necesidad de los recursos naturales.
2. El compromiso ambiental por parte de cada actor se reconoce como fundamental en cualquier proyecto. Este es el primer paso para el empoderamiento de las funciones y compromisos sociales y ambientales. Es por ello que desde la gestión conjunta se habla de un sentido de compromiso individual y la disposición para compartirlo en toda la comunidad como apoyo para la gestión de recursos.
3. Realizar una investigación para comprobar los niveles de contaminación del río Pansalic, debido a su importancia y papel que juega en el medio ambiente.
4. Es necesario canalizar los esfuerzos realizados por diferentes grupos existentes en el municipio hacia la integración de conceptos de gestión ambiental, para lo cual se requiere la participación de los diferentes actores de todos los ámbitos

1.8 BIBLIOGRAFÍA

1. CASTAÑEDA SALGUERO, C. et. al. 2001. Importancia de la biodiversidad en el desarrollo de la sociedad guatemalteca. Foro Xelaju.
2. CONAP. 1999. Lineamientos para la elaboración de Planes Maestros de las Areas Protegidas del SIGAP. Consejo Nacional de Áreas Protegidas. Guatemala. 23 p.
3. CONAP. 2006. Revisión y análisis del Plan Maestro de la Reserva Forestal Protectora de Manantiales Cordillera Alux. DENDRUM, S. A. Consejo Nacional de Áreas Protegidas. Guatemala. Borrador. Versión electrónica. 74 p.
4. CONAP. 2006. Análisis de la Información disponible: Uso actual, potencial e intensidad de uso de la tierra; precipitación e infiltración; caudales y esorrentía. Proyecto de Fortalecimiento a la Gestión de las áreas protegidas y la Biodiversidad de Guatemala. Valoración del Pago por Servicios Ambientales para la Reserva Forestal Protectora de Manantiales Cordillera Alux. Documento No. 1. Gonzales, O. G. Guatemala, Guatemala. 21 p.
5. CONAP. 2006. Diagnostico general de los Recursos hidráulicos de la Cordillera Alux. Formulación de la Propuesta de Agenda de Investigación sobre producción y regulación hídrica en la Reserva Forestal Protectora de Manantiales Cordillera Alux. Veliz Zepeda, R. E. Guatemala, Guatemala. 53 p.
6. CONGRESO DE LA REPUBLICA DE GUATEMALA. 1997. Decreto 41-97. Ley que declara el Área Protegida Reserva Forestal Protectora de Manantiales Cordillera Alux. 5 p.
7. EMPRESA CONSULTORA CATEC, S. A. 2007. Estudio Técnico Cordillera Alux. Municipalidades de Mixco, San Lucas, Santiago y San Pedro Sacatepéquez. Guatemala, Guatemala. 65 p.

8. MAGA (MINISTERIO DE AGRICULTURA, GANADERIA Y ALIMENTACION DE GUATEMALA). Unidad de Políticas e Información estratégica. Laboratorio de Sistemas Geográficos. 2001. Clasificación climática de Koppen.

9. SIMMONS, et. al. 1959. Clasificación a nivel de Reconocimiento de los suelos de la República de Guatemala. Trad. Por Pedro Tirado Sulsona. Guatemala, Guatemala. José Pineda Ibarra. 600 p.

The seal of the Universidad de San Carlos de Guatemala is a circular emblem. It features a central figure of a woman in a red dress and white headscarf, likely representing the Virgin Mary. Above her is a golden crown. To the left and right are golden lions. Below the central figure is a landscape with green hills and a white path. A figure in blue and yellow is riding a white horse along the path. The entire scene is set against a light blue background. The Latin motto "CETERAS URBES CONSPICUA CAROLINA ACCADIMIA COACTEMALENSIS INTER" is inscribed around the perimeter of the seal.

CAPITULO II: MODELO DE GESTIÓN SOSTENIBLE DEL ÁREA DE INFLUENCIA DEL RÍO PANSALIC, MIXCO, GUATEMALA, C.A.

2.1 PRESENTACIÓN

El río Pansalic es una de las vertientes principales para la alimentación del río Villa Lobos el cual es río que desemboca en el lago de Amatitlán es de suma importancia para el abastecimiento hídrico de dicho lago. En el análisis de agua en el río Pansalic se buscó encontrar el nivel de contaminación actual, esto debido a que la función principal del río es de recarga y abastecimiento hídrico para las comunidades aledañas como para el lago de Amatitlán.

La microcuenca del río Pansalic emerge en el área protegida de la cordillera Alux, dicha reserva su principal propósito es la protección de nacimientos de manantiales dentro del área metropolitana, la calidad del agua se ve comprometida debido a las comunidades aledañas y empresas que se ven involucradas a lo largo de la microcuenca. Debido a este suceso IDESAC (Instituto para el Desarrollo Económico Social de América Central) se encuentra consciente de la necesidad de las comunidades del recurso hídrico, el cual es de vitalidad para un desarrollo social exitoso.

Los análisis fueron sometidos a la normativa COGUANOR la cual nos indicó los parámetros establecidos, estos parámetros fueron de carácter físico, químico y microbiológico para ser pertinentes. Dichos parámetros se midieron a lo largo de la microcuenca, las muestras pertinentes fueron desarrolladas en dos puntos los cuales fueron: punto alto y punto bajo, de dicha manera se fueron midiendo los niveles de contaminación a manera que se determinó el punto focal de mayor contaminación para la microcuenca.

La metodología de análisis fue a través de muestras de agua en los puntos establecidos, estas muestras se recolectaron de modo específico el cual se ampliara a medida que la lectura vaya procediendo, dichas muestras fueron analizadas en el laboratorio de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad de San Carlos de Guatemala USAC de manera que los parámetros químicos son de una alta precisión y demuestran la realidad de la microcuenca.

Se presentan resultados del análisis de la contaminación en el punto alto y bajo de la microcuenca en época lluviosa, para los análisis de agua se tomaron tres características a evaluar, análisis microbiológicos, análisis de aguas residuales y análisis de metales

pesados. Los resultados de los análisis obtenidos de los laboratorios se compararon con el Límite Máximo Permisible –LMP- establecido para cada parámetro en el Acuerdo Gubernativo 236-2006.

Con los resultados obtenidos se establecieron líneas bases para un modelo de acción de saneamiento del río Pansalic, dicho modelo estableció cuatro líneas bases, los cuatro pilares a tomar en estas líneas bases fueron: infraestructura, social, institucional y medioambiental. Estas líneas bases se establecen como un modo de cooperación interinstitucional, esto a través de un modelo de actores involucrados en el área de influencia en la microcuenca del río Pansalic, con dicho modelo se establecen la cadena de acción en las obras a realizar en la microcuenca, esto ya sea de manera social o de saneamiento para el área de influencia del río Pansalic.

2.2 MARCO CONCEPTUAL

2.2.1 Aforo de caudal

Se le llama a la metodología de aforo o medición de la disponibilidad hídrica de una fuente, puede ser el método área-velocidad con flotador, método de la carga hidráulica con vertedero, método volumétrico u otras técnicas de medición del caudal. Por otro lado, Carita, Velásquez Figueroa, Ticona Salazar, & Lujano Laura (2010) indican que es aquel conjunto de operaciones para determinar el caudal de un curso de agua para un nivel (tirante) observado, a un cierto nivel o porcentaje de exactitud.

2.2.2 Agua superficial

Es aquel recurso hídrico que está comprendido por océanos, mares, lagos, lagunas, lagunetas, ojos de agua, ríos, riachuelos y manantiales. Este se puede clasificar según su ubicación y caracterización, así como su composición física y química, en algunos se puede encontrar agua salina y dulce. En el concepto de agua superficial según Haas Mora (2009), son aquellas aguas que proceden directamente de las precipitaciones que caen desde las nubes o de los depósitos que estas forma, más sin embargo la definición según Barba Ho (2002), es que esta agua se origina a partir del agua de precipitación atmosférica, de a floraciones de agua subterránea o bien de la fusión de masas de hielo. En el caso de los estuarios, el origen se debe al encuentro entre aguas fluviales y marítimas.

2.2.3 Análisis de agua

Proceso científico cualitativo en donde se utilizan distintas metodologías para determinar parámetros que establezcan su uso potencial.

2.2.4 Calidad del agua

La calidad de agua, es aquella cualidad que puede ser aceptada o rechazada según las características que están presentes, Bendes (1984), citado por Fajardo Herrera (2011), menciona que la calidad de agua es el conjunto de características físicas, químicas y biológicas del agua. Estas características están relacionadas al origen del agua, es decir, que el agua va a tener determinada calidad a partir de su origen (nacimiento, pozo, lluvia) o que puede variar de acuerdo a los lugares que recorra hasta antes de ser utilizada, ya que en estos puntos intermedios puede sufrir alteraciones en sus características debido a contaminación.

La calidad del agua puede definirse en varios conceptos, sin embargo, al hacer una discusión del concepto de Tebbutt (1994), citado por Herrera Ibáñez (2014), indica que para obtener una imagen verdadera de la naturaleza de una muestra en particular es necesario cuantificar diferentes propiedades mediante un análisis que determine sus características físicas, químicas y biológicas. Por otro lado, la definición según Mejía Clara (2005), es que el término de calidad de agua se refiere al conjunto de parámetros que indican que el agua suele ser usada para diferentes propósitos.

2.2.5 Reserva forestal protectora de manantiales cordillera Alux (RFPMCA)

La cordillera Alux se declara como área protegida el 29 de mayo de 1997 (Consejo Nacional de Áreas Protegidas, Guatemala (CONAP), 2010), siendo ésta un área definida, reconocida, dedicada y gestionada mediante medios legales para conseguir la conservación de manantiales y de los recursos naturales (UICN, 2018)

2.2.6 Contaminación del agua

Se refiere a todo aquel proceso de modificar de manera nociva las características naturales del agua y suelen ser provocadas por el hombre (Aguas Residuales, España, 2018).

2.2.7 Calidad del agua

La calidad del agua se refiere a las características químicas, físicas, biológicas y radiológicas del agua. Es una medida de la condición del agua en relación de los requisitos de cualquier necesidad humana (OMS, 2017).

Por lo general, la calidad del agua se determina comparando las características físicas, químicas y microbiológicas de una muestra de agua con unas directrices de calidad del agua o estándares. En el caso del agua potable, estas normas se establecen para asegurar un suministro de agua limpia y saludable y de este modo, proteger la salud de las personas. Estas normas se basan normalmente en unos niveles de toxicidad científicamente aceptables tanto para los humanos como para los organismos acuáticos (OMS, 2018).

2.2.8 Características físicas y químicas

Antes de tratar las aguas debemos conocer su composición, esto es lo que se llama caracterización del agua, lo que permite conocer que elementos químicos y biológicos están presentes y dan la información necesaria para diseñar una planta de tratamiento apropiada al agua servida que se está produciendo (Condorchem Envitech, 2017).

A. Conductividad

Se define como la capacidad del agua para conducir una corriente eléctrica a través de los iones disueltos, cuanta mayor intensidad pase o mayor potencia se genere, mayor será la conductividad. Se mide por mili Siemens por centímetro (mS/cm) (Dappo Quintero, 2007).

B. Demanda Bioquímica de Oxígeno -DBO-

La medida indirecta del contenido de materia orgánica en aguas residuales, que se determina por la cantidad de oxígeno utilizado en la oxidación bioquímica de la materia orgánica biodegradable durante un período de cinco días y una temperatura de veinte

grados Celsius (Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, Guatemala (MSPAS), 2006).

C. Demanda Química de Oxígeno –DQO-

La medida indirecta del contenido de materia orgánica e inorgánica oxidable en aguas residuales, que se determina por la cantidad equivalente de oxígeno utilizado en la oxidación química (Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, Guatemala (MSPAS), 2006).

D. Fósforo total

Actualmente se consideran como uno de los nutrientes que controlan el crecimiento de algas, se encuentra en aguas residuales y naturales, casi exclusivamente como fosfatos condensados (Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, Dirección General de Normas, México (DGN), 2000).

E. Nitrógeno total

Refleja la cantidad total de nitrógeno en el agua analizada, suma del nitrógeno orgánico en sus diversas formas (proteínas, ácidos nucleicos en diversos estados de degradación, urea, aminas, etc.) (Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, Dirección General de Normas, México (DGN), 2000).

F. Sólidos sedimentables

Son todos los materiales que se detectan en el fondo de un depósito o recipiente por el fenómeno de la sedimentación de estos, debido a la fuerza de la gravedad (Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, Dirección General de Normas, México (DGN), 2000).

G. Sólidos en suspensión

Describe las partículas en suspensión disueltas en la muestra de agua. Altas concentraciones de sólidos en suspensión disminuyen la eficacia de agentes desinfectantes del agua potable (Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, Dirección General de Normas, México (DGN), 2000).

H. Coliformes fecales

El parámetro que indica la presencia de contaminación fecal en el agua y de bacterias patógenas, provenientes del tracto digestivo de los seres humanos y animales de sangre caliente (Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, Guatemala (MSPAS), 2006).

Su presencia indica que el agua está contaminada con excrementos o desechos de alcantarillas y tiene el potencial de causar enfermedades (Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, Dirección General de Normas, México (DGN), 2000).

2.2.9 Modelo de gestión sostenible

En el libro, Ciencia ambiental y desarrollo sostenible (1997), se publican cuatro elementos considerados, como indispensables para lograr el desarrollo sostenible, útiles para orientar la toma de decisiones:

- Realizar investigaciones científicas para esclarecer las relaciones entre los hechos y sus causas.
- Asegurar que las decisiones políticas y económicas se basen en conocimientos científicos.
- Asegurar que el sistema legal e institucional, sean confiables.
- Promover que las decisiones de inversión se tomen a largo plazo.

Se analizar el desarrollo sostenible como un conjunto de metas procedentes de sistemas de valores y de nociones de política. Estos sistemas se unen en una acción sinérgica, definiendo para cada elemento sus objetivos en toda su amplitud. (Enkerlin, 1997).

Esta forma de gestión basada en conjuntos explica que, como punto de partida, se debe sustituir el clásico modelo de desarrollo, por otro más amplio e integrado de análisis y elección. (Enkerlin, 1997).

El conjunto de elementos que facilita el desarrollo sostenible está integrado por tres subconjuntos compuestos por metas sociales, económicas y medioambientales, que justifican las acciones humanas en procura de lograr el cumplimiento de estos objetivos en el corto o mediano plazo (Villeneuve, 1998).

La prolongación de los sistemas naturales es la llave para la existencia del desarrollo sostenible y esto significa que es una restricción inevitable, dados los límites que poseen los recursos naturales y la capacidad de los ecosistemas, lo cual establece el margen de maniobra, en el que deben manejarse las intervenciones de los seres humanos.

Cuando se sobrepasa la capacidad para mantener los ecosistemas, se obtiene como resultado un desequilibrio e imposibilidad de mantener especies, capacidad de recuperación ecológica y de productividad de recursos.

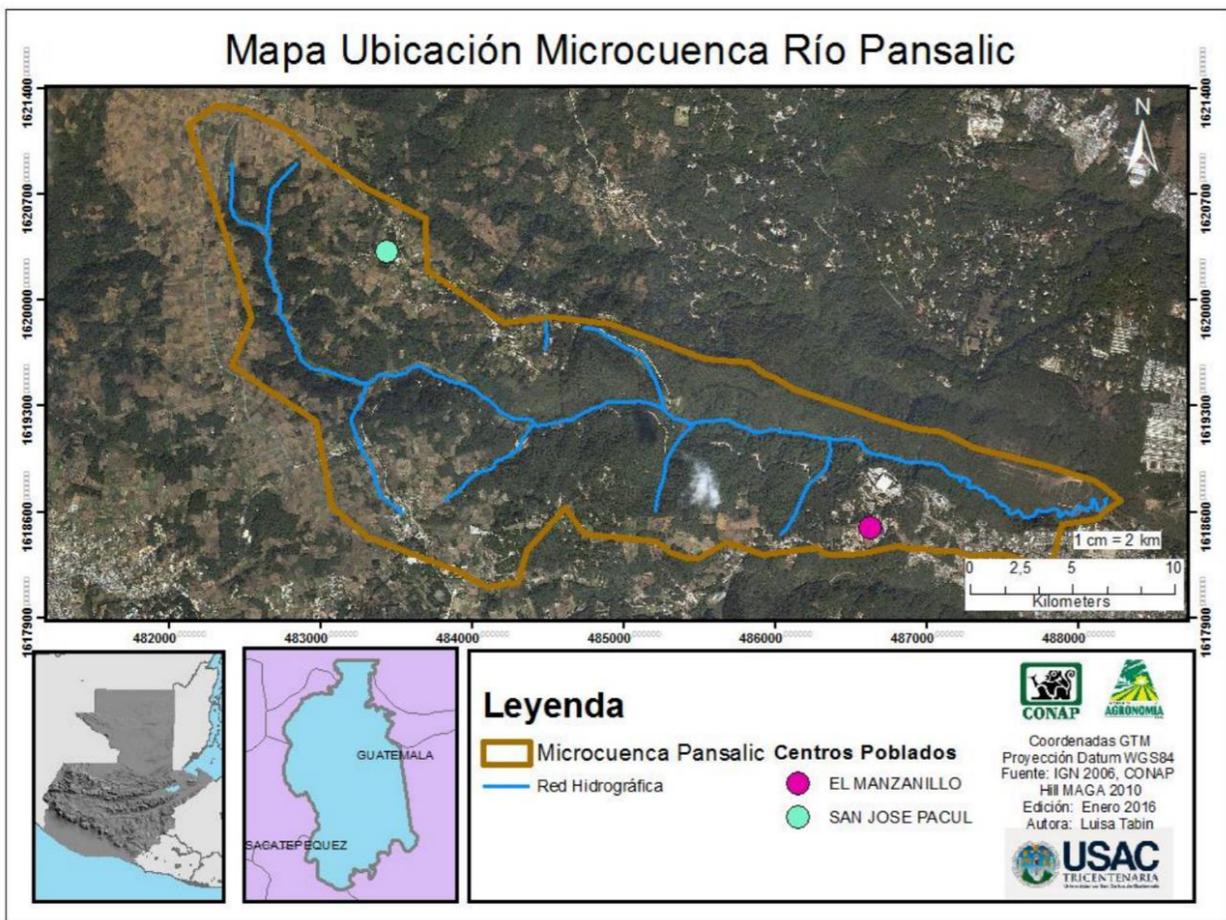
El modelo de gestión sostenible se considera que cualquier forma de proyecto debe implicar una pérdida neta y nula de los recursos naturales o una ausencia de daños causados al medio ambiente (Villeneuve, 1998).

2.3 MARCO REFERENCIAL

2.3.1 Ubicación

La microcuenca del río Pansalic se encuentra ubicada en la parte central de la Cordillera Alux como se muestra en la figura 1. Tiene una superficie de 995.70 ha (9.957 km²). El río Pansalic se une con el río Pancochá para formar el río Molino, el cual desemboca en el río Villalobos. Estos ríos forman parte de la cuenca del río María Linda

La región de la microcuenca comprende un área rural de la cual un 20 % está poblada. Las poblaciones asentadas dentro de la microcuenca son El Manzanillo, Los Celajes, La Maravilla y San José Pacul. (SEPRAFOR, 2006)



Fuente: elaboración propia, 2019.

Figura 6. Mapa de ubicación de la microcuenca del río Pansalic.

2.3.2 Acuerdo Gubernativo No. 236-2006 “Reglamento de las descargas y reusó de las aguas residuales y la disposición de lodos”

Según el ACUERDO GUBERNATIVO No. 236-2006, el agua debe acatarse lo contenido en el reglamento y establecer los requisitos que deben cumplirse para la descarga y reuso de aguas residuales (Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, Guatemala (MSPAS), 2006). Para proteger los cuerpos receptores de agua de los impactos provenientes de la actividad humana, recuperar los cuerpos receptores de agua y promover el desarrollo del recurso hídrico con visión de gestión integrada.

El Guatemala se encuentra tabulados los límites máximos permisibles de compuestos químicos, características sensoriales y límites bacteriológicos en el ACUERDO GUBERNATIVO 236-2006. Dicho reglamento es el cumplimiento nacional de comparación para los parámetros de las descargas y reúso de aguas residuales y la disposición de lodos. Para los efectos de la aplicación e interpretación de este reglamento, se entenderá por:

A. Afluente

El agua captada por un ente generador (Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, Guatemala (MSPAS), 2006).

B. Aguas residuales

Las aguas que han recibido uso y cuyas cualidades han sido modificadas (Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, Guatemala (MSPAS), 2006).

C. Aguas residuales de tipo especial

Las aguas residuales generadas por servicios públicos municipales y actividades de servicios, industriales, agrícolas, pecuarias, hospitalarias y todas aquellas que no sean de tipo ordinario, así como la mezcla de las mismas (Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, Guatemala (MSPAS), 2006).

D. Aguas residuales de tipo ordinario

Las aguas residuales generadas por las actividades domésticas, tales como uso en servicios sanitarios, pilas, lavamanos, lavatrastos, lavado de ropa y otras similares, así como la mezcla de las mismas, que se conduzcan a través de un alcantarillado (Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, Guatemala (MSPAS), 2006).

E. Alcantarillado público

El conjunto de tuberías y obras accesorias utilizadas por la municipalidad, para recolectar y conducir las aguas residuales de tipo ordinario o de tipo especial, o combinación de ambas que deben ser previamente tratadas antes de descargarlas a un cuerpo receptor (Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, Guatemala (MSPAS), 2006).

F. Caracterización de una muestra

La determinación de características físicas, químicas y biológicas de las aguas residuales, aguas para reúso de lodos (Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, Guatemala (MSPAS), 2006).

G. Caracterización de un efluente o un afluente

La determinación de características físicas, químicas y biológicas de las aguas, incluyendo caudal, de los parámetros requeridos en el Reglamento de las descargas y reuso de aguas residuales y de la disposición de lodos (Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, Guatemala (MSPAS), 2006).

H. Cuerpo receptor

Embalse natural, lago, laguna, río, quebrada, manantial, humedal, estuario, estero, manglar, pantano, aguas costeras y aguas subterráneas donde se descargan aguas residuales (Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, Guatemala (MSPAS), 2006).

I. Dilución

El proceso que consiste en agregar un volumen de agua con el propósito de disminuir la concentración en un efluente de aguas residuales (Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, Guatemala (MSPAS), 2006).

J. Efluente de aguas residuales

Las aguas residuales descargadas por un ente generador (Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, Guatemala (MSPAS), 2006).

K. Entes generadores

La persona individual o jurídica, pública o privada, responsable de generar o administrar aguas residuales de tipo especial, ordinario o mezcla de ambas, y cuyo efluente final de descarga sea un cuerpo receptor (Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, Guatemala (MSPAS), 2006).

L. Eutrofización

El proceso de disminución de la calidad de un cuerpo de agua como consecuencia del aumento de nutrientes, lo que a su vez propicia el desarrollo de microorganismos y limita la disponibilidad de oxígeno disuelto que requiere la fauna y flora (Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, Guatemala (MSPAS), 2006).

M. Límite máximo permisible –LMP-

El valor asignado a un parámetro, el cual no debe ser excedido en las etapas correspondientes para aguas residuales, aguas de reuso y lodos (Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, Guatemala (MSPAS), 2006).

N. Lodos

Los sólidos con un contenido variable de humedad provenientes del tratamiento de aguas residuales (Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, Guatemala (MSPAS), 2006).

O. Monitoreo

El proceso mediante el cual se obtienen, interpretan y evalúan los resultados de una o varias muestras, con una frecuencia de tiempo determinada, para establecer el comportamiento de los valores de los parámetros de efluentes, aguas para reusó y lodos (Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, Guatemala (MSPAS), 2006).

P. Muestra

La parte representativa a analizar, de las aguas residuales, aguas para reuso o lodos (Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, Guatemala (MSPAS), 2006).

Q. Muestra simple

La muestra tomada en una sola operación que representa las características de las aguas residuales, aguas para reuso o lodos en el momento de la toma (Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, Guatemala (MSPAS), 2006).

R. Parámetro

La variable que identifica una característica de las aguas residuales, aguas para reusó o lodos, asignándole un valor numérico (Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, Guatemala (MSPAS), 2006).

S. Reusó

El aprovechamiento de un efluente, tratado o no (Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, Guatemala (MSPAS), 2006).

T. Tratamiento de aguas residuales

Cualquier proceso físico, químico, biológico o una combinación de los mismos, utilizado para mejorar las características de las aguas residuales (Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, Guatemala (MSPAS), 2006).

2.3.3 Contaminación de agua

Se origina de manera antropogénica y algunas veces de manera natural generando alteraciones en la misma Fajardo Herrera (2011), hace referencia a Gallego (2000), que manifiesta que la contaminación está dada por la acción y el efecto de introducir materias o diversas formas de energía, o inducir condiciones en el agua, de manera directa o indirecta, dando lugar a la alteración perjudicial de su calidad en relación con los usos posteriores.

La contaminación puede denominarse una modificación y/o alteración a su estado natural. Según OPS (1999), citado por Mejía Clara (2005), la contaminación del agua es causada por efluentes domésticos e industriales, deforestación y malas prácticas agrícolas.

A. Contaminación difusa

Es el tipo de contaminación producida en un área abierta, sin ninguna fuente específica; este tipo de contaminación está generalmente asociada con actividades de uso de tierra tales como, la agricultura, urbanizaciones, pastoreo y prácticas forestales Mejía Clara (2005).

Está directamente vinculada a las actividades agrícolas y silvícolas, y trae aparejada una larga lista de impactos ambientales negativos, González (2007).

Haciendo mención a las dos definiciones propuestas anteriormente hacen una clara referencia que esta contaminación está ligada a las actividades agrícolas, forestales y antropogénica.

B. Contaminación puntual

Se definen como aquellas que generan una pluma de contaminación claramente definida y concentrada, vale decir que el área afectada es acotada, Morlans López (2010).

Por otra parte, Mejía Clara (2005), manifiesta de una manera más exacta que es aquella contaminación que descarga sus aguas en un cauce natural, proviene de una fuente específica. En este punto el agua puede ser medida, tratada o controlada. Este tipo de contaminación está generalmente asociada a las industrias y las aguas negras municipales. Esta contaminación es la más común en áreas urbanizadas debido a la gran cantidad de contaminantes que se generan en un punto en específico.

2.3.4 Caracterización del agua

Es la descripción de los atributos o elementos que conforman una situación en específico. Según Bonilla, Hurtado & Jaramillo (2009), citados por UCN (2011), la caracterización es un tipo de descripción cualitativa que puede recurrir a datos o a lo cuantitativo con el fin de profundizar el conocimiento sobre algo. Para cualificar ese algo previamente se deben identificar y organizar los datos; y a partir de ellos, describir (caracterizar) de una forma estructurada; y posteriormente, establecer su significado (sistematizar de forma crítica).

A. Agua potable

Se le llama al agua que ha sido llevada por un proceso de purificación y cloración que cumple con normas y regulaciones específicas, es apta para su consumo humano. Según Alunni (2010), se considera buena un agua para la bebida cuando cumpliendo ciertos requisitos químicos llega al consumidor en buenas condiciones físicas y libres de sustancias nocivas, inobjetable en su color y gusto y sin contener organismos que puedan perjudicar la salud del que la consume.

B. Características bacteriológicas

Son aquellas características relativas a la presencia de bacterias, que determinan su calidad COGUANOR (1999). Para determinar estas características se realiza un proceso bioquímico en donde se clasifica el número y tipo de bacterias presentes según sea el caso.

C. Características físicas

Son aquellas características relativas a su comportamiento físico, que determinan su calidad COGUANOR (1999). Estas características están conformadas por aquellas que pueden ser medidas fácilmente como el sabor, color, olor, temperatura, turbidez, conductividad

eléctrica. Sin embargo Alunni (2010) define a las características físicas como las condiciones físicas que el agua debe poseer y se destina a la bebida humana o de consumo humano no debe presentar ni color, ni olor, ni materiales que le confiera turbiedad ni aspecto desagradable. Es decir que los parámetros indicados con anterioridad deben ser cumplidos para que pueda tener un uso adecuado sin que afecte la salud humana.

D. Características químicas

Son aquellas características relativas a sustancias contenidas en ella, que determinan su calidad COGUANOR (1999). Estas tienden a ser más específicas, para la medición, es necesario utilizar ciertos parámetros para determinar su presencia en el agua, como por ejemplo, pH, sulfatos (SO_4^-), nitratos (NO_3^-), fosfatos (PO_4^{3-}), alcalinidad, acidez, dureza, Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), Demanda Química de Oxígeno (DQO), entre otras.

E. Características microbiológicas

Son aquellas características que se encuentran presentes en el agua, también se les llama Características Biológicas Alunni (2010), hace mención que las condiciones microbiológicas son aquellas que para que el agua sea considerada potable debe estar exenta de toda bacteria u organismo patógeno.

F. Coliformes totales

Se define al grupo de bacterias en forma de bacilos, aerobios y anaerobios facultativos, COGUANOR (1999). La presencia de estas es un indicador en donde el agua se encuentra contaminada por un grupo de bacterias específicas.

Según Mejía Clara (2005), se trata de un término para referirse a la familia de bacterias de los géneros *Escherichia*, *Enterobacter*, *Citrobacter* y *Klebsiella*. La mayoría de estos organismos se encuentran en vida libre, es decir en el ambiente y materia en descomposición, excepto el género *Escherichia* que vive solo en organismos como el hombre y animales de sangre caliente.

G. Coliformes fecales

Según COGUANOR (1999), son bacterias que forman parte del grupo coliformes total, que fermentan la lactosa con producción de gas a $44^{\circ}\text{C} \pm 0.2^{\circ}\text{C}$ en un periodo de 24 h +/- cuando se investigan por el método de los tubos múltiples de fermentación. La definición que se menciona el Acuerdo Gubernativo (2006) el parámetro que indica la presencia de contaminación fecal en el agua y de bacterias patógenas, provenientes del tracto digestivo de los seres humanos y animales de sangre caliente.

La definición que propone Vargas de Mayo (1983) acerca de las coliformes totales es que son definidas como bacilosgram-negativos, no esporulados que fermentan la lactosa con producción de ácido y gas a $44.5^{\circ}\text{C} \pm 0.2^{\circ}\text{C}$ dentro de las 24 +/- 2 horas. Ambas definiciones propuestas por los anteriormente citados, indican los mismos parámetros de producción de ácido y gas.

2.3.5 Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente

“Artículo 1. El estado, las municipalidades y los habitantes del territorio nacional, propiciarán el desarrollo social, económico, científico y tecnológico que prevenga la contaminación del medio ambiente y mantenga el equilibrio ecológico. Por lo tanto, la utilización y el aprovechamiento de la fauna, de la flora, suelo, subsuelo y el agua, deberán realizarse racionalmente.”

“Artículo 11. La presente ley tiene por objeto velar por el mantenimiento del equilibrio ecológico y la calidad del medio ambiente para mejorar la calidad de vida de los habitantes del país.”

“Artículo 12. Son objetivos específicos de la ley, los siguientes:

- a) La protección, conservación y mejoramiento de los recursos naturales del país, así como la prevención del deterioro y mal uso o destrucción de los mismos, y la restauración del medio ambiente en general;
- b) La prevención, regulación y control de cualquiera de las causas o actividades que origine deterioro del medio ambiente y contaminación de los sistemas ecológicos, y excepcionalmente, la prohibición en casos que afecten la calidad de vida y el bien común, calificados así, previo dictámenes científicos y técnicos emitidos por organismos competentes;
- c) Orientar los sistemas educativos, ambientales y culturales, hacia la formación de recursos humanos calificados en ciencias ambientales y la educación a todos los niveles para formar una conciencia ecológica en toda la población;
- d) El diseño de la política ambiental y coadyuvar en la correcta ocupación del espacio;
- e) La creación de toda clase de incentivos y estímulos para fomentar programas e iniciativas que se encaminen a la protección, mejoramiento y restauración del medio ambiente;
- f) El uso integral y manejo racional de las cuencas y sistemas hídricos.

2.3.6 Manejo de los desechos sólidos y líquidos

Los niveles crecientes de contaminación en las fuentes de agua provocada por las aguas domésticas e industriales y abundancia de basureros en barrancos y carreteras, se convierten en una amenaza para el logro de los objetivos con los que fue creada la Cordillera Alux y reduce las posibilidades de cumplir con sus funciones hidrológicas. La ubicación de los pozos ciegos en el área rural, también contribuyen con la contaminación de los nacimientos de agua y los mantos freáticos. Durante el año 2008, se identificaron 35

basureros clandestinos, en las carreteras y barrancos de la Cordillera Alux. En época lluviosa, el agua precipitada lleva la basura hacia las corrientes naturales de agua y desde ahí se transporta al Lago de Amatitlán o al río Motagua. Así también, se debe contribuir al desarrollo y funcionamiento de un programa de manejo de desechos, que incluya la reducción en la cantidad de desechos y el manejo de los mismos para reducir el impacto que estos tienen en los recursos naturales de la cordillera. (Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP) (2006).

2.3.7 Gestión integral

Un sistema de gestión es una herramienta que establece el protocolo a seguir en el día a día de una actividad productiva. Su implantación permitirá optimizar los recursos disponibles, mejorar la organización y mejorar el rendimiento de los recursos. (Pulido Mojica, 2017)

A. Sistema de gestión del medioambiente

Este sistema es el cumple las directrices de la norma ISO 14001, consiguen el mínimo impacto en la naturaleza.

B. Norma ISO 14001

La norma ISO 14001 es el estándar internacional que se denomina “Sistemas de gestión ambiental. Requisitos con orientación para su uso”. Las empresas u organizaciones que implanten y se certifiquen en esta norma, estarán demostrando que están llevando a cabo sus actividades productivas de acuerdo a los estándares que fija la norma ISO 14001 en cuanto a materia medioambiental promoviendo la protección del medio natural y la prevención de la contaminación.

La última revisión de la norma ISO 14001 incluye, además, cuestiones de responsabilidad social y desarrollo sostenible haciendo hincapié en el concepto de mejora continua. (Psomas, 2011)

2.3.8 Antecedentes

Ana Silvia Balsells Orellana en 2018, realizó una investigación acorde al tema “Modelo de gestión sostenible del área de influencia de las aguas del río Flores, aldea Buena Vista, San Pedro Sacatéquez” el río Flores se ubica en la aldea Buena Vista en el municipio de San Pedro Sacatepéquez del departamento de Guatemala, se encuentra un 31.55 % dentro del área protegida conocida como reserva forestal protectora de manantiales cordillera Alux – RFSMCA-, el río Flores tiene sus nacimientos en la aldea Buena Vista del municipio de San Pedro Sacatepéquez. Se extiende hacia el municipio de Mixco, donde se conoce como río Pancochá. Posteriormente dentro del área protegida se une a otro afluente conocido como río Pansalic. Ambos abastecen y forman el río Molino que se encuentra 30 m dentro de área protegida dentro de la finca Pansalic y finca Nueva San Carlos, en zona de protección de caudales de la reserva forestal.

En la investigación se dio la implantación de un modelo de gestión que considera las oportunidades para mejorar el área de influencia del río Flores, en la investigación se necesitaron análisis de la calidad del agua de las tres plantas de tratamiento de aguas residuales, los resultados de los análisis obtenidos de los laboratorios se compararon con el Límite Máximo Permisible –LMP- establecido para cada parámetro en el Acuerdo Gubernativo 236-2006, con los resultados obtenidos se realizó el cálculo de eficiencia de cada planta de tratamiento evaluada.

Se concluyó que el trabajo de las plantas de tratamiento no es eficiente en ninguna época del año, ya que la remoción de DBO y DQO se encuentra por debajo del 50 % de eficiencia,

para lo cual se recomendó realizar mejoras en el diseño de las PTARS y así mejorar la calidad de las descargas al cuerpo receptor.

Finalmente, el modelo de gestión expuesto se establece con el fin de mejorar el área influenciada por el río Flores, donde se considera la intervención de todas las entidades involucradas para su desarrollo sostenible, con una base política sólida donde se respeten las buenas prácticas para el manejo de los desechos sólidos urbanos y el manejo del recurso hídrico.

2.4 OBJETIVOS

2.4.1 Objetivo General

Realizar un modelo de gestión integral para el río Pansalic ubicado en el municipio de Mixco, Guatemala

2.4.2 Objetivo Específicos

1. Determinar los niveles de contaminación en época lluviosa del río Pansalic de acuerdo a los parámetros establecidos en el Acuerdo Gubernativo 236-2006.
2. Establecer un modelo de actores involucrados en la microcuenca del río Pansalic de acuerdo a los resultados de contaminación.
3. Establecer líneas bases para un modelo de acción de saneamiento del río Pansalic.

2.5 METODOLOGÍA

2.5.1 Análisis de niveles de contaminación

Respecto al primer objetivo se tomó la metodología siguiente para las muestras y análisis correspondientes, dicha metodología es descrita en la figura 2.



Fuente: elaboración propia, 2019.

Figura 7. Método de análisis de muestras de agua

La evaluación de contaminantes en el río Pansalic, se realizó con la finalidad de identificar y cuantificar las fuentes de contaminación puntual y no puntual para el control de componentes sociales, medioambientales y técnicos que impactan el ambiente y las actividades humanas.

A. Análisis de criterios de evaluación sobre áreas vulnerables a problemas de contaminación

Se evaluaron los dos puntos en el área de influencia del río Pansalic, uno en la parte alta de la microcuenca y el otro en la parte baja, para darle significancia a las normas que moderaron el valor del ambiente. Estos estimados cualitativos tuvieron la capacidad de

indicar de qué manera los contaminantes afectan el ambiente en las dos zonas que operan en la reserva forestal protectora de manantiales cordillera Alux.

Se realizaron recorridos en los puntos de muestreo del área de estudio, identificando cada punto de observación, tomando 1 L. a cada lado de los puntos de muestreo de agua, según lo establecido en el Artículo 122 de la Constitución Política de la República de Guatemala (Congreso de la República de Guatemala, 1997), con la intención de determinar los niveles de contaminación que son aportados por actividades antropogénicas al río. Los criterios que se evaluarán de cada punto de muestreo para el río Pansalic, son los presentes en cuadro 5.

Cuadro 5. Matriz de análisis de criterios de evaluación.

MATRIZ PARA ANÁLISIS DE CRITERIOS DE EVALUACIÓN									
Impactos asociados	Severidad del impacto		Escala del impacto		Legislación ambiental		Frecuencia		Nivel de significancia
	Tipo	Calificación	Tipo	Calificación	Tipo	Calificación	Tipo	Calificación	
SISTEMA ABIÓTICO									
Aire									
Agua									
Suelo									
SISTEMA BIÓTICO									
Flora									
Fauna									
SISTEMA SOCIAL									
Urbanismo									
Paisaje									

Fuente: elaboración propia 2019.

B. Análisis de la calidad del agua

Se realizó análisis físico químico y microbiológico de cada muestra de agua, para conocer la condición y las características del agua del río Pansalic,

Los análisis realizados fueron acompañaron de la matriz de criterios sobre el impacto ambiental, la cual fue de complemento a los resultados, la matriz se presenta en el cuadro 6.

Cuadro 6. Matriz de análisis para criterios de evaluación sobre impacto ambiental.

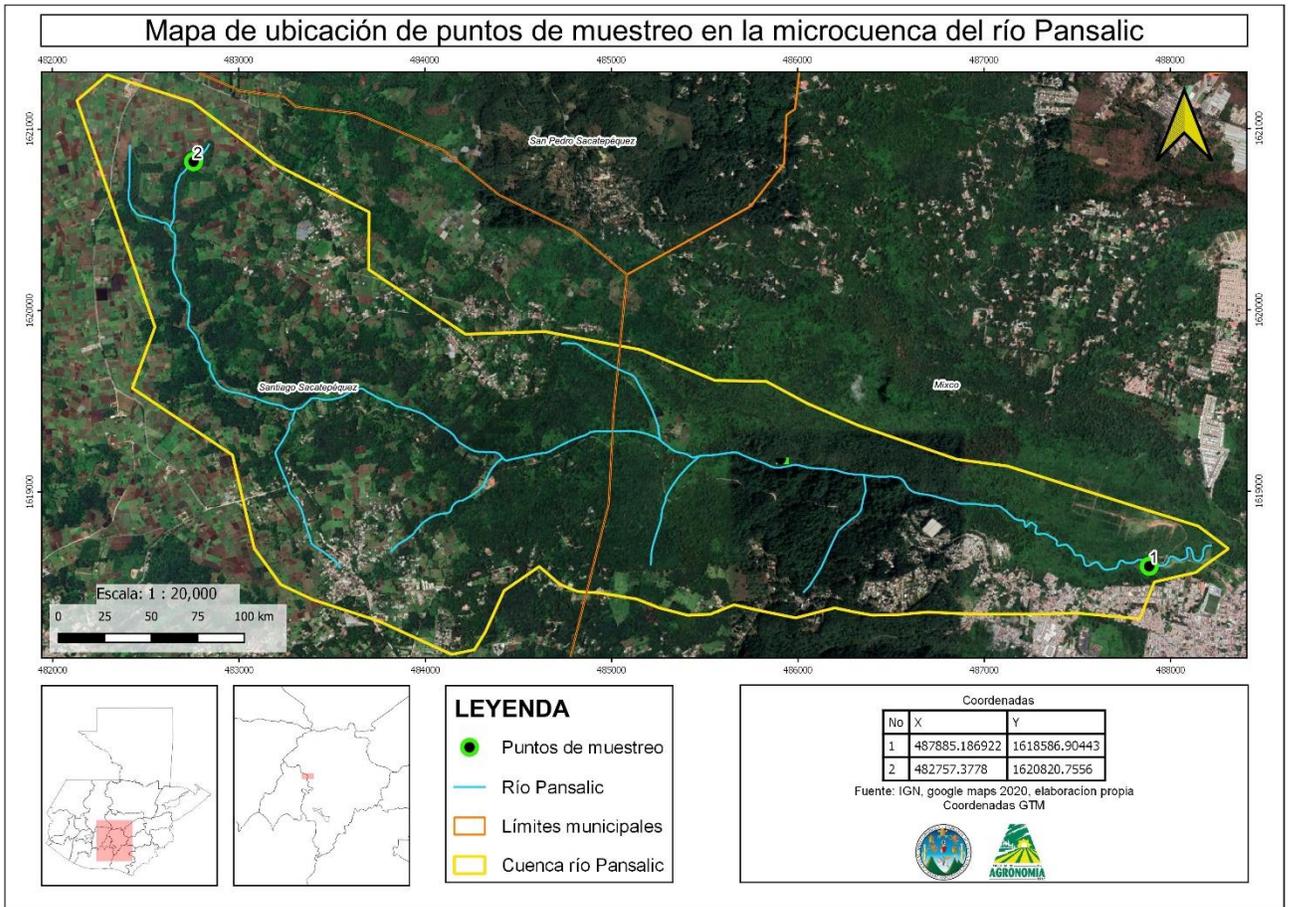
ADAPTACIÓN DE MATRIZ PARA ANÁLISIS PARA CRITERIOS DE EVALUACIÓN SOBRE IMPACTO AMBIENTAL		
1. Severidad del impacto		
Tipo	Calificación	Descripción
Severo (Se)	3	Impacto superior al 50 % del área
Moderado (Mo)	2	Impacto entre 25 % y 45 % del área
Leve (Le)	1	Impacto menor al 25 % del área
Ausente (Au)	0	--
2. Escala del impacto		
Tipo	Calificación	Descripción
Difusa (A)	3	Su origen no está claramente definido, no tiene foco emisor concreto
Regional (B)	2	Se genere transformación en el ambiente desde los exteriores al perímetro de la zona
Puntual (C)	1	Se produce por un foco emisor determinado y afecta una zona concreta
Nulo (D)	0	--
3. Legislación ambiental		
Tipo	Calificación	Descripción
A	5	No se cumple
B	1	Se cumple
C	0	No existe
4. Frecuencia		
Tipo	Calificación	Descripción
Alta (A)	3	Se presenta continuamente
Media (B)	2	Se presenta frecuentemente
Baja (C)	1	Se presenta ocasionalmente
Para cada impacto ambiental, se suman los valores resultantes de severidad del impacto, escala de impacto y legislación nacional, para luego ser multiplicado por el valor de la frecuencia de ocurrencia del impacto.		
Nivel de significancia del impacto:		
Teniendo en cuenta que la calificación máxima que puede tener un impacto ambiental es de 33, se le da su valoración según los rangos a continuación señalados		
(C) Baja: Se considera un impacto con nivel de significancia baja si la calificación se encuentra entre el rango (0-11).		
(B) Media: Se considera un impacto con nivel de significancia media si la calificación se encuentra entre el rango (12-22).		
(A) Alta: Se considera un impacto con nivel de significancia alta si la calificación se encuentra entre el rango (23-33).		

Fuente: elaboración propia, adaptación de matriz para análisis de criterios de evaluación sobre impacto ambiental 2019.

C. Selección de puntos de muestreo

En el río Pansalic, se tomaron en dos puntos determinados de la vertiente los cuales fueron punto alto y bajo, dichas muestras se tomaron en época lluviosa para así determinar las concentraciones de contaminantes.

El punto alto se encuentra en la coordenada LATITUD 487885.186922 LONGITUD 1618586.90443 (figura 8A) y el punto bajo se encuentra en las coordenadas LATITUD 482757.3778 LONGITUD 1620820.7556 (figura 9A) como podemos observar en la figura 8.



Fuente: IGN, elaboración propia 2019.

Figura 8. Mapa de ubicación de los puntos de muestreo.

D. Toma y transporte de muestras

Para la toma de muestras de agua, se utilizaron recipientes de PET de alta densidad (polietileno), de 750 ml para las pruebas de metales pesados y recipientes de vidrio de litro para muestras residuales y análisis bacteriológicos.

Se procedió a sumergir el recipiente en las aguas del río para evitar cualquier tipo de contaminación. (Figuras 13A Y 14A)

En el caso de la muestra que se utilizó para el análisis microbiológico, fueron conservados en una hielera con bolsas de hielo para su traslado, manteniendo la misma temperatura hasta la entrega en el laboratorio.

En cuanto a las muestras con fin de estudio fisicoquímico, se conservó y trasladó en una caja, debido a que no influye el cambio de temperatura ambiente.

Las muestras de metales pesados fueron conservadas y trasladadas en una caja, en las botellas de PET de alta densidad (polietileno) esto debido a que algunos metales son volátiles con el vidrio (figura 15A).

Es importante recalcar que todo el procedimiento anterior, se realizó utilizando guantes quirúrgicos, mascarilla para evitar contaminar la muestra y evitando la presencia de terceras personas en el área de muestreo.

Las muestras fueron entregadas el mismo día de la toma; cada una de las muestras fue debidamente identificada con una etiqueta con los datos (figuras 9 Y 12A).

LABORATORIO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA <u>Muestra de agua</u>
Lugar:
Fuente:
Día:
Hora:
Condiciones de transporte:
Temperatura:
Examen:
Tomado por:
Municipio:
Departamento:

Fuente: elaboración propia, 2019.

Figura 9. Etiquetas de muestras para analisis de agua.

E. Análisis de muestras

Las muestras de agua fisicoquímica, microbiológica y metales pesados, fueron analizadas en los laboratorios de Unidad de análisis Instrumental y Laboratorio Microbiológico de Referencia LAMIR, respectivamente, ubicados en la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia del campus Central de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

En el análisis físico químico se evaluaron los siguientes parámetros: pH, conductividad, sólidos en suspensión, sólidos sedimentables, sólidos totales, demanda bioquímica de oxígeno -DBO-, demanda química de oxígeno -DQO-, nitrógeno total, fósforo total, color, aceites y grasas.

En cuanto al análisis microbiológico, se evaluó la presencia de coliformes fecales. Dichos análisis se desarrollaron en el laboratorio microbiológico LAMIR, perteneciente a la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia del campus Central de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

En el análisis de metales pesados se evaluó la presencia de los siguientes metales en el río Pansalic: cromo (Cr), hierro (Fe), zinc (Zn), cobre (Cu), plomo (Pb), cadmio (Cd), calcio (Ca).

Dichas pruebas se realizaron en el laboratorio de investigación química y ambiental LIQA, perteneciente a la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia del campus Central de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

F. Análisis de la información

Los resultados de los análisis de las muestras de agua, fueron interpretados a partir de un tratamiento analítico, basados en la comparación de los resultados obtenidos en época lluviosa y en época seca con los parámetros que exige el Acuerdo Gubernativo No. 236-2006, en el que se emite el “Reglamento de las descargas y reusó de aguas residuales y de la disposición de lodos”, (Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, Guatemala (MSPAS), 2006), para la calidad de agua potable.

2.5.2 Identificación de actores

Con relación al segundo objetivo se describieron las actividades y los actores que contribuyen en la contaminación del río Pansalic a través de observación y seguimiento de actividades culturales y diarias de las comunidades aledañas al río. Según las actividades que se observaron estas se clasificaron entre actividades contaminantes y las cuales no lo son, los efectos se estimaron entre los cuales tienen incidencia directa y la cual no lo tiene sobre el río Pansalic.

2.5.3 Formulación de líneas bases para un plan de acción de saneamiento para el río Pansalic

Basados en el tercer objetivo se observaron los resultados obtenidos en el análisis de la matriz de impacto ambiental y en los niveles de contaminación se propuso un plan de acción de gestión sostenible sobre el área de influencia del río Pansalic, enfocado en el mantenimiento adecuado del afluente estudiado, dichos resultados fueron evaluados y entregados a los líderes comunitarios, mujeres líderes de la comunidad, así como a los

alcaldes correspondientes del área de influencia, en los cuales también fue entregado y velado de su distribución a IDESAC (Instituto de Desarrollo Económico y Social de América Latina) de manera en la cual se desarrollaron líneas bases para un modelo de acciones y estrategias de trabajo para implementar el modelo de gestión integral, a modo que los resultados de la contaminación presente sean atendidos.

2.6 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

2.6.1 Análisis de los niveles de contaminación en época lluviosa del río Pansalic

A. Análisis de pruebas físico-químico

En el cuadro 7 se observan los resultados de los análisis físico-químico (análisis de pH, conductividad, sólidos en suspensión, sólidos sedimentables, sólidos totales, demanda bioquímica de oxígeno -DBO-, demanda química de oxígeno –DQO-, nitrógeno total, fósforo total, color, aceites y grasas, en donde según la norma COGUANOR 29 001 establece los límites permisibles.

Cuadro 7. Resultado de análisis de aguas residuales.

	Época Lluviosa										
	pH	Conductividad (mS/cm)	Sólidos Sedimentables (mL/L)	Sólidos en Suspensión (mg/L)	Sólidos Totales (mg/L)	Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO (mg/L)	Demanda Química de Oxígeno DQO (mg/L)	Nitrogeno Total (mg/L)	Fosforo Total (mg/L)	Color (Unidades PT-Co)	Aceites y Grasas (mg/L)
Limite Maximo Permisible LMP	6.00 - 9.00	100-700		150	500-1000	250	500	25	15	35	25
Parte Alta del Río	6.7	269	0	28	1296	15	<100	< 0.5	1	5	29
Parte Baja del Río	6.69	1054	1	341	426	26	690	< 0.5	11	12	121

El pH obtenido es de en época lluviosa en la parte alta es de 6.7, en la parte baja es de 6.69, el límite máximo permisible (LMP) es de 6-9, demostrando que este nivel está en el rango permisible, esto nos demuestra que está en un rango neutro.

La conductividad eléctrica según la definición de COGUANOR (1999): “El agua potable deberá tener una conductividad de 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 750 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 25 °C”, los resultados en la parte alta están dentro del límite permisible, la parte baja de del río demuestra un excedente en los límites permisibles, la conductividad tanto como los sólidos totales son una medida de la concentración total de iones en una solución, es decir que debido a que ambas medidas superan los límites permisibles sus concentraciones de iones disueltos están en un estado saturado, esto da paso a saturaciones de microorganismos. (Iris Rodríguez, 2010)

Los sólidos en suspensión según Avendaño (1996) Los sólidos en suspensión desempeñan un papel importante como contaminantes, debido a la materia orgánica o inorgánica que los forman, por los agentes patógenos que son transportados en la superficie de dichas partículas. En la parte baja del río en época lluviosa supera el límite máximo permisible (LMP) demostrando su contaminación a través del transcurso del río.

La demanda química de oxígeno (DQO) sobre pasa el límite máximo permisible (LMP) es decir que tiene una saturación de materia orgánica la cual no puede ser oxidada adecuadamente, este exceso de materia orgánica es lo que da paso a concentraciones altas de bacterias dañinas a la salud humana.

La demanda biológica de oxígeno (DBO) está muy por debajo del límite máximo permisible (LMP) esto debido a la saturación de materia orgánica en el agua lo cual hace que la oxigenación del líquido sea muy pobre e inadecuada para el consumo humano.

El nitrógeno total en época lluviosa se encuentra debajo del límite máximo permisible (LMP) esto nos indica que no hay contaminación de fertilizantes nitrogenados en el transcurso del río, esto debido a que nace la reserva protectora de manantiales cordillera Alux he inmediatamente sale a una zona urbana y poblada lo cual no se encuentran zonas de agricultura.

El fosforo total se encuentra dentro del límite máximo permisible (LMP) sin embargo podemos observar un aumento en el transcurso del río, los niveles de fosforo comparando la parte alta y baja se ven en aumento, esto se debe al uso de jabones que son depositados en drenajes que llegan al río.

El color en la escala de platino-cobalto según la norma COGUANOR 29 001 están en dentro del límite máximo permisible (LMP).

Aceites y grasas está por encima del límite máximo permisible (LMP) esto debido a descarga de aceites de cocina, esto producto de la falta de drenajes, las descargas llegan al río, esto incluido aceites de motor.

B. Análisis de las pruebas microbiológicas

El cuadro 8 presenta los resultados de las pruebas microbiológicas, es decir el análisis de coliformes totales y presencia de *Escherichia coli*.

Cuadro 8. Resultados de análisis microbiológicos.

	Época Lluviosa		
	Coliformes Totales NMP/100 mL	Escherichia Coli NMP/100 mL	Limite Maximo Permissible (LMP)
Parte Alta del Río	>24x10 ³	>24x10 ³	< 3/100
Parte Baja del Río	>24x10 ³	>24x10 ³	< 3/100

Los análisis demostraron una alta presencia de coliformes totales y Escherichia coli, muy por encima del límite máximo permisible (LMP) tanto en la parte alta como la parte baja de la cuenca, esto debido a la falta de una red de drenajes al entorno de la microcuenca del río Pansalic.

La revelación de este parámetro es de suma importancia debido a que muestra una contaminación específica de materia orgánica de origen fecal, la presencia de materia fecal en el recurso hídrico trae como consecuencia peligros para la salud humana. Este parámetro representa un peligro de enfermedades, debido a esto se establece que el agua no es apta para consumo humano o uso de riego sin previo tratamiento.

C. Análisis de las pruebas de metales pesados

En el cuadro 9 podemos observar los análisis de las muestras de metales pesados. Se realizó análisis de cromo total (Cr), hierro (Fe), zinc (Zn), cobre (Cu), plomo (Pb), cadmio (Cd), calcio (Ca) y arsénico (As).

Cuadro 9. Resultados de análisis de metales pesados.

	Época lluviosa							
	Cromo total (Cr) mg/L	Hierro (Fe) mg/L	Zinc (Zn) mg/L	Cobre (Cu) mg/L	Plomo (Pb) mg/L	Cadmio (Cd) mg/L	Calcio (Ca) mg/L	Arsénico (As) mg/L
Límite Máximo Permissible LMP	0.050	1.00	0.30	0.050	0.010	0.003	75	0.010
Límite de cuantificación	0.050	0.050	0.010	0.033	0.070	0.013	0.090	0.01
Parte Alta del Río	19.71	0.92	ND	ND	ND	0.04	12.3	ND
Parte Baja del Río	20.71	1.57	ND	ND	ND	0.05	24.92	ND

Los metales encontrados en la muestra del río Pansalic son los siguientes: cromo, hierro, cadmio y calcio. Del espectro de los metales pesados, los metales ausentes es decir: zinc, cobre, plomo y arsénico son metales que se encuentran por debajo del límite cuantificable por el laboratorio que analizó las muestras correspondientes, de esta manera se discutirá los resultados de los metales que se encuentran en las muestras de manera cuantificable. Las fuentes de contaminación por metales pesados son provocadas por los factores que pueden llevar a estos parámetros encontrados en los cuales tenemos fuentes antropogénicas o también por lixiviación dependiendo la naturaleza de dichos metales.

Los niveles de cromo (Cr) indican contaminación por cromo debido a que están por arriba del límite permisible, El cromo es uno de los elementos que pueden encontrarse en las aguas residuales procedentes de una gran variedad de procesos industriales, Su toxicidad depende del estado de oxidación y concentración en que se encuentra, siendo de especial importancia la eliminación de cromo hexavalente presente en los sistemas acuosos, por su reconocido carácter cancerígeno. En la industria, el cromo y sus compuestos tienen una gran variedad de aplicaciones que abarcan entre otras: procesos de curtido, pigmentos textiles, aleaciones, catalizadores, agentes anticorrosivos, baterías, fungicidas. (M. Arauzo, 2003)

Los niveles de hierro (Fe) indican una contaminación leve, en el punto bajo de la cuenca supera el límite permisible sin embargo en la parte alta se encuentra muy cerca del límite permisible, el hierro en agua no presentan un peligro para la salud. Sin embargo, su presencia en el agua puede causar sabor, manchas y los problemas de acumulación. El hierro provocará manchas de color marrón rojizo en lavandería, porcelana, platos, utensilios y hasta cristalería. Los depósitos de hierro se acumulan en las tuberías, tanques de presión, calentadores de agua y suavizadores de agua, lo cual pueden representar pérdidas económicas si se llega a utilizar el agua del río debido a que los niveles de hierro presentan corrosiones o bloqueos en tuberías, el hierro se concentra en el agua por el contacto con las rocas y minerales. (Machmeier, 1990)

Esto coincide debido a que el río Pansalic nace en una cordillera donde los piroclastos son su formación geológica principal.

La municipalidad de Mixco en sus clínicas de salud atendió a 17,278 personas en el municipio (3.44 % de la población mixqueña) según datos del año 2019, de las personas atendidas en las clínicas el 3 % de los pacientes presentaban Enfermedades de la piel y tejido subcutáneo (L00-L99). (Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social (MSPAS) 2019).

Las enfermedades y aflicciones en la piel se dan al contacto con agua contaminada, dichos efectos los cuales son causados por metales pesados, debido a los parámetros encontrados en las muestras de agua en torno a los metales pesados, se establece que nos es apta para el consumo humano o riego sin previo tratamiento.

2.6.2 Actores involucrados

La identificación y caracterización de los actores involucrados en el manejo y gestión del río Pansalic, destacando a los actores y los papeles que juegan entorno al río Pansalic. Los actores necesarios a incluir en el desarrollo y gestión adecuada del río se muestran en la figura 10.

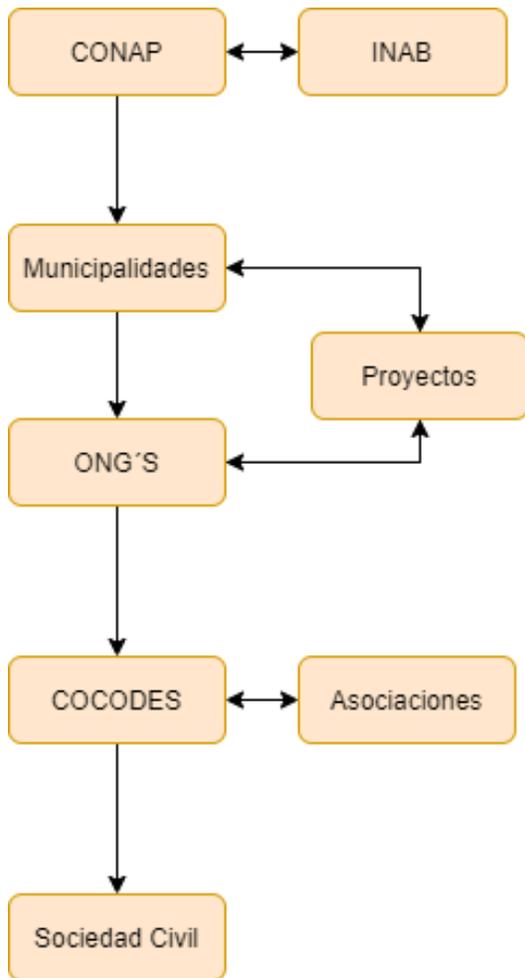


Figura 10. Actores involucrados en la implementación de modelo de gestión.

El CONAP como ente regulador de las áreas protegidas, asegura el funcionamiento óptimo de los procesos ecológicos esenciales y de los sistemas naturales vitales para el beneficio de todos los guatemaltecos, lograr la conservación de la diversidad biológica del país. (Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP) 2006).

Las municipalidades quienes son encargadas de la regulación de descargas y reusó de aguas residuales y la disposición de lodos. Según el ACUERDO GUBERNATIVO No. 236-2006, de acuerdo con el acuerdo gubernativo las municipalidades son quienes tienen que regular las descargas que van directamente a los ríos.

El Consejo Comunitario de Desarrollo –COCODE-, se configuran como el ente coordinador de participación a nivel comunal. Están conformados por los residentes de la comunidad correspondiente.

Entre las funciones que cumplen los Consejos municipales se encuentra: elegir a los integrantes del órgano de coordinación y fijar el período de duración de sus cargos; fomentar la organización y participación efectiva de la comunidad y sus organizaciones, así como también, apoyar la coordinación entre las autoridades comunitarias y otras organizaciones (Sistema de Consejos de Desarrollo, Guatemala (SISCODE)

Los comités del municipio son personas de la sociedad civil que buscan a través de reuniones periódicas, desarrollar temas de interés para el desarrollo de la comunidad, junto con las asociaciones y algunas veces con el apoyo de las Organizaciones No Gubernamentales -ONG´S-.

2.6.3 Modelo de gestión para el río Pansalic

Análisis previo del papel de las instituciones para el manejo del río Pansalic, se enfocó principalmente en desarrollar líneas bases para poder resolver problemas de contaminación colectiva ante los altos niveles de contaminación del río Pansalic el cual se muestra en la figura 11.

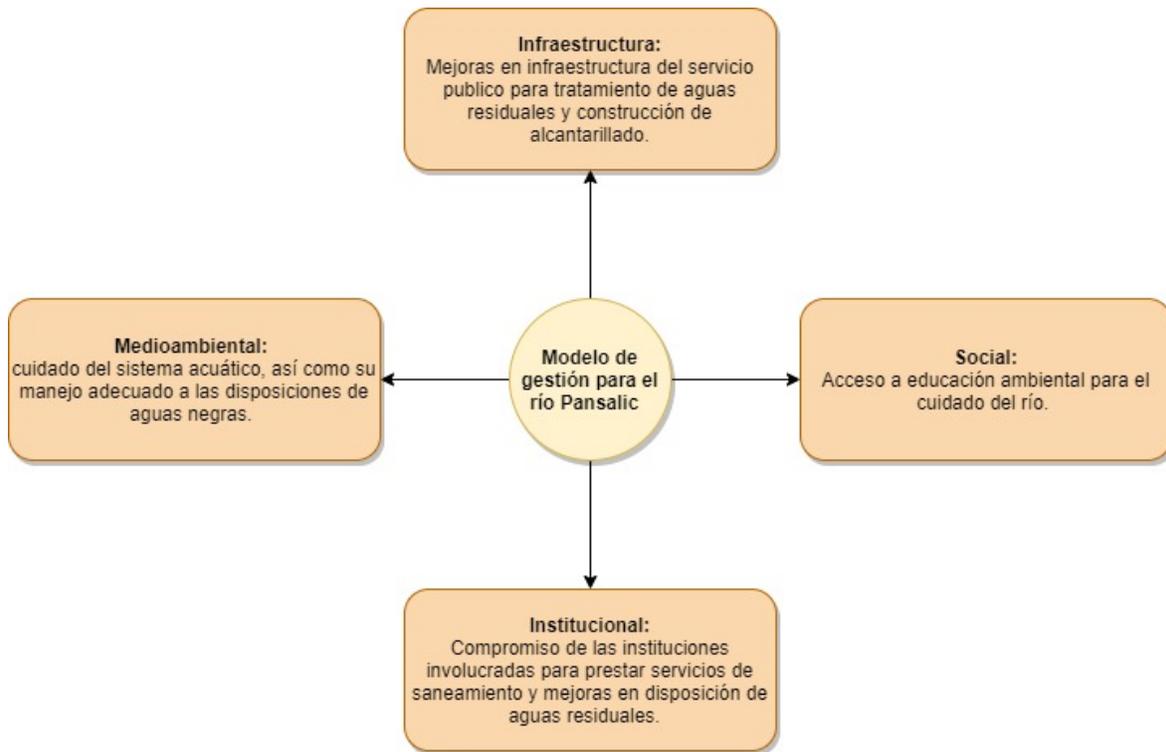


Figura 11. Plan de manejo de gestión para el río Pansalic.

Los modelos de gestión del río han oscilado al intento por lograr una gestión participativa en los diferentes niveles de actores. Buscando compartir no sólo responsabilidades, sino también estrategias encaminadas a enfrentar los problemas y retos que implica la creciente contaminación del río.

Las situaciones de las actividades de los actores involucrados hacen validar con efectividad el compromiso de las instituciones para llevar a cabo de manera progresiva el gestionamiento del recurso hídrico.

La actividad social a lo largo del río Pansalic revela viviendas en gran parte, lo que hace el planteamiento de construcción de tubería que lleven a una planta de tratamiento pertinente y no a disposiciones directas al río.

En el mantenimiento y o construcción de infraestructura específicamente de las plantas de tratamiento, deberá ser controlado por la municipalidad, es importante realizar algunas mejoras para ayudar a un mejor funcionamiento y así mejorar la calidad de las descargas, es decir la construcción de alcantarillado correspondiente.

El acceso a agua limpia apta para el consumo y el acceso al saneamiento, mejorará la calidad de vida de los pobladores. La gestión eficaz del agua y el saneamiento depende de la participación de diversos actores interesados, entre los que se cuentan las comunidades locales. El acceso a agua, así como la gestión racional de los ecosistemas de agua dulce son esenciales para la salud humana, la sostenibilidad del medio ambiente y la prosperidad económica (Organización Mundial de la Salud (OMS) 2017).

Tanto desde los ámbitos medioambientales como social se ve representada la influencia e impactos sobre el recurso hídrico, en su calidad y disponibilidad, que se da fundamentalmente por la problemática del saneamiento ambiental.

Un fundamento importante a recalcar es la condición social del sector de Mixco, debido a que se trata de un pueblo construido a la orilla de la antigua carretera a Santiago Sacatepéquez, dicho territorio es la ladera de una montaña, un terreno con pendiente, que presenta vulnerabilidades de infraestructura, esto debido a que es un pueblo antiguo, construido antes de las regulaciones ambientales, carece de un sistema de drenajes pertinentes a su tamaño, generando una mayor cantidad de descargas en el río, en donde se evidencia la inadecuada gestión del recurso hídrico y una carente infraestructura sanitaria.

Sumado a esta problemática, el crecimiento territorial ha sido descontrolado en el área de influencia. Estas acciones impactan de una manera negativa el componente medio ambiental especialmente el recurso hídrico, lo que hace que su calidad se vea reducida, su calidad es degradada por la contaminación y la deficiente gestión del agua en este sector.

2.7 CONCLUSIONES

1. Los Parámetros de aceites y grasas se observan por arriba de los niveles permisibles en el normativo COGUANOR y el “Reglamento de descarga y reusó de agua residual y disposición de lodos” Decreto 236-2006”.
2. Tanto en la parte alta y baja de la cuenca el río se encuentra contaminado con material fecal y Escherichia Coli, dicho parámetro muy por arriba del límite permisible.
3. En torno a los metales pesados su mayor contaminación es debido al Cromo.
4. La zona que presenta una mayor contaminación es la ciudad de Mixco debido al caso urbano que creció a lo largo de la cuenca del río Pansalic.
5. Según análisis obtenidos en metales pesados se puede observar una correlación entre enfermedades de la piel y los niveles de cromo y hierro encontrados en el agua del río Pansalic.
6. Es importante que las municipalidades de Santiago Sacatepéquez y Mixco, le presten importancia y la atención que merece al río Pansalic en torno al manejo y restauración correspondiente, esto debido a que presenta un deterioro y contaminación visible, esto se debe a la poca educación ambiental que existe en la población de dichos municipios.
7. Para lograr el saneamiento de las aguas del río Pansalic es necesario seguir los lineamientos de monitoreo de calidad de agua constante, colaboración interinstitucional y una educación ambiental base.
8. El río Pansalic presenta contaminación debido a la falta de drenajes, dichos drenajes están ausentes en toda la cuenca del río Pansalic.

2.8 RECOMENDACIONES

1. Es importante que todo el movimiento ambiental sea acompañado por una campaña de educación ambiental a la población para así evitar la contaminación en la parte baja y alta de la cuenca del río Pansalic y así mejorar la calidad de agua antes de que llegue a su destino final.
2. Establecer programas permanentes de vigilancia y concientización ambiental por medio de la municipalidad como apoyo a los líderes comunitarios, por medio de grupos específicos en aldeas, escuelas, grupos religiosos, etc.
3. La construcción de una red de drenajes pertinentes que lleven todas las aguas residuales a una planta de tratamientos, en la construcción de una planta de tratamientos los principales indicadores con valores significativos son las grasas y lubricantes, es necesario realizar un adecuado desengrase induciendo la flotación de las mismas para optimizar el proceso depurativo.
4. Es importante realizar análisis constantes y periódicos de la calidad de agua, de esta manera se garantizará que se esté cumpliendo un manejo y restauración adecuada del río Pansalic.
5. Debido a que el río Pansalic abarca más de un municipio es importante y necesario unir fuerzas con las municipalidades de Mixco Y Santiago Sacatepéquez de esta manera coordinar esfuerzos y obtener una herramienta de gestión ambiental para futuros proyectos de conservación y restauración, debido a que las dos municipalidades se ven favorecidas por la influencia del río Pansalic.
6. Se recomienda realizar trabajos de investigación desde los puntos de vista médicos entorno a la relación problemas de salud con raíz al río Pansalic.

7. Se recomienda de igual manera la integración de futuras tesis para realizar un estudio de factibilidad para lo anteriormente expuesto.

2.9 BIBLIOGRAFÍA

1. ANA (Autoridad Nacional del Agua, Perú). 2010. Proyecto: Evaluación de los Recursos Hídricos en las Cuencas de los Ríos Huancané y Suches; Inventario de fuentes de agua superficiales de las cuencas Huancané y Suches. Huancané, Perú, Ministerio de Agricultura, Autoridad Nacional del Agua. 135 p.
http://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/inventario_fuentes_hidricas_superficiales_-_cuencas_huancane_y_suches_0.pdf.
2. Arauzo, M; Rivera, M; Valladolid, M; Noreña, C; Cedenilla, O. 2003. Contaminación por cromo en el agua intersticial, en el agua del cauce y en los sedimentos del río Jarama. España, Asociación Española de Limnología. <http://hdl.handle.net/10261/35521>.
3. Avendaño, C; Cobo, R; Sanz, E; Gómez, JL. 1996. Metodología para la evaluación de sólidos en suspensión "*in situ*". Aplicación en el dragado del embalse de Barasona (Huesca). Revista de Ingeniería Civil 102:123-128.
4. Barba Ho, LE. 2002. Conceptos básicos de la contaminación del agua y parámetros de medición. Santiago de Cali, Colombia, Universidad del Valle.
5. COGUANOR (Comisión Guatemalteca de Normas, Guatemala). 2005. COGUANOR NTG 29001: Agua para consumo humano (agua potable). Especificaciones. Guatemala. Consultado 15 jul. 2020.
<http://www.ecosistemas.com.gt/wp-content/uploads/2015/07/04-COGUANOR-NTG-29-001-1a-Revision.pdf>
6. CONAP (Consejo Nacional de Áreas Protegidas, Guatemala). 2006. Revisión y análisis del Plan Maestro de la Reserva Forestal Protectora de Manantiales Cordillera Alux. Guatemala.
7. Dappo Quintero, F. 2007. Calidad de aguas superficiales en la región centro

occidental. Venezuela, Fundación para el Desarrollo de la Región Centro Occidental de Venezuela (FUDECO).

8. DGN (Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, Dirección General de Normas, México). 2000. Análisis de agua, determinación de sólidos sedimentables en aguas naturales, residuales y residuales tratadas. México. <http://www.aniq.org.mx/pqta/pdf/NMX-AA-fisicos.pdf>
9. Fajardo Herrera, NF. 2011. Caracterización del recurso hídrico superficial y lineamientos de manejo de las microcuencas de los ríos Pansalic y Pancochá Mixco, Guatemala y servicios prestados al Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales -MARN-. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 147 p. <http://www.repositorio.usac.edu.gt/6741/1/NESTOR%20FRANCISCO%20FAJA%20RDO%20HERRERA.pdf>
10. Herrera Ibañez, IR. 2014. Manual de hidrología. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía.
11. IARNA (Universidad Rafael Landívar, Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente, Guatemala). 2012. Perfil ambiental de Guatemala 2010-2012. Guatemala. <http://www.infoiarna.org.gt/wp-content/uploads/2017/11/Perfilambiental2010-2012DocumentoCompleto.pdf>
12. INAB (Instituto Nacional de Bosques, Guatemala); CONAP (Consejo Nacional de Áreas Protegidas, Guatemala); Universidad del Valle de Guatemala, Guatemala; Universidad Rafael Landívar, Guatemala. 2012. Mapa de cobertura forestal de Guatemala 2010 y dinámica de la cobertura forestal 2006-2010. Guatemala. 114 p.
13. López, M. 2010. Contaminación difusa en acuíferos: Estudio de caso en la comuna de Colina, región metropolitana. Tesis Ing. Civ. Chile, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. http://repositorio.uchile.cl/tesis/uchile/2010/cf-morlans_al/pdfAmont/cf-morlans_al.pdf

14. Machmeier, R. 1990. Fierro en el agua potable, FO-1318. USA, Universidad de Minnesota, Minnesota Servicio de Extensión de Agricultura.
15. Marcote, P; Suárez, PÁ. 2005. Planteamiento de un marco teórico de la educación ambiental para un desarrollo sostenible. Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias 4(1):1-16. http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen4/ART4_Vol4_N1.pdf
16. Mejía, CI. 2005. Análisis de la calidad del agua para consumo humano y percepción local de las tecnologías apropiadas para su desinfección a escala domiciliaria, en la microcuenca El Limón, San Jerónimo, Honduras. Tesis MSc. Honduras, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A0602e/A0602e.pdf>.
17. Mojica, P; Escobar R, J; Andrade-Pérez, GI. 2017. Revisión bibliográfica a la gestión integral de los recursos hídricos y las iniciativas de protección de ríos a nivel. Biodiversidad en la Práctica 1(1):177-197. http://repository.humboldt.org.co/bitstream/handle/20.500.11761/9895/07_Gesti%cc%81n-iniciativa-preteccion.pdf
18. Mora, H. 2009. Aguas superficiales y subterráneas. México, Universidad Autónoma de México, Facultad de Ingeniería. http://www.ingenieria.unam.mx/haaz/geologia/presentaciones/04_aguas-superficiales_y_subterranas.pdf
19. MSPAS (Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, Guatemala). 2006. Acuerdo Gubernativo no. 236-2006: Reglamento de las descargas y reuso de las aguas residuales y de la disposición de lodos. Guatemala. <http://vestex.com.gt/wp-content/uploads/2015/04/Reglamento-descargas-de-aguas-residuales-AG236-2006.pdf>
20. MSPAS (Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, Guatemala). 2019. Mesa estratégica "Información estadística y documental servicios de salud municipio de Mixco. Guatemala, MSPAS, Dirección Área de Salud Guatemala Noroccidente Mixco.

21. OMS (Organización Mundial de la Salud, USA). 2017. Agua, saneamiento e higiene. Consultado 20 mayo 2020.
http://www.who.int/water_sanitation_health/sanitation-waste/es/

22. OMS (Organización Mundial de la Salud, USA). 2018. Calidad del agua potable. USA, OMS. Consultado 13 feb. 2020.
http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/es

23. Psomas, EL; Fotopoulos, CV; Kafetzopoulos, DP. 2011. Motives, difficulties and benefits in implementing the ISO 14001 environmental management system. Management of Environmental Quality 22(4):502-521.
<https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/14777831111136090/full/html>

24. Rodríguez, I; Duque, C; Calvache, ML; López, M. 2010. Causas de las variaciones de la conductividad eléctrica del agua subterránea en el acuífero Motril-Salobreña, España. Geogaceta no. 49:107-110. <http://rabida.uhu.es/dspace/bitstream/handle/10272/7461/Causas-de.pdf>

25. Saravia Caballero, J; Marún Uparela, K. 1997. Implicación de los conceptos de gobernanza y cambio organizacional: Gestión pública de las alcaldías en el marco de la Ley 1480 de 2011. Advocatus 14(27):51-64.
<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5907134.pdf>

26. SISCODE (Sistema de Consejos de Desarrollo, Guatemala). (s.f.). Consejos regionales. Guatemala, Observatorio Regional de Planificación para el Desarrollo.
[http://sistemas.segeplan.gob.gt/siscodew/ddpgpl\\$modulo.regional](http://sistemas.segeplan.gob.gt/siscodew/ddpgpl$modulo.regional)

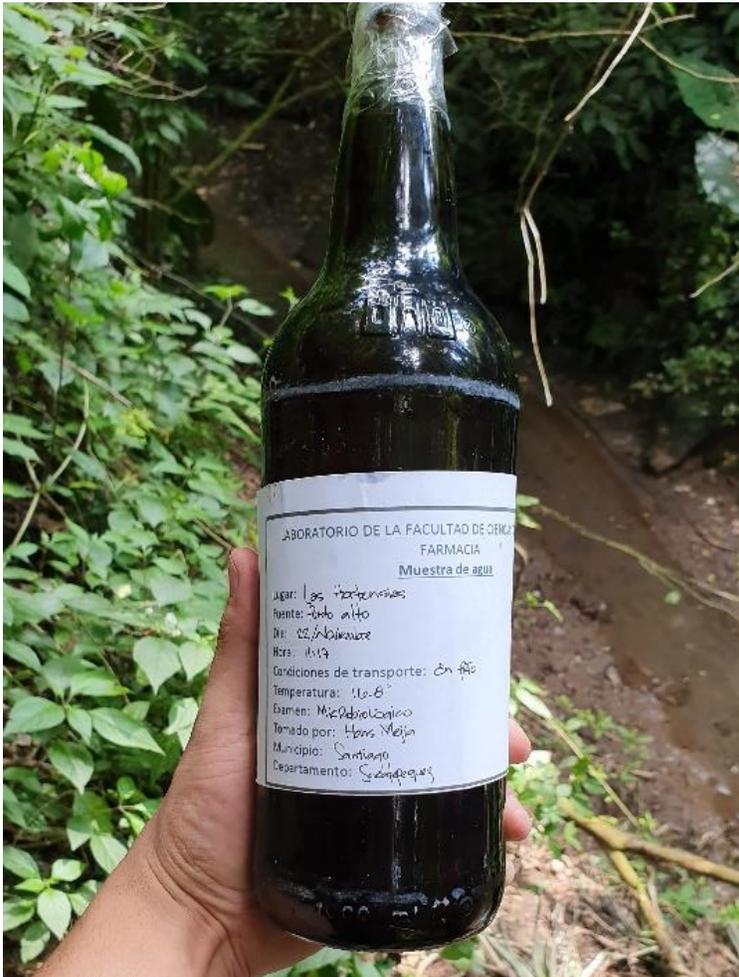
27. Tuset, S. 2017. Caracterización del agua residual. España, CondorChem Envitech.
<https://blog.condorchem.com/caracterizacion-del-agua-residual/>

28. UICN (Unión Internacional de Conservación de la Naturaleza, USA). 2018. ¿Qué es un área protegida?, USA. <https://www.iucn.org/es/regiones/am%C3%A9rica-del-sur/nuestro-trabajo/%C3%A1reas-protegidas/%C2%BFqu%C3%A9-es-un-%C3%A1rea-protegida>

 *Rolando Barrios*

2.10 APÉNDICE

2.10.1 Toma de muestras



Fuente: elaboración propia 2019.

Figura 12A. Etiqueta de muestra para el análisis llenada en campo.



Fuente: elaboración propia 2019.

Figura 13A. Punto alto de la microcuenca del río Pansalic, toma de muestras.



Fuente: elaboración propia 2019.

Figura 14A. Punto bajo de la microcuenca del río Pansalic, toma de muestras.



Fuente: elaboración propia 2019.

Figura 15A. Toma de datos de las muestras para llenar las etiquetas de muestreo.

The seal of the Carolina Academy of Sciences is a circular emblem. It features a central shield with a landscape scene: a knight on a white horse with a lance, a volcano, and green hills. Above the shield is a seated figure in a red robe. The shield is flanked by two golden lions and topped with a golden crown. The entire emblem is surrounded by a circular border containing the Latin text "CETERAS ORIBUS CONSPICUA CAROLINA ACADEMIA COACTEMALENSIS INTER".

CAPÍTULO III: SERVICIOS REALIZADOS EN INSTITUTO DE DESARROLLO ECONÓMICO Y SOCIAL DE AMÉRICA CENTRAL -IDESAC- EN RESERVA FORESTAL PROTECTORA DE MANANTIALES COORDILLERA ALUX.

3.1 PRESENTACIÓN

Los servicios que se presentan a continuación se ejecutaron durante el Programa de Ejercicio Profesional Supervisado de Agronomía (EPSA), comprendido de agosto de 2019 a mayo de 2020. Fueron desarrollados en el Instituto de Desarrollo Económico y Social de América Central – IDESAC – en la Reserva Forestal Protectora de Manantiales Cordillera Alux en el departamento de Guatemala - RFPMCA-.

Tuvo como propósito, la prevención de incendios dentro de la Reserva Forestal Protectora de Manantiales Cordillera Alux en el departamento de Guatemala - RFPMCA-, concientización de la población de la aldea Pachali en Santiago Sacatepéquez y una reforestación dentro de la Reserva Forestal Protectora de Manantiales Cordillera Alux en el departamento de Guatemala - RFPMCA-.

Los servicios fueron enfocados en los aspectos más relevantes y de mayor beneficio dentro de la Reserva Forestal Protectora de Manantiales Cordillera Alux en el departamento de Guatemala - RFPMCA-, de esta manera se trabajó en conjuntos con personal de la ONG Instituto de Desarrollo Económico y Social de América Central – IDESAC – de tal manera en el apoyo, coordinación y desarrollo de los servicios realizados.

3.2 SERVICIO 1: ELABORACIÓN DE LÍNEA CORTAFUEGO EN LA FINCA SAN RAFAEL UBICADA EN EL AREA PROTEGIDA RESERVA FORESTAL PROTECTORA DE MANANTIALES COORDILLERA ALUX

3.2.1 OBJETIVOS

A. Objetivo General

Realizar líneas cortafuego en la finca San Rafael ubicada en el la Reserva Forestal Protectora de Manantiales Cordillera Alux.

B. Objetivos específicos

- ✓ Aprovechar las áreas forestales de la finca San Rafael para elaborar las líneas cortafuego

3.2.2 METODOLOGÍA

A. Fase de gabinete

1. Se establecieron las áreas y puntos clave para elaborar las líneas cortafuego
2. Establecer dimensiones de las líneas cortafuego

B. Fase de campo

1. Conjunto con el guardabosques de la finca san San Rafael se realizó la obra

2. Se trabajó por secciones, de tal manera de unir las líneas cortafuego
3. Debido a que la línea cortafuego se realizó en un área protegida se estableció que no se cortarían ningún árbol que estuviera dentro de la línea, solo se limpiaría al ras del suelo.

3.2.3 RESULTADOS DEL APROVECHAMIENTO DE LAS ÁREAS FORESTALES DE LA FINCA SAN RAFAEL PARA ELABORAR LINEAS CORTAFUEGO

Se finalizó la línea cortafuego, esto recalco la importancia de la protección del área boscosa en temas de prevención de incendios, este servicio fue desarrollado con el fin del cuidado y prevención en el área boscosa. Figura 15, 16, 19A, 20A y 21A.



Figura 15 y 16. Elaboración de la línea cortafuego.

3.2.4 EVALUACIÓN DE SERVICIO

- ✓ Se aprovecharon las áreas boscosas de la finca San Rafael para realizar líneas cortafuego para una gestión de riesgos adecuada para combatir incendios potenciales.
- ✓ Su impacto a corto y mediano plazo es positivo, debido a la gestión de riesgos potenciales dentro de la reserva forestal, siempre y cuando se siga dando un mantenimiento periódico este impacto seguirá siendo positivo a largo plazo, debido a que sin un mantenimiento adecuado la línea cortafuego desaparecerá.
- ✓ Como resultado vigente la finca San Rafael puede empezar procesos de incentivos forestales como uno de los requisitos vigentes en el proceso establecido por INAB (Instituto Nacional de Bosques).

3.3 SERVICIO 2: CHARLAS DE CONCIENTIZACIÓN AMBIENTAL CON RESPECTO A LA DEFORESTACIÓN Y REFORESTACION DEL BOSQUE NATURAL, RELACIÓN DEL NIVEL DEL MANTO FREATICO CON RESPECTO A LA REFORESTACIÓN Y LA PROTECCIÓN Y APROVECHAMIENTO DEL RECURSO HIDRICO

3.3.1 OBJETIVOS

A. Objetivo general

Informar a la población de la aldea Pachalí la manera correcta de reforestación y el vínculo entre el recurso hídrico y la preservación del bosque a través de la concientización ambiental

B. Objetivos específicos

- ✓ Realizar charlas de concientización ambiental a la población de la aldea Pachalí ubicada en Santiago Sacatepéquez

3.3.2 METODOLOGÍA

A. Fase de gabinete

1. Se establecieron los temas a trabajar en las charlas de concientización
2. Se estableció comunicación con líder comunitaria de la COCODE
3. Se programaron fechas y lugar conveniente, de esta manera las charlas fueron impartidas a las mujeres de la comunidad ya que son el pilar central de los hogares.

B. Fase de campo

1. Reunión con las mujeres de la comunidad de la aldea de Pachalí
2. Desarrollar los temas de las charlas con las líderes comunitarias y mujeres de la aldea
3. Acercamiento con las líderes de la aldea

3.3.3 RESULTADOS DE ELABORACIÓN DE CHARLAS DE CONCIENTIZACIÓN AMBIENTAL A LA POBLACIÓN DE LA ALDEA PACHALÍ UBICADA EN SANTIAGO SACATEPÉQUEZ

Se desarrollaron las charlas con las mujeres de la comunidad, tanto líderes como amas de casa debido a que la mujer juega con el papel de pilar central en el hogar. En las charlas se desarrollaron temas de importancia como lo es el cuidado, protección y restauración del bosque, este tema fue el que abrió paso para hablar del papel que desarrolla el bosque en la protección del manto acuífero, de esta manera las pobladoras comentaban que el nivel del río Pansalic ha disminuido, ahora el nivel del agua que llega a la pila comunal, de esta

manera se les explico que esto es debido a que la deforestación es el causante de que los niveles del manto friático bajaran. Figura 18, 22A y 23A.

Se abordó el tema de la deforestación y como ellas cuidan que eso no pase a través del uso de energía eléctrica, de esta manera explicaban que el bosque es vital para su vida.



Figura 18. Desarrollo de charlas de concientización ambiental.

3.3.4 EVALUACIÓN DE SERVICIO

- ✓ Se concientizó a los pobladores de la aldea Pachali de la importancia del bosque y que al cuidar el bosque se cuida el agua y el aire que respiramos que es tan vital en nuestras vidas
- ✓ Se informó a la población de la aldea Pachali del vínculo entre el agua y la preservación del bosque y como el bosque ayuda a mantener el nivel del manto freático y como es el área protegida de la cordillera Alux es un nacimiento de manantiales
- ✓ Se informó a la población de la aldea Pachali la manera correcta de reforestación y como a pesar de no estar en época lluviosa se podía hacer una reforestación exitosa a través de un riego necesario y adecuado para el desarrollo de los nuevos arboles
- ✓ Se desarrolló un impacto positivo a corto, mediano y largo plazo en la población de la aldea Pachalí, esto debido

3.4 ANEXOS

3.4.1. Elaboración de la línea cortafuego



Figura 19A. Elaboración de línea corta fuego.



Figuras 20A y 21A. Línea cortafuego terminada.

3.4.2. Desarrollo de las charlas de concientización ambiental



Figura 22A. Charla de concientización ambiental a la comunidad de la Aldea Pachalí ubicada en Santiago Sacatepéquez



Figura 23A. Charla de concientización ambiental a la comunidad de la Aldea Pachalí ubicada en Santiago Sacatepéquez