

**Universidad de San Carlos de Guatemala
Centro Universitario de Suroccidente
Ingeniería en Gestión Ambiental Local**



TRABAJO DE GRADUACIÓN

Evaluación de las condiciones actuales de las fuentes de recurso hídrico de la aldea
Xesaná, Santa María Chiquimula, Totonicapán.

Por:

Federico Ajú López

Carné 201341603

Mazatenango, Suchitepéquez mayo de 2,023

Universidad de San Carlos de Guatemala
Centro Universitario de Suroccidente
Ingeniería en Gestión Ambiental Local



TRABAJO DE GRADUACIÓN
Evaluación de las condiciones actuales de las fuentes de recurso hídrico de la aldea
Xesaná, Santa María Chiquimula, Totonicapán.

Por:
Federico Ajú López
Carné: 201341603

ASESOR:
Celso González Morales

REVISOR:
Mirna Lucrecia Vela Armas

Presentado ante las autoridades del Centro Universitario de Suroccidente
-CUNSUROC-, de la Universidad de San Carlos de Guatemala, previo a conferírsele el
título que le acredita como Ingeniero en Gestión Ambiental Local
en el grado académico de Licenciado.

Mazatenango, Suchitepéquez mayo de 2,023

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE SUROCCIDENTE**

M.A. Walter Ramiro Mazariegos Biolis

Rector

Lic. Luis Fernando Cordón Lucero

Secretario General

**MIEMBROS DEL CONSEJO DIRECTIVO DEL CENTRO UNIVERSITARIO DEL
SUROCCIDENTE**

M.A. Lic. Luis Carlos Muñoz López

Director en Funciones

REPRESENTANTE PROFESORES DEL CUNSUROC

MSc. Edgar Roberto del Cid Chacón

Vocal

REPRESENTANTE GRADUADO DEL CUNSUROC

Lic. Vilser Josvin Ramírez Robles

Vocal

REPRESENTANTES ESTUDIANTILES

TPA. Angélica Magaly Domínguez Curiel

Vocal

PEM Y TAE. Rony Roderico Alonzo Solís

Vocal

COORDINACIÓN ACADÉMICA

MSc. Bernardino Alfonso Hernández Escobar
Coordinador Académico

Dr. Álvaro Estuardo Gutierrez Gamboa
Coordinador Carrera Licenciatura en Administración de Empresas

M.A. Edín Aníbal Ortiz Lara
Coordinador Carrera de Licenciatura en Trabajo Social

MSc. José Norberto Thomas Villatoro
Coordinador de las Carreras de Pedagogía

MSc. Víctor Manuel Nájera Toledo
Coordinador Carrera Ingeniería en Alimentos

Dr. Mynor Raúl Oztzy Rosales
Coordinador Carrera Ingeniería Agronomía Tropical

MSc. Karen Rebeca Pérez Cifuentes
Coordinadora Carrera Ingeniería en Gestión Ambiental Local

Lic. Sergio Román Espinoza Antón
Coordinador Carrera de Licenciatura en Ciencias Jurídicas y Sociales

Abogacía y Notariado

Lic. José Felipe Martínez Domínguez
Coordinador de Área

CARRERAS PLAN FIN DE SEMANA

Lic. Néstor Fridel Orozco Ramos
Coordinador de las carreras de Pedagogía

M.S. Juan Pablo Ángeles Lam
Coordinador Carrera Periodista Profesional y
Licenciatura en Ciencias de la Comunicación

Dedicatoria

A Dios: Por permitir la culminación de la Carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local

A mi madre: Feliza López Chay por su gran amor y apoyo en mi vida

A mi padre: Casimiro Felipe Ajú Lancerio por ser un pilar fundamental en mi vida y su amor brindado

A mis hermanas: Erika Aju López, Gloria López Chay por todo el apoyo brindado durante la carrera

A mis sobrinos: Merelyn Elizabeth Domingo Ajú, Daniel López, por el cariño brindado

A mis amigos: Fridhay Olivia Ixquiacché Zacarías, Samuel García, Adolfo Castro por el apoyo moral brindado durante la investigación

Agradecimiento

A la Universidad de San Carlos de Guatemala, fundamentalmente a la carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local, por formarme como profesional.

A la Municipalidad de Santa María Chiquimula, Totonicapán y autoridades comunales de la aldea Xesaná por facilitar la investigación

A Ing. Agr. Edwin Yhoanfer Tzul, Coordinador de la Oficina Unidad de Gestión Ambiental Municipal de Santa María Chiquimula. Por su apoyo durante la realización del Ejercicio Profesional Supervisado

A Dolores Hernández Coordinadora de Proyectos Agroforestales de Rainforest Alliance Guatemala, por el apoyo durante la realización del Ejercicio Profesional Supervisado.

A Ing. Agr. Célso Morales González por su asesoría en la realización de la investigación y en el transcurso de la carrera.

A Ing. Agr. Mirna Lucrecia Vela Armas por el aporte de asesoría de la investigación y en el transcurso de la carrera

Índice General

Contenido	página
Resumen	v
Abstract	vi
I. Introducción	1
II. Revisión de literatura.....	2
2.1 Marco referencial	2
2.1.1 Información general de aldea Xesaná del municipio de Santa María Chiquimula.	2
2.1.2 Estudios realizados para determinar potencial de recarga hídrica	4
2.2. Marco conceptual.....	5
2.2.1. Inventario forestal	5
2.2.2. Cobertura forestal	5
2.2.3. Diámetro altura del pecho (DAP).....	5
2.2.4. Pendiente del terreno	6
2.2.5. Cobertura forestal del departamento de Totonicapán.....	6
2.2.6. Características del medio ambiente	6
2.2.7. Capacidad e intensidad de infiltración.....	6
2.2.8. Escorrentía superficial	7
2.2.9. Quebradas	7
2.2.10. Escorrentía subterránea	7
2.2.11. Nacimientos de agua	8
2.2.12. Estimación del caudal por el método aforo volumétrico.....	8
2.2.13. Cartografía	9
2.2.14. Prohibición de tala de arboles	9
III. Objetivos.....	10
3.1 General	10
3.2 Específicos.....	10
IV. Materiales y Métodos.....	11
4.1 Materiales.....	11
4.2 Métodos	12
4. 2.1 Ubicación del área de estudio	12

4.2.2 Identificación de los nacimientos de agua.....	12
4.2.3 Estimación de caudal por el método de aforo volumétrico.	13
4.2.4 Descripción de características físicas de los nacimientos de agua.	15
4.2.5 Determinación de la cobertura forestal en las áreas de las fuentes de agua.	15
V. Resultados y discusión	18
5.1 Identificación de las fuentes de agua en la aldea Xesaná.	18
5.2 Estimación de caudal de afloramientos en aldea Xesaná.....	19
5.3 Descripción de las características físicas de los nacimientos de agua.....	20
5.4 Determinación de cobertura forestal.....	23
VI. Conclusiones	28
VII. Recomendaciones	29
VIII. Referencias bibliográficas.....	30
IX. Anexos	36

Índice de Tablas

No. tablas	Página
1. Presupuesto de la investigación realizado en la aldea Xesaná	11
2. Toma de datos con el método de aforo volumétrico	14
3. Caudal por nacimiento de agua en la aldea Xesaná (a)	19
4. Características físicas del nacimiento de agua. Niq' tak juyup	20
5. Cobertura forestal de los afloramientos de agua de la aldea Xesaná (a)	23
6. Cobertura forestal de los nacimientos de agua de la aldea Xesaná (b)	24
7. Identificación de los nacimientos de agua ubicados en la aldea Xesaná	39
8. Toma de datos con el método de aforo volumétrico	49
9. Toma de datos del aforo volumétrico del nacimiento centro 3.....	50
10. Toma de datos del aforo volumétrico del nacimiento Xecandelaria 1.....	51
11. Toma de datos del aforo volumétrico del nacimiento Xecandelaria 2.....	52
12. Toma de datos del aforo volumétrico del nacimiento Xecandelaria 3.....	53
13. Toma de datos del aforo volumétrico del nacimiento Xecandelaria 4.....	54
14. Toma de datos del aforo volumétrico del nacimiento Manantial	55
15. Toma de datos del aforo volumétrico del nacimiento Xecamposanto 1	56
16. Toma de datos del aforo volumétrico del nacimiento Xecamposanto 2	57
17. Toma de datos del aforo volumétrico del nacimiento Xetuka'r	58
18. Toma de datos del aforo volumétrico del nacimiento Tij'bal ruqí'ya masat.....	59
19. Toma de datos del aforo volumétrico del nacimiento Regalo de Dios.....	60
20. Toma de datos del aforo volumétrico del nacimiento Xi nik'aj Juyup	61
21. Toma de datos del aforo volumétrico del nacimiento Palemop	62
22. Inventario forestal área de Xecamposanto, aldea Xesaná.....	64
23. Inventario forestal del área del Centro 1	64
24. Inventario forestal del área del Centro 3	64
25. Inventario forestal del área de Xecandelaria 1,2,3 y 4	65
26. Inventario forestal del área de Xecandelaria 1,2,3 y 4	66
27. Inventario forestal del área de Pa Imut.....	66
28. Inventario forestal del área de Manantial	67
29. Inventario forestal del área de Niq'aj tak juyup	67
30. Inventario forestal del área de Tij bal ruqí'ya masat	67

Índice de figuras

No. figuras	Página
1. Mapa de localización aldea Xesaná, Santa María Chiquimula, Totonicapán.	2
2. Mapa de ubicación de afloramientos de agua, en la aldea Xesaná	18
3. Cobertura forestal año 1991, del departamento de Totonicapán	36
4. Cobertura forestal año 2001-2006, del departamento de Totonicapán.....	37
5. Cobertura forestal 2010-2016, del departamento de Totonicapán.....	38
6. Mapa áreas de nacimiento de agua aldea Xesaná, Santa María Chiquimula ...	40
7. Área de estudio en la aldea Xesaná, Santa María Chiquimula, Totonicapán	41
8. Mapa áreas de nacimientos de agua Pachum centro uno, tres y Xecandelaria	42
9. Área de estudio en la aldea Xesaná	43
10. Área de en afloramientos de Palemop, Regalo de Dios y Niq'aj tak juyup	44
11. Ubicación de afloramiento en la aldea Xesaná, Santa María Chiquimula.	45
12. Ubicación de afloramiento en aldea Xesaná 1,2,3,4 Santa María Chiquimula.	46
13. Ubicación de puntos de afloramiento Centro uno y dos, en la aldea Xesaná..	47
14. Ubicación de los afloramientos de agua Manantial y Pa Imut, aldea Xesaná..	48
15. Área Xecamposanto, aldea Xesaná Santa María Chiquimula	68
16. Área Regalo de Dios y Xi ni K'aj juyup, aldea Xesaná	68
17. Área Tij bal ruq' jya masat, aldea Xesaná Santa María Chiquimula	69
18. Área de Niq'aj tak juyub´, aldea Xesaná Santa María Chiquimula	69
19. Área del Centro uno, aldea Xesaná Santa María Chiquimula.....	70
20. Área del Centro tres, aldea Xesaná Santa María Chiquimula.....	70
21. Área de Palemop, aldea Xesaná Santa María Chiquimula	71

Resumen

En la parte sur del municipio de Santa María Chiquimula, se ubica la aldea Xesaná, en donde se encuentran varias fuentes de recurso hídrico. Actualmente se carece de información sistematizada acerca del tema, por lo que, fue necesario recopilar datos que contribuyan a estimar los caudales de agua disponibles para satisfacer las necesidades humanas y del medio en general. Por tal razón el objetivo de esta investigación fue evaluar las condiciones actuales de las fuentes de recurso hídrico de la aldea Xesaná, Santa María Chiquimula. Para ello se realizaron varias actividades, como; la recopilación de información de acuerdo con el método cualitativo y cuantitativo; basado en inventario forestal, aforo volumétrico, lista de chequeo de características físicas, además de la proyección de coordenadas geográficas.

La investigación estuvo orientada a la evaluación del recurso hídrico para estimar la disponibilidad del agua, con el propósito de tomar decisiones pertinentes para uso adecuado y oportuno de la misma para el consumo humano, pecuario y para la agricultura. Se priorizaron 16 nacimientos de agua en las partes altas de la aldea Xesaná, evidenciando la disminución de sus caudales debido a la tala inmoderada en las áreas donde se ubican los nacimientos de agua.

Los principales resultados indican que la cobertura forestal en el área de los nacimientos de agua, conocida con el nombre de Regalo de Dios, presenta una degradación notoria. El caudal máximo fue de 2.528 Litros por segundo (L/s) en el nacimiento Centro Uno. El área donde se ubican los nacimientos evaluados, son vulnerables al pastoreo de ovinos y carecen de árboles forestales que ayuden a la retención e infiltración de agua. Por lo tanto, es importante mejorar las condiciones actuales a través de reforestaciones, sensibilización a la población, asimismo, un manejo adecuado de los desechos sólidos, para evitar la contaminación de los afloramientos de agua.

Abstract

In the southern part of the municipality of Santa María Chiquimula, the Xesaná village is located, where there are several sources of water resources. Currently there is a lack of systematized information on the subject, so it was necessary to collect data that contribute to estimating the available water flows to satisfy human needs and the environment in general. For this reason, the objective of this research was to evaluate the current conditions of the sources of water resources in the Xesaná village, Santa María Chiquimula. For this, several activities were carried out, such as; the collection of information according to the qualitative and quantitative method; based on forest inventory, volumetric gauging, checklist of physical characteristics, in addition to the projection of geographic coordinates.

The research was oriented to the evaluation of the water resource to estimate the availability of water, with the purpose of making pertinent decisions for its adequate and opportune use for human and livestock consumption and for agriculture. Priority was given to 16 springs in the upper parts of the Xesaná village, evidencing the decrease in their flows due to excessive logging in the areas where the springs are located.

The main results indicate that the forest cover in the area of the water sources, known as Regalo de Dios, presents notorious degradation. The maximum flow was 2,528 Liters per second (L/s) at the Centro Uno spring. The area where the evaluated springs are located is vulnerable to sheep grazing and lacks forest trees that help retain and infiltrate water. Therefore, it is important to improve current conditions through reforestation, raising awareness among the population, as well as proper management of solid waste, to avoid contamination of water outcrops.

I. Introducción

Al sur del municipio de Santa María Chiquimula Totonicapán, en la aldea Xesaná específicamente, se ubican varios nacimientos de agua que abastecen al casco urbano y a distintos centros poblados. Actualmente los pobladores han evidenciado la disminución del vital líquido. Considerando que los nacimientos a través de los años no han recibido ningún tipo de manejo para conservar los recursos, el objetivo de la presente investigación fue evaluar las condiciones actuales de las fuentes del recurso hídrico.

Se inició realizando la medición del caudal de los nacimientos de agua durante el mes de marzo de 2021 utilizando el método de aforo volumétrico. Mediante un protocolo de registro se describieron las características físicas que forman parte del ecosistema. En cuanto a la cobertura boscosa, se recopilaron los datos dasométricos por medio de un inventario forestal y se generaron nueve mapas: con las ubicaciones geográfica, y detallado con figuras geométricas y colores los nacimientos de agua.

Luego de identificar los factores que propician la problemática detectada, se considera relevante que las autoridades comunales y/o municipales tomen acciones para mejorar las fuentes y su entorno, teniendo en cuenta el crecimiento poblacional en contraste con la disminución de los volúmenes de caudal, la poca cobertura boscosa, la contaminación y otras acciones antropogénicas.

II. Revisión de literatura

2.1 Marco referencial

2.1.1 Información general de aldea Xesaná del municipio de Santa María Chiquimula.

El municipio de Santa María Chiquimula se localiza en el departamento de Totonicapán, limita al norte con Santa Lucía La Reforma, al sur con Totonicapán (Totonicapán), al oeste con Momostenango y al este con San Antonio Ilotenango del departamento de Quiché. (Dirección Municipal de Planificación, 2019, p. 14)

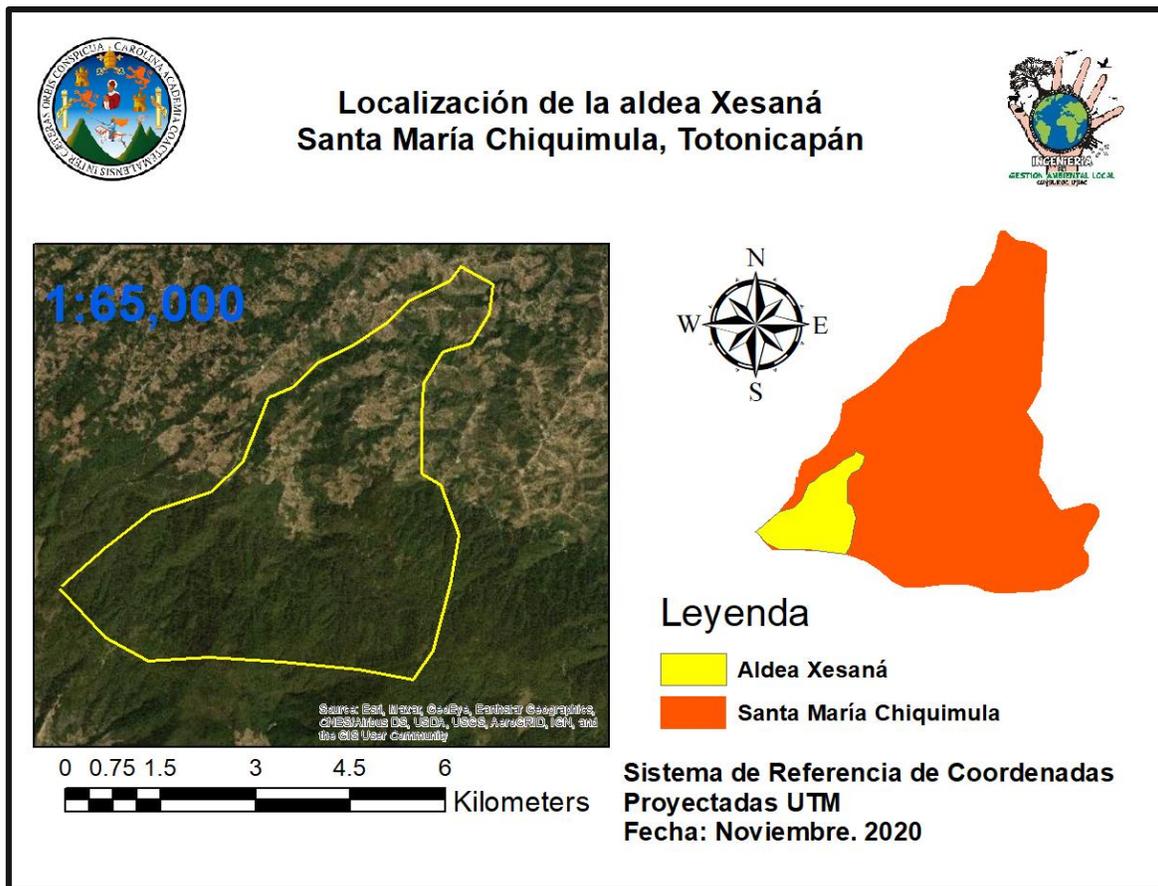


Figura 1. Mapa de localización de aldea Xesaná, Santa María Chiquimula, Totonicapán.

Fuente: Con base en Shape MAGA 2006, programa Quantum GIS.

Nota. Se resaltó con color amarillo el área delimitada que abarca la aldea Xesaná, del municipio de Santa María Chiquimula.

Santa María Chiquimula se encuentra a 213 kilómetros de la ciudad capital y a 36 kilómetros de la cabecera departamental de Totonicapán. Su cabecera municipal se encuentra a una altura 2,130 metros sobre el nivel del mar, su latitud es de 15°01'45" norte y su longitud es 91°19'46" oeste. (Dirección Municipal de Planificación, 2019, p. 16)

De acuerdo con (Tzul, 2020), la altitud de la aldea Xesaná es de 2,400 Metros Sobre el Nivel del Mar MSNM. con coordenadas Universal Transversal de Mercator UTM 677957-1659648. En la parte alta de la aldea tiene las características: el bosque está conformado principalmente por especies de coníferas pino colorado, pino blanco, y latifoliadas como encino aliso. Suelos: Arcillosos, color amarillo, altos en minerales, poco profundos, poca materia orgánica, con vocación forestal y relieve ondulado y topografía hasta el 70%. Agua: Agua entubada para todas las familias se cuentan con nacimientos que abastecen a todos.

La aldea Xesaná, colinda al norte con la aldea el Rancho, al sur con Juch'aneb' Paquí y Chotak'aj, al este con la aldea Xebé, y al poniente con los municipios Momostenango y San Francisco el Alto.

De manera general, el acceso a la aldea es dificultoso, contando con una mayor parte de camino de terracería en mal estado y angosto; es difícil de transitar al contar con un carril y teniendo la influencia de curvas peligrosas, especialmente en épocas de lluvia. Una menor parte de camino es de carrileras y planchas de pavimento. (SEGAMIL, ADIPO, PROGRAMA, 2015, p. 7)

En el municipio se identifican dos zonas de vida, el bosque húmedo Montano Bajo Subtropical (bh-MB) y el bosque muy húmedo Montano Bajo Subtropical (bmh-MB), cuya vegetación es: pino blanco (*Pinus sp.*), pino colorado (*Pinus patula Schlttdl*), pino ocotero (*Pinus sp.*), pino triste (*Pinus sp.*), encino (*Quercus sp.*), ciprés (*Cupressus lucitanica Mill.*), eucalipto (*Eucalyptus sp.*), roble (*Quercus sp.*), aliso (*Alnus acuminata*), salvia (*Salvia officinalis*), sauco (*Sambucus sp.*), palo de pito

(*Erythrina berteroana*), cerezo (*Prunus sp.*), canac (*Chiranthodendron pentadactylon*). (Tzul, 2019, p. 20)

Empleando las palabras de Castro (2020, párr. 4), se conoce aproximadamente un 50% de cobertura forestal en relación a la extensión territorial; sin embargo, en los últimos años se ha notado una deforestación considerable, aumentando la frontera agrícola, causando una disminución en la producción de agua dulce.

En cuanto a la cobertura forestal del municipio, el Instituto Nacional de Bosques INAB (2012, pág 6, 7 y 8), da a conocer 3 mapas de coberturas forestales en donde se evidencia la degradación de la masa boscosa a través de los años que según el estudio fue realizado durante los años 1991, 2001-2006, 2010-2016 (ver en anexo, pp. 19,20,21)

De acuerdo a Mejía & Castro (2020, párr.8), en los años 1994 integró el comité de agua en la aldea Xesaná, describiendo la drástica disminución del caudal del agua máxime en la época de estiaje, en la actualidad solo en las noches llega el vital líquido a los hogares.

2.1.2 Estudios realizados para determinar potencial de recarga hídrica

De los estudios realizados en el que se utilizó el método de cobertura forestal y aforo volumétrico se encontró el documento de identificación y caracterización de las zonas con mayor potencial de recarga hídrica en la subcuenca de los ríos Tacó y Shusho, del municipio de Chiquimula, Chiquimula, escrito por Bueso (2010, p. 10), en donde el objetivo de su trabajo fue contribuir con el proceso de planificación de manejo de los recursos naturales, a través de la generación de información cartográfica y descriptiva de las zonas de recarga hídrica, así mismo, indica que, dadas las características del área de estudio, pendiente, cobertura, los lineamientos de manejo de las subcuencas deberán orientarse a la conservación y protección. (p. 88) y en la comparación de resultados obtenidos en la actualización de mapas, muestran que el área cubierta por bosque es del 4.69% dentro del área de estudio. (p. 8).

2.2. Marco conceptual

2.2.1. Inventario forestal

Con base a Rodas (2005, p. 9), el inventario forestal es el método sistematizado usado para recoger datos del bosque a manejar, la forma de procesarlos para referir información sobre la cantidad y calidad de los árboles, así como prescribir el plan de manejo, de acuerdo con el objetivo previsto para el propietario del bosque. Pero, además, Tzul (2019, p, 58), para obtener información dasométrica. describió, además cómo se realizó el cálculo de volumen y las variables utilizadas (Diámetro altura de pecho

DAP, altura, área basal, calidad de sitio). A partir de la investigación que se ejecutó se obtuvieron datos a partir del inventario y del procesamiento de los datos puede ser presentada en forma de tablas.

2.2.2. Cobertura forestal

Desde el punto de vista del Instituto Nacional de Bosque -INAB- (2012, párr.14), la cobertura forestal disminuye la escorrentía superficial, ya que permite un mayor tiempo de contacto del agua con la superficie y facilita el proceso de infiltración; además, un porcentaje importante de la lluvia es interceptada por la cobertura forestal. Considerando a Lemus (2018 p, 32), las áreas de 0,5 hectáreas (ha) con vegetación frondosa y con una altura de 5 metros (m) y con un dosel de mayor al 10 %, son tierras no sometidas a uso agrícolas o urbanos

2.2.3. Diámetro altura del pecho (DAP)

Con base a Wabo (s.f.p. 1), el DAP es el diámetro que se mide generalmente a 1.30 metros del suelo, es el parámetro más importante del árbol, porque influye mucho en el cálculo del volumen, por lo que en la fórmula se utilizan dos veces estos datos, es decir que se eleva al cuadrado. A simple vista da una idea del vigor del árbol. Por otra parte, Joel Martínez, Alejandra Acosta (2014, p, 60). La relación práctica del diámetro del tocón con algunas variables dasométricas como el diámetro normal, altura o volumen, haciendo uso de la regresión lineal o no lineal.

2.2.4. Pendiente del terreno

Con base a Ibañez Asensio, Gisbert Blanquer, & Moreno Ramón, (s.f.p.6) es una medida de la inclinación del terreno, factor importante para diseñar los caminos y el sistema de extracción. Se mide sobre las trochas como promedios entre puntos donde hay un cambio en inclinación; y perpendicular a las trochas en el caso de pendientes fuertes a uno o ambos lados de las trochas. Por otro lado, la tala inmoderada en pendientes desestabiliza el suelo y da lugar a numerosos desprendimientos y deslizamientos (Zavala, 2006, p 4)

2.2.5. Cobertura forestal del departamento de Totonicapán

Como antecedentes, en materia de la cobertura forestal del país, se realizó un primer esfuerzo en el año 1988 a iniciativa de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, por sus siglas en inglés), por medio de la oficina del Plan de Acción Forestal para Guatemala, PAFG." (INAB, 2012. párr. 1) en donde se estableció que la cobertura forestal del departamento es de -0.08 % para el periodo del 2,010 al 2,016 ver en anexo figura 6

2.2.6. Características del medio ambiente

El medio ambiente se caracteriza por el factor biótico, el cual está representado por los seres vivos del medio ambiente: las plantas, los animales, los hongos y demás microorganismos. Y el factor abiótico se conforma por la luz, la temperatura, el agua, el aire y el relieve terrestre, estos elementos físicos que afectan la vida de los organismos en el ecosistema. (Zita, 2018, párr. 4).

2.2.7. Capacidad e intensidad de infiltración

Los factores que influyen en la capacidad e intensidad de infiltración son de carácter muy local, de forma que con los métodos de medida solo se consigue un valor de representatividad particular, ya que este proceso es por el cual el agua que infiltra en el suelo, a través de la superficie de la tierra y queda retenida por él. (Poncela, 2015, p. 14)

De acuerdo con Ibarra (2018, p. 8), es el proceso por el cual el agua superficial de la tierra es capaz de retener las precipitaciones pluviales que se generan en la zona, se miden en pulgadas, milímetros o por hora, básicamente cuando el suelo se satura, se comienza a formar escorrentías superficiales a menos que haya barrera física tales como; malezas, materia orgánica, etc.

Las zonas de recarga hídrica se definen como las superficies en donde la mayor cantidad de agua se infiltra y produce la retención de agua en el suelo, para la alimentación de los acuíferos. (Aguilar, Ríos , & Ureña , 2018, p. 13)

2.2.8. Escorrentía superficial

Se entiende de agua de lluvia precipitada que no se infiltra en el terreno y que circula por la superficie en forma de torrentes, ríos o arroyos, cauces que constituyen la red hidrográfica o red de drenaje superficial (Jara, 2015, p. 6). Asimismo, empleando las palabras de Tacam (2008, p. 34), las escorrentías superficiales más la subterránea alcanzan su valor máximo, las crecidas, eso sucede en las épocas lluviosas aumentando en determinadas zonas.

2.2.9. Quebradas

Ubicadas entre las formaciones montañosas o bien, para los pequeños ríos, que no son profundos o largos, que son considerados puntos a visitar. Estas suelen tener algo de agua fluyendo sobre sí; las corrientes pueden ser pasos a través de los cuales llega agua a cuerpos mucho más grandes, como ríos, lagos o mares. (Díaz, 2020, p. 10)

2.2.10. Escorrentía subterránea

Rodes (2016, p. 36), argumenta que es el agua que se infiltra y que llega a la zona saturada, incorporándose a las aguas subterráneas del acuífero. Es por tanto una de las entradas, a menudo las más importantes que condiciona el volumen del subterráneo disponible. El agua subterránea en cierto nivel de profundidad

corresponde al techo del nivel freático en cada pozo, ya que difiere la topografía de la superficie terrestre (Soto, 2010, p. 34)

2.2.11. Nacimientos de agua

Teniendo en cuenta a Pandeño (2012, p. 70), la salida del agua subterránea hacia la superficie, que fluye en la zona freática, es la intersección entre el nivel del agua subterránea con la topografía del terreno. En cuanto a lo importante es manejar, proteger y conservar las fuentes de agua (vertientes), quebradas, riachuelos y ríos, para que éstas puedan tener agua disponible, en cantidad y calidad, al menos en una buena parte del año. (Rodríguez , 2018, p. 29)

2.2.12. Estimación del caudal por el método aforo volumétrico

Es el procedimiento para medir un caudal, mediante el cual se puede determinar la cantidad de agua que está circulando en un punto determinado de los canales, riachuelos, quebradas. (Ibañez, 2012, p. 29) El aforo volumétrico, que es un método utilizado para corrientes pequeñas como nacimientos de agua y riachuelos, siendo el método más exacto. Consiste en hacer llegar un caudal a un depósito impermeable cuyo volumen sea conocido y contar el tiempo total en que se llena el depósito, así se obtiene:

$$Q = \frac{V}{T}$$

Donde:

Q = Es el caudal expresado en metros cúbicos por segundo (m³/s)

V = Volumen dado en metros cúbicos (m³)

T = Tiempo en segundos.

González (2014, párr.9), sostiene que este método tiene la ventaja de ser el más sencillo y confiable, siempre y cuando el lugar donde se realice el aforo garantice que al recipiente llegue todo el volumen de agua que pasa por la corriente. Se debe evitar la pérdida de agua en el momento de aforar.

2.2.13. Cartografía

De acuerdo con López (2018), es una herramienta innovadora que permite el manejo de información de una manera dinámica y visual a través de la realización de mapas, además puede ser considerada como una herramienta de resolución de conflictos, en la cual las partes pueden transformar un problema en diversas soluciones creativas y dinámicas. (p. 237). Por otra parte, la cartografía es un aspecto fundamental que debe de incluirse, por ejemplo; un croquis de ubicación y acceso, plano general de la propiedad con la identificación de los rodales forestales y como también las fuentes de agua, mapa de uso actual, mapa de pendientes, mapa de intervención, mapas de extracción si se va a realizar raleos o cortas. (Tzul, 2019, p. 64)

2.2.14. Prohibición de tala de arboles

El artículo 84 del Código de Salud, indica sobre la tala de árboles. Se prohíbe terminantemente la tala de árboles, en las riberas de ríos, riachuelos, lagos, lagunas y fuentes de agua, hasta 25 metros de sus riberas. La transgresión a dicha disposición será sancionada de acuerdo con lo que establezca el presente Código. (Código de Salud, 1997, p. 14)

III. Objetivos

3.1 General

Evaluar la condición actual de las fuentes del recurso hídrico de la aldea Xesaná, del municipio de Santa María Chiquimula.

3.2 Específicos

- Identificar las fuentes de agua que se encuentran en el área montañosa.
- Estimar los caudales de los nacimientos de agua en el mes de marzo de 2,021.
- Describir las características físicas de los nacimientos ubicados en la aldea.
- Determinar la cobertura forestal en el área de las fuentes de agua.

IV. Materiales y Métodos

A continuación, se presenta los materiales y métodos utilizados en la investigación realizado en la aldea Xesana, del municipio de Santa María Chiquimula. Totonicapán

4.1 Materiales

Se presentan los siguientes materiales utilizados:

Tabla 1. Presupuesto de la investigación realizado en la aldea Xesaná

No.	Materiales	Cantidad	Costo Q
1	Libreta de campo	1	10.00
2	Aparato GPS 64 GARMIN (alquiler)	1	250.00
3	Hipsómetro (alquiler)	1	150.00
4	Cinta métrica	1	80.00
5	Cronómetro	1	30.00
6	Recipiente	1	75.00
7	Lápiz	1	1.00
8	Borrador	1	1.00
9	Sacapuntas	1	1.00
10	Tabla porta hojas	1	12.00
11	Cámara fotográfica	1	500.00
12	Programa QGIS	1	-----
13	Computadora	1	3,000.00
14	Impresora	1	500.00
15	Resma de papel	1	40.00
16	Memoria USB	1	75.00
17	Carpeta de archivos	1	12.00
18	Placa metálica	2	40.00
19	Listas de chequeos y entrevistas	64	16.00
20	Recurso humano (salario un mes)	2	5,918,48
--	Total		Q 10,711.48

Nota: Elaborado con base a cotizaciones realizadas en librerías de Santa María Chiquimula, Totonicapán. En relación con algunos costos se hace referencia a datos estimados de alquiler, el recurso humano hace referencia a la actividad económica no agrícola.

4.2 Métodos

A continuación, se describe la metodología utilizada para cumplir con los objetivos planteados

4. 2.1 Ubicación del área de estudio

La investigación se realizó en las zonas de recarga hídrica ubicadas en las partes altas de los parajes Chirij Sana, Chuiasiguan, Chitacabaj, pertenecientes a la aldea Xesaná, del municipio de Santa María Chiquimula, donde se hallan los nacimientos que abastecen a la aldea y otros centros poblados. El área de estudio se ilustra a través de un mapa elaborado en el programa QGIS.

Se elaboraron 5 mapas donde se categorizó por colores las áreas de los afloramientos en la parte alta de la aldea Xesaná y las áreas asignadas a los nacimientos. (Ver en Anexos Figuras 6-10, pp. 39-43)

4.2.2 Identificación de los nacimientos de agua

- a. Se recolectó la información que en síntesis conforma un marco de referencia.
- b. Se desplazó al lugar de los nacimientos de agua, en la parte sur del municipio, a una distancia de 15 kilómetros desde la municipalidad de Santa María Chiquimula, Totonicapán hacia la aldea Xesaná, en la cual se determinó un perímetro de 25 metros desde el punto de los nacimientos, para evaluar el área, tal como lo determina el Código de Salud según artículo 84.
- c. Posteriormente se realizó la toma de coordenadas geográficas de los nacimientos de las áreas asignadas a cada afloramiento, de acuerdo con el perímetro determinado, mediante el aparato de sistemas de GPS MAP 64 GARMIN, y se anotó en la lista de chequeo la latitud y longitud (Ver en Anexo Tabla No. 7, pág. 38).

- d. Con la información obtenida se elaboraron 4 mapas de ubicación de los afloramientos de agua y se resaltaron con colores los puntos de referencias geográficas tomadas en los sitios de los nacimientos de agua, a través del programa QGIS. (Ver Anexo Figuras No. 11-14, pp. 44-47)
- e. Se identificaron los nacimientos de agua.

4.2.3 Estimación de caudal por el método de aforo volumétrico.

A continuación, se presenta la metodología utilizada para la obtención de los caudales de los nacimientos ubicados en la aldea Xesaná

Se realizó la medición del caudal con el método volumétrico. Se ubicó en campo el desnivel del punto de desfogue fue colocado un recipiente calibrado y marcado. Asimismo, se obtuvo volúmenes exactos de caudal de cada nacimiento, con un cronómetro se tomó el tiempo que tarda en llenarse el recipiente y cada uno de los valores se anotaron en la lista de chequeo. Fueron realizados siete repeticiones y luego se sumó y se utilizó el promedio de las siete mediciones.

En el trabajo de gabinete se tomaron los datos de los volúmenes en litros y promedio de tiempo tomado en segundos, para calcular el promedio se suman los siete valores de tiempo obtenidos y se divide el resultado de la suma entre siete. Para calcular el caudal se divide el volumen del recipiente usado entre el promedio del tiempo.

El cuadro que se presenta a continuación hace referencia a la recopilación de datos en los aforos del método volumétrico:

Tabla 2. Toma de datos con el método de aforo volumétrico

Nombre del nacimiento:			
No. de Repetición	Tiempo S	Volumen L	Hora: 15: 40 PM
1	t 1	v 1	
2	t 2	v 2	
3	t 3	v 3	
4	t 4	v 4	
5	t 5	v 5	
6	t 6	v 6	
7	t 7	v 7	
TOTAL	Sumatoria total de tiempo	Sumatoria total de volumen	

Procedimiento para encontrar el caudal (Q)

$$\frac{\text{sumatoria de tiempo}}{\text{repeticiones 7}} = \text{promedio de tiempo}$$

$$\frac{\text{sumatoria de volumen}}{\text{repeticiones 7}} = \text{promedio de volumen lts}$$

$$\frac{\text{volumen promedio por } 1\text{m}^3}{1000\text{lts}} = \text{volumen en metros cubicos}$$

$$Q = \frac{\text{volumen en metros cubicos}}{\text{promedio de tiempo}} = \text{volumen en metros cubicos por segundos}$$

Nota. Con este cuadro se obtuvieron datos de los aforos, se analizaron y se determinaron para socializarse posteriormente con los comités de agua.

Debido a las características físicas de los nacimientos, que se encuentran cubiertos de una capa de concreto, fue necesario introducirse en las cajas de captación y tanques, donde se ubicaron los puntos de desfogue.

4.2.4 Descripción de características físicas de los nacimientos de agua.

Se determinaron las condiciones físicas en las que se encuentran las captaciones o puntos de afloramiento de los nacimientos de agua. Se tomó como referencia el método utilizado en el documento de Manejo y Protección de Zonas de Recarga Hídrica y Fuentes de Agua para consumo humano en la subcuenca del río Zaratí, Panamá. (González , 2011, pp. 31,32).

Se realizaron recorridos en las áreas de los nacimientos de agua, por medio del método de observación directa, obteniendo información relevante, que sirvió para identificar las características físicas del lugar basados en una lista de chequeo (Ver en resultados Tabla No. 4, pág. 20).

4.2.5 Determinación de la cobertura forestal en las áreas de las fuentes de agua.

a) Inventario forestal

Se utilizó el método de Kometter, Ramírez & Rodas (2005) para la recolección de datos para el inventario forestal, se tomaron en cuenta los siguientes parámetros.

- **Nombre común y científico**

Es el nombre que los pobladores de una zona le dan a una especie de árbol, sin embargo, fue necesario verificar antes del censo la equivalencia entre nombres comunes locales y nombres científicos.

- **Diámetro a la altura del pecho -DAP-**

Se limpió el área eliminando malezas, musgos y corte de lianas, antes de tomar las mediciones. Luego se procedió a realizar la medición del diámetro a la altura del pecho (DAP): desde el suelo una altura de 1.30 metros. Con una cinta métrica se procedió a medir el diámetro del árbol, a favor de la pendiente. (Ver en Anexo Tabla No. 22, pág. 63) y se señalaron los árboles, que se ubican en el área del nacimiento con pita rafia.

A continuación, se presentan los procedimientos para la obtención del área basal.

Primer paso: medición de la circunferencia del diámetro del árbol.

Segundo paso: para los cálculos, primero se obtiene el diámetro dividiendo la circunferencia entre π (3.1416), después se divide π entre 4, para posteriormente elevar al cuadrado el diámetro.

Debido a que la forma del área basimétrica, no es siempre en forma circular, se usa la expresión, de acuerdo a lo establecido por Kometter, Ramírez & Rodas (2005)

$$g = \pi/4 * d^2$$

g= cm cuadrados

Donde:

g = Diámetro expresado en centímetros (cm)

π = pi con valor de 3.1416

d^2 = Diámetro al cuadrado expresado en centímetros cuadrados (cm²)

- **Altura**

Se realizó la medición de altura, según pendiente del terreno se tomaron las mediciones de forma horizontal, en relación con la pendiente. Como también se anotó la distancia donde se captó el porcentaje, con la herramienta hipsómetro, para luego obtener los cálculos. (Ver en Anexo Tabla No. 22, pág. 63)

- **Condición fitosanitaria de fuste del árbol**

Se evaluaron las condiciones fitosanitarias de los árboles (Ver en Anexo Boleta No. 2) en el que se incluye el formato de toma de datos.

- **Evaluación de los árboles en el censo.**

Se evaluó la calidad del fuste, según el código visual: A= Fuste de eje recto, cilíndrico y sin defecto. B= Fuste de eje recto, con algunos defectos de forma en los árboles. (Ver en Anexo Tabla No. 22, Pág. 63)

Los datos de la evaluación de los árboles fueron registrados en el formato antes mencionado. Alguna información adicional que se consideró importante en el momento de la toma de datos se anotó en observaciones.

V. Resultados y discusión

Los resultados de la investigación realizada en la aldea Xesana, del municipio de Santa María Chiquimula. Totonicapán, se presentan a continuación.

5.1 Identificación de las fuentes de agua en la aldea Xesaná.

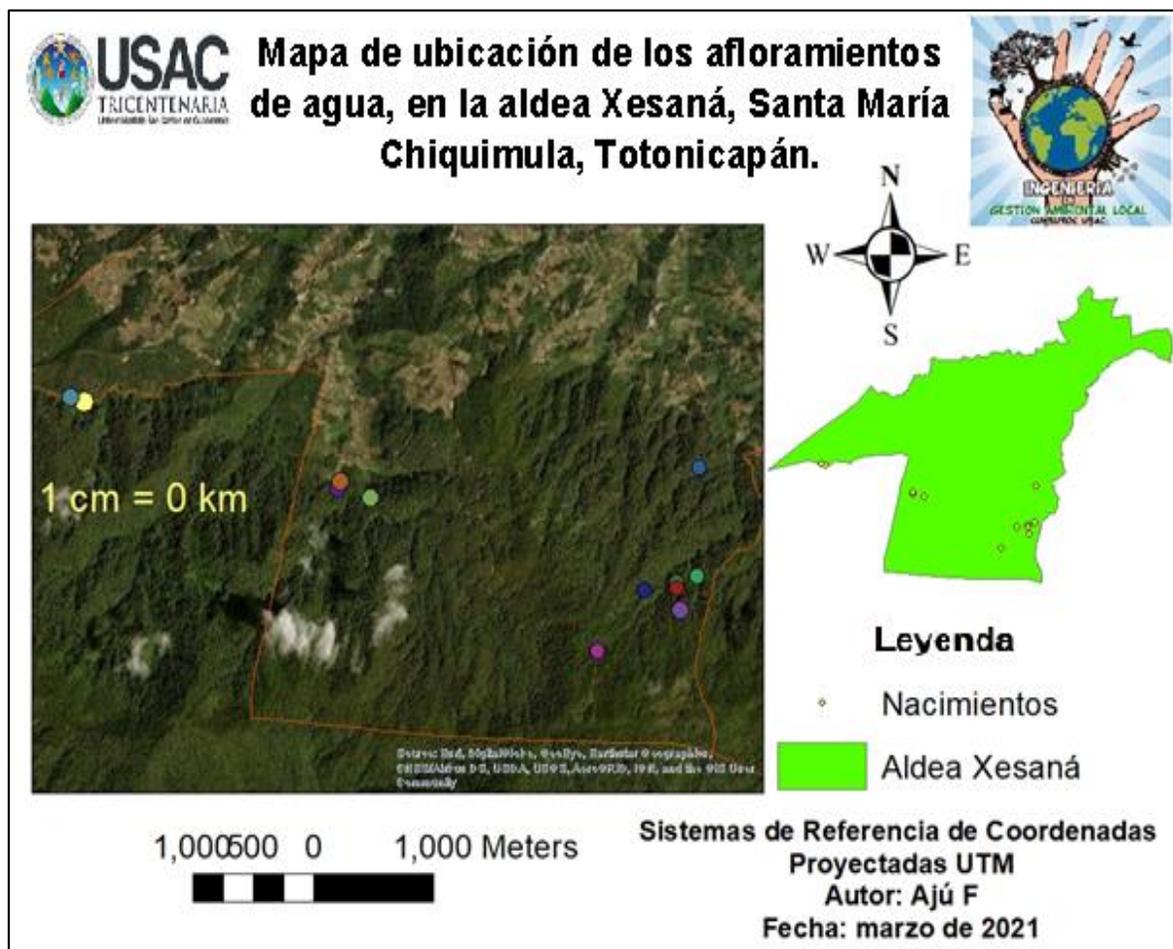


Figura 2. Mapa de ubicación de afloramientos de agua, en la aldea Xesaná
Fuente: Con base en Shepe MAGA 2006, programa Quantum Gis.

Los puntos en el mapa representan cada afloramiento de agua, 16 en total, de los cuales 8 en el paraje Chilux, 4 en el sector Xecandelaria, 2 en el centro de Pachum, y dos en sector Chuitacabaj. Todos correspondientes a la aldea Xesana (Ver Anexo Tabla No. 7, pág. 38).

5.2 Estimación de caudal de afloramientos en aldea Xesaná.

A continuación, se presentan los datos recopilados en cada nacimiento para la determinación del caudal en el mes de marzo. Son detallados en la Tabla No. 3 el volumen que producen los nacimientos, en época de estiaje.

Se presentan los datos de los aforos realizados:

Tabla 3. Caudal por nacimiento de agua en la aldea Xesaná (a)

No.	Nombre del nacimiento	Caudal (m^3/s)	Área total asignado al nacimiento de agua (ha)
1	Centro 1	0.0025	0.0374
2	Centro 3	0.00009	0.0451
3	Xecandelaria 1	0.0019	0.3013
4	Xecandelaria 2	0.0019	
5	Xecandelaria 3	0.0001	
6	Xecandelaria 4	0.0008	
7	Pa Imut	No existe afloramiento	0.0945
8	Manantial	0.00004	0.3013
9	Niq'aj tak juyub	No existe afloramiento	0.0141
10	Xecamposanto 1	0.00008	0.0396
11	Xecamposanto 2	0.00001	
12	Xetuka'r	0.0004	0.0081
13	Tij bal ruq'iya masat	0.0001	0.0066
14	Regalo de Dios	0.0001	
15	Xi ni k'aj juyup	0.00004	0.0147
16	Palemop	0.0004	0.0065

Nota: Datos del método de aforo volumétrico correspondiente al mes de marzo 2021. (Ver procedimiento de cálculos en Anexos Tabla No. 8-21, pág.48-61)

Se evidencia caudales bajos en la mayoría de los nacimientos pudiendo ser la causa la interacción de los humanos en las áreas del bosque comunal, donde realizan actividades de extracción de madera y leña, utilizados para consumo propio y venta, (Ver en Anexos Figura No.15-21, pág. 67-70), asimismo la práctica del pastoreo que conlleva a la compactación de los suelos. Los caudales de Xecandelaria abastecen a 196 familias. Los nacimientos 1, 2, y del 9 al 16 abastecen al casco urbano, aproximadamente a 1,200 familias. Por último, los nacimientos 6 y 7 no están captados y son de caudales muy pequeños.

5.3 Descripción de las características físicas de los nacimientos de agua

A continuación, se presentan las características físicas de los nacimientos de agua ubicados en la aldea Xesaná.

a.) Nacimiento Niq'aj tak juyub'

Tabla 4. Características físicas del nacimiento de agua. Niq' tak juyup

No.	Elementos físicos	Evaluación		Descripción
		Existe	No existe	
1	Árboles forestales predominantes		X	El área asignada al afloramiento está talada en su totalidad
2	Tipos de estratos		X	Vegetación nula
3	Vegetación predominante		X	Maleza
4	Presencia de fauna		X	En el momento de la observación no se captó la presencia
5	Relieve del área	X		Ondulado
6	Alteración en el área	X		Cajas de captación de los nacimientos, en su totalidad.
7	Luminosidad	X		Alta
8	Presencia de cultivos agrícolas		X	El nacimiento está en las partes altas de la montaña
9	Cercanía de fronteras agrícolas		X	No existe porque se encuentra en las partes altas de la montaña
10	Contaminación	X		Presencia de desechos sólidos en el lugar
11	Vulnerabilidad	X		Pastoreo de ovinos y caprino, tala de árboles cercano a los afloramientos

Se evidencia las condiciones en las cuales se encontró el nacimiento; existe poca cobertura vegetal debido al pastoreo de ovinos y caprinos. Los espacios reforestados se ven invadidos ya que se alimentan de las plantas nuevas. Asimismo, la actividad humana es responsable de la extracción de leña en exceso, debido al alto consumo. Con todas estas prácticas no se promueve la retención de agua, por lo que es necesario mejorar las condiciones de los caudales para que se mantengan por más tiempo. (Ver en Tabla No. 4. pág. 20)

- b.) **Nacimiento Xecamposanto:** cuenta con árboles de estrato alto y la especie que predomina en el área es el pino blanco. Es notoria la falta de conciencia ambiental de parte de las personas que circulan por el área, ya que es evidente la presencia de desechos sólidos, incluso el excremento del ganado ovino y caprino puede llegar a contaminar debido a que se encuentra cercano a los nacimientos. Además, en el lugar extraen materia orgánica que utilizan como sustrato en los cultivos.
- c.) **Nacimiento Xetuka'r:** el área es muy pequeña, pues posee 0.008191 hectáreas, en comparación con los otros nacimientos, en él no existe vegetación, debido al material parental de características rocosas y es vulnerable a la contaminación por desechos sólidos y biológicos.
- d.) **Tij bal ruq'íya Masat:** la traducción de este nombre es donde toma agua el venado. La situación del nacimiento es preocupante ya que no cuenta con cobertura boscosa, y el área asignada es muy pequeña. La presencia de cultivos y fronteras agrícolas no afecta el área, sin embargo, la vulnerabilidad se da por la tala de los árboles en los alrededores y el pastoreo de ovinos y caprinos, dichos animales se alimentan de lo que encuentran a su paso.
- e.) **Regalo de Dios y Xi ni k'aj.** Estos nacimientos se ubican en una misma área en donde no existen árboles forestales.

- f.) **Palemop:** el área asignada es pequeña, en él no existen árboles forestales y es preocupante ya que la disminución del caudal es notoria en esta época del año, puesto que tan solo tiene 0.0004892 m³/sg.
- g.) **Xecandelaria:** en esta área se ubican cuatro nacimientos, los cuales tienen una cobertura forestal considerable de alto estrato, lo que indica una buena retención e infiltración de agua. En los afloramientos es evidente la alteración ya que las captaciones en la mayoría de nacimientos están cubiertas por concreto, esto evita la interacción del ecosistema porque los animales ya no tienen un lugar donde beber agua.
- h.) **Nacimiento Centro Uno:** en esta área se nota el excesivo chapeo o limpia de maleza, pues no existe vegetación, considerando que para la buena interacción y relación de los componentes bióticos y abióticos es necesario mantener la cobertura vegetal que contribuya a la infiltración del agua.
- i.) **Nacimiento Centro Tres:** actualmente el límite de la frontera agrícola está cerca del nacimiento, el cultivo de maíz es una amenaza para los afloramientos de agua ya que es notoria la disminución del caudal debido a la falta de cobertura boscosa.

En el sector Chuitacabaj se recopiló datos de 2 nacimientos de agua

- j.) **Nacimiento Manantial:** en la actualidad el área con la que cuenta es grande, pero la amenaza es la falta de cobertura boscosa, ya que solo existen tres árboles en el sitio. El estrato es bajo, se cuenta con la presencia de arbusto y maleza, con lo cual se evidencia el bajo caudal que se da en dicho sitio.
- k.) **Nacimiento Pa Imut:** a esta área le falta cobertura forestal además de ser pequeña. Dicho afloramiento aun no es captado para el abastecimiento de la comunidad.

5.4 Determinación de cobertura forestal

A continuación, se presenta a detalles los datos obtenidos del inventario forestal realizado en la aldea Xesaná del municipio de Santa María Chiquimula. Totonicapán

Tabla 5. Cobertura forestal de los afloramientos de agua de la aldea Xesaná (a)

No.	Nombre del nacimiento	DAP (m) ² Total	Altura (m) promedio	Nombre común de árboles forestales	Área total ha
1	Centro 1	2.54	6.5 8.64	1 árbol aliso 1 árbol encino de hojas pequeñas	0.0374
2	Centro 3	44.46	24.15 19.33	1 árbol de aliso 1 árbol de encino de hojas pequeñas	0.0272
3	Xecandelaria 1	331.81	17.78	21 árboles de cipreses	0.1432
4	Xecandelaria 2		18.75	10 árboles pino blanco	
5	Xecandelaria 3		20.43	4 aliso	
6	Xecandelaria 4		16.06	3 árboles pino rojo	
7	Pa lmut	176.70	34.3	3 árboles encino de hojas pequeñas	0.0945
8	Manantial	333.27	34.8	6 árboles encino de hojas pequeñas	0.3013

Nota: Ver procedimiento de cálculo en Anexos Tabla No. 22-30, pág. 63-66

Tabla 6. Cobertura forestal de los nacimientos de agua de la aldea Xesaná (b)

No.	Nombre del nacimiento	DAP (m) ² total	Altura total m	Nombre común de árboles forestales	Área total ha.
9	Niq'aj tak juyub'	5.48	20.32	1 árbol aliso	0.0141
10	Xecamposanto 1	250.92	25.28	8 pino blanco	0.0396
11	Xecamposanto 2		23.10	3 encinos de hojas pequeñas	
12	Xetuka'r	No cuenta con cobertura forestal			0.0081
13	Tij bal ruq'iya masat	1.08	6.1	1 árbol de aliso	0.0066
14	Regalo de Dios	No cuenta con cobertura forestal			0.0147
15	Xi ni k'aj juyup				
16	Palemop	No cuenta con cobertura forestal			0.0065

Nota: (Ver procedimiento de cálculo en Anexos Tabla No. 22-30, pág. 63-66)

Acontinuacion se ilustran los datos recopilados mediante los protocolos de registro.

a.) Lugar Xecamposanto

- % pendiente es de 7.54
- Profundidad de materia orgánica 15 cm
- Drenaje: bueno

b.) Lugar Xecandelaria

- % pendiente es de 40
- Profundidad de materia orgánica es de 14 cm.
- Drenaje bueno
- La especie que predomina en el área de estudio es el ciprés (Cupressus), luego sigue el pino blanco (Pinus ayacahuite) pino rojo (Pinus oocarpa), aliso (Alnus acuminata)

c.) Lugar Manantial

- % pendiente es de 38
- Profundidad de materia organica es de 23 cm.
- Drenaje: Bueno

d.) Lugar Pa Imut

- % pendiente es de 34
- Profundidad de materia orgánica es de 17 cm.
- Drenaje: Bueno
- Especie que existe en el área de estudio es encino de hojas pequeñas nombre científico: (*Quercus laurina*) el promedio del DAP es 86.47 cm y el promedio de altura es de 34.8 mts.

e.) Niq'aj tak juyub'

Dicho sitio solo cuenta con un árbol de la especie aliso (*Alnus acuminata*) el DAP del árbol es de 26.41cm y la altura de 20.32 mts. Las dimensiones del área son muy pequeñas, y se observó la tala que existe del área boscosa.

f.) Lugar: Tij bal ruq'iya masat

- % pendiente 25.04
- Materia orgánica: 16 cm
- Drenaje: Bueno
- Las dimensiones del área son: 0.00066054 ha. Es relativamente pequeño, y se observó la tala que existe en el área

g.) Centro Uno

- % pendiente 36
- Materia orgánica: 7 cm
- Drenaje bueno

h.) Centro Tres

El sitio se encuentra en condiciones inadecuadas para la infiltración y retención de agua, ya que solo tiene dos árboles, uno de nombre común: aliso (*Alnus acuminata*) el DAP es de 50.92 cm y la altura es de 24.15 m; el segundo árbol de nombre común: encino de hojas pequeñas (*Quercus laurina*) y tiene un DAP de 55.38 cm y una altura de 19.33 mts

i.) Los lugares Xetuk'ar, Regalo de Dios, Xi ni k'aj juyup y Palemop

Estas áreas se encuentran en mal estado, no cuentan con cobertura forestal, ya que años anteriores fue talado. Es importante mencionar que la masa boscosa cumple determinada función en la retención e infiltración del agua, por consiguiente, la educación es fundamental para el cuidado del bosque, así manejar adecuadamente los recursos naturales.

La cobertura forestal se ilustra (Ver en Anexo Tabla No. 22-30, p. 63-66) con información y datos relevantes recopilados en campo por medio del inventario forestal de cada área de los nacimientos.

Se cuantificaron los árboles forestales en las áreas, siendo de presencia nula en algunas. El área boscosa en 15 de los 16 afloramientos evaluados es muy pequeña, no cumpliendo con los 25 metros mínimos establecidos en el artículo 84 del Código de Salud

De los 16 nacimientos aforados el caudal mayor es el de Centro uno, puesto que cuenta con 0.0025 m³/s, mientras que el caudal menor es el del nacimiento llamado Regalo de Dios con 0.0003 m³/s. La magnitud de la corriente varía dependiendo de los factores; clima, volúmenes de precipitación pluvial, relieve y pendiente, la permeabilidad del suelo, la cobertura vegetal o natural, radiación solar que influye en la evaporación de las aguas y transpiración de las plantas. En sí todas estas condiciones se relacionan, para mejorar o disminuir el caudal,

Tomando en cuenta que se localiza en la zona de vida, Bosque Muy Húmedo Montano Bajo Sub Tropical, donde predominan las coníferas, sin embargo, la vegetación natural del lugar ha sido afectada por la frontera agrícola, extracción de madera y mal manejo de los bosques.

VI. Conclusiones

- En la parte alta de la aldea Xesaná se identificaron 16 afloramientos de agua, que actualmente abastecen a la población del casco urbano del municipio de Santa María Chiquimula, los cuales presentan una disminución de caudal en la época seca la cual oscila entre los meses de enero a mayo, lo cual se ve reflejado en la limitación de la distribución de agua en los hogares.
- La estimación de caudales de los nacimientos de agua de aldea Xesaná para el mes de marzo 2,021 oscilaron entre: 0.002528 m³/s, a 0.00000391 m³/s. El volumen es insuficiente para los habitantes pues solo se logra abastecer dos días a la semana.
- Los nacimientos de agua tienen las características físicas en común, la alteración de su entorno por el humano, dejando los afloramientos recubiertos por concretos, tala de árboles y por contaminación por desechos sólidos y presencia de pastoreo de ganado ovino y caprino, estas acciones causan un impacto reversible en el área por lo tanto es importante la sensibilización a la población en general del municipio para evitar dichas acciones.
- La degradación de los bosques es una de las amenazas en el área de los nacimientos de agua de la aldea, debido al consumo de madera y leña; la tala inmoderada se refleja en las áreas de: Tij bal raq'iya Mazat , Niq'aj tak juyub', Pa Imut, Manantial, Centro Uno, Centro Tres. Y la deforestación en su totalidad en las áreas de: Palemop, Regalo de Dios, Xi ni k'aj juyup y Xetuk'ar. La falta de cobertura boscosa ha provocado la disminución de caudales máxime en época de estiaje. Sin embargo, los que aún conservan una masa forestal considerable son: Xecamposanto y Xecandelaria, ya que cuentan con diversas especies de coníferas que predominan: ciprés (*Cupressus*), pino blanco (*Pinus ayacahuite*), aliso (*Alnus acuminata*) pino rojo (*Pinus oocarpa*), y encino de hojas pequeñas (*Quercus laurina*).

VII. Recomendaciones

- Debido al agotamiento del recurso hídrico en la parte alta de la aldea Xesaná, se deben mejorar las condiciones de esta área reforestando con especies nativas usando el encino de hojas pequeña (*Quercus laurina*) que tiene la característica de retención e infiltración de agua, también realizar jornadas de limpieza.
- Para lograr mantener actualizado los volúmenes de caudal que permita hacer una planificación a corto, mediano y largo plazo respecto al manejo de la parte alta de la aldea, se sugiere que la oficina municipal de agua y saneamiento pueda ser el responsable de recolectar los datos a cada semestre, tomando en cuenta época de estiaje y época seca.
- Conformar una mesa técnica con actores relacionadas al tema socio ambiental tales como; Oficina Forestal Municipal, Unidad de Gestión Ambiental Municipal, Rainforest Alliance. Instituto Nacional de Bosque, liderados por autoridades comunales.
- Realizar alianzas interinstitucionales para motivar acciones de los diferentes entes presentes en el municipio para que en conjunto pueden elaborar una estrategia de sensibilización en temas relacionados al abastecimiento de agua tales como: manejo de los desechos sólidos, reforestación y calidad de agua.

VIII. Referencias bibliográficas

- Aguilar, S., Ríos, M., y Ureña, A. (2018). *Estimación de las áreas potenciales de recarga hídrica mediante mediciones de infiltración y modelación hidrológica en la microcuenca río Tigre*. (Tesis, Licenciatura en Geografía) Universidad San Marcos, Costa Rica. Facultad de Ciencias Sociales. San José, Costa Rica. Recuperado 13 de noviembre del 2,020, de <https://tesis/microcuencas.pdf>.
- Alvarado, E. (2017). *Aforo de caudales*. Manual de medición de caudales. Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático (ICC). Recuperado el 20 de enero 2,021, de <https://icc.org.gt/2018.pdf>.
- Bueso, M. (2010). *Identificación y Caracterización de las Zonas con mayor Potencial de Recarga Hídrica en las Subcuencas de los ríos Tacó Y Shusho*, (Tesis, Licenciatura en Producción Agrícola). Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Agronomía. Recuperado 15 de enero del 2,021, de <https://tesis/usachiqu.gob.gt.pdf>.
- Castro, M. (2020). *Boleta de campo para censo e inventario forestal*. Manual de inventario y censo forestal, Asociación civil de emesa forestal y ambiental (ACMEFAR región VII). Comunidad ganadera de Chancol, Chiantal, Huhuetenango, Guatemala. Recuperado 15 de octubre del 2,020, de <https://asocuch.com.pdf>.
- Coy, R. (2016). *Diagnóstico rural participativo en la aldea Xesaná*. Santa María Chuiquimula, Totonicapán. (EPS, Licenciatura en Trabajo Social). Universidad de San Carlos de Guatemala. Recuperado el 05 de diciembre 2,020 de <https://biblioteca.usac.edu.gt.pdf>.

Cruz, F. (2017). *Evaluación del sistema de abastecimiento a partir de un balance de oferta y demanda en un acueducto veredal la cabaña del municipio de zipacon Cundinamarca.*(Tesis, Manejo Integral de los Recursos Naturales) Universidad Militar Nueva Granada. Facultad de Ingeniería. Bogotá. Colombia. Recuperado 18 de noviembre del 2,020, de <https://repository.unimilitar.edu.com.pdf>.

Díaz, R. (2020). *Identificación de los impactos ambientales por vertimientos sobre la quebrada pilanderas en el Sector el Nacimiento Floridablanca.* (Tesis, Ciencias Naturales y Tecnología Ambiental). Universidad Tecnológica de Santander. Facultad de Ciencias Naturales e Ingenierías. Bucaramanga. Colombia. Recuperado 18 de noviembre del 2,020, de <https://repositorio.uts.edu.co.pdf>.

Enciclopedia Ambiental, (2017). *Consumo de agua per Cápital.* Organización Mundial de la Salud (OMS). Recuperado el 05 de diciembre 2,020 de <https://www.ambientum.com.pdf>.

Garcia, E. (2016). *Caracterización Hidrogeológica de los acuíferos de Aspe y la Horna.* (Tesis, Doctorado en Hidrogeología). Universidad de Alicante. Facultad de Ingeniería. Madrid, España. Recuperado el 05 de diciembre 2,020 de <https://rua.ua.es.pdf>.

García Vásquez, A. F. (2015). *Calibración de Vertederos Triangulares de pared delgada para distintos ángulos de abertura.* (Tesis, Licenciatura en Ingeniería Civil). Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería. Recuperado 25 de noviembre del 2,020, de <https://biblioteca.ingenieria.usac.edu.gt.pdf>.

Gaviria Montoya, L., Pino Gómez, M., y Soto Córdoba, S. (2016). *Evaluación de la Gestión de la asada de Guatuso, San Isidro, el Guarco, desde una Perspectiva del uso Sostenible del Recurso Hídrico*. (Tesis, Licenciatura en Ingeniería Ambiental). Universidad Tecnológico de Costa Rica. Facultad de Ingeniería. Cartago, Costa Rica. Recuperado 25 de noviembre del 2,020, de <https://hdl.handle.net/2238/7015.pdf>.

González, W. (2011). *Manejo y protección de zonas de recarga hídrica y fuentes de agua para consumo humano en la subcuenca del río Zaratí*, (Tesis, posgrado Manejo y Gestión Integral de Cuencas Hidrográficas). Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Escuela de Posgrado. Turrialba, Costa Rica. Recuperado 27 de noviembre del 2,020, de <https://cupdf.com.pdf>.

Ibañez, G. (2012). *“Elaboración de un plan de Manejo Ambiental para la Conservación de la Subcuenca del río San Pablo en el Cantón La Maná, Provincia de Cotopaxi”*. (Tesis, Ingeniería en Medio Ambiente). Universidad de Latacunga. Facultad de Ingeniería. Latacunga, Ecuador. Recuperado 28 de noviembre del 2,020, de <https://repositorio.utc.edu.ec.com.pdf>.

Ibarra, S. (2018). *Evaluación de tres Prácticas Agrícolas en la Incidencia de Erosión e Infiltración en el Cultivo de Maíz (sea mays) en Agricultura de subsistencia en las zonas potenciales de recarga hidrica en la Subcuenca del Río Tzunutz San Pedro Carchá*, (Tesis, Licenciatura Ingeniería en Gestión Ambiental Local). Centro Universitario del Norte, Universidad de San Carlos de Guatemala. Recuperado 28 de noviembre del 2,020, de <https://www.repositorio.usac.edu.gt.pdf>.

Jara, P. J. (2015). *Modelamiento Hidrogeológico para estimar el caudal óptimo de la parte baja de acuífero del Valle del Río Lurín*. (Tesis, Licenciatura en Ingeniería Civil), Universidad Ricardo Palma. Facultad de Ingeniería. Lima, Perú. Recuperado el 29 de noviembre 2,020, de <https://repositorio.urp.edu.pe/handle.pdf>

Kometter, R., y Ramírez, K. (2005). *Manual de censo forestal*. Libro Forestal, (1^{ra}. edición). Universidad Ricardo Palma. Facultad de Ingeniería. Lima, Perú. Recuperado el 29 de noviembre 2,020, de <https://researchgate.net.pdf>

López, C. (2018). *La cartografía social como herramienta educativa*. (Tesis, Licenciatura en Cartografía Social), Universidad Latinoamericana y el Caribe. Facultad de Humanidades. Vargas, Venezuela. Recuperado el 29 de noviembre 2,020, de <https://indteca.com.pdf>

Manual de Cobertura Vegetal (2012). *La importancia de la Cobertura Vegetal, práctica del manejo agronómico de cultivos*. Instituto Nacional de Bosques. Recuperado el 29 de noviembre 2,020, de <https://ppm.inab.gob.gt.pdf>.

Manual del Piringuero 3 (2014). *Medición del caudal*. Programa Integral - Red del agua. Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia. Medellín, Colombia. Recuperado 27 de noviembre del 2,020, de <https://corantioquia.gov.co.pdf>.

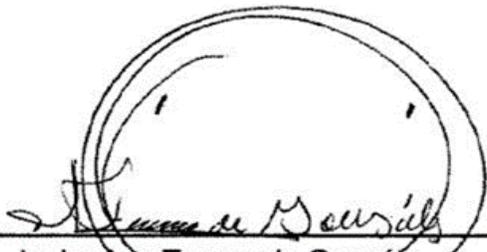
Maza, M. (2012). *Planes de Manejo y Programa de Monitoreo de Signos Vitales en las áreas de Manantiales de la Uma-El*. Chihuahua. Libro Pandeño amigos A.C. (1^{era} edición). Secretaria de Desarrollo Urbano y Ecología. San Diego de Alcalá, Chihuahua. México. Recuperado 13 de noviembre del 2,020, de: <https://amigosdelpandeno.org.pdf>.

- Moran, D. (2017). *Líquido vital en Guatemala*. Importancia del agua en la vida. Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. Recuperado el 05 de diciembre 2,020 de <https://marn.gob.gt/vital/liquido.pdf>.
- Poncela, R. P. (2015). *Hidrogeología del Sistema Acuífero Volcánico de la Palma*. (Tesis, Doctorado de Hidrogeología). Universidad de Alicante. Facultad de Ingeniería. Madrid, España. Recuperado el 05 de diciembre 2,020 de <https://rua.ua.es.pdf>.
- Quej, G. (2015). *Plan de Manejo Forestal de Protección del Recurso Bosque*. (PPS, Técnico en Producción Agrícola). Centro Universitario del Norte. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería. Recuperado el 05 de diciembre 2,020 de <https://biblioteca.usac.edu.gt.pdf>.
- Rodas, C. (2005). *Inventario Forestal del Bosque Natural de la Comunidad popular en resistencia de Petén*, (PPS, Técnico Forestal). Centro Universitario de Petén. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería. Recuperado el 05 de diciembre 2,020 de <https://biblioteca.usac.edu.gt.pdf>.
- Rodríguez, Á. (2018). *Identificación de los nacimientos hídricos del municipio de Apulo-Cundinamarca*. (Tesis, Licenciatura en Administración Ambiental). Universidad Piloto de Colombia. Facultad de Ingeniería. Cundinamarca. Colombia. Recuperado el 05 de diciembre 2,020 de <https://repository.unipiloto.edu.co.pdf>.
- Soto, M. (2010). *Hidrogeología e Hidrogeoquímica de aguas subterráneas en el Distrito Inca de Oro, Región de Atacama*. (Tesis, Doctorado Hidrogeología). Universidad de Chile. Facultad de Ingeniería. Santiago, Chile. Recuperado el 05 de diciembre 2,020 de <https://repositorio.uchile.cl.pdf>.

Tacam, C. (2008). *Dinámica del cambio de uso de la tierra y su impacto en el comportamiento del ciclo hidrológico de la parte norte de la subcuenca Alta del Río Guacalate*. (Tesis, Licenciatura en Producción Agrícola). Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería. Facultad de Agronomía. Recuperado el 05 de diciembre 2,020 de <https://biblioteca.usac.edu.gt.pdf>.

Tzul, A. (2019). *Evaluación del estado actual de la masa forestal a través de las variables dasométricas y estructurales ubicada en el Barrio Santa Ana, municipio de Momostenango, departamento de Totonicapán*. (Tesis, Licenciatura Forestal). Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Agronomía. Recuperado el 05 de diciembre 2,020 de <https://biblioteca.usac.edu.gt.pdf>.

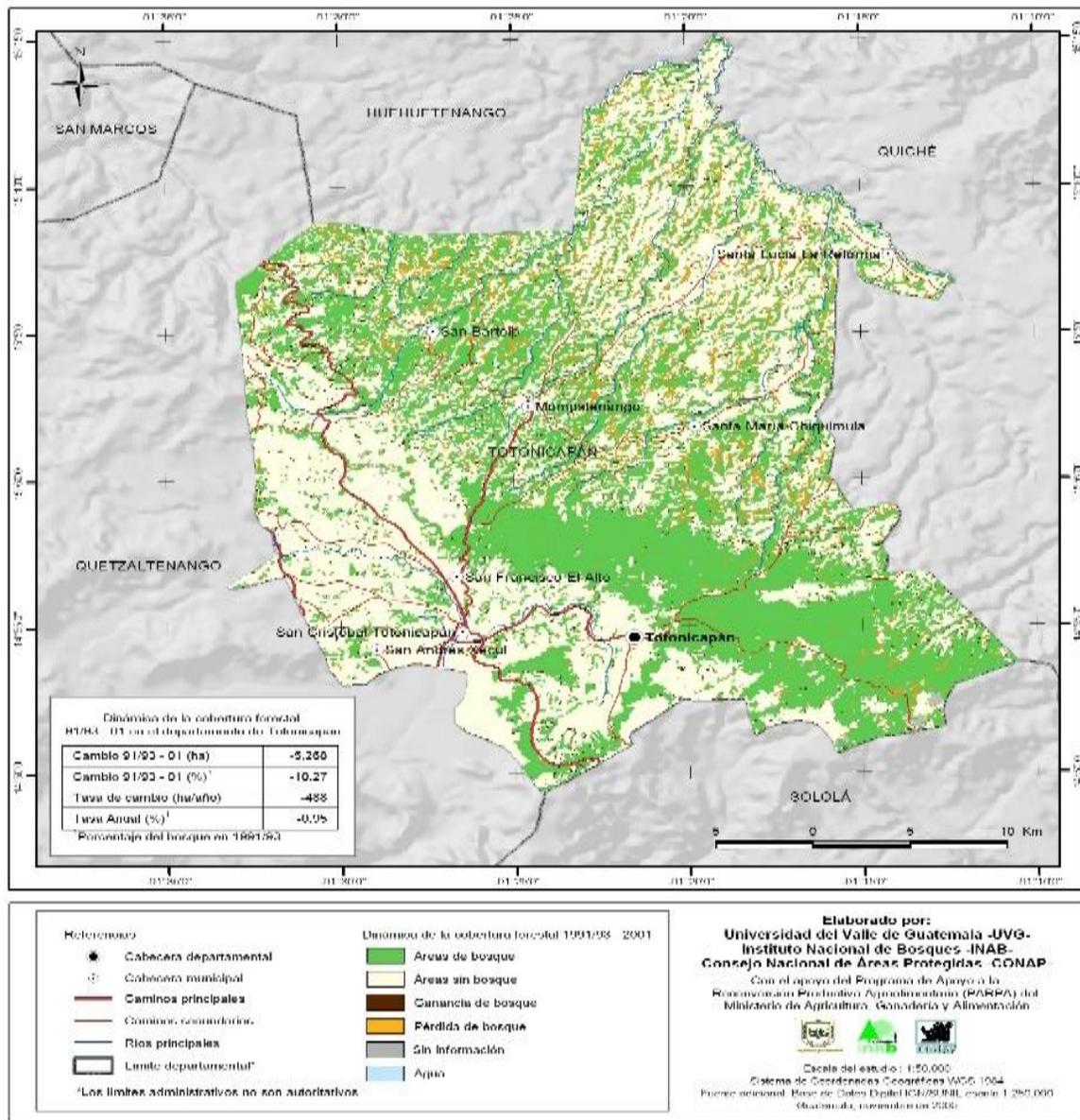
Yamashita, V. K. (2014). *Evaluación, caracterización de fuentes de agua y proyección del sistema de abastecimiento de agua de Agujitas, cantón de OSA*. (EPS, Licenciatura Ingeniería Ambiental). Instituto Tecnológico de Costa Rica. Escuela de Química. Costa Rica. Recuperado el 05 de diciembre 2,020 de <https://hdl.handle.net.pdf>.

Vo. Bo. 
Lcda. Ana Teresa de González.
Bibliotecaria CUNSUROC.



IX. Anexos

Figura 3. Cobertura forestal año 1991, del departamento de Totonicapán



Fuente: INAB, 2018

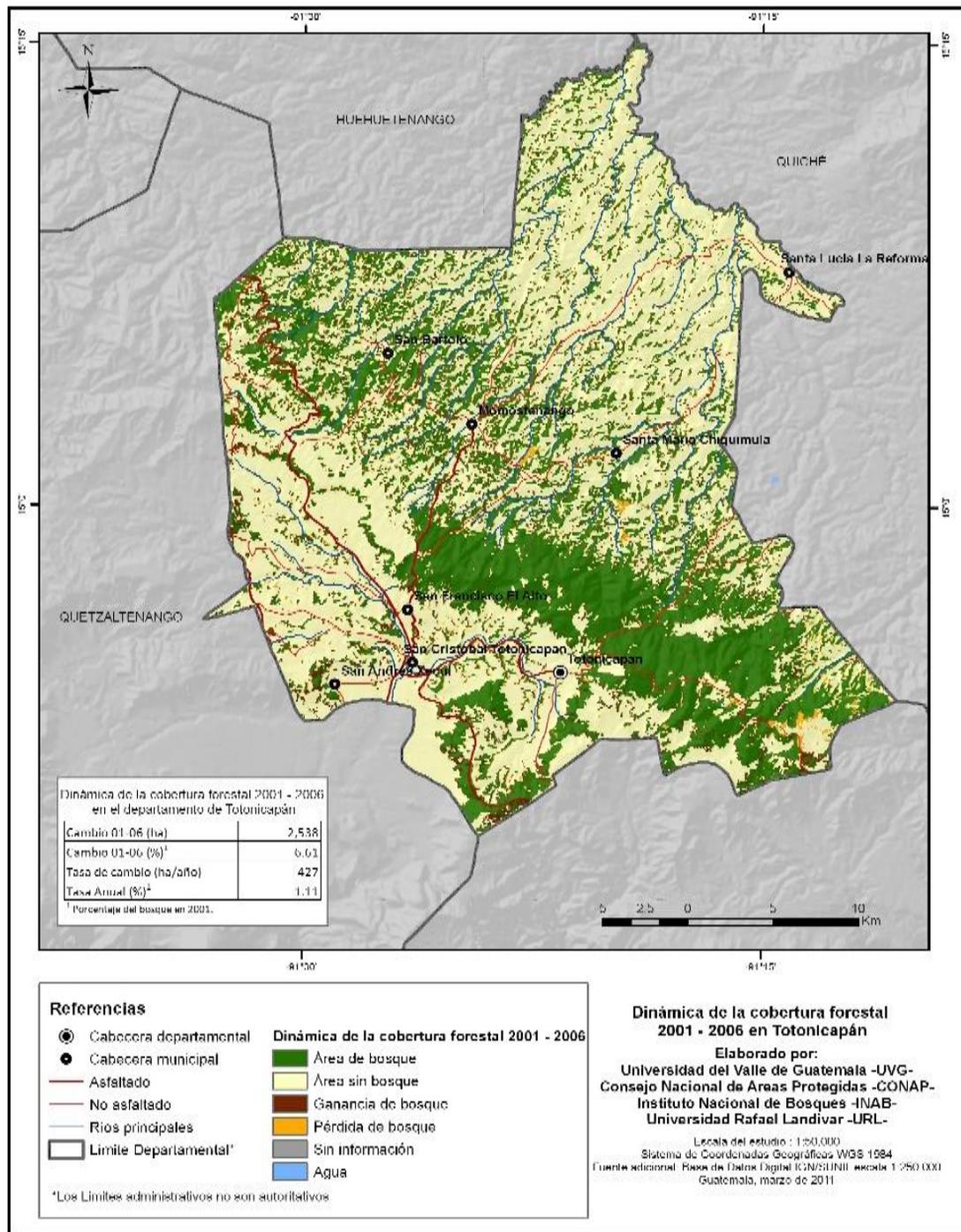


Figura 4. Cobertura forestal año 2001-2006, del departamento de Totonicapán

Fuente: INAB, 2018

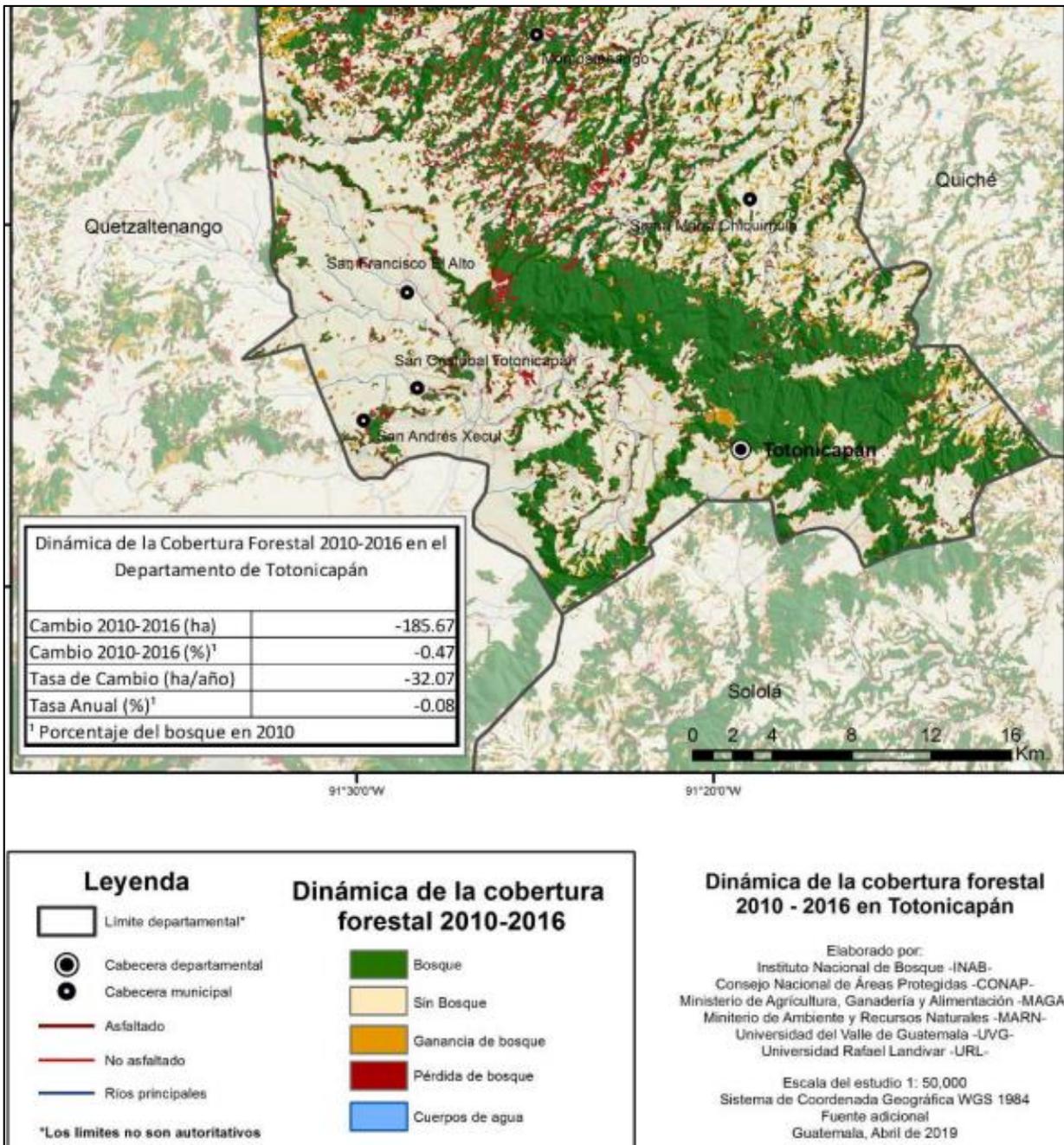


Figura 5. Cobertura forestal 2010-2016, del departamento de Totonicapán

Fuente: INAB, 2018

Tabla 7. Identificación de los nacimientos de agua ubicados en la aldea Xesaná

No.	Coordenadas		Nombre del nacimiento
	Latitud	Longitud	
1	675689	1656615	Niq'aj tak juyub'
2	674869	1655199	Xecamposanto 1
3	674879	1655198	Xecamposanto 2
4	675540	1655513	Xetukár
5	675250	1655670	Tij bal ruq'iya masat
6	675514	1655721	Regalo de Dios
7	675516	1655688	Xi ni k'aj juyup
8	675673	1655779	Palemop
9	672781	1656424	Centro 1
10	672791	1656481	Centro 3
11	673043	1656360	Xecandelaria 1
12	673043	1656354	Xecandelaria 2
13	673038	1656357	Xecandelaria 3
14	673027	1656354	Xecandelaria 4
15	670722	1657080	Pa Imut.
16	670619	1657109	Manantial

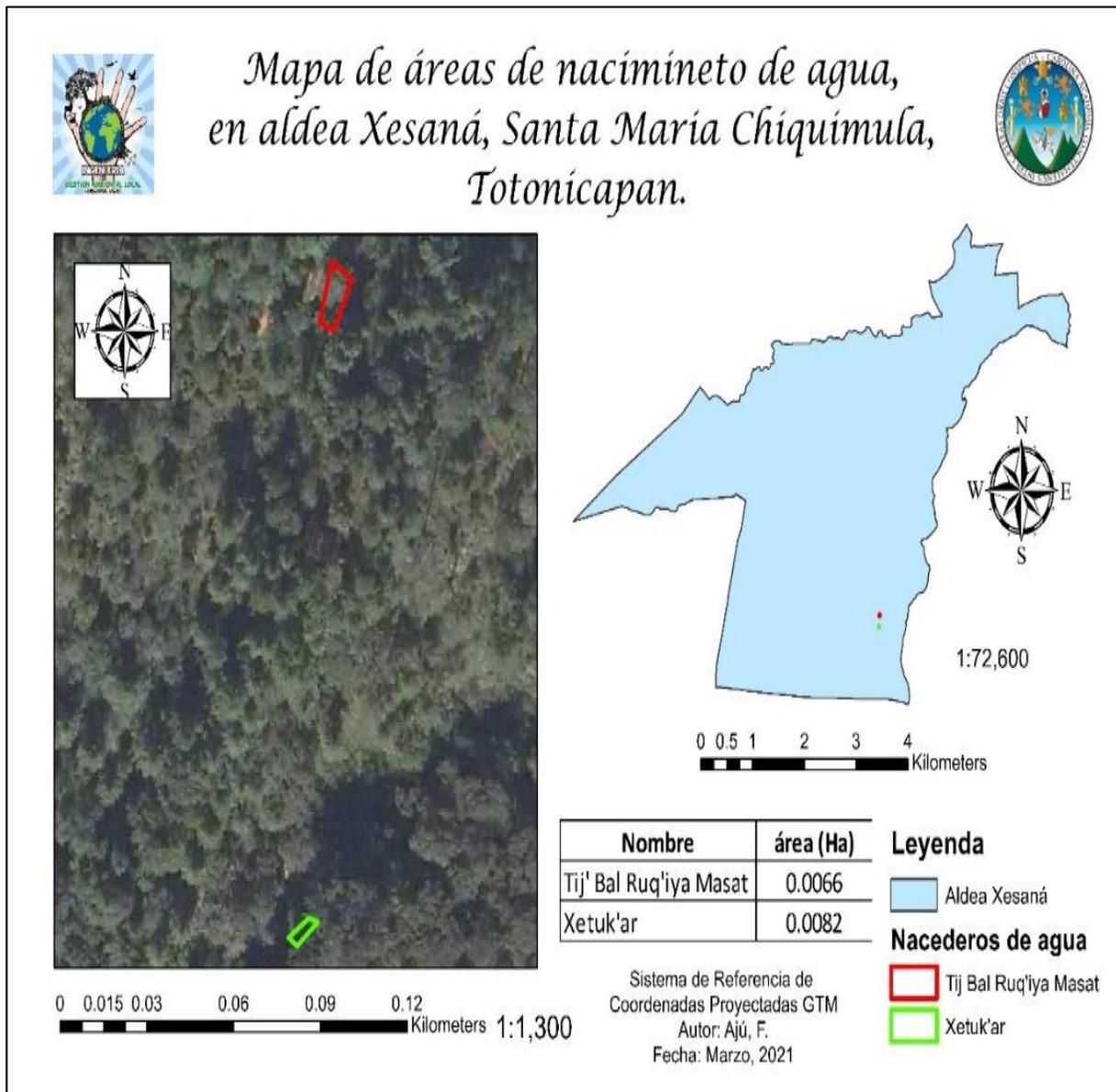


Figura 6. Mapa de áreas de nacimiento de agua aldea Xesaná, Santa María Chiquimula

Fuente. Elaborado en Shape MAGA 2006, programa Quantum GIS.

Nota: Área de estudio comprende Til Bal Ruq'iya Masat y Xetuk'ar, con un total de 0.0148 ha.

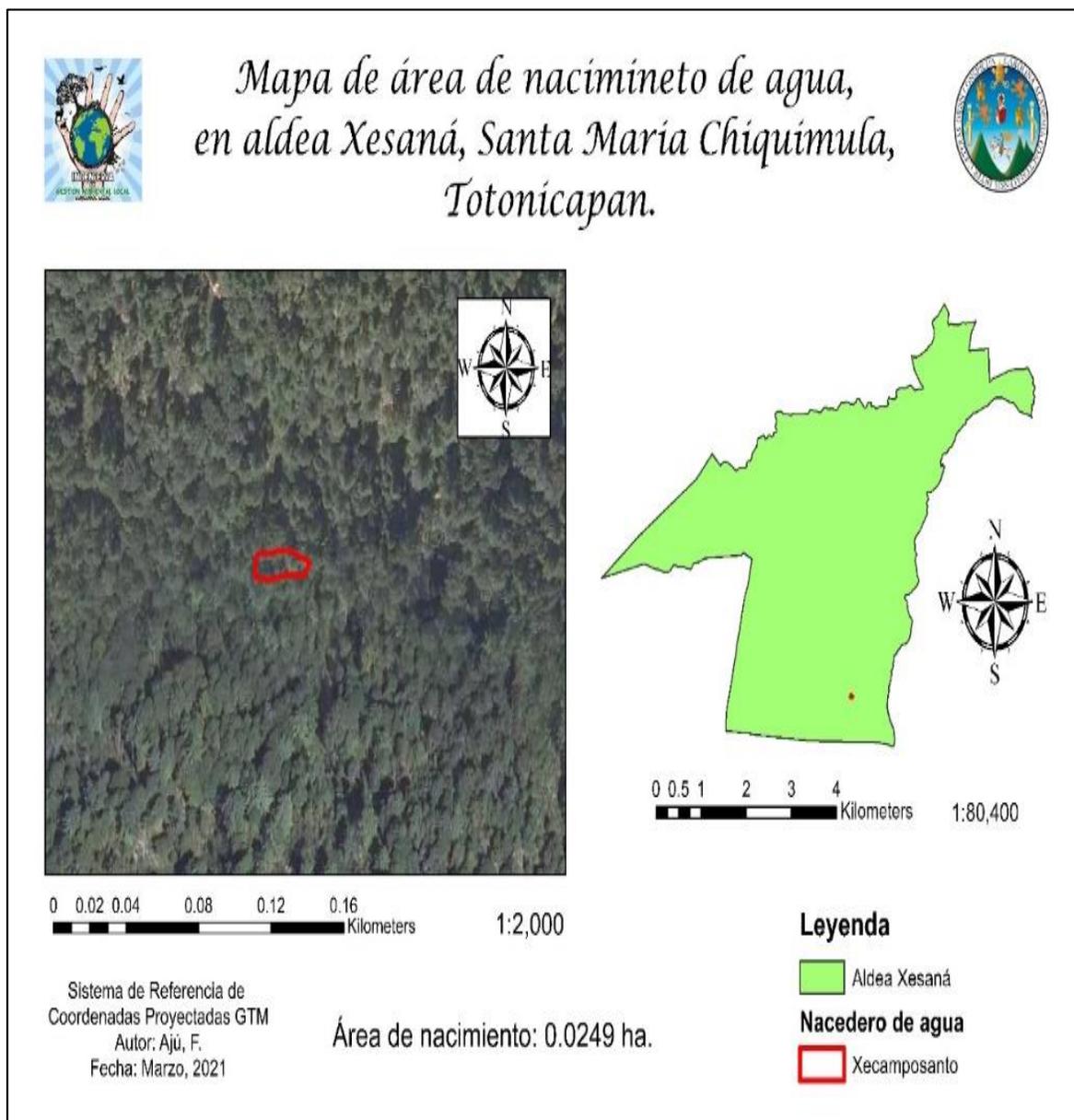


Figura 7. Área de estudio en la aldea Xesaná, Santa María Chiquimula, Totonicapán

Fuente: Elaborado en Shape MAGA 2006, programa Quantum GIS.

Nota: El área de estudio en Xecamposanto. comprenden un total de 0.0249 ha.

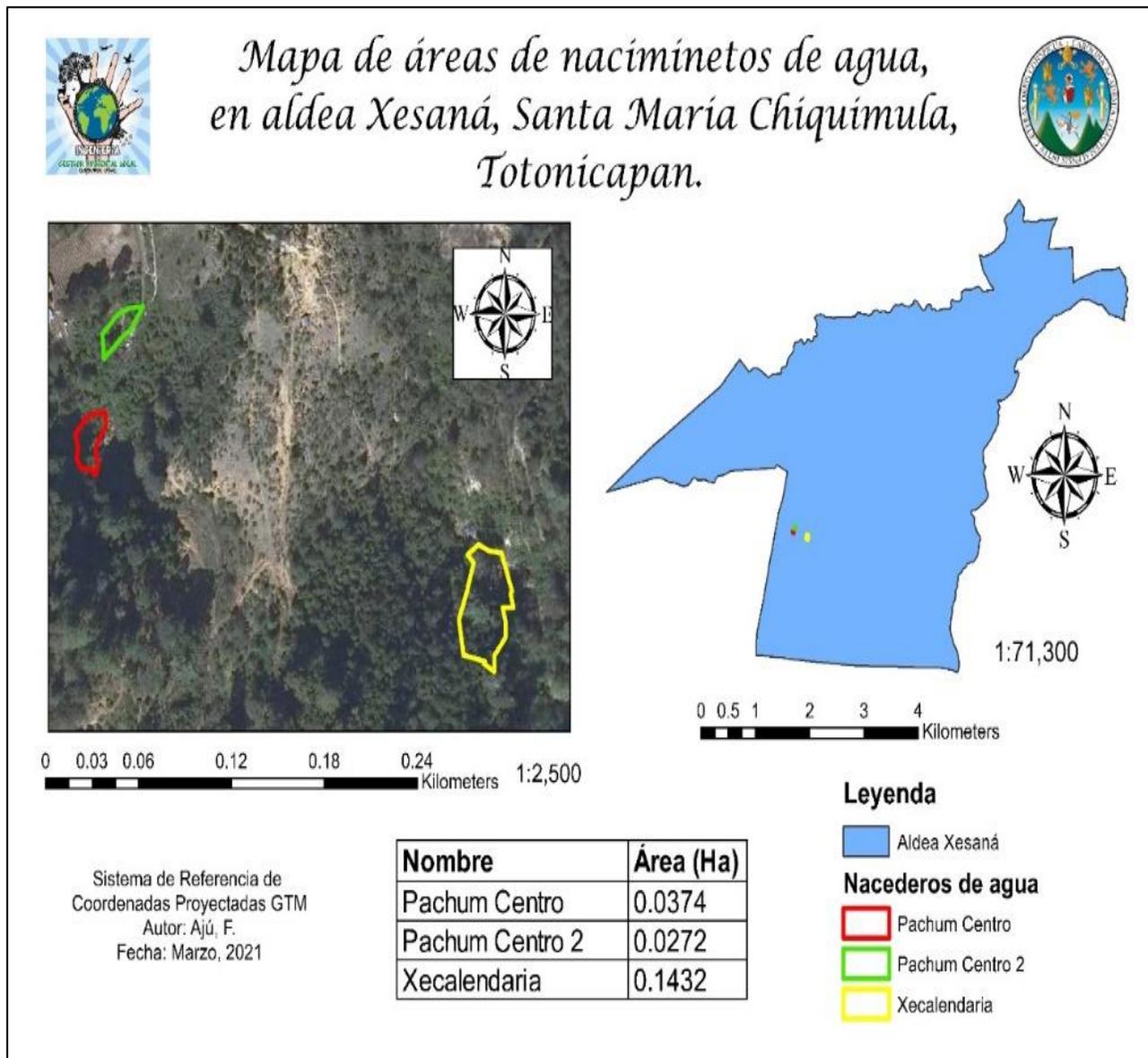


Figura 8. Mapa áreas de nacimientos de agua Pachum centro uno, tres y Xecandelaria

Fuente: Shape MAGA 2006, programa Quantum GIS.

Nota: El área comprende un total de 0.2078 ha.

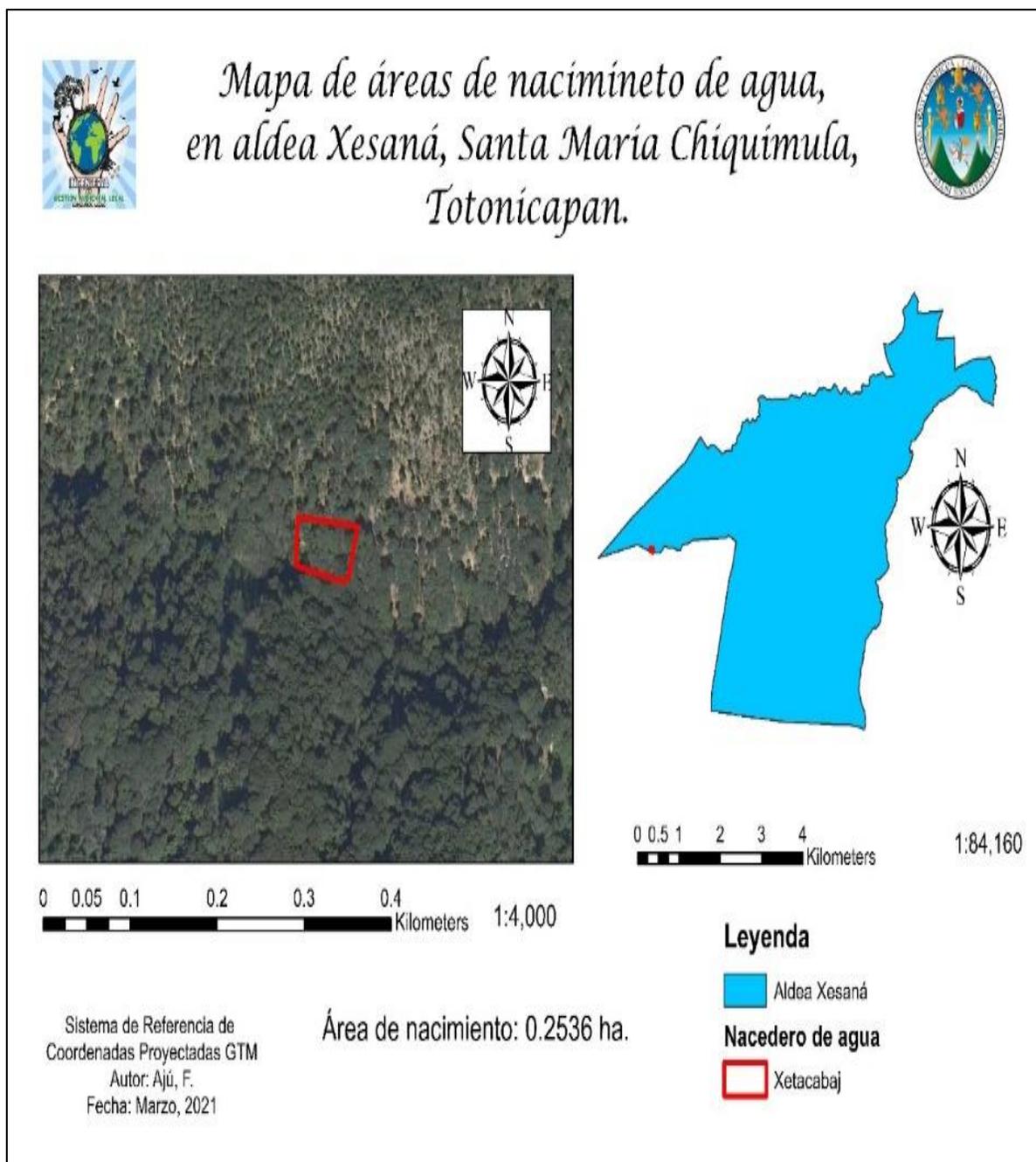


Figura 9. Área de estudio en la aldea Xesaná

Fuente. Shape MAGA 2006, programa Quantum GIS.

Nota: El área de estudio fue el Manantial comprende un total de 0.2536 ha.

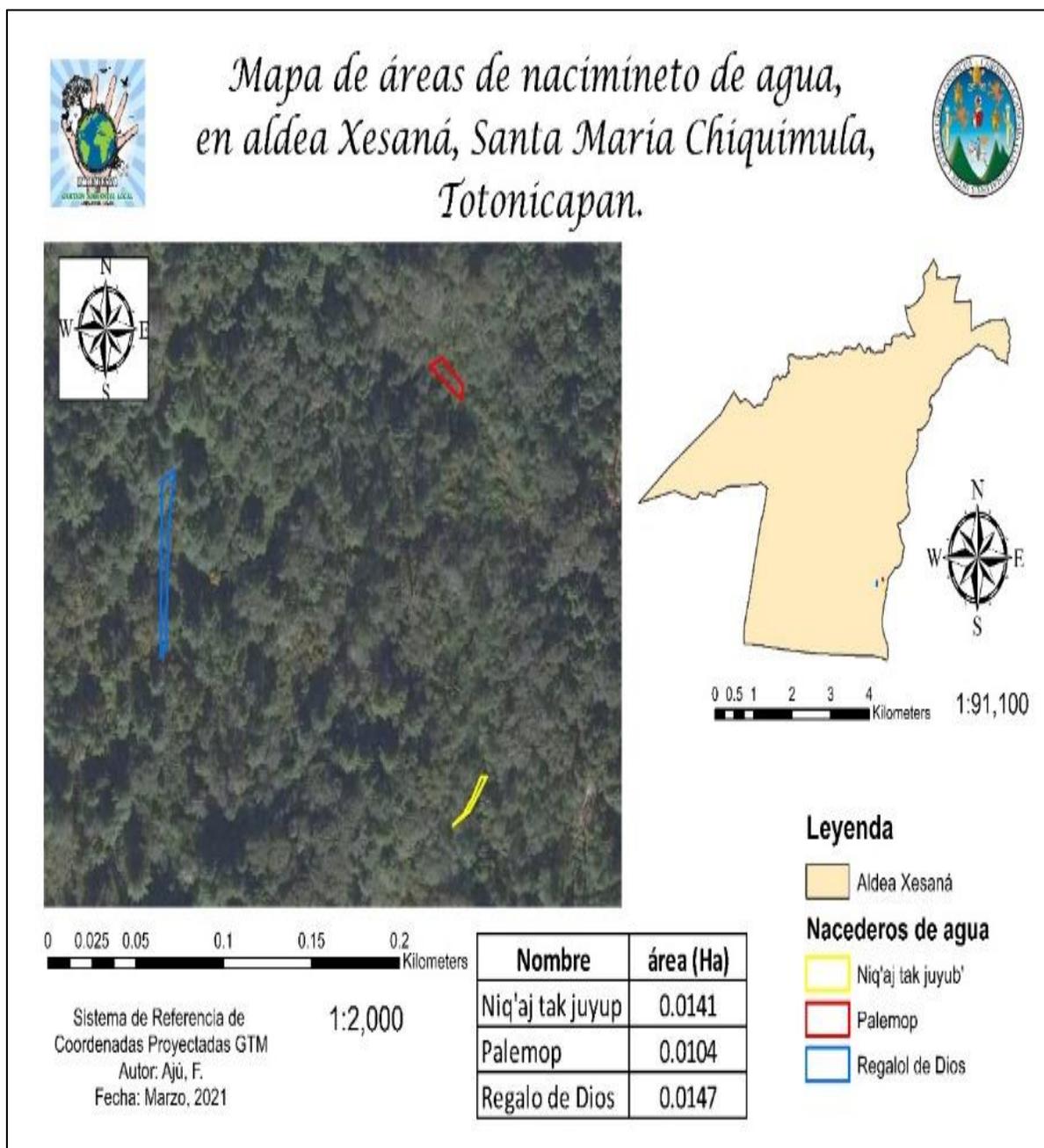


Figura 10. Área de estudio en afloramientos de Palemop, Regalo de Dios y Niq'aj tak juyup

Fuente. Shape MAGA 2006, programa Quantum GIS.

Nota: El área comprende un total de 0.0.0392 ha.

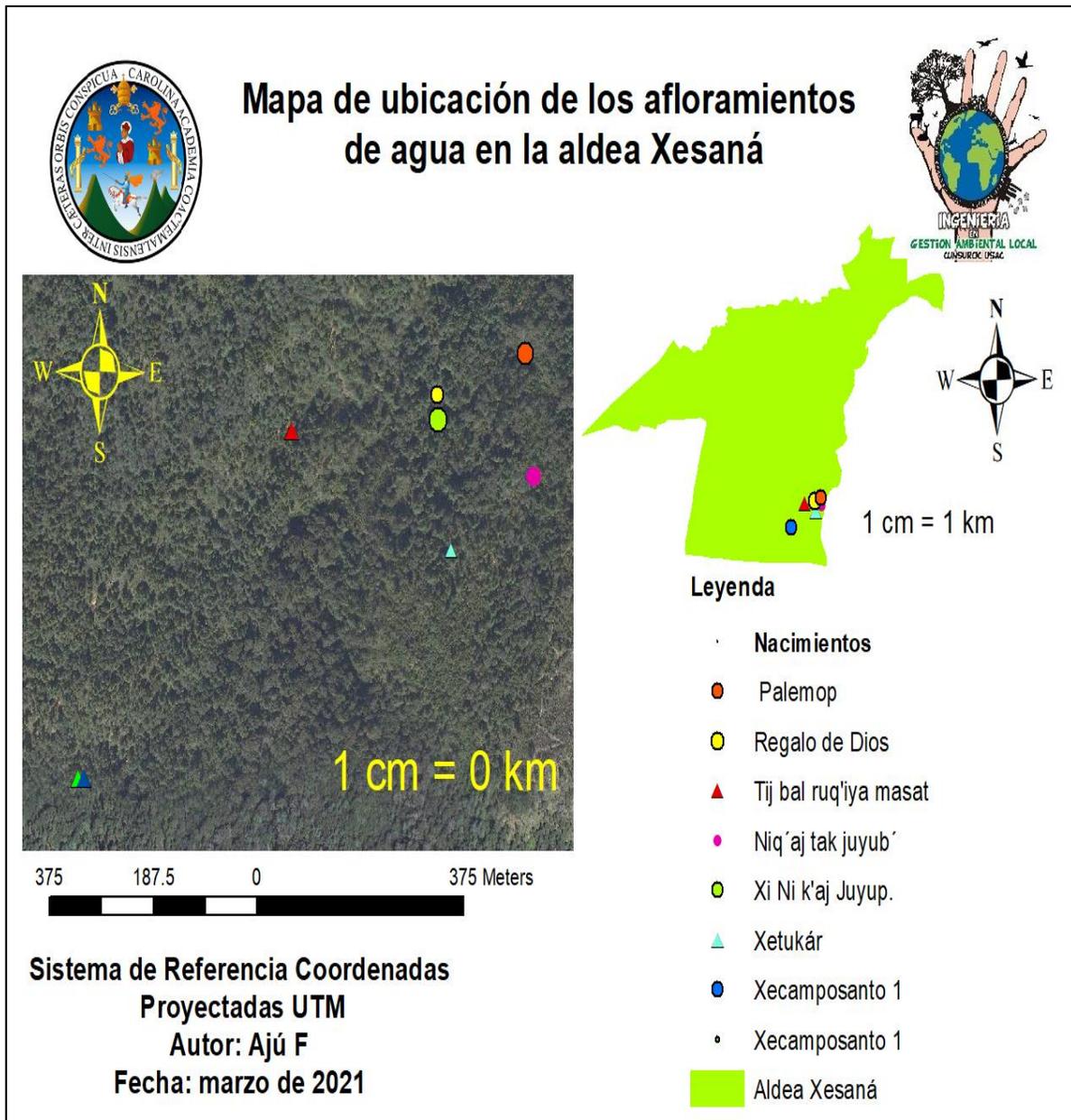


Figura 11. Ubicación de afloramiento en la aldea Xesaná, Santa María Chiquimula.

Fuente: Shape MAGA 2006, programa Quantum GIS

Nota: los nacimientos son; palemop, regalo de Dios, xetukar Xecamposanto 1,2, Xi Ni K'aj Juyup, Niq'aj tak juyub'.

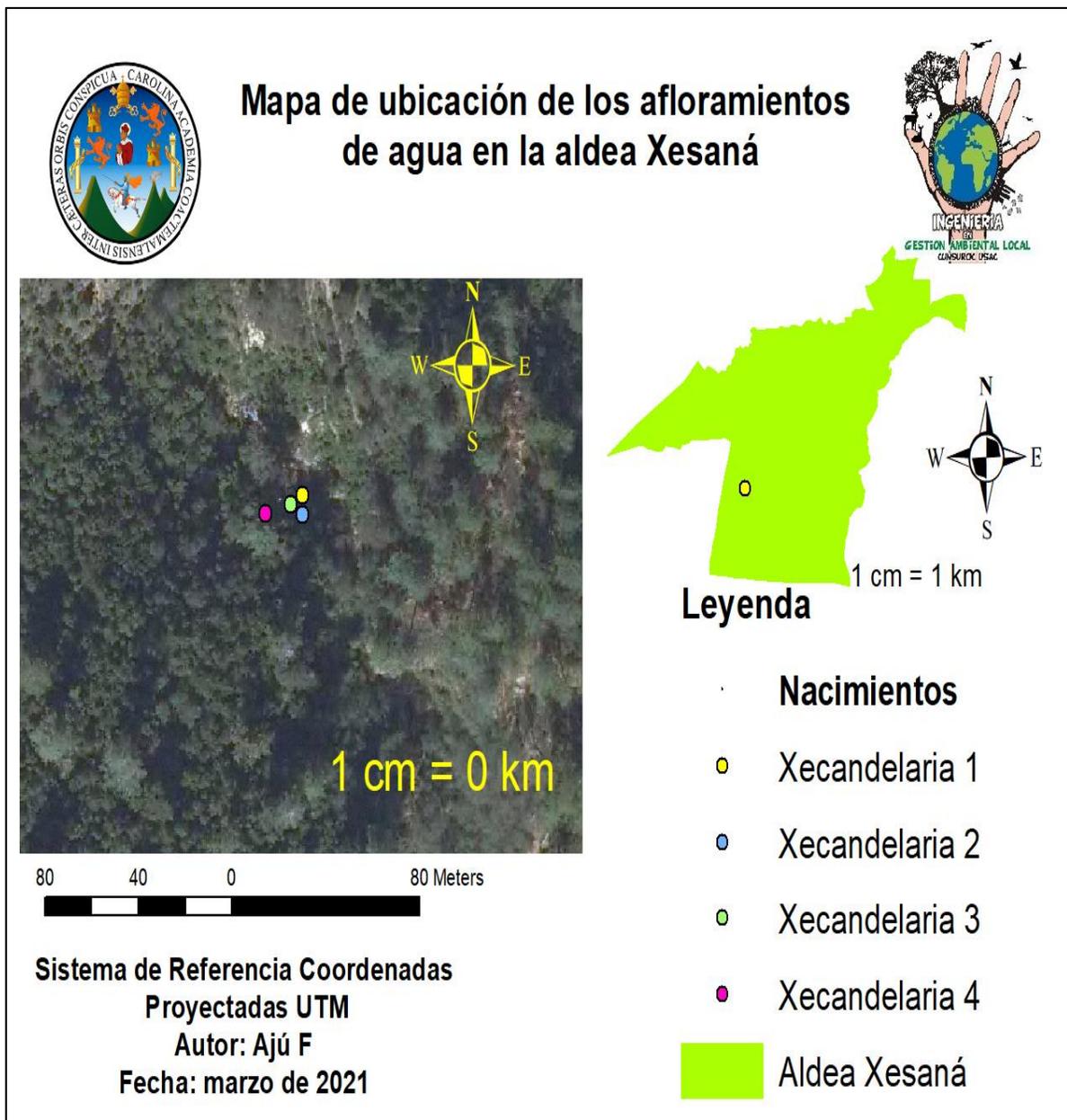


Figura 12. Ubicación de afloramiento en aldea Xesaná 1,2,3,4 Santa María Chiquimula.

Fuente: Con base a Shepe MAGA 2006, programa Quantum GIS.

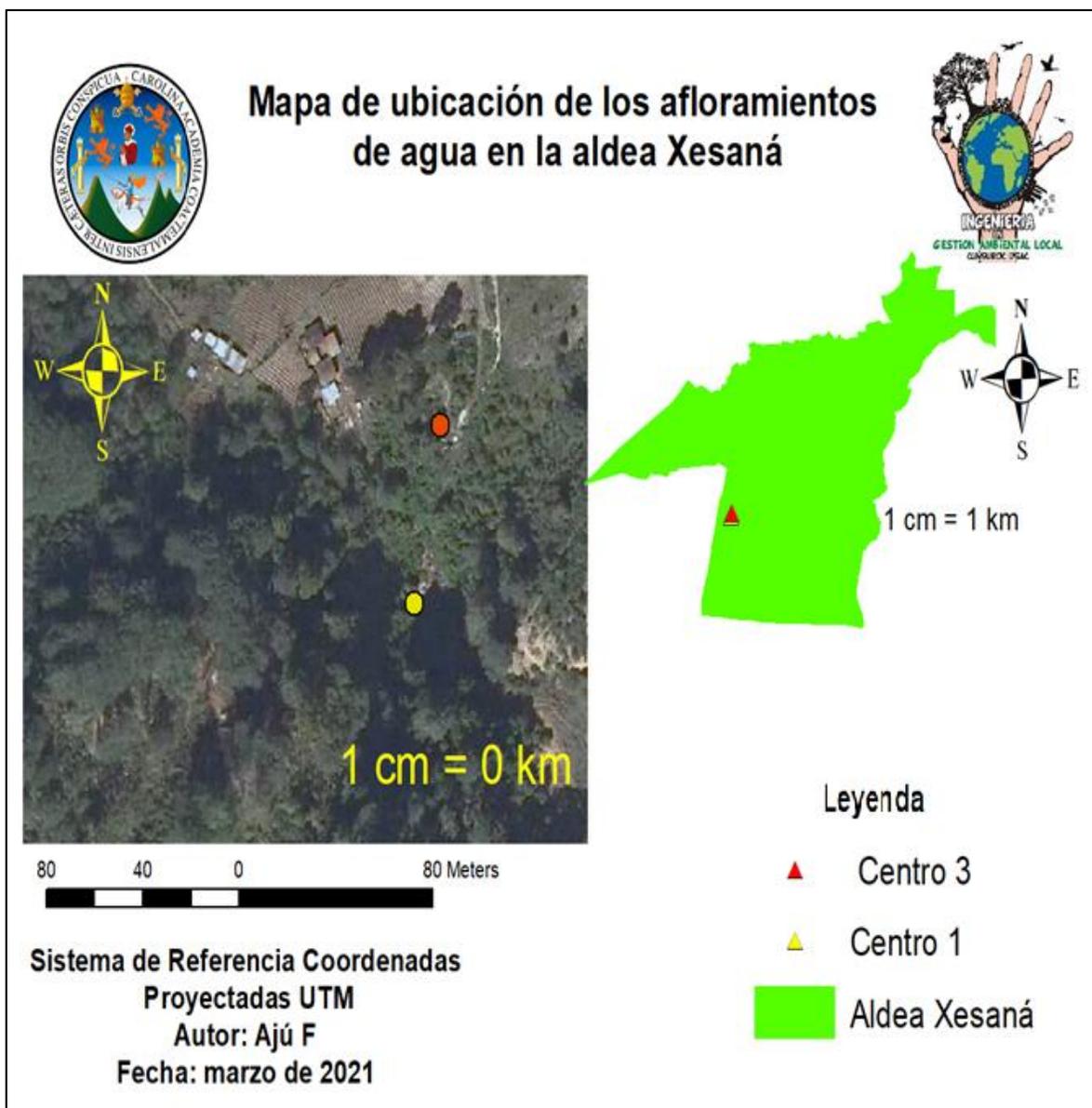


Figura 13. Ubicación de puntos de afloramiento Centro uno y dos, en la aldea Xesaná

Fuente: Con base a Shape MAGA 2006, programa Quantum GIS

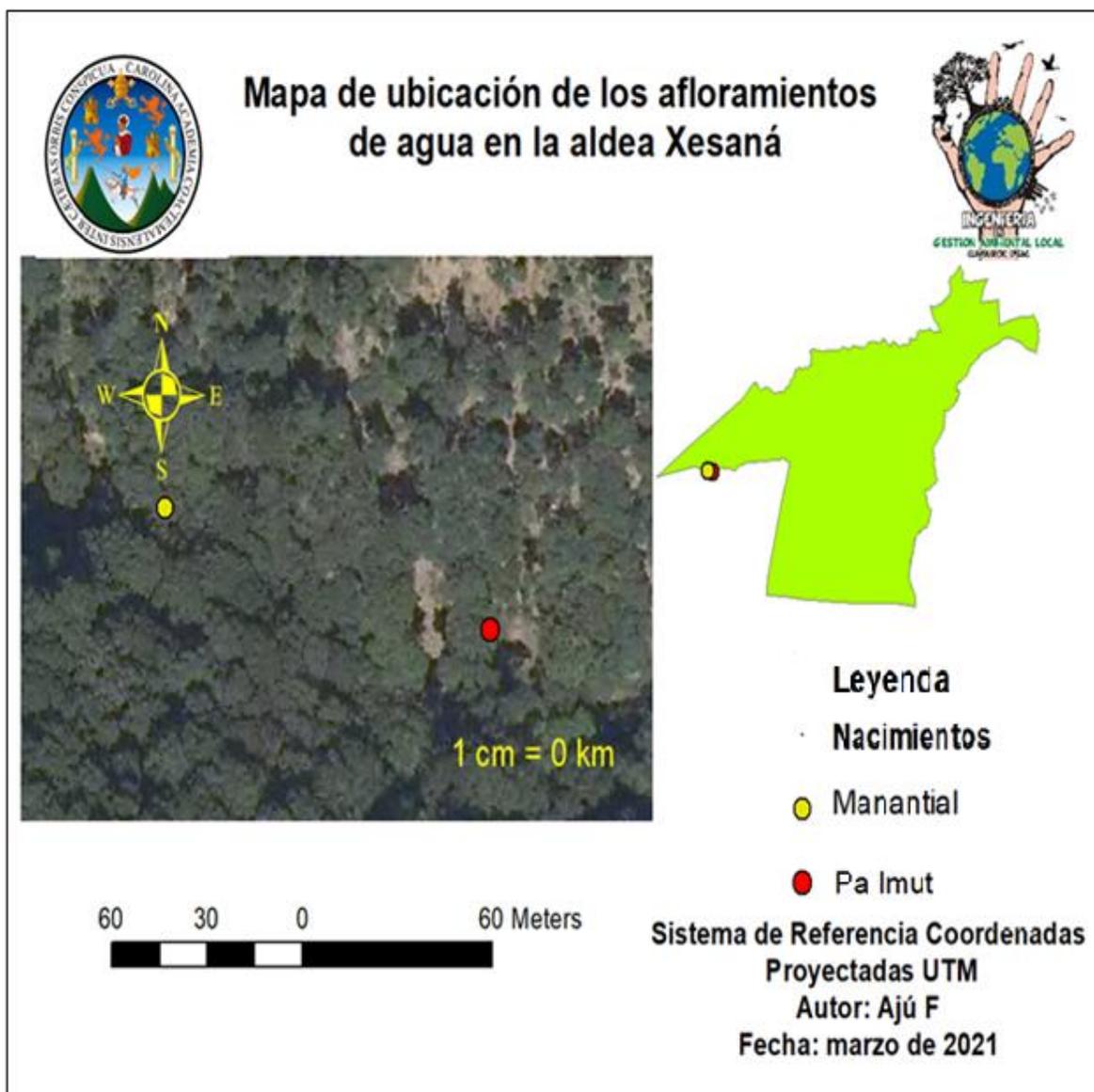


Figura 14. Ubicación de los afloramientos de agua Manantial y Pa Imut, aldea Xesaná

Fuente: Con base a Shape MAGA 2006, programa Quantum GIS

Tabla 8. Toma de datos con el método de aforo volumétrico

Nombre del nacimiento: Centro uno			
No. de Repetición	Tiempo S	Volumen L	Hora: 15: 40 PM
1	4.31	12	
2	5.35	13	
3	5.49	13	
4	5.10	13	
5	5.23	13	
6	4.57	12	
7	4.97	12.5	
TOTAL	35.02	88.5	

Procedimiento para encontrar el caudal (Q)

$$\frac{35.02 \text{ seg}}{7} = 5 \text{ seg}$$

$$\frac{88.5 \text{ lts}}{7} = 12.64 \text{ lts}$$

$$\frac{12.64 \text{ lts} \times 1\text{m}^3}{1000\text{lts}} = 0.01264 \text{ m}^3$$

$$Q = \frac{0.01264 \text{ m}^3}{5 \text{ seg}} = \mathbf{0.002528 \text{ m}^3/\text{seg}}$$

Tabla 9. Toma de datos del aforo volumétrico del nacimiento centro 3

Nombre del nacimiento: Centro 3			
No. de Repetición	Tiempo S	Volumen L	Hora: 15: 47 PM
1	25.3	2.25	
2	30.39	2.7	
3	34.45	3.1	
4	34.55	3.1	
5	35.08	3.1	
6	35.60	3.2	
7	31.51	3.75	
TOTAL	226.88	21.2	

Procedimiento para encontrar el caudal (Q)

$$\frac{226.88 \text{ seg}}{7} = 32.41 \text{ seg}$$

$$\frac{21.2 \text{ lts}}{7} = 3.03 \text{ lts}$$

$$\frac{3.03 \text{ lts} \times 1 \text{ m}^3}{1000 \text{ lts}} = 0.00303 \text{ m}^3$$

$$Q = \frac{0.00303 \text{ m}^3}{32.41 \text{ seg}} = \mathbf{0.000093 \text{ m}^3/\text{seg}}$$

Tabla 10. Toma de datos del aforo volumétrico del nacimiento Xecandelaria 1

Nombre del nacimiento: Xecandelaria 1			
No. de Repetición	Tiempo S	Volumen L	Hora: 8: 50 AM
1	9.79	19.8	
2	11.37	22	
3	10.21	21	
4	11	23	
5	10.78	20	
6	11	21	
7	12	23	
TOTAL	76.15	149.8	

Procedimiento para encontrar el caudal (Q)

$$\frac{76.15 \text{ seg}}{7} = 10.87 \text{ seg}$$

$$\frac{149.8 \text{ lts}}{7} = 21.4 \text{ lts}$$

$$\frac{21.4 \text{ lts} \times 1\text{m}^3}{1000\text{lts}} = 0.0214 \text{ m}^3$$

$$Q = \frac{0.0214 \text{ m}^3}{10.87 \text{ seg}} = \mathbf{0.0019 \text{ m}^3/\text{seg}}$$

Tabla 11. Toma de datos del aforo volumétrico del nacimiento Xecandelaria 2

Nombre del nacimiento: Xecandelaria 2			
No. de Repetición	Tiempo S	Volumen L	Hora: 15: 40 PM
1	21	10.60	
2	20	9.45	
3	22	11.28	
4	23	10.60	
5	21	11	
6	21	12	
7	29	11.19	
TOTAL	147	76.12	

Procedimiento para encontrar el caudal (Q)

$$\frac{76.12 \text{ seg}}{7} = 10.87 \text{ seg}$$

$$\frac{140 \text{ lts}}{7} = 20 \text{ lts}$$

$$\frac{21 \text{ lts} \times 1\text{m}^3}{1000\text{lts}} = 0.021 \text{ m}^3$$

$$Q = \frac{0.021 \text{ m}^3}{10.87 \text{ seg}} = \mathbf{0.0019 \text{ m}^3/\text{seg}}$$

Tabla 12. Toma de datos del aforo volumétrico del nacimiento Xecandelaria 3

Nombre del nacimiento: Xecandelaria 3			
No. de Repetición	Tiempo S	Volumen L	Hora: 9:25 AM
1	82.2	14	
2	89.4	16	
3	85.2	15	
4	85.8	15	
5	85.8	15	
6	90	16	
7	82.2	13	
TOTAL	600.6	104	

Procedimiento para encontrar el caudal (Q)

$$\frac{600.6 \text{ seg}}{7} = 85.8 \text{ seg}$$

$$\frac{104 \text{ lts}}{7} = 14.86 \text{ lts}$$

$$\frac{14.86 \text{ lts} \times 1\text{m}^3}{1000\text{lts}} = 0.01486 \text{ m}^3$$

$$Q = \frac{0.01486 \text{ m}^3}{85.8 \text{ seg}} = \mathbf{0.0001 \text{ m}^3/\text{seg}}$$

Tabla 13. Toma de datos del aforo volumétrico del nacimiento Xecandelaria 4

Nombre del nacimiento: Xecandelaria 4			
No. de Repetición	Tiempo S	Volumen L	Hora:
1	22.86	20.12	
2	22.41	19.8	
3	22.00	19.3	
4	21.41	19	
5	21.80	19.2	
6	23.14	21	
7	23.65	21	
TOTAL	157.27	139.42	

Procedimiento para encontrar el caudal (Q)

$$\frac{157.27 \text{ seg}}{7} = 22.46 \text{ seg}$$

$$\frac{139.42 \text{ lts}}{7} = 19.92 \text{ lts}$$

$$\frac{19.92 \text{ lts} \times 1\text{m}^3}{1000\text{lts}} = 0.01992 \text{ m}^3$$

$$Q = \frac{0.01992 \text{ m}^3}{22.46 \text{ seg}} = \mathbf{0.0008 \text{ m}^3/\text{seg}}$$

Tabla 14. Toma de datos del aforo volumétrico del nacimiento Manantial

Nombre del nacimiento: Manantial			
No. de Repetición	Tiempo S	Volumen L	Hora: 15: 40 PM
1	82.3	3.6	
2	84	4	
3	81.4	4	
4	84.5	4.5	
5	78.6	3.7	
6	87	3.9	
7	84	5	
TOTAL	581.8	27.7	

Procedimiento para encontrar el caudal (Q)

$$\frac{581.8 \text{ seg}}{7} = 83.11 \text{ seg}$$

$$\frac{27.7 \text{ lts}}{7} = 3.95 \text{ lts}$$

$$\frac{3.95 \text{ lts} \times 1\text{m}^3}{1000\text{lts}} = 0.00395\text{m}^3$$

$$Q = \frac{0.00395 \text{ m}^3}{83.11 \text{ seg}} = \mathbf{0.00004 \text{ m}^3/\text{seg}}$$

Tabla 15. Toma de datos del aforo volumétrico del nacimiento Xecamposanto 1

Nombre del nacimiento: Xecamposanto 1			
No. de Repetición	Tiempo S	Volumen L	Hora:
1	24.2	2.4	
2	29.40	2.3	
3	33.50	2.9	
4	30.20	2.6	
5	34.76	2.6	
6	35.34	2.8	
7	33.15	2.7	
TOTAL	220.55	18.3	

Procedimiento para encontrar el caudal (Q)

$$\frac{220.55 \text{ seg}}{7} = 31.50 \text{ seg}$$

$$\frac{18.3 \text{ lts}}{7} = 2.61 \text{ lts}$$

$$\frac{2.61 \text{ lts} \times 1\text{m}^3}{1000\text{lts}} = 0.00261\text{m}^3$$

$$Q = \frac{0.00261 \text{ m}^3}{31.50 \text{ seg}} = \mathbf{0.00008 \text{ m}^3/\text{seg}}$$

Tabla 16. Toma de datos del aforo volumétrico del nacimiento Xecamposanto 2

Nombre del nacimiento: Xecamposanto 2			
No. de Repetición	Tiempo S	Volumen L	Hora:
1	88.21	1.5	
2	87.58	1.6	
3	89.10	1.6	
4	86.53	1.5	
5	90.11	1.6	
6	89.66	1.5	
7	88	1.5	
TOTAL	619.19	10.8	

Procedimiento para encontrar el caudal (Q)

$$\frac{619.19 \text{ seg}}{7} = 88.45 \text{ seg}$$

$$\frac{10.8 \text{ lts}}{7} = 1.54 \text{ lts}$$

$$\frac{1.54 \text{ lts} \times 1 \text{ m}^3}{1000 \text{ lts}} = 0.0015 \text{ m}^3$$

$$Q = \frac{0.0015 \text{ m}^3}{88.45 \text{ seg}} = 0.00001 \text{ m}^3/\text{seg}$$

Tabla 17. Toma de datos del aforo volumétrico del nacimiento Xetuka'r

Nombre del nacimiento: Xetuka'r			
No. de Repetición	Tiempo S	Volumen L	Hora: 10.47 AM
1	27.13	13	
2	29.69	13	
3	28.41	13.3	
4	28.35	12.2	
5	29.79	13	
6	30.15	13	
7	30.67	13	
TOTAL	204.19	90.5	

Procedimiento para encontrar el caudal (Q)

$$\frac{204.19 \text{ seg}}{7} = 29.7 \text{ seg}$$

$$\frac{90.5 \text{ lts}}{7} = 12.93 \text{ lts}$$

$$\frac{12.93 \text{ lts} \times 1\text{m}^3}{1000\text{lts}} = 0.0129 \text{ m}^3$$

$$Q = \frac{0.0129 \text{ m}^3}{29.7 \text{ seg}} = \mathbf{0.0004 \text{ m}^3/\text{seg}}$$

Tabla 18. Toma de datos del aforo volumétrico del nacimiento Tij'bal ruqí'ya masat

Nombre del nacimiento: Tij'bal ruqí'ya masat			
No. de Repetición	Tiempo S	Volumen L	Hora: 11.00 AM
1	25.23	4	
2	31.21	4.5	
3	24.01	3.8	
4	25.04	3.9	
5	26.16	4	
6	23.62	3.5	
7	25.80	4	
TOTAL	181.07	27.7	

Procedimiento para encontrar el caudal (Q)

$$\frac{181.07 \text{ seg}}{7} = 25.86 \text{ seg}$$

$$\frac{27.7 \text{ lts}}{7} = 3.96 \text{ lts}$$

$$\frac{3.96 \text{ lts} \times 1\text{m}^3}{1000\text{lts}} = 0.00396 \text{ m}^3$$

$$Q = \frac{0.00396 \text{ m}^3}{25.86 \text{ seg}} = \mathbf{0.0001 \text{ m}^3/\text{seg}}$$

Tabla 19. Toma de datos del aforo volumétrico del nacimiento Regalo de Dios

Nombre del nacimiento: Regalo de Dios			
No. de Repetición	Tiempo S	Volumen L	Hora: 11:28 AM
1	28.07	3.5	
2	28.87	3.9	
3	30.75	4	
4	31.14	4.1	
5	30.19	4	
6	30.84	4	
7	28.94	3.9	
TOTAL	208.8	27.4	

Procedimiento para encontrar el caudal (Q)

$$\frac{208.8 \text{ seg}}{7} = 29.83 \text{ seg}$$

$$\frac{27.4 \text{ lts}}{7} = 3.91 \text{ lts}$$

$$\frac{3.91 \text{ lts} \times 1 \text{ m}^3}{1000 \text{ lts}} = 0.00391 \text{ m}^3$$

$$Q = \frac{0.00391 \text{ m}^3}{29.83 \text{ seg}} = \mathbf{0.00013 \text{ m}^3/\text{seg}}$$

Tabla 20. Toma de datos del aforo volumétrico del nacimiento Xi nik´aj Juyup

Nombre del nacimiento: Xi nik´aj Juyup			
No. de Repetición	Tiempo S	Volumen L	Hora: 11.40 AM
1	78.6	3.5	
2	82.2	3.9	
3	83.4	4	
4	87	4.4	
5	84	4	
6	84	4	
7	78.6	3.6	
TOTAL	577.8	27.4	

Procedimiento para encontrar el caudal (Q)

$$\frac{577.8 \text{ seg}}{7} = 82.54 \text{ seg}$$

$$\frac{27.4 \text{ lts}}{7} = 3.91 \text{ lts}$$

$$\frac{3.91 \text{ lts} \times 1\text{m}^3}{1000\text{lts}} = 0.00391 \text{ m}^3$$

$$Q = \frac{0.00391 \text{ m}^3}{82.54 \text{ seg}} = \mathbf{0.00004 \text{ m}^3/\text{seg}}$$

Tabla 21. Toma de datos del aforo volumétrico del nacimiento Palemop

Nombre del nacimiento: Palemop			
No. de Repetición	Tiempo S	Volumen L	Hora: 12:25 PM
1	11	4.6	
2	10.26	4.1	
3	10.71	4.5	
4	10.61	4.5	
5	11.50	4.7	
6	11.30	4.7	
7	10.72	4.6	
TOTAL	76.1	31.7	

Procedimiento para encontrar el caudal (Q)

$$\frac{76.1 \text{ seg}}{7} = 10.87 \text{ seg}$$

$$\frac{31.7 \text{ lts}}{7} = 4.53 \text{ lts}$$

$$\frac{4.53 \text{ lts} \times 1 \text{ m}^3}{1000 \text{ lts}} = 0.00453 \text{ m}^3$$

$$Q = \frac{0.00453 \text{ m}^3}{10.87 \text{ seg}} = \mathbf{0.00041 \text{ m}^3/\text{seg}}$$



**Universidad de San Carlos Guatemala
Centro Universitario De Suroccidente
Ingeniería en Gestión Ambiental Local**



Boleta para las características físicas del suelo en las áreas de los nacimientos, en la aldea Xesaná.

No. Boleta	1
Nombre del lugar	Xecamposanto
% Pendiente	
Materia orgánica	4 >5 cm
Drenaje	Bueno

Materia Orgánica

- 1 Ausente
- 2 <1 cm
- 3 1-5cm
- 4 >5cm

Drenaje

- 1 Excesivo
- 2 Bueno
- 3 Imperfecto
- 4 Pobre
- 5 Nulo o anegado

Observaciones

Tabla 22. Inventario forestal área de Xecamposanto, aldea Xesaná

No.	Nombre Común	Nombre Científico	DAP cm	Altura m	Condición Fitosanitaria
1	Encino de hojas pequeñas	quercus laurina	72	13.31	1
2	Pino blanco	pinus ayacahuite	233	17.75	6
3	Pino blanco	pinus ayacahuite	73	12.38	1
4	Pino blanco	pinus ayacahuite	169	25.53	1
5	Pino blanco	pinus ayacahuite	115	25	1
6	Pino blanco	pinus ayacahuite	269	31	1
7	Encino de hojas pequeñas	quercus laurina	82	25	1
8	Encino de hojas pequeñas	quercus laurina	139.5	31	1
9	Pino blanco	pinus ayacahuite	174	23	1
10	Pino blanco	pinus ayacahuite	212	34.2	1
11	Pino blanco	pinus ayacahuite	187	33.45	1

Tabla 23. Inventario forestal del área del Centro 1

No.	Nombre Común	Nombre Científico	DAP cm	Altura m	Condición Fitosanitaria
1	Aliso	alnus acuminata	13	6.5	1
2	Encino de hojas pequeñas	quercus laurina	55	8.64	1

Tabla 24. Inventario forestal del área del Centro 3

No.	Nombre Común	Nombre Científico	DAP m	Altura m	Condición Fitosanitaria
1	Aliso	alnus acuminata	160	24.15	1
2	Encino de hojas pequeñas	quercus laurina	174	19.33	1

Tabla 25. Inventario forestal del área de Xecandelaria 1,2,3 y 4

No.	Nombre Común	Nombre Científico	DAP cm	Altura m	Condición Fitosanitaria
1	Ciprés	cupressus lusitánica	65	22.6	1
2	Ciprés	cupressus lusitánica	67.5	19.5	1
3	Ciprés	cupressus lusitánica	95	18	1
4	Ciprés	cupressus lusitánica	62.5	14	1
5	Ciprés	cupressus lusitánica	101	16	2
6	Pino rojo	pinus oocarpa	66	19	1
7	Pino rojo	pinus oocarpa	62	6.2	1
8	Cipres	cupressus lusitánica	88	6.58	1
9	Cipres	cupressus lusitánica	74.4	12	1
10	pino blanco	pinus ayacahuite	87	4	1
11	Pino blanco	pinus ayacahuite	38.5	16	1
12	Ciprés	cupressus lusitánica	158	14.5	1
13	Ciprés	cupressus lusitánica	100	15	1
14	Ciprés	cupressus lusitánica	88	23.08	1
15	Aliso blanco	alnus rhombifolia	96	18.7	1
16	Ciprés	cupressus lusitánica	71	24.5	1
17	Pino blanco	pinus ayacahuite	354	27.4	1
18	Ciprés	cupressus lusitánica	110	17.7	1
19	Aliso blanco	alnus rhombifolia	228	14.3	1
20	Ciprés	cupressus lusitánica	81.5	18.18	1
21	Ciprés	cupressus lusitánica	101	19.82	1
22	Pino blanco	pinus ayacahuite	65	17.4	1
23	Pino blanco	pinus ayacahuite	38	13.82	1
24	Pino blanco	pinus ayacahuite	72.5	21.91	1
25	Pino blanco	pinus ayacahuite	34	22.02	1

Tabla 26. Inventario forestal del área de Xecandelaria 1,2,3 y 4

No.	Nombre Común	Nombre Científico	DAP cm	Altura m	Condición Fitosanitaria
1	Pino blanco	pinus ayacahuite	46	14	1
2	Pino blanco	pinus ayacahuite	60	23	1
3	Pino rojo	pinus oocarpa	14	23	1
4	Pino blanco	pinus ayacahuite	50	28	1
5	Cipres	cupressus lusitanica	94.5	6.9	1
6	Ciprés	cupressus lusitanica	57.5	16.5	1
7	Ciprés	cupressus lusitanica	51.4	14.71	1
8	Ciprés	cupressus lusitanica	129.5	14.7	1
9	Aliso blanco	alnus rhombifolia	72.5	17.5	1
10	Ciprés	cupressus lusitanica	111.5	26	1
11	Cipres	cupressus lusitanica	104.5	24.5	1
12	Cipres	cupressus lusitanica	83.5	28.75	1
13	Aliso blanco	alnus rhombifolia	60	31.25	1

Tabla 27. Inventario forestal del área de Pa Imut

No.	Nombre Común	Nombre Científico	DAP cm	Altura m	Condición Fitosanitaria
1	Encino de hojas pequeñas	quercus laurina	265	34	1
2	Encino de hojas pequeñas	quercus laurina	278	36	1
3	Encino de hojas pequeñas	quercus laurina	273	33	1

Tabla 28. Inventario forestal del área de Manantial

No.	Nombre Común	Nombre Científico	DAP cm	Altura m	Condición Fitosanitaria
1	Encino de hojas pequeñas	quercus laurina	260	35	1
2	Encino de hojas pequeñas	quercus laurina	280	36	1
3	Encino de hojas pequeñas	quercus laurina	270	34	1
4	Encino de hojas pequeñas	quercus laurina	255	37	1
5	Encino de hojas pequeñas	quercus laurina	240	33	1
6	Encino de hojas pequeñas	quercus laurina	278	34	1

Tabla 29. Inventario forestal del área de Niq'aj tak juyup

No.	Nombre Común	Nombre Científico	DAP m	Altura m	Condición Fitosanitaria
1	Aliso blanco	alnus rhombifolia	83	20.32	1

Tabla 30. Inventario forestal del área de Tij bal ruq'íya masat

No.	Nombre Común	Nombre Científico	DAP cm	Altura m	Condición Fitosanitaria
1	Aliso	alnus rhombifolia	37	6.1	1

- En el área de Xecamposanto se tabularon 11 árboles en el área del nacimiento.



Figura 15. Área Xecamposanto, aldea Xesaná Santa María Chiquimula

Fuente: Pú, J. 2021

- El área Regalo de dios y Xi ni k'aj juyup no cuenta con árboles forestales



Figura 16. Área Regalo de Dios y Xi ni K'aj juyup, aldea Xesaná Santa María Chiquimula

Fuente. Pú, J. 20121

- En el área Tij bal ruq'íya masat solamente se encontró un árbol forestal de aliso



Figura 17. Área Tij bal ruq'íya masat, aldea Xesaná Santa María Chiquimula

Fuente: Pú, J. 2021

- En el área Niq'aj tak juyub' en el área se observa la degradación y solamente cuenta con un árbol.



Figura 18. Área de Niq'aj tak juyub', aldea Xesaná Santa María Chiquimula

Fuente: Ajú, F. 2021.

- En el área de Centro 1 se observa la pendiente del terreno y la falta de masa boscosa contribuye a la degradación del suelo, con ello la falta de infiltración y retención de agua



Figura 19. Área del Centro uno, aldea Xesaná Santa María Chiquimula

Fuente: Pú, J. 2021

- El área de Centro 3 cuenta con 2 árboles forestales, en donde es evidente la falta de conciencia para la conservación del área.



Figura 20. Área del Centro tres, aldea Xesaná Santa María Chiquimula

Fuente: Pú J. 2021

- El área de Palemop no cuenta con cobertura forestal



Figura 21. Área de Palemop, aldea Xesaná Santa María Chiquimula

Fuente: Pú, J. 2021



Mazatenango Suchitepéquez, 29 de julio de 2022

MSc. Karen Rebeca Pérez Cifuentes
Coordinadora de Carrera
Ingeniería en Gestión Ambiental Local
Centro Universitario de Suroccidente

Respetable MSc. Pérez Cifuentes:

Muy respetuosamente me dirijo a usted, para presentarle el informe final de la investigación inferencial titulado: "Evaluación de las condiciones actuales de la fuentes de recurso hídrico de la aldea Xesaná, Santa María Chiquimula, Totonicapán", presentado por el estudiante Federico Ajú López con carné número 201341603, dentro del programa de Ejercicio Profesional Supervisado de la carrera de ingeniería en Gestión ambiental Local -EPSIGAL-.

Este documento se presenta para que de acuerdo con el artículo seis, inciso 6.4 del normativo de Trabajo de Graduación, pueda a través de sus buenos oficios darse el procedimiento para poder ser considerado como Trabajo de graduación, para la obtención del título de Ingeniero en Gestión Ambiental Local.

Sin otro particular,

Atentamente

"ID Y ENSEÑADA A TODOS"

MSc. Celso González Morales
Supervisor EPSIGAL
Ingeniería en Gestión Ambiental Local
CUNSUROC

Mazatenango 05 octubre 2022

MSc. Lcda. Karen Rebeca Pérez Cifuentes
Coordinadora de Carrera
Ingeniería en Gestión Ambiental Local
Centro Universitario de Sur Occidente

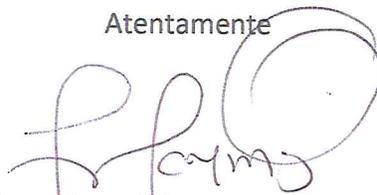
Estimada Maestra Pérez:

Muy respetuosamente me dirijo a usted, para manifestarle que de acuerdo con el artículo 9, del Normativo de Trabajo de Graduación, de la carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local, he realizado la revisión y observaciones de la investigación titulada **“Evaluación de las condiciones actuales de las fuentes de recurso hídrico de la aldea Xesaná, Santa María Chiquimula, Totonicapán”**, presentada por el estudiante: **Federico Ajú López**, quien se identifica con número de carné 201341603.

Por lo tanto, en mi calidad de revisora le informo que después de realizar el proceso para el cual fui asignada y luego de verificar la incorporación de las observaciones a la investigación, procedo a dar visto bueno al documento para que continúe el proceso respectivo.

Con altas muestras de estima y respeto.

Atentamente



Inga. Agra. Mirna Lucrecia Vela
Supervisora de EPSIGAL
Ingeniería en Gestión Ambiental Local



Mazatenango 29 de marzo, 2023

Lic. Luis Carlos Muñoz López
Director en Funciones
Centro Universitario del Suroccidente

Respetable Señor Director:

De la manera más atenta, me dirijo a usted para referirle el Informe Final de Trabajo de Graduación titulado "**Evaluación de las condiciones actuales de las fuentes de recurso hídrico de la aldea Xesaná, Santa María Chiquimula, Totonicapán**", del estudiante **Federico Ajú López** carné número **201341603**, de la Carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local.

Con base en el dictamen favorable emitido y suscrito por el revisor del informe, el cual fue corregido de acuerdo a las recomendaciones indicadas.

Por lo tanto, en mi calidad de Coordinadora de la Carrera, me permito solicitarle el **IMPRÍMASE** respectivo para que el estudiante continúe con el proceso de mérito y pueda presentarlo en el Acto Público de Graduación.

Sin otro particular

MSc. Karen Rebeca Pérez Cifuentes
Coordinadora de Carrera
Ingeniería en Gestión Ambiental Local
CUNSUROC





UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DEL SUR OCCIDENTE
MAZATENANGO, SUCHITEPEQUEZ
DIRECCIÓN DEL CENTRO UNIVERSITARIO

CUNSUROC/USAC-I-37-2023

DIRECCION DEL CENTRO UNIVERSITARIO DEL SUROCCIDENTE,
Mazatenango, Suchitepéquez, el tres de mayo de dos mil veintitrés-----

Encontrándose agregados al expediente los dictámenes del Asesor y Revisor, se autoriza la impresión del Trabajo de Graduación Titulado: **“EVALUACIÓN DE LAS CONDICIONES ACTUALES DE LAS FUENTES DE RECURSO HÍDRICO DE LA ALDEA XESANÁ, SANTA MARÍA CHIQUIMULA, TOTONICAPÁN”** del estudiante: **Federico Ajú López. Carné 201341603. CUI: 2202 98335 1017** de la Carrera Ingeniería en Gestión Ambiental Local.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

M.A. Luis Carlos Muñoz López
Director



/gris