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

VALORACIÓN ECONÓMICA DEL AGUA DE USO DOMÉSTICO EN EL CASCO URBANO DE SAN JUAN ERMITA, PROVENIENTE DE LA MICROCUENCA DEL RÍO CARCAJ, MUNICIPIO DE SAN JUAN ERMITA, DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA, GUATEMALA, 2017

LINDA MARÍA VALDÉS CERVANTES

CHIQUIMULA, GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2017

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

VALORACIÓN ECONÓMICA DEL AGUA DE USO DOMÉSTICO EN EL CASCO URBANO DE SAN JUAN ERMITA, PROVENIENTE DE LA MICROCUENCA DEL RÍO CARCAJ, MUNICIPIO DE SAN JUAN ERMITA, DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA, GUATEMALA, 2017

TRABAJO DE GRADUACIÓN

Sometido a consideración del Honorable Consejo Directivo

Por

LINDA MARÍA VALDÉS CERVANTES

Al conferírsele el título de

INGENIERA EN GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL

En el grado académico de

LICENCIADA

CHIQUIMULA, GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2017

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

RECTOR
Dr. CARLOS GUILLERMO ALVARADO CEREZO

CONSEJO DIRECTIVO

Presidente:	M.Sc. Nery Waldemar Galdámez Cabrera
Representante de Profesores:	M.Sc. José Leonidas Ortega Alvarado
Representante de Profesores:	Lic. Zoot. Mario Roberto Suchini Ramírez
Representante de Graduados:	Lic. Zoot. Oscar Augusto Guevara Paz
Representante de Estudiantes:	P.C. Diana Laura Guzmán Moscoso
Representante de Estudiantes:	M.E.P. José Roberto Martínez Lemus
Secretaria:	Licda. Marjorie Azucena González Cardona

AUTORIDADES ACADÉMICAS

Coordinador Académico:	Ing. Agr. Edwin Filiberto Coy Cordón
Coordinador de Carrera:	MSc. José Ramiro García Álvarez

ORGANISMO COORDINADOR DE TRABAJOS DE GRADUACIÓN

Presidente: MSc. José Ramiro García Álvarez
Secretario: M.A. Sandra Jeannette Prado Díaz
Vocal: MSc. Fredy Samuel Coronado López

TERNA EVALUADORA

Ing. Víctor Augusto Sandoval Roque
MSc. Fredy Samuel Coronado López
MA. Hugo David Cordón y Cordón

Guatemala, noviembre de 2017.

Señores:
Consejo Directivo
Centro Universitario de Oriente
Ciudad de Chiquimula

Honorable 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: **"VALORACIÓN ECONÓMICA DEL AGUA DE USO DOMESTICO EN EL CASCO URBANO DE SAN JUAN ERMITA, PROVENIENTE DE LA MICROCUENCA DEL RÍO CARCAJ, MUNICIPIO DE SAN JUAN ERMITA, DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA, GUATEMALA, 2017"**, como requisito previo optar el título de Ingeniera en Gestión Ambiental Local, en el grado académico de Licenciada.

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

Atentamente:

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Linda María Valdés Cervantes

REF- JRGA-GAL-02-2017
Chiquimula, Octubre de 2016.

MSc. Nery Waldemar Galdámez Cabrera
Director CUNORI
Chiquimula, Ciudad

Respetable Licenciado Galdámez:

En atención a la designación efectuada por el Programa de Trabajos de Graduación de la Carrera de Gestión Ambiental Local, para asesorar a la estudiante **Linda María Valdés Cervantes** en el trabajo de investigación denominado **"VALORACIÓN ECONÓMICA DEL AGUA DE USO DOMESTICO EN EL CASCO URBANO DE SAN JUAN ERMITA, PROVENIENTE DE LA MICROCUENCA DEL RÍO CARCAJ, MUNICIPIO DE SAN JUAN ERMITA, DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA, GUATEMALA, 2017",** tengo el agrado de dirigirme a usted, para informarle que he procedido a asesorar y orientar al sustentante, sobre el contenido de dicho trabajo.

En mi opinión, el trabajo presentado reúne los requisitos exigidos por las normas pertinentes; razón por la cual, recomiendo la aprobación del informe final para su discusión en el Examen General Público, previo a optar al título de Ingeniera en Gestión Ambiental Local , en el Grado Académico de Licenciada.

Atentamente,

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

MSc. José Ramiro García Alvarez
Asesor

cc. Archivo

CUNORI
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

D-TG-AT-142/2017

EL INFRASCRITO DIRECTOR DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, POR ESTE MEDIO HACE CONSTAR QUE: Conoció el Trabajo de Graduación que efectuó la estudiante **LINDA MARÍA VALDÉS CERVANTES** titulado **"VALORACIÓN ECONÓMICA DEL AGUA DE USO DOMÉSTICO EN EL CASCO URBANO DE SAN JUAN ERMITA, PROVENIENTE DE LA MICROCUENCA DEL RÍO CARCAJ, MUNICIPIO DE SAN JUAN ERMITA, DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA, GUATEMALA, 2017",** trabajo que cuenta con el aval de su Revisor y Coordinador de Trabajos de Graduación, de la carrera de Gestión Ambiental Local. Por tanto, la Dirección del CUNORI con base a las facultades que le otorga las Normas y Reglamentos de Legislación Universitaria **AUTORIZA** que el documento sea publicado como **Trabajo de Graduación** a Nivel de Licenciatura, previo a obtener el título de **INGENIERA EN GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL.**

Se extiende la presente en la ciudad de Chiquimula, a diez de noviembre de dos mil diecisiete.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Universidad de San Carlos de Guatemala
Centro Universitario de Oriente
Chiquimula
Dirección

M.Sc. Nery Waldemar Galdámez Cabrera
DIRECTOR
CUNORI – USAC

c.c. Archivo
NWGC/ars

ACTO QUE DEDICO

A DIOS

Por darme la vida, por ser mí guía y protector en todo momento, así también ayudarme en cada una de las decisiones que he tomado, porque gracias a Él estoy culminando una etapa más.

A MIS PADRES

Sergio Donaldo Valdés Villela y Teresita de Jesús Cervantes Lemus, por estar conmigo en cada momento, por ser mi apoyo para alcanzar todas mis metas y brindarme un cariño incondicional siempre, son personas muy importantes para mí y siempre recordaré sus sabios consejos. Son mi ejemplo a seguir y quienes me impulsan a seguir adelante Los amo demasiado.

A MI HERMANA

María Magdalena Valdés Cervantes por acompañarme siempre en todos los momentos importantes de mi vida.

A MI SOBRINA

Andrea Valeria, por ser parte de mis alegrías, espero ser su ejemplo a seguir.

A MIS ABUELOS

Carlos Alberto Valdés, Magdalena Villela y José María Cervantes, porque sé que desde el cielo me han cuidado, me han guiado y han celebrado cada uno de mis triunfos, a María Herlinda Lemus, gracias por estar siempre al pendiente de mí, por su cariño y consejos.

A MIS TIOS

Por ser parte de mi vida, por el apoyo y los buenos momentos vividos, especialmente a Manuel Eduardo Álvarez y Nancy Veraliz Cervantes, por ser mí ejemplo a seguir y por todo el apoyo brindado, los quiero mucho.

A MIS PRIMOS

Por todos los gratos momentos vividos, siempre los llevo en el corazón, especialmente a Manuel Eduardo, Maríajosé y Veraliz Alvarez Cervantes, porque llenan de alegría mis días, son parte importante en mi vida.

A MIS AMIGOS

Por todos los buenos momentos compartidos, les agradezco la amistad brindada, por estar siempre para mí y darme todo el apoyo que he necesitado. Especialmente Dihanne Palacios, Miguel Osorio, Raúl Suchini y Rubén Jordán por estar siempre conmigo.

A MIS COMPAÑEROS

Por su amistad y compañía a lo largo de estos años de formación académica, por cada uno de esos buenos momentos vividos que siempre serán recordados. Especialmente a Elsa María Ponce y Dulce María Moreira, por esa amistad de años, donde hemos compartido gratos momentos.

AGRADECIMIENTOS ESPECIALES

AL CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE –CUNORI-	Por abrirme sus puertas para brindarme la oportunidad de prepararme profesionalmente, siempre pondré su nombre en alto.
A LA CARRERA DE INGENIERÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL	Porque me abrió las puertas de sus aulas brindándome todas las herramientas necesarias para poder alcanzar mi vida profesional.
A MIS CATEDRATICOS	Por sus enseñanzas y haber ampliado mis conocimientos, gracias por el apoyo y la paciencia brindada durante mi etapa de formación.
A MIS ASESORES	MSc. José Ramiro García, Lic. Abner Mardoqueo Rodas e Ing. Luisa María Linares por todo el apoyo, tiempo, paciencia, dedicación y orientación durante el proceso de elaboración de este trabajo y enseñanzas brindadas para ampliar mis conocimientos. Fueron fundamentales para la elaboración de este trabajo, gracias.

A MIS EVALUADORES	M.A. Hugo Cordón, MSc. Fredy Coronado e Ing. Víctor Sandoval por las sugerencias y aportes brindados durante la realización de este documento.
A MIS PADRINOS	Ing. Manuel Eduardo Álvarez, Lic. Marlon Valdés y Licda. Marlen Pineda por el apoyo brindado durante esta etapa de formación en mi vida.
AL ING. MARIO ORLANDO LEMUS	Por el gran apoyo brindado para que fuera posible llevar acabo esta investigación en el municipio de San Juan Ermita.
A LA MUNICIPALIDAD DE SAN JUAN ERMITA	Por haberme brindado la información necesaria para la realización de este trabajo.
AL LIC. LUIS VÁSQUEZ	Por su apoyo, disposición y orientación brindada en el momento de la elaboración del análisis estadístico.
A MI PADRE	Por el apoyo brindado en la fase de campo, por tus sabios consejos y por siempre apoyarme en mis decisiones.
A OSCAR GONZALO CORDÓN ORRELLA	Por su apoyo y comprensión en esta última etapa de mi formación profesional y por los consejos brindados. Gracias.

A TODAS Y TODOS

Que de una u otra manera colaboraron y apoyaron en la realización de esta investigación.

ÍNDICE GENERAL

Contenido **Página**

ÍNDICE GENERAL i

ÍNDICE DE CUADROS vii

ÍNDICE DE GRÁFICAS x

ÍNDICE DE FIGURAS xiv

RESUMEN xv

INTRODUCCIÓN 1

2. ANTECENDENTES 3

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 5

4. JUSTIFICACIÓN 8

5. OBJETIVOS 10

5.1. General 10

5.2. Específicos 10

6. MARCO TEÓRICO 11

6.1. Importancia del recurso hídrico 11

6.2. Importancia del agua para uso doméstico 11

6.3. Importancia del agua para consumo humano 12

6.4. Índice de calidad de agua -ICA- 13

6.5. Caudal del agua 14

6.6. Importancia de la valoración económica de los servicios ambientales 15

6.7. Importancia del valor económico del recurso hídrico 15

6.8. Evolución del concepto económico del agua potable 16

6.9. Representación esquemática del ciclo urbano del agua 18

6.10. Evolución del consumo de agua a nivel mundial 20
6.11. Consideraciones políticas y legales con respecto a la valoración económica del recurso hídrico 22
6.12. El rol de la valoración económica en la gestión del recurso hídrico 24
6.13. Métodos de valoración económica para el recurso hídrico 25
6.13.1. Precio de mercado 25
6.13.2. Mercados experimentales 26
6.13.3. Valoración contingente 26
6.13.4. Costos evitados 27
6.13.5. Coste del viaje 27
6.13.6. Precios hedónicos 27
6.14. Aspectos conceptuales relacionados con la valoración contingente 27
6.15. Pago por servicios ambientales 29
7. MARCO REFERENCIAL 31
7.1. Ubicación y localización del área de estudio 31
7.2. Zonas de vida 31
7.6. Extensión 32
7.7. Suelo 33
7.8. Investigaciones relacionadas con el tema 34
7.8.1. Valoración económica de los servicios hidrológicos: subcuenca del río Teculután 34
7.8.2. Valoración económica de los servicios ambientales en tres microcuencas del corredor seco de Guatemala 35

7.8.3. Valoración económica del recurso agua en la comunidad Frijolares Güinope, Honduras 36
7.8.4. Valoración económica del agua utilizada en la unidad de riego “La Fragua”, Zacapa, Guatemala 36
7.8.5. Valoración económica del agua de uso doméstico en la Villa de Quezaltepeque, proveniente de la microcuenca del río La Conquista, Guatemala 37
8. MARCO METODOLÓGICO 38
8.1. Determinación del área de estudio 38
8.2. Servicio ambiental a valorar 38
8.3. Método de valoración 38
8.4. Determinación de la muestra 39
8.5. Selección de la muestra 40
8.6. Variables a estudiar 40
8.7. Formulación de la encuesta 41
8.8. Análisis de la información. 42
8.9. Establecimiento de los puntos de muestreo de agua 42
8.10. Recolección de muestra 43
8.11. Análisis de los parámetros de calidad del agua: mediciones en campo 43
8.12. Preservación de las muestras de agua 43
8.13. Transporte de las muestras de agua 44
8.14. Parámetros a evaluar 44
8.15. Método de análisis para los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de la calidad del agua 44

8.16. Estimación del Índice de Calidad del Agua (ICA) 44
8.16.1. Cálculo del Índice de Calidad del Agua General 45
8.17. Determinación de caudales 48
8.18. Análisis de la información del Índice de Calidad del Agua 49
8.19. Análisis costo-eficiencia 50
8.20. Planteamiento de escenarios 50
9. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 52
9.1. Análisis de las condiciones del servicio e importancia del agua 52
9.2. Análisis de la importancia del manejo sostenible del recurso hídrico y la disposición a pagar 56
9.3. Análisis de las características socioeconómicas 60
9.4. Análisis de la contingencia de las variables disposición a pagar (DAP) y edad 65
9.5. Análisis de la contingencia de las variables disposición a pagar (DAP) y escolaridad 67
9.6. Análisis de la contingencia de las variables disposición a pagar (DAP) y género 69
9.7. Análisis de la contingencia de las variables disposición a pagar (DAP) e ingresos 70
9.8. Análisis de la contingencia de las variables disposición a pagar (DAP) y percepción de la calidad del agua 72
9.9. Análisis de la contingencia de las variables monto con disposición a pagar (DAP) y edad 73

9.10. Análisis de la contingencia de las variables monto con disposición a pagar (DAP) y escolaridad 75
9.11. Análisis de la contingencia de las variables monto con disposición a pagar (DAP) y género 76
9.12. Análisis de la contingencia de las variables monto con disposición a pagar (DAP) e ingresos 78
9.13. Estimación del valor económico del agua que llega a los domicilios de San Juan Ermita 79
9.14. Determinación de la calidad del agua 80
9.15. Parámetros físicos, químicos y microbiológicos evaluados en el agua que abastece al casco urbano de San Juan Ermita 81
9.15.1. Potencial de hidrógeno (pH) 83
9.15.2. Conductividad eléctrica 84
9.15.3. Dureza 85
9.15.4. Fosfatos PO_4^{-3} 86
9.15.5. Sulfatos SO_4^{-2} 87
9.15.6. Nitritos NO_2^- 88
9.15.7. Nitratos NO_3^- 89
9.15.8. Sólidos totales disueltos 90
9.15.9. Turbidez 91
9.15.10. Oxígeno disuelto 92
9.15.11. Porcentaje de saturación (%SAT) 93
9.15.12. Demanda biológica de oxígeno DBO_5 93
9.15.13. Temperatura °C 95

9.15.14. Bacterias coliformes fecales y coliformes totales 96
9.16. Determinación del Índice de Calidad del Agua (ICA) del servicio de agua del casco urbano de San Juan Ermita, proveniente de la microcuenca del río Carcaj, Chiquimula 2017 97
9.17. Índice de Calidad del Agua General - ICA- del agua que llega a los domicilios del casco urbano de San Juan Ermita, Chiquimula, 2017 98
9.17.1. Calidad del agua según criterios generales de uso 99
9.18. Determinación de los caudales en las fuentes de agua que abastecen a la cabecera municipal de San Juan Ermita, Chiquimula. 101
9.19. Análisis costo-eficiencia para la alternativa que sugirieron los usuarios del casco urbano para garantizar el servicio ambiental que presta la microcuenca del río Carcaj, San Juan Ermita. 102
9.19.1. Costo para reforestación de 200 ha, microcuenca del río Carcaj 103
CONCLUSIONES 105
RECOMENDACIONES 107
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 108
ANEXOS 115

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Contenido	Página
1.	Matriz para determinar la capacidad de uso del suelo municipio de San Juan Ermita, Chiquimula.	33
2.	Descripción de las categorías de CUT, del sistema USDA.	34
3.	Peso relativo para cada parámetro del -ICA-.	45
4.	Solubilidad de oxígeno en agua dulce.	47
5.	Cálculo del Índice de Calidad de Agua.	48
6.	Clasificación de la “ICA” propuesta por Brown (1970).	48
7.	Variables que determinaron las condiciones del servicio y la importancia del agua en el casco urbano del municipio de San Juan Ermita, Chiquimula, 2017.	52
8.	Resultado del análisis estadísticos con prueba de Chi-Cuadrado para las variables que determinan la importancia del manejo sostenible del recurso hídrico y la disposición a pagar por los usuarios del servicio de agua municipal del casco urbano del municipio de San Juan Ermita, Chiquimula 2017.	57
9.	Resultado del análisis estadísticos con Chi-Cuadrado para las características socioeconómicas en los usuarios del servicio de agua municipal del casco urbano del municipio de San Juan Ermita, Chiquimula 2017.	61
10.	Contingencia entre las variables disposición a pagar (DAP) y edad de usuarios de servicio municipal de agua de San Juan Ermita, Chiquimula 2017.	66
11.	Contingencia entre las variables disposición a pagar y el grado de escolaridad de los usuarios de servicio de agua del casco urbano del municipio de San Juan Ermita, Chiquimula 2017.	68

12. Contingencia entre las variables disposición a pagar y género de los usuarios de servicio de agua del casco urbano del municipio de San Juan Ermita, Chiquimula, 2017. 69
13. Contingencia para las variables disposición a pagar e ingreso por familia de los usuarios de servicio municipal de agua de San Juan Ermita, Chiquimula 2017. 71
14. Contingencia para las variables disposición a pagar y percepción de la calidad de agua que reciben de los usuarios de servicio municipal de agua de San Juan Ermita, Chiquimula 2017. 72
15. Contingencia entre las variables disposición a pagar y edad de los usuarios de servicio de agua del casco urbano del municipio de San Juan Ermita, Chiquimula 2017. 74
16. Contingencia entre las variables disposición a pagar y grado de escolaridad de los usuarios del servicio de agua del casco urbano de San Juan Ermita, Chiquimula 2017. 75
17. Contingencia entre las variables disposición a pagar y género de los usuarios del servicio de agua del casco urbano de San Juan Ermita, Chiquimula 2017. 76
18. Contingencia para las variables disposición a pagar y los ingresos por familia de los usuarios de servicio municipal de agua de San Juan Ermita, Chiquimula 2017. 78
19. Estimación del valor económico del servicio de agua para uso doméstico que brinda la municipalidad de San Juan Ermita, Chiquimula 2017. 80
20. Puntos de muestreo en las corrientes superficiales que abastecen de agua a la cabecera municipal de San Juan Ermita, microcuenca Carcaj, Chiquimula. 81

21. Parámetros físicos, químicos y microbiológicos de los seis domicilios establecidos en el casco urbano de San Juan Ermita, Chiquimula, 2017. 82
22. Calidad del agua de los hogares del casco urbano del municipio de San Juan Ermita, Chiquimula, 2017. 99
23. Calidad del agua según criterios generales de uso para cada punto establecido en la cabecera municipal de San Juan Ermita, Chiquimula 2017. 100
24. Caudales de las fuentes que abastecen de agua al casco urbano del municipio de San Juan Ermita, Chiquimula, 2017. 101
25. Resumen de los costos para reforestación y manejo de 200 ha. en la microcuenca del río Carcaj, San Juan Ermita, Chiquimula, 2017. 104

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica	Contenido	Página
1.	Horas que reciben agua domiciliar los usuarios del casco urbano del municipio de San Juan Ermita, Chiquimula, 2017.	54
2.	Percepción de la calidad del agua que reciben los usuarios del casco urbano del municipio de San Juan Ermita, Chiquimula, 2017.	55
3.	Institución que debe de estar a cargo de la protección y conservación de los bosques del municipio de San Juan Ermita, Chiquimula, 2017.	55
4.	Disposición a pagar de los usuarios del servicio de agua en el casco urbano del municipio de San Juan Ermita, 2017.	58
5.	Causas de la no disposición a pagar de los usuarios del servicio de agua del casco urbano del municipio de San Juan Ermita, Chiquimula 2017.	59
6.	Alternativas para garantizar la sustentabilidad del servicio ambiental que presta la microcuenca Carcaj del municipio de San Juan Ermita, Chiquimula 2017.	60
7.	Rango de edad de los usuarios del servicio de agua municipal en el casco urbano del municipio de San Juan Ermita, Chiquimula 2017.	63
8.	Escolaridad de los usuarios (entrevistados) del servicio de agua del casco urbano del municipio de San Juan Ermita, Chiquimula 2017.	64
9.	Ingresos de los hogares del casco urbano del municipio de San Juan Ermita, Chiquimula 2017.	65

10. Contingencia entre las variables disposición a pagar (DAP) y edad de los usuarios del servicio de agua del casco urbano del municipio de San Juan Ermita, Chiquimula 2017. 67
11. Contingencia entre las variables disposición a pagar y escolaridad de los usuarios del servicio de agua del casco urbano del municipio de San Juan Ermita, Chiquimula 2017. 68
12. Contingencia entre las variables disposición a pagar y género de los usuarios del servicio de agua del casco urbano del municipio de San Juan Ermita, Chiquimula 2017. 70
13. Contingencia entre las variables disposición a pagar e ingresos de los usuarios del servicio de agua del casco urbano del municipio de San Juan Ermita, Chiquimula 2017. 71
14. Contingencia entre las variables disposición a pagar y percepción de la calidad del agua del casco urbano del municipio de San Juan Ermita, Chiquimula 2017. 73
15. Contingencia entre las variables monto con disposición a pagar y edad de los usuarios del servicio de agua del casco urbano del municipio de San Juan Ermita, Chiquimula 2017. 74
16. Contingencia entre las variables monto con disposición a pagar y grado de escolaridad de los usuarios del servicio de agua del casco urbano del municipio de San Juan Ermita, Chiquimula 2017. 76

17. Contingencia entre las variables monto con disposición a pagar y género de los usuarios del servicio de agua del casco urbano del municipio de San Juan Ermita, Chiquimula 2017. 77
18. Contingencia entre las variables monto con disposición a pagar e ingresos de los usuarios del servicio de agua del casco urbano del municipio de San Juan Ermita, Chiquimula 2017. 79
19. Potencial de hidrógeno del agua del sistema de abastecimiento del casco urbano del municipio de San Juan Emita, Chiquimula, 2017. 83
20. Conductividad eléctrica del agua del sistema de abastecimiento del casco urbano del municipio de San Juan Ermita, Chiquimula 2017. 84
21. Dureza del agua del sistema de abastecimiento del casco urbano del municipio de San Juan Ermita, Chiquimula 2017. 85
22. Concentración de fosfato del agua del sistema de abastecimiento del casco urbano del municipio de San Juan Ermita, Chiquimula 2017. 86
23. Concentración de sulfatos del agua del sistema de abastecimiento del casco urbano del municipio de San Juan Ermita, Chiquimula 2017. 87
24. Concentraciones de nitritos del agua del sistema de abastecimiento del casco urbano de San Juan Ermita, Chiquimula 2017. 88
25. Concentración de nitratos del agua del sistema de abastecimiento del casco urbano del municipio de San Juan Ermita, Chiquimula 2017. 89

26. Concentración de sólidos totales disueltos -SDT- del agua del sistema de abastecimiento del casco urbano de San Juan Ermita, Chiquimula 2017. 90
27. Concentración de turbidez del agua del sistema de abastecimiento del casco urbano del municipio de San Juan Ermita, Chiquimula 2017. 91
28. Concentración del oxígeno disuelto del agua del sistema de abastecimiento del casco urbano del municipio de San Juan Ermita, Chiquimula 2017. 92
29. Porcentaje de saturación %SAT del agua del sistema de abastecimiento del casco urbano del municipio de San Juan Ermita, Chiquimula 2017. 93
30. Demanda biológica de oxígeno del agua del sistema de abastecimiento del casco urbano del municipio de San Juan Ermita, Chiquimula 2017. 94
31. Temperatura del agua del sistema de abastecimiento del casco urbano del municipio de San Juan Ermita, Chiquimula 2017. 95
32. Concentración de coliformes fecales, totales y *E. coli* del agua del sistema de abastecimiento del casco urbano de San Juan Ermita, Chiquimula 2017. 97
33. Índice de Calidad del Agua -ICA- del sistema de abastecimiento del casco urbano del municipio de San Juan Ermita, Chiquimula, 2017. 98

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Contenido	Página
1.	Porcentaje de distribución del consumo de agua por actividad en el año 2014	12
2.	Precio del agua en distintos países del mundo (dólares)	18
3.	Representación esquemática del ciclo urbano del agua	19
4.	Consumo de agua por continentes y sectores	21
5.	Criterios generales según el Índice de Calidad del Agua -ICA-	99
6.	Mapa de zonas potenciales para la recarga hídrica, microcuenca del río Carcaj, San Juan Ermita, Chiquimula	103

RESUMEN

La valoración de los servicios ambientales es una aproximación monetaria altamente subjetiva y se fija en relación al nivel de bienestar que los mismos proveen a la población. El valor económico que las personas asignan a los servicios ambientales está estrechamente relacionado con el tipo y nivel de información que estas tengan sobre los beneficios atribuibles directamente a estos servicios.

Valorar los servicios que el recurso bosque presta en función de la regulación del recurso hídrico en la microcuenca del río Carcaj que es la fuente principal para el abastecimiento de agua del casco urbano del municipio de San Juan Ermita, de donde se abastecen de agua 463 hogares. Es importante para poder determinar la viabilidad de implementar pago por servicios ambientales que contribuyan con la protección y conservación del recurso.

El problema abordado por la presente investigación fue estimar el valor económico del recurso agua en el casco urbano del municipio de San Juan Ermita; con el objetivo de determinar el valor económico del agua de la microcuenca Carcaj utilizada para el abastecimiento de la cabecera municipal de San Juan Ermita del departamento de Chiquimula, generando información que permita implementar pagos por servicios ambientales para la conservación del recurso hídrico.

El método utilizado para el proceso de valoración es el método de valoración contingente el cual se basa en el desarrollo de un mercado hipotético, donde a través de una encuesta se le pregunta directamente a los usuarios la máxima disposición a pagar por la mejora del servicio municipal de agua que recibe asumiendo una mejora positiva de su calidad y contribuyendo de forma significativa a la protección y conservación del recurso bosque en la microcuenca. Para lo cual, de la población total de hogares, se seleccionó una muestra de los usuarios los cuales se encuestaron. Para diseñar la encuesta las variables definidas se dividieron en tres grupos: variables relacionadas a características

socioeconómicas, variables relacionadas con el uso del agua y variables relacionadas con la disposición a pagar; los resultados fueron analizados en el paquete estadístico SAS (Statistical Analysis System), donde se realizó una prueba de Chi-cuadrado para determinar las diferencias estadísticamente significativas.

Para fortalecer la discusión de resultados se realizó un monitoreo de la calidad del agua que llega a los hogares del casco urbano del municipio, asimismo se realizaron aforos de las principales afluentes que abastecen de agua.

Con la investigación se determinó que el 80% de las personas entrevistadas fueron mujeres y el 20% hombres. Los rangos de edad de las personas entrevistadas fue de 30 a 39 años el 17.5%, de 60 a 69 años el 17.5%, de 20 a 29 años el 16.25%, de 40 a 49 años el 15% y mayores a 70 años también el 15%, es importante indicar que las personas entrevistadas menores a 17 años solo representan el 3.75%. Asimismo, se determinó que el 35% de la población entrevista no posee ningún estudio, el 23.75% a nivel primaria, el 7.5% a nivel básico, el 23.75% a nivel diversificado y el 10% a nivel universitario.

El 78.75% de los usuarios del servicio municipal de agua están dispuestos a pagar un monto adicional para mantener y mejorar el servicio municipal de agua, mientras que el 21.25% no está dispuesto a pagar, manifestando diversas justificaciones como: la situación económica y los altos niveles de corrupción. Utilizando las medidas de tendencia central se determinó que la disponibilidad a pagar de los usuarios es de Q.5.05 adicionales a la cuota que actualmente pagan por el servicio.

El valor económico total del agua utilizada para consumo y uso doméstico se calculó mediante la disposición a pagar y el número de usuarios del servicio estimándose en Q.76.140.00, donde se incluye la cuota que actualmente pagan por el servicio de Q.10.00 mensuales, si se analiza únicamente el monto de la disposición a pagar se estima el valor económico en Q.25,380.00.

El monitoreo de la calidad del agua realizado utilizando el Índice de Calidad de Agua permitió determinar que la calidad agua que reciben los usuarios se puede clasificar como “aceptable” a “levemente contaminada”. Los caudales estimados para los principales afluentes de la microcuenca del río Carcaj 11.57 lts/seg.

Por la importancia que posee la sostenibilidad del recurso hídrico se identificó un proyecto que contribuya directamente a la mejora de la calidad del servicio y a la protección del recurso bosque en la microcuenca, donde se establecieron los proyectos de reforestación las zonas de la recarga hídrica como alternativa que contribuya a mejorar la gestión integral del recurso hídrico en la microcuenca, así como mejorar la calidad ambiental.

INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso importante en el desarrollo económico y social de la población. Para solucionar la ingobernabilidad que existe sobre el agua surgió la Gestión Integral de los Recursos Hídricos (GIRH), como un camino hacia el desarrollo y gestión eficiente de este recurso, que cada día aumenta la demanda.

Según la Asociación Mundial para el Agua (GWP) "La GIRH es un proceso que promueve la gestión y el desarrollo coordinados del agua, el suelo, y los otros recursos relacionados, con el fin de maximizar los resultados económicos y el bienestar social de forma equitativa sin comprometer la sostenibilidad de los ecosistemas vitales".

San Juan Ermita es un municipio perteneciente al departamento de Chiquimula, el cual se encuentra a 25 kilómetros de la cabecera municipal. En el casco urbano de dicho municipio existen 423 usuarios del servicio de agua que presta la municipalidad, los afluentes que abastecen a la población son quebrada El Zarzal, quebrada El Carrizal y río Carcaj. Actualmente el valor económico anual que posee el servicio de abastecimiento es de Q50,760.00.

El casco urbano de San Juan Ermita afronta problemas de escasez del agua, sobretodo en época seca, el presente estudio tiene como objetivo generar información socio-económica y ambiental que permita determinar el valor del agua utilizada en las tareas domésticas que realizan los pobladores del casco urbano de dicho municipio. Dicha valoración se realizó por medio de la valoración contingente, el cual consiste en simular un mercado hipotético, a través de encuestas los usuarios del servicio del agua, con el propósito de contribuir al manejo sostenible hídrico de la microcuenca Carcaj.

Para que la investigación sea más elemental para la toma de decisiones en el manejo sostenible de la microcuenca, se realizó un muestreo del sistema de abastecimiento de agua para determinar el Índice de Calidad del Agua (ICA) en donde se obtuvo que la

calidad del agua que llega a los hogares es “Buena”, asimismo se aforaron los tres afluentes que abastecen al casco urbano del municipio de San Juan Ermita, los cuales disponen entre 2.441 a 5.629 lts/seg en época seca.

Para asegurar la sustentabilidad de la zona de recarga hídrica de la microcuenca Carcaj es importante realizar reforestaciones, principalmente en la zona alta y media de la microcuenca. La reforestación de 200 ha. con la especie madre cacao tiene un costo económico de Q959,796.75, pero esto aseguraría a la población del casco urbano del municipio de San Juan Ermita, contar con agua de buena calidad y cantidad que satisfaga sus necesidades.

2. ANTECENDENTES

En Guatemala las responsabilidades y atribuciones con relación a la actuación en el sector hídrico se dispersa y diluye dentro de este amplio marco institucional, en el que no se cuenta con una legislación apropiada que defina con claridad la actuación de cada institución y las relaciones interinstitucionales; tampoco existen mecanismos formales de coordinación que permitan planificar y optimizar los recursos técnicos y financieros disponibles.

Según investigación realizada en la región Ch'orti' por la Mancomunidad Copanch'orti' (2013) el servicio de agua es de mala calidad, se suministra agua no potable con poca continuidad debido a la infraestructura deficiente que actualmente tienen los sistemas. La infraestructura deficiente sumado al paternalismo por parte de la municipalidad y la poca valorización del servicio de agua por parte de los usuarios son los problemas principales que deben atacarse para lograr una mejor cultura de pago.

La ausencia de una valoración económica de los servicios ambientales (agua) ha provocado que el agotamiento de este recurso se dé con mayor rapidez, provocando una alteración en su disponibilidad para las presentes y futuras generaciones. El vacío existencial de este tema ha provocado una distorsión en los precios en el mercado que se ha encontrado en un constante uso excesivo de los recursos provocando la creciente escases.

Para determinar el valor económico del agua se crea un escenario en el cual se realizan encuestas para determinar la importancia que la población le da a los servicios ambientales, a esto se le conoce como valoración contingente. A partir de los resultados que se obtuvieron con este método se concluye cual es el valor económico del agua, a partir de un análisis estadístico realizado con base a las respuestas de la encuesta realizada.

Según Romero (2009), el valor de uso del lago de Atitlán, calculado empleando los métodos de agregación por la media y la mediana, para los 171,677 usuarios del lago que viven dentro de la cuenca es de: Q3$_1$067,867.99/mes y de Q2$_1$575,155.00/mes. Para calcular el valor de uso del lago de Atitlán integrando la función de demanda, fue necesario primero generar la función de demanda del lago.

En el año 2005 se realizó la valoración económica del servicio ambiental que presta la captación hídrica del bosque de la microcuenca del río El Riachuelo, en el departamento de Zacapa. Dicha microcuenca es la principal fuente de abastecimiento de agua en la cabecera departamental de Zacapa, a través de la estimación económica de este servicio se determinó que el precio de media paja de agua (30 m^3) es de Q28.8/mes, según Argueta (2005).

Entre los estudios realizados recientemente se puede mencionar la valoración económica del agua para riego que se realizó en el Valle de la Fragua en el año 2015, que tuvo como objetivo determinar la disposición de los usuarios a pagar por el servicios de agua de riego el cual fue de Q277,091.00, también se estableció que los usuarios están dispuestas a dar un pago adicional de Q50.00. Dicho estudio fue realizado con el objetivo de contribuir al manejo sostenible de recurso hídrico en la unidad del Valle de la Fragua, según Linares (2015).

Otra investigación realizada recientemente (2015) fue la estimación del valor económico del agua de uso doméstico en la villa de Quezaltepeque la cual proviene de la microcuenca del rio La Conquista, el cual fue determinado a través del método de valoración contingente, con el propósito de contribuir a la implementación de esquemas de compensación ambiental en la microcuenca del río La Conquista. La Disponibilidad a Pagar -DAP- fue de Q10.00 extras a la cuota que pagan por el servicio, esto se debe a que el municipio no tiene escases de agua, según Osorio (2016).

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El agua es un recursos de vital importancia y se utiliza para varias actividades cotidianas, es indispensable para todos los seres vivos; siendo el recurso natural más afectado por las acciones antropogénicas.

Según IARNA (Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente), URL (Universidad Rafael Landivar) (2006), en el Perfil Ambiental de Guatemala; incluyeA un balance anual de aguas del país, con una estimación de los volúmenes de agua utilizados actualmente y una proyección a 25 años, en Guatemala según cálculos se emplean anualmente 5,143 millones m^3 de agua, es decir, el 5% del capital hídrico del país (97,120 millones m^3) con fines agropecuarios, principalmente para el riego de cereales, caña de azúcar, café, hortalizas y legumbres (3,957millones de m^3, 77%); domésticos (835 millones de m^3, 16%) e industriales u otras actividades de transformación (351 millones de m^3, 7%).

Una de las principales demandas que posee el agua es para uso doméstico, el cual debe de cubrir todas las necesidades de la población urbana y rural entre los cuales se encuentra: consumo humano, riego y saneamiento.

Según SINAFIP (*s.f)*, para el año 2012 el agua utilizada en los hogares figuraba en cuarto lugar en el listado de actividades con demanda hídrica en Guatemala, utilizando un aproximado de 461.68 millones de $m^{3.}$ Solamente el 79% de la población del municipio contaba con chorro de uso exclusivo y el 84%, contaba con acceso a agua entubada y el 16% no tenía este servicio. Sin embargo, el 14% se abastecía por medio de pozos artesanales.

De acuerdo con Gordillo (2010), para que exista suficiente disponibilidad de agua para lograr abastecer a toda la población se debe tener en cuenta la capacidad de uso de la tierra, siendo las tierras de vocación forestal, las que presentan una muy alta captación y

regulación hidrológica (TFCRH), lamentablemente son las que muestran una problemática mayor, al poseer el 24% de la superficie en condiciones de sobreuso. Estas tierras a nivel nacional alcanzan una erosión potencial de 48 millones de toneladas de suelo al año. Las áreas de alta y media captación y regulación hidrológica refleja valores de erosión potencial de 26.6 y 32.8 millones de toneladas al año, respectivamente.

Se estima que la mayoría de personas en el casco urbano de San Juan Ermita poseen acceso a agua entubada, el 85% de esas personas la utilizan directamente de los grifos para su consumo, para la cual el agua debe estar dentro de estándares de calidad; al no encontrarse bajo dichos estándares de calidad el precio del vital líquido puede disminuir; otro problema que puede interferir en la estimación económica del agua es la cantidad de días a la semana y la cantidad de horas que llega a las viviendas.

En el casco urbano de San Juan Ermita el servicio de agua potable es administrado por la municipalidad, en el cual los ingresos y gastos se diluyen dentro de la contabilidad municipal, haciéndose difícil la sostenibilidad del sistema de servicio de distribución del servicio de agua. El costo anual del servicio de agua es de Q120.00, lo cual puede ocasionar que no se recupere los costos de operación y mantenimiento del sistema. El agua se provee todos los días durante las mañanas con una duración de 1 hora a 1.5 hora, esto sucede durante la época lluviosa, pero en la época seca existen problema de escasez de agua. Las personas tienen la idea que el agua es un bien público, por lo cual no se le da el valor económico adecuado que garantice el abastecimiento y protección del recurso hídrico.

El incremento de la población ejerce una mayor presión en los recursos naturales, especialmente en el recurso hídrico, el cual es de vital importancia para mejorar la calidad de vida de la población y requiere que estos participen activamente en su protección con sanciones, es concientizar e informar sobre el valor económico que tiene el recurso hídrico y así lograr una efectiva y funcional gestión del recurso hídrico que abastece a la cabecera municipal de San Juan Ermita.

Con este escenario, es importante estimar el valor económico del recurso agua en el casco urbano del municipio de San Juan Ermita, el cual se determinó mediante el uso del método de valoración contingente, a través de este método de valoración se obtuvo información que permite darle el valor adecuado al agua para gestionar proyectos de protección y conservación del recurso hídrico que abastece del servicio de agua al casco urbano del municipio de San Juan Ermita.

4. JUSTIFICACIÓN

El recurso hídrico es fundamental e imprescindible para la vida, para realizar actividades, satisfacer necesidades humanas, el desarrollo de las plantas y animales. Actualmente la tala de los boques y la pavimentación de las zonas urbanas, están limitando los efectos reguladores de la vegetación, incrementando las crecidas y reduciendo los caudales de estiaje por la disminución de la filtración (URL, 2005).

Las acciones antes mencionadas son algunos de los factores que están contribuyendo a la escasez del recurso y aumentando la presión sobre este; si a estos factores se les agrega la deficiente operación y mantenimiento de los sistemas de agua potable, la falta de planificación territorial. La falta de información existente sobre la disponibilidad real del recurso a nivel local; todo esto provoca que el valor del agua se incremente y se vuelva un recurso valioso (URL, 2005).

Guatemala es un país privilegiado por poseer una disponibilidad y oferta alta del recurso hídrico, debido a sus características geográficas, geológicas y orográficas. Para el año 2005 se reportó un excedente de 25,034 millones de m^3, por lo que queda en evidencia que se está lejos de afrontar problemas de escases; sin embargo es una minoría la que goza de potabilidad y saneamiento; por tanto es importante implementar políticas y/o medidas que contribuyan con la administración adecuada del agua de acuerdo a las necesidades de la población, (URL, 2005).

San Juan Ermita es un municipio del departamento de Chiquimula que se encuentra a 26 km de la cabecera departamental, donde para el año 2012 el 12% de la población radicaba en la cabecera municipal; el municipio cuenta con la mayor cantidad de fuentes hídricas, pero el más bajo en cobertura boscosa, lo que implica que las áreas de recargas hídricas sean más susceptibles a la reducción del caudal, principalmente en época seca, que afecta el abastecimiento de agua a la población y altera las actividades diarias realizadas por los usuarios (SEGEPLAN, 2010).

Fue necesario investigar sobre valoración económica del recurso hídrico que abastece al casco urbano del municipio de San Juan Ermita, la información generada es de utilidad para la municipalidad que es la responsable del abastecimiento y distribución de agua a los vecinos del municipio, con ello se pretende que los usuarios paguen una tarifa justa que permita mejorar el servicio y conservar las áreas de recarga hídrica asegurando la sostenibilidad del recurso.

La información recabada deberá ser empleada para la formulación de políticas que contribuyan a conservar y regularizar las áreas de recarga hídrica, y así mantener un caudal aceptable de los nacimientos que desembocan en la microcuenca del río Carcaj, asimismo esta investigación contribuye al manejo racional y eficiente del recurso, para implementar un sistema de gestión del recurso hídrico.

5. OBJETIVOS

5.1. General

Determinar el valor económico del agua de la microcuenca Carcaj utilizada para el abastecimiento (doméstico, riego de huertos y consumo humano) del casco urbano del municipio San Juan Ermita del departamento de Chiquimula, generando información que permita implementar pagos por servicios ambientales para la conservación del recurso hídrico.

5.2. Específicos

- Determinar las condiciones socio-económicas de los usuarios que se abastecen de agua de las fuentes hídricas en la cabera municipal de San Juan Ermita del departamento de Chiquimula.

- Determinar el valor económico que los usuarios de San Juan Ermita le conceden al agua de uso doméstico para el abastecimiento en los hogares mediante el método de valoración contingente.

- Determinar la cantidad y calidad del agua que llega a los hogares del casco urbano de San Juan Ermita.

6. MARCO TEÓRICO

6.1. Importancia del recurso hídrico

El agua es un elemento esencial del desarrollo sostenible. Los recursos hídricos, y la gama de servicios que prestan, juegan un papel clave en la reducción de la pobreza, el crecimiento económico y la sostenibilidad ambiental. El agua propicia el bienestar de la población y el crecimiento inclusivo, y tiene un impacto positivo en la vida de miles de millones de personas, al incidir en cuestiones que afectan a la seguridad alimentaria y energética, la salud humana y al medio ambiente (ONU, 2015).

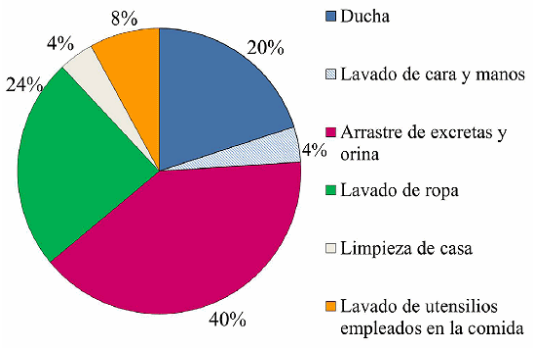
“Ánimo, por tanto, a la comunidad internacional para que vigile que las aguas del planeta estén adecuadamente protegidas y que nadie sea excluido o discriminado del uso de este bien, que es un bien común por excelencia”, dijo el Papa Francisco, 2015.

El agua es un recurso esencial, es imposible que la humanidad pueda sobrevivir sin tal recurso, es por ello que es fundamental que se le dé la importancia necesaria, y se realicen proyectos de protección y mantenimiento de las fuentes de hídricas con el motivo de proteger la recarga hídrica y no alterar el ciclo del agua.

6.2. Importancia del agua para uso doméstico

El agua del hogar es fundamental ya que se emplea para distintas actividades cotidianas como: aseo personal, lavar platos y ropa, regar plantas, cocinar y otras más. Pero el agua que llega a los hogares ha afectado a las familias debido a la cantidad de enfermedades infecciosas y parasitarias que se registran a causa de la escasez y calidad con la que este recurso. En la figura 1 se muestra el porcentaje de distribución del consumo de agua por actividad en el año 2013.

Figura 1. Porcentaje de distribución del consumo de agua por actividad.



Fuente: Blanco; Lara; Velezmoro y Aguilar, 2014

El agua que llega a los hogares, es agua dulce proveniente de fuentes como ríos, lagos y demás cuencas que se encuentran ubicadas en Guatemala teniendo un total de 32,686 m^3 considerando el caudal ecológico y la reducción por contaminación. La población guatemalteca posee problemas para tener acceso al agua en términos de potabilidad y saneamiento (URL 2005).

Según URL (2005), el 40% de la población del área rural no tiene acceso al agua potable, quiere decir que de cada 100 personas 40 no tienen acceso a este vital liquido; del total de agua disponible en el país solo el 2.5% es utilizada para tareas del hogar, esto afirma que el uso del recurso hídrico no es el principal problema de contaminación; sin embargo, no quiere decir que no se le prestará importancia a las aguas residuales. El 40% de los recursos hídricos existentes en el país se encuentran contaminados de acuerdo al Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.

6.3. Importancia del agua para consumo humano

El 70% del peso del cuerpo humano es agua, esto se debe a la composición del ser humano en el cual el agua compone el 95% del cerebro humano, 82% la sangre y los pulmones de un 90%. Es así que si el cuerpo humano se reduce la ingesta de agua de 2%, el cuerpo ya puede presentar los primeros síntomas de deshidratación afectando la

pérdida momentánea de memoria, problemas con las matemáticas, dificultada en enfocar la mirada en objetos o letras pequeñas, entre otros.

Según World Health Organization (2005), citada en la Política Nacional del Sector de Agua Potable y Saneamiento, al contar con los servicios de abastecimiento de agua, saneamiento e higiene, se contribuyen a la reducción de enfermedades diarreicas, de la siguiente manera: higiene 37%, saneamiento 32%, abastecimiento de agua 25%, calidad del agua 31% y otros factores múltiples 33%, de lo cual se infiere la importancia que para mejorar los niveles de salud son de vital importancia los servicios de agua y saneamiento.

En Guatemala los servicios de agua son deficientes lo cual afecta la situación de las familias en salud y saneamiento, afectando directamente la economía familiar; y al Estado de hacer erogaciones en materia de salud para la prestación de servicio.

6.4. Índice de calidad de agua -ICA-

El grado de contaminación del agua es medido en términos del índice, definido como el grado de contaminación existente en el agua de la muestra, expresado como un porcentaje de agua pura. Así para el agua totalmente contaminada tendrá un índice de calidad cercano o igual a 0 y para aguas en excelentes condiciones de 100.

Por lo tanto, el índice es un porcentaje promedio del efecto que causan los diferentes niveles de cada una de las variables medidas en el cuerpo de agua. El Índice de Calidad del Agua es el único que tiene connotaciones legales, ya que se emplea para establecer normas de descargas.

Para conocer el grado de calidad de las aguas, independientemente del posible uso al que vayan a ser destinadas, se parte de la toma de muestras para la obtención de una serie de parámetros e indicadores. Estos datos, analizados y procesados, posteriormente se convierten en un valor numérico, que permite obtener una serie de índices que determinan el estado general de las aguas en función de unos rangos de calidades

establecidos. Estos índices se pueden clasificar fundamentalmente en dos tipos: fisicoquímicos y biológicos, Ros (2011).

El Índice de Calidad del Agua propuesto por Brown es una versión modificada del “WQI” que fue desarrollada por La Fundación de Sanidad Nacional de EE.UU. (NSF), que en un esfuerzo por idear un sistema para comparar ríos de varios lugares, creo y diseño un índice estándar llamado WQI (Water Quality Index) que en español se conoce como: Índice de Calidad del Agua (ICA); este índice es ampliamente utilizado entre todos los índices de calidad de agua existente; diseñado en 1970, y puede ser utilizado para medir los cambios en la calidad del agua en tramos particulares de los ríos a través del tiempo, comparando la calidad del agua de diferentes tramos del mismo río, además, de compararlo con la calidad de agua de diferentes ríos alrededor del mundo. Los resultados pueden ser utilizados para determinar si un tramo particular de dicho río es saludable o no.

Para determinar el Índice de Calidad del Agua –ICA- intervienen nueve parámetros:

- Coliformes Fecales (en NMP/100mL)
- pH (en unidades de pH)
- Demanda Bioquímica de Oxígeno en cinco días (DBO_5 en mg/L)
- Nitratos (NO_3 en mg/L)
- Fosfatos (PO_4 en mg/L)
- Cambio de la Temperatura (en ^0C)
- Turbidez (en NTU)
- Sólidos Disueltos Totales (en mg/L)
- Oxígeno Disuelto (OD en % saturación)

6.5. Caudal del agua

El caudal es la cantidad de fluido que pasa en una unidad de tiempo. Normalmente se identifica con el flujo volumétrico o volumen que pasa por un área dada en la unidad de tiempo.

La medición del caudal o gasto de agua que pasa por la sección transversal de un conducto (rio, riachuelo, canal, tubería) de agua, se conoce como aforo o medición de caudales, este caudal depende directamente del área de la sección transversal a la corriente y de la velocidad media del agua, según Chamorro (2011, citado por Salazar 2016).

6.6. Importancia de la valoración económica de los servicios ambientales

Actualmente se ha iniciado la integración de dos conceptos los cuales son crecimiento económico y protección ambiental, eso integración de conceptos se asocia al desarrollo sustentable con el propósito de mejorar la calidad de vida de la sociedad y el medio ambiente. Para que la valoración económica de un recurso biológico sea eficiente se debe de tomar en cuenta el valor de uso, agotamiento y/o la degradación del mismo, para relacionarlo a los costos y beneficios de la capacidad futura económica de la sociedad (De Alba y Reyes, 1998).

El contar con valoraciones adecuadas permitiría crear los instrumentos políticos para estimular o desanimar actividades de acuerdo con sus costos ambientales para la sociedad (frecuentemente llamados externalidades ambientales), pudiendo imputar esos costos al que causa el deterioro (internalización) o promoviendo incentivos para la conservación y el uso sostenible de los recursos naturales, haciendo con ello un uso más eficiente y una distribución más equitativa de los costos y los beneficios asociados. Con el tiempo, una correcta valoración permite corregir las fallas institucionales o desarrollar las instituciones que garanticen el avance del desarrollo sustentable (De Alba y Reyes, 1998).

6.7. Importancia del valor económico del recurso hídrico

Según UNESCO (2016), la valoración económica de los recursos hídricos ejerce un papel preponderante en la gestión de la demanda y en una mejor distribución entre sus usos. Una gestión optimizada de los recursos hídricos exige decisiones basadas en la eficiencia económica, la igualdad social y la sostenibilidad ecológica. En último término, el valor de

los recursos hídricos no depende únicamente de su cantidad, sino de al menos cuatro factores más: calidad, ubicación, fiabilidad de acceso y tiempo de disponibilidad.

El agua juega un papel importante en la sociedad debido a las características biofísicas que posee y contribuye al desarrollo de la vida en el planeta, es por ello que darle un valor económico es algo difícil debido a la importancia sociocultural que representa, pero es un proceso cada vez de mayor importancia para los responsables, en este caso municipalidades, quienes son los que deben de tomar las decisiones en materia de distribución.

Los precios actuales que utilizan las municipalidades no representan el costo real del agua (anexo 3), debido a que todo dependerá de los cuatro factores que se mencionaron con anterioridad, al mismo tiempo se debe de tener consideración de los beneficios relacionados con este recurso. Comprender el valor económico del agua es fundamental para que este recurso que se ha vuelto escaso en los últimos años y es importante para la sociedad y la vida silvestre, pueda ser utilizado de una manera eficiente y eficaz, con el propósito que sea sostenible en el tiempo.

6.8. Evolución del concepto económico del agua potable

A través del tiempo ha habido personajes intentando explicar la disparidad en el valor entre el agua y el diamante, mencionado en la paradoja del diamante y el agua, algunos de ellos son Adam Smith, Nicolás Copérnico, John Loche, John Law, entre otros. Para lograr resolver esta paradoja se utilizó la teoría de la utilidad marginal, lo que provocó el nacimiento de la economía neoclásica, la cual explica que no es la demanda de un bien lo que determina el precio, sino su utilidad marginal.

Según Marshall (1879, citado por Olmeda 2006), en su libro titulado “El agua como elemento de la riqueza de un país” menciona que al valorar la riqueza de un país se pueden llegar a cometer errores debido a que no se toma en cuenta que el agua es un elemento integrante de la riqueza nacional. "Primero, porque muchos de los dones que

la naturaleza ofrece al hombre no se incluyen en ninguna manera en el inventario y, segundo, porque en éste se subestima la importancia de todo lo que, por abundar mucho, tiene un valor pequeño en el mercado".

En una sesión realizada por la Organización de las Naciones Unidas en 1992, se creó el principio rector de las políticas públicas "El que contamina paga" el cual se derivó de los impuestos ambientales Piguviano, los cuales servirían para contrarrestar los efectos de la contaminación. Según Coase (1960, citado por Mendezcarlo, Medina, Becerra, 2010), resulta innecesaria la intervención del Estado para igualar los costos argumentando que la respuesta más viable no siempre es un impuesto, sino que deben evaluarse los costos que cada posible solución causaría.

Según López, (1996, citado por Olmeda, 2006), a utilidad de métodos de la economía convencional para el tratamiento de tema medioambientales ha sido cuestionada en la actualidad por diversos autores, esto se debe a la forma de ver y tratar la economía. La economía no es un sistema cerrado, se debe de tomar en cuenta las interrelaciones humanas con enfoques alternativos como los de la economía institucionalista o ecológica.

Según Fontela (2000, citado por Olmeda, 2006) existen tres niveles para el estudio del agua desde la óptica económica: 1) nivel microeconómico, el agua es considerado como un recurso natural el cual puede ser parcialmente apropiable pero el análisis se orienta a la adecuada gestión; 2) nivel mesoeconómico, en este nivel se pone en manifestó que si queremos utilizar el precio del agua como instrumento de gestión se necesitará estimar las elasticidades de demanda de sus diferentes usos; 3) nivel macroeconómico este nivel permite estudiar la relación entre la disponibilidad de agua y el crecimiento económico de un territorio.

La importancia que se le da al agua dependerá de la disponibilidad con la cual se cuente, con base a eso se podría limitar la actividad económica de un lugar. Dependiendo cual sea el grado de intensidad cada vez es menos accesible el tener accesibilidad al recurso

hídrico y se destina más porcentaje del presupuesto y a explotar los recursos para lograr la satisfacción de necesidades.

La escases del agua para uso doméstico se encuentra vinculado a la sociedad consumista la cual derrocha y gestiona mal el recurso, agravando la situación actual. Es primordial tener en consideración que las previsiones que se poseen para los decenios venideros no son nada halagüeños debido a que la falta de agua es uno de los principales factores que intervienen en el desarrollo económico de una nación.

Figura 2. Precio del agua en distintos países del mundo en dólares.

Fuente: Tomado de Córdoba, 2004.

6.9. Representación esquemática del ciclo urbano del agua

La calidad del agua desde la fuente es cada vez más deficiente, debido a eso es necesario que se cuente con plantas que le den un tratamiento adecuado para eliminar bacterias y potabilizar el agua para su uso.

Figura 3. Representación esquemática del ciclo urbano del agua.

Fuente: Esquivando Fronteras, 2013.

El ciclo del agua en una zona urbana es distinto al de una zona rural. En las zonas urbanas el agua debe ser captada para ser sometida a un proceso de potabilización, este tratamiento consiste en varios pasos: desarenar, floculación, sedimentación, filtración y cloración, para su posterior distribución por medio de canales o tuberías que conectan la planta de tratamiento con los hogares.

Al llegar a los hogares cada usuario le dará un uso diferente dependiendo de la importancia que tenga las actividades que realizan, posterior al uso que se le dé, existirá una parte que será desechada a través de los drenajes para su depuración, de esta parte puede tener dos destinos puede ser depurado directamente al sistema natural (ríos) para que sea él quien a través de su sistema de resilencia permita depurar los contaminantes que arrastre consigo el agua servida y pueda regresar a su ciclo, o reutilizarla con el fin de alargar la vida útil del recurso hídrico y cubrir el ciclo completo dentro del hogar (riego de huertos).

Actualmente en el país no existe un reglamento que regulariza el uso de aguas residuales en la agricultura, el Código de Salud Decreto 90-97 prohíbe el uso de agua contaminada en vegetales alimentarios, por otro lado, el Acuerdo Gubernativo 236-2006 Reglamento de las Descargas y Reuso de Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos, no prohíbe

ni exhorta el uso de las mismas, pero si exige el previo tratamiento de las mimas para la descarga y la posible reutilización.

Para lograr un ahorro de agua en el medio urbano es importante tener conocimiento sobre la cosecha de agua, el cual consiste en la captación de agua pluvial como una solución para cubrir la demanda de usuarios y potenciar la economización. El agua de lluvia se puede acumular en depósitos con el fin de ser utilizada cuando sea requerida, se le puede dar un uso en el riego o para utilizar en los inodoros, lo que contribuye a disminuir el gasto económico del agua potable y vertido de aguas residuales.

6.10. Evolución del consumo de agua a nivel mundial

En el 2000, la Organización de las Naciones Unidas (ONU), estableció los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM), con el fin de reducir la pobreza extrema para el año 2015. El objetivo número siete, “Garantizar la sostenibilidad del medio ambiente“, cuenta con la meta 7.C, relacionada al agua potable y saneamiento, que establece reducir a la mitad la proporción de personas sin acceso sostenible a fuentes de abastecimiento de agua potable mejoradas y a servicios de saneamiento mejorados, entre el año de referencia 1990 y el 2015.

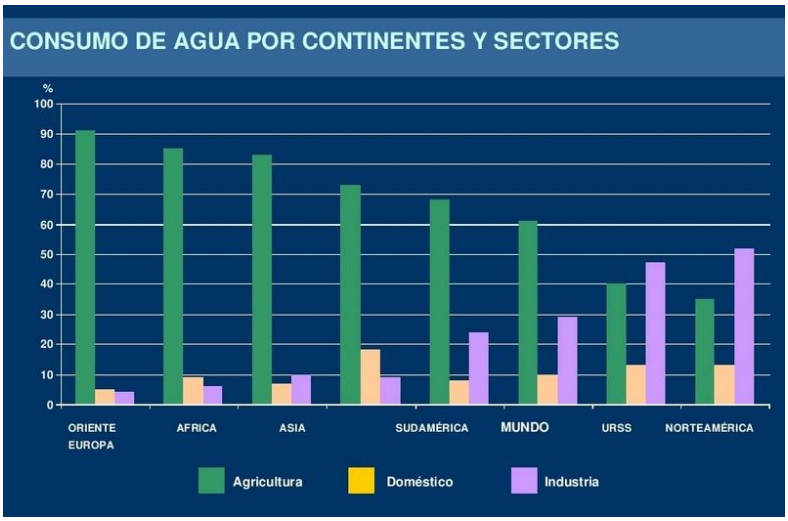
Durante el siglo XX la población mundial comenzó a triplicarse lo que condujo a que la extracción de agua se triplicará y consigo aumentará la presión sobre los recursos hídricos. El principal uso que se le da al recurso hídrico a nivel mundial es la agricultura, con una extracción total del 72%. En la actualidad la base para aumentar la cantidad de producción en la agricultura ha sido la utilización de agroquímicos que han derivado a la contaminación de suelos y acuíferos.

Para el uso en la industria se destina alrededor del 20% del agua, su principal destino es para procesos de enfriamiento que se emplean en plantas petroleras, industrias metálicas, papelera, maderas, procesamiento de alimentos y la industria manufacturera. La generación de energía trae consigo varios beneficios para la población y la actividad

económica de un lugar, tomando en consideración que la generación de energía conlleva la emisión de gases de efecto invernadero que son determinantes en el cambio climático y la creciente preocupación por contrarrestar estos efectos, es que ha tomado importancia la utilización de energías hidroeléctricas como una fuente de energía renovable.

Para medir el impacto que tienen las actividades humanas en los recursos hídricos se utiliza la huella hídrica, la cual se obtiene de sumar el agua utilizada por persona en las diversas actividades y la que es necesaria para la producción de servicios y/o bienes que consume. Existen cuatro factores importantes para determinar la huella hídrica que posee un país: el nivel de consumo, el tipo de consumo (en donde se emplea el agua), el clima y la eficiencia con que se utiliza el agua. En promedio se tiene estimado que una persona utiliza 1,240m^3 de agua por año, esto varía según el país en el que se encuentre.

Figura 4. Consumo de agua por continentes y sectores.



Fuente: Tomado de Córdoba, 2004.

6.11. Consideraciones políticas y legales con respecto a la valoración económica del recurso hídrico

El Gobierno de Guatemala prioriza el tema “agua” por su relevante contribución al desarrollo del país y adopta medidas gubernamentales generales; en el 2008 crea el Gabinete Específico del Agua -GEA- (Acuerdo Gubernativo 204-2008) y le asigna como parte de sus objetivos y funciones la revisión y actualización de la propuesta de Política y Estrategia de Gestión Integrada de Recursos Hídricos (SEGEPLAN, *s.f*).

La gobernabilidad del agua comprende el conjunto de medidas de política, legislación y administración del aprovechamiento y protección del agua acordadas por la sociedad y la capacidad institucional de aplicarlas y cumplirlas en función de dar respuesta a las necesidades y expectativas de la población. Como se trata de un factor político, la gobernabilidad del agua está delimitada por las condiciones generales de gobernabilidad del país y de la relación del Estado con otras naciones y con entidades políticas regionales, continentales y globales (Colom y Morales, 2011).

Si bien es cierto que mediante políticas públicas, leyes e instituciones puede administrarse el agua en función de metas y objetivos nacionales también es cierto que si éstas herramientas no se basan en acuerdos socialmente aceptados, ha sido y será imposible avanzar en la construcción de un sistema de gestión y gobernanza eficaz del agua (Colom y Morales, 2011).

Las políticas públicas asociadas con la gestión y gobernanza del agua se basan en la Ley del Organismo Ejecutivo y en las leyes especiales relativas a la salud, al medio ambiente, el bosque, las áreas protegidas, la seguridad alimentaria, el desarrollo rural y el cambio climático; así como en las leyes del sistema nacional de descentralización contenidas en la Ley de Descentralización, la Ley de los Consejos de Desarrollo Urbano y Rural y el Código Municipal (Colom y Morales, 2011).

En el marco político existente en Guatemala y que contempla la protección, mejoramiento, acceso y valoración del recurso hídrico se pueden mencionar los siguientes (SEGEPLAN, *s.f.)*:

- Política Marco de Gestión Ambiental (AG 79-2001), cuya visión para el 2015 es que los diferentes sectores de la población participen en la gestión ambiental y manejo de los recursos naturales (agua y cuencas) y contribuir con ello al desarrollo sostenible.
- Política Nacional de Cambio Climático (AG 253-2009), indica que el ordenamiento territorial y la gestión integrada de los recursos hídricos son medios para conseguir la adaptación al cambio climático.
- Política Nacional de Desarrollo Rural Integral (AG 196-2009), promueve el ordenamiento territorial, el manejo integrado de las cuencas hidrográficas y el aprovechamiento de los recursos hídricos, entre otras acciones.
- Política Nacional de Seguridad Alimentaria y Nutricional (AG 278-1998), propone asegurar el acceso a servicios básicos (agua), entre varios otros.
- Política de Áreas Protegidas y Política para el Manejo Integral de la Zona Marino Costera (AG 328-2009), contemplan la valoración de los servicios ambientales, pero esta figura aún no ha sido definida por la ley y debe abundarse en el conocimiento hidrológico para establecer cuantitativamente la regulación del ciclo del agua en ecosistemas forestales estratégicos.
- Política Nacional de Producción Más Limpia (AG 258-2010), contempla estrategia ambiental preventiva e integrada a procesos productivos, productos y servicios, para generar ahorro en el uso del agua y reducir el costo de soluciones de mitigación/control de su contaminación.
- Agenda Nacional Forestal, ampara programas de recarga hídrica.
- Agenda Nacional de Competitividad 2005-2015, para mejorar la competitividad contempla instrumentos legales y normativos del manejo del agua e incentivos para no contaminarla.

- Acuerdos de Paz, se comprometen a regularizar los derechos de aprovechamiento de agua de la población desarraigada, más no se cuenta con un censo de los mismos.
- Acuerdo de Identidad y Derecho de los Pueblos Indígenas, que identifica la práctica cultural de los pueblos indígenas como un insumo fundamental para la construcción de mejores condiciones de gobernanza del agua.

Según la Política y Estrategia de Gestión Integrada de Recursos Hídricos (2011), la gestión y gobernanza del agua en Guatemala no cuenta con un régimen legal e institucional especial, aun cuando los artículos 127 y 128 de la Constitución Política de la República así lo mandan; en contraposición el Congreso de la República sí ha emitido leyes especiales en materia de biodiversidad, ambiente, reservas territoriales del estado, bosques, energía, minas e hidrocarburos, conforme las normas constitucionales contenidas en los Artículos 64, 97, 122, 125, 126 y 129.

En cuanto a la relación entre agua y economía, la Política y Estrategia de Gestión Integrada de Recursos Hídricos considera necesario valorar el agua desde la perspectiva económica con el propósito de promover el uso eficiente (ahorro, reuso, tratamiento de aguas residuales, protección de ecosistemas estratégicos) mediante un conjunto de incentivos y de asumir las externalidades del uso (costos de tratamiento de aguas residuales, canon por vertidos) por quienes las provocan, para evitar sea la sociedad en general quien asuma costos y padezca efectos negativos de impactos ambientales, especialmente los derivados de la contaminación del agua (SEGEPLAN, *s.f.*).

6.12. El rol de la valoración económica en la gestión del recurso hídrico

El instrumento económico para la gestión del agua se define como un mecanismo que genera incentivos económicos que impactan en la conducta de los agentes en cuanto al uso del agua (CAP-NET y EUWI, 2008). Como una característica adicional, los instrumentos económicos también permiten cubrir costos y generar recursos para la gestión del agua por parte de la autoridad correspondiente. El principal incentivo

económico es algún tipo de pago que los usuarios deben hacer por recibir beneficios del sistema de distribución del agua (Zegarra, 2014).

Según Zegarra (2014) los instrumentos económicos pueden tener también efectos importantes en la gestión ambiental. En principio, llevan a comportamientos que generan más ahorro del recurso y, por ende, a situaciones más compatibles con el manejo sostenible del agua. Cobros como «Quien contamina paga» generan incentivos para que los individuos o las firmas «internalicen» las externalidades negativas que genera el usar el agua como vertedero de desechos. Igualmente, cobros a usuarios que sobreexplotan un acuífero son útiles para que ellos interioricen el efecto adverso que tiene la sobreexplotación sobre el conjunto de usuarios.

6.13. Métodos de valoración económica para el recurso hídrico

Según Zegarra (2014) existen diversas maneras de clasificar los distintos métodos de valoración del agua como bien económico, pero, en general, esto depende de la situación específica en la que se quiere valorar el recurso, así como de la información disponible para tal fin. Como la valoración se relaciona con la existencia o no de un precio de mercado, las siguientes situaciones son el marco de referencia para una clasificación general de los métodos:

- Existe un precio de mercado para el recurso.
- No existe mercado ni precios para el agua en forma directo, pero sí en forma indirecta a través de un mercado relacionado.
- No existe mercado ni precios, ni tampoco un mercado relacionado.

6.13.1. Precio de mercado

Según Linares y Romero (2008), un bien ambiental se intercambia en un mercado, sólo hace falta observar los precios del mercado para obtener una estimación del valor marginal de dicho bien. Evidentemente es inusual porque los bienes ambientales no se suelen intercambiar en los mercados.

6.13.2. Mercados experimentales

Otra posibilidad es, ante la ausencia de un mercado, simular uno: definir un producto a intercambiar, asignar los papeles de vendedores y compradores, y disponer de los mecanismos necesarios para aclarar el mercado. Esta es la línea de investigación conocida como economía experimental, iniciada por Vernon Smith, y que se ha utilizado profusamente para diseñar mercados, pero también para el estudio de políticas de regulación ambiental y en algunos casos para estimar valores ambientales. Un área donde se ha utilizado extensamente es para el estudio de los mercados del agua, que al fin y al cabo puede considerarse un recurso ambiental (Garrido, 2007, citado por Linares y Romero, 2008).

6.13.3. Valoración contingente

Este método consiste en valorar los beneficios derivados de una mejora ambiental por la cantidad monetaria que los beneficiarios potenciales de dicha mejora estarían dispuestos a pagar por la misma. De una manera análoga, los costes derivados de un daño ambiental se valoran por la cantidad monetaria que los perjudicados potenciales por dicho daño aceptarían como compensación, Bateman (2002, citado por Linares y Romero, 2008).

Como normalmente para los bienes que se ocupan frecuentemente no existen un mercado, la valoración contingente propone preguntar de manera más o menos directa a los afectados las cantidad monetarias que ellos pagarían por un determinado beneficio ambiental, o que estarían dispuestos a aceptar como compensación por cierto daño ambiental, en caso de que no existiera este hipotético mercado, (Linares y Romero, 2008).

Según Linares y Romero (2008), el procedimiento para preguntar al afectado puede basarse en cuestiones directos o apoyarse en métodos más sofisticados. No obstante, en esencia, la valoración contingente se basa en preguntar a los interesados sobre su disposición a pagar o a aceptar.

6.13.4. Costos evitados

La aplicación de este método está limitado a los casos en que los servicios provistos por los recursos ambientales tienen una influencia directa en los individuos, que por otra parte son conscientes de la degradación del ecosistema y de su influencia en los servicios que provee, y que además pueden optar medidas defensivas para evitar o reducir los impactos negativos resultantes de la degradación (Dickie 2003, citado por Linares y Romero, 2008).

6.13.5. Coste del viaje

El método del costo del viaje ha sido profusamente utilizado, tanto para valorar espacios naturales desde un punto de vista recreativo, como para valorar mejoras realizadas en dichos espacios naturales. La idea básica del método del coste de viaje consiste en utilizar la información relacionada con la cantidad de tiempo (costo de oportunidad) y de dinero (costo real) que una persona o familia emplea en visitar un espacio natural (Johansson 1992, citado por Linares y Romero (2008)).

6.13.6. Precios hedónicos

El método de las variables hedónicas se ha aplicado profusamente a valora cualidades ambientales como el nivel de ruido generado por el tráfico automovilístico, el tráfico aéreo, contaminación atmosférica, etc. La idea del método del precio o de las variables hedónicas consiste en determinar en qué manera el placer o molestia de consumir el activo ambiental afecta el precio de una serie de bienes para los que existe un mercado perfectamente definido. Los activos con mercado como habitualmente son viviendas (Linares y Romero, (2008).

6.14. Aspectos conceptuales relacionados con la valoración contingente

El método de valoración contingente (VC) es el más conocido y aplicado de los métodos, y busca sencillamente que la persona revele directamente sus preferencias por el bien

ambiental, a través de la disponibilidad a pagar (DAP) por el recurso ambiental usando como herramientas encuestas y cuestionarios (Rojas, Pérez y Peña, 2001).

Con el método se intenta averiguar mediante preguntas directas, la valoración que las personas conceden al bienestar que les produce la modificación en las condiciones de oferta de un bien ambiental. En forma resumida, el método de valoración contingente consiste en la aplicación de una encuesta a los usuarios potenciales de un bien o servicio ambiental planteándoles un mercado hipotético en el que se les invita a participar, ofreciéndole uno o varios precios e indagándoles su disposición a pagar por él. La DAP permite conocer la estructura de la demanda y la cantidad de dinero a pagar por el bien ambiental, con lo cual se facilita identificar la viabilidad financiera del proyecto, (Rojas, Pérez y Peña, 2001).

Según Barreiro y Pérez (1997, citado por Linares, 2015) para aplicar los cuestionarios hay que tomar en cuenta tres aspectos básicos. El primero es proporcionar al entrevistado la información sobre el bien que se pretende valorar de modo que este pueda conocer adecuadamente el problema que se está tratando. El segundo es la forma en que se ha de abordar la formulación de la pregunta sobre la disposición a pagar, DAP. Para esto el vehículo y frecuencia del pago deben quedar claros, así como también el formato de pregunta. El tercero es obtener información sobre las características socioeconómicas de las personas encuestadas con la finalidad de estimar una función de valor, donde la DAP expresada esta explicada por esas mismas características y otras variables relevantes.

Según Leal (2005), una vez establecida la estructura antes mencionada, es necesario tomar en cuenta algunos aspectos importantes para la correcta instrumentación del método. El formato de las preguntas puede ser:

a. **Abierto:** Este tipo de formato comúnmente se combina con el formato de subasta otorgándole un consejo al entrevistado sobre la cantidad aproximada de lo que se le esté preguntando.

b. **Subasta:** En entrevistador plantea una cifra y pregunta al entrevistado su está dispuesto a pagar por esta cifra o más; si el entrevistado responde afirmativamente la cifra original se eleva y si la respuesta es negativa se reduce.

c. **Múltiple:** El cual le presenta al entrevistado una tabla con diferentes opciones, la cual deberá ser ordenada por el entrevistado de mayor a menor de acuerdo a su valoración.

d. **Binario:** Él debe su nombre al hecho que se realizan las preguntas de tal manera que el entrevistado responde sí o no a una cantidad propuesta.

e. **Iterativo:** Se basa en darle la oportunidad al entrevistado, de modificar sus anteriores respuestas, con el objetivo de llegar a una valoración más reflexiva.

6.15. Pago por servicios ambientales

Los pagos por servicios ambientales (PSA) son parte de un paradigma de conservación nuevo y más directo, que explícitamente reconoce la necesidad de crear puentes entre los intereses de los propietarios de la tierra y los usuarios de los servicios. La forma de pago del PSA (en efectivo o en especie) depende más que todo del contexto. El PSA es un enfoque de conservación muy promisorio que puede beneficiar a compradores y vendedores y mejorar la base de recursos, pero es poco probable que supere a otros instrumentos de conservación (Wunder, 2005).

Para que los programas de pago por servicios ambientales se mantengan operativos, son necesarias fuentes estables de financiación. La estabilidad financiera es particularmente importante porque, a fin de que los usuarios de tierras tengan incentivos continuos para mantener los servicios ambientales, los pagos deben ser recurrentes y mantenerse en el largo plazo. Esto implica la necesidad de identificar tanto a los beneficiarios como los servicios específicos a recibir. Los beneficiarios no reciben “servicios ambientales” en general, sino servicios específicos. Aún dentro de las categorías específicas de servicios

hay diferencias. Las compañías de distribución de agua potable requieren un flujo constante de agua de alta calidad, mientras que los productores de energía hidroeléctrica están interesados en el caudal, y no tanto en la calidad del agua (siempre que no lleve sedimentos). La disposición a pagar de un grupo de beneficiarios depende del servicio específico a recibir, del valor del servicio (comparado con el coste de las alternativas) y del tamaño del grupo de beneficiarios (Pagiola y Platais, *s.f.*).

7. MARCO REFERENCIAL

7.1. Ubicación y localización del área de estudio

San Juan Ermita es un municipio que pertenece al departamento de Chiquimula, el cual se encuentra a 569 msnm, sus coordenadas geográficas son: latitud norte 14°45"37' y longitud oriente 89°95"50'.

Se ubica en la parte nor-oriente de la República de Guatemala a 26 kilómetros de la cabecera departamental de Chiquimula. El municipio de San Juan Ermita está localizado en el norte de Olopa y San Jacinto, al este de la cabecera departamental y al noreste de Jocotán. Para poder llegar se debe de tomar la carretera de la ruta CA-11, la cual conduce hacía Copán, Honduras.

7.2. Zonas de vida

En el municipio de San Juan Ermita se encuentran dos zonas de vida vegetal, que fueron propuestas por Holdrige en el año 1978, citado por SEGEPLAN (2010).

a. **Bosque húmedo subtropical templado, bh-S(t)**

   Las especies que se pueden encontrar en esta zona son el *Pinnus oocarpa, Curatella americana y Byrsonima crassifolia.* Esto se debe a que posee una precipitación de 1,100 mm que se distribuyen entre los meses de mayo a octubre y una altitud que oscila en 900 y 1500 msnm.

   Este clima permite que se den cultivos como café y también cultivos de consumo básico de la población (maíz y frijol), los cuales una parte es comercializada y la otra es utilizada para consumo en el hogar.

b. Bosque seco sub-tropical, bs- S

En esta zona de vida predominan los cultivos de maíz y árboles frutales, su altitud esta entre los 450 a 1000 msnm y la época lluviosa se distribuyen entre junio a septiembre con una precipitación de 700 a 850 mm.

Estas condiciones climáticas contribuyen a que en el área prevalezca el asocio maíz-sorgo, la producción es destinada para el auto-consumo.

7.3. Clima

El casco urbano del municipio de San Juan Ermita se encuentra a una altitud de 569 msnm con un clima tropical, la mayor parte del territorio (79%) es montaña, contribuyendo a que existan precipitaciones dispersaras en las partes altas. Las masas de aire corren normalmente de noreste a sureste.

7.4. Precipitación pluvial

San Juan Ermita se encuentra dentro del corredor seco del país, teniendo una precipitación de aproximadamente 1076 mm anuales con lluvias dispersas todo el año, según registros meteorológicos de la Mancomunidad Copanch'orti' (2016).

7.5. Temperatura

Según registros meteorológicos de la Mancomunidad Copanch'roti' (2016) la temperatura media anual en el municipio de San Juan Ermita se encuentre entre los 21.2°C y 25.4°C (anexo 1).

7.6. Extensión

La extensión del municipio de San Juan Ermita es de 92 km^2, en donde el casco urbano es abastecido con agua potable de parte de la municipalidad.

7.7. Suelo

Según Vidal (2015) la geomorfología del lugar la textura del suelo son arcillo-limosa, arcillosas y franco arcillosas. Mientras la capacidad de uso de la tierra se encuentran dentro de las clases agrologicas: II, III, IV, VI y VII, esto se determinó basándose en la metodología propuesta por el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación -MAGA- la cual es adaptada del método del Departamento de Agricultura de Estados Unidos -USDA-.

Cuadro 1. Matriz para determinar la capacidad de uso del suelo municipio de San Juan Ermita, Chiquimula.

CATEGORÍA CUT	PENDIENTE	DEGRADACIÓN	HUMEDAD		SUELO	
					Características	
	%	Erosión	Drenaje	Prof. Efec.	Textura	Pedreg.
I	0 - 3	Ligera	Bien drenado	>100	Medianas, franco, arcillo limoso, franco arcilloso, franco arcilloso arenoso, franco limoso, limoso franco y franco	No hay
II	0 - 3	Ligera	Bien drenado o moderado	75 - 100		No hay
III	3 - 7	Moderada	Moderado imperfecto	50 - 75	Pocas finas o levemente gruesas, como: arcilloso, arenoso, franco arcilloso, arenoso, franco arenoso o arena franca.	Poca
IV	7 - 12	Moderada	Moderadamente Excesivo; bien drenado; imperfecto	25 - 50	Arena franca o arcillosa pero permeable	Mediana
V	12 - 25	Severa	Especial	Especial	Arena, arcilla o arcillo limosos.	Mediana
VI	25 - 50	Severa	Excesivo a muy pobre	< 25	Generalmente son finas en todo el perfil aunque puede ser mediana o gruesa en algunos casos.	Abundante
VII	50 - 75	Muy severa	No se considera	No se considera	Estratos compactados desde la superficie o muy gruesa en todo el perfil.	Muy abundante
VIII	> 75	Muy severa	No se considera	No se considera	Extremadamente arcilloso	Muy abundante

Fuente: Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 2010, citado por Vidal, 2015.

Cuadro 2. Descripción de las categorías de CUT, del sistema USDA.

Categoría	Sistema USDA
Clase I	Los suelos de esta clase tienen muy pocas limitaciones que restrinjan su uso. La tierra agrícola se considera apta para una amplia gama de cultivos intesivos, pastos y forrajes. El relieve es casi plano y las posibilidades de erosión son escasas. Los suelos son profundos, generalmente bien drenados, de fácil manejo, absorben e agua en buenas condiciones y responden positivamente a los fertilizantes.
Clase II	Estos suelos tienen algunas limitaciones que reducen la selección de plantas y cultivos, y requieren prácticas moderadas de conservación.
Clase III	Los suelos de esta clase tienen severas limitaciones que, reducen la selección de las plantas, requieren prácticas especiales de conservación, o ambas.
Clase IV	Los suelos de esta clase tienen muy severas limitaciones que, restringen la selección de las plantas, o bien requieren un cuidadoso manejo, o bien ambas circunstancias. Los suelos de esta clase pueden servir sólo para dos o tres de los cultibos corrientes y las cosechas son bajas en relación a los insumos.
Clase V	Los suelos de esta clase tienen pocos riesgos de erosión, pero cuentan con otras limitaciones que reducen su uso actual. Debido a las limitaciones los cultivos no son factibles mas los pastos pueden ser mejorados y esperarse beneficios de un apropiado manejo.
Clase VI	Los suelos de esta clase poseen continuas limitaciones que pueden ser corregidas. Debido a diversas limitaciones de los suelos (profundidad, susceptibilidad a la erosión), por lo general, no son aptos para cultivos, pero pueden ser utilizados para pasturas, bosques y reservas de tierras vírgenes.
Clase VII	Los suelos de esta clase tienen severas limitaciones que los incapacitan para los cultivos y limitan su uso exclusivamente para pastos, bosques o reservas de tierras vírgenes bajo un manejo apropiado. Esta clase posee limitaciones que no no pueden ser corregidas.
Clase VIII	Los suelos y formas del terreno de esta clase tienen limitaciones que impiden su uso para la producción de cultivos comerciales y lo restringen a la reserva de tierras vírgenes, abastecimiento de agua, áreas de esparcimiento y parques nacionales. Estas limitaciones no pueden ser corregidas.

Fuente: SINAFIP, SEGEPLAN (s.f.).

7.8. Investigaciones relacionadas con el tema

7.8.1. Valoración económica de los servicios hidrológicos: subcuenca del río Teculután

El trabajo se desarrolló en la subcuenca del río Teculután como parte de las actividades del proyecto “Compensación Equitativa por Servicios Hidrológicos: Fase I, Preparando el Caso de Negocios”, iniciativa de CARE y WWF que pretende la implementación de esquemas de compensación por servicios hidrológicos, CSH, que aseguren un manejo sostenible de las cuencas y reduzcan la pobreza de las comunidades en las áreas de trabajo.

La metodología utilizada fue la valoración contingente, que se basa en el desarrollo de un mercado hipotético, donde los usuarios de los servicios hidrológicos pagarían para reforestar las partes media y alta de la cuenca e

implementar prácticas agrícolas apropiadas que contribuyan a mantener la cantidad de agua disponible en verano y a reducir la cantidad de sedimentos durante la estación lluviosa, con lo que los volúmenes de agua potable para consumo doméstico y su calidad se incrementarían.

Según Martínez y Dimas (2007, citado por Linares 2015), los resultados obtenidos de las encuestas se determinó un DAP de Q.26.30 (US$3.5) por familia al mes. De ahí se tiene que el valor de los servicios ambientales para la población de Teculután es de Q.1 millón por año (US$131.8 mil/año).

7.8.2. Valoración económica de los servicios ambientales en tres microcuencas del corredor seco de Guatemala

Esta investigación se llevó a cabo en las microcuencas de Tacó (Chiquimula), Cachil (Salamá) y Xesiguan (Rabinal). El objetivo principal de este trabajo fue disponer de un portafolio de valoración en las microcuencas seleccionadas de los departamentos de Baja Verapaz y Chiquimula para determinar algunos aportes importantes a la economía local, y tener la información necesaria para generar propuestas efectivas que contribuyan a la sostenibilidad económica y ambiental de estas comunidades.

Según Argueta (2005, citado por Linares 2015), el valor económico del servicio ambiental o el beneficio recibido por la protección de las fuentes de agua proporcionado por la microcuenca Tacó (Chiquimula) a los usuarios del sistema municipal de distribución de agua es de Q 19.99 mensuales por familia, para microcuenca Cachil (Salamá) es de Q 11.54 mensuales por familia y para la microcuenca Xesiguan (Rbinal) es de Q 17.51 mensual por familia.

7.8.3. Valoración económica del recurso agua en la comunidad Frijolares Güinope, Honduras

El trabajo de investigación se realizó en la zona de recarga de la “Quebrada los Arados” de la cual se obtiene el agua para consumo doméstico para la comunidad de Frijolares, se ha visto afectada por el uso indebido de tierras destinadas a prácticas agrícolas y ganaderas, ocasionando conflictos entre los productores y la comunidad por la evidente contaminación, degradación y disminución del potencial hídrico de la microcuenca, además la tarifa paga por el servicio de agua no logra cubrir los costos del mantenimiento del sistema de abastecimiento de agua, por lo cual el objeto del estudio fue determinar el valor económico del agua, mediante la utilización del método de valoración contingente.

Según Rodríguez (2002, citado por Linares 2015), con el análisis de los resultados obtenidos se pudo determinar que las familias están dispuestas a pagar 1.4 Lps/m³ en efectivo y 7.3 Lps/m³ en días de trabajo por metro cúbico de agua consumida, lo cual genera un valor económico total de 48,098.4 Lps, esté valor resulto considerable puesto que representa un 9.6% de los ingresos anuales familiares de la comunidad.

7.8.4. Valoración económica del agua utilizada en la unidad de riego “La Fragua”, Zacapa, Guatemala

Esta investigación tuvo como objetivo contribuir con la conservación del recurso hídrico utilizado para la producción agropecuaria en la unidad de riego “La Fragua” del departamento de Zacapa, por medio de la generación de información que permita implementar pago por servicios ambientales o esquemas de compensación ambiental a través de su valoración económica con fines de riego.

Para determinar el valor económico que se le debe otorgar al agua utilizada para las actividades agropecuarias, fue utilizado el método de valoración contingente. El valor económico total del agua de riego se estimó con el valor de la disposición a pagar relacionada con cada una de las áreas por cultivo, estimándose en Q.277, 091.00 por año, por lo que es importante mencionar que en la unidad de riego existe un pago diferenciado por el servicio, el cual depende del cultivo y del ciclo del mismo, los cultivos de ciclo corto realizan al menos dos pagos por año y los cultivos permanentes un pago por año, según Linares (2015).

7.8.5. Valoración económica del agua de uso doméstico en la Villa de Quezaltepeque, proveniente de la microcuenca del río La Conquista, Guatemala

La investigación realizada en la villa de Quetzaltepeque tuvo como objetivo generar información que ayude a determinar el valor económico del agua para uso doméstico mediante el método de valoración contingente, para que permita contribuir a implementar esquemas de compensación ambiental en la microcuenca del río La Conquista.

Según los resultados obtenidos El 86% de la población está dispuesta a pagar una cuota adicional para mantener y mejorar el servicio que presta la microcuenca, mientras que el 14% restante no está dispuesto a pagar. A través de las medidas de tendencia central se determinó que la media es de Q9.47, mediana Q.10.00 y moda Q.5.00 debido a que, la mediana se asemeja más a la realidad de los datos obtenidos se define que la disponibilidad de pago de la población de la Villa de Quezaltepeque es de Q. 10.00 mensuales adicionales a la cuota que pagan por el servicio, según Osorio (2016).

8. MARCO METODOLÓGICO

8.1. Determinación del área de estudio

El estudio se realizó con una muestra aleatoria de 80 usuarios de un universo compuesto por 423 usuarios del casco urbano del municipio de San Juan Emita. Las fuentes de agua que abastecen al casco urbano son las siguientes: quebrada El Carrizal, quebrada El Zarzal y el río Carcaj; los cuales proveen agua a 11 barrios (El Barrancón, Ventana 1, Centro, Campo, Tanque, Torre, Escopetazo, Cementerio, Tejera, San Pedrito, Escuela).

8.2. Servicio ambiental a valorar

Un servicio ambiental es la capacidad que tiene la naturaleza de proporcionar recursos desde la parte alta hacia las aldeas y las comunidades, recursos como agua limpia y accesible; suelos, hierbas, bosques, recursos de la biodiversidad, alimentos nutritivos, etc.

El servicio ambiental valorado es el agua que proviene de la quebrada Carrizal, quebrada Zarzal y el río Carcaj, la cual es utilizada para abastecer de agua la zona urbana del municipio de san Juan Ermita y que por muchos años ha provenido de este servicio que actualmente es de mala calidad (66.54) siendo este un recurso que se debe conservar en buen estado brindando un buen manejo y administración para la sostenibilidad de este servicio.

8.3. Método de valoración

Para realizar la valoración de la calidad ambiental se utilizó el método de valoración contingente, el cual consiste en recolectar información a través de encuestas planteando un mercado hipotético, y así determinar la cuota que están los pobladores dispuestos a pagar por el servicio de agua potable prestado por la municipalidad de San Juan Ermita.

8.4. Determinación de la muestra

Para determinar la muestra se utilizó la ecuación de muestreo aleatorio irrestricto, con la población total de usuarios (423) del sistema de abastecimiento de agua municipal.

Ecuación 1.

$$n = \frac{Z^2\left(1-\frac{\infty}{2}\right)PQ + d^2}{d^2\frac{+Z^2\left(1-\frac{\infty}{2}\right)PQ}{N}}$$

Donde:

n = Tamaño de la muestra

N = Tamaño de la población (423)

∞ = 0.05

Z = 1.96

P = Probabilidad de éxito (0.5)

Q = Probabilidad de fracaso (0.5)

d= Precisión de los estándares (0.10)

Aplicando:

$$n = \frac{(1.96)^2\,(1-\frac{0.05}{2})\,(0.5)\,(0.5) + (0.10)^2}{(0.10)^2\frac{+(1.96)^2\,(1-\frac{0.05}{2})\,(0.5)\,(0.5)}{423}}$$

$$n = \frac{0.9738456}{0.01 + \frac{0.93639}{423}}$$

$$n = \frac{0.9738456}{0.01221369}$$

$n = 79.7339379 \approx 80$ usuarios

De acuerdo al resultado el tamaño de la muestra es de 80 usuarios equivalente al 18.91% de los usuarios del servicio de agua potable que presta la municipalidad de San Juan Ermita. Previo a realizar las entrevistas se hizo una validación de la boleta, para ello se entrevistó a los usuarios con la finalidad de verificar si el contenido de la misma es el adecuado.

8.5. Selección de la muestra

Para la selección de los usuarios a entrevistar se utilizó la herramienta del programa de Excel para realizar muestreo aleatorio irrestricto con una distribución uniforme, en el cual se generó 80 números aleatorios igual al número de la muestra. Del listado se seleccionaron los usuarios con el número de orden que correspondía a los números aleatorios.

8.6. Variables estudiadas

Para el estudio se recolecto información de las siguientes variables:

a. Características de los entrevistados

- Género (% y DAP según género)
- Edad (% y DAP según edad)
- Educación (% y DAP según grado educativo)
- Número de integrantes de la familia
- Ingresos (% y DAP según ingresos)

b. Variables relacionadas con el uso del agua para consumo

- Uso que le da al agua en el hogar
- Actividad que demanda más agua
- Cantidad de agua necesaria para uso domestico
- Calidad del servicio

- Horario del servicio
- Cantidad de días que llega el agua a los domicilios
- Cuánto paga por el servicio

c. Variables relacionadas con la DAP (disposición a pagar)

- Importancia del agua para el desarrollo de sus actividades diarias
- Porcentaje de entrevistados que respondieron afirmativamente
- Disposición a pagar
- Razones por las que no están dispuestos a pagar
- Institución adecuada para recibir el pago y funcionar como intermediario en el PSA Importancia del bosque en el abastecimiento de agua en cantidad y calidad
- Quién debe velar por la conservación de los bosque

8.7. Formulación de la encuesta

La encuesta se diseñó en tres bloques, el cual está dividido en preguntas básicas que sirvieron para obtener la información para determinar del valor económico del agua. En el primer bloque se encuentran preguntas que contribuyen a generar confianza con el entrevistado y poder determinar la condición que posee el servicio de agua que reciben los usuarios.

En el segundo bloque se exponen el comportamiento de los usuarios sobre el servicio ambiental y como se encuentran las condiciones del área a estudiar. Es de mucha importancia que los usuarios conozcan lo importante que es darle un uso racional a los bosques por la función que estos desempeñan en la protección y disponibilidad del agua de la cuenca; para conocer su disposición a pagar para la realización de proyectos de conservación y protección de las zonas de recarga hídrica, así como el mecanismo con mayor aceptación para realizar el cobro por el servicio, en el caso de los que no estaban dispuestos hacerlo se le preguntó los motivos de su respuesta.

En el tercer bloque tiene preguntas sobre aspectos socioeconómicos del entrevistado, lo cual refleja la situación de la población.

Para poder validar las encuestas se realizó una prueba utilizando 10 boletas que representa el 12.5%, esto contribuyó a verificar que el contenido es el adecuado y responde a los objetivos de la investigación, (anexo 8).

8.8. Análisis de la información

Para analizar la información recolectada se utilizó el programa SAS (Statistical Analysis System), con este programa se puede estimar parámetros de regresión lineal y también se obtuvieron medidas de tendencia con relación a la disposición a pagar (DAP).

Este paquete estadístico permite procesar y entregar los resultados de regresión, análisis de varianza, estadística básica, distribución de frecuencias y procedimientos multivariados.

Para determinar si existe diferencia significativa entre las múltiples respuestas de una variable y la DAP según las características de los entrevistados, se realizaron pruebas de Chi cuadrado de independencia, que permitió determinar si el valor observado de una variable depende del valor observado en otra variable.

Se utilizaron tablas de contingencia para registrar y analizar la asociación entre dos o más variables, en donde las filas y columnas de las tablas corresponden a las variables categóricas (DAP y características de los entrevistados).

8.9. Establecimiento de los puntos de muestreo de agua

Se establecieron 6 puntos de muestreo (2 puntos por fuente de agua) sobre la red de distribución de agua en el casco urbano del municipio de San Juan Ermita, tomando en cuenta la ubicación de las viviendas.

8.10. Recolección de muestra

- Antes de colectar la muestra se abrió el grifo del agua por un aproximado de 3 a 5 minutos, para remover el agua estancada y homogenizar la muestra.
- Para recolectar la muestra de agua para el análisis fisicoquímicos, se utilizaron botellas de plástico de 1 litro, las cuales estaban previamente esterilizadas para evitar cualquier contaminación en la muestras.
- El recipiente se mantuvo cerrado hasta el momento de tomar la muestra.
- Se eligió y localizo el lugar de donde se desee tomar la muestra.
- Se abrió el recipiente en donde se tomó la muestra y rápidamente se introdujo en el grifo, moviendo horizontalmente.
- Se cerró el recipiente rápidamente y se rotuló con la fuente, fecha, lugar, hora de toma de muestra y responsable se la toma de muestra.
- Para el análisis microbiológico se recolectó en recipientes herméticos de 125 ml, esterilizados y enjuagados con agua destilada.
- Se recolecto la muestra del grifo y teniendo cuidado de dejar un espacio de aire para facilitar la agitación de la misma.
- Se colocaron las muestras en una hielera y se llevaron de inmediato al laboratorio.

8.11. Análisis de los parámetros de calidad del agua: mediciones en campo

Se utilizó un multiparámetro, el cual fue previamente calibrado, para la medición de los siguientes parámetros in situ: pH, temperatura y conductividad, anotando los resultados en una boleta diseñada para tal propósito, (anexo 2).

8.12. Preservación de las muestras de agua

Según Salazar (2016), después de tomadas las muestras deben ser colocadas de inmediato en una hielera para preservarlas a 4°C, separando las muestras para el análisis microbiológico en hieleras diferente.

8.13. Transporte de las muestras de agua

Luego de tomar las muestras de agua, se transportaron al laboratorio en un período no mayor de 24 horas, el sobrepasar el tiempo recomendado puede provocar alteraciones en algunos parámetros a analizar.

8.14. Parámetros evaluados

Con el propósito de evaluar la calidad del agua que abastece a los hogares del casco urbano del municipio de San Juan Ermita se determinaron los parámetros fisicoquímicos y microbiológico siguientes: coliformes fecales, pH, demanda bioquímica de oxígeno en cinco días, nitratos, fosfatos, cambio de la temperatura, turbidez, sólidos disueltos totales, oxígeno disuelto.

8.15. Método de análisis para los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de la calidad del agua

La metodología a empleada para los análisis físicos, químicos y microbiológicos para determinar la calidad de agua están basados en los métodos de análisis recomendados por el “Standard Methods of the examination of Water and Wastewater” (Método estándar para examinar agua).

8.16. Estimación del Índice de Calidad del Agua (ICA)

Para determinar “ICA”, se midieron 9 parámetros de acuerdo a la propuesta de Brown, los cuales son:

- Coliformes fecales (en NMP/100ml)
- pH (en unidades de pH)
- Demanda Biológica de Oxígeno en cinco días (DBO_5 en mg/l)
- Nitratos (NO_3 en mg/L)
- Fosfatos (PO_4 en mg/L)
- Cambio de la Temperatura (en ^0C)
- Turbidez (en NTU)
- Sólidos disueltos totales (en mg/L)

- Oxígeno disuelto (OD en % saturación)

8.16.1. Cálculo del Índice de Calidad del Agua General

Según Salazar (2016), el índice de Brown o índice de calidad de agua general, se puede determinar utilizando una suma lineal ponderada de los subíndices (ICAa) o una función ponderada multiplicativa (ICAm), para este estudio se utilizó la función ponderada multiplicativa debido a que otros autores (Landwehr y Denninger, 1976), demostraron que el cálculo del Índice de Calidad de Agua –ICA- mediante esta técnica es superior a la aritmética, es decir que es mucho más sensible a la variación de los parámetros, reflejando con mayor precisión un cambio de calidad. Se expresa matemáticamente de la forma siguiente:

$$ICA_m = \prod_{i=1}^{9} \left(Sub_i^{w_i} \right)$$

Dónde:

- W_i= Pesos relativos asignados a cada parámetro (Sub_i), y ponderados entre 0 y 1, de tal forma que se cumpla que la sumatoria sea igual a uno
- Sub_i= sub índice del parámetro i.

Cuadro 3. Peso relativo para cada parámetro del -ICA-

No.	Sub_i	W_i
1	Coliformes fecales	0.15
2	pH	0.12
3	DBO_5	0.1
4	Nitratos	0.1
5	Fosfatos	0.1
6	Temperatura	0.1
7	Turbidez	0.08
8	Sólidos disueltos totales	0.08
9	Oxígeno disuelto	0.17

Fuente: SNET (1998).

Pasos a seguir para calcular los sub índices de calidad de agua, (anexo 4):

a. **Coliformes fecales:** si son mayores de 100,000 ufc/100mL el sub_1 es igual a 3; si el valor es menor a 100,00 ufc/100mL, se busca el valor en (x) y se interpola el valor en el eje (Y), el valor encontrado es el Sub_1 de Coliformes Fecales, luego se procede a elevarlo al peso w_1.

b. **pH:** si es igual o menor a 2 el valor es mayor o igual a 10 el Sub_2 es igual a 3. Si el valor del pH está entre 2 y 10 se busca el valor en (X) y se interpola en valor en el eje (Y), el valor encontrado en el Sub_2 de pH y se procede a elevarlo al peso w_2.

c. **Demanda Biológica de Oxígeno (DBO):** si es mayor de 30 mg/L el Sub_3 es igual a 2, si la DBO es menor de 30 mg/L se busca el valor en el eje de (X), y se interpola el valor en el eje (Y), el valor encontrado es el (Sub_3) de DBO y se procede a elevarlo al peso w_3

d. **Nitratos:** si es mayor de 100 mg/L el (Sub_4) es igual a 2, si los nitratos son menores de 100 mg/L se busca el valor en el eje (X) se interpola el valor en el eje (Y), el valor encontrado es el (Sub_4) de Nitratos y se procede a elevarlo al peso w_4.

e. **Fosfatos:** si es mayor de 100 mg/L el (Sub_4) es igual a 2, si los nitratos son menores de 100 mg/L se busca el valor en el eje (X), y se interpola el valor en el eje (Y), el valor encontrado es el (Sub_5) de Nitratos y se procede a elevarlo al peso w_5.

f. **Temperatura:** para este parámetro se calcula primero la diferencia entre la T ambiente y la T muestra y con el valor obtenido se procede. Si el valor de la diferencia es mayor de 15° C el (Sub_6) es igual a 9, si es menor de 15°C se

busca el valor en el eje (X) y se interpola al valor en el eje (Y), el valor encontrado es el (Sub6) de temperatura y se procede a elevarlo al peso w_6.

g. **Turbidez:** si es mayor de 100 NTU el (Sub_7) es igual a 5, si la turbidez es menor de 100 NTU, se busca el valor en el eje (X) y se interpola en el eje (Y), el valor encontrado es el (Sub_7) de turbidez y se procede a levarlo al peso w_7.

h. **Sólidos disueltos totales:** si son mayores de 500 mg/L el (Sub_8) es igual a 3, si es menor de 500 mg/L, se busca el valor en el eje de (X), se interpola en el eje de la (Y), el valor encontrado es el (Sub_8) de Sólidos disueltos Totales y se procede a elevarlo al peso w_8.

i. **Oxígeno disuelto:** hay que calcular el porcentaje de saturación del OD en el agua, identificando el valor de saturación de OD según la temperatura del agua como se demuestra en el cuadro 4.

Cuadro 4. Solubilidad de oxígeno en agua dulce

Temp.	OD	Temp.	OD	Temp.	OD.	Temp.	OD.
1	14.19	12	10.76	23	8.56	34	7.05
2	13.81	13	10.52	24	8.4	35	6.93
3	13.44	14	10.29	25	8.24	36	6.82
4	13.09	15	10.07	26	8.09	37	6.71
5	12.57	16	9.85	27	7.95	38	6.61
6	12.43	17	9.65	28	7.81	39	6.51
7	12.12	18	9.45	29	7.67	40	6.41
8	11.83	19	9.26	30	7.54	41	6.31
9	11.55	20	9.07	31	7.42	42	6.22
10	11.27	21	8.9	32	7.28	43	6.13
11	11.01	22	8.72	33	7.16	44	6.04

Fuente: SNET (1998).

Si el porcentaje (%) de saturación de OD es mayor a 140% el (Sub_9) es igual a 47, si el valor es menor de 140% la saturación de OD se busca el valor en el eje (X) en la figura 11, se interpola el valor en el eje (Y), el valor encontrado es el (Sub_9) de Oxígeno Disuelto y se procede elevarlo el peso w_9.

Los valores obtenidos se incorporaron en el siguiente cuadro, para calcular el valor del índice de calidad de agua por cada punto de muestreo.

Cuadro 5. Cálculo del Índice de Calidad de Agua

	Parámetros	Valor	Unidades	Sub_i	Wi	Total
1	Coliformes Fecales		NMP/100 ml		0.15	
2	pH		Unidades pH		0.12	
3	DBO_5		mg/l		0.10	
4	Nitratos		mg/l		0.10	
5	Fosfatos		mg/l		0.10	
6	Temperatura		°C		0.10	
7	Tubidez		FAU		0.08	
8	Sólidos Disueltos Totales		mg/l		0.08	
9	Oxígeno Disuelto		% saturación		0.17	
	Valor de Índice de Calida de Agua -ICA-				Suma	0.00

Fuente: SNET (1998).

Después del cálculo del Índice de Calidad de Agua de tipo general, se clasifico la calidad del agua con base al siguiente cuadro:

Cuadro 6. Clasificación de la "ICA" propuesta por Brown (1970)

CALIDAD DEL AGUA	COLOR	VALOR
Excelente		90-100
Buena		70-90
Regular		50-70
Mala		25-50
Pésima		0-25

Fuente: SNET (1998).

8.17. Determinación de caudales

Para determinar el caudal de los afluentes que abastecen de agua los hogares de la cabecera municipal de San Juan Ermita, se usó el método de volumen y tiempo (método volumétrico).

8.17.1. Determinación de los caudales de las fuentes de agua por el método de volumen y tiempo (método volumétrico)

La forma más sencilla de calcular caudales pequeños es la medición directa del tiempo que se tarda en llenar un recipiente de volumen conocido. La corriente se desvía hacia un canal que descarga en un recipiente adecuado y el tiempo que demora su llenado se mide por medio de un cronómetro (Arrieta 2008).

Según Arrieta (2008) para los caudales de más de 4 litros es adecuado un recipiente de 10 litros de capacidad, que se llenará en 2 ½ segundos. Para caudales mayores, un recipiente de 200 litros puede servir para corrientes de hasta 50 l/s. El tiempo que se tarda en llenarlo se medirá con precisión, como especialmente cuando sea de sólo unos pocos segundos. El procedimiento se debe repetir varias veces y sacar un promedio del tiempo, la variación entre diversas mediciones efectuadas sucesivamente dará una indicación de la precisión de los resultados. El caudal se puede determinar mediante la fórmula siguiente:

$$Q = \text{Volumen} / \text{tiempo}$$

Este método de aforo es funcional para pequeños caudales; sin embargo, se pueden implementar también en pequeñas corrientes naturales de agua (utilizable en todas las corrientes en que pueda provocarse una caída del gasto que pasa por la corriente)

8.18. Análisis de la información del Índice de Calidad del Agua

Se elaboraron tablas con los resultados, utilizando el programa Microsoft Excel con los resultados de los 9 parámetros medidos para determinar el Índice de Calidad del Agua, así como el programa Microsoft Word para la elaboración de gráficas, cuadros y figuras.

8.19. Análisis costo-eficiencia

Con los resultados que se obtuvieron de la realización de la encuesta, se efectuó el análisis-eficiencia, tomando en cuenta dos alternativas que los usuarios seleccionados implementar para el mantenimiento, protección y mejoramiento del servicio ambiental que presta la microcuenca. Para determinar la alternativa más viable y económica deben cumplir con el objetivo deseado y se obtuvo a partir de los costos realizando un flujo de caja.

Para determinar los costos se consideró lo siguiente:

a. Costos del establecimiento

- Participación de las comunidades en el proyecto
- Establecimiento y manejo de la plantación
- Manejo y protección de plantación
- Asistencia técnica.

Según Valdéz (2010) para determinar el área que se debe de proteger, mantener y conservar se debe utilizar el programa ArcMap, tomando en cuenta las zonas con muy alto y alto potencial de recarga hídrica, mismas que se encuentran en la parte alta, media y periferia de la cuenca respectivamente, lugares en donde existen escaso bosque y se utiliza para la producción de granos básicos.

8.20. Planteamiento de escenarios

Un escenario es una descripción de un “futuro posible”, basada en un conjunto de elementos mutuamente consistentes, dentro de un marco de supuestos específicos. Muchas veces los términos de escenario y pronóstico son confundidos; los escenarios no son, ni deben ser interpretados como pronóstico.

El escenario ideal para la realización de una investigación es aquel en el cual se tiene fácil acceso y una buena relación con las personas entrevistadas para la obtención de

datos que permita describir una situación futura y el suceso de los eventos para visualizar de una situación original a una futura, analizando las opciones que presenta el abastecimiento domiciliar de agua potable en San Juan Ermita se plantean dos tipos de escenarios:

a. **Exploratorios:** estos escenarios toman en cuenta las tendencias que parten desde el pasado y las presentes, las cuales conducen a futuros verosímiles.

b. **De anticipación o normativos:** este escenario es construido con imágenes alternativas del futuro, pueden ser deseables o rechazables. Se conciben de un modo retrospectivo.

9. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La valoración económica del agua que abastece al casco urbano del municipio de San Juan Ermita, se realizó mediante un estudio con una muestra de 80 usuarios del sistema de abastecimiento de agua. La información obtenida fue sometida a un análisis estadístico realizado en el programa SAS, a través del cual se realizó la prueba de Chi-cuadrado para terminar si existen diferencias significativas entre los resultados, con un nivel de confianza de 95% en los resultados.

9.1. Análisis de las condiciones del servicio e importancia del agua

En el siguiente cuadro se observan las variables: fuente de abastecimiento, forma de pago, horas de agua al día, cantidad de agua, calidad del servicio, calidad del agua, posee casa propia, conoce la procedencia del agua que llega a su casa, importancia del agua, importancia de los bosques en la generación de agua, quién debe proteger los bosques, el agua de los ríos están contaminados, procedencia del agua para consumo humano, la calidad del agua en época lluviosa y cuánto pagaría por el servicio actual.

La prueba de Chi-cuadrado muestra que en la totalidad de las variables analizadas existen diferencias significativas.

Cuadro 7. Variables que determinan las condiciones del servicio y la importancia del agua en el casco urbano del municipio de San Juan Ermita, Chiquimula, 2017.

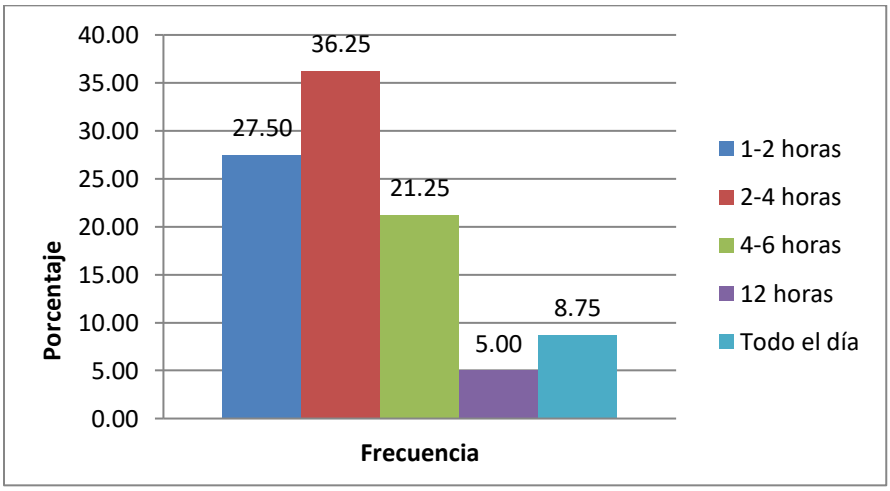
Variable	Opciones	Porcentaje	Prueba Chi-Cuadrado
Fuente principal de abastecimiento	Municipal	98.75	Pr>ChiCu=<0.0001
	Pozo propio	1.25	
Forma de pago	Anual	78.75	Pr>ChiCu=<0.0001
	Mensual	20.00	
Cuantas horas de agua al día	1-2 horas	27.50	Pr>ChiCu=<0.0001
	2-4 horas	36.25	
	4-6 horas	21.25	
	12 horas	5.00	
	Todo el dia	8.75	

Variable	Opciones	Porcentaje	Prueba Chi-Cuadrado
Cantidad de agua que recibe	Poca	33.75	Pr>ChiCu=<0.0001
	Suficiente	60.00	
	Excesiva	5.00	
Calidad del servicio que recibe	Excelente	13.75	Pr>ChiCu=<0.0001
	Bueno	56.25	
	Regular	23.75	
	Malo	3.75	
Percepción de la calidad del agua	Excelente	17.5	Pr>ChiCu=<0.0001
	Buena	51.25	
	Regular	26.25	
	Mala	5.00	
La casa donde vive es propia	Si	91.25	Pr>ChiCu=<0.0001
	No	8.75	
Conoce la procedencia del agua que llega a su casa	Si	80.00	Pr>Chicu= 0.0356
	No	20.00	
Importancia del agua en las actividades	Muy importante	83.75	Pr>ChiCu=0.0047
	Importante	16.25	
Importancia de los bosques en la generación de agua	Muy importante	88.75	Pr>ChiCu= 0.0007
	Importante	10.00	
	Poco importante	1.25	
Quien debe de cuidar los bosques	Gobierno	6.25	Pr>ChiCu=<0.0001
	Municipalidad	20.00	
	ONG	1.25	
	Los pobladores	16.25	
	Todos los anteriores	56.25	
Los ríos se encuentran contaminados	Si	95.00	Pr>ChiCu=<0.0001
	No	5.00	
El agua que usted bebe es	Del grifo	26.25	Pr>ChiCu=<0.0001
	Clorada en su casa	1.25	
	Posee filtro	18.75	
	Compra garrafones	52.5	
	Chorro público	1.25	
La calidad del agua en invierno es	Buena	37.5	Pr>ChiCu=<0.0001
	Regular	31.25	
	Mala	31.25	
Disposición a pagar menos por el servicio de agua	Q2.00	7.50	Pr>ChiCu=<0.0001
	Q4.00	5.00	
	Q6.00	10.00	
	Q8.00	28.75	
	Q10.00	48.75	

Fuente: Elaboración propia.

Al analizar las variables relacionadas con las condiciones del servicio y la importancia del agua en el casco urbano del municipio de San Juan Ermita, se pudo determinar que la principal fuente de abastecimiento de agua es el servicio municipal, donde la mayor parte de la población recibe de 2 a 4 horas diarias de agua, la cual consideran que es suficiente en cuanto a la cantidad que reciben y califican el servicio como de “buena calidad”. Así mismo se pudo determinar que la mayor parte de la población (80%) conoce la procedencia del agua que utiliza en el hogar, la importancia de los bosques en la provisión del servicio y que los ríos que proveen el servicio están contaminados, esto es importante resaltar porque puede motivar la disposición a pagar una cuota adicional por el servicio para la protección y conservación del mismo.

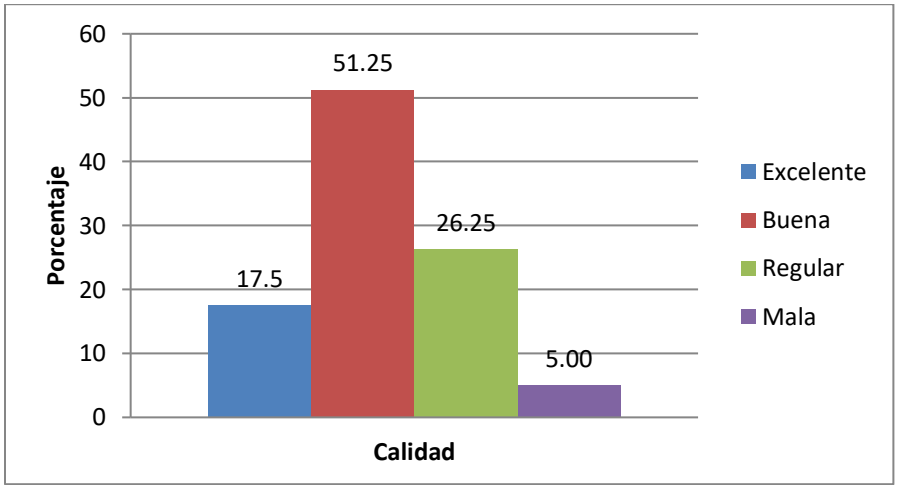
Gráfica 1. Horas que reciben agua domiciliar los usuarios del casco urbano del municipio de San Juan Ermita, Chiquimula, 2017.



Fuente: Elaboración propia.

En la gráfica 1, se muestra la variable “horas que reciben agua al día”, en donde se observa que el 36.25% reciben de 2 a 4 horas, el 27.5% de 1 a 2 horas, mientras que el 21.5% manifestó recibir de 4 a 6 horas de agua, solo el 5% reciben agua en un promedio de 12 horas y el 8.75% de los usuarios respondieron que reciben agua todo el día, esto depende del sistema de abastecimiento al que pertenezcan.

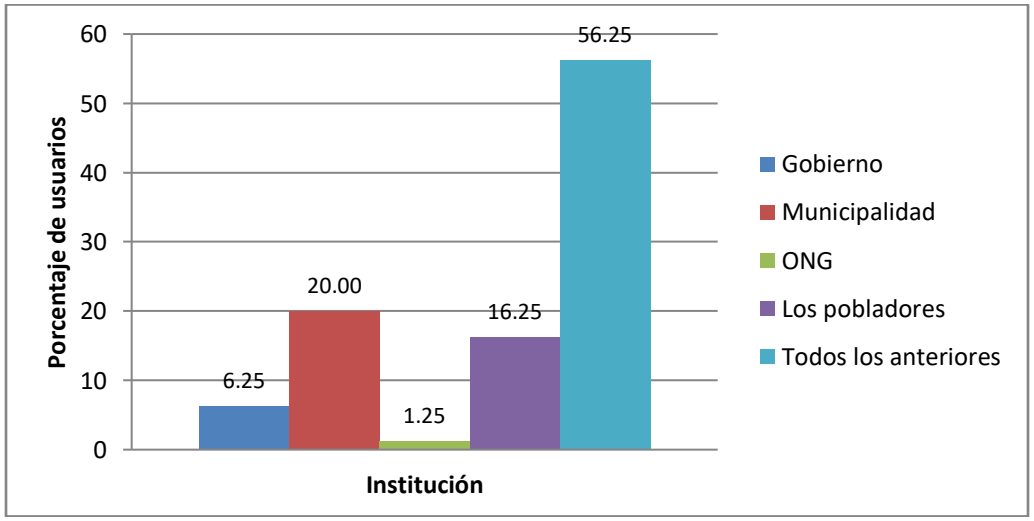
Gráfica 2. Percepción de la calidad del agua que reciben los usuarios del casco urbano del municipio de San Juan Ermita, Chiquimula, 2017.



Fuente: Elaboración propia.

En la gráfica 2, se muestra la variable “calidad de agua”, determinándose que el 51.25% consideran que la calidad del agua es "Buena", el 26.25% indicaron que es "Regular", un 17.5% contestaron que el agua es "Excelente" y el 5% consideran la calidad del agua "Mala", debido a que llega turbia.

Gráfica 3. Institución que debe de estar a cargo de la protección y conservación de los bosques del municipio de San Juan Ermita, Chiquimula, 2017.



Fuente: Elaboración propia.

En la gráfica 3, se presenta la variable “institución que debe estar a cargo de la protección y conservación de los bosques” que posee el municipio de San Juan Ermita, el 56.25% de los usuarios respondió que “todas las opciones (gobierno, municipalidad, ONG, pobladores)” presentadas son quienes deben responsable de los bosques, un 20% consideran que es el “municipalidad” quien debe de hacer cargo de ello, el 16.25% opinaron que son “los pobladores” quienes deben de hacerse responsables por cuidarlos, el 6.25% determinó que es obligación del “gobierno” responsabilizarse por la protección de los bosques y tan solo el 1.25% considera sería mejor que una “ONG” se encarga de estar al pendiente del cuidado que requiere un bosque.

9.2. Análisis de la importancia del manejo sostenible del recurso hídrico y la disposición a pagar

En el siguiente cuadro se observan las variables: disposición a pagar, cantidad dispuesta a pagar, causas por las cuales no está dispuesto a pagar una cuota adicional, mejor alternativa de proyecto, lugar adecuado para realizar el pago e institución indicada para recibir y administrar el pago, donde cada una de las variables posee opciones y el porcentaje de respuesta obtenido en cada opción.

El análisis estadístico de Chi-Cuadrado muestra que existen diferencias significativas de $P<0.05$, en las variables: cantidad adicional máxima a pagar, causas por las que no está dispuesto a pagar una cuota adicional, mejor alternativa de proyecto, institución indicada para recibir y administrar el pago. Las variables donde no se observó diferencia significativa fueron disposición a pagar y lugar adecuado para realizar el pago.

Cuadro 8. Resultado del análisis estadístico con prueba de Chi-Cuadrado para las variables que determinan la importancia del manejo sostenible del recurso hídrico y la disposición a pagar por los usuarios del servicio de agua municipal del casco urbano del municipio de San Juan Ermita, Chiquimula 2017.

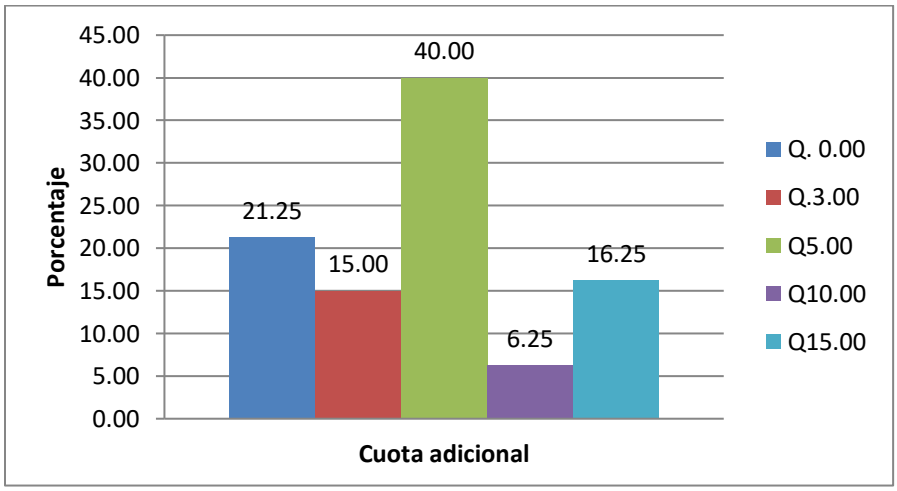
Variables	Opciones	Porcentaje	Prueba Chi-Cuadrado
Disposición a pagar	Si	78.75	Pr>Chicu= 0.1057
	No	21.25	
Cantidad adicional máxima a pagar	Q0.00	21.25	Pr>Chicu=<0.0001
	Q3.00	15.00	
	Q5.00	40.00	
	Q10.00	6.25	
	Q15.00	16.25	
Causas por las cuales no esta dispuesto a a pagar una cuota adicional	Es el gobierno y la municipalidad quienes deben hacerse cargo	11.11	Pr>Chicu=<0.0001
	La corrupción puede evitar que los fondos lleguen a su destino final	11.11	
	La situación económica no lo permite	61.11	
	No les interesa	5.56	
	No creo que este tipo de medidas funcionen	5.56	
	No todas las personas pagan la cuota actual	5.56	
Mejor alternativa de proyecto	Saneamiento ambiental	21.25	Pr>Chicu=<0.0001
	Sistemas agroforestales	3.75	
	Prácticas de consevación de suelo cultivables	2.50	
	Saneamiento ambiental y reforestación	6.25	
	Todos	2.50	
	Reforestación	63.75	
Lugar adecuado para realizar el pago	Recibo de agua	70.00	Pr>Chicu=0.0627
	Hogar	17.50	
	Banco	12.50	
Institución indicada para recibir y administrar pago	Municipalidad	85.00	Pr>Chicu=0.0023
	ONG	7.50	
	Sector privado	7.50	

Fuente: Elaboración propia.

El análisis para la variable “disposición a pagar” muestra que el 78.75% de los usuarios están dispuestos a pagar una cuota adicional a la tasa que actualmente se paga por el servicio municipal del agua. Al analizar la variable “causas por las cuales no está dispuesto a pagar una cuota adicional” el 61.11% de los usuarios respondieron que la causa principal es la situación económica que afrontan actualmente. Así mismo los usuarios respondieron que prefieren realizar el pago y que este lo administre la municipalidad de San Juan Ermita.

Es importante indicar que más del 60% de los usuarios respondieron que la mejor alternativa para la protección y conservación del recurso hídrico es la reforestación de la microcuenca del río Carcaj.

Gráfica 4. Disposición máxima a pagar de los usuarios del servicio de agua en el casco urbano del municipio de San Juan Ermita, 2017.

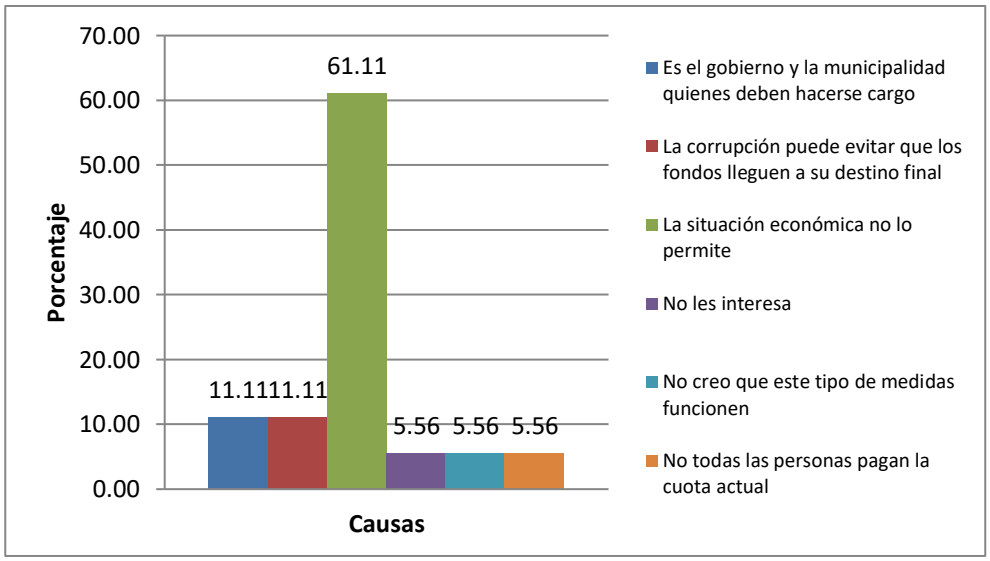


Fuente: Elaboración propia.

En la gráfica 4, se muestra la disposición a pagar donde se observa que el 40% de los usuarios están dispuesto a pagar una cuota adicional de Q5.00, seguido del 21.25% de los cuales no están dispuestos a pagar una cuota adicional usuarios que no pagarían ninguna cuota adicional, el 16.25% están dispuestos a pagar una cuota adicional de

Q15.00, el 15% respondió estar dispuesto a pagar Q3.00 adicionales a la cuota mensual y el 6.25% respondieron estar dispuestos a pagar Q10.00 adicionales.

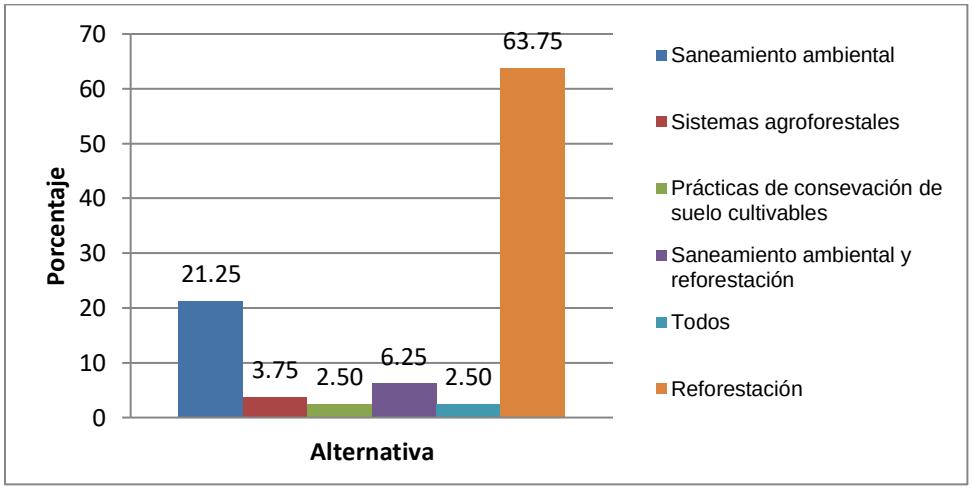
Gráfica 5. Causas de la no disposición a pagar de los usuarios del servicio de agua del casco urbano del municipio de San Juan Ermita, Chiquimula 2017.



Fuente: Elaboración propia.

En la gráfica anterior, se observan las razones por la cual los usuarios del servicio de agua no están dispuesto a pagar, donde: el 61.11% respondió que debido a la situación económica no están dispuesto a pagar una cuota adicional, el 11.11% respondió que es el gobierno y la municipalidad quienes deben pagar por los proyectos de protección y conservación de los bosques; así mismo, el 11.11% respondió que la corrupción porque evita que los fondos lleguen a su destino final, un 5.56% consideran que este tipo de programas ambientales no les interesa, un 5.56% consideran que ese tipo de medidas no pueden funcionar en el municipio y el otro 5.56% no realizarían un pago adicional debido que algunos usuarios tienen cuotas pendiente de pago y continúan recibiendo el servicio.

Gráfica 6. Alternativas para garantizar la sustentabilidad del servicio ambiental que presta la microcuenca Carcaj del municipio de San Juan Ermita, Chiquimula 2017.



Fuente: Elaboración propia.

En la gráfica 6, se presentan alternativas para garantizar la sustentabilidad del servicio ambiental que presta la microcuenca Carcaj, en donde: el 63.75% de los usuarios coincidieron que la mejor alternativa es la reforestación en las áreas de recarga hídrica de la microcuenca, el 21.25% considera que el saneamiento ambiental, el 6.25% considera que el saneamiento ambiental y reforestación contribuirá a la permanencia de agua en la microcuenca, el 3.75% sistemas agroforestales, el 2.5% respondió que la mejor práctica es la conservación del suelo cultivable, mientras el 2.5% restante consideró que una combinación de todas las alternativa contribuirá a la recuperación de la microcuenca. La reforestación en las zonas de recarga hídrica son importantes para la sustentabilidad del recurso hídrico y para la disminución de erosión de los suelos con el aumento de la cobertura vegetal.

9.3. Análisis de las características socioeconómicas

Las características socioeconómicas se analizaron a través de las siguientes variables: género del entrevistado, edad, estudios, número de hijos, situación laboral, de donde

provienen los ingresos del hogar, familia en los Estados Unidos, número de personas que conviven en la casa e ingresos totales del hogar.

La prueba de Chi-cuadrado muestra, que en la totalidad de las variables analizadas existen diferencias significativas, lo que significa que las variables son dependientes, cuadro 9.

Cuadro 9. Resultado del análisis estadísticos con Chi-Cuadrado para las características socioeconómicas en los usuarios del servicio de agua municipal del casco urbano del municipio de San Juan Ermita, Chiquimula 2017.

Variables	Opciones	Porcentaje	Prueba Chi-Cuadrado
Sexo	Femenino	80.00	Pr>Chicu=<0.0001
	Masculino	20.00	
Edad	17 años o menor	3.75	Pr>Chicu=<0.0001
	18 a 19 años	2.50	
	20 a 29 años	16.25	
	30 a 39 años	17.50	
	40 a 49 años	15.00	
	50 a 59 años	12.50	
	60 a 69 años	17.50	
	70 o mayor	15.00	
Estudios	Primaria	23.75	Pr>Chicu=<0.0001
	Básico	7.50	
	Diversificado	23.75	
	Universitario	10.00	
	Ninguno	35.00	
Cantidad de hijos	0 a 2	45.00	Pr>Chicu=<0.0001
	2 a 4	27.50	
	4 a 6	13.75	
	6 a 8	7.50	
	8 a 10	5.00	
	10 a 12	1.25	
Situación laboral	Está jubilado	2.50	Pr>Chicu=<0.0001
	Tiene empleo formal	13.75	
	Tiene empleo formal y negocio	1.25	
	Tiene negocio propio o familiar	26.25	
	No tiene empleo	42.50	
	Trabaja en la agricultura	13.75	

Variables	Opciones	Porcentaje	Prueba Chi-Cuadrado
De donde provienen los ingresos del hogar	Agricultura	23.75	Pr>Chicu=<0.0001
	Empleo formal	5.00	
	Jubilado	7.50	
	Magisterio	1.25	
	Magisterio y comercio	1.25	
	Policia	1.25	
	Sector privado	2.50	
	Remesas	11.25	
	Remesas y comercio	2.50	
	Salario de hijos y comercio	2.50	
	Salario de familiares	1.25	
	Salario de hermanos	2.50	
	Salario de hijos y jubilación	1.25	
	Venta de leña	1.25	
	Salario de hijos	1.25	
	Comercio	1.25	
	Comercio y jubilación	20.00	
	Ninguno	11.25	
	Trabajo de los papas	1.25	
Familia en Estados Unidos	Si	37.50	Pr>Chicu=<0.0001
	No	62.50	
Número de personas que conviven en casa	1 a 4	46.25	Pr>Chicu=<0.0001
	4 a 7	38.75	
	7 a 10	13.75	
	16 a 19	1.25	
Ingresos totales del hogar	Menos de Q.1,000	41.25	Pr>Chicu=<0.0001
	Entre Q.1,001 y Q.2,000	21.25	
	Entre Q.2,001 y Q.3,000	12.50	
	Entre Q.3,001 y Q.4,000	10.00	
	Entre Q.4,001 y Q.5,000	10.00	
	Entre Q.5,001 y Q.6,000	2.50	
	Entre Q.6,001 y Q.8,000	2.50	

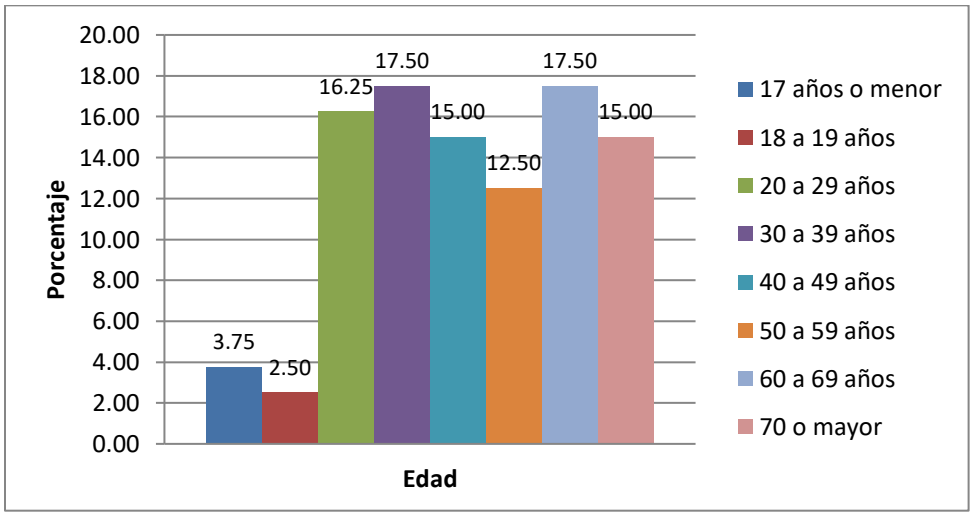
Fuente: Elaboración propia.

El 80% de los usuarios entrevistados fueron del género femenino, quienes por lo regular son las encargadas de administrar el agua a nivel de los hogares haciendo un uso relativamente eficiente del mismo que les permita realizar actividades cotidianas. Asimismo se pudo establecer que un alto porcentaje de los usuarios (35%) del servicio

no poseen ningún tipo de estudios, lo cual puede influir de forma directa en la disposición a pagar.

La mayor parte de la población percibe ingresos producto de actividades relacionadas con la agricultura lo cual incide directamente en el monto de ingresos que tienen las familias, esto se ve reflejado en que más del 40% de los usuarios manifestaron que sus ingresos mensuales son menores a Q.1,000.00; esta condición económica puede incidir directa y fuertemente sobre la disposición a pagar y el monto que los usuarios están dispuestos a pagar por la mejora de la calidad del servicio, la protección y conservación de la microcuenca del río Carcaj que es la principal fuente de abastecimiento para este.

Gráfica 7. Rango de edad de los usuarios del servicio de agua municipal en el casco urbano del municipio de San Juan Ermita, Chiquimula 2017.

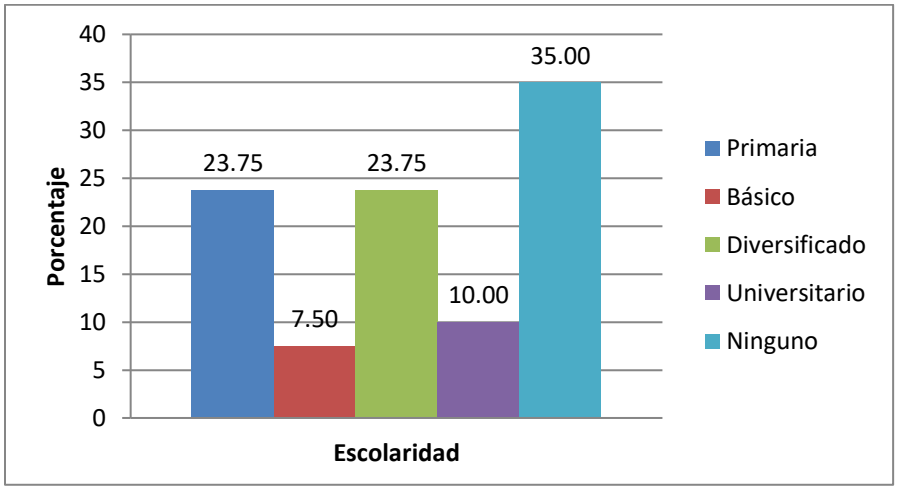


Fuente: Elaboración propia.

En la gráfica 7, se observa que el 17.50% tiene edades entre 30 a 39 años, asimismo el 17.50% tiene edades entre los 60 a 69 años, un 16.25% tienen edades entre 20 a 29 años, un 15% tiene edades entre 40 a 49 años, un 15% tiene edades mayores a 70 años. La edad puede constituir un factor que incida en la disposición a pagar; por lo tanto, se considera que, determinar los rangos de edades de los usuarios puede contribuir a

explicar el comportamiento de las personas con relación a la protección y conservación de los recursos naturales.

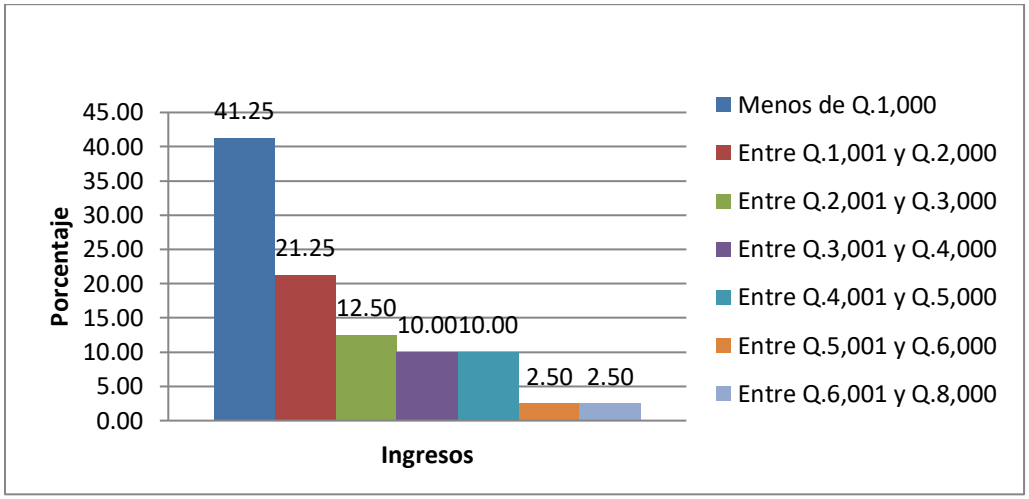
Gráfica 8. Escolaridad de los usuarios (entrevistados) del servicio de agua del casco urbano del municipio de San Juan Ermita, Chiquimula 2017.



Fuente: Elaboración propia.

En la gráfica 8, se observa que el 35% de los usuarios del servicio municipal de agua no poseen escolaridad, asimismo únicamente un 10% poseen estudios a nivel universitario. Estas características de la población del casco urbano del municipio de San Juan Ermita pueden influir de forma importante en la participación y aporte de las personas para la protección y conservación de los recursos naturales, especialmente los recursos de la microcuenca del río Carcaj.

Gráfica 9. Ingresos de los hogares del casco urbano del municipio de San Juan Ermita, Chiquimula 2017.



Fuente: Elaboración propia.

En la gráfica 9, se observa que el 41.25% de los usuarios del servicio municipal de agua tienen ingresos menores a Q.1,000.00. Si esto lo relacionamos con el salario mínimo para Guatemala publicado en el Diario Oficial de Centroamérica el 30 de diciembre de 2016 donde se establece un monto de Q2,893.21 podemos ver que más del 70% de la población percibe ingresos mensuales menores al salario mínimo.

9.4. Análisis de la contingencia de las variables disposición a pagar (DAP) y edad

Al realizar la contingencia entre la disposición a pagar y la relación de esta con la edad de los usuarios del servicio de agua municipal se pudo determinar que existe mayor disposición a pagar en los usuarios comprendidos en la edad de 20 a 39 años. Asimismo, los usuarios con menor disposición a pagar son los que tienen edades mayores a 60 años, esto se debe a un factor cultural de la población donde el agua es considerado un bien público del cual se dispone de forma gratuita, (cuadro 10).

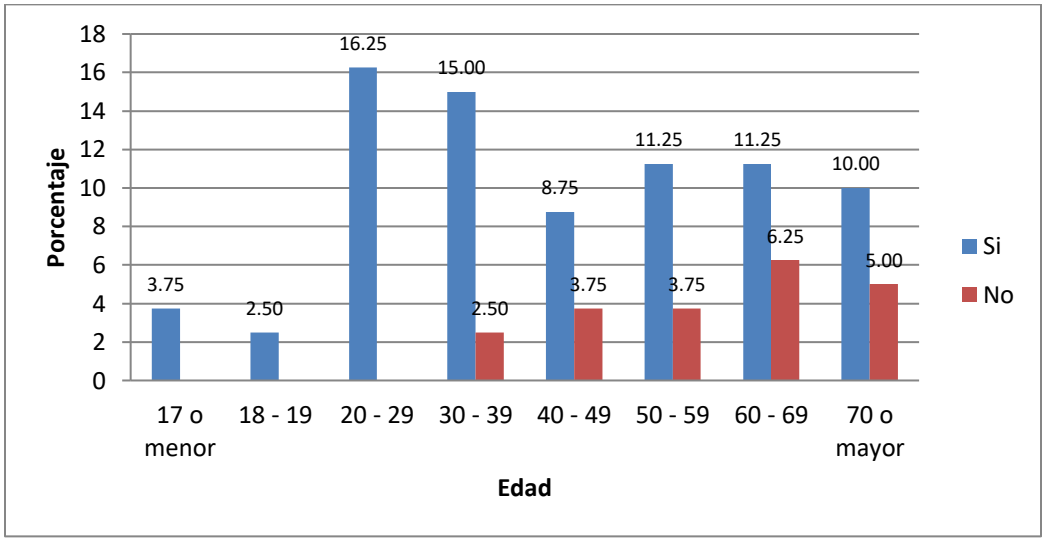
Cuadro 10. Contingencia entre las variables disposición a pagar (DAP) y edad de usuarios de servicio municipal de agua de San Juan Ermita, Chiquimula 2017.

Edad de los usuarios	Disposición a pagar %	
	Si	No
17 o menor	3.75	0
18 – 19	2.50	0
20 – 29	16.25	0
30 – 39	15.00	2.50
40 – 49	8.75	3.75
50 – 59	11.25	3.75
60 – 69	11.25	6.25
70 o mayor	10.00	5.00
Chi-cuadrado	**0.2016**	

Fuente: Elaboración propia.

En la gráfica 10, se puede observar que el mayor porcentaje de los usuarios del servicio municipal de agua comprendidos entre las edades de 20 a 70 años tienen una mayor disposición a pagar, asimismo también se observa que a partir de la edad de 30 años los usuarios también manifestaron una renuencia al pago adicional al servicio, los usuarios más jóvenes mostraron mayor interés por realizar un pago adicional (DAP) por el servicio de agua municipal que actualmente reciben en los hogares, esto se debe a que ellos conocen poseen más conciencia en el cuidado de los recursos naturales .

Gráfica 10. Contingencia entre las variables disposición a pagar (DAP) y edad de los usuarios del servicio de agua del casco urbano del municipio de San Juan Ermita, Chiquimula 2017.



Fuente: Elaboración propia.

9.5. Análisis de la contingencia de las variables disposición a pagar (DAP) y escolaridad

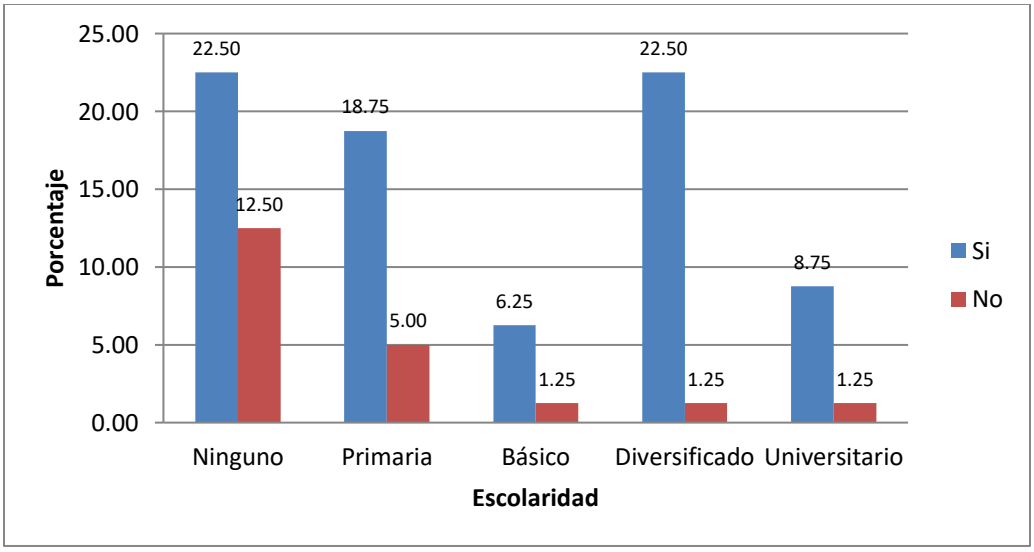
Al realizar la contingencia entre la disposición a pagar y la relación de esta con el grado de escolaridad de los usuarios del servicio de agua municipal se pudo determinar que existe mayor disposición a pagar en los usuarios que poseen estudios a nivel diversificado. Asimismo, los usuarios con menor disposición a pagar son los que no tienen estudios, esto se puede debe a que los usuarios que poseen un mayor grado de escolaridad le dan mayor valor al recurso para poder preservarlo y cuidarlo asegurando así la sustentabilidad, (cuadro 11).

Cuadro 11. Contingencia entre las variables disposición a pagar y el grado de escolaridad de los usuarios de servicio de agua del casco urbano del municipio de San Juan Ermita, Chiquimula 2017.

Escolaridad	Disposición a pagar %	
	Si	No
Ninguno	22.50	12.50
Primaria	18.75	5.00
Básico	6.25	1.25
Diversificado	22.50	1.25
Universitario	8.75	1.25
Chi-cuadrado	**0.0792**	

Fuente: Elaboración propia.

Gráfica 11. Contingencia entre las variables disposición a pagar y escolaridad de los usuarios del servicio de agua del casco urbano del municipio de San Juan Ermita, Chiquimula 2017.



Fuente: Elaboración propia.

En la gráfica 11 se puede observar que el nivel de estudios que poseen los usuarios del servicio municipal de agua tiene un grado de influencia en la disposición a pagar sin embargo es importante indicar que los usuarios que no poseen ningún nivel de estudios también muestran disposición a pagar. Sin embargo, el nivel de estudios tiene una

influencia importante para el caso de los usuarios que poseen estudios a nivel básico, diversificado y universitario.

9.6. Análisis de la contingencia de las variables disposición a pagar (DAP) y género

Al analizar la contingencia entre la disposición a pagar y su relación con el género se pudo determinar que los usuarios de género femenino tienen una mayor disposición a pagar comparado con los usuarios de género masculino, esto se debe a que la mayor parte de los entrevistados fueron mujeres. Sin embargo, es importante indicar que puede existir una mayor disposición a pagar por parte de las mujeres debido a su relación cotidiana con el agua y a que este recurso tiene para ellas un mayor valor, (cuadro 12).

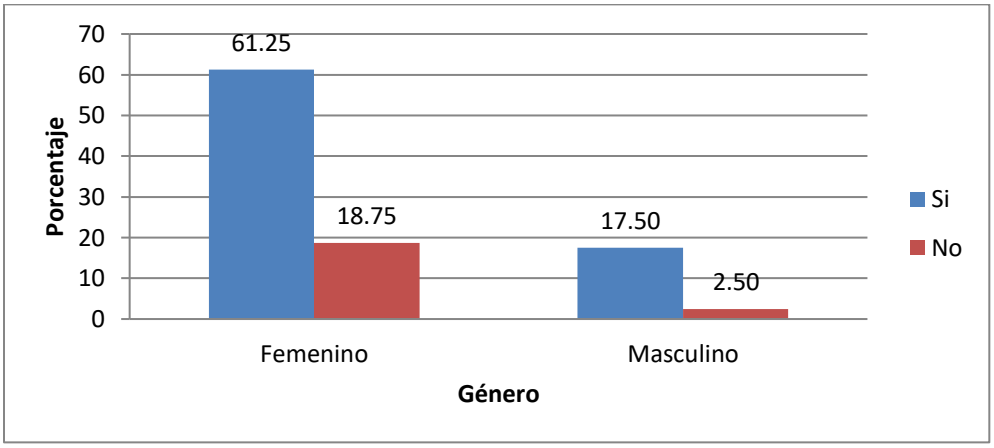
De acuerdo a la prueba de Chi-Cuadrado no existe diferencia estadísticamente significativa en la contingencia de estas dos variables.

Cuadro 12. Contingencia entre las variables disposición a pagar y género de los usuarios de servicio de agua del casco urbano del municipio de San Juan Ermita, Chiquimula, 2017.

Género	Disposición a pagar %	
	Si	No
Femenino	61.25	18.75
Masculino	17.50	2.50
Chi-cuadrado	**0.6880**	

Fuente: Elaboración propia.

Gráfica 12. Contingencia entre las variables disposición a pagar y género de los usuarios del servicio de agua del casco urbano del municipio de San Juan Ermita, Chiquimula 2017.



Fuente: Elaboración propia.

En la gráfica 12, se observa que las usuarias de servicio municipal de agua tienen mayor disposición a pagar con un 61.25%; sin embargo, es importante indicar que un 18.75% de las usuarias no están dispuestas a pagar una cuota adicional por la mejora de la calidad del servicio y la protección de los recursos naturales.

9.7. Análisis de la contingencia de las variables disposición a pagar (DAP) e ingresos

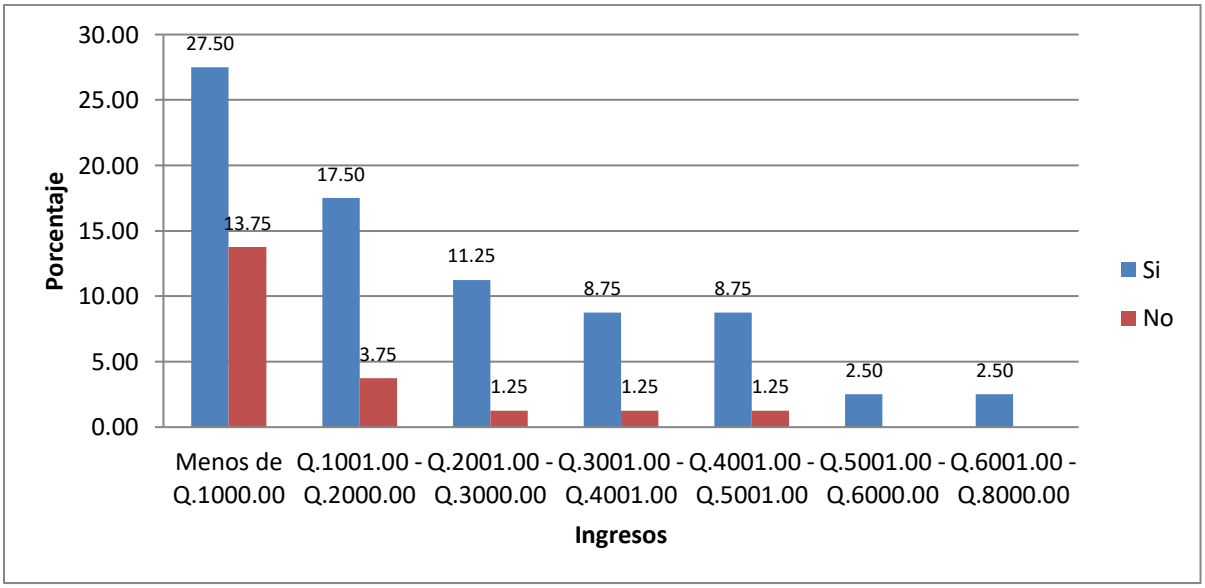
Al analizar la contingencia entre la disposición a pagar y la relación de esta con los ingresos de los usuarios del servicio de agua municipal se pudo determinar que existe mayor disposición a pagar de parte de los usuarios que devengan ingresos entre menos de Q.1,000.00 a Q. 2,000.00. Asimismo, los usuarios con menor disposición a pagar son los que perciben ingresos entre los Q.2,001.00 a Q5,000.00, esto se debe a que los usuarios con menor ingresos le dan un mayor valor al recurso hídrico, esto se debe que por la condición económica que poseen no pueden estar comprando agua (camión cisterna o garrafones), (cuadro 13).

Cuadro 13. Contingencia para las variables disposición a pagar e ingreso por familia de los usuarios de servicio municipal de agua de San Juan Ermita, Chiquimula 2017.

Ingresos por familia	Disposición a pagar %	
	Si	No
Menos de Q.1000.00	27.50	13.75
Q.1001.00 - Q.2000.00	17.50	3.75
Q.2001.00 - Q.3000.00	11.25	1.25
Q.3001.00 - Q.4000.00	8.75	1.25
Q.4001.00 - Q.5000.00	8.75	1.25
Q.5001.00 - Q.6000.00	2.50	0
Q.6001.00 - Q.8000.00	2.50	0
Chi-cuadrado	**0.562**	

Fuente: Elaboración propia.

Gráfica 13. Contingencia entre las variables disposición a pagar e ingresos de los usuarios del servicio de agua del casco urbano del municipio de San Juan Ermita, Chiquimula 2017.



Fuente: Elaboración propia.

En la gráfica 13, se observa los resultados de la contingencia realizada entre las variables disposición a pagar e ingresos por familia, en el cual se observa que el 27.50% de los usuarios que están dispuestos a pagar son los que poseen ingresos menores al salario

mínimo estipulado para la población guatemalteca, lo puede provocar que el dinero no les alcance para cubrir la canasta básica familiar.

9.8. Análisis de la contingencia de las variables disposición a pagar (DAP) y percepción de la calidad del agua

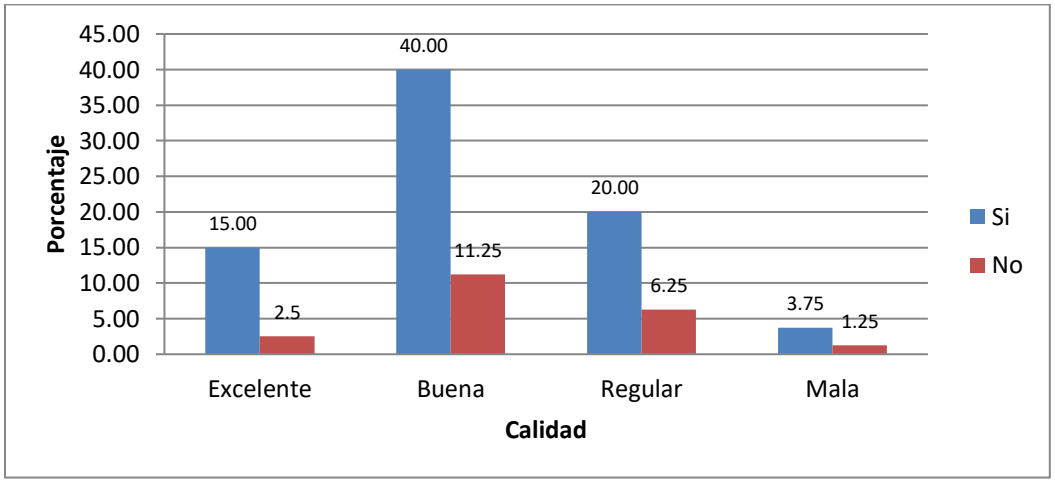
Al realizar la contingencia entre la disposición a pagar y la relación de percepción de la calidad del agua se pudo determinar que existe mayor disposición a pagar de parte de los usuarios que reciben agua de “Buena” y “Regular” calidad. Asimismo los usuarios que reciben agua de “Mala” calidad en sus hogares son los que tienen menor disposición a pagar, esto se debe que son tres afluentes que abastecen de agua al casco urbano, por ello los usuarios reciben agua de diferente calidad, (cuadro 14).

Cuadro 14. Contingencia para las variables disposición a pagar y percepción de la calidad de agua que reciben de los usuarios de servicio municipal de agua de San Juan Ermita, Chiquimula 2017.

Calidad	Disposición a pagar %	
	Si	No
Excelente	15.00	2.5
Buena	40.00	11.25
Regular	20.00	6.25
Mala	3.75	1.25
Chi-cuadrado	**0.9114**	

Fuente: Elaboración propia.

Gráfica 14. Contingencia entre las variables disposición a pagar y percepción de la calidad del agua del casco urbano del municipio de San Juan Ermita, Chiquimula 2017.



Fuente: Elaboración propia.

En la gráfica 14, se puede observar el resultado de la contingencia realizada entre la disposición a pagar y percepción de la calidad del agua del casco urbano del municipio de San Juan Ermita más del 70% de los usuarios están dispuestos a pagar una cuota adicional para que se ejecuten proyectos de mejoramiento y protección de bosques de la microcuenca del río Carcaj. De igual forma, la mayor cantidad de usuarios que no están dispuestos a pagar son los que reciben agua de “Buena” calidad.

9.9. Análisis de la contingencia de las variables monto con disposición a pagar (DAP) y edad

Al realizar la contingencia entre el monto con disposición a pagar y edad de los usuarios del servicio de agua municipal se pudo determinar que el mayor monto con disposición a pagar es de Q.5.00, los usuarios que están dispuestos a pagar se encuentran comprendidas entre 20 a 39 años, esto se debe a que en ese rango de edad se encuentra la mayor parte de usuarios que se encuentran dispuestos a pagar una cuota adicional. Esto se ve influenciado debido a que los jóvenes han tomado una mayor conciencia en

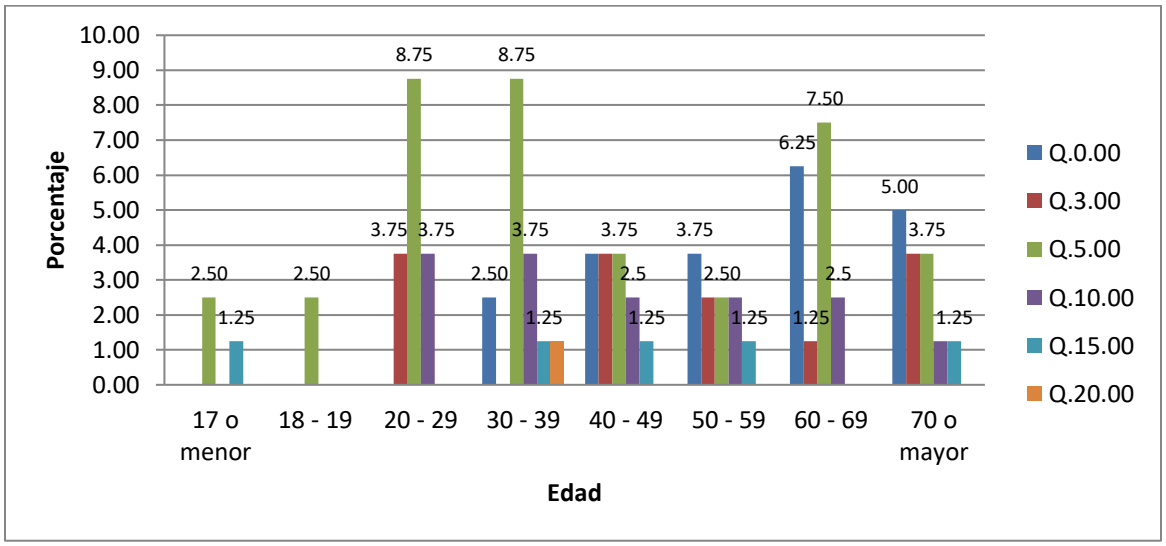
el cuidado y protección de los recursos naturales y que los mismos tienen un valor económico por los servicios ambientales que brindan, (cuadro 15).

Cuadro 15. Contingencia entre las variables disposición a pagar y edad de los usuarios de servicio de agua del casco urbano del municipio de San Juan Ermita, Chiquimula 2017.

No	Edad de los usuarios	Porcentaje de usuarios con disposición a pagar					
		Monto adicional a pagar por el servicio (quetzales)					
		0.00	3.00	5.00	10.00	15.00	20.00
1	17 o menor	0.00	0.00	2.50	0.00	1.25	0.00
2	18 – 19	0.00	0.00	2.50	0.00	0.00	0.00
3	20 – 29	0.00	3.75	8.75	3.75	0.00	0.00
4	30 – 39	2.50	0.00	8.75	3.75	1.25	1.25
5	40 – 49	3.75	3.75	3.75	2.5	1.25	0.00
6	50 – 59	3.75	2.50	2.50	2.5	1.25	0.00
7	60 – 69	6.25	1.25	7.50	2.5	0.00	0.00
8	70 o mayor	5.00	3.75	3.75	1.25	1.25	0.00
Chi-cuadrado		**0.6764**					

Fuente: Elaboración propia.

Gráfica 15. Contingencia entre las variables monto con disposición a pagar y edad de los usuarios del servicio de agua del casco urbano del municipio de San Juan Ermita, Chiquimula 2017.



Fuente: Elaboración propia.

En la gráfica 15, se observa el resultado de la contingencia de monto con disposición a pagar y edad, en donde el 17.50% de los usuarios están dispuestos a pagar un monto de Q.5.00 los cuales se encuentran en la edad de 20 a 39 y solamente el 1.25% se encuentran dispuestos a pagar una cuota adicional de Q. 20.00, encontrándose en la edad de 30 a 39 años.

9.10. Análisis de la contingencia de las variables monto con disposición a pagar (DAP) y escolaridad

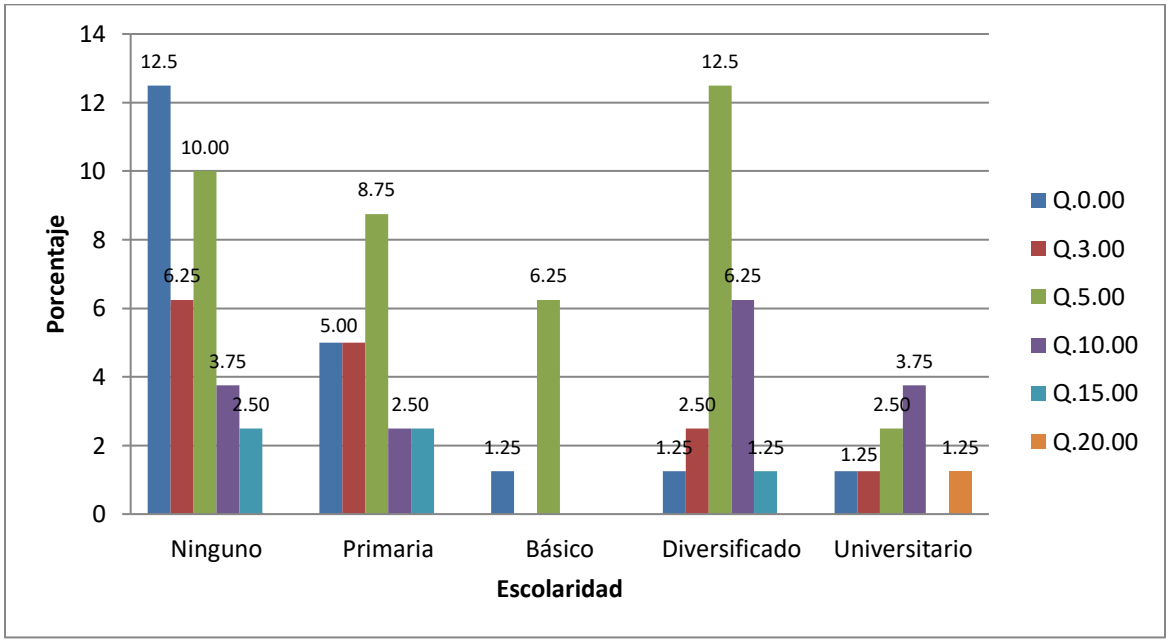
Al realizar la contingencia entre el monto con disposición a pagar y escolaridad de los usuarios del servicio de agua municipal se pudo determinar que el mayor monto con disposición a pagar es de Q.5.00, el grado de escolaridad con mayor disposición a pagar es de los usuarios con estudios a nivel diversificado. Esto puede ser influenciado por que en los centros educativos enseñan la importancia que tiene la preservación del agua, debido a que es necesario para el desarrollo de vida en el planeta, (cuadro 16).

Cuadro 16. Contingencia entre las variables disposición a pagar y escolaridad de los usuarios del servicio de agua del casco urbano de San Juan Ermita, Chiquimula 2017.

No	Grado de escolaridad	Porcentaje de usuarios con disposición a pagar					
		Monto adicional a pagar por el servicio (quetzales)					
		0.00	3.00	5.00	10.00	15.00	20.00
1	Ninguno	12.5	6.25	10.00	3.75	2.50	0
2	Primaria	5.00	5.00	8.75	2.50	2.50	0
3	Básico	1.25	0.00	6.25	0.00	0	0
4	Diversificado	1.25	2.50	12.5	6.25	1.25	0
5	Universitario	1.25	1.25	2.50	3.75	0	1.25
Chi-cuadrado		**0.1101**					

Fuente: Elaboración propia.

Gráfica 16. Contingencia entre las variables monto con disposición a pagar y grado de escolaridad de los usuarios del servicio de agua del casco urbano del municipio de San Juan Ermita, Chiquimula 2017.



Fuente: Elaboración propia

En la gráfica 16, se observa que el 12.5% de los usuarios que no poseen ningún estudio no están dispuestos a pagar un monto y el 22.5% de los usuarios que están dispuestos a pagar un monto adicional son los que poseen estudios a nivel diversificado. La mayoría de usuarios del servicio municipal de agua de San Juan Ermita de los niveles de primaria a universitario están dispuestos a pagar un monto de Q.5.00.

.

9.11. Análisis de la contingencia de las variables monto con disposición a pagar (DAP) y género

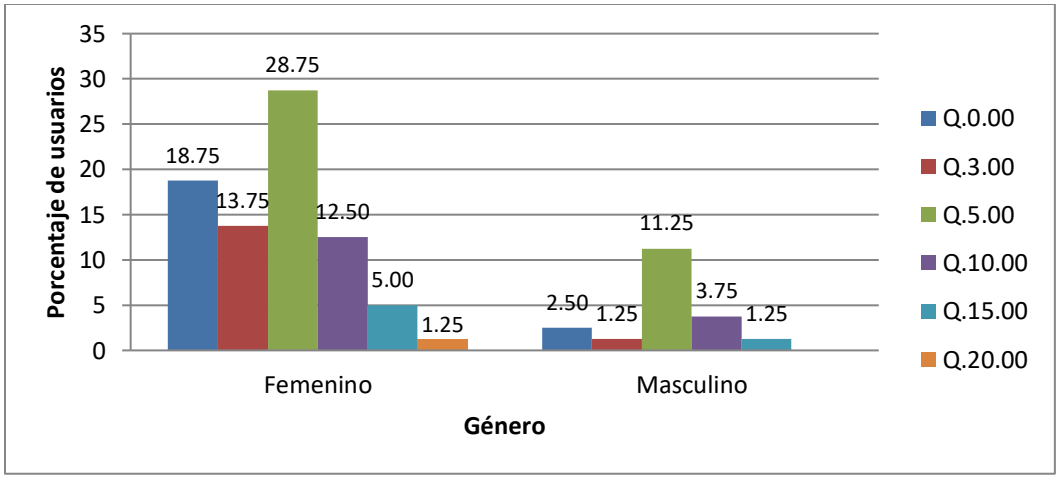
Al realizar la contingencia entre el monto con disposición a pagar y género de los usuarios del servicio de agua municipal se pudo determinar que el mayor monto con disposición a pagar es de Q.5.00, el género femenino es el que posee mayor disposición a pagar, esto se debe al valor que ellas le dan al agua por la importancia que tiene en la realización del quehacer del hogar, (cuadro 17).

Cuadro 17. Contingencia entre las variables disposición a pagar y género de los usuarios del servicio de agua del casco urbano de San Juan Ermita, Chiquimula 2017.

No	Género	Porcentaje de usuarios con disposición a pagar					
		Monto adicional a pagar por el servicio (quetzales)					
		0.00	3.00	5.00	10.00	15.00	20.00
1	Femenino	18.75	13.75	28.75	12.50	5.00	1.25
2	Masculino	2.50	1.25	11.25	3.75	1.25	0.00
Chi-cuadrado		**0.6403**					

Fuente: Elaboración propia.

Gráfica 17. Contingencia entre las variables monto con disposición a pagar y género de los usuarios del servicio de agua del casco urbano del municipio de San Juan Ermita, Chiquimula 2017.



Fuente: Elaboración propia.

En la gráfica 17, se observa que el género femenino posee una mayor disposición a pagar un monto adicional, solamente el 2.5% de los usuarios de género masculino poseen no están dispuestos a pagar una cuota adicional.

9.12. Análisis de la contingencia de las variables monto con disposición a pagar (DAP) e ingresos

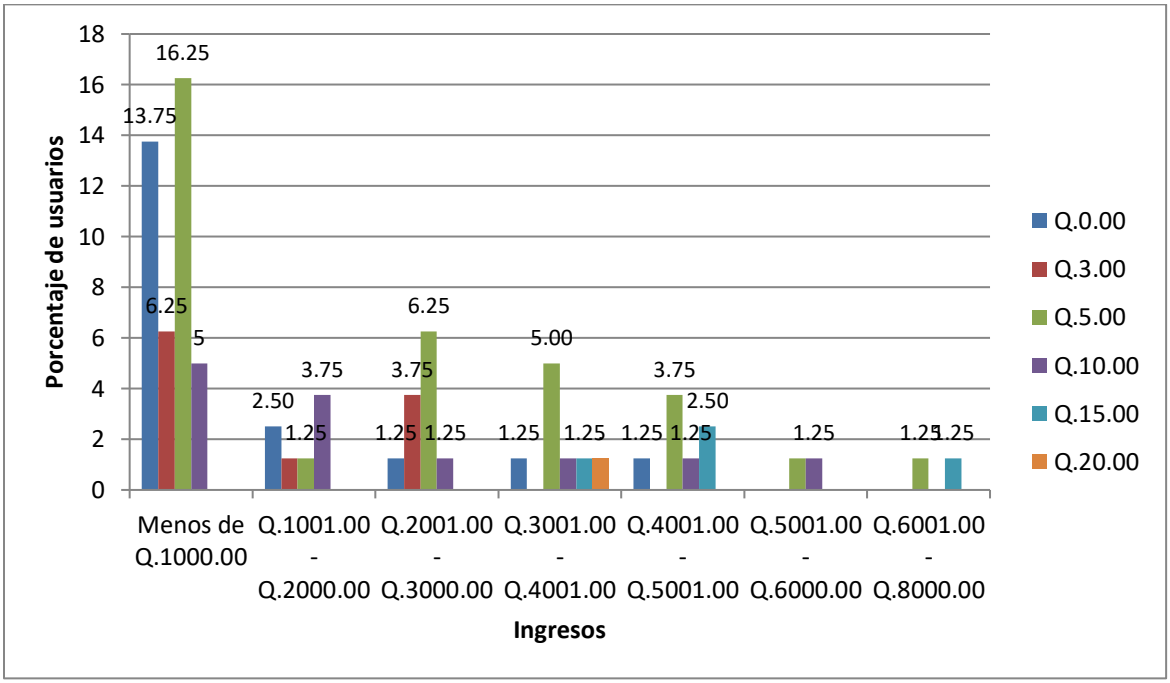
Al realizar la contingencia, se puedo observar que los usuarios con ingresos menores a Q.1,000.00 son quienes poseen mayor disposición a pagar un monto adicional de Q.5.00, esto se debe a que ellos prefieren pagar una cuota adicional, que comprar agua embotellada para el consumo o de cisterna para la realización de los quehaceres del hogar, (cuadro 18).

Cuadro 18. Contingencia para las variables disposición a pagar e ingresos por familia de los usuarios de servicio municipal de agua de San Juan Ermita, Chiquimula 2017.

No	Ingresos	Porcentaje de usuarios con disposición a pagar					
		Monto adicional a pagar por el servicio (quetzales)					
		0.00	3.00	5.00	10.00	15.00	20.00
1	Menos de Q.1000.00	13.75	6.25	16.25	5.00	0	0
2	Q1001.00- Q2000.00	3.75	5.00	7.50	5.00	0	0
3	Q2001.00- Q3000.00	1.25	2.5	5.00	2.50	1.25	0
4	Q3001.00- Q4000.00	1.25	0	5.00	1.25	1.25	1.25
5	Q4001.00- Q5000.00	1.25	1.25	3.75	1.25	2.50	0
6	Q5001.00- Q6000.00	0	0	1.25	1.25	0	0
7	Q6001.00- Q8000.00	0	0	1.25	0	1.25	0
	Chi-Cuadrado	**0.2063**					

Fuente: Elaboración propia.

Gráfica 18. Contingencia entre las variables monto con disposición a pagar e ingresos de los usuarios del servicio de agua del casco urbano del municipio de San Juan Ermita, Chiquimula 2017.



Fuente: Elaboración propia.

En la gráfica 18, se observa que los usuarios que perciben ingresos mensuales menor a Q.1,000.00 son quienes tiene mayor disposición a pagar un monto adicional, mientras que el solamente el 2.5% de los usuarios con ingresos mensuales entre Q.6,001.00 a Q.8,000.00 están dispuestos a pagar un monto adicional a la cuota actual. Esto se puede ver influenciado que las personas que perciben ingresos superiores al salario mínimo de Guatemala pueden comprar agua embotellada para el consumo y agua de cisterna para poder utilizar en el quehacer del hogar.

9.13. Estimación del valor económico del agua que llega a los domicilios de San Juan Ermita

En el cuadro 19, se muestra el valor económico del agua utilizada para uso doméstico con base a la información recolectada entre los usuarios, específicamente el monto

dispuesto a pagar de parte de los usuarios se estimó en Q5.00 adicionales a la cuota que se paga actualmente. El agua que abastece a las viviendas del casco urbano del municipio de San Juan Emita, proviene de vertientes que desembocan en la microcuenca Carcaj, por lo cual es importante promover su uso sostenible y protección.

De acuerdo al análisis realizado, se estimó el costo económico del agua con la cuota actual de Q.10.00, el cual es de Q50,760.00 anual y con el monto dispuestos a pagar sería de Q76,140.00.

Cuadro 19. Estimación del valor económico del servicio de agua para uso doméstico que brinda la municipalidad de San Juan Ermita, Chiquimula 2017.

Barrio	Usuarios por barrio	Costo del servicio actual	Valor económico (anual)	Disposición a pagar DAP	DAP (anual)	Valor económico con DAP (anual)
El Escopetazo	69	Q10.00	Q50,760.00	Q5.00	Q25,380.00	Q76,140.00
El Campo	49					
La Tejera	65					
El Centro	73					
La Escuela	44					
San Pedrito	38					
El Cementerio	36					
El Tanque	22					
La Torre	27					

Fuente: Elaboración propia.

9.14. Determinación de la calidad del agua

Se establecieron 6 puntos para la realización del muestreo dentro del casco urbano del municipio de San Juan Ermita, ubicando un punto en la primera y otro en la última casa que se abastece del servicio de agua. Se determinó el Índice de Calidad de Agua (ICA), en donde por medio de una ponderación se puede determinar la calidad del agua.

Los puntos de control establecidos se georeferenciaron utilizando el sistema de posicionamiento global (GPS), las coordenadas se presentan en el cuadro 20.

Cuadro 20. Puntos de muestreo en las corrientes superficiales que abastecen de agua a la cabecera municipal de San Juan Ermita, microcuenca Carcaj, Chiquimula.

ID	Fuente de agua	Punto de muestreo	Coordenadas	
			X	Y
MCSJE 1	Quebrada Zarzal	RENAP	615056	1632820
MCSJE 2		El Tanque	615285	1633277
MCSJE 3	Río Carcaj	Puesto de Salud	615303	1632829
MCSJE 4		La Tejera	614467	1632656
MCSJE 5	Quebrada Carrizal	El Campo	615567	1634202
MCSJE 6		El Cementerio	615405	1634147

Fuente: Elaboración propia.

9.15. Parámetros físicos, químicos y microbiológicos evaluados en el agua que abastece al casco urbano de San Juan Ermita

Se colectaron 6 muestras de agua en el sistema de abastecimiento de agua del casco urbano del municipio de San Juan Ermita, las muestras obtenidas se trasladaron al laboratorio ambiental del Centro Universitario de Oriente -CUNORI- donde se realizaron los análisis físicos, químicos y microbiológicos de cada muestra.

Se determinaron 14 parámetros dentro del laboratorio, los cuales se mencionan, potencial de hidrogeno pH, turbidez, temperatura, coliformes fecales, coliformes totales, *Escherichia coli,* nitritos, nitratos, fosfatos, sulfatos, sólidos totales, oxígeno disuelto, porcentaje de saturación, dureza y demanda biológica de oxígeno DBO_5.

Cuadro 21. Parámetros físicos, químicos y microbiológicos de los seis domicilios establecidos en el casco urbano de San Juan Ermita, Chiquimula, 2017.

Parámetros físicos, químicos y microbiologicos de las fuentes que abastecen de agua al casco urbano del municipio de San Juan									
No.	Parametro	Límite Máximo Aceptable	Límite Máximo Permisible	Puntos de muestreo					
				Quebrada Zarzal		Río Carcaj		Quebrada Carrizal	
				MCSJE 1	MCSJE 2	MCSJE 3	MCSJE 4	MCSJE 5	MCSJE 6
				RENAP	El Tanque	Puesto de Salud	La Tejera	El Campo	El Cementerio
1	pH	7.0 -7.5	6.5 - 8.5	7.46	7.8	7.9	7.79	7.91	7.74
2	Conductividad eléctrica µS/cm	No se registra	<1500	483	368	383	395	521	514
3	Dureza mg/l caCo3	100 mg/l caCo3	500 mg/l caCo3	264	243	248	180	238	211
4	Fosfatos mg/l	No se registra	0.25 mg/l	0.344	0.283	0.261	0.361	0.278	0.339
5	Sulfatos mg/l	100 mg/l	250 mg/l	13	40.733	44.067	12.667	0.467	7.267
6	Nitritos mg/l	No se registra	1 mg/l	0.0001	0.0009	0.0003	0.0039	0.0098	0.0022
7	Nitratos mg/l	___	10 mg/l	2.386	1.076	0.783	2.288	6.799	6.598
8	Sólidos totales disueltos mg/l	500 mg/l	1000 mg/l	1464	1520	1440	560	1360	1400
9	Turbidez NTU	5 NTU	15 NTU	1	1	1	1	13	2
10	Oxígeno Disuelto %	8 mg/l	4 mg/l	8.9	9.01	9.09	8.86	9.12	9
11	Porcentaje de Saturación %SAT	___	80 a 100%	126.2	126.1	127.4	124.5	128.6	
12	Demanda biológica de oxígeno mg/l	__	30 mg/l	2.88	3.36	2.64	4.8	3.72	3.06
13	Temperatura °C	15°C a 25°C	34°C	22.4	21.1	22.4	23.4	18.2	23.7
14	Coliformes fecales y totales NMP/100ml	___	<3 NMP/100 ml	<3	>2400	>2400	>2400	>2400	<3
15	E. Coli	___	<3 NMP/100 ml	<3	>2400	>2400	>2400	>2400	<3

Fuente: Elaboración propia.

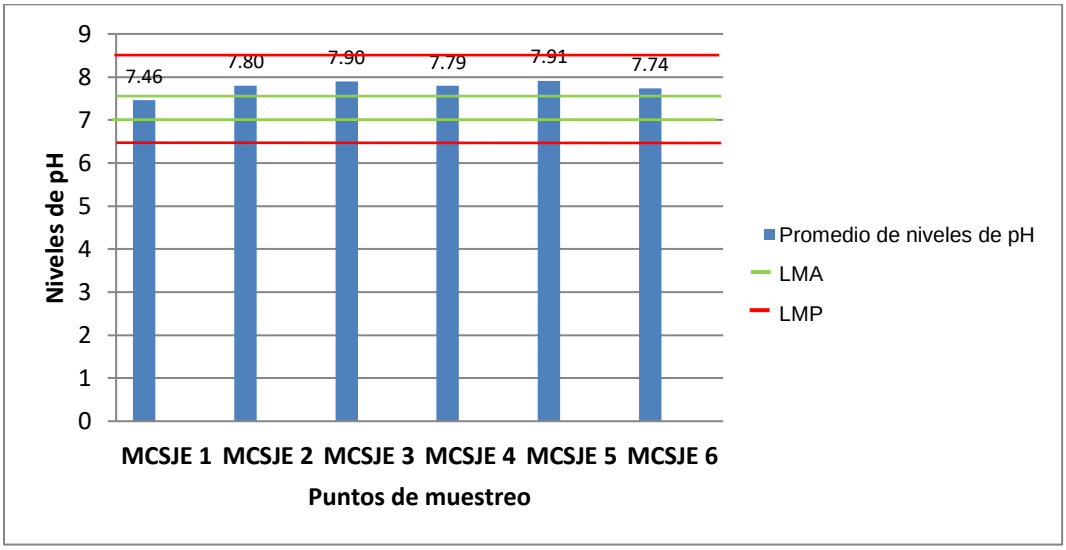
9.15.1. Potencial de hidrógeno (pH)

El potencial de hidrógeno indica la concentración de iones hidrogeno que hay en el agua. El rango puede ser entre 1 a 14, siendo 7 el rango neutral. Cuando el rango es mayor a 7, es una sustancia básica, pero cuando se encuentra debajo de 7 es una sustancia ácida. Existen factores naturales y antropogénicas que pueden alterar el pH del agua afectando los organismos que ahí habitan.

En el cuadro 21, se muestran los resultados de pH obtenido en los 6 puntos de muestreo establecidos en el casco urbano de San Juan Ermita, en el cual se puede observar que en ninguno de los puntos supera el límite máximo permisible establecidos por la norma COGUANOR y solo la muestra tomada en el RENAP (MCSJE 1) se encuentra dentro de los límites máximos aceptables (7.0 - 7.5).

En la gráfica 19, se muestran los niveles de pH en los 6 puntos de muestreo del casco urbano del municipio de San Juan Ermita, todos los puntos se encuentran dentro del límite máximo permisible.

Gráfica 19. Potencial de hidrógeno del agua del sistema de abastecimiento del casco urbano del municipio de San Juan Emita, Chiquimula, 2017.



Fuente: Elaboración propia.

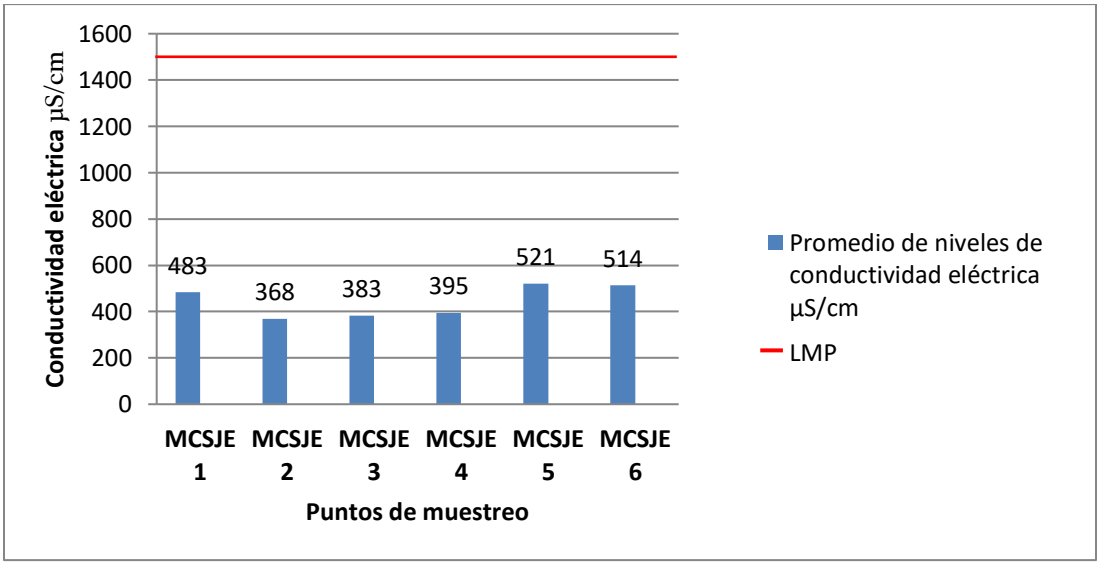
9.15.2. Conductividad eléctrica

La corriente eléctrica resulta del movimiento de partículas cargadas eléctricamente y como respuesta a las fuerzas que actúan en estas partículas debido a un campo eléctrico aplicado. La conductividad eléctrica dependerá en gran medida de la cantidad de sales disuelta en el agua, posee una relación proporcional a los sólidos disueltos y la dureza del agua.

En el cuadro 21, se observan los resultados obtenidos en los 6 puntos de muestreo, determinando que en ninguno se superan el límite máximo permitido ya que se encuentran debajo de 1,500 µS/cm.

En la gráfica 20, se observa el resultado de la conductividad eléctrica de muestras tomadas, las cuales proporcionaron como resultado valores menores al límite máximo permisible, el valor más alto es el del punto tomado en el barrio El Campo (MCSJE 5) y el valor más bajo es el del barrio El Tanque (MCSJE 1).

Gráfica 20. Conductividad eléctrica del agua del sistema de abastecimiento del casco urbano del municipio de San Juan Ermita, Chiquimula 2017.



Fuente: Elaboración propia.

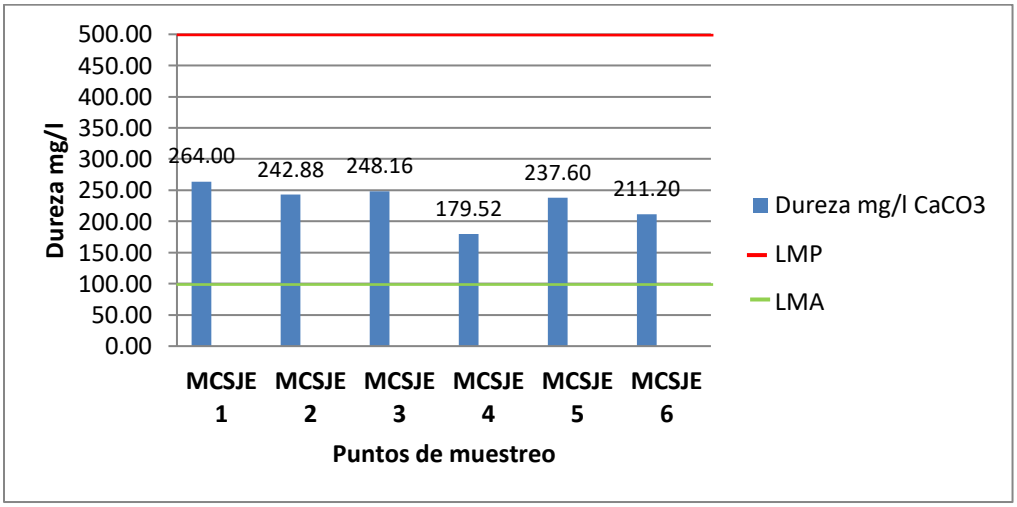
9.15.3. Dureza

A la concentración de compuestos minerales que hay en una determinada cantidad de agua, se le denomina dureza. Entre los principales minerales se pueden encontrar sales carbonatadas de magnesio y calcio. El agua que tiene elevadas concentraciones de dichas sales se le denomina dura y el agua blanda las contiene pero en pocas cantidades.

En el cuadro 21 se observa que los resultados obtenidos en los 6 puntos de muestreo, en los cuales todos sobrepasan los valores de límite máximo aceptable, pero ninguno el límite máximo permisible establecidos por la norma COGUANOR y la OMS. En cinco de los puntos (MCSJE 1, MCSJE 2, MCSJE 3, MCSJE 5, MCSJE 6) el agua se clasifica como muy dura y uno de los puntos (MCSJE 4) como agua dura. Los factores naturales que pueden influir en la dureza del agua son las formaciones geológicas, especialmente incrustaciones calcáreas.

En la gráfica 21, se observa el nivel de dureza, en los cuales todos de los valores son superiores el límite máximo aceptable, debido a que se encuentran entre 179.52 a 264.00 mg/l, pero ninguno sobrepasa el límite máximo permisible según las normas COGUANOR.

Gráfica 21. Dureza del agua del sistema de abastecimiento del casco urbano del municipio de San Juan Ermita, Chiquimula 2017.



Fuente: Elaboración propia.

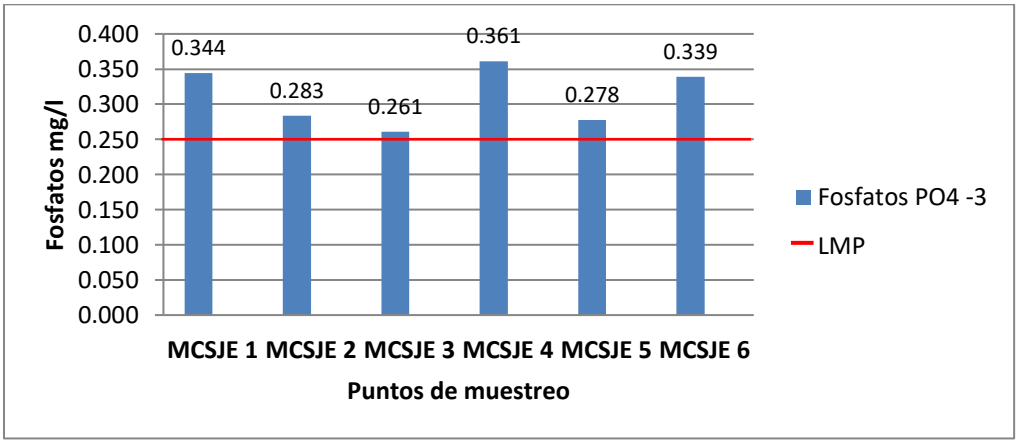
9.15.4. Fosfatos PO_4^{-3}

Los fosfatos es la forma más habitual de encontrar el fósforo en el agua, el compuesto son nutrientes de las plantas que conducen al crecimiento de algas en las aguas superficiales, pudiendo causar eutrofización. Los fosfatos que se encuentran en las aguas residuales provienen principalmente de: fertilizantes, excretas humanas y animales, detergentes y productos de limpieza.

En el cuadro 21, se observa el resultado de las concentraciones de fosfatos de los 6 puntos muestreados, en donde la concentración de todos los puntos supera el límite máximo permisible establecido por la norma COGUANOR.

En la gráfica 22, se observa que las concentraciones de fosfatos en los 6 puntos de muestreo son superiores al límite máximo permisible, debido a que se encuentran entre 0.261 a 0.361mg/l, siendo el punto más bajo la muestra tomada en el Puesto de salud (MCSJE 3) y el más alto en el barrio La Tejera (MCSJE 4), respectivamente.

Gráfica 22. Concentración de fosfato del agua del sistema de abastecimiento del casco urbano del municipio de San Juan Ermita, Chiquimula 2017.



Fuente: Elaboración propia.

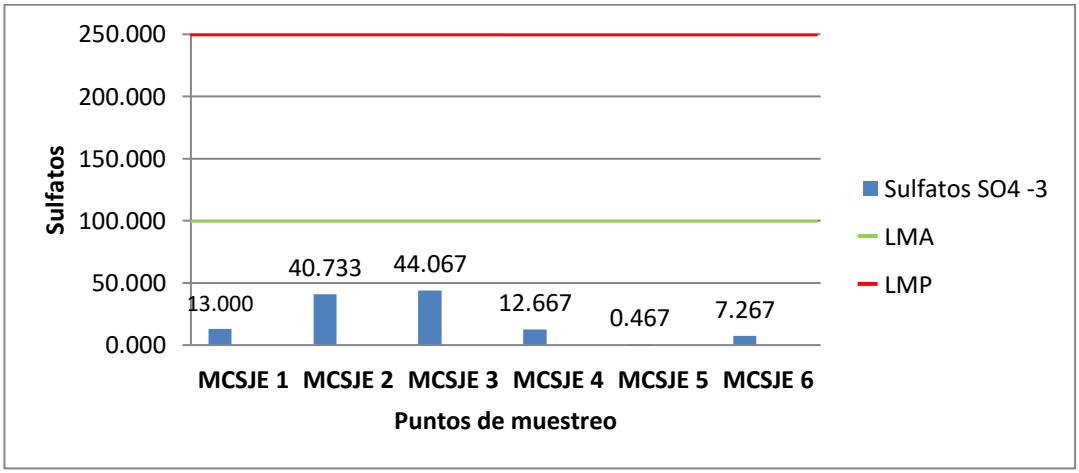
9.15.5. Sulfatos SO_4^{-2}

Los sulfatos suelen ser sales solubles en agua, por lo que se distribuyen ampliamente en la naturaleza y puede presentarse en las aguas naturales en un amplio intervalo. Los sulfatos pueden ser encontrados en fertilizantes, pesticidas, jabón o incluso para controlar las algas en los sistemas de distribución de agua.

Como se puede observar en el cuadro 21, los valores de los 6 puntos de muestreo se encuentran dentro de los valores establecidos en la norma COGUANOR, ya que límite máximo aceptable es de 100 mg/l y el límite máximo permisible es de 250 mg/l. El punto que mayor concentración tiene es el tomado en el Puesto de salud (MCSJE 3) con una concentración de 44.067 mg/l y el punto que posee la concentración más baja es en barrio El Campo (MCSJE 5) con 0.467 mg/l.

En la gráfica 23, se muestra que los valores de sulfato del agua que llega a los hogares del casco urbano del municipio de San Juan Ermita no representan ningún daño para las personas, ya que se encuentran debajo de los límites establecidos por la norma COGUANOR.

Gráfica 23. Concentración de sulfatos del agua del sistema de abastecimiento del casco urbano del municipio de San Juan Ermita, Chiquimula 2017.



Fuente: Elaboración propia.

9.15.6. Nitritos NO_2^-

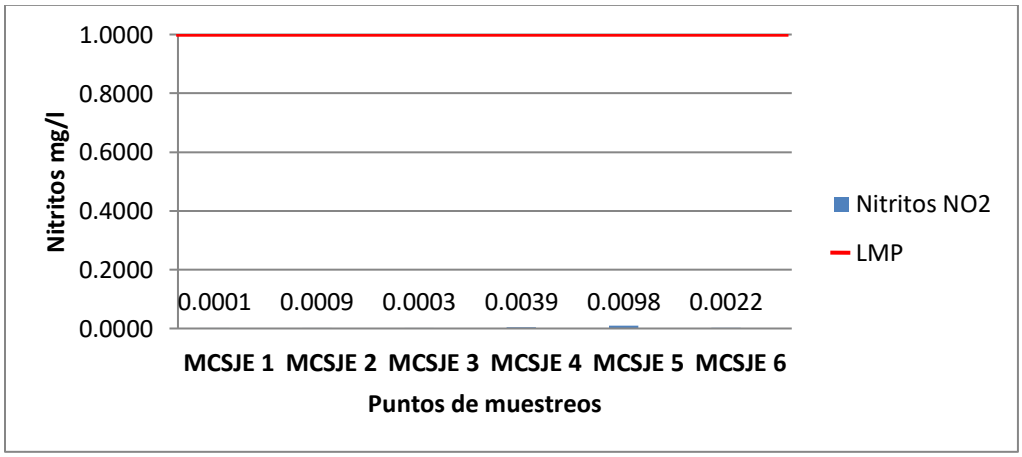
La principal presencia de nitritos es un indicador de presencia fecal reciente. La cantidad de nitritos depende si el medio es oxidante o reductor y de la presencia de organismos capaces de provocar la transformación en uno u otro compuesto. La nitrificación ocurre por la intervención de bacterias del género nitrosomas, que oxidan de NH_3 a NO_3^-.

En el cuadro 21, se puede observar el resultado obtenido de las concentraciones de nitritos en el agua que abastece al casco urbano del municipio de San Juan Ermita. Las concentraciones de nitritos en los puntos de muestreo se encuentran por debajo del límite máximo permisible de acuerdo a las norma COGUANOR.

El punto con menor concentración de nitritos es RENAP (MCSJE 1) donde la concentración es de 0.0001 mg/l y el punto con mayor concentración es en el barrio El Campo (MCSJE 5) el cual tiene una concentración de 0.0098 mg/l.

En la gráfica 24, se observa que los 6 puntos muestreados se encuentran en el rango de 0.0001 mg/l a 0.0098 mg/l, lo que indica que no superan el límite máximo permisible que es 1 mg/l.

Gráfica 24. Concentraciones de nitritos del agua del sistema de abastecimiento del casco urbano de San Juan Ermita, Chiquimula 2017.



Fuente: Elaboración propia.

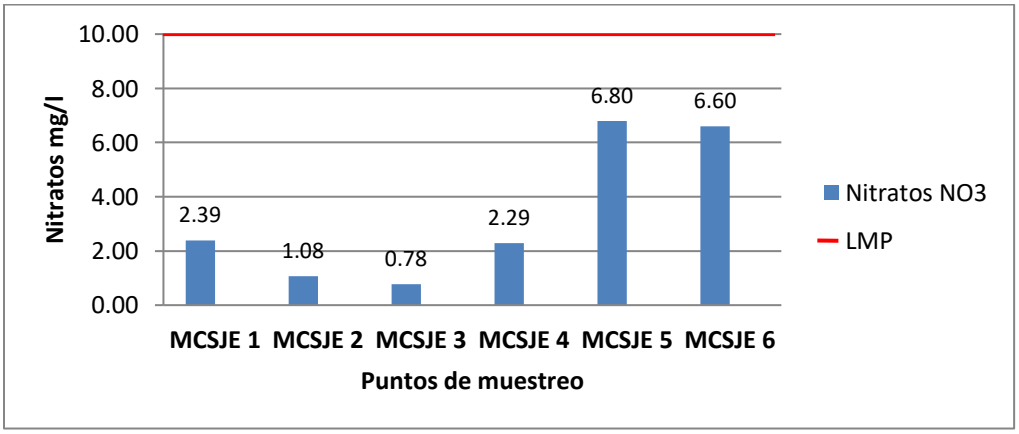
9.15.7. Nitratos NO_3^-

Es una sal química derivada del nitrógeno que, en concentraciones bajas, se encuentra de forma natural en el agua y el suelo. La presencia de nitratos en el agua potable se debe a la contaminación por compuestos nitrogenados. La contaminación por compuestos nitrogenados puede darse de forma puntual o dispersa, de forma puntual puede ser ocasionado por actividades ganaderas (efluentes orgánicos de la explotación ganadera y aguas residuales).

En el cuadro 21, se observa que los valores obtenidos del análisis realizado en los 6 puntos de muestreo se encuentran dentro del límite máximo permisible establecido por la norma COGUANOR, debido a que se encuentran entre 0.783 y 6.799 mg/l.

En la gráfica 25 se muestra la concentración de nitratos presente en el agua que llega a los hogares del casco urbano de San Juan Ermita se encuentran en el límite máximo permisible, las concentraciones más altas se encuentran en los puntos tomados en el barrio El Campo y barrio El Cementerio (MCSJE 5 y MCSJE 6).

Gráfica 25. Concentración de nitratos del agua del sistema de abastecimiento del casco urbano del municipio de San Juan Ermita, Chiquimula 2017.



Fuente: Elaboración propia.

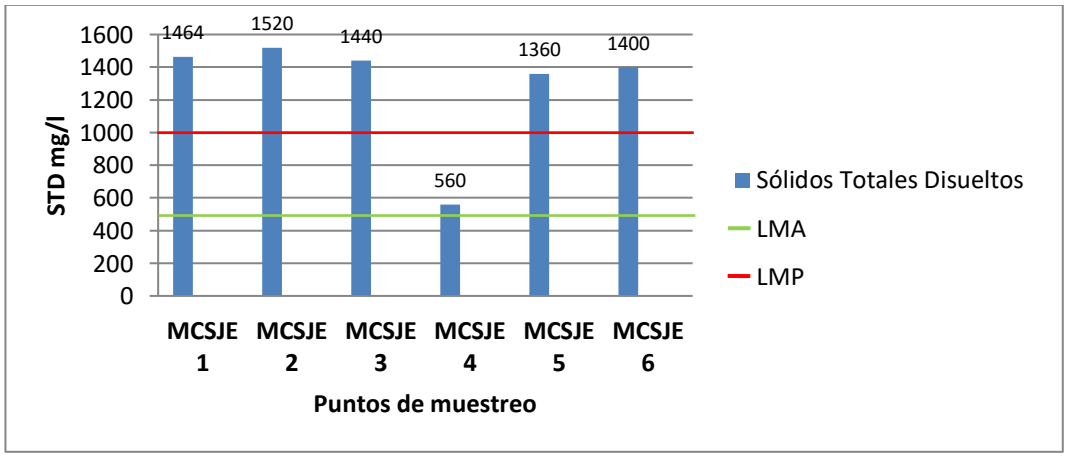
9.15.8. Sólidos totales disueltos

Es la cantidad de materia disuelta que se puede encontrar en el agua y puede incluir carbonatos, bicarbonatos, cloruros, sulfatos, fosfatos, nitritos, calcio, magnesio, sodio, iones orgánicos y otros tipos de iones. De encontrarse en una fuente puede verse limitado el crecimiento de la vida acuática produciendo la muerte en ciertas especies. Estos sólidos pueden provenir de fuentes naturales como minerales o antropogénicas como descargas de aguas residuales.

Como se muestra en el cuadro 21, los valores obtenidos sobrepasan los límites establecidos por la norma COGUANOR, lo cual nos indica que la utilización de esta agua representa peligro para los pobladores del casco urbano de San Juan Ermita, debido a que se encontró una concentración de 1520 mg/l en el punto tomado en el barrio El Tanque.

En la gráfica 26, se puede observar que los valores se encuentran entre 560 y 1520 mg/l, siendo superior a los límites máximos aceptable (500 mg/l) y límite máximo permisible (1000 mg/l).

Gráfica 26. Concentración de sólidos totales disueltos -SDT- del agua del sistema de abastecimiento del casco urbano de San Juan Ermita, Chiquimula 2017.



Fuente: Elaboración propia.

9.15.9. Turbidez

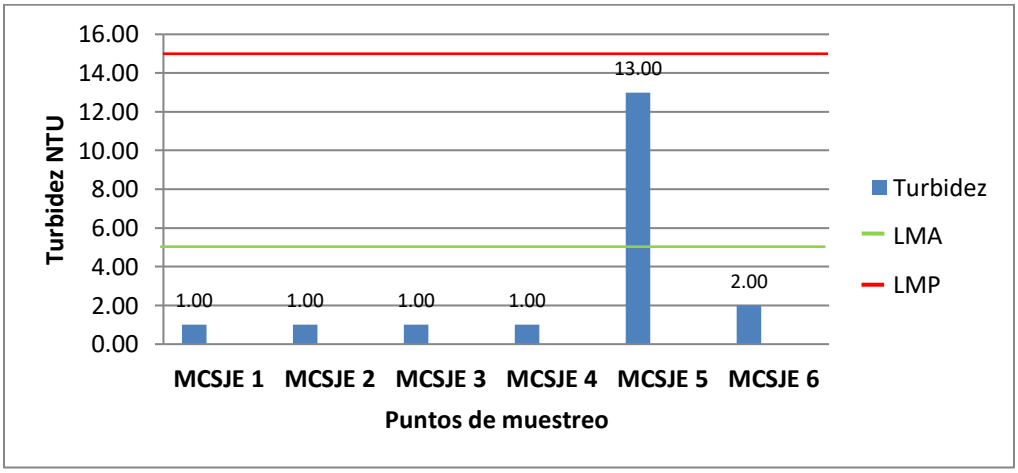
La turbidez es la cantidad de material suspendido en el agua, entre los materiales que pueden hacer que el agua sea turbia se puede mencionar: arcilla, limo, materia orgánica e inorgánica finamente dividida, compuestos orgánicos coloreados solubles, plancton y organismos microscópicos.

El agua que presenta turbidez tiene altas concentraciones de sólidos disueltos. Cuando sedimentan las partículas presentes en el agua, puede indicar cuán contaminada está el agua dado que los metales pesados y las bacterias pueden adherirse a estas partículas.

En el cuadro 21, se observa la turbidez que poseen los afluentes de agua en el cual todos superan el límite máximo aceptable (5 NTU) por la OMS, pero no sobrepasa el límite máximo permisible de 15 NTU según la norma COGUANOR.

Como se observa en la gráfica 27, el punto que mayor turbidez tiene es el tomado en el barrio El Campo (MCSJE 5) con 13 NTU, luego le sigue barrio El Cementerio con 2 NTU y el resto posee una turbidez de 1 NTU.

Gráfica 27. Concentración de turbidez del agua del sistema de abastecimiento del casco urbano del municipio de San Juan Ermita, Chiquimula 2017.



Fuente: Elaboración propia.

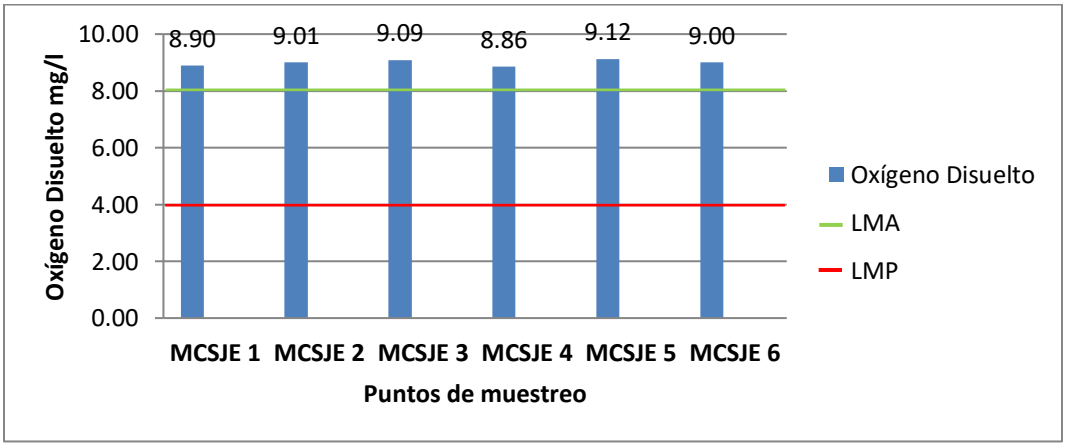
9.15.10. Oxígeno disuelto

El oxígeno disuelto se logra a través de la aireación del agua que ha caído sobre saltos o por el paso en rocas, y como producto del desecho de la fotosíntesis. Entre los factores ambientales que condicionan la cantidad de oxígeno en el agua es la temperatura del agua (mientras más fría el agua, más oxígeno), sales disueltas y las características del cauce (flujos turbulentos, favorecen la mezcla y disolución de gases).

En el cuadro 21, se muestra la concentración de oxígeno disuelto de los hogares del casco urbano de San Juan Ermita, el rango se encuentra entre 8.86 a 9.12 mg/l. Todos los puntos superan el límite máximo permisible (4 mg/l) y el límite máximo aceptable (8 mg/l) establecidos por la norma COGUANOR.

En la gráfica 28, se observa que el punto que menor concentración de oxígeno disuelto posee es RENAP (MCSJE 1) que tiene una concentración de 8.09 mg/l y el que mayor concentración posee de 9.12 mg/l es en el barrio El Campo (MCSJE 5).

Gráfica 28. Concentración del oxígeno disuelto del agua del sistema de abastecimiento del casco urbano del municipio de San Juan Ermita, Chiquimula 2017.



Fuente: Elaboración propia.

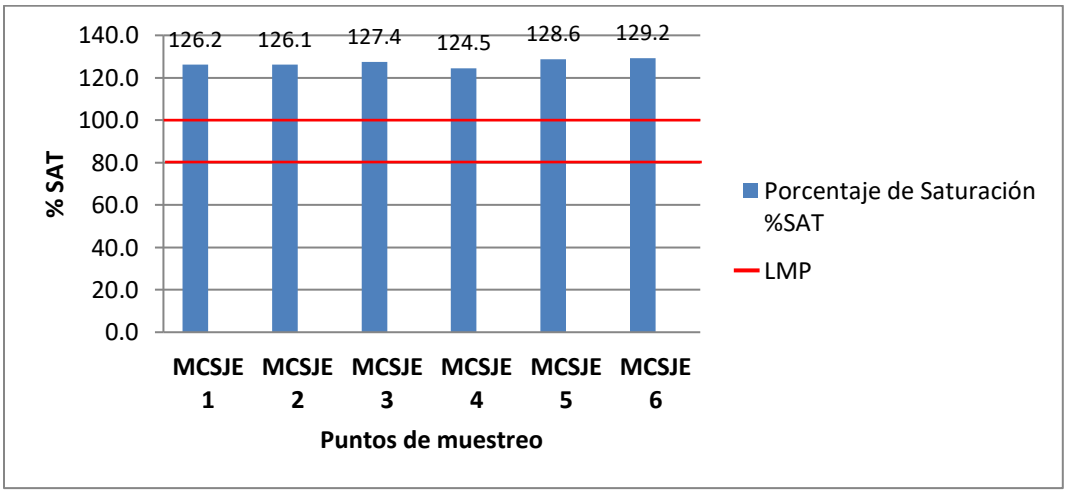
9.15.11. Porcentaje de saturación (%SAT)

El porcentaje de saturación es la cantidad de oxígeno presente en la misma en su punto de saturación a la temperatura y presión especificada. Existen factores que alteran la cantidad de oxígeno disuelto como: temperatura, salinidad y conductividad eléctrica.

Como se observa en el cuadro 21, todas las muestras analizadas sobrepasan el límite máximo permisible establecido por la norma COGUANOR y la OMS, debido a que el rango en el que se encuentran es de 126.1% a 129.2%.

En la gráfica 29, se observa que los 6 puntos muestreados superan por más de un 20% el límite máximo permisible que se encuentra entre 80 a 100%.

Gráfica 29. Porcentaje de saturación %SAT del agua del sistema de abastecimiento del casco urbano del municipio de San Juan Ermita, Chiquimula 2017.



Fuente: Elaboración propia.

9.15.12. Demanda biológica de oxígeno DBO_5

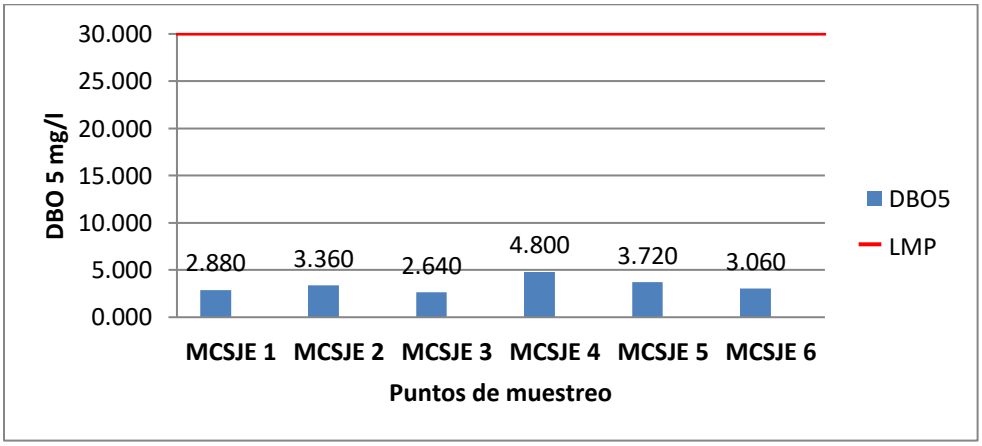
Este parámetro contribuye a determinar la materia orgánica biodegradable, se utiliza para la determinación de los requerimientos que se tienen de oxígeno para la degradación de materia orgánica en las aguas. Los factores antropogénicas que pueden alterar este parámetro son las descargas de efluentes domésticos e industriales.

Según la Norma Oficial Mexicana de la Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales –SEMARNAT junto con la Comisión Nacional de Agua (CONAGUA) han establecido un límite máximo permisible (LMP) de DBO_5 para uso público urbano y protección de vida acuática de 30 mg/l, según Salazar 2016.

En el cuadro 21, se observan los valores de la demanda biológica de oxígeno obtenido del análisis realizado, en el cual ninguno supera el límite máximo permisible (30 mg/l), el valor más alto es de la muestra recogida en el barrio La Tejera (MCSJE 4) con 4.800 mg/l y el más bajo fue en el Puesto de salud (MCSJE 3) 2.460 mg/l.

Como se muestra en la gráfica 30, la demanda biológica de oxígeno se encuentra por debajo del límite máximo permisible, ya que las concentraciones obtenidas se encuentran en el rango de 2.460 a 4.800 mg/l, lo cual indica que el contenido de materia orgánica es baja.

Gráfica 30. Demanda biológica de oxígeno del agua del sistema de abastecimiento del casco urbano del municipio de San Juan Ermita, Chiquimula 2017.



Fuente: Elaboración propia.

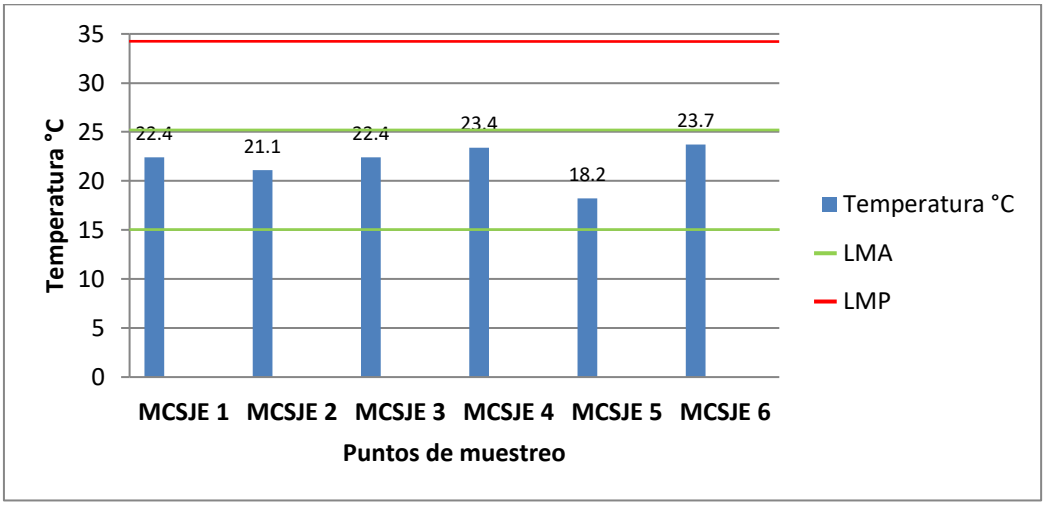
9.15.13. Temperatura °C

La temperatura es el parámetro físico que se encarga de regular los procesos bioquímicos para los organismos vivos y tiene influencia en otros indicadores de calidad del agua como: pH, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto, entre otras variables fisicoquímicas.

En el cuadro 21, se puede observar que la temperatura oscila entre 18.2 a 23.7°C lo cual indica que se encuentra por debajo del límite máximo permisible y entre el límite máximo aceptable indicando que las condiciones climáticas predominantes en el área del casco urbano de San Juan Ermita permite mantener una temperatura en el rango de 15°C a 25°C.

En la gráfica 31, se muestra que ninguna de la temperatura sobrepasa los límites establecidos por la norma COGUANOR, lo que indica que este parámetro no afecta la calidad del agua que abastece a los domicilios del casco urbano del municipio de San Juan Ermita.

Gráfica 31. Temperatura del agua del sistema de abastecimiento del casco urbano del municipio de San Juan Ermita, Chiquimula 2017.



Fuente: Elaboración propia.

9.15.14. Bacterias coliformes fecales y coliformes totales

a. Coliformes fecales y *Escherichia coli*

Los coliformes fecales es un grupo de organismos coliformes que llegan a fermentar a los 44 - 45 °C. En este grupo se incluyen las bacterias de género *Escherichia*, entre otras especies. La mayoría de veces estos organismos son de origen fecal causado por: las aguas servidas, efluentes industriales o materia vegetal o suelo en descomposición llega a los ríos; el término coliformes fecales no es siempre el acertado, la OMS recomienda el término de coliformes termorresistentes.

La presencia de este tipo de organismo en el agua representa un peligro para las personas que la ingieren y un serio impacto en el ambiente. Puede alterar otros parámetros como el nivel de oxígeno llegando a causar la muerte de la biota que depende del oxígeno. Según lo establecido en la norma COGUANOR y la OMS el agua que se utiliza para beber debe presentar $\leq$3 UFC/100ml.

En el cuadro 23, se puede observar que en todos los puntos muestreados hay existencia de coliformes fecales, lo cual indica que no es un agua apta para el consumo. Los puntos donde se obtuvo menor concentración fue en RENAP (MCSJE 1) y en el barrio El Cementerio (MCSJE 6).

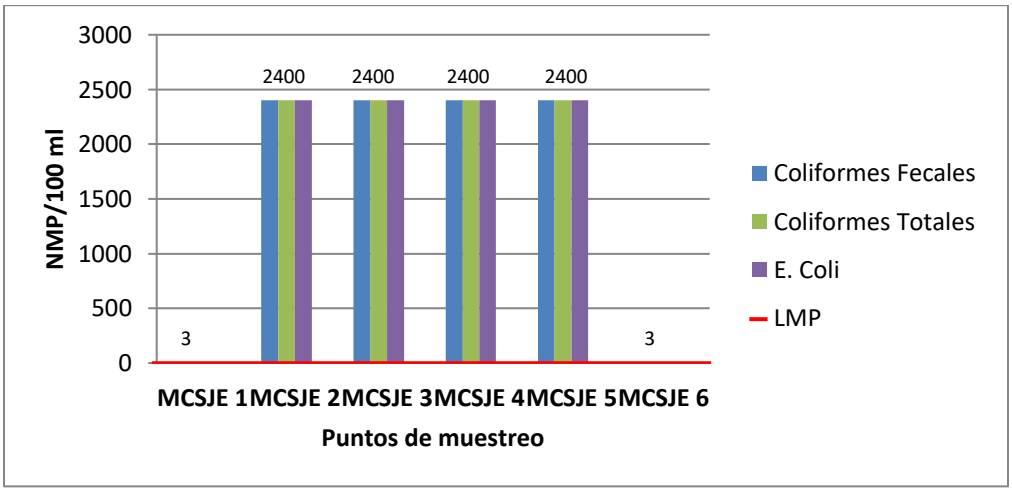
b. Coliformes totales

Se les puede considerar como coliformes totales a los organismos que fermentan la lactosa a una temperatura de 35 a 37°C, produciendo gas, ácido y aldehído. En algún tiempo se consideraba que estas bacterias se encontraban presentes solo en el intesto, pero ahora se sabe que se pueden encontrar en el medio ambiente de una manera independiente en aguas enriquecidas o incluso agua potable relativamente buena, según Microlab Industrial.

En el cuadro 21, se muestra que todos los afluentes que abastecen de agua al casco urbano de San Juan Ermita se encuentran concentraciones de coliformes totales.

Como se observa en la gráfica 32, todos los puntos muestreados presentan coliformes totales, superando así el límite máximo permisible establecido por la norma COGUANOR y la OMS.

Gráfica 32. Concentración de coliformes fecales, totales y *E. coli* del agua del sistema de abastecimiento del casco urbano de San Juan Ermita, Chiquimula 2017.



Fuente: Elaboración propia.

9.16. Determinación del Índice de Calidad del Agua (ICA) del servicio de agua del casco urbano de San Juan Ermita, proveniente de la microcuenca del río Carcaj, Chiquimula 2017

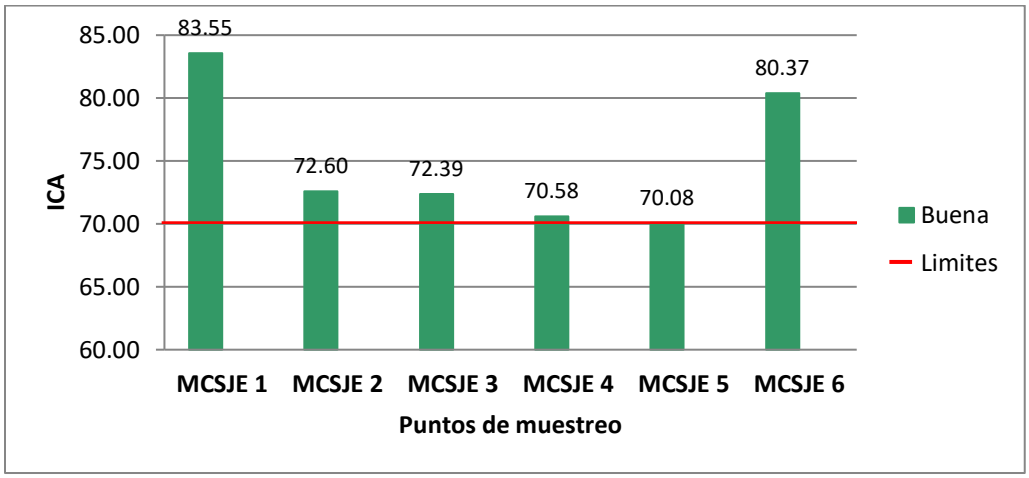
Para determinar el Índice de Calidad del Agua -ICA- se estimaron nueve parámetros del agua que llega a los hogares, proveniente de la microcuenca Carcaj, los cuales son: pH, demanda biológica, oxígeno DBO_5, nitratos, fosfatos, temperatura, turbidez, sólidos disueltos totales, coliformes fecales y oxígeno disuelto en % de saturación, (anexo 10).

Como se observa en la gráfica 33, el Índice de Calidad del Agua -ICA- de los seis puntos muestreados, los cuales se encuentran en un rango de 70.08 a 83.55; los resultados obtenidos muestran que el agua que llega al RENAP (MCSJE 1) es el agua que posee el

valor más alto, por otro lado el agua que llega a casas del barrio El Campo (MCSJE 5) posee el valor más bajo, estando próxima a ser un agua “Regular”.

Los factores antropogénicas que pueden afectar la calidad del agua son: descarga de aguas servidas sin ningún tratamiento, los desechos sólidos, la crianza de ganado vacuno o bovino en la ribera de las fuentes hídricas, entre otros factores de origen natural.

Gráfica 33. Índice de Calidad del Agua -ICA- del sistema de abastecimiento del casco urbano del municipio de San Juan Ermita, Chiquimula, 2017.



Fuente: Elaboración propia.

9.17. Índice de Calidad del Agua General - ICA- del agua que llega a los domicilios del casco urbano de San Juan Ermita, Chiquimula, 2017

En el cuadro 22, se muestran los valores obtenidos del Índice de Calidad del Agua -ICA- en el monitoreo realizado en la cabecera municipal de San Juan Ermita, donde se determinó que los seis puntos muestreados se encuentran en la escala de calidad del agua "Buena".

Cuadro 22. Calidad del agua de los hogares del casco urbano del municipio de San Juan Ermita, Chiquimula, 2017.

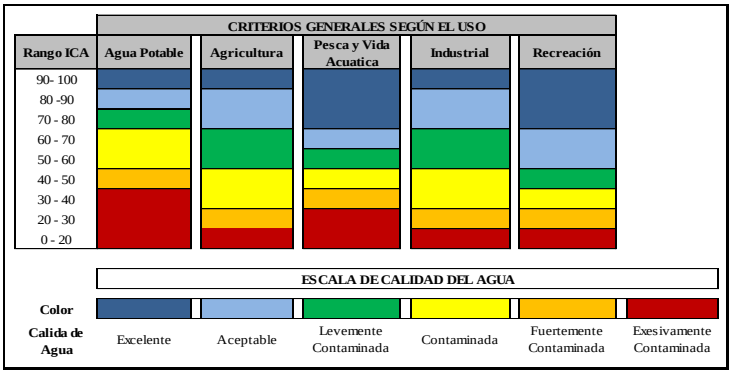
Índice General de la Calidad del Agua -ICA-				
No	**ID**	**Nombre del afluente**	**ICA**	**Calidad del agua**
1	MCSJE 1	Quebrada Zarzal	83.55	Buena
2	MCSJE 2	Quebrada Zarzal	72.60	Buena
3	MCSJE 3	Río Carcaj	72.39	Buena
4	MCSJE 4	Rio Carcaj	70.58	Buena
5	MCSJE 5	Quebrada Carrizal	70.08	Buena
6	MCSJE 6	Quebrada Carrizal	80.37	Buena

Fuente: Elaboración propia.

9.17.1. Calidad del agua según criterios generales de uso

Dinius (1987, citado por González, Caicedo y Aguirre 2013), creó una serie de lineamientos para obtener el índice de calidad del agua, los cuales se utilizaron para determinar la calidad del agua de las fuentes analizadas, los valores en los cuales se pueden establecer son: excelente, aceptable, levemente contaminada, contaminada, fuertemente contaminada y excesivamente contaminada y estos constituyen criterios generales para el uso: agua potable, agricultura, pesca y vida acuática, industrial y recreación. En la figura 5, se observa la clasificación propuesta por Brown, la cual se utilizó para determinar la calidad del agua del casco urbano del municipio de San Juan Ermita.

Figura 5. Criterios generales según el Índice de Calidad del Agua -ICA-.



Fuente: SNET (1998).

Como se observa en el cuadro 23, con base a los rangos y criterios descritos anteriormente se puedo establecer la calidad del agua para uso específico en los distintos puntos monitoreados.

Cuadro 23. Calidad del agua según criterios generales de uso para cada punto establecido en la cabecera municipal de San Juan Ermita, Chiquimula 2017.

Índice de Calidad del Agua para uso especifico -ICA-						
No	ID	Ubicación del punto	Total	Uso especifico		
				Agua potable	Agricultura	Recreación
1	MCSJE 1	RENAP	83.550	Aceptable	Aceptable	Excelente
2	MCSJE 2	El Tanque	72.600	Levemente contaminada	Aceptable	Excelente
3	MCSJE 3	Puesto de Salud	72.390	Levemente contaminada	Aceptable	Excelente
4	MCSJE 4	La Tejera	20.580	Levemente contaminada	Aceptable	Excelente
5	MCSJE 5	El Campo	70.080	Levemente contaminada	Aceptable	Excelente
6	MCSJE 6	El Cementerio	80.030	Aceptable	Aceptable	Excelente

Fuente: Elaboración propia.

Para el uso de agua potable de las fuentes analizadas dos (MCSJE 1 y MCSJE 6) contienen una calidad de agua "aceptable", la cual requiere de un tratamiento mínimo de purificación, las otras cuatro (MCSJE 2, MCSJE 3, MCSJE 4 y MCSJE 5) muestras poseen un índice de calidad "levemente contaminada" lo que indica el consumo de esta agua sin ningún tipo de purificación es dudoso.

El agua que abastece a los domicilios de la cabecera municipal de San Juan Ermita, todos tiene una calidad "aceptable" para el uso en la agricultura, la cual siempre requiere de una purificación menor para el riego de cultivos.

En el uso recreativo también es importante conocer la calidad del agua, la cual las fuentes que abastecen a los pobladores de la cabecera municipal de San Juan Ermita es "excelente" calidad en la cual se puede practicar cualquier tipo de deporte acuático.

9.18. Determinación de los caudales en las fuentes de agua que abastecen a la cabecera municipal de San Juan Ermita, Chiquimula

Se determinaron los caudales de las tres fuentes de agua que abastecen del recurso hídrico a la cabecera municipal de San Juan Ermita, las cuales se encuentran en la microcuenca Carcaj, las fuentes aforadas fueron: Carrizal, Zarzal y río Carcaj. Se utilizó el método volumétrico en los tres puntos, el cual es el método más sencillo para determinar la cantidad de agua en una sección del afluente.

El municipio de San Juan Ermita posee una precipitación promedio anual de 1,076 mm, la deforestación que se ha dado debido al avance agrícola ha provocado una disminución en el caudal, produciendo suelos susceptibles a condiciones de sequía. Lo que ha provocado la reducción de caudales, principalmente en la época de verano.

En el cuadro 24, se muestran los caudales obtenidos en la época seca (abril), que es la época en la cual los pobladores del casco urbano sufren de escases de agua en sus hogares.

Cuadro 24. Caudales de las fuentes que abastecen de agua al casco urbano del municipio de San Juan Ermita, Chiquimula, 2017.

Caudales en lts/seg microcuenca Carcaj, 2017		
Nombre	**Punto de aforo**	**Caudal (lts/seg)**
Quebrada Carrizal	Comunidad Carrizal	2.441
Quebrada Zarzal	Comunidad Zarzal	5.629
Río Carcaj	Casco Urbano	3.516

Fuente: Elaboración propia.

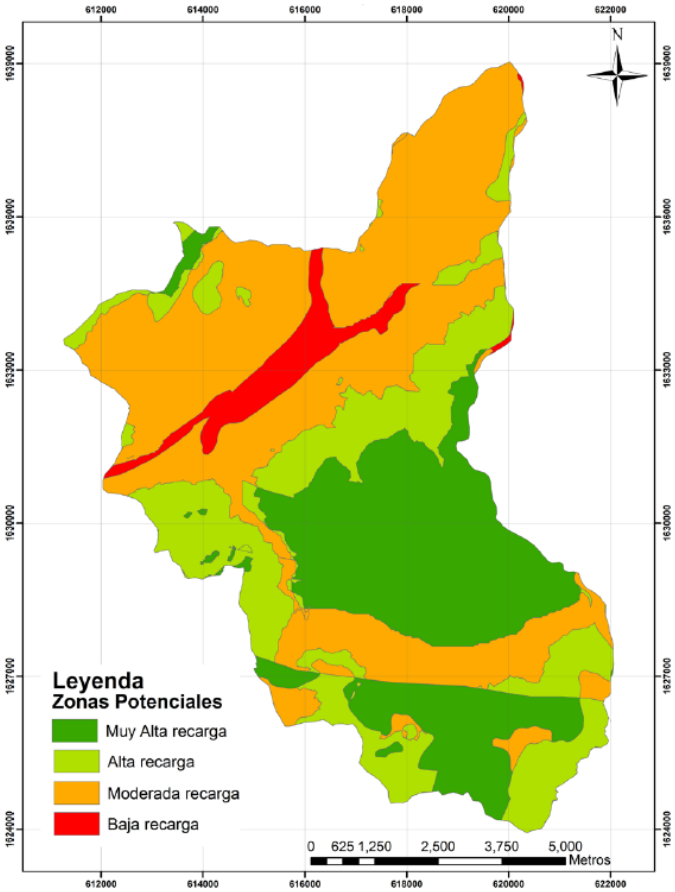
9.19. Análisis costo-eficiencia para la alternativa que sugirieron los usuarios del casco urbano para garantizar el servicio ambiental que presta la microcuenca del río Carcaj, San Juan Ermita

En la entrevista realizada a los usuarios del servicio de agua del casco urbano de San Juan Ermita, las dos alternativas que presentaron mayor aceptación para garantizar el servicio ambiental que presta la microcuenca Carcaj, son reforestación (63.75%) y saneamiento ambiental (21.25%). Según el mapa de zonas potenciales para la recarga hídrica de la cuenca del río Carcaj (Valdéz, 2010), se identificó el área a reforestar el cual es de 200 ha, lo que representa el 2.76% del área de la microcuenca y que se ubica en la parte media y en la periferia de la cuenca.

Según Valdéz, (2010), en esta zona se encuentra suelo de clase franco arcilloso arenosas y arcilloso en su mayoría, lo cual hace que la velocidad de infiltración oscile entre los 10.2 a los 18.75 mm/hora, lo cual significa que la infiltración es moderada.

En esta zona se presenta monocultivismo de maíz con asocio de frijol. La mayoría de cultivos se encuentran en laderas, esta zona se encuentra en la zona limítrofe de la cuenca, una de las característica de esta zona es la poca labranza, ya que los rastrojos son dejados para crear callejones entre los cultivos y bloquear el crecimiento de malezas (Valdéz, 2010), (anexo 1).

Figura 6. Mapa de zonas potenciales para la recarga hídrica, microcuenca del río Carcaj, San Juan Ermita, Chiquimula.



Fuente: Valdéz 2010.

9.19.1. Costo para reforestación de 200 ha, microcuenca del río Carcaj

A continuación se presenta el resumen de los costos para el establecimiento y manejo de las plantaciones forestales con especie forestal de madre cacao (*Gliricia sepium).* La estimación de los costos se proyectó hasta cinco años porque se considera que a esas edad los árboles ya no necesitan mayor cuidado, únicamente será necesario la realización de rondas corta fuegos para prevenir incendios. El detalle de los costos se puede observar en el anexo 10.

Cuadro 25. Resumen de costos para reforestación y manejo de 200 ha. en la microcuenca del río Carcaj, San Juan Ermita, Chiquimula, 2017.

Resumen de los costos para la reforestación y manejo de 200 ha de la microcuenca del Río Carcaj, San Juan Ermita, Chiquimula, 2017		
No.	**Costos de reforestación en la Microcuenca del Río Carcaj**	
Costos de Establecimiento		
1	Participación de las comunidades en el proyecto	Q 10,000.00
2	Establecimieto y manejo de plantaciones forestales	Q 501,870.00
3	Manejo y protección de plantaciones forestales	Q 39,435.00
4	Asistencia técnica	Q 32,966.52
Sub-total		**Q 584,271.52**
Costos de mantenimiento primer año		
1	Manejo y protección de plantaciones forestales	Q 43,378.50
2	Asistencia técnica	Q 18,131.59
Sub-total		**Q 61,510.09**
Costos de mantenimiento segundo año		
1	Manejo y protección de plantaciones forestales	Q 47,716.35
2	Asistencia técnica	Q 19,944.74
Sub-total		**Q 67,661.09**
Costos de mantenimiento tercer año		
1	Manejo y protección de plantaciones forestales	Q 52,487.99
2	Asistencia técnica	Q 21,939.22
Sub-total		**Q 74,427.20**
Costos de mantenimiento cuarto año		
1	Manejo y protección de plantaciones forestales	Q 57,736.78
2	Asistencia técnica	Q 24,133.14
Sub-total		**Q 81,869.92**
Costos de mantenimiento quinto año		
1	Manejo y protección de plantaciones forestales	Q 63,510.46
2	Asistencia técnica	Q 26,546.46
Sub-total		**Q 90,056.92**
TOTAL		**Q 959,796.75**
Costo por ha.		**Q4,798.98**

Fuente: Elaboración propia.

CONCLUSIONES

1. Se determinó que la fuente principal de abastecimiento de agua para consumo humano y uso doméstico es el servicio municipal de agua que provee al 98.75% de la población en el casco urbano del municipio de San Juan Ermita.

2. El 36.2% de la población de casco urbano del municipio de San Juan Ermita recibe el servicio de agua en sus hogares de 2 a 4 horas/día y solo el 8.75% de la población recibe el servicio de agua durante las 24 horas del día.

3. Los usuarios del servicio de agua municipal consideran que los bosques de la microcuenca del río Carcaj son de vital importancia para garantizar la provisión del recurso hídrico en los hogares del municipio.

4. Al momento de realizar el estudio, los usuarios del servicio de agua municipal considera que actualmente pagan una tarifa cuyo beneficio no se ve reflejado a través de la calidad del servicio de agua que reciben, por lo cual consideran que esta sobre valorado.

5. Los resultados del estudio muestran que el 78% de los usuarios del servicio municipal de agua tienen disposición a pagar (DAP) una cuota adicional a la tarifa actual, fondo que puede ser destinado para la conservación y protección del recurso hídrico de la microcuenca del río Carcaj.

6. Se determinó que el 21% de los usuarios del servicio municipal de agua no están en disposición de pagar una cuota adicional debido las siguientes razones: la situación económica, la corrupción y porque consideran que es una competencia del gobierno central y la municipalidad.

7. Con el estudio se determinó que los usuarios del servicio municipal de agua de San Juan Ermita están dispuestos a pagar un monto adicional de Q.5.26 por servicio (según la media), para destinarlo en la mejorar de la calidad y asegurar la sostenibilidad del recurso de agua.

8. Los usuarios del servicio municipal de agua con ingresos menores a Q.1,000.00 (41.25%) tienen una disposición a pagar en un monto similar a la mediana (Q 5.00 adicionales por servicio).

9. El valor económico total que los usuarios del servicio municipal de agua le conceden al servicio ambiental de provisión de agua que brinda la microcuenca del río carcaj es de Q.76,140.00.

10. De acuerdo al Índice de Calidad del Agua –ICA-, el agua que llega a los hogares del casco urbano del municipio de San Juan Ermita se encuentra “Levemente contaminada”.

RECOMENDACIONES

1. Promover políticas públicas ambientales con el objetivo de proteger, conservar y mejorar la calidad de los servicios ambientales en el municipio de San Juan Ermita.

2. Promover el saneamiento ambiental a nivel de las comunidades en las microcuenca del río Carcaj con el propósito de evitar la contaminación del recurso hídrico.

3. Promover la concientización ambiental a la población del casco urbano del municipio de San Juan Ermita para generar condiciones que permitan implementar programas de pago por servicios ambientales.

4. Realizar diagnósticos socioeconómicos en las comunidades de la microcuenca del río Carcaj, a las cuales este dirigido el programa de pago por servicios ambientales para que este sea congruente y logre los objetivos de protección y conservación de la microcuenca.

5. Continuar con el monitoreo de la calidad del agua que provee a los hogares del casco urbano del municipio de San Juan Ermita, para conocer su calidad y realizar una gestión integral del recurso hídrico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Argueta Cermeño, LA. 2005. Propuesta de valoración económica del servicio ambiental de captación hídrica del bosque, microcuenca del río El Riachuelo, montaña Las Granadillas, Zacapa (en línea). Tesis Lic. Guatemala, USAC. 114 p. Consultado 2 dic. 2016. Disponible en http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_2218.pdf

Arrieta Bernate, G. 2008. Fase I-II, dimensión de categorización: análisis de la producción de residuos sólidos de pequeños y grandes productores, determinación de factores de producción de residuos sólidos de los usuarios residenciales, revisión de la regulación vigente y cálculo de costos asociados a la realización de aforo de residuos sólidos en Colombia (en línea). Colombia, Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial, Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico. p. 36. Consultado 18 nov. 2016. Disponible en http://www.institutodeestudiosurbanos.info/dmdocuments/cendocieu/coleccion_digital/Metabolismo_Socioecologico_Norte/Analisis_Produccion_Residuos-Min_Vivienda-2008.pdf

Blanco S, H; Lara De Williams, M; Velezmoro AC; Aguilar L, VH. 2014. Consumo de agua en actividades domésticas, caso de estudio: estudiantes de la asignatura saneamiento ambiental de la UCV (en línea). Revista de la Facultad de Ingeniería U.C.V. 29(1):55-56. Consultado 2 dic. 2016. Disponible en http://www.scielo.org.ve/pdf/rfiucv/v29n1/art07.pdf

Cap-Net; GWP (Global Water Pathership); EUWI (EU Water Initiative). 2008. Aspectos económicos en la gestión sostenible del agua: manual de capacitación y guía para moderadores (en línea). Suecia. 162 p. Consultado 20 dic. 2016. Disponible en http://www.gwp.org/globalassets/global/gwpsam_files/publicaciones/sobregirh/manual-cap-net-marzo-2008esp.pdf

Colom de Morán, E; Morales-de la Cruz, M (eds.). 2011. Política nacional del agua de Guatemala y su estrategia (en línea, diapositivas). Guatemala, Gobierno de la República de Guatemala, Gabinete Especifico del Agua. 48 diapositivas. Consultado 5 dic. 2016. Disponible en https://issuu.com/sndp_gt/docs/pol_tica_nacional_del_agua_de_guatemalaCOM/OlmedaPascualJoseMiguel.pdf

Córdoba Hernández, R. 2004. Agua: distribución y consumo (en línea). Boletín CF+S. Madrid, España, No. 2014-34. Consultado 29 nov. 2016. Disponible en http://habitat.aq.upm.es/boletin/n34/arcor_2.html

De Alba E; Reyes, EM. 1998. Valoración económica de los recursos biológicos del país (en línea). *In* La diversidad biológica de México: estudios de país 1998. México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. p. 211-214. Consultado 29 nov. 2016. Disponible en http://www.biodiversidad.gob.mx/publicaciones/librosDig/pdf/divBiolMexEPais1.pdf

Esquivando Fronteras. 2013. Construcción sustentable parte II (en línea, blog). Consultado 30 nov. 2016. Disponible en http://esquivandofronteras.blogspot.com/2013/03/construccion-sustentable-parte-ii.html

González Meléndez, V.; Caicedo Quintero, O.; Aguirre Ramírez, N. 2013. Aplicación de los índices de calidad de agua NSF, DINIUS, BMWP en la quebrada La Ayurá, Antioquia, Colombia (en línea). Revista Gestión y Ambiente 16(1):97-108. Consultado 16 dic. 2016. Disponible en http://www.redalyc.org/html/1694/169427489003/

Gordillo Ramírez, CM. 2010. Situación actual y directrices para el manejo de las tierras forestales de muy alta, alta y media captación y regulación hidrológica de Guatemala (en línea). Tesis Lic. Guatemala, URL. 123 p. Consultado 2 dic. 2016. Disponible en http://bibliod.url.edu.gt/Tesis/06/04/Gordillo-Ramirez-Claudia/Gordillo-Ramirez-Claudia.pdf

IARNA – URL (Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente de la Universidad Rafael Landívar). 2006. Perfil ambiental de Guatemala 2006: tendencias y reflexiones sobre la gestión ambiental (en línea). Guatemala. 252 p. Consultado 25 sep. 2016. Disponible en http://recursosbiblio.url.edu.gt/publicjlg/IARNA/serie_ambi/08.PDF

Leal, MM. 2016. Agua: un recurso para todos (en línea). Guatemala. Brújula. Consultado 2 dic. 2016. Disponible en http://brujula.com.gt/agua-un-recurso-para-todos/

Linares Castañeda, LM. 2015. Valoración económica del agua utilizada en la unidad de riego "La Fragua", municipio de Zacapa, departamento de Zacapa, Guatemala, 2015 (en línea). Tesis Lic. Chiquimula, Guatemala, USAC-CUNORI. 113 p. Consultado 29 nov. 2016. Disponible en http://cunori.edu.gt/descargas/Valoracin_economica_del_agua_utilizada_en_la_unidad_de_riego_La_Fragua_municipio_de_Zacapa_departamento_de_Zacapa_Guatemala.pdf

Linares Llamas, P.; Romero López, C. 2008. Economía y medio ambiente: herramientas de valoración ambiental (en línea). *In* Tratado de tributación medio ambiental. Becker Zuaza, F; Cazorla Prieto, LM; Martínez-Simancas Sánchez, J (coords.). España, Thomson Reuters-Azanzadi Editores. v.2, p. 1189-2225. Consultado 15 dic. 2016. Disponible en https://www.iit.comillas.edu/pedrol/documents/becker08.pdf

Mancomunidad Copanch'orti'. 2016. Mapa precipitación acumulada año 2016 región Ch'orti' (Programa de computo en JPG). Guatemala. Esc. 1:200,000. Color.

Mancomunidad Copanch'orti'. 2016. Mapa temperatura promedio año 2016 región Ch'orti' (Programa de computo en JPG). Guatemala. Esc. 1:200,000. Color.

Mendezcarlo Silva, V.; Medina Jiménez, A., Becerra Quintero, GE. 2010. Las teorías de Pigou y Coase, base para la propuesta de gestión e innovación de un impuesto ambiental en México (en línea). Revista Académica de Investigación Tlatemoani (2). Consultado 29 nov. 2016. Disponible en http://www.eumed.net/rev/tlatemoani/02/sjq.htm

Olmeda Pascula, JM. 2006. El agua y su análisis desde la perspectiva económica: una aplicación para el crecimiento económico (en línea). Reunión de economía mundial (8, 2006, Alicante, España). España. 21 p. Consultado 29 nov. 2016. Disponible en http://altea.daea.ua.es/ochorem/comunicaciones/MESA2COM/OlmedaPascualJoseMiguel.pdf

ONU (Organización Naciones Unidas). 2015. El tema del día mundial del agua de 2015 es: "Agua y desarrollo sostenible" (en línea). New York, Estados Unidos. Consultado 13 nov. 2016. Disponible en http://www.un.org/es/events/waterday/2015/

Osorio Menéndez, BE. 2016. Valoración económica del agua de uso doméstico en la Villa de Quezaltepeque, proveniente de la microcuenca del río La Conquista, municipio de Quezaltepeque, departamento de Chiquimula, 2014 (en línea). Tesis Lic. Chiquimula, Guatemala, USAC-CUNORI. 105 p. Consultado 2 dic. 2016. Disponible en http://cunori.edu.gt/descargas/Valoracion_economica_del_agua_de_uso_domestico_en_la_villa_de_Quezaltepeque_proveniente_de_la_microcuenca_del_rio_La_Conquista_municipio_de_Quezaltepeque_departamento_de_Chiquimula_2014.pdf

Pagiola, S; Platais, G. *s.f.* Pagos por servicios ambientales (en línea). Chile, GRN. 6 p. Consultado 15 dic. 2016. Disponible en http://www.grn.cl/pagos_por_servicios_ambientales.pdf

Rojas Padilla J; Pérez Rincón, M; Peña Varón, M. 2001. La valoración contingente: una alternativa para determinar la viabilidad financiera de proyectos de tratamientos de aguas residuales en zonas rurales de países tropicales (en línea). Cali, Colombia, OPS. 14 p. Consultado 15 dic. 2016. Disponible en http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd30/confe27.pdf

Romero Santizo, MA. 2009. Valoración económica del lago de Atitlán, Sololá, Guatemala (en línea). Tesis M.Sc. Guatemala, USAC. 229 p. Consultado 2 dic. 2016. Disponible en http://postgrado.fausac.gt/wp-content/uploads/2016/09/Marvin-Alfonso-Romero-Santizo.pdf

Ros Moreno, A. 2011. El agua: calidad y contaminación (2/2) (en línea). Mailxmail.com. Consultado 4 dic. 2016. Disponible en http://www.mailxmail.com/curso-agua-calidad-contaminacion-2-2/indices-calidad-aguas

Salazar Chinchilla, WM. 2016. Determinación de la calidad del agua en la corriente superficial de la microcuenca del río Grande, ubicado en el municipio Concepción las Minas, departamento de Chiquimula, 2015. Tesis Lic. Chiquimula, Guatemala, USAC-CUNORI. 153 p.

SEGEPLAN (Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia); BID (Banco Interamericano de Desarrollo). *s.f.* Política nacional de gestión integrada de los recursos hídricos PNGIRH y de la estrategia nacional de gestión integrada de los recursos hídricos ENGIRH (en línea). Guatemala. 31 p. Consultado 5 dic. 2016. Disponible en http://cebem.org/revistaredesma/vol11/pdf/legislacion/engirh_guatemala.pdf

SEGEPLAN (Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia, Guatemala); CM (Consejo Municipal de Desarrollo, Guatemala). 2010. Plan de desarrollo San Juan Ermita, Chiquimula (en línea). Guatemala. p. 44-57. Consultado 25 sep. 2016. http://www.segeplan.gob.gt/nportal/index.php/biblioteca-documental/category/68-chiquimula?download=326:pdm-san-juan-ermita.

SINAFIP (Secretaria Nacional de Financiamiento de la Preinversión, Guatemala); SEGEPLAN (Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia, Guatemala). *s.f.* Municipio de San Juan Ermita: caracterización y diagnóstico ordenamiento territorial (en línea). Guatemala. p. 4-34. Consultado 26 sep. 2016. Disponible en http://sintet.net/index.php?option=com_sobi2&sobi2Task=sobi2Details&catid=169&sobi2Id=961&Itemid=222

SNET (Servicio Nacional de Estudios Territoriales, El Salvador). *s.f.* Índice de calidad del agua general "ICA" (en línea). San Salvador, El Salvador, Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 6 p. Consultado 10 nov. 2016. Disponible en http://www.snet.gob.sv/Hidrologia/Documentos/calculoICA.pdf

UNESCO (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, Francia). 2016. Valoración económica de los recursos hídricos (en línea, sitio web). Francia. Consultado 5 dic. 2016. Disponible en http://www.unesco.org/new/es/natural-sciences/environment/water/wwap/ facts-and-figures/valuing-water/

URL (Universidad Rafael Landivar, Guatemala); IARNA (Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente, Guatemala); FCAA (Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas, Guatemala). 2005. Situación del recurso hídrico en Guatemala: documento técnico del perfil ambiental de Guatemala (en línea). Guatemala. 32 p. Consultado 25 sep. 2016. Disponible en https://www.url.edu.gt/publicacionesurl/pPublicacion.aspx?pb=221

Valdéz Méndez, OM. 2010. Identificación de las zonas potenciales para la recarga hídrica, en la cuenca del río Carcaj, municipio de San Juan Ermita; Chiquimula (en línea). Tesis Lic. Chiquimula, Guatemala, USAC-CUNORI. p. 66-72. Consultado 25 sep. 2016. Disponible en http://infoambiental.org/index.php/docs/tesis/details/42/6/tesis-identificación-de-las-zonas-potenciales-de-recarga-hídrica,-en-la-cuenca-del-río-carcaj,-municipio-de-san-juan-ermita,-chiquimula---otto-valdez-2010?contentbuilder_download_file=8f4c5c537cbff8df1552a940b06bcc55fde440b8

Vidal Orellana, HG. 2015. Propuesta de manejo sostenible del suelo con base en la capacidad e intensidad de uso de la tierra; San Juan Ermita, Chiquimula (en línea). Tesis Lic. Guatemala, URL. 78 p. Consultado 16 dic. 2016. Disponible en http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesiseortiz/2015/06/02/Vidal-Hector.pdf

Wunder, S. 2005. Pagos por servicios ambientales: principios básicos esenciales (en línea). Indonesia, CIFOR. 32 p. Consultado 15 dic. 2016. Disponible en http://www.cifor.org/publications/pdf_files/OccPapers/OP-42S.pdf

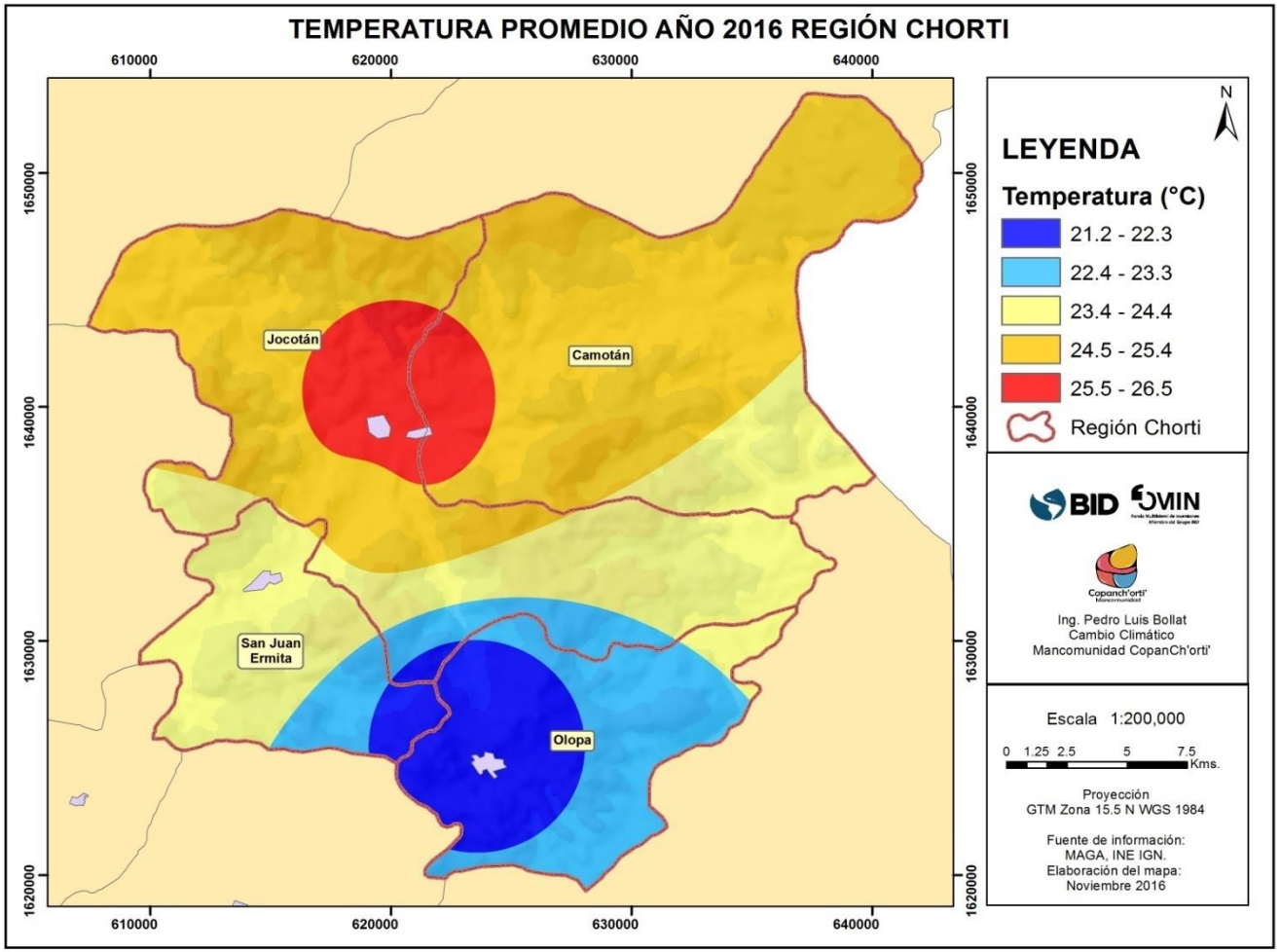
Zegarra Méndez, E. 2014. Economía del agua: conceptos y aplicaciones para una mejor gestión (en línea). Perú, GRADE. 221 p. Consultado 20 dic. 2016. Disponible en http://biblioteca.clacso.edu.ar/Peru/grade/20141215055610/Economiadelagua.pdf

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA CENTRO UNIVERSITARIO DE CHIQUIMULA BIBLIOTECA

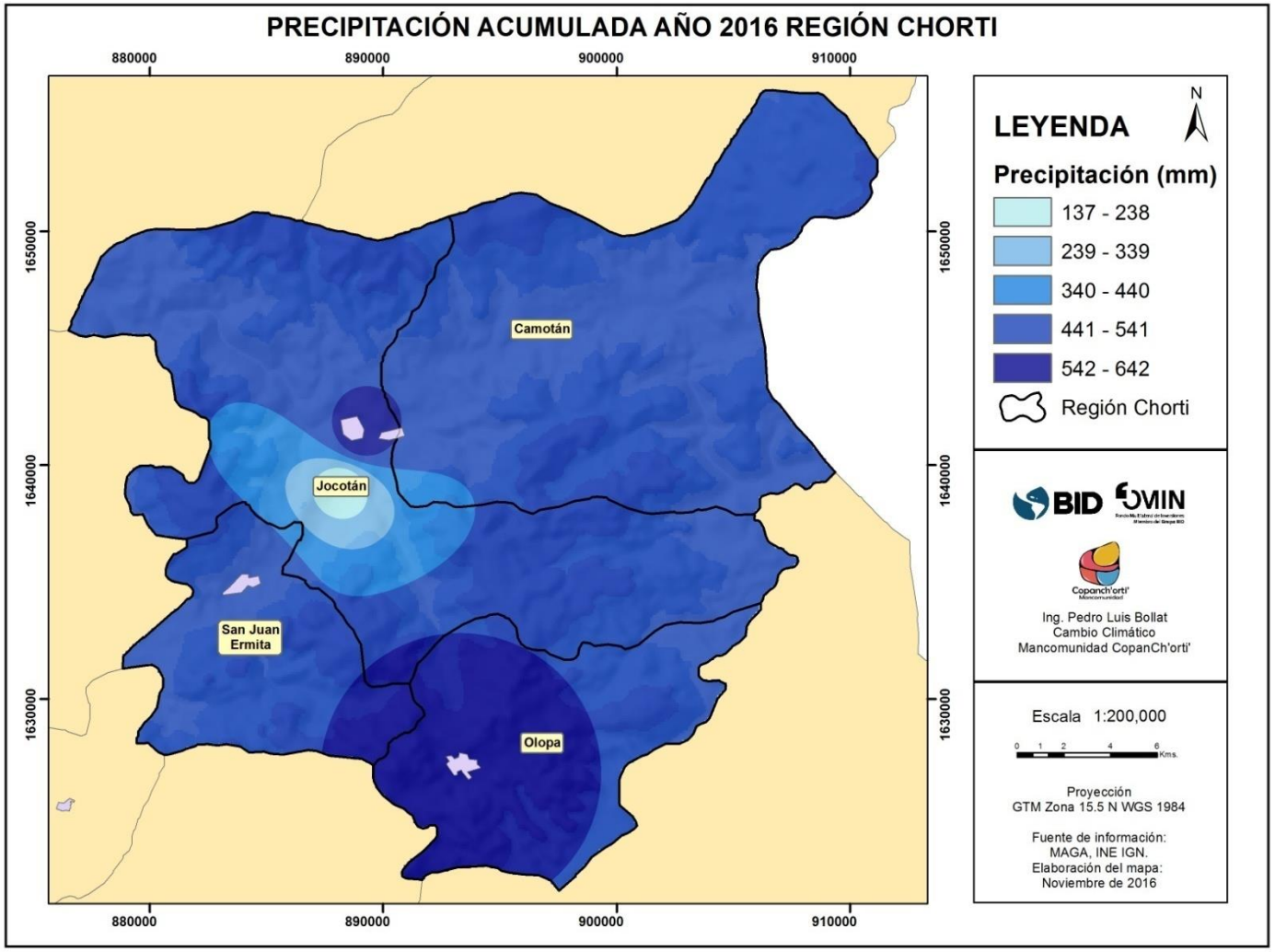
ANEXOS

Anexo 1. Mapas de la región Ch'orti'.

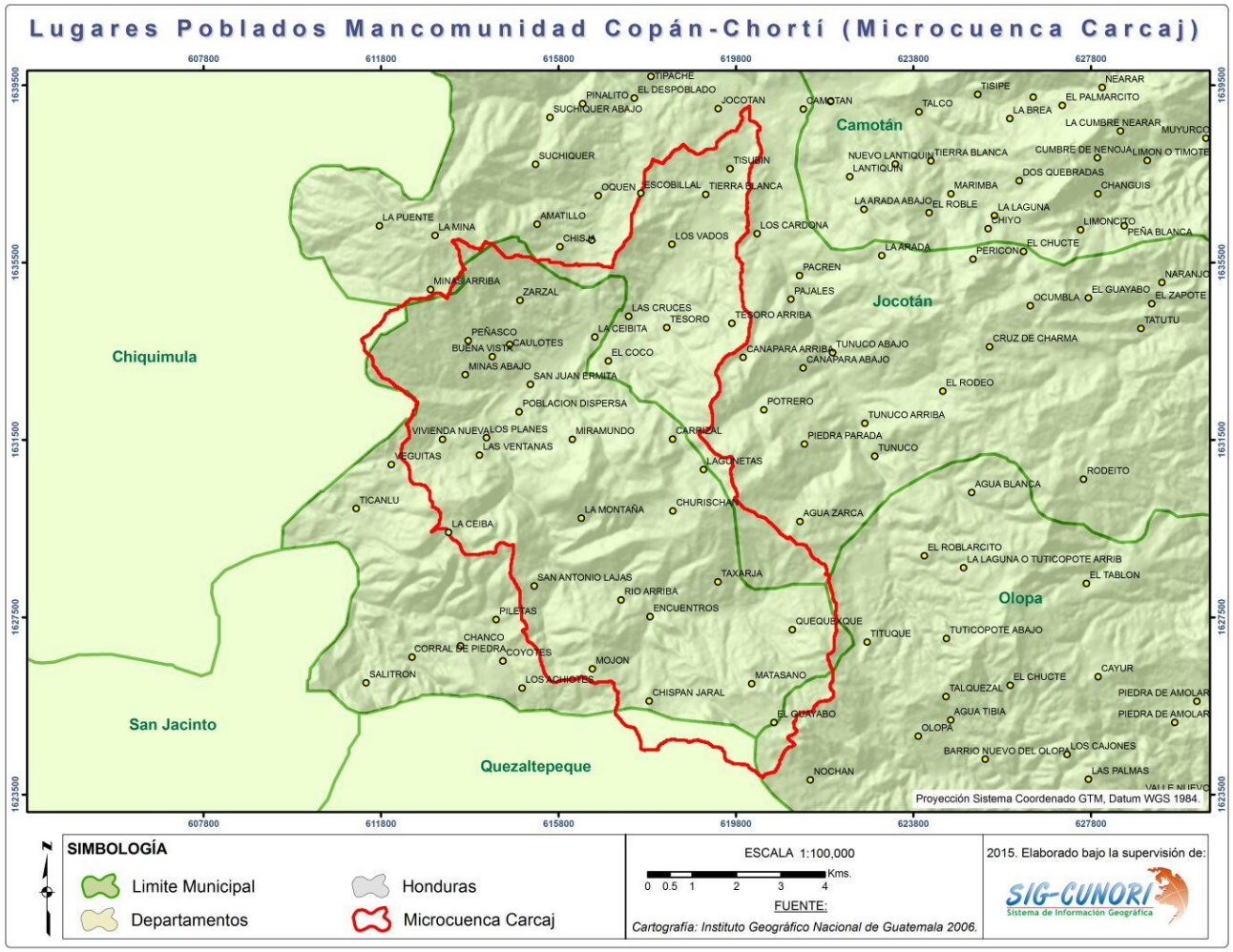
Mapa 1. Mapa de la temperatura promedio del año 2016.



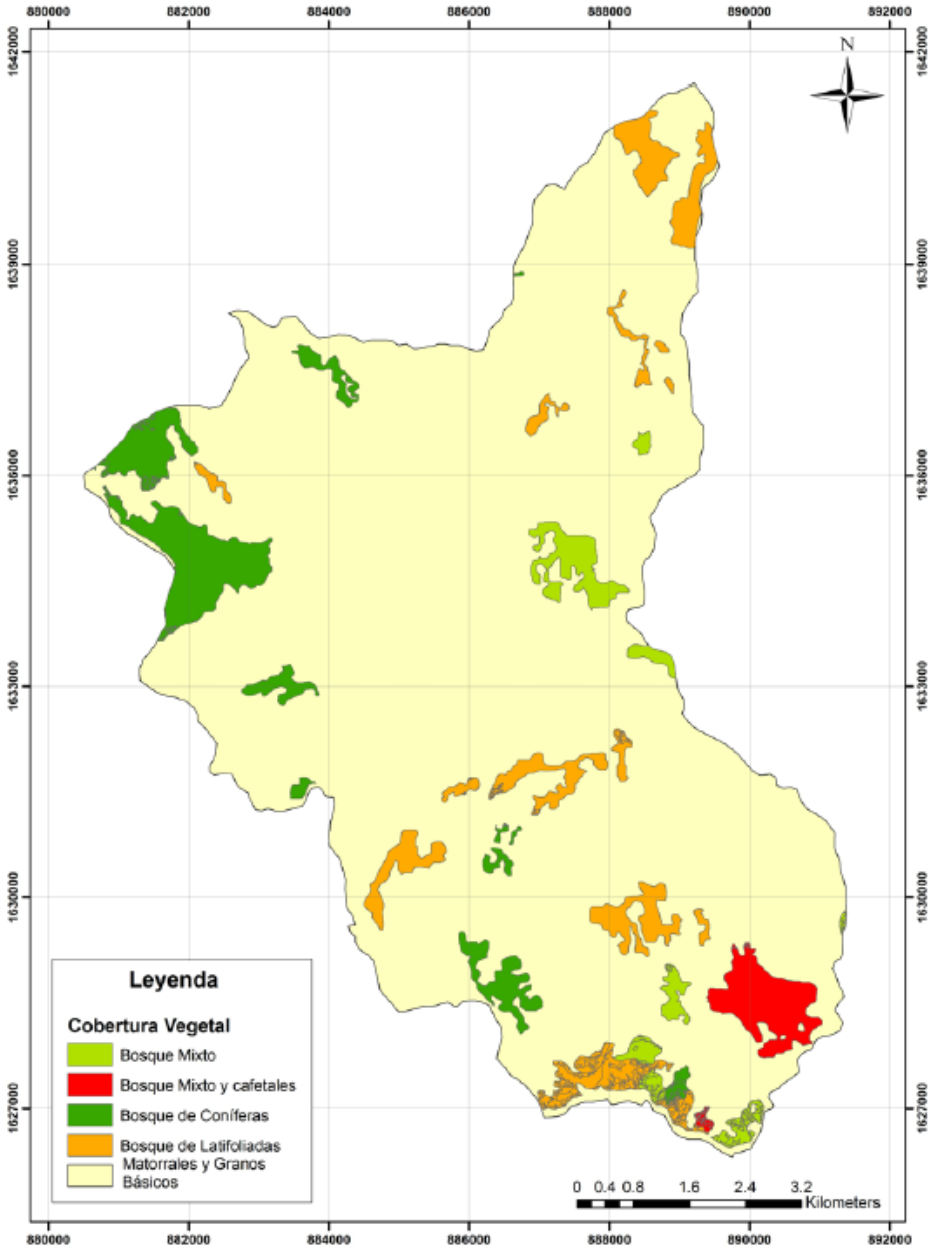
Mapa 2. Mapa precipitación acumulada en la región Ch'orti' durante el año 2,016.



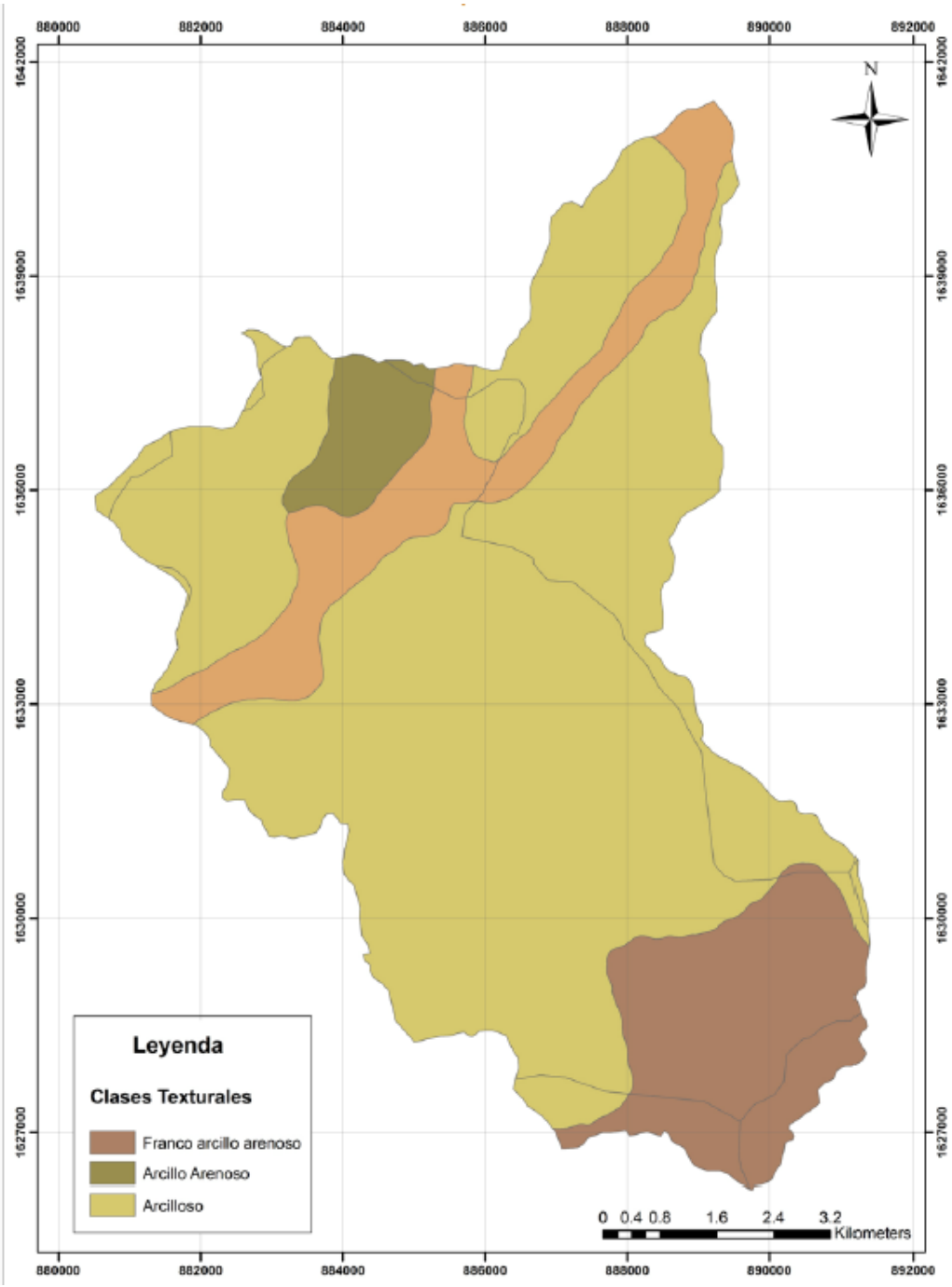
Mapa 3. Mapa de lugares poblados en la microcuenca Carcaj.



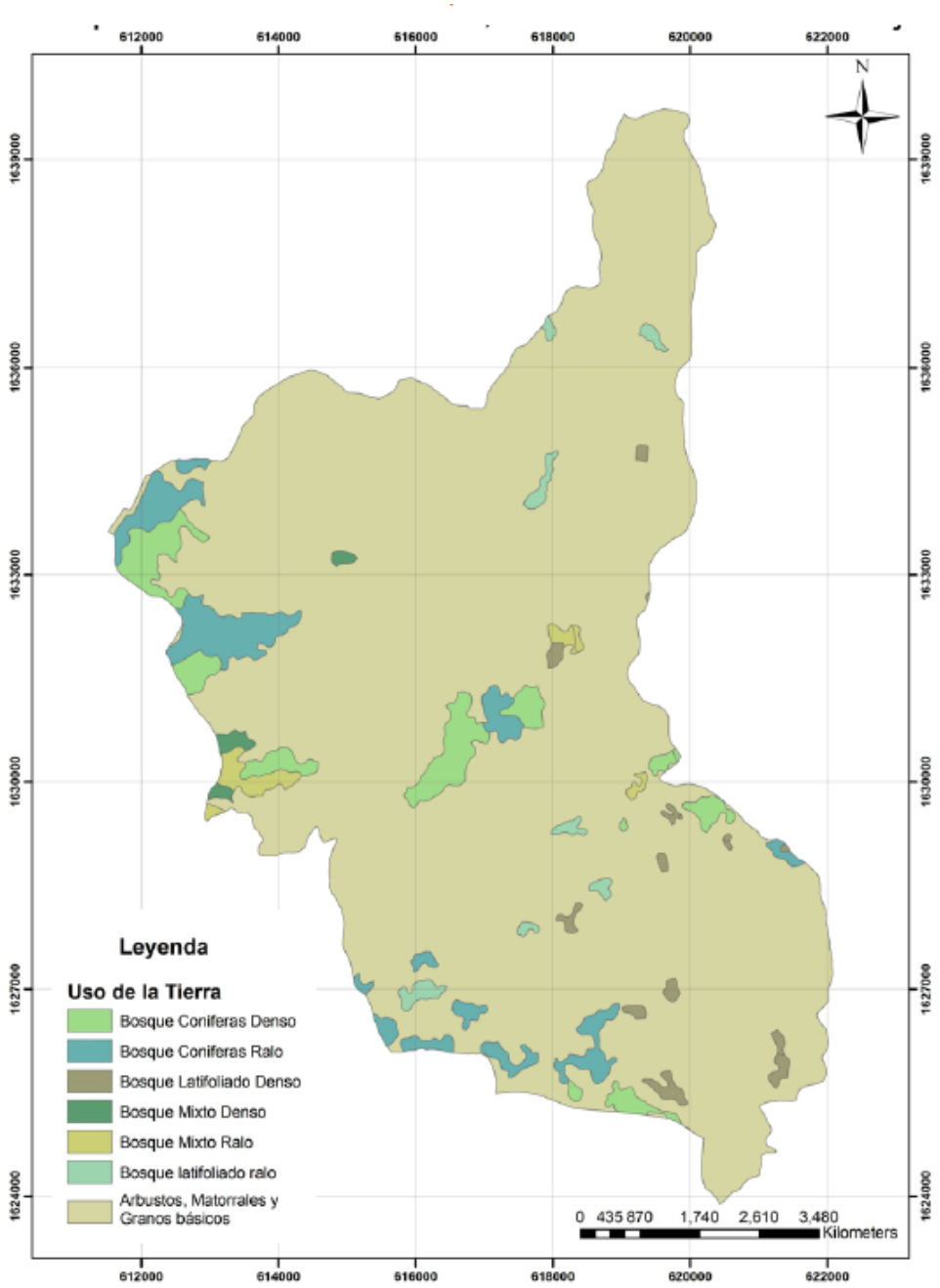
Mapa 4. Cobertura vegetal de la microcuenca del Río Carcaj, San Juan Ermita, Chiquimula.



Mapa 5. Texturas de la microcuenca del Río Carcaj, San Juan Ermita, Chiquimula.



Mapa 6. Uso de la tierra de la microcuenca del Río Carcaj, San Juan Ermita, Chiquimula.



Anexo 2: Boletas utilizadas para la toma de datos.

Tabla 1. Boleta de datos de campo.

Boleta para toma de datos in situ	
Fecha:	**Código de muestra:**
Hora muestreo:	**Fuente de agua:**
Parámetro	**Valor de medida**
pH	
Temperatura	
Conductividad	

Tabla 2. Boleta de geoposicionamiento de los puntos de monitoreo**.**

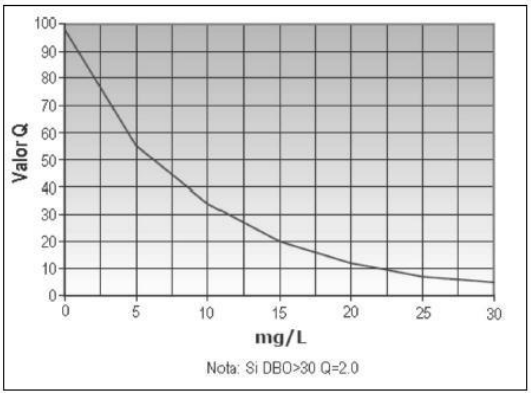
Microcuenca Carcaj			
No. De punto de control	**Nombre del afluente**	**Coordenadas UTM**	
		X	**Y**
1			
2			
3			
4			
5			
6			

Anexo 3. Tarifas que pagan los usuarios por el servicio de agua de los municipios del departamento de Chiquimula

Tarifa del agua para uso doméstido de los municipios del departamento de Chiquimula			
No.	**Municipio**	**Tarifa**	
1	Chiquimula	Q	20.00
2	San José La Arada	Q	15.00
3	Ipala	Q	40.00
4	San Jacinto	Q	13.00
5	Quetzaltepeque	Q	15.00
6	Concepción las Minas	Q	10.00
7	Olopa	Q	15.00
8	Esquipulas	Q	15.00
9	Jocotán	Q	10.00
10	Camotán	Q	10.00
11	San Juan Ermita	Q	10.00

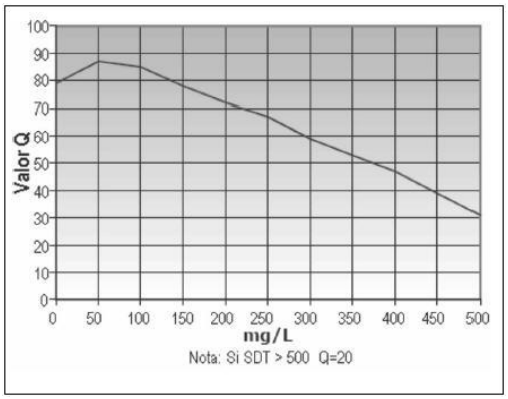
Anexo 4. Subíndices de c Anexo 4. Subíndices de calidad de agua.

Valoración de la calidad de agua en función de DBO_5



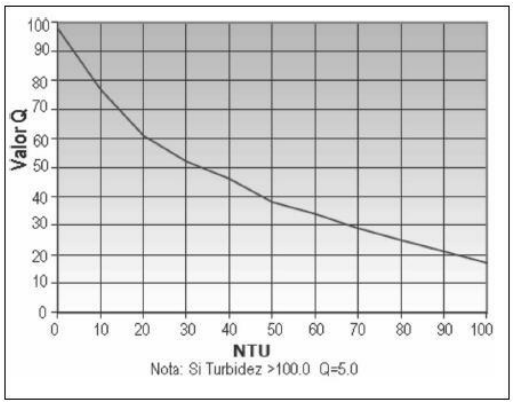
Fuente: SNET (1998).

Valoración de la calidad de aguan en función de SDT



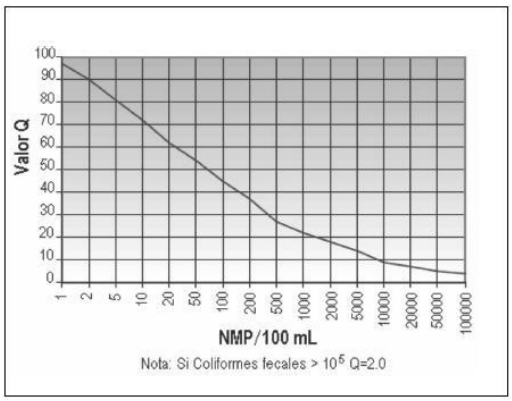
Fuente: SNET (1998).

Valoración de la calidad de agua en función de turbidez



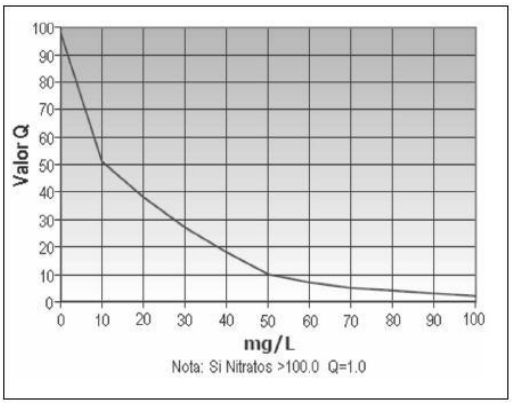
Fuente: SNET (1998).

Valoración de la calidad de agua en función de coliformes fecales



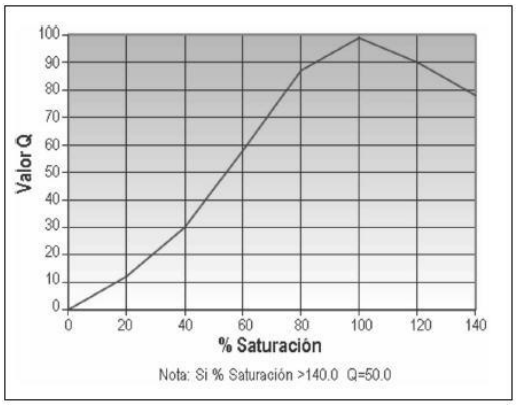
Fuente: SNET (1998).

Valoración de la calidad de agua en función de nitratos



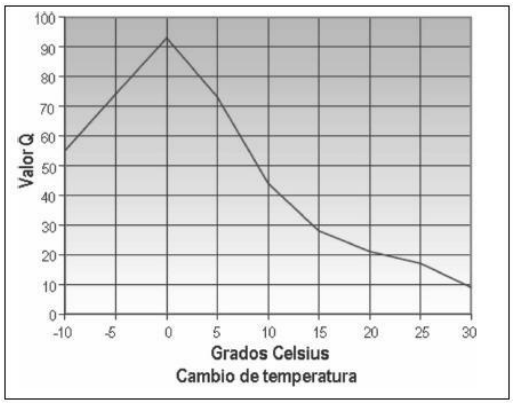
Fuente: SNET (1998).

Valoración de la calidad de agua en función de %OD



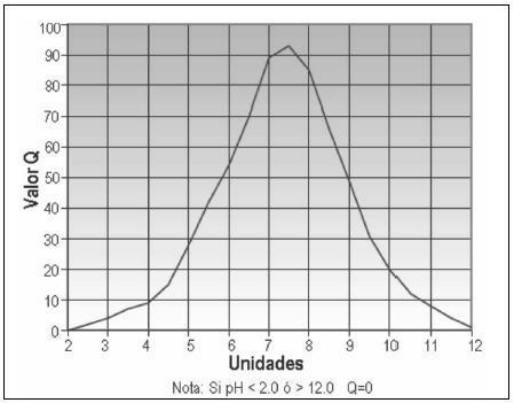
Fuente: SNET (1998).

Valoración de la calidad de agua en función de



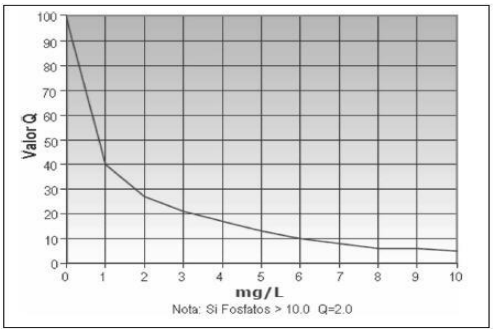
Fuente: SNET (1998).

Valoración de la calidad de agua en función de pH



Fuente: SNET (1998).

Valoración de la calidad de agua en función a fosfatos.



Fuente: SNET (1998).

Anexo 5. Índice de Calidad del Agua -ICA- en los seis domicilios establecidos en el casco urbano de San Juan Ermita, Chiquimula, 2017.

Índice de Calidad del Agua -ICA- de los afluentes que abastecen de agua al casco urbano de San Juan Ermita												
ID	Nombre del afluente	Ph	Fosfatos mg/l	Nitratos mg/l	Turbidez FAU	Temperatura °C	Sólidos Disueltos Totales mg/l	Oxígeno Disuelto %	Coliformes Fecales NMP/100ml	DBO5 mg/l	Total	Calidad del agua
MCSJE 1	Quebrada Zarzal	11.06	6.20	9.62	7.66	8.27	6.52	14.57	12.87	6.79	83.55	Buena
MCSJE 2	Quebrada Zarzal	10.37	6.60	9.54	7.66	7.79	6.52	14.20	2.50	7.43	72.60	Buena
MCSJE 3	Río Carcaj	10.32	6.61	9.54	7.66	7.79	6.52	14.02	2.50	7.43	72.39	Buena
MCSJE 4	Rio Carcaj	10.40	6.20	9.23	7.66	7.71	6.52	14.65	2.50	5.71	70.58	Buena
MCSJE 5	Quebrada Carrizal	10.49	6.90	8.86	7.34	6.39	6.52	14.63	2.50	6.46	70.08	Buena
MCSJE 6	Quebrada Carrizal	10.40	6.20	8.85	5.83	8.93	6.52	14.12	12.87	6.64	80.37	Buena

Anexo 6. Procedimiento para la determinación de parámetros físicos, químicos, microbiológicos.

1. Nitratos NO_3

Se utiliza el método de salicilato de sodio; el rango de este método se encuentra entre 0.1 y 2 mg de nitrógeno de nitratos por litro. Muestras con mayores concentraciones requieren un volumen inicial.

a. Procedimiento

- Preparar la solución de salicilato de sodio disolviendo 0.05 gr de salicilato en 10 ml de agua destilada.
- Agregar 25 ml de la muestra filtrada en sus respectivas capsulas agregando 1 ml de salicilato preparado anteriormente.
- Dejar las capsulas toda la noche de 70 ˚C a 90 ˚C hasta sequedad.
- Mientras la capsula de porcelana aún está caliente, disolver el residuo con 1 ml de ácido sulfúrico por todas las paredes de la porcelana.
- Lavar la porcelana con agua destilada y raspar las paredes con una varilla de vidrio misma que se utiliza para traspasar el agua al balón.
- Agregar 7 ml de solución NAOH-tartrato y completar 100 ml del balón con agua destilada.
- Agitar por inversión para mayor homogenización.
- Leer a 420 nm en el espectrofotómetro sin corrección de fondo.

2. Nitritos NO_2

Este método es apropiado para concentraciones de ion nitrito de 1 a 20 ug de nitrógeno de nitrito por litro.

a. Procedimiento

- Servir 25 ml de muestra por duplicado en tubos de ensayo.
- Agregar 0.5 ml de N-(1-Naftil) etilendiamina.

- Agregar 0.5 ml de sulfanilamida Agitar por inversión para mayor homogenización.
- Leer a 550 nm en el espectrofotómetro utilizando corrección de fondo.

3. Fosfatos PO4

Para la determinación de fosfatos se tiende a preparar los siguientes reactivos:

A) 14. 0 ml de ácido sulfúrico concentrado aforado con agua a 100 ml.

B)

C) 0.0274 g de tartrato de antimonil-potasio en 10 ml de agua destilada.

D) 1.00 g de heptamolibdato de amonio en 25 ml de agua destilada.

E) 0.88 g de ácido ascórbico en 50 ml de agua destilada.

a. Procedimiento

- Mezclar en el siguiente orden 80 ml de A, 8 ml de B, 24 ml de C y 48 ml de D.
- Agregar 2.0 ml de esta mezcla a 10 ml de muestra filtrada por duplicado.
- Agitar por inversión para mayor homogenización.
- Leer a 880 nm utilizando corrección de fondo.

4. Sulfatos SO4

Para la determinación de sulfatos se prepara el reactivo condicionante. Mezclar 50 ml de glicerol con una solución preparada mezclando 30 ml de HCL, 300 ml de H2O, 100 ml de etanol o isopropanol y 75 g de NaCl.

a. Procedimiento

- Servir 25 ml de muestra por duplicado en tubos de ensayo
- Agregar 2 ml de reactivo condicionante a los tubos de ensayo
- Añadir una pizca de BaCl2
- Tapar los tubos y agitarlos a una velocidad constante para mayor homogenización
- Leer a 420 nm utilizando corrección de fondo.

5. Demanda biológica de oxígeno en 5 días DBO5

a. Procedimiento:

- En una botella de DBO de 300ml coloque 25 ml de la muestra y 1 ml de las soluciones A, B, C, y D.
- Complete con agua destilada hasta el cuello de la botella y determine el oxígeno disuelto con la sonda de oxímetro.
- Al sacar el detector complete con agua destilada hasta la mitad del cuello de la botella.
- Taparla de forma tal que no queden burbujas de aire dentro de la botella y colocarla en incubación a 20ºC durante 5 días exactos.
- Incubar además una botella que solamente contenga las soluciones A, B, C y D y agua destilada.
- Al terminar el período de incubación determine el oxígeno disuelto.

Cálculo:

- ***DBO = (OD inicial – OD final) 10ml/L***

6. Sólidos Totales

Para la determinación de los sólidos totales primero debe de realizarse la preparación de la capsula:

a. Preparación de la cápsula de porcelana:

- Identificar la cápsula de porcelana a ser utilizada. Puede utilizarse marcador para identificarla.
- Llevar a peso constante la cápsula de porcelana a utilizar. Esto puede hacerse colocando la cápsula dentro de un horno de microondas y calentándolo por 5 minutos Luego de calentar la cápsula ya no puede tocarla con las manos.
- Sacar la cápsula de porcelana del horno de microondas utilizando una pinza.
- Colocar la cápsula de porcelana dentro de una desecadora para esperar que se enfríe y pueda ser pesada en la balanza analítica.

- Anotar el peso.

Para este análisis se utilizara la fórmula:

Sólidos totales = peso final – peso inicial

b. Medición de la muestra:

Las muestras de agua deben de estar preservadas a 4ºC. Antes de ser medidas deben de llevarse a temperatura ambiente.

- Agitar la botella que contiene la muestra por lo menos durante 3 minutos para homogenizarla bien.
- Medir 100 ml de agua dentro de la cápsula de porcelana, la cápsula no puede ser tomada con la mano.
- Agarrar la cápsula de porcelana con una pinza y colocarle dentro de un horno.
- Llevar a 85ºC y dejar por 24 horas para que el agua se evapore. Si el tiempo no ha sido suficiente se deja la cápsula dentro del horno a la misma temperatura, hasta que esté completamente seca.
- Sacar la cápsula del horno utilizando para ello una pinza (no debe ser tomada con la mano, ya que la grasa que se pueda tener en los dedos altera el peso de la cápsula) y colocarla dentro de una desecadora. Dejar enfriar, permitir que llegue a peso constante y pesar en la balanza analítica.
- Anotar el peso y calcular por diferencia.

7. Dureza

a. Procedimiento

- Aplicar 5 ml de la muestra por duplicado en los Erlenmeyer
- Agregar 5 gotas de Buffer de Amonio.
- Agregar 3 gotas de Negro Ericromo T
- Agitarlos hasta que tomen una coloración rosa.
- Titular con solución EDTA moviendo el Erlenmeyer a una velocidad constante.

- Anotar el volumen gastado de solución EDTA al momento que el agua tome una coloración azul.

8. Turbidez

La turbidez será medida utilizando un turbidímetro.

a. Procedimiento:

- Calibrar el medidor de turbidez con soluciones de calibración.
- La medición con este método se realizara introduciendo en forma progresiva una fracción de líquido a analizar en el tubo, previamente calibrado; la muestra debe de llegar hasta la marca blanca de la celda.
- Limpiar las paredes de la celda con papel mayordomo.
- Colocar en el medidor de turbidez la muestra y leer en auto rango.
- Cada vez que se analice una muestra diferente, el recipiente debe de ser enjuagado con agua destilada.

9. Determinación de parámetros bacteriológicos

Los indicadores más usados para estos fines son los llamados organismos Coliformes. El estimado o determinación de los organismos Coliformes se realizara empleando la técnica de los tubos múltiples.

9.1. Análisis de Coliformes

Se analizaran Coliformes totales, Coliformes fecales y *Escherichia Coli*.

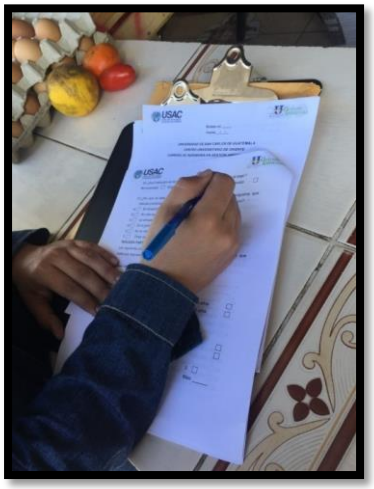
a. Procedimiento:

- Preparación de Agar.
- Hacer 1 agar simple, y 1 agar doble; en el agar simple se utiliza 17 gramos de mlx en 1000 ml, y en el agar doble se utiliza 17 mlx en 500 ml.
- Preparar 9 tubos de ensayo por cada muestra que se desee realizar.

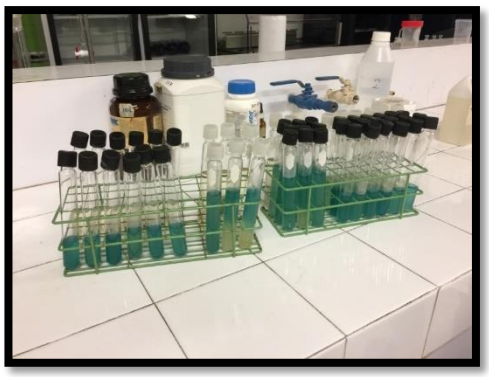
- De esos 9 tubos de ensayo a 6 les agrego 9 ml del agar simple, a los otros 3 se le agrega 10 ml del agar doble.
- Hacer la siembra; para esto debe de colocarse a 3 tubos de ensayo de
- concentración simple 0.1 ml de la muestra, en los otros 3 tubos de ensayo de concentración simple colocar 1 ml de la muestra; y en los últimos 3 tubos de ensayo de concentración doble agregar 10 ml de la muestra.
- Las pruebas se incubaran a 25°C por 24 hrs.
- Después de las 24 horas, realizar la lectura de los tubos de ensayo. La lectura se realizará por un cambio de color, reacción Indol positiva o negativa.
- Por último estos resultados se interpretan por una tabla establecida por la norma COGUANOR.

Anexo 7. Fotografías de fase de campo.

Fotografía 1. Realización de encuestas sobre DAP en los usuarios del agua municipal de la cabecera municipal de San Juan Ermita, Chiquimula.



Fotografía 2. Análisis de muestras de agua recolectadas en viviendas de la cabecera municipal de San Juan Ermita, Chiquimula.



Anexo 8: Encuesta para determinar la disposición a pagar de los usuarios que se benefician del recurso hídrico que proporciona el agua domiciliar que abastece al casco urbano de San Juan Ermita.

Boleta no. _____

Fecha: __/__/__

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE

CARRERA DE INGENIERÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL

Encuesta para determinar la disposición a pagar de los habitantes de la cabecera municipal de San Juan Ermita, Chiquimula por el servicio de agua potable a los hogares.

Objetivo: Recopilar información sobre el problema que representa la cantidad, calidad y disponibilidad de agua en la cabecera municipal de San Juan Ermita, la cual servirá como base para la formulación de una propuesta. Por lo que se está realizando una encuesta de carácter confidencial. Su nombre no es necesario para la encuesta.

Por ello le agradecería que me dedicara 10 minutos de su tiempo para contestar algunas preguntas. Le informo que no hay respuestas buenas ni malas.

Zona_____ Barrio o colonia _____

PRIMERA PARTE

Preguntas para determinar la calidad del servicio que recibe, la importancia del agua y la relación bosque - agua.

1. ¿Cuál es la fuente principal de abastecimiento de agua en su casa?

Municipal ☐ Pozo propio ☐

Chorro público ☐ Otros _____

Camión cisterna ☐

(Si la respuesta es municipal seguir con la pregunta 2, si no pasar a la pregunta 8)

2. ¿Cuál es su cuota mensualmente por este servicio? Q. _____

3. ¿Cuál es la forma de pago del servicio?

Anual ☐ Mensual ☐

4. ¿Recibe agua todos los días en su casa?

Si ☐ No ☐

(Si su respuesta es No, indicar con qué frecuencia recibe el agua)

_____ días

5. ¿Cuántas horas al día recibe agua en su casa?

1-2 Horas ☐ 2-4 Horas ☐

4-6 Horas ☐ Todo el día ☐

6. Considera que la cantidad de agua que llega a su hogar es:

Excesiva ☐ Suficiente ☐ Poca ☐

7. Según usted ¿La calidad del servicio de agua potable que recibe es?

Excelente ☐ Buena ☐

Regular ☐ Mala ☐

8. Según usted ¿La calidad del agua que recibe es?

Excelente ☐ Buena ☐

Regular ☐ Mala ☐

9. ¿La casa donde vive actualmente es propia?

Si ☐ No ☐

10. ¿Conoce usted de donde viene el agua que llega su casa? (Si su respuesta es No saltar hasta la pregunta 12)

Si ☐ No ☐

11. ¿De dónde se extrae o viene el agua que se consume en las casas de esta localidad?

En ríos ☐ Nacimientos de agua ☐ Pozos ☐

12. ¿Tiene pozo?

Si ☐ No ☐

13. ¿Tiene cisterna o depósitos en el techo de su casa?

Si ☐ No ☐

14. ¿Qué importancia tiene el agua en el desarrollo de sus actividades?

Muy Importante ☐ Importante ☐

Poco importante ☐ No es importante ☐

15. ¿Para usted qué importancia tienen los bosques y la vegetación en la generación del agua que consume?

Muy Importante ☐ Importante ☐

Poco importante ☐ No es importante ☐

16. Según su criterio ¿Quién debería estar a cargo del cuidado de los bosques en el municipio de San Juan Ermita?

Gobierno ☐ Municipalidad ☐ Todos los pobladores ☐

Empresa privada ☐ ONG ☐ Todos los anteriores ☐

17. ¿Cree usted que los ríos que abastecen de agua a San Juan Ermita están contaminadas?

Si ☐ No ☐

¿Por qué? _____

18. El agua que bebe es:

Del chorro ☐ Clorada en su casa ☐ Hervida ☐

Posee filtro ☐ Compra garrafones ☐ Otro_____

Si compra agua para beber, ¿Cuánto gasta aproximadamente al mes? Q._____

19. Durante la temporada de lluvia la calidad de agua que llega a su hogar es:

Buena ☐ Regular ☐ Mala ☐

20. ¿Se ha visto alguna vez en la necesidad de comprar agua a cisterna?

Si ☐ No ☐ ¿Cuánto pago? Q_____

21. Si el servicio sigue igual ¿cuánto estaría dispuesto a pagar?

a) Q2.00 ☐ c) Q6.00 ☐

b) Q4.00 ☐ d) Q8.00 ☐

SEGUNDA PARTE

A continuación le explicaré brevemente la importancia de los bosques en la protección del agua.

Descripción del contexto local

La microcuenca del río Carcaj se comparte con dos municipios más (Jocotán y Olopa) pero la mayor parte se encuentra en el municipio de San Juan Ermita. La microcuenca se compone de varias vertientes de agua que permiten que lleve agua todo el año, logrando abastecer de servicio de agua a poblados grandes como el casco municipal.

Para mejorar la gestión de la demanda y la distribución es importante la valoración económica del recurso hídrico. Existen varios entes encargados de la protección y

mantenimiento de áreas boscosas (Mancomunidad Copanch'orti' e INAB) que contribuyen en la recarga hídrica, promoviendo los incentivos forestales a través de charlas de concientización. El aumento poblacional ha generado una mayor demanda de consumo de los recursos naturales, a tal punto de poner en riesgo los bosques y el incremento en la contaminación de las fuentes de agua, debido al avance de las actividades agrícolas del área. Estos factores ponen en riesgo la producción de agua para el abastecimiento de los pobladores, por eso es importante promover y realizar proyectos o programas de protección y regeneración de bosques.

22. Tomando en cuenta lo anterior: ¿Estaría dispuesto a pagar una cuota adicional de forma mensual para ejecutar proyectos que mejoren la calidad del agua que recibe y asegurar la disponibilidad del suministro en el futuro?

Si ☐ No ☐

(Si la respuesta es No pasar a la pregunta 22).

23. ¿Cuánto estaría usted dispuesto a pagar adicional a la tarifa que paga por el servicio de agua de forma mensual?

a) Q 3.00 ☐	e) Q 20.00 ☐	i) Q 40.00 ☐
b) Q 5.00 ☐	f) Q 25.00 ☐	j) Q 45.00 ☐
c) Q10.00 ☐	g) Q 30.00 ☐	k) Q 50.00 ☐
d) Q15.00 ☐	h) Q 35.00 ☐	Otros Q. _____

24. ¿Indique cuál sería la mejor alternativa para garantizar el servicio ambiental que presta la microcuenca?

a) ☐ Saneamiento Ambiental
b) ☐ Sistemas agroforestales
c) ☐ Prácticas de conservación de los suelos cultivables
d) ☐ Reforestación
e) ☐ Otros_____

25. ¿De qué manera preferiría que la contribución fuera hecha?

a) ☐ Cargando el pago a su recibo del agua

b) ☐ Que el cobro se realice en su hogar

c) ☐ Pagarlo en un banco

d) ☐ Otros _____

26. ¿Qué institución es la más indicada para recibir y administrar el pago?

Municipalidad ☐ Organización no Gubernamental ☐ Sector privado ☐

27. ¿Por qué no está dispuesto a pagar para hacer funcionar un programa, que ejecute proyectos que garanticen la disponibilidad de agua en el futuro?

a) ☐ Mi situación económica no me lo permite

b) ☐ No creo que este tipo de medidas funcionen

c) ☐ La corrupción puede evitar que los fondos lleguen a su destino

d) ☐ Es el gobierno y la municipalidad quienes deben de hacerse cargo

e) ☐ No es necesario este tipo de programas

f) ☐ Otras razones (especifique) _____

TERCERA PARTE

Las siguientes preguntas son muy importantes para el estudio. Le recuerdo, que todas sus respuestas son estrictamente confidenciales.

28. Género del entrevistado(a):

Masculino ☐ Femenino ☐

29. Rango de edad:

☐ 7 años o menor ☐ 18 a 19 años ☐ 20 a 29 años

☐ 30 a 39 años ☐ 40 a 49 años ☐ 50 a 59 años

☐ 60 a 69 años ☐ 70 o mayor

30. Estudios realizados:

Ninguno ☐ Primaria ☐ Básico ☐

Diversificado ☐ Universitario ☐ Postgrado ☐

31. ¿Cantidad de hijos que tiene?

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐

4 ☐ 5 ☐ Más: _____

Alguno de sus hijos trabaja:

Si ☐ No ☐

32. Su educación ha sido en institutos:

Pública ☐ Privada ☐

Si ha sido privada ¿cuánto paga?

100 a 300 ☐ 301 a 500 ☐ 501 a más ☐

33. ¿Cuál es su situación laboral actualmente?

Tiene empleo formal ☐ Tiene negocio propio o familiar ☐

Trabaja en la agricultura ☐ No tiene empleo ☐

Esta Jubilado(a) ☐

34. ¿De qué ingresos depende su hogar?

Remesas ☐ Salario de hijos ☐ Jubilación ☐

Comercio ☐ Agricultura ☐ Otros _____

35. ¿Tiene familia en Estados Unidos?

Si ☐ No ☐

36. ¿Cuántas personas viven en su casa? _____

37. ¿Qué rango de ingresos es el más cercano a los ingresos totales de la familia por mes? (incluya todas las fuentes de ingreso familiares).

a) ☐ Menos de Q 1,000
b) ☐ Entre Q 1,001 y Q 2,000
c) ☐ Entre Q 2,001 y Q 3,000
d) ☐ Entre Q 3,001 y Q 4,000
f) ☐ Entre Q 4,001 y Q 5,000
g) ☐ Entre Q 5,001 y Q 6,000
h) ☐ Entre Q 6,001 y Q 8,000
i) ☐ Arriba de Q 8,000

Anexo 9. Base de datos de las encuestas.

Caso	Var. 1	Var. 2	Var. 3	Var. 4	Var. 5	Var. 6	Var. 7	Var. 8	Var. 9	Var. 10	Var. 11	Var. 12	Var. 13	Var. 14	Var. 15	Var. 16	Var. 17	Var. 18	Var. 19	Var. 20
1	Mun	10.00	Men	Si	2-.4	Sufi	Bueno	Buena	Si	Si	Naci	No	Si	Muy impor	Muy impor	Muni	Si	Garrafones	Regular	No
2	Mun	10.00	Anual	Si	Todo	Exce	Excelente	Buena	Si	Si	Naci	No	No	Muy impor	Muy impor	Gobierno	Si	Posee filtro	Buena	No
3	Mun	10.00	Anual	Si	2-4	Poca	Excelente	Regular	Si	Si	Naci	No	No	Muy impor	Muy impor	Todos	Si	Del chorro	Mala	No
4	Mun	10.00	Anual	Si	2-4	Sufi	Bueno	Buena	Si	Si	Naci	No	Si	Muy impor	Muy impor	Gobierno	Si	Garrafones	Regular	No
5	Mun	10.00	Men	Si	2-4	Sufi	Bueno	Buena	Si	Si	Naci	No	Si	Muy impor	Muy impor	Todos	Si	Garrafones	Buena	No
6	Mun	10.00	Anual	Si	2-4	Poca	Bueno	Buena	Si	Si	Naci	No	No	Muy impor	Muy impor	Muni	Si	Garrafones	Mala	No
7	Mun	10.00	Anual	Si	12	Sufi	Regular	Buena	Si	Si	Naci	No	No	Muy impor	Muy impor	Muni	Si	Garrafones	Regular	No
8	Mun	10.00	Anual	Si	12	Poca	Bueno	Buena	Si	Si	Naci	No	No	Muy impor	Muy impor	Todos	Si	Del chorro	Mala	No
9	Mun	10.00	Anual	Si	Todo	Sufi	Excelente	Buena	Si	Si	Naci	No	Si	Muy impor	Importante	Muni	Si	Garrafones	Buena	No
10	Mun	10.00	Anual	Si	1-2	Poca	Mala	Buena	Si	Si	Naci	No	No	Importante	Muy impor	Muni	Si	Garrafones	Buena	No
11	Mun	10.00	Men	Si	2-4	Sufi	Bueno	Buena	No	Si	Naci	No	No	Importante	Importante	Todos	Si	Garrafones	Buena	No
12	Mun	10.00	Anual	Si	2-4	Sufi	Bueno	Excelente	Si	No		No	Si	Muy impor	Muy impor	Todos	Si	Garrafones	Regular	No
13	Mun	10.00	Anual	Si	1-2	Sufi	Excelente	Excelente	No	No		No	No	Muy impor	Muy impor	Todos	Si	Garrafones	Buena	No
14	Mun	10.00	Anual	Si	2-4	Poca	Bueno	Buena	Si	Si	Naci	No	No	Muy impor	Muy impor	Todos	Si	Garrafones	Buena	No
15	Mun	10.00	Men	Si	Todo	Sufi	Bueno	Buena	Si	No		No	No	Muy impor	Muy impor	Muni	Si	Garrafones	Buena	No
16	Pozo propio	-						Regular	Si	Si	Naci	Si	Si	Muy impor	Muy impor	Todos	Si	Garrafones	Mala	No
17	Mun	10.00	Anual	Si	Todo	Poca	Regular	Buena	Si	Si	Naci	No	Si	Muy impor	Muy impor	Muni	Si	Garrafones	Buena	No
18	Mun	10.00	Men	No	1-2	Poca	Bueno	Buena	Si	Si	Naci	No	No	Muy impor	Muy impor	Todos	Si	Garrafones	Regular	No
19	Mun	10.00	Men	Si	12	Sufi	Bueno	Buena	Si	Si	Naci	No	No	Importante	Muy impor	Todos	Si	Garrafones	Buena	No
20	Mun	10.00	Anual	Si	1-2	Sufi	Bueno	Buena	Si	No		No	No	Muy impor	Muy impor	Muni	No	Del chorro	Buena	No
21	Mun	10.00	Anual	Si	12	Sufi	Bueno	Buena	Si	Si	Naci	No	No	Muy impor	Muy impor	Todos	Si	Del chorro	Buena	No
22	Mun	10.00	Anual	Si	4-6	Poca	Regular	Regular	Si	Si	Río	No	No	Muy impor	Muy impor	Todos	Si	Del chorro	Mala	No
23	Mun	10.00	Men	Si	Todo	Sufi	Bueno	Buena	Si	No		No	No	Muy impor	Muy impor	Todos	Si	Del chorro	Mala	No
24	Mun	10.00	Anual	Si	2-4	Sufi	Mala	Regular	Si	Si	Naci	No	No	Importante	Importante	Todos	Si	Garrafones	Mala	No
25	Mun	10.00	Anual	Si	Todo	Sufi	Bueno	Regular	Si	Si	Naci	No	Si	Muy impor	Importante	Todos	No	Garrafones	Mala	No

26	Mun	10.00	Men	Si	4-6	Sufi	Bueno	Regular	Si	Si	Naci	No	No	Importante	Muy impor	Muni	Si	Garrafones	Mala	No
27	Mun	10.00	Anual	Si	4-6	Poca	Regular	Mala	Si	No		No	No	Muy impor	Muy impor	Todos	Si	Posee filtro	Regular	No
28	Mun	10.00	Anual	Si	4-6	Sufi	Bueno	Buena	Si	Si	Naci	No	No	Muy impor	Muy impor	Todos	Si	Garrafones	Regular	No
29	Mun	10.00	Anual	Si	4-6	Sufi	Bueno	Buena	Si	No		No	No	Muy impor	Muy impor	Todos	Si	Garrafones	Regular	No
30	Mun	10.00	Anual	Si	4-6	Poca	Regular	Regular	Si	Si	Naci	No	No	Muy impor	Muy impor	Muni	Si	Del chorro	Buena	No
31	Mun	10.00	Anual	Si	4-6	Sufi	Bueno	Buena	Si	Si	Naci	No	No	Muy impor	Muy impor	Todos	No	Del chorro	Buena	No
32	Mun	10.00	Anual	Si	2-4	Sufi	Bueno	Excelente	Si	Si	Naci	No	No	Muy impor	Muy impor	Pobladores	Si	Del chorro	Regular	No
33	Mun	10.00	Anual	Si	2-4	Sufi	Bueno	Excelente	Si	Si	Naci	No	No	Importante	Muy impor	Pobladores	Si	Del chorro	Regular	No
34	Mun	10.00	Anual	Si	1-2	Exce	Bueno	Buena	Si	Si	Naci	No	No	Muy impor	Muy impor	Pobladores	Si	Del chorro	Regular	No
35	Mun	10.00	Anual	Si	1-2	Sufi	Regular	Excelente	Si	No		No	No	Muy impor	Muy impor	Todos	Si	Posee filtro	Regular	No
36	Mun	10.00	Anual	Si	1-2	Exce	Excelente	Excelente	Si	Si	Naci	No	No	Muy impor	Muy impor	Pobladores	Si	Posee filtro	Regular	No
37	Mun	10.00	Anual	No	1-2	Poca	Bueno	Regular	Si	No		Si	No	Muy impor	Muy impor	Gobierno	Si	Garrafones	Mala	No
38	Mun	10.00	Anual	No	1-2	Poca	Bueno	Regular	Si	Si	Naci	No	No	Muy impor	Muy impor	Todos	Si	Posee filtro	Mala	No
39	Mun	10.00	Anual	No	4-6	Poca	Regular	Regular	Si	Si	Naci	No	No	Muy impor	Muy impor	Todos	Si	Garrafones	Mala	No
40	Mun	10.00	Anual	No	2-4	Poca	Regular	Regular	Si	Si	Naci	No	No	Muy impor	Muy impor	Pobladores	Si	Garrafones	Regular	Si
41	Mun	10.00	Anual	No	1-2	Sufi	Regular	Mala	Si	Si	Naci	No	No	Muy impor	Poco impor	Muni	Si	Garrafones	Mala	No
42	Mun	10.00	Anual	No	1-2	Poca	Bueno	Buena	Si	Si	Naci	No	No	Muy impor	Muy impor	Pobladores	Si	Garrafones	Mala	No
43	Mun	10.00	Anual	No	1-2	Poca	Bueno	Regular	Si	Si	Naci	No	No	Muy impor	Importante	Todos	Si	Garrafones	Mala	No
44	Mun	10.00	Anual	No	2-4	Poca	Mala	Mala	Si	Si	Naci	No	No	Muy impor	Muy impor	Pobladores	Si	Garrafones	Mala	No
45	Mun	10.00	Anual	Si	2-4	Sufi	Bueno	Buena	Si	No		No	No	Muy impor	Muy impor	Todos	Si	Posee filtro	Regular	No
46	Mun	10.00	Anual	Si	4-6	Sufi	Regular	Regular	Si	Si	Río	No	No	Muy impor	Muy impor	Todos	Si	Garrafones	Mala	No
47	Mun	10.00	Anual	No	Todo	Sufi	Regular	Regular	Si	Si	Río	No	No	Importante	Muy impor	Todos	Si	Del chorro	Mala	Si
48	Mun	10.00	Anual	Si	1-2	Sufi	Bueno	Buena	Si	Si	Naci	No	No	Muy impor	Muy impor	Todos	Si	Posee filtro	Mala	No
49	Mun	10.00	Anual	Si	4-6	Sufi	Regular	Regular	Si	Si	Naci	No	Si	Muy impor	Muy impor	Todos	Si	Municipal	Regular	No
50	Mun	10.00	Anual	Si	4-6	Sufi	Bueno	Regular	No	Si	Río	No	No	Importante	Muy impor	Todos	Si	Garrafones	Mala	No
51	Mun	10.00	Anual	Si	2-4	Sufi	Regular	Regular	Si	No	Naci	Si	No	Importante	Muy impor	Todos	Si	Garrafones	Mala	No
52	Mun	10.00	Anual	Si	2-4	Poca	Bueno	Regular	Si	Si	Río	No	No	Muy impor	Muy impor	Todos	Si	Garrafones	Mala	No
53	Mun	10.00	Anual	Si	2-4	Sufi	Bueno	Buena	Si	Si	Naci	No	No	Muy impor	Muy impor	Pobladores	Si	Del chorro	Buena	No
54	Mun	10.00	Anual	Si	2-4	Sufi	Bueno	Buena	Si	Si	Río	No	No	Muy impor	Muy impor	Gobierno	Si	Garrafones	Mala	No

55	Mun	10.00	Anual	Si	2-4	Poca	Bueno	Buena	Si	Si	Naci	No	Si	Muy impor	Muy impor	Todos	Si	Posee filtro	Regular	No
56	Mun	10.00	Anual	Si	4-6	Exce	Bueno	Buena	Si	No		No	Si	Muy impor	Muy impor	Todos	Si	Garrafones	Buena	No
57	Mun	10.00	Anual	Si	2-4	Sufi	Bueno	Buena	Si	Si	Naci	No	No	Muy impor	Muy impor	Pobladores	Si	Posee filtro	Buena	No
58	Mun	10.00	Anual	Si	4-6	Sufi	Bueno	Buena	Si	Si	Naci	No	No	Muy impor	Muy impor	Todos	Si	Posee filtro	Buena	No
59	Mun	10.00	Anual	Si	2-4	Sufi	Regular	Regular	Si	Si	Naci	No	Si	Importante	Importante	Todos	Si	Garrafones	Buena	No
60	Mun	10.00	Anual	Si	4-6	Sufi	Bueno	Buena	Si	Si	Naci	No	Si	Muy impor	Muy impor	Pobladores	Si	Garrafones	Buena	No
61	Mun	10.00	Anual	Si	4-6	Sufi	Regular	Excelente	No	Si	Naci	No	No	Muy impor	Muy impor	Todos	No	Posee filtro	Buena	Si
62	Mun	10.00	Men	Si	2-4	Poca	Bueno	Buena	Si	Si	Naci	No	No	Muy impor	Muy impor	Todos	Si	Garrafones	Regular	No
63	Mun	10.00	Men	Si	2-4	Sufi	Bueno	Buena	Si	Si	Naci	No	No	Importante	Muy impor	Todos	Si	Garrafones	Buena	No
64	Mun	10.00	Anual	Si	1-2	Poca	Bueno	Buena	No	No		No	Si	Muy impor	Importante	Todos	Si	Garrafones	Buena	No
65	Mun	10.00	Men	Si	4-6	Sufi	Regular	Buena	Si	Si	Naci	No	No	Muy impor	Muy impor	Todos	Si	Del chorro	Mala	No
66	Mun	10.00	Anual	Si	2-4	Sufi	Excelente	Excelente	Si	Si	Naci	No	Si	Muy impor	Muy impor	Todos	Si	Garrafones	Buena	No
67	Mun	10.00	Men	Si	4-6	Poca	Bueno	Buena	Si	Si	Naci	No	No	Muy impor	Muy impor	Gobierno	Si	Del chorro	Buena	No
68	Mun	10.00	Anual	Si	2-4	Sufi	Bueno	Excelente	Si	Si	Naci	No	No	Muy impor	Muy impor	Pobladores	Si	Posee filtro	Regular	No
69	Mun	10.00	Anual	Si	1-2	Sufi	Excelente	Excelente	Si	No		No	Si	Importante	Muy impor	Muni	Si	Del chorro	Regular	No
70	Mun	10.00	Men	Si	1-2	Sufi	Bueno	Buena	Si	Si	Naci	No	No	Importante	Muy impor	ONG	Si	Del chorro	Regular	No
71	Mun	10.00	Anual	Si	1-2	Sufi	Excelente	Excelente	No	No		No	No	Muy impor	Importante	Pobladores	Si	Posee filtro	Buena	No
72	Mun	10.00	Anual	Si	2-4	Sufi	Bueno	Excelente	Si	Si	Naci	No	Si	Muy impor	Muy impor	Muni	Si	Clorada	Regular	No
73	Mun	10.00	Men	Si	2-4	Poca	Excelente	Buena	Si	No		No	No	Muy impor	Muy impor	Muni	Si	Del chorro	Buena	No
74	Mun	10.00	Anual	Si	1-2	Sufi	Excelente	Excelente	Si	Si	Naci	No	No	Muy impor	Muy impor	Muni	Si	Posee filtro	Buena	No
75	Mun	10.00	Men	Si	1-2	Sufi	Excelente	Excelente	Si	Si	Naci	No	Si	Muy impor	Muy impor	Muni	Si	Garrafones	Regular	No
76	Mun	10.00	Anual	Si	1-2	Poca	Regular	Buena	Si	Si	Naci	No	No	Muy impor	Muy impor	Todos	Si	Del chorro	Regular	No
77	Mun	10.00	Anual	Si	1-2	Poca	Regular	Regular	Si	Si	Naci	No	No	Muy impor	Muy impor	Todos	Si	Del chorro	Regular	No
78	Mun	10.00	Anual	Si	2-4	Poca		Mala	No	Si	Río	No	No	Muy impor	Muy impor	Todos	Si	Posee filtro	Mala	No
79	Mun	10.00	Men	Si	2-4	Sufi	Bueno	Regular	Si	Si	Naci	No	No	Muy impor	Muy impor	Todos	Si	Del chorro	Buena	No
80	Mun	10.00	Anual	Si	1-2	Poca	Regular	Buena	Si	Si	Naci	No	No	Muy impor	Muy impor	Todos	Si	Garrafones	Buena	No

Caso	Var. 21	Var. 22	Var. 23	Var. 24	Var. 25	Var. 26	Var. 27	Var. 28	Var. 29	Var. 30	Var. 31	Var. 32	Var. 33	Var. 34	Var. 35	Var. 36	Var. 37	Var. 38
1	2	Si	3		Agroforestales	Recibo	Muni	M	70	Pri	2	Si	Pública	Jubilado	Jubilado	Si	3	1001 y 2000
2	10	Si	3		Reforestación	Banco	ONG	F	20 a 29	Uni	0			Empleo formal	Privado	No	3	4001 a 5000
3	8	Si	5		Reforestación	Recibo	Muni	F	30 a 39	Ninguno	3	No	Pública	No empleo	Agricultura	No	4	1000
4	8	Si	10		Reforestación	Recibo	Muni	F	60 a 69	Diver	2	Si	Pública	Agricultura	Remesas	Si	7	2001 y 3000
5	8	Si	3		Saneamiento	Recibo	Muni	F	70	Ninguno	2	Si	Pública	No empleo	Sal. hijos	No	6	1000
6	8	Si	5		Reforestación	Recibo	ONG	F	60 a 69	Básí	0			No empleo	Sal. hermanos	No	2	1000
7	10	No	0	Gobierno y muni	Saneamiento	Recibo	Muni	M	60 a 69	Diver	3	Si	Pública	Negocio propio	Comercio	Si	5	4001 y 5000
8	10	Si	5		Saneamiento	Recibo	Muni	F	40 a 49	Pri	4	Si	Pública	No empleo	Agricultura	No	8	1000
9	10	No	0	Gobierno y muni	Saneamiento y reforestación	Recibo	Muni	F	70	Pri	8	Si	Pública	Negocio propio	Comercio	Si	6	1000
10	10	Si	10		Reforestación	Recibo	Privado	M	70	Ninguno	4	Si	Pública	Jubilado	Jubilado	No	10	1001 y 2000
11	10	Si	10		Reforestación	Banco	Muni	M	30 a 39	Pri	2	No		Agricultura	Agricultura	Si	4	1001 y 2000
12	10	Si	5		Saneamiento	Banco	Muni	F	20 a 29	Diver	0			Empleo formal	Privado	No	6	3001 y 4000
13	10	Si	5		Reforestación	Cobro en hogar	Muni	M	17	Bás	0			Empleo formal	Comercio	No	4	2001 y 3000
14	10	Si	10		Saneamiento	Cobro en hogar	Muni	F	20 a 29	niversitar	1	No		No empleo	Remesas	Si	7	2001 y 3000
15	10	Si	5		Saneamiento	Recibo	Muni	F	20 a 29	Diver	0			No empleo	Empleo formal	No	4	1001 y 2000
16	8	Si	10		Reforestación	Banco	Muni	F	20 a 29	Uni	2	No	Privada	Empleo formal	Empleo formal	No	4	3001 y 4000
17	8	Si	20		Reforestación	Recibo	Muni	F	30 a 39	Uni	0			Empleo formal	Empleo formal	Si	1	3001 y 4000
18	4	Si	10		Reforestación	Recibo	Muni	F	50 a 59	Diver	2	No	Privada	Empleo formal	Trabajo papas	No	4	1000
19	10	Si	5		Reforestación	Recibo	Muni	F	60 a 69	Ninguno	7	Si	Pública	No empleo	Salario hijos	No	3	1000
20	10	No	0	Situación económica	Reforestación	Banco	Muni	F	70	Ninguno	5	Si	Pública	No empleo	Salario hijos	No	1	1000
21	10	No	0	Situación económica	Reforestación	Recibo	Muni	M	30 a 39	Bás	0			No empleo	Sal. hermanos	No	10	1001 y 2000
22	6	No	0	Situación económica	Reforestación	Recibo	Muni	F	50 a 59	Ninguno	9	No	Privada	Agricultura	Agricultura	No	7	1000
23	2	No	0	Situación económica	Reforestación	Recibo	Muni	F	50 a 59	Ninguno	2	Si	Pública	Negocio propio	Comercio	No	3	1000
24	10	Si	5		Todos	Recibo	Muni	F	70	Ninguno	12	Si	Pública	No empleo	Salario hijos	Si	1	1000
25	10	Si	5		Reforestación	Recibo	Muni	F	60 a 69	Pri	4	Si	Privada	No empleo	Jubilado	Si	5	2001 y 3000

26	10	No	0	Situación económica	Reforestación	Recibo	Muni	F	60 a 69	Ninguno	6	Si	Pública	No empleo	Jubilado	No	5	1001 y 2000
27	2	Si	10		Reforestación	Recibo	Muni	F	30 a 39	Pri	4	No	Pública	No empleo	Trabajo formal	No	7	1001 y 2000
28	10	Si	5		Reforestación	Recibo	Muni	M	30 a 39	Diver	0			Empleo formal	Comercio	No	2	3001 y 4000
29	6	Si	5		Reforestación	Recibo	Privado	F	20 a 29	Diver	0			Negocio propio	Comercio	Si	7	1001 y 2000
30	8	No	0	Corrupción	Reforestación	Recibo	Muni	F	60 a 69	Ninguno	3	Si	Públi y priva	No empleo	Agricultura	No	4	1000
31	10	Si	5		Reforestación	Recibo	Muni	F	20 a 29	Pri	1	No	Pública	No empleo	Ninguno	Si	3	1000
32	10	No	0	Situación económica	Reforestación	Recibo	Muni	F	40 a 49	Ninguno	5	No	Pública	No empleo	Agricultura	Si	6	1000
33	2	Si	5	Situación económica	Reforestación	Banco	Muni	F	60 a 69	Pri	4	Si	Pública	No empleo	Salario hijos	No	5	1000
34	8	Si	10		Reforestación	Recibo	Muni	F	30 a 39	Ninguno	6	Si	Pública	Agricultura	Agricultura	No	8	1000
35	6	Si	5		Reforestación	Recibo	Muni	F	20 a 29	Diver	0			No empleo	Salario fam.	No	4	1000
36	8	Si	15		Reforestación	Banco	Muni	F	40 a 49	Pri	5	No	Privada	Empleo formal	Agricultura	No	6	4001 y 5000
37	8	Si	10		Reforestación	Banco	Privado	F	20 a 29	Diver	1	No	Pública	No empleo	Rem. y Comer	Si	8	1000
38	8	Si	3		Reforestación	Recibo	Muni	F	50 a 59	Ninguno	9	Si	Pública	No empleo	Agricultura	No	6	1000
39	6	Si	3		Reforestación	Recibo	Muni	F	40 a 49	Ninguno	5	Si	Pública	No empleo	Agricultura	No	6	2001 y 3000
40	2	Si	3		Conservación de los suelos	Recibo	Muni	F	60 a 69	Ninguno	2	Si	Privada	Negocio propio	Agricultura	Si	2	1000
41	8	Si	15		Reforestación	Recibo	Muni	M	70	Ninguno	9	Si	Pública	Negocio propio	Salario hijos y comercio	Si	4	6001 y 8000
42	4	No	0	Corrupción	Reforestación	Recibo	Muni	F	60 a 69	Ninguno	7	No	Pública	No empleo	Remesas	Si	2	1000
43	8	Si	3		Saneamiento	Recibo	Muni	F	50 a 59	Ninguno	4	Si	Pública	No empleo	Salario hijos	No	5	1000
44	10	Si	5		Saneamiento	Recibo	Muni	M	60 a 69	Pri	3	Si	Pública	Negocio propio	Salario hijos	No	4	1001 y 2000
45	6	Si	15		Reforestación	Recibo	Muni	F	17	Diver	0			No empleo	Remesas	Si	6	3001 y 4000
46	10	No	0	Situación económica	Reforestación	Recibo	Muni	F	60 a 69	Pri	1	Si	Pública	Negocio propio	Comercio	No	1	1000
47	10	Si	5		Reforestación	Recibo	ONG	M	18 a 19	Diver	0			Negocio propio	Comercio	No	9	1001 y 2000
48	10	Si	5		Reforestación	Recibo	Muni	F	70	Ninguno	8	No	Pública	No empleo	Salario hijos	Si	7	1000
49	10	Si	3		Saneamiento	Recibo	Muni	F	20 a 29	Diver	0			No empleo	Remesas	Si	6	1001 y 2000
50	2	Si	5		Reforestación	Banco	Privado	F	30 a 39	Diver	3	No	Pública	No empleo	Remesas	Si	4	6001 y 8000
51	10	No	0	No interesa	Reforestación	Recibo	Muni	F	70	Ninguno	8	Si	Pública	Agricultura	Agricultura	No	8	1000
52	10	Si	5		Saneamiento y reforestación	Recibo	Muni	F	40 a 49	Ninguno	4	No	Pública	Empleo formal	Magisterio	No	9	3001 y 4000
53	10	Si	5		Reforestación	Cobro en hogar	Muni	F	17	Ninguno	2	No	Pública	Negocio propio	Comercio	No	4	1000
54	10	Si	3		Saneamiento	Recibo	Muni	F	70	Pri	2	Si	Pública	Negocio propio	Salario hijos y comercio	Si	7	1001 y 2000

55	10	Si	5		Saneamiento y reforestación	Recibo	Muni	M	20 a 29	Diver	1	No		Negocio propio	Comercio	No	3	1001 y 2000
56	10	Si	5		Agroforestales	Recibo	Muni	M	30 a 39	Uni	0			Negocio propio	Comercio	No	10	2001 y 3000
57	10	Si	10		Saneamiento	Recibo	Muni	F	60 a 69	Diver	3	Si	Pública	Negocio propio	Jubilado	No	2	1001 y 2000
58	10	No	0	Situación económica	Reforestación	Recibo	Muni	F	70	Ninguno	8	Si	Pública	No empleo	Salario hijos y jubilación	Si	3	1001 y 2000
59	8	Si	10		Saneamiento	Recibo	Muni	F	40 a 49	Diver	1	Si	Pública	No empleo	Jubilado	No	5	5001 y 6000
60	8	Si	15		Reforestación	Cobro en hogar	Muni	F	50 a 59	Ninguno	4	Si	Privada	Negocio propio	Remesas y Comercio	Si	7	4001 y 5000
61	10	Si	15		Saneamiento y reforestación	Banco	Muni	F	30 a 39	Pri	2	No	Pública	Negocio propio	Comercio	No	9	2001 y 3000
62	8	Si	10		Reforestación	Cobro en hogar	Muni	F	40 a 49	Uni	3	Si	Privada	Tiene empleo y negocio	Magisterio y comercio	No	10	4001 y 5000
63	8	Si	5		Reforestación	Recibo	Muni	F	50 a 59	Ninguno	3	Si	Privada	Negocio propio	Comercio	Si	5	3001 y 4000
64	8	Si	5		Reforestación	Banco	Muni	F	20 a 29	Diver	3	No	Pública	Empleo formal	Policia	No	19	5001 y 6000
65	10	Si	5		Saneamiento	Recibo	Muni	M	30 a 39	Pr	2	No	Pública	Agricultura	Agricultura	No	4	1001 y 2000
66	10	No	0	No todos pagan	Saneamiento	Recibo	ONG	F	40 a 49	Uni	0			Negocio propio	Comercio	No	1	3001 y 4000
67	4	No	0	Situación económica	Reforestación	Recibo	Muni	F	50 a 59	Pri	5	Si	Pública	Agricultura	Agricultura	No	5	1000
68	8	Si	5		Saneamiento	Recibo	Muni	F	30 a 39	Bás	3	No	Privada	Agricultura	Remesas	Si	4	1000
69	8	Si	3		Reforestación	Banco	Muni	F	20 a 29	Diver	0		Privada	Agricultura	Remesas	Si	6	2001 y 3000
70	10	Si	10	Situación económica	Reforestación	Cobro en hogar	Muni	M	50 a 59	Ninguno	4	Si	Pública	Agricultura	Agricultura	Si	3	1000
71	6	Si	5		Todos	Recibo	ONG	F	30 a 39	Uni	2	No	Privada	Empleo formal	Remesas	Si	4	4001 y 5000
72	8	Si	5		Agroforestales	Banco	Muni	F	60 a 69	Pri	5	Si	Pública	Negocio propio	Comercio y jubilación	Si	2	4001 y 5000
73	6	No	0	No creo en esto	Reforestación	Banco	Privado	F	30 a 39	Pri	5	Si	Privada	Agricultura	Agricultura	No	5	2001 y 3000
74	8	Si	5		Reforestación	Recibo	Privado	F	70	Bás	10	Si	Privada	No empleo	Agricultura	Si	3	2001 y 3000
75	8	Si	5		Conservación de los suelos	Recibo	ONG	M	18 a 19	Diver	0			No empleo	Agricultura	No	4	4001 y 5000
76	10	Si	3		Reforestación	Recibo	Muni	F	40 a 49	Pri	6	Si	Públi y priva	Negocio propio	Comercio	No	5	1001 y 2000
77	6	Si	3		Saneamiento	Recibo	Muni	F	40 a 49	Pri	4	No	Pública	No empleo	Agricultura	No	6	1000
78	4	No	0	Situación económica	Reforestación	Recibo	Muni	F	40 a 49	Ninguno	3	No	Pública	No empleo	Vende leña	No	5	1000
79	10	Si	5		Saneamiento y reforestación	Recibo	Muni	F	50 a 59	Ninguno	5	No	Pública	No empleo	Salario hijos	No	4	1000
80	10	Si	5		Saneamiento	Cobro en hogar	Muni	M	40 a 49	Bás	3	No	Pública	Negocio propio	Comercio	No	6	1000

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 10. Determinación del Índice de Calidad del Agua para cada muestra.

Tabla 1. Determinación del Índice de Calidad del Agua de la muestra 1.

Cálculo del Índice de Calidad de Agua (MCSJE 1)						
Parámetros		Valor	Unidades	Subi	Wi	Total
1	Coliformes Fecales	<3	NMP/100 ml	85.83	0.15	12.87
2	pH	7.46	Unidades pH	92.17	0.12	11.06
3	DBO5	2.88	mg/l	67.85	0.10	6.79
4	Nitratos	2.386	mg/l	96.15	0.10	9.62
5	Fosfatos	0.344	mg/l	62.00	0.10	6.20
6	Temperatura	22.4	°C	82.67	0.10	8.27
7	Turbidez	1	FAU	95.71	0.08	7.66
8	Sólidos Disueltos Totales	1464	mg/l	81.54	0.08	6.52
9	Oxígeno Disuelto	8.9	% saturación	85.71	0.17	14.57
Valor de Índice de Calidad de Agua -ICA-					Suma	83.55

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2. Determinación del Índice de Calidad del Agua de la muestra 2.

Cálculo del Índice de Calidad de Agua (MCSJE 2)						
Parámetros		Valor	Unidades	Sub_i	Wi	Total
1	Coliformes Fecales	<3	NMP/100 ml	16.67	0.15	2.50
2	pH	7.46	Unidades pH	86.43	0.12	10.37
3	DBO5	2.88	mg/l	74.28	0.10	7.43
4	Nitratos	2.386	mg/l	95.38	0.10	9.54
5	Fosfatos	0.344	mg/l	66.00	0.10	6.60
6	Temperatura	22.4	°C	77.86	0.10	7.79
7	Turbidez	1	FAU	95.71	0.08	7.66
8	Sólidos Disueltos Totales	1464	mg/l	81.54	0.08	6.52
9	Oxígeno Disuelto	8.9	% saturación	83.53	0.17	14.20
Valor de Índice de Calidad de Agua -ICA-					Suma	72.60

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3. Determinación del Índice de Calidad del Agua de la muestra 3.

Cálculo del Índice de Calidad de Agua (MCSJE 3)						
Parámetros		**Valor**	**Unidades**	**Sub_i**	**Wi**	**Total**
1	Coliformes Fecales	<3	NMP/100 ml	16.67	0.15	2.50
2	pH	7.46	Unidades pH	86.00	0.12	10.32
3	DBO5	2.88	mg/l	74.29	0.10	7.43
4	Nitratos	2.386	mg/l	95.40	0.10	9.54
5	Fosfatos	0.344	mg/l	66.13	0.10	6.61
6	Temperatura	22.4	°C	77.86	0.10	7.79
7	Turbidez	1	FAU	95.71	0.08	7.66
8	Sólidos Disueltos Totales	1464	mg/l	81.54	0.08	6.52
9	Oxígeno Disuelto	8.9	% saturación	82.46	0.17	14.02
Valor de Índice de Calidad de Agua -ICA-					Suma	72.39

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4. Determinación del Índice de Calidad del Agua de la muestra 4.

Cálculo del Índice de Calidad de Agua (MCSJE 4)						
Parámetros		**Valor**	**Unidades**	**Sub_i**	**Wi**	**Total**
1	Coliformes Fecales	<3	NMP/100 ml	16.67	0.15	2.50
2	pH	7.46	Unidades pH	86.67	0.12	10.40
3	DBO5	2.88	mg/l	57.14	0.10	5.71
4	Nitratos	2.386	mg/l	92.31	0.10	9.23
5	Fosfatos	0.344	mg/l	62.00	0.10	6.20
6	Temperatura	22.4	°C	77.14	0.10	7.71
7	Turbidez	1	FAU	95.69	0.08	7.66
8	Sólidos Disueltos Totales	1464	mg/l	81.54	0.08	6.52
9	Oxígeno Disuelto	8.9	% saturación	86.15	0.17	14.65
Valor de Índice de Calidad de Agua -ICA-					Suma	70.58

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5. Determinación del Índice de Calidad del Agua de la muestra 5.

Cálculo del Índice de Calidad de Agua (MCSJE 5)						
Parámetros		**Valor**	**Unidades**	**Sub_i**	**Wi**	**Total**
1	Coliformes Fecales	<3	NMP/100 ml	16.67	0.15	2.50
2	pH	7.46	Unidades pH	87.43	0.12	10.49
3	DBO5	2.88	mg/l	64.57	0.10	6.46
4	Nitratos	2.386	mg/l	88.56	0.10	8.86
5	Fosfatos	0.344	mg/l	68.96	0.10	6.90
6	Temperatura	22.4	°C	63.86	0.10	6.39
7	Turbidez	1	FAU	91.72	0.08	7.34
8	Sólidos Disueltos Totales	1464	mg/l	81.54	0.08	6.52
9	Oxígeno Disuelto	8.9	% saturación	86.08	0.17	14.63
Valor de Índice de Calidad de Agua -ICA-					Suma	70.08

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6. Determinación del Índice de Calidad del Agua de la muestra 6.

Cálculo del Índice de Calidad de Agua (MCSJE 6)						
Parámetros		**Valor**	**Unidades**	**Sub_i**	**Wi**	**Total**
1	Coliformes Fecales	<3	NMP/100 ml	85.83	0.15	12.87
2	pH	7.46	Unidades pH	86.67	0.12	10.40
3	DBO5	2.88	mg/l	66.43	0.10	6.64
4	Nitratos	2.386	mg/l	88.46	0.10	8.85
5	Fosfatos	0.344	mg/l	62.00	0.10	6.20
6	Temperatura	22.4	°C	89.29	0.10	8.93
7	Turbidez	1	FAU	72.86	0.08	5.83
8	Sólidos Disueltos Totales	1464	mg/l	81.54	0.08	6.52
9	Oxígeno Disuelto	8.9	% saturación	83.08	0.17	14.12
Valor de Índice de Calidad de Agua -ICA-					Suma	80.37

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 11. Flujo de caja para el establecimiento, manejo y costos totales de 200 ha de reforestación.

Tabla 1. Costos para la reforestación de 200 ha. En la microcuenca del Río Carcaj, San Juan Ermita, Chiquimula.

COSTOS PARA LA REFORESTACIÓN DE 200 HA. EN LA MICROCUENCA DEL RÍO CARCAJ					
No.	**Concepto**	**Unidad de medida**	**Cantidad**	**Costo Unitario**	**Total**
1	**Participación de las comunidades en el proyecto**				**Q 10,000.00**
1.1	Socializar actividades del proyecto	Refacción/Material	400	Q 10.00	Q 4,000.00
1.2	Plan de sensibilización a las comunidades involucradas	Refacción/Material	600	Q 10.00	Q 6,000.00
2	**Establecimiento y manejo de plantaciones forestales**				**Q526,870.00**
2.1	Herbicida	Galón	200	Q 150.00	Q 30,000.00
2.2	Toneles	Toneles	30	Q 130.00	Q 3,900.00
2.3	Aplicación herbicida	Jornales	400	Q 50.00	Q 20,000.00
2.4	Trazo de terreno	Jornales	400	Q 50.00	Q 20,000.00
2.5	Ahoyado y siembra por hectárea	Jornales	1000	Q 50.00	Q 50,000.00
2.6	Compra de planta forestal (Madre Cacao)	Unidad	186,400	Q 1.00	Q186,400.00
2.7	Transporte de plantas	Flete	60	Q 1,200.00	Q 72,000.00
2.8	Traslado a campo	Jornales	600	Q 50.00	Q 30,000.00
2.9	Limpias	Jornales	400	Q 50.00	Q 20,000.00
2.10	Fertilizantes (16-20-0)	Quintal	117	Q 210.00	Q 24,570.00
2.11	Aplicación de fertilizante	Jornales	400	Q 50.00	Q 20,000.00
2.12	Planteo	Jornales	1,000	Q 50.00	Q 50,000.00
3	**Manejo y protección de plantaciones forestales**				**Q 39,435.00**
3.1	Formar cuadrillas forestales	Almuerzo	117	Q 25.00	Q 2,925.00
3.2	Equipar cuadrillas para el control de incendios forestales	Equipo	6	Q 5,000.00	Q 30,000.00
3.3	Eventos de capacitación	Almuerzo/material	117	Q 30.00	Q 3,510.00
3.4	Instalación de rótulos	Unidad	50	Q 60.00	Q 3,000.00
4	**Asistencia Técnica**				**Q 32,966.52**
4.1	Técnico de campo	Mes	6	Q 2,747.21	Q 16,483.26
4.2	Guarda bosques	Mes	6	Q 2,747.21	Q 16,483.26
TOTAL					**Q609,271.52**

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2. Detalle de los costos para la reforestación de 200 ha. En la microcuenca del Río Carcaj, San Juan Ermita, Chiquimula.

Costo para la reforestación de 200 ha. En la microcuenca del Río Carcaj							
No.	**Concepto**	**Año**					
		0	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
1	**Participación de las comunidades en el proyecto**	**Q 10,000.00**	**Q -**	**Q -**	**Q -**	**Q -**	**Q -**
1.1	Socializar actividades del proyecto	Q 4,000.00					
1.2	Plan de sensibilización a las comunidades involucradas	Q 6,000.00					
2	**Establecimiento y maneo de plantaciones forestales**	**Q501,870.00**	**Q -**	**Q -**	**Q -**	**Q -**	**Q -**
2.1	Herbicidas	Q 30,000.00					
2.2	Toneles	Q 3,900.00					
2.3	Aplicación herbicida	Q 20,000.00					
2.4	Trazo de terreno	Q 20,000.00					
2.5	Ahoyado y siembra por hectárea	Q 50,000.00					
2.6	Compra de planta forestal (Madre Cacao)	Q186,400.00					
2.7	Transporte de plantas	Q 72,000.00					
2.8	Traslado a campo	Q 30,000.00					
2.9	Limpias	Q 20,000.00					
2.10	Fertilizantes (16-20-0)	Q 24,570.00					
2.11	Aplicación de fertilizante	Q 20,000.00					
2.12	Planteo	Q 25,000.00					
3	**Manejo y protección de plantaciones forestales**	**Q 39,435.00**	**Q43,378.50**	**Q47,716.35**	**Q52,487.99**	**Q57,736.78**	**Q 63,510.46**
3.1	Formar cuadrillas forestales	Q 2,925.00	Q 3,217.50	Q 3,539.25	Q 3,893.18	Q 4,282.49	Q 4,710.74
3.2	Equipar cuadrillas para el control de incendios forestales	Q 30,000.00	Q33,000.00	Q36,300.00	Q39,930.00	Q43,923.00	Q 48,315.30
3.3	Eventos de capacitación	Q 3,510.00	Q 3,861.00	Q 4,247.10	Q 4,671.81	Q 5,138.99	Q 5,652.89
3.4	Instalación de rótulos	Q 3,000.00	Q 3,300.00	Q 3,630.00	Q 3,993.00	Q 4,392.30	Q 4,831.53
4	**Asistencia Técnica**	**Q 32,966.52**	**Q18,131.59**	**Q19,944.74**	**Q21,939.22**	**Q24,133.14**	**Q 26,546.46**
4.1	Técnico de campo	Q 16,483.26					
4.2	Guarda bosques	Q 16,483.26	Q18,131.59	Q19,944.74	Q21,939.22	Q24,133.14	Q 26,546.46
5	**COSTO TOTAL**	**Q584,271.52**	**Q61,510.09**	**Q67,661.09**	**Q74,427.20**	**Q81,869.92**	**Q 90,056.92**

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3. Costos de mantenimiento de las 200 ha. En la microcuenca del Río Carcaj, San Juan Ermita, Chiquimula.

Costo de manteniemiento de la plantación forestal					
No.	**Concepto**	**Unidad de medida**	**Cantidad**	**Costo unitario**	**Total**
1	**Manejo y protección de plantaciones forestales**				**Q 77,925.00**
1.1	Monitoreo fitosanitairio en plantaciones forestales establecidas	Galón	200	Q 150.00	Q 30,000.00
1.2	Prevención y control de incendios	Jornal	117	Q 25.00	Q 2,925.00
1.3	Limpias	Jornal	400	Q 50.00	Q 20,000.00
1.4	Planteo	Jornal	500	Q 50.00	Q 25,000.00
2	**Asistencia técnica**				**Q 16,483.26**
2.1	Guardabosque	Mes	6	Q 2,747.21	Q 16,483.26

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 12. Siglas y significado

COGUANOR	Comisión Guatemalteca de Normas.
CONAGUA	Comisión Nacional de Agua.
DAP	Disposición a Pagar.
IARNA	Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente.
ICA	Índice de Calidad del Agua.
IIA	Instituto de Incidencia Ambiental.
INE	Instituto Nacional de Estadística.
LMA	Límite Máximo Aceptable.
LMP	Límite Máximo Permisible.
NTU	Unidades Nefelometrías de Transmitancia.
ODM	Objetivos de Desarrollo del Milenio.
OMS	Organización Mundial de la Salud.
UNESCO	Organización para las Naciones Unidades para la Educación la Ciencia y la Cultura.
ONG	Organización No Gubernamental.
ONU	Organización de Naciones Unidas.
PSA	Pago por Servicios Ambientales.
SAS	Statistical Analysis System
SEGEPLAN	Secretaria de Planificación y Programación de la Presidencia.
SEMARNAT	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
SNET	Servicio Nacional de Estudios Territoriales.
TFCRH	Tierras Forestales con Capacidad de Regulación Hídrica.
UFC	Unidades Formadas por Colonia.