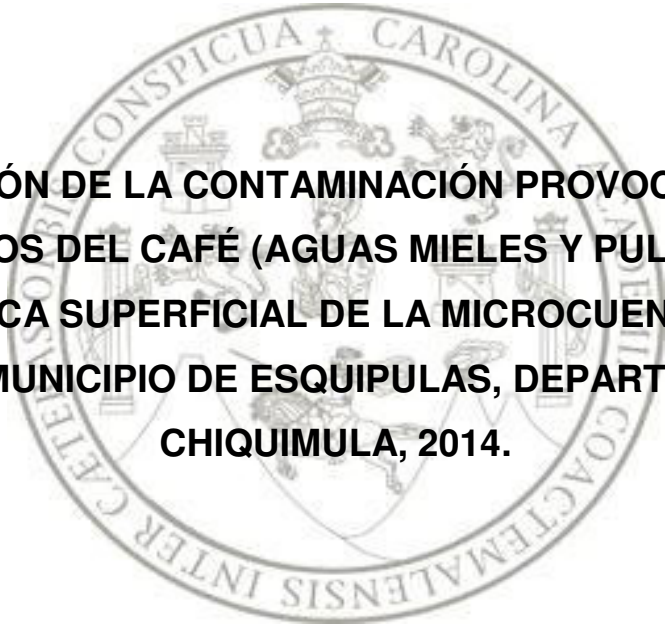


**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
INGENIERÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL**



**DETERMINACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN PROVOCADA POR LOS
SUBPRODUCTOS DEL CAFÉ (AGUAS MIELES Y PULPA) EN LA RED
HIDROLÓGICA SUPERFICIAL DE LA MICROCUENCA DEL RÍO
ATULAPA, MUNICIPIO DE ESQUIPULAS, DEPARTAMENTO DE
CHIQUMULA, 2014.**

CLAUDIA MARISELA GÓMEZ AGUILAR

GUATEMALA, CHIQUMULA, NOVIEMBRE DE 2016

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

**DETERMINACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN PROVOCADA POR LOS
SUBPRODUCTOS DEL CAFÉ (AGUAS MIELES Y PULPA) EN LA RED
HIDROLÓGICA SUPERFICIAL DE LA MICROCUENCA DEL RÍO ATULAPA,
MUNICIPIO DE ESQUIPULAS, DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA, 2014.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

Sometido a consideración del Honorable Consejo Directivo

Por

CLAUDIA MARISELA GÓMEZ AGUILAR

Al conferírsele el título de

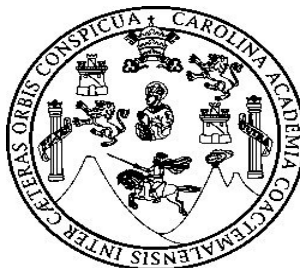
INGENIERA EN GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL

En el grado académico de

LICENCIADA

GUATEMALA, CHIQUIMULA, NOVIEMBRE DEL 2016.

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



RECTOR

Dr, CARLOS GUILLERMO ALVARADO CEREZO

CONSEJO DIRECTIVO

Presidente:	MSc. Nery Waldemar Galdámez Cabrera
Representante de Profesores:	MSc. 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:	Br. Carla Marisol Peralta Lemus
Representante de Estudiantes:	PAE. Alberto José España Pinto
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
Secretaria:	MA. Sandra Jeannette Prado Díaz
Vocal:	MSc. Fredy Samuel Coronado López

TERNA EVALUADORA

MSc. Ricardo Otoniel Suchini Paiz
MSc. Fredy Samuel Coronado López
Ing. Agr. José Ermerio Guevara Auxume

Guatemala, noviembre de 2016

Señores:
Consejo Directivo
Centro Universitario de Oriente
Ciudad Chiquimula

Honorables Miembros:

De conformidad con las normas establecidas por la ley orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración el trabajo de graduación titulado: "DETERMINACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN PROVOCADA POR LOS SUBPRODUCTOS DEL CAFÉ (AGUAS MIELES Y PULPA) EN LA RED HIDROLÓGICA SUPERFICIAL DE LA MICROCUENCA DEL RÍO ATULAPA, MUNICIPIO DE ESQUIPULAS, DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA, 2014", como requisito previo a 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"


Bz.
Claudia Marsela Gómez Aguilar



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



REF- JRGA-GAL-02-2016
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 **Claudia Marisela Gómez Aguilar** en el trabajo de investigación denominado **“DETERMINACIÓN DE LA CONTAMINACION PROVOCADA POR LOS SUBPRODUCTOS DE CAFÉ (AGUAS MIELES Y PULPA) EN LA RED HIDROLOGICA SUPERFIAL DE LA MICROCUENCA DEL RÍO ATULAPA, MUNICIPIO DE ESQUIPULAS, DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA, 2014”**, 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 Álvarez
Asesor

D-TG-IGAL-153/2016

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 **CLAUDIA MARISELA GÓMEZ AGUILAR** titulado “**DETERMINACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN PROVOCADA POR LOS SUBPRODUCTOS DEL CAFÉ (AGUAS MIELES Y PULPA) EN LA RED HIDROLÓGICA SUPERFICIAL DE LA MICROCUENCA DEL RÍO ATULAPA, MUNICIPIO DE ESQUIPULAS, DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA, 2014**”, trabajo que cuenta con el aval de su Revisor y Coordinador de Trabajos de Graduación, de la carrera de Ingeniería en 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**, previo a obtener el título de **Ingeniera en Gestión Ambiental Local** en el grado académico de Licenciada.

Se extiende la presente en la ciudad de Chiquimula, a diecisiete de octubre de dos mil dieciséis.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



MSc. Nery Waldemar Galdámez Cabrera
DIRECTOR
CUNORI - USAC



ACTO QUE DEDICO

A DIOS

Padre de misericordia, quien me ha bendecido con el don de la vida y que me ha dado la sabiduría para alcanzar esta meta. Que mi triunfo te glorifique y pueda ser una recompensa a las personas que quiero.

A MIS PADRES

Adolfo Gómez, María Concepción Aguilar y Rony Berganza, su amor, apoyo incondicional, espiritualidad y ejemplo han sido los pilares más importantes en mi vida. Con amor y agradecimiento infinito.

A MIS HERMANOS

Gustavo, Nancy y Néstor, porque me han inspirado para cumplir esta meta y por brindarme su amor y apoyo incondicional. Sirva este triunfo como un ejemplo de que las metas se pueden alcanzar. Con amor infinito.

A MIS ABUELOS (AS)

Con mucho cariño, especialmente a Valvina Gómez, un saludo hasta el cielo.

A MIS SOBRINOS

Abraham (QEPD) y Edgar, sus vidas me han inspirado y llenado de alegría mi vida, los amo. Besos hasta el cielo.

A MI CUÑADA

Fernanda Barrera, porque ahora forma parte de mi familia, y es como una hermana, con mucho cariño.

A MIS FAMILIARES

Con mucho cariño.

A MI IGLESIA

Personas maravillosas que caminan a mi lado en el camino de la fe, especialmente a mi Pequeña Comunidad Luz de Amor: Rosita, Aury, Yolanda, Soledad, María, María Lidia, Paola, Dina, Carmen, Domitila (QEPD), y a Fray Juan Pablo Lobos, infinitas gracias por sus consejos y oraciones, son mi bendición.

A MIS COMPAÑEROS (AS)

Infinitas gracias por su cariño y paciencia, por los maravillosos momentos de alegría, tristezas, enojos, aventuras y hasta travesuras. Tienen un lugar especial en mi corazón. Los (as) quiero.

A MIS AMIGOS (AS)

Cary, Ana, Tamara, Mirian, Estefany, Mahonry, Haroldo, Francis, Hilcia, Dámaris, Cecibel, Ligia, Asdruval, Óscar, por lo importante que son en mi vida; con especial afecto a Georgina Menéndez, Gerson Sagastume y Edgar Díaz Letona, por sus consejos, cariño y amistad, han sido más que amigos para mí.

A MIS ASESORES

Especialmente al Ing. Agr. Ramiro García, gracias por su apoyo, orientación y paciencia, con mucho cariño.

EN MEMORIA DE

Abraham Gómez y Abraham Moscoso. Por cada momento especial compartido y que atesoro en mi mente y corazón. Los extraño. Besos hasta el cielo.

AGRADECIMIENTOS ESPECIALES

A DIOS

Por su amor y misericordia infinita, por el don de la vida, por la bendición de tener una familia y amigos (as) que forman tu segunda familia, por la sabiduría y entendimiento derramados. Para Ti sea la honra y gloria.

A LA IGLESIA CRISTIANA CATÓLICA

Por ser fuente de agua viva durante este proceso.

A LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA – USAC- Y CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE – CUNORI-

Por acogerme y permitirme mi formación académica.

A LA CARRERA DE GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL Y SUS DOCENTES

Por abrir sus puertas y permitir instruirme en mi formación profesional en el campo de la gestión ambiental.

AL CONSEJO DE ÁREAS PROTEGIDAS – PLAN TRIFINIO

Por el apoyo y financiamiento brindado en el desarrollo de la investigación.

A LA COOPERATIVA DE AHORRO Y CRÉDITO – COOSAJO- ESQUIPULAS Y A LA COOPERATIVA AGRÍCOLA – CIATRI- ESQUIPULAS.

Por la buena voluntad de permitirme desarrollar el estudio, y colaborar en la ejecución del mismo.

A MIS ASESORES

Por el tiempo dedicado, la orientación y los consejos brindados en la realización de esta investigación.

A MIS EVALUADORES

MSc. Ricardo Suchini, MSc. Fredy Coronado e Ing. Agr. Emerio Guevara, por el tiempo dedicado y por los aportes brindados para el fortalecimiento de la investigación.

AL ING. MILTON SOLÍS Y AL ING. MELVIN GUEVARA

Por el apoyo y asesoría técnica brindada en las distintas fases de la investigación, pero muy especialmente en la fase de campo. Les estoy muy agradecida.

A LA DRA. PAOLA RODRÍGUEZ CORTEZ

Por su apoyo incondicional, paciencia y comprensión brindada a lo largo del alcance de esta meta. Dios le bendiga siempre.

A LA ASOCIACIÓN DE SERVICIOS Y DESARROLLO SOCIOECONÓMICO DE CHIQUIMULA –ASEDECHI-

Por las facilidades otorgadas.

A LA FAMILIA LÓPEZ SAGASTUME

Por el cariño, apoyo, consejos y comprensión brindada durante mi estadía en el municipio de Esquipulas.

A LOS PRODUCTORES DE CAFÉ DE LA MICROCUENCA DEL RÍO ATULAPA

A quienes con toda disponibilidad participaron en el desarrollo de la investigación.

ÍNDICE

Contenido	Página
1. INTRODUCCIÓN	1
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
3. JUSTIFICACIÓN	4
4. OBJETIVOS	6
4.1. Objetivo general	6
4.2. Objetivos específicos	6
5. MARCO TEÓRICO	7
5.1. Cuenca hidrográfica	7
5.2. Microcuenca del río atulapa	7
5.3. Calidad del agua	8
5.3.1. Calidad del agua superficial	10
5.4. Clasificación de la calidad del agua	11
5.5. Aguas residuales	13
5.5.1. Aguas grises	13
5.5.2. Aguas negras	14
5.6. Aguas mieles y la contaminación de aguas superficiales a causa de estas	14
5.7. Parámetros considerados para el análisis de aguas residuales	16
5.7.1. Parámetros físicos	16
5.7.2. Parámetros químicos	17
5.8. Impacto de las aguas residuales sobre los cuerpos de agua	18
5.9. Monitoreos	21
5.10. Caudal del agua y métodos y principios de aforos de fuentes de agua	21
5.10.1. Aforo	22
6. MARCO REFERENCIAL	27
6.1. Ubicación del área de estudio	27
6.2. Red hidrológica	28
6.3. Condiciones climáticas	28

6.3.1. Clima	28
6.4. Zona de vida	30
6.5. Fauna y flora	31
6.5.1. Inventario forestal	31
6.5.2. Especies de mamíferos	31
6.5.3. Anfibios y reptiles	32
6.5.4. Aves	32
6.6. Suelos y tierras	32
6.6.1. Geología	32
6.6.2. Suelos existentes	33
6.6.3. Uso de la tierra	34
6.6.4. Capacidad de uso de la tierra	35
6.6.5. Intensidad de uso	35
6.7. Hidrografía	36
6.7.1. Área	36
6.7.2. Agua superficial	36
6.8. Estudios relacionados con el tema	36
7. MARCO METODOLÓGICO	39
7.1. Determinación del área de estudio	39
7.2. Identificación y ubicación de los beneficios húmedos de café dentro del área de la microcuenca	39
7.3. Ubicación de los puntos de descarga de aguas mieles a lo largo de la red hidrológica superficial de la microcuenca del río Atulapa, Esquipulas.	39
7.4. Establecimiento de los puntos de control o monitoreo	40
7.5. Técnica de muestreo	40
7.6. Técnica de preservación de las muestras	41
7.7. Técnica de transporte de las muestras	42
7.8. Parámetros a determinar	42
7.9. Método de análisis para los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de la calidad del agua	43
7.10. Determinación del caudal	43

7.11. Determinación de la influencia de los beneficios de café húmedo sobre la calidad de agua de red hidrológica superficial	44
7.12. Período de estudio	45
7.13. Lineamientos generales para el manejo de las aguas mieles	45
8. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	46
8.1. Beneficios de café dentro de la microcuenca del río Atulapa	46
8.2. Descarga de aguas mieles sobre la red hidrológica superficial de la microcuenca del río Atulapa	50
8.3. Puntos de control establecidos en la red hidrológica superficial de la microcuenca del río Atulapa.	52
8.4. Calidad del agua en la red hidrológica superficial de la microcuenca del río Atulapa.	54
8.5. Evaluación de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos	55
8.6. Influencia de las agua residuales (aguas mieles) sobre la red hidrológica superficial del río Atulapa	87
8.7. Caudales del río Atulapa	94
8.8. Lineamientos generales para el manejo de la aguas mieles en la microcuenca del río Atulapa.	96
CONCLUSIONES	102
RECOMENDACIONES	104
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	105
ANEXOS	109

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Título	Página
Cuadro 1.	Tipo de clasificación de las aguas para el consumo humano.	12
Cuadro 2.	Clasificación del agua en diversos tramos de ríos y canales importantes.	13
Cuadro 3.	Composición de la pulpa (% con base seca).	15
Cuadro 4.	Efectos contaminantes sobre los cuerpos de agua en la salud de los seres vivos.	20
Cuadro 5.	Distanciamiento entre sondeos en aforos.	25
Cuadro 6.	Coordenadas geográficas del cuadrante dentro del cual se localiza la microcuenca del río Atulapa.	27
Cuadro 7.	Extensión por zona de vida dentro de la microcuenca del río Atulapa, Esquipulas.	30
Cuadro 8.	Serie de suelos y porcentajes de cobertura dentro de la microcuenca del río Atulapa, Esquipulas.	33
Cuadro 9.	Clases de uso de la tierra dentro de la microcuenca del río Atulapa, Esquipulas.	34
Cuadro 10.	Capacidad de uso de la tierra, según la metodología del INAB, dentro de la microcuenca del río Atulapa, Esquipulas.	35
Cuadro 11.	Beneficios húmedos de café identificados en la microcuenca del río Atulapa, municipio de Esquipulas, 2014.	47
Cuadro 12.	Puntos de descarga de aguas mieles en la red hidrológica superficial de la microcuenca del río Atulapa, municipio de Esquipulas, 2014.	51
Cuadro 13.	Puntos de control establecidos en la red hidrológica superficial de la microcuenca del río Atulapa, municipio de Esquipulas, 2014.	53

Cuadro 14.	Valores promedio de los parámetros físicos, físico - químicos y microbiológicos en los puntos de control establecidos en la red hidrológica superficial de la microcuenca del río Atulapa, municipio de Esquipulas, 2015.	57
Cuadro 15.	Resultados de la temperatura del agua en los puntos de control establecidos en la red hidrológica superficial de la microcuenca del río Atulapa, municipio de Esquipulas, 2014.	59
Cuadro 16.	Resultados del potencial de hidrógeno en los puntos de control establecidos en la red hidrológica superficial de la microcuenca del río Atulapa, municipio de Esquipulas, 2014.	61
Cuadro 17.	Resultados de conductividad eléctrica en los puntos de control establecidos en la red hidrológica superficial de la microcuenca del río Atulapa, municipio de Esquipulas, 2014.	63
Cuadro 18.	Resultados de dureza en los puntos de control establecidos en la red hidrológica superficial de la microcuenca del río Atulapa, municipio de Esquipulas, 2014.	65
Cuadro 19.	Clasificación de la dureza del agua según la OMS, 2014.	66
Cuadro 20.	Resultados de fosfatos en los puntos de control establecidos en la red hidrológica superficial de la microcuenca del río Atulapa, municipio de Esquipulas, 2014.	69
Cuadro 21.	Resultados de nitratos en los puntos de control establecidos en la red hidrológica superficial de la microcuenca del río Atulapa, municipio de Esquipulas, 2014.	71
Cuadro 22.	Resultados de sólidos disueltos totales en los puntos de control establecidos en la red hidrológica superficial de la microcuenca del río Atulapa, municipio de Esquipulas, 2014.	73
Cuadro 23.	Resultados de la turbidez en los puntos de control establecidos en la red hidrológica superficial de la microcuenca del río Atulapa, municipio de Esquipulas, 2014.	75
Cuadro 24.	Resultados de oxígeno disuelto en los puntos de control establecidos en la red hidrológica superficial de la microcuenca del río Atulapa, municipio de Esquipulas, 2014.	77

Cuadro 25.	Resultados de oxígeno disuelto (% de SAT) en los puntos de control establecidos en la red hidrológica superficial de la microcuenca del río Atulapa, municipio de Esquipulas, 2014.	79
Cuadro 27.	Resultados de la demanda química de oxígeno DQO en los puntos de control establecidos en la red hidrológica superficial de la microcuenca del río Atulapa, municipio de Esquipulas, 2014.	84
Cuadro 29.	Clasificación de la calidad del agua con base a la demanda biológica de oxígeno DBO ₅ y demanda química de oxígeno DQO, en la parte alta de la red hidrológica superficial de la microcuenca del río Atulapa, municipio de Esquipulas, 2015.	89
Cuadro 30.	Demanda biológica de oxígeno DBO ₅ y demanda química de oxígeno DQO obtenida en la parte media de la red hidrológica superficial de la microcuenca del río Atulapa, municipio de Esquipulas, 2015.	90
Cuadro 31.	Demanda biológica de oxígeno DBO ₅ y demanda química de oxígeno DQO obtenida en la parte baja de la red hidrológica superficial de la microcuenca del río Atulapa, municipio de Esquipulas, 2015.	91
Cuadro 32.	Clasificación de demanda biológica de oxígeno DBO ₅ según SEMARNAT, México.	93
Cuadro 33.	Clasificación de demanda química de oxígeno DQO según SEMARNAT, México.	94
Cuadro 34.	Resultados del caudal del río Atulapa en litros por segundo y metros cúbicos por segundo.	95

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica	Título	Página
Gráfica 1.	Climadiagrama de la microcuenca del río Atulapa.	29
Gráfica 2.	Resultados promedio de temperatura del agua en los puntos de control establecidos en la red hidrológica superficial de la microcuenca del río Atulapa, municipio de Esquipulas.	60
Gráfica 3.	Resultados promedio del potencial de hidrógeno en los puntos de control establecidos en la red hidrológica superficial de la microcuenca del río Atulapa, municipio de Esquipulas.	62
Gráfica 4.	Resultados promedio de la conductividad eléctrica en los puntos de control establecidos en la red hidrológica superficial de la microcuenca del río Atulapa, municipio de Esquipulas.	64
Gráfica 5.	Resultados promedio de dureza en los puntos de control establecidos en la red hidrológica superficial de la microcuenca del río Atulapa, municipio de Esquipulas.	67
Gráfica 6.	Resultados promedio de fosfatos en los puntos de control establecidos en la red hidrológica superficial de la microcuenca del río Atulapa, municipio de Esquipulas.	70
Gráfica 7.	Resultados promedio de los niveles de nitratos en los puntos de control establecidos en la red hidrológica superficial de la microcuenca del río Atulapa, municipio de Esquipulas.	72
Gráfica 8.	Resultados promedio de sólidos disueltos totales en los puntos de control establecidos en la red hidrológica superficial de la microcuenca del río Atulapa, municipio de Esquipulas.	74
Gráfica 9.	Resultados promedio de la turbidez en los puntos de control establecidos en la red hidrológica superficial de la microcuenca del río Atulapa, municipio de Esquipulas.	76
Gráfica 10.	Resultados promedio de oxígeno disuelto en los puntos de control establecidos en la red hidrológica superficial de la microcuenca del río Atulapa, municipio de Esquipulas.	78

Gráfica 11.	Resultados promedio del oxígeno disuelto (% de SAT) en los puntos de control establecidos en la red hidrológica superficial de la microcuenca del río Atulapa, municipio de Esquipulas.	80
Gráfica 12.	Resultados de la demanda biológica de oxígeno DBO5 en los puntos de control establecidos en la red hidrológica superficial de la microcuenca del río Atulapa, municipio de Esquipulas.	82
Gráfica 13.	Resultados promedio de la demanda química de oxígeno DQO en los puntos de control establecidos en la red hidrológica superficial de la microcuenca del río Atulapa, municipio de Esquipulas.	85
Gráfica 14.	Resultados promedio de coliformes fecales en los puntos de control establecidos en la red hidrológica superficial de la microcuenca del río Atulapa, municipio de Esquipulas.	87

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Título	Página
Figura 1.	Flotadores que pueden utilizarse.	23
Figura 2.	Sitio de la medición del caudal.	24
Figura 3.	Mapa de delimitación de la microcuenca del río Atulapa y ubicación de los beneficios húmedos de café, municipio de Esquipulas.	50
Figura 4.	Mapa de ubicación de puntos de descarga de aguas mieles en la red hidrológica superficial de la microcuenca del río Atulapa, municipio de Esquipulas.	52
Figura 5.	Mapa de ubicación de los puntos de control establecidos en la red hidrológica superficial de la microcuenca del río Atulapa, municipio de Esquipulas.	54

RESUMEN

Guatemala es un país con mucha riqueza natural, sus recursos hídricos tienen la capacidad para satisfacer la demanda de agua para diferentes usos, sea para consumo humano, para actividades agropecuarias o para uso industrial. En la actualidad, las diferentes actividades antropogénicas, han contaminado las fuentes de agua, de las cuales el agua superficial es la más vulnerable y el consumir agua contaminada puede producir efectos negativos en la salud.

En el año 2007, el INSIVUMEH realizó un monitoreo de agua, en el que se define que la calidad de la red hidrológica superficial de la microcuenca del río Atulapa es muy baja, principalmente con la contaminación que generan los subproductos del beneficiado húmedo de café (aguas mieles y pulpa), que son vertidos directamente al río, por los beneficios ubicados dentro y alrededor de la microcuenca y sin ningún tipo de tratamiento. Este estudio tiene como objetivo evaluar la calidad del agua a través de los parámetros físicos, físico - químicos y microbiológicos, para determinar la influencia de los subproductos de café sobre la contaminación de la red hidrológica superficial del río Atulapa y de acuerdo a esto, proponer lineamientos para el manejo de los mismos en los beneficios ubicados dentro de la microcuenca, para mejorar la calidad del agua.

La investigación se realizó en la microcuenca del río Atulapa, que está ubicada al sur del municipio de Esquipulas, que pertenece al departamento de Chiquimula; esta microcuenca pertenece a la cuenca del río Olopa y a su vez a la cuenca del río Lempa. La contaminación de la red hidrológica superficial de la microcuenca del río Atulapa, demandó generar una metodología que permitió determinar la influencia que tienen los subproductos del beneficiado húmedo de café en la calidad del agua.

La metodología aplicada en esta investigación se basó en la identificación de las fuentes generadoras de la contaminación (descarga de aguas mieles y pulpa al cauce del río, sin tratamiento previo) y el establecimiento de puntos de control, en los cuales se realizaron monitoreos de la calidad del agua de la red hidrológica superficial, en donde se analizaron los parámetros de calidad del agua, principalmente los de demanda biológica de oxígeno DBO₅ y demanda química de oxígeno DQO, que fueron analizados de acuerdo a lo que

establece la norma oficial mexicana de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) en conjunto con la Comisión Nacional de Agua (CONAGUA).

Con base a los resultados obtenidos, principalmente en los parámetros de demanda biológica de oxígeno DBO_5 y demanda química de oxígeno DQO, se determinó que sí existe contaminación de la red hidrológica superficial de la microcuenca del río Atulapa, en donde las principales causas de contaminación han sido generadas por los subproductos del beneficiado húmedo de café, realizado por los productores que se encuentran establecidos dentro del área. De acuerdo a la SEMARNAT en conjunto con la CONAGUA, la contaminación de la red hidrológica superficial ocurre cuando se encuentran niveles superiores a 30mg/l de demanda biológica de oxígeno DBO_5 y 40mg/l de demanda química de oxígeno DQO.

De acuerdo a los resultados obtenidos en el parámetro de coliformes fecales, se determinó que sí existe contaminación en la red hidrológica superficial, pues los valores superan en límite máximo permisible establecido por la norma COGUANOR (0mg/l).

Se realizó el aforo de las fuentes y corrientes superficiales de agua para determinar los caudales en la época seca y lluviosa, en los cuales se determinó que los caudales promedio para las fuentes de agua son de 120.00 l/s en la época seca y 3120.00 l/s en la época lluviosa.

Con la información generada se elaboró una propuesta para evitar la contaminación de la red hidrológica superficial de la microcuenca del río Atulapa y contiene lineamientos generales que permiten contribuir con la mejora de la calidad del recurso hídrico, a través de actividades que se realizan a corto, mediano y largo plazo.

INTRODUCCIÓN

La economía de Guatemala es la propia de un país en desarrollo, constituyendo una muy buena riqueza de América Central. De acuerdo con la ONU (2001) su PIB, representa un tercio del PIB regional. El sector más grande del sistema económico de la sociedad guatemalteca es tradicionalmente la agricultura, siendo Guatemala el mayor exportador mundial de cardamomo, el quinto exportador de azúcar y el séptimo productor de café.

Según el MAGA (2001) el departamento de Chiquimula se ha caracterizado por producir un excelente café, desde la introducción del cultivo a esta región de Guatemala. El mercado de café a nivel mundial ha variado en los últimos años, considerando nichos de mercado para consumidores muy específicos. En la actualidad el café orgánico tiene una demanda en aumento, lo que puede constituir una ventaja competitiva. La tecnificación de los sistemas de producción del café ha producido buenos resultados en términos de rendimientos y calidad del producto. En la región oriental de Guatemala, los productores han mostrado destreza y versatilidad en el manejo del cultivo del café.

El beneficiado de café se define como la transformación del fruto de café maduro a café pergamino seco de punto comercial, a través de las siguientes etapas: recolección del fruto, recibo y clasificación del fruto, despulpado del fruto, clasificación del café despulpado, remoción del mucílago del café despulpado, lavado del café fermentado, clasificación del café lavado, secamiento del café lavado, almacenamiento del café seco y manejo de los subproductos. Según el MAGA (2001), el proceso de despulpado de café, es la fase mecánica en la que el fruto es sometido a la eliminación de la pulpa (epicarpio), a lo largo de este proceso, se obtienen subproductos del café, siendo estos la pulpa del café y las aguas mieles producto del lavado del grano.

La pulpa es la más voluminosa, representa el 56% del volumen del fruto y el 40% del peso. La composición química de este residuo al sufrir un proceso de fermentación puede provocar que se formen cargas orgánicas de 20 Kg. por quintal oro procesado, esto como un desecho sólido no reutilizado. Se tiene la ventaja que un gran porcentaje de caficultores la utilizan como abono orgánico o en forma de compostaje o bien como

lombricompost. El agua utilizada para despulpar y lavar se convierte en residual (agua miel). Su naturaleza química está relacionada con la composición físico-química de la pulpa y el mucílago, debido a que estos dos elementos proporcionan partículas y componentes durante el contacto turbulento e intenso con el agua limpia. Pero esta agua miel cuando es sometida al procesamiento en los sistemas de plantas de tratamiento de aguas residuales, se logra separar, por un lado el agua clarificada y por otro los lodos orgánicos; estos son un buen aporte de materia orgánica, nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, entre otros.

En la actualidad, estos dos subproductos del café, en especial las aguas mieles, son la principal causa de contaminación de las fuentes de agua superficiales, y el río Atulapa del municipio de Esquipulas, Chiquimula, no es la excepción, puesto que durante los últimos años, la calidad del mismo se ha alterado, y por consiguiente, no es agua apta para los usos que le dan los habitantes, entre ellos el uso del agua para consumo humano.

Con base a los resultados obtenidos en los puntos de control establecidos para determinar la influencia de la contaminación por aguas mieles y pulpa de café vertida directamente a la red hidrológica superficial del río Atulapa, sin tratamiento previo, se ha determinado que los parámetros de demanda química de oxígeno DQO y demanda biológica de oxígeno DBO₅, son los que muestran la contaminación generada sobre la calidad del río, puesto que la mayoría de los puntos de control se encuentran de la categoría “agua contaminada” a “agua fuertemente contaminada”, según lo establece la norma mexicana SEMARNAT, en conjunto con CONAGUA.

En virtud de lo anterior, se formuló esta investigación, con el fin de generar productos que contribuyan a una gestión sostenible e integral del recurso agua en la ciudad de Esquipulas, los cuales consistieron en la estimación del número y distribución de beneficios húmedos de café activos, además de la evaluación y mapeo de la calidad del agua; complementariamente, se establecieron lineamientos generales para el manejo de las aguas residuales.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El departamento de Chiquimula cuenta con numerosos y caudalosos ríos, que permiten la sobrevivencia de toda la población chiquimulteca; en el municipio de Esquipulas, ubicado en el mismo departamento, se encuentra la microcuenca del Río Atulapa; esta tiene una marcada importancia ya que es abastecedora de agua para la mayoría de esquipultecos.

Según el monitoreo de agua realizado por el INSIVUMEH en el año 2007, se determina que la calidad del agua del Río Atulapa es muy baja; uno de los principales problemas ambientales es la contaminación por los subproductos del beneficiado húmedo de café (aguas mieles y pulpa), vertidas directamente al río, por los beneficios ubicados dentro y alrededor de la microcuenca, y sin ningún tipo de tratamiento. Otro problema detectado es la descarga de aguas servidas, proveniente de usos domésticos y de igual forma, sin ningún tipo de tratamiento, a las corrientes superficiales.

Las aguas mieles y la pulpa de café, generados por los beneficios de café ubicados a lo largo de la microcuenca del río Atulapa son vertidos directamente y sin ningún tratamiento en la red hidrológica, por carecer de la tecnología necesaria para darle el manejo adecuado a estos subproductos, lo que causa la contaminación del recurso hídrico superficial y subterráneo de la ciudad; provocando un impacto en dicho recurso y un deterioro ambiental.

Cabe mencionar que en la ciudad de Esquipulas el tema ambiental ha sido desatendido por diversas razones, falta de recursos económicos, falta de voluntad política o por desconocimiento de la contaminación que provoca el manejo inadecuado de los subproductos del beneficiado húmedo (aguas mieles y pulpa) y las aguas residuales (grises y negras) vertidas directamente en los cuerpos de agua; además en la actualidad no se cuenta con una normativa municipal que se encargue de regular estos actos, motivo por el cual las personas, comunidades o centros poblados descargan los desechos líquidos y sólidos sobre los ríos, con lo que se desaprovecha este vital recurso para usos domésticos, producción, recreación y hasta para consumo humano.

3. JUSTIFICACIÓN

La microcuenca del Río Atulapa, es una unidad natural de una superficie menor de 50 kilómetros cuadrados, enclavada en el complejo del macizo Montecristo en jurisdicción municipal de Esquipulas, del departamento de Chiquimula, de acuerdo con CONAP (2007).

La microcuenca del río Atulapa, es una región de alto valor para la ciudad de Esquipulas, ya que representa una importante zona de recarga hídrica que favorece la conformación del río Atulapa, que es una de las principales fuentes de abastecimiento del agua domiciliar para la ciudad, aproximadamente el 60% del total del agua utilizada proviene del río Atulapa. Aunado a lo anterior, la cuenca es un sector muy importante en la producción cafetalera. En relación a los recursos naturales la cuenca es una zona muy rica, por su diversidad climática y por la presencia de un bosque nuboso en la parte alta. Dichas características promovieron que casi la totalidad de la microcuenca se estableciera como parte del área protegida, denominada “Reserva de Biósfera de la Fraternidad”, que integra el “Área Protegida Trinacional Montecristo” que es un proyecto de conservación a nivel Trinacional (Guatemala, Honduras, Salvador).

Las aguas residuales del proceso de despulpado y lavado del café, comúnmente conocida como agua miel se consideran como una de las mayores contaminaciones orgánica en el sector cafetalero. El café uva maduro presenta una composición física tal que los granos representan el 20% del fruto, de consecuencia el proceso de despulpado genera un 80% de rechazo representando un alto riesgo de impacto sobre el medio ambiente sino se le da un tratamiento apropiado. El proceso de despulpado y lavado de 1 kg café genera una cantidad de agua y material contaminante equivalente a aquella producida por 6 personas en un día.

La descarga de los subproductos del beneficiado húmedo de café (aguas mieles y pulpa) sin tratamiento previo en el río Atulapa, es la principal fuente de contaminación de agua en el municipio de Esquipulas. De todo el material orgánico lanzado a los cursos de agua superficial, un 60% proviene de los beneficios de café y es transportado, sobre todo, por

el Río Atulapa. El beneficiado húmedo del café, por su parte, es el principal responsable del excesivo volumen de materia orgánica en las aguas del río. La magnitud de este impacto puede comprenderse mejor si se considera que el beneficio del café, por sí sólo, aporta más contaminación al río Atulapa que toda la ciudad de Esquipulas, provocando la contaminación tanto de agua superficial como subterránea.

El agua de este río es utilizada para usos domésticos por la población más pobre y vulnerable que habitan en la periferia de la ciudad que no cuentan con sistema de agua potable domiciliar y que tienen la necesidad de aprovechar las fuentes de agua más cercanas aunque estén contaminadas, exponiéndose al contagio de diversas enfermedades por utilizar y consumir el agua; así mismo, es utilizada para el riego en actividades agropecuarias por las unidades de producción ubicadas en la rivera del Atulapa. Este río es importante para la ciudad de Esquipulas porque según el estudio de “Evaluación y Análisis de Riesgo a Desastres en el Manejo de los Recursos Naturales del Río Atulapa” realizado por la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala en el 2001, representa un potencial para abastecer de agua potable a la ciudad de Esquipulas y actualmente está siendo contaminado por las aguas mieles y pulpa de café, que se vierten directamente sobre la corriente de este río al pasar por los distintos beneficios de café.

Los resultados de este estudio permitieron determinar la contaminación que provocan los subproductos del beneficiado húmedo de café (aguas mieles y pulpa) sobre la red hidrológica superficial del río Atulapa; los resultados contribuirán a incidir en las autoridades locales sobre la necesidad de definir a corto plazo políticas y estrategias municipales que disminuyan la contaminación existente en este sistema hidrológico.

4. OBJETIVOS

4.1. Objetivo general

Determinar la contaminación de la red hidrológica superficial de la microcuenca del río Atulapa, generada por los subproductos del café y proponer lineamientos para el manejo adecuado del recurso hídrico en la microcuenca.

4.2. Objetivos específicos

- Identificar los beneficios húmedos de café, dentro de la microcuenca del río Atulapa.
- Evaluar la calidad del agua de la microcuenca del río Atulapa, a través de la medición de los parámetros físicos, físico - químicos y microbiológicos.
- Proponer lineamientos para el manejo del recurso hídrico dentro de la microcuenca del río Atulapa, que reduzcan la contaminación provocada por los subproductos del café.

5. MARCO TEÓRICO

5.1. Cuenca hidrográfica

Según Nitler y Barahona (1993), es un territorio drenado por un único sistema de drenaje natural; drena sus aguas al mar a través de un único río o vierte sus aguas a un único lago endorreico. Una cuenca es una depresión de la tierra, un valle rodeado de alturas lo que permite que sea una parte de la superficie terrestre cuyas aguas fluyan hacia un mismo río o lago.

La suma de las cuencas hidrográficas de todos los ríos que desembocan en un mismo mar constituye la vertiente del mismo y la suma de las cuencas hidrográficas de todos los afluentes de un río constituye la cuenca de dicho río. Se llaman divisorias, a las líneas de separación que se pueden trazar entre cuencas hidrográficas o vertientes adyacentes y suelen coincidir con crestas montañosas, en las que cada lado conduce sus aguas hacia cauces, cuencas o mares distintos. En la concepción moderna del manejo de políticas territoriales, la cuenca hidrográfica es considerada, cada vez más, como la unidad natural para el uso racional de los recursos naturales en general y los recursos hídricos en particular según Nitler y Barahona (1993).

5.2. Microcuenca del río Atulapa

La microcuenca del río Atulapa se encuentra delimitada en el municipio de Esquipulas y Concepción Las Minas, del departamento de Chiquimula, Guatemala, dentro del área de la reserva internacional de la biósfera “La Fraternidad”, con una extensión del área del plan Trifinio de 3.392 km², siendo un total de 3.11% del área con respecto al país. Se encuentra en el punto de confluencia fronteriza de las Repúblicas de Guatemala, El Salvador y Honduras, en torno al Cerro Montecristo, con alturas menores de 400 hasta 2,419 msnm. Pertenece a la subcuenca del río Olopita u Olopa, que a su vez pertenece a la cuenca del río Lempa según la Comisión Trinacional del FAUSAC (2008).

5.3. Calidad del agua

El agua es esencial para la vida. La cantidad de agua dulce existente en la tierra es limitada y su calidad está sometida a una presión constante. La conservación de la calidad del agua dulce es importante para el suministro de agua de bebida, la producción de alimentos y el uso recreativo. Según la OMS (1998), la calidad del agua puede verse comprometida por la presencia de agentes infecciosos, productos químicos tóxicos o radiaciones.

La calidad del agua se refiere a las condiciones en que se encuentra el agua respecto a características físicas, químicas y biológicas, en su estado natural o después de ser alteradas por el accionar humano. El concepto de calidad del agua ha sido asociado al uso del agua para consumo humano, entendiéndose que el agua es de calidad cuando puede ser usada sin causar daño. Sin embargo, dependiendo de otros usos que se requieran para el agua, así se puede determinar la calidad del agua para dichos usos según lo estable la OMS (1998).

En este contexto, se considera que el agua es de buena calidad cuando está exenta de sustancias y microorganismos que sean peligrosos para los consumidores y está exenta de sustancias que transmitan sensaciones sensoriales desagradables para el consumo, como el color, el olor, el sabor o turbiedad. La importancia de la calidad del agua radica en que el agua es uno de los principales medios para la transmisión de muchas enfermedades que afectan a los humanos. El agua que es recomendable para consumo humano se llama agua potable, la cual puede provenir de fuentes superficiales o subterráneas y generalmente debe estar tratada para eliminar cualquier contaminación. En Guatemala existe una norma para agua potable establecida por la comisión de Guatemalteca de Normas COGUANOR. En ella se establecen límites máximos aceptables y permisibles de compuestos químicos, características sensoriales, biocidas y límites microbiológicos, así como las concentraciones de cloro y métodos de análisis bacteriológicos según COGUANOR (2003).

Entre los factores que determinan la calidad del agua están:

- **Factores físicos**

La calidad del agua modificada por sustancias puede no ser tóxica, pero cambia el aspecto del agua, entre ellas los sólidos en suspensión, la turbidez, el color, la temperatura.

- **Factores químicos**

Las actividades industriales generan contaminación al agua cuando hay presencia metales pesados tóxicos para los humanos tales como arsénico, plomo, mercurio y cromo. La actividad agrícola contamina cuando emplea fertilizantes que son arrastrados hacia las aguas, especialmente nitratos y nitritos. Además, el uso inadecuado de plaguicidas contribuye a contaminar el agua con sustancias tóxicas para los humanos.

- **Factores biológicos-bacteriológicos**

Existen diversos organismos que contaminan el agua. Las bacterias son uno de los principales contaminantes del agua. Los coliformes representan un indicador biológico de las descargas de materia orgánica. Las coliformes totales no son indicadores estrictos de contaminación de origen fecal, puesto que existen en el ambiente como organismos libres. Sin embargo, son buenos indicadores microbianos de la calidad de agua. La *Escherichia coli*, según la OMS (1998), es la única bacteria que sí se encuentra estrictamente ligada a las heces fecales de origen humano y de animales de sangre caliente. También contaminan el agua virus, algas, protozoos y hongos.

La calidad del agua se mide por la presencia y cantidad de contaminantes y para conocerse con exactitud es necesario realizar un análisis del agua en un laboratorio especializado.

Existen muchas razones por las cuales un agua pierde su calidad y los seres humanos generalmente tienen una gran influencia en la presencia de los factores que favorecen

esto. Algunas de las razones son las descargas por su uso en actividades domésticas, comerciales, industriales, y agrícolas.

Según el Código de Salud de Guatemala (1997), la contaminación del agua es el proceso mediante el cual se agregan organismos o sustancias tóxicas que resultan inadecuadas para diferentes usos. La mala calidad del agua afecta muchas actividades vitales, los efectos más evidentes de su uso se refleja en enfermedades que afectan al ser humano, entre las principales que se vinculan directamente con el agua están las de origen digestivo, diarrea, parasitismo intestinal, cólera, fiebre tifoidea y shigelosis. Una mala calidad del agua también afecta la salud de los ecosistemas, pues la biodiversidad asociada al agua se ve afectada por la contaminación.

5.3.1. Calidad del agua superficial

Aguas superficiales son aquellas que circulan sobre la superficie del suelo. Esta se produce por la escorrentía generada a partir de las precipitaciones o por el afloramiento de aguas subterráneas. Según la CODEMA (2006), para el caso de corrientes, ríos y arroyos, o quietas si se trata de lagos, reservorios, embalses, humedales, estuarios, océanos y mares.

La CODEMA (2006), establece que la calidad del agua superficial en ríos y arroyos, lagos, estanques y humedales está determinada por las interacciones entre el suelo, los sólidos transportados (orgánicos, sedimentos), las rocas, el agua subterránea y la atmósfera. También puede ser afectada significativamente por las actividades agrícolas, industriales y de extracción minera y energética, urbanas y otras actividades antrópicas, así como, por aportes atmosféricos. Sin embargo, la mayor parte de los solutos en las aguas superficiales proviene de los suelos y del flujo subterráneo base, donde es importante la influencia de las interacciones agua-roca.

La selección de las variables a ser medidas depende de los objetivos y del presupuesto disponible para el monitoreo. Ésta es una cuestión compleja, debido a que hay muchas sustancias químicas, físicas y biológicas potenciales que podrían ser importantes en un

área determinada. Desde el punto de vista de los geoindicadores, las siguientes variables pueden ser seleccionadas:

- **Variables básicas**

Metales y elementos traza: Al, Sb, As, Cd, Cr, Cu, Pb, Hg, Se, Ag, Zn.

Nutrientes: amonio, nitrato, nitrito, N total, ortofosfato, P total.

Iones principales y sólidos disueltos: Ca, Mg, Na, Cl, SO₄, HCO₃, TDS (sólidos totales disueltos).

Según la OMS (1998), indica que existen medidas directas de campo: acidez, alcalinidad, oxígeno disuelto, pH, temperatura. Compuestos orgánicos seleccionados por su significado ambiental: 2,4-D; 2,4,5-T; fenol, clorofenoles, cresoles, antrazeno, cyperquat, paraquat, bencidina, DDT, malathion.

5.4. Clasificación de la calidad del agua

Hay muchos sistemas para clasificar la calidad de las aguas. En primer lugar se suele distinguir según el uso que se le va a dar (abastecimiento humano, recreativo, vida acuática). La OMS (1998), indica que existen directivas comunitarias que definen los límites que deben cumplir un amplio número de variables físicas, químicas y microbiológicas para que pueda ser utilizada para consumo y abastecimiento humano, baño y usos recreativos, y vida de los peces.

- **Clasificación para consumo humano**

Las aguas se clasifican en cuatro grupos según su calidad o aptitud para el consumo humano. Para hacer esta clasificación se usan unos 20 parámetros de los que los más importantes son DQO, DBO₅, NH₄⁺, NTK (Nitrógeno Total Kjeldahl), conductividad eléctrica (medida de la salinidad), Cl⁻, CN⁻, recuentos microbiológicos y algunos metales pesados (Fe⁺⁺, Fe³⁺, Cu⁺, Cu⁺⁺, Cr⁺⁺, Cr³⁺, Cr⁶⁺). La clasificación resultante es la siguiente:

Cuadro 1. Tipo de clasificación de las aguas para el consumo humano.

ID	DEFINICIÓN
A1	Aguas potabilizables con un tratamiento físico o simple, como filtración rápida y desinfección.
A2	Aguas potabilizables con un tratamiento físico-químico normal, como precloración, floculación, decantación, filtración y desinfección.
A3	Aguas potabilizables con un tratamiento adicional a la A2, tales como ozonización o carbón activo.
A4	Aguas no utilizables para el suministro de agua potable, salvo en casos excepcionales, y con un tratamiento intensivo.

Fuente: OMS, 1998.

- **Clasificación para baño y usos deportivos**

De forma similar se determina la aptitud de las aguas para uso recreativo y deportivo. En este caso hay que fijarse, sobre todo, en los recuentos microbiológicos, el porcentaje de saturación de oxígeno y, en menor medida, en la presencia de aceites y grasas y otros caracteres organolépticos (olor, sabor, color, turbidez, entre otros), de acuerdo a la OMS (1998).

5.4.1. Características de calidad por tramos de ríos

Según la OMS (1998), la calidad exigible de las aguas superficiales se inferirá a partir del denominado “Índice de Calidad General” (ICG) que es reflejo de la calidad de las aguas y de su aptitud para el uso. Los parámetros esenciales que facilitan el cálculo del expresado índice son los siguientes: coliformes totales, materias en suspensión, conductividad, oxígeno disuelto, DBO5 y fosfatos.

Cuadro 2. Clasificación del agua en diversos tramos de ríos y canales importantes.

ID	DEFINICIÓN
C1	Apta para salmónidos y producción de agua potable.
C2	Apta para ciprínidos, producción de agua potable, baños y categoría ecológica (base II).
C3	Apta para riego (base I).
C4	Usos mínimos. Riego general y controlado.
C5	No apta para su uso.

Fuente: OMS, 1998.

5.5. Aguas residuales

Las aguas residuales también reciben el nombre de cloacales; son residuales, habiendo sido usada el agua pues constituyen un residuo, algo que no sirve para el usuario directo, porque son transportadas mediante cloacas (del latín *cloaca*, alcantarilla). Las aguas residuales son generadas por residencias, instituciones y locales comerciales e industriales. Éstas pueden ser tratadas dentro del sitio en el cual son generadas (por ejemplo tanques sépticos u otros medios de depuración) de acuerdo a la OMS (1998).

5.5.1. Aguas grises

Las aguas grises son generadas por los procesos de un hogar, tales como el lavado de utensilios y de ropa así como el baño de las personas. Las aguas grises son de vital importancia, porque pueden ser de mucha utilidad en el campo del regadío ecológico. Generalmente se descomponen más rápido que las aguas negras y tienen mucho menos nitrógeno y fósforo. Sin embargo, las aguas grises contienen algún porcentaje de aguas negras, incluyendo patógenos de varias clases de acuerdo a la OMS (1998).

5.5.2. Aguas negras

Según la OMS (1998) las aguas negras son líquidos con materia orgánica, fecal y orina, que circulan por el alcantarillado.

Es un tipo de agua que está contaminada con sustancias fecales y orina, procedentes de desechos orgánicos humanos o animales. Su importancia es tal que requiere sistemas de canalización, tratamiento y desalojo. Contienen gérmenes patógenos que deben ser neutralizados antes de que el agua pueda ser utilizada con seguridad. Normalmente tras su neutralización son usadas para usos no-potables como el lavado o el riego de acuerdo OMS (1998).

5.6. Aguas mieles y la contaminación de aguas superficiales a causa de estas

Las aguas mieles son la principal fuente de contaminación inorgánica del agua, que son vertidas a fuentes de agua por los beneficios de café, ya que debido al proceso del beneficiado húmedo surgen como subproductos, que además contienen el lavado del mucílago del grano de café y además la pulpa o mascarilla del grano de café, según el Congreso de la República de Guatemala (1997). El problema de la contaminación producida por el proceso de beneficiado de café se conoce en casi todos los países productores de café lavado y aunque es reconocido por su alta calidad en Latinoamérica, una de las características del café, después de la variedad, es el proceso del fruto llamado beneficiado húmedo de café, proceso que conlleva una etapa del lavado del mucílago con agua después de un proceso de fermentación natural o de desprendimiento por fricción de acuerdo a ANACAFÉ (2005). Partiendo de la composición del fruto de café, el proceso de beneficiado produce los siguientes productos y subproductos:

- El café oro, es el núcleo del fruto del café, es el que tiene mayor importancia económica y representa el 20% del fruto.
- La pulpa o cáscara, representa el 40% del fruto.
- El mucílago, representa el 22% del fruto.
- La cascarilla o pergamino, representa el 18% del fruto.

La contaminación en el beneficiado húmedo se genera de una serie de subproductos que representan el 62% del fruto y que se considera nulos o con poco valor económico y por esa razón se consideran como desechos de acuerdo al Congreso de la República de Guatemala (1997).

Según la ANACAFÉ (2005), describe que dentro del proceso de producción del café, existen dos etapas principales, en las cuales se generan los desechos del beneficiado húmedo:

- Pulpa y agua de despulpado, que se produce al momento de separar la pulpa del grano de café, por medio de pre-despulpadores, utilizando agua en el transporte del fruto al mismo y para trasladar la pulpa a patios, fosas o a ríos.
- Agua de lavado en el desmucilaginado o lavado, este se produce después de un proceso de fermentación natural, se lleva a cabo la separación del mucílago del fruto empleando cantidades de agua, también este proceso es combinado con una clasificación del grano por densidad.

La pulpa al ser vertida a los ríos, provoca contaminación de las aguas superficiales, dando así hasta una carga de 20 Kg. de materia orgánica por quintal de café oro producido de acuerdo a la ANACAFÉ (2005).

Cuadro 3. Composición de la pulpa (% con base seca).

COMPOSICIÓN DE LA PULPA	
ELEMENTO	CONTENIDO
Nitrógeno	1.50 - 1.75%
Fósforo	0.10 - 0.20%
Potasio	2.50 - 5.50%
Calcio	0.40 - 0.50%
Magnesio	0.07 - 0.12%

Fuente: UGAM, Esquipulas, 2012.

Las aguas mieles son ricas en azúcares y fácilmente biodegradables por las enzimas presentes en la pulpa y el mucílago fermentado. En condiciones aeróbicas, esta facilidad de degradación por microorganismos aeróbicos provoca fácilmente el agotamiento del oxígeno en el agua que entra en condiciones anaeróbicas.

Además de azúcares fácilmente biodegradables, el agua del despulpado tiene cierta concentración de polifenoles, que entre otras causan un color oscuro en las aguas, en general estos compuestos sólo afectan la calidad del agua en el aspecto organoléptico (cambia de color), sin embargo, las taninas y otros compuestos polifenólicos presentes en las aguas pueden afectar en ciertas condiciones procesos de tratamientos para reducir las concentraciones de materia orgánica.

5.7. Parámetros considerados para el análisis de aguas residuales

Las características del agua que permiten designarla como de “buena calidad” dependen directamente de uso al cual se destina. Los análisis de agua son necesarios para determinar aquellos constituyentes que pueden causar dificultades para su evacuación y escoger así, el tratamiento previo más adecuado si fuera necesario. Los parámetros más importantes son:

5.7.1. Parámetros físicos

Están relacionados con la medición y registro de aquellas propiedades que pueden ser observadas por los sentidos organolépticos; para lo cual se hace uso de parámetros que permiten tener un juicio aceptado de la calidad del agua de acuerdo a la OMS (1998).

- *Aspecto*, relacionado con la turbidez del agua y consiste en determinaciones hechas mediante un turbidímetro.
- *Color*, puede ser de origen mineral o vegetal, causado por sustancias metálicas tales como componente de hierro, magnesio, humus, turba, taninos, alga y protozoos.
- *Temperatura*, influye sobre las actividades biológicas, la solubilidad de gases (especialmente oxígeno) y la viscosidad de acuerdo a la OMS (1998).

5.7.2. Parámetros químicos

Según lo indica la OMS (1998), son los que permiten determinar las cantidades de material mineral y orgánico presente en el agua y que afectan su calidad.

- *Oxígeno Disuelto*, es la cantidad de oxígeno disuelto en el agua, las aguas servidas generalmente carecen de oxígeno disuelto, dada la cantidad de materia orgánica, sin embargo este valor puede diferir en algunos casos debido a la relación con el ambiente y la temperatura del agua. El oxígeno disuelto es el reactivo esencial para los procesos aeróbico y cuando los organismos aeróbicos utilizan los nutrientes orgánicos, consumen al mismo tiempo el oxígeno disuelto, si no se repone el oxígeno disuelto el crecimiento aeróbico se detiene cuando se agota el oxígeno y solo pueden continuar procesos anaeróbico lentos y maloliente. La disponibilidad de oxígeno disuelto en el agua es el factor que limita la capacidad de purificación del agua.
- *Sólidos Totales*, las aguas negras contienen sólidos en solución y suspensión en relación de 0.10% aproximadamente, las cuales de acuerdo a su origen, provienen de desechos domésticos, industriales y pecuarios crean una transformación en su contenido biológico, físico y químico a través del tiempo.
- *Ph*, que es un factor importante en la regulación de los procesos químicos de la digestión anaeróbica de la materia orgánica, ya que cuando el pH está en la fase ácida de la digestión esta no es satisfactoria.
- *Demanda Biológica de Oxígeno (DBO)*, es la cantidad de oxígeno requerido (en mg/l), para descomposición biológica de los sólidos orgánicos disueltos en condiciones aeróbicas y en un tiempo y temperatura determinada (generalmente 5 días, a 20 °C). La prueba de DBO estima el oxígeno gastado en la descomposición biológica actual de una muestra residual, y es, efectivamente, una simulación de laboratorio del proceso microbiano de auto purificación.

- *Conductividad del agua*, es producida por los electrolitos que llevan disueltos un agua y es lógicamente, muy baja en el agua pura. Además, se comprende que exista una relación entre ella y la cantidad de los electrolitos que contiene.
- *Sólidos en Suspensión*, son partículas sólidas pequeñas, inmersas en un fluido en flujo turbulento que actúa sobre la partícula con fuerzas en direcciones aleatorias, que contrarrestan la fuerza de la gravedad, impidiendo así que el sólido se deposite en el fondo. Los factores que influyen para que una partícula no se decante en el fondo son el tamaño, densidad y forma de la partícula y la velocidad del agua.
- *Sólidos Sedimentables*, son el grupo de sólidos cuyos tamaños de partículas corresponde a 10 micras y se pueden sedimentar. Son los sólidos más pesados que al tratarlos como elementos químicos, por el propio tratamiento sedimentan en el fondo del lugar de tratamiento de las aguas.
- *Demanda Química de Oxígeno (DQO)*: Este valor da una idea del contenido orgánico total de un residuo, sea o no biodegradable. Para este análisis se establecen valores de 250 para una concentración débil; 500 para una concentración media y 1000 para una concentración fuerte de acuerdo a la OMS (1998).

5.8. Impacto de las aguas residuales sobre los cuerpos de agua

El agua en su estado natural es sometida a constantes alteraciones en forma directa e indirecta de debido a la acción humana. La OMS (1998) indica que las situaciones en las que el agua se contamina sucede cuando las fuentes de abastecimiento de agua se contaminan por actividad agrícola, ganadera, humana y agroindustrial; la contaminación por metales ocasionada por la corrosión del sistema de alcantarillado; vertido en forma directa a los cuerpos de agua de sustancias nocivas, aguas servidas y negras; vertidos a los drenajes de productos de limpieza tales como detergentes, blanqueadores, champúes, los cuales generan espumas, ocasionando la pérdida de oxígeno del agua y reduciendo la capacidad autodepuradora de los ríos.

Los efectos de la contaminación de las fuentes de agua por las aguas servidas se puede dividir en tres grandes grupos, primero la destrucción de los recursos hídricos, segundo en la disminución de la calidad del agua para el abastecimiento de la población o uso para riego o industria y el tercer grupo por la reducción de la capacidad de autodepuración de los cauces receptores con destrucción de la flora y fauna.

5.8.1. Efectos de los contaminantes del agua en la salud

Entre los principales efectos contaminantes de las aguas residuales sobre los cuerpos de agua se observan en el cuadro 4.

Cuadro 4. Efectos contaminantes sobre los cuerpos de agua en la salud de los seres vivos.

TIPO DE CONTAMINANTE	PLANTAS ACUÁTICAS	ANIMALES ACUÁTICOS	ANIMALES TERRESTRES	SER HUMANO
Ácido (sulfúrico, clorhídrico, nítrico)	Dañan los tejidos exteriores, en concentraciones altas los matan.	Queman sus epitelios externos, en concentraciones altas los matan.	Irritación de las mucosas del aparato digestivo.	Irritación de las mucosas del aparato digestivo.
Solventes como thinner, aguarrás, gasolina	Al recubrir su epidermis les impide realizar la fotosíntesis.	Los envenenan o los asfixia al obstaculizar la oxigenación del agua.	Los envenenan.	Los envenenan.
Fertilizantes	Provocan excesivo desarrollo de plantas y algas acuáticas que al morir son descompuestas por bacterias. Estas consumen casi todo el oxígeno disponible, por lo cual las plantas restantes mueren asfixiadas.	Los matan por intoxicación o asfixia.	Los intoxican y les producen enfermedades gastrointestinales.	Los intoxican y les producen enfermedades gastrointestinales.
Detergentes	Les produce daños semejantes a los producidos por los fertilizantes.	Les causan distintas enfermedades a causa de microorganismos patógenos cuya proliferación propician.	Infecciones y parasitosis.	Infecciones y parasitosis.

Fuente: OMS, 1998.

5.9. Monitoreos

Los monitoreos o controles periódicos de los parámetros ambientales son, hoy por hoy, un arma imprescindible en la defensa de la naturaleza y la vida en general.

En el desarrollo de cualquier actividad extractiva, manufacturera, agropecuaria, industrial, existe el riesgo de alterar al entorno y por tanto es de fundamental importancia controlar que no se produzcan degradaciones en el medio ambiente físico, social, biológico, entre otros.

Para todos los casos, en primer lugar, se debe tener en cuenta el tipo de actividad, las materias primas e insumos; es decir, qué productos y qué residuos resultarán de los procesos industriales. También se debe tener en cuenta que, si bien el impacto ambiental y las auditorías definen el tipo y la frecuencia de los análisis a realizar, el plan de monitoreos debe contar con el aval de la autoridad de aplicación y estar sujeto a su contralor de acuerdo a la OMS (1998).

5.9.1. Monitoreos de aguas superficiales

Se deberán hacer análisis físico-químicos aguas arriba y aguas debajo de la fuente de agua que se esté estudiando.

5.9.2. Monitoreos de aguas subterráneas

Si bien aquí las prácticas de laboratorio son las mismas, el proceso es más complicado ya que se deben construir pozos freáticos para auscultar la primera napa y definir el sentido de escurrimiento de las aguas subterráneas.

5.10. Caudal del agua y métodos y principios de aforos de fuentes de 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 de acuerdo con Mota (2010).

5.10.1. Aforo

Según Mota (2010), es la medición o determinación del caudal (o gasto) de una corriente. El caudal es la cantidad (volumen) de agua que pasa en la unidad de tiempo.

$$Q = \text{Vol} / t \quad (\text{Ec. 1})$$

$$Q = \text{Área} \times \text{Velocidad}$$

Dónde:

Q = caudal

Vol = volumen

t = tiempo

Para la determinación de caudales hay una serie de métodos y técnicas que utilizan diferentes instrumentos. Entre los métodos de aforos tenemos:

a) Método de volumen y tiempo

b) Secciones hidráulicas

- Orificios

- Vertederos

c) Métodos de área y velocidad

- Tubo de pitot

- Flotador

- Molinete

d) Aforadores parshall

e) Medidor de venturi

a) Método de volumen y tiempo (método volumétrico)

La forma más sencilla de calcular los 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. Para los caudales de más de 4 l/s, es

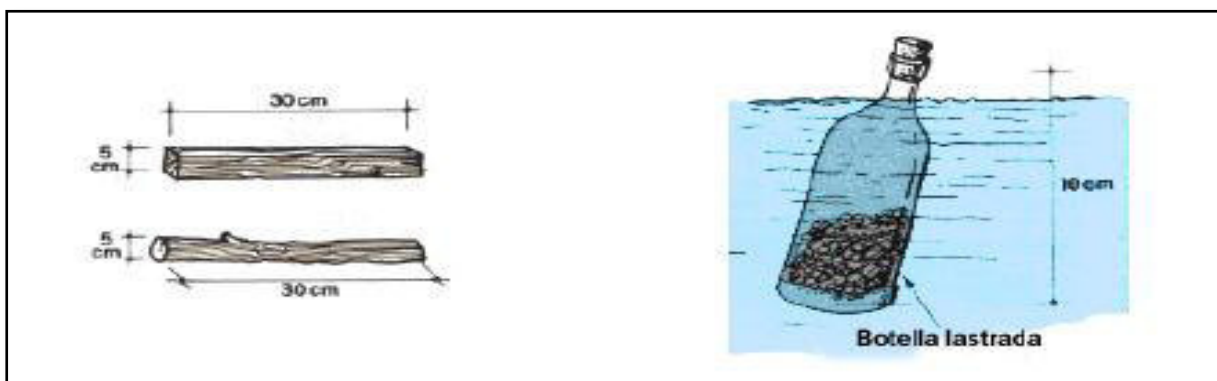
adecuado un recipiente de 10 litros de capacidad que se llena en 2 ½ segundos. Para caudales mayores, un recipiente de 200 litros puede servir para corrientes de hasta 50 l/s. El tiempo que se tarda en llenarlo se mide con precisión, especialmente cuando sea de sólo unos pocos segundos. El procedimiento se repite varias veces y se obtiene un promedio del tiempo, la variación entre diversas mediciones efectuadas sucesivamente dará una indicación de la precisión de los resultados según Mota (2010).

El caudal se puede determinar mediante la fórmula siguiente:

$$\text{Se basa en que: } Q = \text{Volumen} / \text{tiempo}$$

Este método de aforo sólo 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), de acuerdo a Mota (2010).

Figura 1. Flotadores que pueden utilizarse.



Fuente: Mota, 2010.

b) Método del flotador

Según Mota (2010), con este método se miden caudales de pequeños a grandes con mediana exactitud. Conviene emplearlo más en ríos de agua tranquila y durante períodos de buen tiempo, porque si hay mucho viento se altera la superficie del agua y el flotador puede no moverse a la velocidad normal.

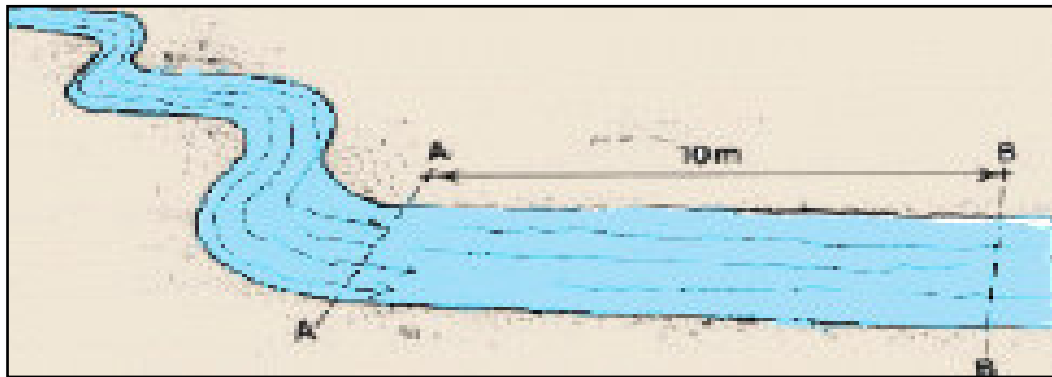
- **Preparación del flotador**

Según Mota (2010), un buen flotador puede ser un trozo de madera o la rama lisa de un árbol de unos 30 cm de longitud y 5 cm de anchura, o una botella pequeña bien cerrada de 10 cm de altura, que contenga suficientes materiales (tales como agua, tierra o piedras) para que flote con su parte superior justo encima de la superficie.

- **Sitio de la medición**

Se debe encontrar un tramo a lo largo del río, que sea recto con una distancia de por lo menos 10 m., donde el agua esté tranquila exenta de plantas acuáticas, de manera que el flotador se mueva con facilidad y suavidad de acuerdo con Mota (2010).

Figura 2. Sitio de la medición del caudal.



Fuente: Mota, 2010.

- **Determinar la velocidad media del agua**

Para encontrar la velocidad media del cauce, primero se debe determinar la velocidad superficial del mismo (V_s); para ello, en el tramo seleccionado ubicar dos puntos A (inicio) y B (de llegada) y medir la distancia ($d = 10\text{m}$, u otra), posteriormente colocar el flotador en el centro del río o quebrada, arriba de la línea de medición, para medir el tiempo (en seg.) que este tarda en recorrer la distancia. Este proceso se debe repetir por lo menos tres veces para obtener un promedio del tiempo. Luego se determina la velocidad de la superficie del agua (en m/s) dividiendo la distancia (10m) por el tiempo medio (en

segundos). Para determinar la velocidad media (V_m) se multiplica el resultado por 0.70 (un coeficiente de corrección que puede variar de 0.60 a 0.85); es decir que la velocidad media es aproximadamente el 70% de la velocidad superficial de acuerdo con Mota, (2010).

- **Medición del área de la sección transversal del río**

La forma más práctica para determinar el área transversal consiste en medir el ancho del río en un punto determinado y con base a la siguiente tabla de distanciamiento realizar los respectivos sondeos.

Cuadro 5. Distanciamiento entre sondeos en aforos.

ANCHO DEL CAUCE (m)	ESPACIAMIENTO (m)
Hasta 1.20	0.1
1.20 a 3.0	0.2
3.0 a 5.0	0.25
5.0 a 8.0	0.25
8.0 a 12.0	0.5
12.0 a 18.0	0.5
18.0 a 25.0	1
25.0 a 35.0	1
35.0 a 50.0	2
50.0 a 70.0	3
70.0 a 100.0	4
Mayor de 100.0	5.0 o más

Fuente: Mota (2010).

Posteriormente utilizar la siguiente formula:

$$A = e (h_0 / 2 + h_1 + h_2 + \dots + h_{n-1} + h_n / 2)$$

Dónde:

A = área de la sección transversal (m^2)

e = espaciamientos entre sondeos según tabla de distanciamiento.

h = las distintas profundidades del sondeo.

- **Cálculo del caudal**

Según el principio de continuidad y en un flujo estacionario, el caudal permanece constante a lo largo de un tramo de corriente; lo que varía son las áreas y sus respectivas velocidades. Es decir, a mayor área, menor velocidad y a menor área, mayor velocidad. Por lo que se puede seleccionar cualquier sección transversal del cauce para dicha determinación, con los datos obtenidos se procede a calcular el caudal del río con base a la siguiente ecuación:

$$Q = \text{Área} \times \text{Velocidad media}$$

6. MARCO REFERENCIAL

6.1. Ubicación del área de estudio

La microcuenca del río Atulapa se sitúa al sur del municipio de Esquipulas, perteneciente al departamento de Chiquimula, concretamente a la región III, quedando incluida en su totalidad en terrenos pertenecientes a dicho municipio de acuerdo con el INE (2009).

Cuadro 6. Coordenadas geográficas del cuadrante, dentro del cual se localiza la microcuenca del río Atulapa, municipio de Esquipulas.

UBICACIÓN	COORDENADAS GTM	
	LONGITUD OESTE	LATITUD NORTE
Norte	894354.96	1614121.44
Sur	894354.96	1603357.91
Este	899538.14	1608878.69
Oeste	888854.05	1608878.69

Fuente: Hojas Cartográficas, escala 1:50,000.

De la ciudad de Guatemala al municipio de Esquipulas, se recorren 222 km. de la forma siguiente: de la ciudad de Guatemala, se transitan 132 km. por la carretera asfaltada CA-9, hasta llegar al entronque del municipio de Río Hondo (Zacapa), de este entronque, con dirección Noreste se recorren 90 km. por la carretera asfaltada CA-10, pasando por la cabecera departamental de Chiquimula y por la cabecera municipal de Quezaltepeque. Para llegar al punto de aforo de la microcuenca hay que recorrer 2.5 km. de carretera asfaltada a partir de la basílica del Cristo Negro. La microcuenca del río Atulapa se localiza en hojas cartográficas de Esquipulas (2359 IV) y Cerro Montecristo (2359 III); se ubica entre las coordenadas geográficas de acuerdo con CONAP (2007):

- Latitud Norte 14°34'12" y 14°28'48"
- Longitud Oeste 89°17'24" y 89°23'24"

6.2. Red hidrológica

Según Fong (2010), indica que la microcuenca del río Atulapa forma parte de la subcuenca del río Olopita u Olopa que a su vez forma parte de la cuenca del río Lempa. La red hidrológica está conformada por el río principal Atulapa, que nace en la parte alta de la microcuenca que lleva su mismo nombre, cuenta con sus afluentes: río San Nicolás, río El Limón, río El Portezuelo, río El Mal Paso, río La Cuestona, río El Volcán. Dentro de la microcuenca se originan la quebrada Porvenir, quebrada El Volcán y quebrada Duraznal.

6.3. Condiciones climáticas

6.3.1. Clima

El sistema de clasificación climática de Thornthwaite, indica que el área donde se localiza la microcuenca posee un solo tipo de clima en toda su extensión: siendo este semi cálido húmedo con invierno benigno, -BB´-, cubierta por bosque.

Los valores medios de temperatura, se estimaron considerando que la temperatura presenta poca variación aún para períodos relativamente largos. La estación Esquipulas, que tiene como identificador E9, según datos de estación meteorológica del INSIVUMEH, reporta una temperatura media de 22.02°C para el año 2006 la cual no ha variado significativamente en los últimos seis años.

Para determinar la precipitación promedio del área de influencia, se tomaron los datos del INSIVUMEH, de la estación Esquipulas, con identificador E9, que reporta una precipitación media anual de 1,706.72 mm de los años 2000 al 2006. Para el año 2006 la precipitación media mensual fue de 175.7 mm, siendo febrero y marzo los de menos precipitación y de junio a septiembre los de mayor precipitación.

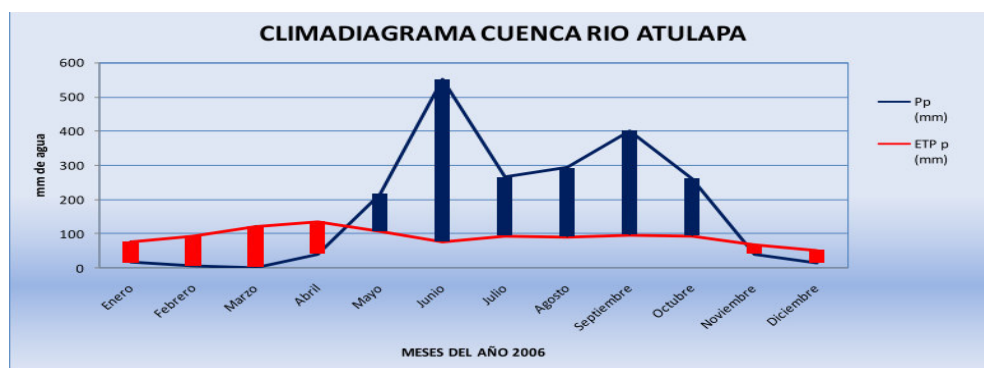
Se especifica que a partir de la primer semana de marzo, aumenta la evapotranspiración hasta el mes de octubre, debido a las altas temperaturas existentes durante este período, principalmente en marzo, abril y mayo y luego empieza a disminuir en noviembre, debido

a que las temperaturas empiezan a bajar y existe una mayor humedad en el ambiente, lo que ayuda a disminuir la evaporación en el suelo.

En la gráfica 1, se presenta el climadiagrama de la microcuenca del río Atulapa, en donde se relacionan los valores de precipitación media y la evapotranspiración, observándose que la distribución de las lluvias durante todo el año es uniforme y se caracteriza principalmente por presentar una época seca que se extiende desde el mes de noviembre hasta abril. La época de lluvia, se inicia en la segunda semana del mes de marzo extendiéndose hasta octubre.

Dentro de la microcuenca, en la época lluviosa, se registran dos puntos altos de precipitación, que normalmente ocurren en junio y septiembre. La elevación de lluvia, entre septiembre y octubre, se debe a la ocurrencia de sistemas de baja presión, tormentas y ciclones tropicales que afectan al país y sus alrededores de acuerdo al INSIVUMEH (2007).

Gráfica 1. Climadiagrama de la microcuenca del río Atulapa.



Fuente: USAC, Facultad de Agronomía, 2008.

Según el climadiagrama, en enero – abril, y diciembre, se observa que existe un déficit hídrico; y en junio se genera un exceso de humedad.

6.4. Zona de vida

Según el sistema de clasificación Holdridge, modificado por De la Cruz, dentro de la microcuenca del río Atulapa, se ubican tres zonas de vida, ver anexo 1.

Cuadro 7. Extensión por zona de vida dentro de la microcuenca del río Atulapa, municipio de Esquipulas.

ZONA DE VIDA	CÓDIGO	ÁREA (Km2)	% ÁREA
Bosque Húmedo Subtropical Templado	Bh-S (t)	20.211	45.92
Bosque muy Húmedo Montano Bajo	Bmh-MB	21.85	49.65
Bosque muy Húmedo Subtropical Frío	Bmh-S (f)	1.949	4.43
Total		44.01	100

Fuente: FAUSAC, 2008.

- **Bosque Húmedo Subtropical Templado (bh-S(t))**

Esta formación abarca una extensión de 20.21 km², que representa el 45.92% de la superficie de la microcuenca. Esta zona de vida abarca las aldeas Atulapa, Santa Rosalía y San Nicolás, además se encuentra parte de los caseríos El Limón, La Torera y la Granadilla.

Según De la Cruz (1976), los rangos de altura van de los 1200 a 1500 msnm, con temperaturas media de 16 a 19 °C y precipitaciones desde los 970 hasta los 1200 mm/año. Esta zona de vida caracteriza toda la parte baja de la microcuenca, en la cual la vegetación natural está más adaptada a temperaturas mayores que en la parte alta.

- **Bosque muy Húmedo Montano Bajo (bmh - MB)**

La biotemperatura anual promedio es de 15°C, la temperatura media anual oscila entre los 12 a 17 °C, las precipitaciones promedios anuales oscilan entre los 2000 a 4000 mm. y la elevación está en el rango de los 2000 a 3000 msnm. Según De la Cruz (1976), la vegetación predominante son especies latifoliadas y en menor grado las coníferas, el sotobosque es vigoroso, el epifitismo extremadamente marcado, las palmas y los helechos arborescentes son abundantes.

- **Bosque muy Húmedo Subtropical Frío (bmh-S(f))**

Contiene una precipitación promedio de 2280 mm. con relieve ondulado y en algunos casos accidentado, el régimen de lluvia es de mayor duración que la zona de vida bosque muy húmedo subtropical templado. Se puede mencionar a *Pinus pseudostrobus Lindl* que es la especie representativa de acuerdo con De la Cruz (1976).

6.5. Fauna y flora

6.5.1. Inventario forestal

Dentro de la microcuenca no existe inventario que dé a conocer una clasificación a detalle del bosque que permita hacer no sólo la clasificación sino también la capacidad de productividad del mismo; según FAUSAC (2008), en la parte alta se observan bosques de *Pinus pseudostrobus Lindl*, ver anexo 2.

6.5.2. Especies de mamíferos

Según FAUSAC (2008), las principales especies de mamíferos son tacuazín (*Didelphis sp.*); murciélago (*Glossophaga sp.*); armadillo (*Dasypus novencintus*); conejo (*Silvylagus sp.*); ardilla (*Sciurus deppei*); coyote (*Canis latrans*).

Además se tienen musañas (*Cryptotis goodwini*, *C. merriami*, *C. parva*), *Sturnina ludovici*, *Artibeus aztecus*, *Myotis velifer*, *M. cobanensis*, *Eptesicus fuscus*, *Habromys lophurus* y la ardilla de Deppe (*Seiurus deppei*). Según con Plan Trifinio (2006), los más abundantes son los murciélagos (27 especies) y ratones (12 especies), pero existe una presencia de 16 especies de carnívoros, de acuerdo con FAUSAC (2008).

Especies como puma (*Puma concolor*), tepescuintle (*Agouti paca*), coche de monte (*Tayassu tajacu*), mapaches (*Procyon lotor*), venadito rojo (*Mazama americana*), y oso hormiguero (*Tamandua mexicana*), poseen bajas poblaciones dentro del área debido a la pérdida del hábitat y la cacería de acuerdo con FAUSAC (2008).

6.5.3. Anfibios y reptiles

Según FAUSAC (2008), se tienen registros de especies de *Bolitoglossa heioreias*, *Abronia montecristoi*, *Geophis rhodogaster* y rana arbórea guatemalteca (*Plectrohyla guatemalensis*).

6.5.4. Aves

Pajuil o pava negra (*Penelopina nigra*), búho fulvo (*Strix fulvescens*), tijereta centroamericana (*Doricha enicura*), zumbador centroamericano (*Atthis ellioti*), momoto gorjiazul (*Aspatha gularis*), chara centroamericana (*Cyanocorax melanocyaneus*), chara de niebla (*Cyanolyca pumilo*), golondrina gorrinegra (*Notiochelidon pileata*), saltapared cejirrufo (*Troglodytes rufociliatus*), zorzal cuellirrufo (*Turdus rufitorques*), mulato pechiblanco (*Melanotis hypoleucus*), y bolsero guatemalteco (*Icterus maculialatus*) de acuerdo con FAUSAC (2008).

6.6. Suelos y tierras

6.6.1. Geología

Según con la CODEMA (2006) el área de estudio pertenece a la placa del caribe, en donde los diferentes procesos geológicos conformaron la Sierra Volcánica de Chiquimula, a la que pertenece la microcuenca del Atulapa, ver anexo 3.

Descripción de las principales formaciones geológicas:

- **Qa/Qal, Aluviones Cuaternarios**

Sedimentos continentales y marinos recientes, incluyendo depósitos de pie de monte y terrazas de grava, planicies de inundaciones y depósitos de cauce, en una franja al norte de la microcuenca.

- **Tv, Materiales Volcánicos Terciarios**

Rocas volcánicas sin dividir. Predominante del Mio-Plioceno. Incluye tobas, coladas de lava, material lahártico y sedimentos volcánicos que constituyen el grupo Padre Miguel, formado por ignimbritas, tobas y rocas piroclásticas asociadas del tipo riolítico y andesítico, rocas sedimentarias derivadas de rocas volcánicas, coladas de riolita, andesita y basalto, en el resto de la microcuenca.

6.6.2. Suelos existentes

De acuerdo al estudio de reconocimiento de los suelos de la República de Guatemala por Simons, Tárano y Pinto (1959), se determinó que en el área se encuentran las siguientes series de suelos descritos en el cuadro 8.

Cuadro 8. Serie de suelos y porcentajes de cobertura dentro de la microcuenca del río Atulapa, municipio de Esquipulas.

SERIE	ÁREA (Km2)	% ÁREA
Ansay	3.779	8.59
Chuctal	25.947	58.95
Series Aluviales	0.909	30.39
Atulapa	13.377	30.39

Fuente: FAUSAC (2008).

- **Serie Ansay (As)**

Se encuentra extendida en la parte baja de la cuenca, abarcando las aldeas de Atulapa y Santa Rosalía.

- **Serie Suelos Aluviales (SA)**

Situada en la parte baja de la cuenca, abarcando parte de la aldea Atulapa y Santa Rosalía.

- **Serie Chuctal (Chu)**

Cubre las comunidades del Duraznal, Plan de la Arada, El Limón y Jocotal.

- **Serie Atulapa (Au)**

Comprende las comunidades de Las Toreras, San Nicolás y Miramundo según la CODEMA (2006).

6.6.3. Uso de la tierra

En la microcuenca del río Atulapa existen siete clases de uso de la tierra, los que se observan en el cuadro 9.

Cuadro 9. Clases de uso de la tierra dentro de la microcuenca del río Atulapa, Esquipulas.

No.	CLASES DE USO DE LA TIERRA	ÁREA (Ha)	PORCENTAJE (%)
1	Arbustos-matorrales	69.121	1.57
2	Bosque latifoliado	759	17.25
3	Centro poblados	21.75	0.49
4	Granos básicos	332.526	7.56
5	Café	3218.417	73.13

Fuente: Mapa realizado por el MAGA-INAB a escala 1:50,000.

Según la CODEMA (2006), el uso que está en mayor proporción en el área bajo estudio es el de café, ver anexo 4; los cultivos intensivos en la microcuenca se integran al sector productivo como cultivos de subsistencia, para satisfacer necesidades básicas de los productores en unidades productivas pequeñas. Estos usos se disponen a través de toda la microcuenca. Lo anterior es como avance de la frontera agrícola lo cual ha

provocado el uso inadecuado de tierras forestales, sustituyéndolas por tierras con cultivos de café.

6.6.4. Capacidad de uso de la tierra

En el cuadro 10, de acuerdo al mapa de capacidad de uso de la tierra, ver anexo 5, por la metodología del Instituto Nacional de Bosques INAB (2000), la mayor parte del área de la microcuenca es apta para agroforestería con cultivos anuales y luego por tierras forestales de producción; esto se debe a la fisiografía del área donde las pendientes son mayores del 55% perteneciendo a la región fisiográfica Tierras Altas Volcánicas,

Cuadro 10. Capacidad de uso de la tierra, según la metodología del INAB, dentro de la microcuenca del río Atulapa, municipio de Esquipulas.

CAPACIDAD DE USO DE LA TIERRA	HECTÁREAS	PORCENTAJE (%)
Agricultura con mejoras	92.668	2.11
Agricultura sin limitaciones	454.114	10.32
Agroforestería con cultivos anuales	1398.357	21.77
Agroforestería con cultivos permanentes	1049.465	23.84
Sistemas silvopastoriles	97.253	2.21
Tierras forestales de producción	1309.369	29.75

Fuente: FAUSAC (2008).

6.6.5. Intensidad de uso

En la microcuenca del río Atulapa actualmente existen 893.435 hectáreas de uso correcto, lo que representa el 20.301% de la extensión total. Estas áreas de uso correcto están localizadas en el “parte aguas” de la microcuenca cumpliendo la función de bosque

de producción. Por otro lado, el 48.02% del área total está recibiendo un uso menor al de su capacidad y el 31.497% está siendo sobre utilizado, especialmente por el cambio de uso que se le ha dado al suelo, por la siembra de cultivos anuales y permanentes en áreas con alta pendiente, ver anexo 6.

6.7. Hidrografía

6.7.1. Área

Según Fong (2010), la microcuenca del río Atulapa tiene una extensión de 44.01 km² (4,401 has), obtenida mediante el programa Arc Gis 9.1. Según el método propuesto por Alvord, la cuenca tiene una pendiente media de 16.47% y pendientes máximas de 110% en las laderas escarpadas. Esto refleja que es una cuenca joven que aún está en un período de formación. Por ser una cuenca muy escarpada, con una baja infiltración y una textura arcillosa susceptible a erosión en los estratos superiores se infiere que el peligro de erosión es bastante alto.

6.7.2. Agua superficial

El principal río de la microcuenca es el Atulapa, el cual tiene una longitud de 15.206 km., desde su nacimiento en los caseríos El Duraznal y Plan de la Arada, hasta un punto de aforo, en donde se une el río Olopa, a una distancia de 2.3 km. de la aldea Atulapa, del municipio de Esquipulas de acuerdo con Fong (2010).

6.8. Estudios relacionados con el tema

- **Diagnóstico de aguas servidas sobre la calidad del agua del río San José**

En el año 2010 se realizó el Diagnóstico de las Agua Servidas Municipales sobre la calidad del Agua del Río San José, en la Cabecera Departamental de Chiquimula; los resultados obtenidos mostraron que las aguas servidas de la ciudad de Chiquimula tiene crecimiento masivo de enterobacterias posiblemente por la presencia de grandes cantidades de sólido de origen orgánico, los que contribuyen al crecimiento masivo de microorganismo que debido a la utilización de oxígeno limitan este elemento y a su vez restringen la utilización del agua en procesos que conlleven el

contacto directo con seres humanos. También se encontró que desde el punto de vista agronómico las aguas pueden ser benéficas por los niveles de nutrientes que tienen pero a su vez pueden tener elevadas concentraciones de sales, iones tóxicos y microorganismos que modifican las características físicas, químicas y biológicas del agua original según García (2010).

- **Diagnóstico de la cuenca del río Atulapa Esquipulas, Chiquimula, Guatemala**

En el año 2010 se realizó un trabajo con el proyecto SINREM , en la microcuenca del río Atulapa, Esquipulas, Chiquimula, junto con la Comisión Trinacional del Plan Trifinio y Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala, cuyo objetivo era la determinación a nivel general de la situación actual de la microcuenca del río Atulapa, y para ello fue necesario describir de forma general la problemática que actualmente afecta a los recursos naturales dentro de la microcuenca, así como también la descripción de las acciones que con anterioridad se habían ejecutado dentro del área y los proyectos que aún estaban en marcha. De acuerdo a las investigaciones realizadas las principales problemáticas identificadas fueron: la deforestación, en donde la principal causa es el avance de la frontera agrícola y precisamente la implementación del cultivo de café; contaminación del agua, debido a los vertidos de subproductos del beneficiado húmedo del café que contaminan las aguas superficiales del río; extinción de especies de fauna y flora, donde se generó una lista de 63 especies; deslizamientos, en donde su causa principal es por la pérdida de cobertura forestal, de acuerdo con Fong (2010).

- **Diagnóstico de la microcuenca del río Atulapa, Esquipulas, Chiquimula**

En el año 2008, la Comisión Trinacional del Plan Trifinio junto con la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tenían como objetivo realizar un diagnóstico integral de la microcuenca del río Atulapa que sirviera como base para formular un plan de manejo integral de la misma. Con base a las investigaciones realizadas y los resultados obtenidos se determinó que los principales problemas que presenta la microcuenca según los actores locales son: contaminación de las fuentes de agua, por las aguas mieles vertidas al agua superficial, procedente de los beneficios húmedos de café; apropiación de las fuentes

de agua, que no permite que el agua sea un bien común; falta de protección de las fuentes de agua, pues no existe protección alguna que garantice la sostenibilidad de las fuentes de agua; competencias institucionales, en donde instituciones como el Instituto Nacional de Bosques – INAB-, el Consejo Nacional de Áreas Protegidas – CONAP- y la Asociación Nacional de Café –ANACAFÉ- no ejercen sus funciones institucionales dentro del área, lo que provoca un desorden en el manejo de los recursos naturales; pérdida de la cobertura boscosa, debido a la alta pendiente de la microcuenca y el avance de la frontera agrícola; deslizamientos, debido a la pérdida de la cubierta forestal frondosa, por un cambio en el uso de la tierra, según FAUSAC (2008).

7. MARCO METODOLÓGICO

7.1. Determinación del área de estudio

El área de estudio se determinó con la delimitación de la microcuenca del río Atulapa. Para ello se utilizaron los Sistemas de Información Geográfica –SIG-, del Centro Universitario de Oriente –CUNORI-, por medio del cual se obtuvo la forma, la pendiente, el límite y el área total que conforma a la microcuenca, ubicada en el municipio de Esquipulas. De igual manera se realizó un recorrido para observar el área de la microcuenca.

7.2. Identificación y ubicación de los beneficios húmedos de café dentro del área de la microcuenca

A través de un recorrido por la microcuenca del río en mención, se identificaron los beneficios de café establecidos. Por medio de un GPS, se georreferenció cada uno de ellos y con base a los datos obtenidos, se elaboró el mapa que muestra la ubicación de los mismos, dentro del límite de la microcuenca del río Atulapa.

7.3. Ubicación de los puntos de descarga de aguas mieles a lo largo de la red hidrológica superficial de la microcuenca del río Atulapa, Esquipulas.

Con base al mapa elaborado por medio del programa Arc GIS, que muestra la delimitación de la microcuenca del río Atulapa, y por medio de la identificación de los beneficios húmedos de café que se encuentran dentro de ella, se logró definir los beneficios en operación y los que no se encontraban operando, lo cual permitió establecer los puntos de descarga de aguas mieles dentro del área de estudio, con el propósito de determinar la influencia que ejercen estas aguas, sobre la calidad de la red hidrológica superficial del río.

Con la información obtenida, se elaboró el mapa que representa los puntos de descarga dentro del límite de la microcuenca del río Atulapa.

7.4. Establecimiento de los puntos de control o monitoreo

Identificados los beneficios y los puntos de descarga de aguas mieles, se procedió a la ubicación de los sitios de monitoreo sobre la red hidrológica de la microcuenca del río Atulapa. Con la ayuda de los Sistemas de Información Geográfica –SIG-, se elaboró un mapa que representa los puntos de control o monitoreo establecidos a lo largo de la microcuenca, los cuales fueron monitoreados cuatro veces durante un año, dos monitoreos en época operativa de los beneficios (desde noviembre hasta abril) y dos realizados durante la época en la que no operan (desde mayo hasta octubre).

Con los puntos de monitoreo se ubicó el sitio de la medición del caudal durante el estudio.

7.5. Técnica de muestreo

En cada punto de monitoreo establecido se tomaron tres muestras de agua:

- a. Una muestra de agua para análisis físico-químico (1 litro)
- b. Una muestra de agua para Demanda Química de Oxígeno (1 litro)
- c. Una muestra de agua para análisis microbiológico (125 cc)

La toma de la muestra de agua se realizó de acuerdo a las recomendaciones de la Agencia de Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos, EPA (1997), y por la Asociación de Salud Pública Americana y Asociación de Trabajos del Agua de los Estados Unidos APHA, AWWA (1992).

El muestreo se realizó de la siguiente forma:

- a. Previo a la toma de la muestra se identificó cada recipiente colocando: nombre de la fuente de agua, fecha y hora.
- b. Primero se tomó la muestra para el análisis microbiológico (150 ml), se utilizó un recipiente esterilizado (hermético) y se tomó el agua de la superficie.
- c. Luego se tomó la segunda muestra para el análisis físico-químico, se utilizó un recipiente de plástico nuevo previamente lavado de acuerdo al protocolo del laboratorio ambiental del Centro Universitario de Oriente.

- d. Por último se tomó la muestra para la demanda química de oxígeno, en donde se utilizó un recipiente de plástico y se le aplicó a la muestra ácido sulfúrico para su preservación (muestra ácida).

Para preservar las muestras y evitar alteraciones de la misma, después de tomada se colocaron inmediatamente a una temperatura aproximada de 4 °C para ser trasladadas al laboratorio ambiental de Centro Universitario de Oriente, antes de 24 horas de recolectadas, para su análisis.

Pasos a seguir para la toma de muestras de análisis fisicoquímicos y microbiológicos

- Identificar cada una de las botellas.
- Tomar la muestra en la parte donde la velocidad del flujo de agua es mayor.
- Inclinar el recipiente a un ángulo de 45° con respecto a la horizontal, dirigiendo la entrada del recipiente hacia arriba contra la corriente y destapándolo cerca del agua.
- Llenar el recipiente de 150 ml para el análisis microbiológico.
- Llenar el recipiente a la mitad para enjuagar el recipiente, repetir esta operación tres veces, para el análisis fisicoquímico.
- Mover el recipiente lentamente sobre la corriente.
- Llenar por completo el recipiente.
- Tapar el recipiente.
- Colocar las muestras en una hielera a temperatura de 4 °C.
- Trasladar las muestras al laboratorio (no más de 24 horas de haber sido tomada la muestra).

7.6. Técnica de preservación de las muestras

Después de tomadas las muestras fueron colocadas de inmediato en una hielera para preservarlas a 4°C, separando las muestras para el análisis microbiológico en una hielera diferente.

7.7. Técnica de transporte de las muestras

Luego de tomar las muestras de agua, estas fueron transportadas al laboratorio en un período no mayor de 24 horas, este tiempo se tomó en cuenta; ya que al sobrepasar el tiempo recomendado puede provocar alteraciones en algunos parámetros a analizar.

7.8. Parámetros a determinar

Los parámetros que se analizaron se dividen en los determinados a nivel de campo y de laboratorio.

a. Parámetros que se determinaron a nivel de campo

- pH (unidades)
- Conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$)
- Oxígeno disuelto (mg/l y %SAT)
- Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)
- Temperatura Ambiente ($^{\circ}\text{C}$)
- Humedad Relativa (%)

Para recolectar estos datos, se utilizó un dispositivo multiparámetros, que fue previamente calibrado. Cada uno de los resultados se registró por medio de una boleta de campo diseñada para este fin.

b. Parámetros que se determinaron a nivel de laboratorio

Los parámetros físicos analizados fueron los siguientes:

- Turbidez (NTU)
- Sólidos totales y disueltos (mg/l)

Los parámetros químicos analizados fueron los siguientes:

- Nitratos (NO_3 mg/l)
- Fosfatos (PO_4 mg/l)
- Sulfatos (SO_4 mg/l)

- Demanda Biológica de Oxígeno 5 (DBO₅ mg/l)
- Demanda Química de Oxígeno (DQO mg/l)
- Dureza (mg/l)

El parámetro microbiológico analizado fue:

- Coliformes fecales (NMP/100 ml)

Los métodos utilizados para determinar cada uno de los parámetros son los utilizados en el laboratorio ambiental, de acuerdo a las especificaciones de los equipos dadas por el fabricante y el estándar método. En función de los parámetros de calidad, se determinó la influencia que ejercen las aguas mieles sobre la calidad de la red hidrológica del río Atulapa, y de esta manera considerarla apta para consumo humano con base a las valoraciones para cada parámetro, establecidas para este fin por la COGUANOR en la Norma NGO 29.001.98 y la Organización Mundial de la Salud -OMS-.

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

Se utilizó la metodología recomendada por el “Estándar Methods of the examination of Water and Wastewater” (Método estándar para examinar agua), según lo indica APHA, AWWA (1992), que son utilizados normalmente por los laboratorios de agua, para determinar los parámetros físicos, químicos y microbiológicos y de esta manera determinar la influencia de las aguas mieles sobre la calidad del río Atulapa.

7.10. Determinación del caudal

Se hizo uso del método de área y velocidad (método del flotador) para la determinación del caudal del río Atulapa, el cual consiste en determinar en forma aproximada la velocidad superficial (Vs) que pasa por un sector, para ello se escoge un tramo recto del cauce y se mide una distancia determinada, y utilizando un pedazo de madera o una botella plástica o cualquier tipo de material flotante, se determina el tiempo promedio en recorrer la distancia señalada, este proceso se repitió 3 veces.

Se basa en la siguiente ecuación:

$$\text{Velocidad superficial} = \text{distancia/tiempo}$$

Secuencia práctica

- Medir la distancia “d”
- Calcular el tiempo promedio: $t = \frac{t_1+t_2+t_3+\dots+t_n}{n}$
- Velocidad superficial: $V_s = d/t$

Posteriormente se determinó la velocidad media del cauce; multiplicando el resultado de la velocidad superficial (V_s) por un coeficiente de corrección de 0.70; lo cual expresa que la velocidad media es aproximadamente el 70% de la velocidad superficial.

- Velocidad media: $V = K \times V_s$, donde $K = 0.70$

Luego se determinó el área transversal del río, el cual consiste en medir el ancho del río en un punto determinado y con base a una tabla de distanciamiento se realizan los respectivos sondeos; en donde se utiliza la siguiente fórmula

$$A = e (h_0 / 2 + h_1 + h_2 + \dots + h_{n-1} + h_n/2)$$

Por último se procede al cálculo del caudal con base a la siguiente formula:

$$Q = \text{Área} \times \text{Velocidad media}$$

7.11. Determinación de la influencia de los beneficios de café húmedo sobre la calidad de agua de red hidrológica superficial

Para determinar la influencia de las actividades que se desarrollan en los beneficios de café, sobre la red hidrológica superficial de la microcuenca del río Atulapa, se determinó la calidad del agua de acuerdo a los parámetros estudiados en los puntos de monitoreo establecidos agua arriba de los puntos de descarga y los beneficios y los puntos establecidos agua abajo. Por medio de una comparación de los mismos, se pudo

establecer si existe algún tipo de influencia sobre la calidad del agua. Para la determinación de la influencia que ejercen dichas actividades del proceso de beneficiado de café, se utilizó como referente la norma COGUANOR y el reglamento de Disposición de Aguas Residuales y Lodos del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales –MARN–

7.12. Período de estudio

El estudio se realizó por espacio de 12 meses, en donde se realizaron muestreos de la calidad del agua en la época de producción y beneficiado del cultivo de café (noviembre a abril) y en la época en la cual los beneficios no operan (mayo a octubre). Realizando dos monitoreos en cada época para un total de 4 monitoreos.

7.13. Lineamientos generales para el manejo de las aguas mieles

Se plantearon lineamientos para el manejo de las aguas mieles que se descargan sobre la red hidrológica de la microcuenca del río Atulapa, mediante la elaboración de modelos que permiten el manejo de las aguas residuales del beneficiado y la gestión del recurso hídrico en la red hidrológica conformada por el río Atulapa.

8. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

8.1. Beneficios de café dentro de la microcuenca del río Atulapa

La microcuenca del río Atulapa, es de mucha importancia para el municipio de Esquipulas, pues por medio de esta se abastece de agua potable al casco urbano y comunidades vecinas; la principal actividad económica es la producción de café. Para identificar y ubicar los beneficios húmedos dentro del área de estudio, se realizó un recorrido a lo largo de la microcuenca, para la identificación de beneficios en operación y beneficios sin operar, luego georreferenciarlos por medio de un GPS y recopilar la siguiente información: nombre del propietario, nombre del beneficio, ubicación (comunidad y coordenadas), área de cultivo, si se encontraba en operación, tiempo de operación, tiempo sin operación, distancia aproximada de la red hidrológica, si posee sistemas de tratamiento de aguas mieles, tipo de mantenimiento, entre otros. La información fue registrada por medio de una boleta elaborada por la Asociación Nacional del Café –ANACAFÉ-.

En el cuadro 11, se presenta el listado de los beneficios de café, establecidos dentro de la microcuenca del río Atulapa, del municipio de Esquipulas.

**Cuadro 11. Beneficios húmedos de café identificados en la microcuenca del río
Atulapa, municipio de Esquipulas, 2014.**

NO.	PROPIETARIO	UBICACIÓN CASERÍO/ALDEA	COORDENADAS UTM		ESTADO ACTUAL	
			X	Y		
1	Jacobo Chinchilla	Plan de la Arada, Santa Rosalía	245940	1603762	Activo	No Activo
2	Cándida del Rosario Hernández	Plan de la Arada, Santa Rosalía	245531	1604147		No Activo
3	Toribio Trigueros	Plan de la Arada, Santa Rosalía	245453	1604190		No Activo
4	María Elena Vásquez	Plan de la Arada, Santa Rosalía	245709	1604215		
5	Pedro Súchite	Plan de la Arada, Santa Rosalía	245741	1604160		No Activo
6	Cirilo Súchite	Plan de la Arada, Santa Rosalía	245747	1604070		No Activo
7	Margarito Morales	El Duraznal, Santa Rosalía	244437	1605165	Activo	No Activo
8	Toribio Zamora	El Duraznal, Santa Rosalía	244605	1605302		No Activo
9	Benedictino Trigueros	El Duraznal, Santa Rosalía	244604	1605361		
10	Braulio de Jesús Trigueros	El Duraznal, Santa Rosalía	244564	1605481		
11	Javier Nova	El Duraznal, Santa Rosalía	244551	1605529		
12	Romilia Morales	El Duraznal, Santa Rosalía	244637	1605550		
13	Santos Soto	El Duraznal, Santa Rosalía	244801	1605250	Activo	No Activo
14	José Martí Trigueros	El Duraznal, Santa Rosalía	245120	1605429		
15	Petrona Cortez	El Duraznal, Santa Rosalía	245440	1605449		No Activo
16	Eulogio Guerra	El Duraznal, Santa Rosalía	245401	1605103		No Activo
17	Nazario Súchite	El Portezuelo, Santa Rosalía	245997	1605487		
18	Nicolás Súchite	El Portezuelo, Santa Rosalía	246075	1605464		
19	José Víctor Ramírez Súchite	El Portezuelo, Santa Rosalía	245989	1605654	Activo	No Activo
20	Antonio Ramírez Marcos	El Portezuelo, Santa Rosalía	246022	1605723		No Activo
21	Ángel Zamora	El Portezuelo, Santa Rosalía	245201	1605868		
22	Francisca Cortez Méndez	El Portezuelo, Santa Rosalía	245097	1606082		No Activo
23	Tránsito Rámirez	El Portezuelo, Santa Rosalía	245161	1605795		No Activo
24	Mario López Trigueros	El Portezuelo, Santa Rosalía	245203	1605726		No Activo
25	Arcadio Súchite García	El Portezuelo, Santa Rosalía	245677	1605836	Activo	No Activo
26	Nazario Méndez	El Portezuelo, Santa Rosalía	245625	1606011		No Activo
27	Felipe de Jesús Méndez	El Portezuelo, Santa Rosalía	245840	1605869		
28	Jacobo Chinchilla Chacón	La Cuestona, Santa Rosalía	246327	1606363		No Activo
29	Moisés Chinchilla	La Cuestona, Santa Rosalía	246356	1606292		
30	Reyna Victoria Gutiérrez	La Cuestona, Santa Rosalía	246851	1606544		
31	Isabel Gutiérrez Trigueros	La Cuestona, Santa Rosalía	246835	1606495	Activo	No Activo
32	Gregorio Franco Pinto	La Cuestona, Santa Rosalía	246835	1606495		No Activo
33	Otto López	La Cuestona, Santa Rosalía	246942	1606443		
34	José María Gutiérrez	La Cuestona, Santa Rosalía	246597	1606270		No Activo
35	Mario Gutiérrez	La Cuestona, Santa Rosalía	246810	1606112		
36	Alejandro Jesús Linares	La Cuestona, Santa Rosalía	246728	1606282		
37	Israel Morales	La Cuestona, Santa Rosalía	246745	1606321	Activo	
38	Beltrán Martínez	La Cuestona, Santa Rosalía	246704	1606363		
39	Miguel Marcos Lázaro	La Cuestona, Santa Rosalía	246473	1606587		No Activo
40	Miguel Ángel Ramírez	La Cuestona, Santa Rosalía	246702	1606747		
41	Marcial Cortez	La Cuestona, Santa Rosalía	246844	1606644		No Activo
42	Marta Julia Linares	La Cuestona, Santa Rosalía	246913	1606707		No Activo

Fuente: Elaboración propia (2014).

Continuación del cuadro 11. Beneficios húmedos de café identificados en la microcuenca del río Atulapa, del municipio de Esquipulas, 2014.

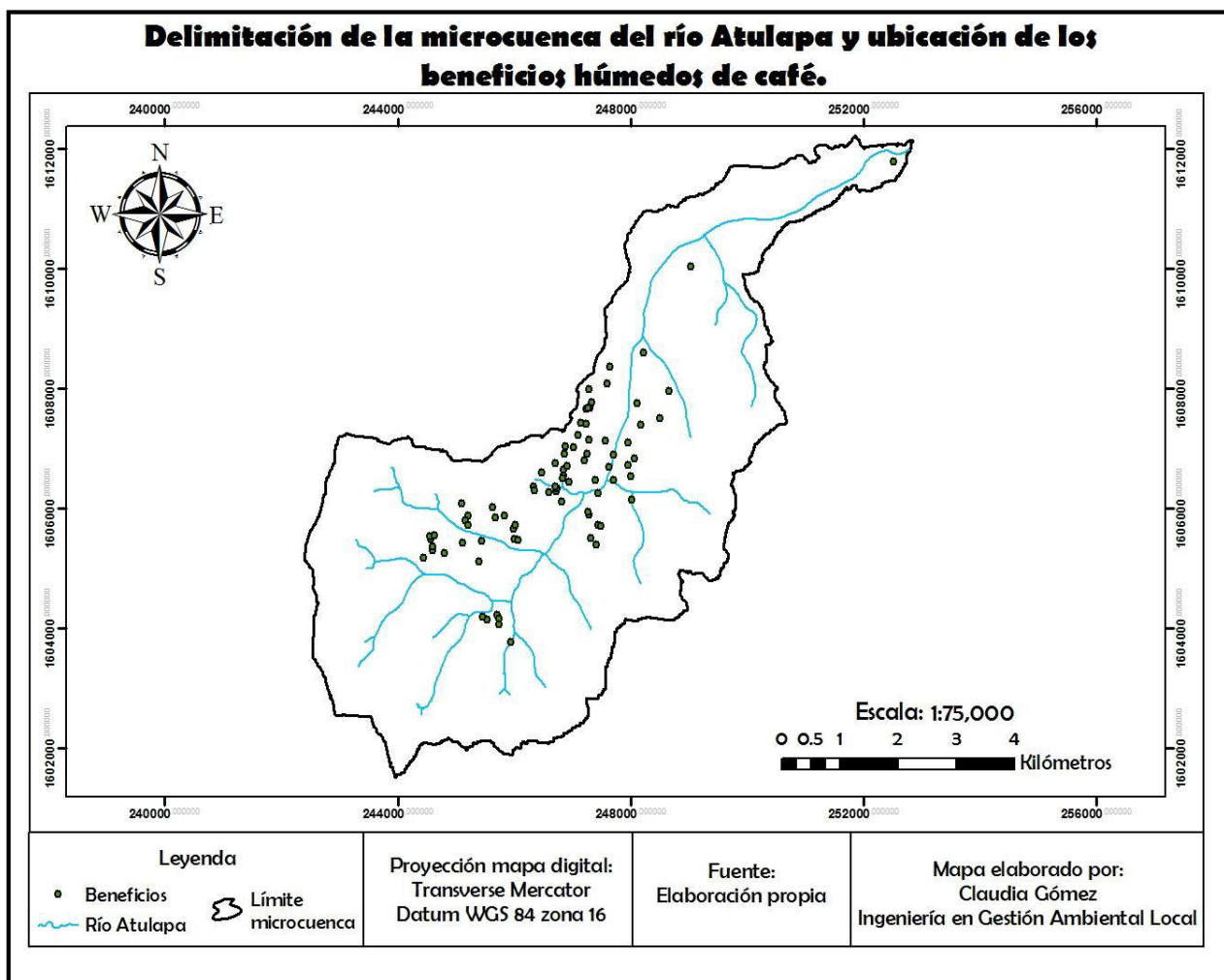
NO.	PROPIETARIO	UBICACIÓN CASERÍO/ALDEA	COORDENADAS UTM		ESTADO ACTUAL	
			X	Y		
43	Pedro García Lázaro	El Jocotal, Santa Rosalía	247291	1607147	Activo	
44	Rosa Morales	El Jocotal, Santa Rosalía	247214	1606798		No Activo
45	José León Romero	El Jocotal, Santa Rosalía	247389	1606471		No Activo
46	Javier Orlando Acevedo Guerra	El Jocotal, Santa Rosalía	247633	1606694		No Activo
47	Marco Tulio Morales	El Jocotal, Santa Rosalía	247257	1606901		No Activo
48	Samuel Vásquez Pérez	El Jocotal, Santa Rosalía	247560	1607130	Activo	
49	Sara Vásquez Pérez	El Jocotal, Santa Rosalía	247560	1607130	Activo	
50	Tomás Guerra	El Limón, Santa Rosalía	246876	1607036	Activo	
51	José Vitalino Cortez Morales	El Limón, Santa Rosalía	246859	1606912		No Activo
52	Wenseslao Morales	El Limón, Santa Rosalía	247020	1607009		No Activo
53	David Ramírez	El Limón, Santa Rosalía	247020	1607009		No Activo
54	Juan Roberto Jiménez	El Limón, Santa Rosalía	247093	1607225		No Activo
55	Toribio Trigueros	El Limón, Santa Rosalía	247151	1607417		No Activo
56	Carlos René Martínez	El Limón, Santa Rosalía	247243	1607410		No Activo
57	Locadia Aguirre	El Limón, Santa Rosalía	247237	1607657		No Activo
58	Eliseo Martínez	El Limón, Santa Rosalía	247297	1607672	Activo	
59	Flaviano Trigueros	El Limón, Santa Rosalía	247262	1607672	Activo	
60	Víctor Manuel Jesús Gutiérrez	El Limón, Santa Rosalía	247335	1607766		No Activo
61	Guadalupe García Guevara	El Limón, Santa Rosalía	247652	1608359		No Activo
62	José María Pacheco Cáceres	El Limón, Santa Rosalía	246775	1608561		No Activo
63	Willy René Cordon Guzmán	El Limón, Santa Rosalía	247293	1607990		No Activo
64	Rolando Solís	Santa Rosalía, Santa Rosalía	249031	1610036	Activo	
65	Chito Sagastume	Las Toreras, San Nicolás	248021	1606143	Activo	
66	Familia Guzmán	Las Toreras, San Nicolás	247318	1605498		No Activo
67	Alfonso Vásquez	Las Toreras, San Nicolás	247446	1605722		No Activo
68	Salomé García	Las Toreras, San Nicolás	247493	1605697		No Activo
69	Alfredo Vásquez	Las Toreras, San Nicolás	247413	1605387		No Activo
70	Adan Vásquez	Las Toreras, San Nicolás	247292	1605890		No Activo
71	María Vásquez	Las Toreras, San Nicolás	247265	1605933		No Activo
72	José León	Las Toreras, San Nicolás	247440	1606242		No Activo
73	Neftalí Quiroa	Las Toreras, San Nicolás	247714	1606471	Activo	
74	José María García Ramírez	Las Toreras, San Nicolás	248000	1606538		No Activo
75	Arcadio García	Las Toreras, San Nicolás	247957	1606720		No Activo
76	Salomé Ramos	Las Toreras, San Nicolás	248074	1606832		No Activo
77	Abel Sánchez	Las Toreras, San Nicolás	247951	1607085		No Activo
78	Álvaro Morales Eredia	Las Toreras, San Nicolás	247707	1606887		No Activo
79	Antonio Méndez García	Las Toreras, San Nicolás	248178	1607391		No Activo
80	Rosa Ramos	Las Toreras, San Nicolás	248119	1607741		No Activo
81	Nicolás Acevedo	Las Toreras, San Nicolás	248510	1607500		No Activo
82	Efraín Antonio Lázaro	Las Toreras, San Nicolás	248658	1607948		No Activo
83	Juan Vanegas	Las Toreras, San Nicolás	248225	1608588		No Activo
84	Cascajal	San Nicolás, San Nicolás	252106	1615236	Activo	

Fuente: Elaboración propia (2014).

Dentro del área de la microcuenca existía un total de 84 productores de los cuales solamente 28 realizaban el proceso de beneficiado, el resto comercializa el café maduro. Es importante mencionar que los 28 productores que benefician café, sus producciones no eran homogéneas, debido a que no contaban con las mismas cantidades de manzanas cultivadas de café. Por lo tanto, hasta el año 2013, se contabilizaban 28 beneficios en operación dentro del área de estudio. Es importante mencionar que de los 28 beneficios que despulpan, solamente una minoría tiene fosas en las que depositan el agua miel, lo que aún no garantiza un adecuado manejo del agua residual, puesto que cuando rebalsan, el agua corre hacia las quebradas o directamente al río Atulapa.

Con la información se elaboró el mapa que se observa en la figura 3.

Figura 3. Mapa de delimitación de la microcuenca del río Atulapa y ubicación de los beneficios húmedos de café, municipio de Esquipulas, 2014.



Fuente: Elaboración propia (2015).

8.2. Descarga de aguas mieles sobre la red hidrológica superficial de la microcuenca del río Atulapa

Se identificaron los puntos de descarga de aguas mieles sobre la red hidrológica superficial de la microcuenca, realizando un recorrido sobre la misma, en donde se identificó cada uno de los puntos de descarga.

En el cuadro 12, se muestran los 22 puntos de descarga identificados en el área de estudio, en algunos de ellos se pudo observar la presencia de pulpa de café, lo cual es vertido directamente al cauce del río.

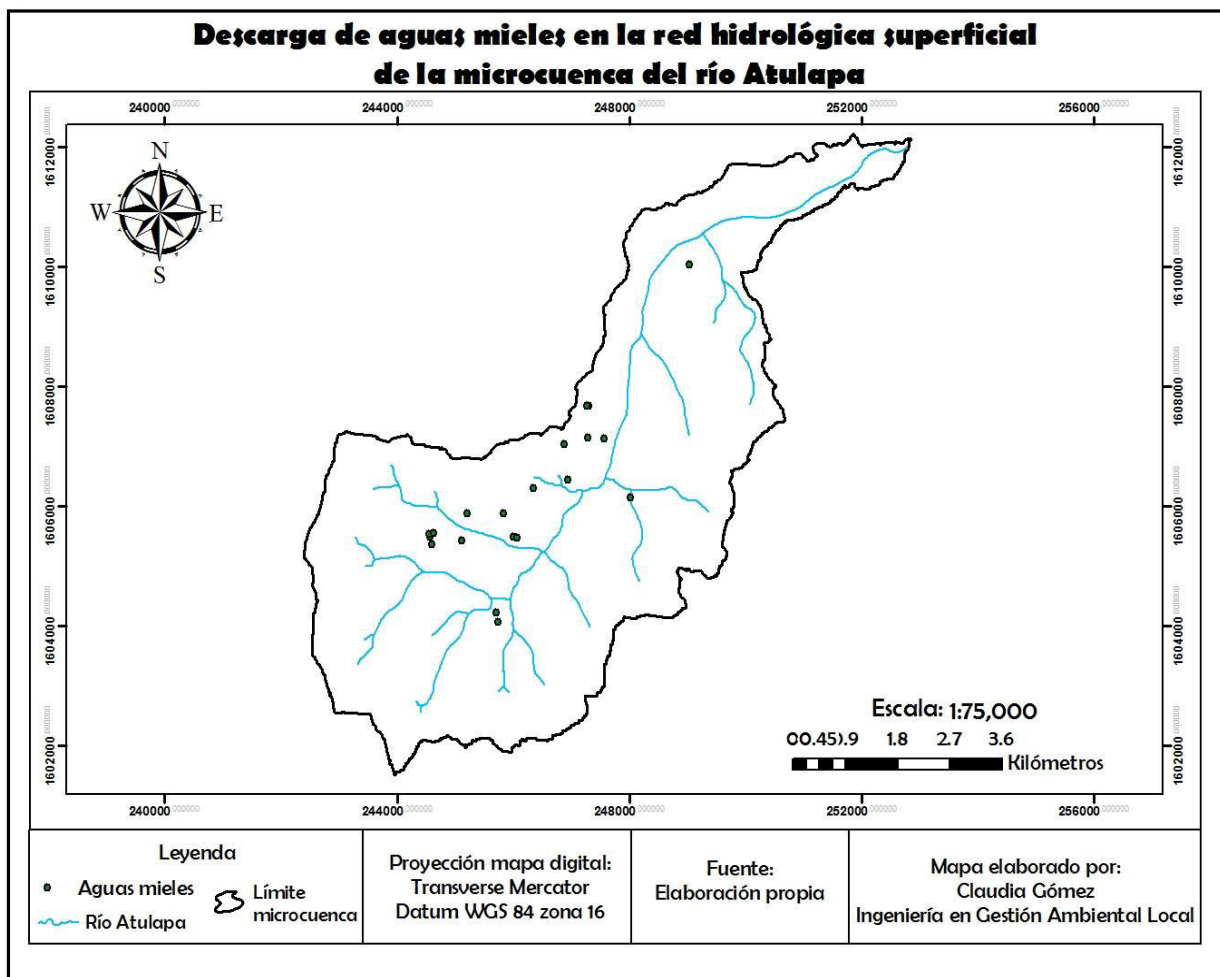
Cuadro 12. Puntos de descarga de aguas mieles en la red hidrológica superficial de la microcuenca del río Atulapa, municipio de Esquipulas, 2014.

NO.	NOMBRE DEL CAFICULTOR	UBICACIÓN CASERÍO/ALDEA	COORDENADAS UTM	
			X	Y
1	María Elena Vásquez	Plan de la Arada, Santa Rosalía	245709	1604215
2	Cirilo Súchite	Plan de la Arada, Santa Rosalía	245747	1604070
3	Benedictino Trigueros	El Duraznal, Santa Rosalía	244604	1605361
4	Braulio de Jesús Trigueros	El Duraznal, Santa Rosalía	244564	1605481
5	Javier Nova	El Duraznal, Santa Rosalía	244551	1605529
6	Romilia Morales	El Duraznal, Santa Rosalía	244637	1605550
7	José Martí Trigueros	El Duraznal, Santa Rosalía	245120	1605429
8	Nazario Súchite	El Portezuelo, Santa Rosalía	245997	1605487
9	Nicolás Súchite	El Portezuelo, Santa Rosalía	246075	1605464
10	Ángel Zamora	El Portezuelo, Santa Rosalía	245201	1605868
11	Felipe de Jesús Méndez	El Portezuelo, Santa Rosalía	245840	1605869
12	Moisés Chinchilla	La Cuestona, Santa Rosalía	246356	1606292
13	Otto López	La Cuestona, Santa Rosalía	246942	1606443
14	Pedro García Lázaro	El Jocotal, Santa Rosalía	247291	1607147
15	Samuel Vásquez Pérez	El Jocotal, Santa Rosalía	247560	1607130
16	Sara Vásquez Pérez	El Jocotal, Santa Rosalía	247560	1607130
17	Tomás Guerra	El Limón, Santa Rosalía	246876	1607036
18	Eliseo Martínez	El Limón, Santa Rosalía	247297	1607672
19	Flaviano Trigueros	El Limón, Santa Rosalía	247262	1607672
20	Rolando Solís	Santa Rosalía, Santa Rosalía	249031	1610036
21	Chito Sagastume	Las Toreras, San Nicolás	248021	1606143
22	Cascajal	San Nicolás, San Nicolás	252106	1615236

Fuente: Elaboración propia, (2014).

La figura 4, muestra la ubicación de los puntos de descarga en la microcuenca del río Atulapa.

Figura 4. Mapa de ubicación de puntos de descarga de aguas mieles en la red hidrológica superficial de la microcuenca del río Atulapa, municipio de Esquipulas, 2014.



Fuente: Elaboración propia (2015).

8.3. Puntos de control establecidos en la red hidrológica superficial de la microcuenca del río Atulapa.

Con base a los beneficios existentes y los puntos de descarga de aguas mieles, se ubicaron los puntos de control sobre la red hidrológica superficial de la microcuenca del río Atulapa.

En el monitoreo de la calidad del agua en la red hidrológica superficial de la microcuenca del río Atulapa, se ejecutaron cuatro monitoreos los cuales fueron realizados en un

período de un año en dos fases distintas, durante la época de operación de los beneficios (noviembre a abril) y la segunda, durante la época en la cual no operan (mayo a octubre).

Los cuatro monitoreos, se realizaron en febrero, mayo, octubre del 2013, y enero del 2014. La ubicación de los puntos de control se muestra en el cuadro 13.

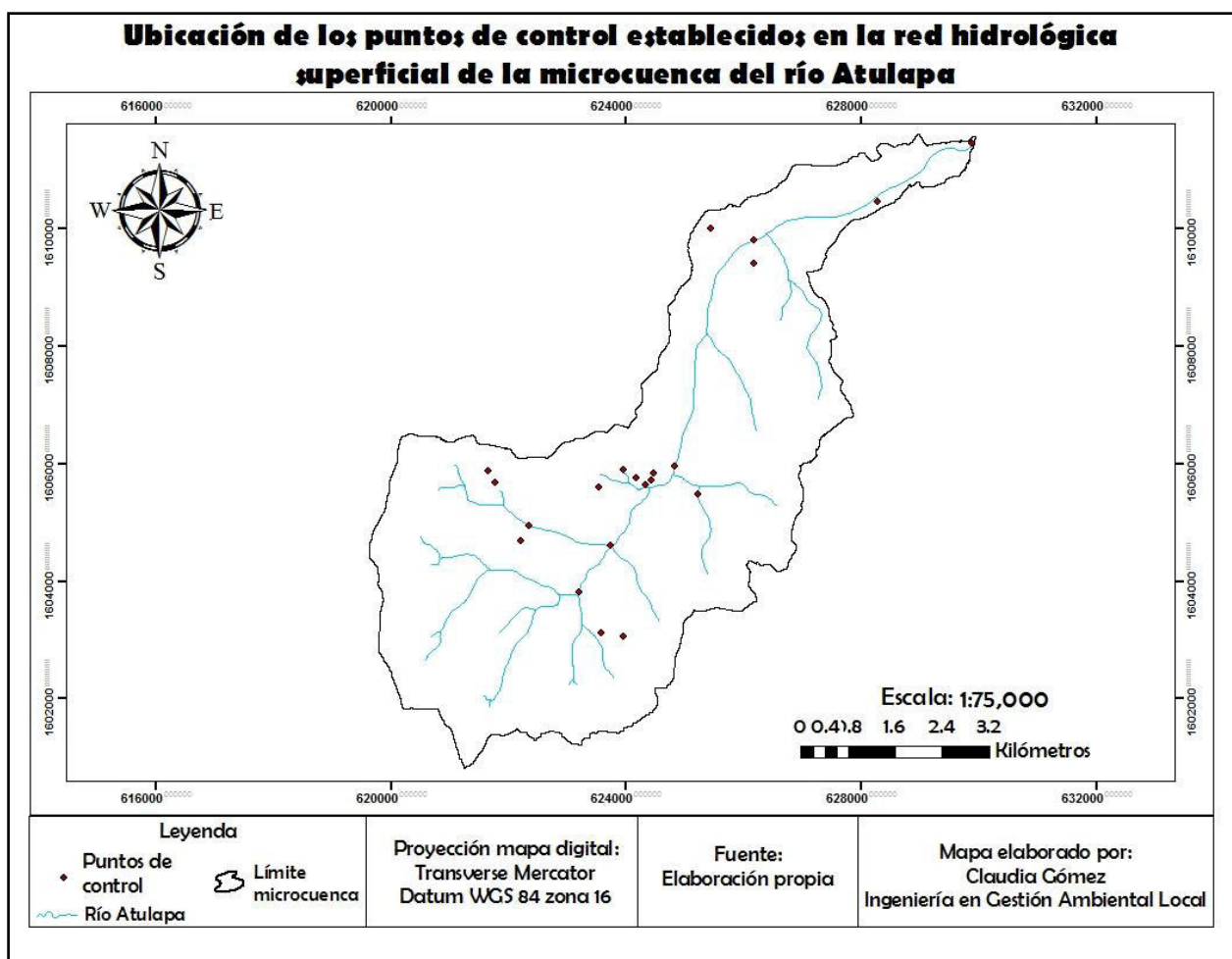
Cuadro 13. Puntos de control establecidos en la red hidrológica superficial de la microcuenca del río Atulapa, municipio de Esquipulas, 2014.

NO.	ID	NOMBRE	UBICACIÓN CASERÍO/ALDEA	COORDENADAS UTM	
				X	Y
1	CMA 1	Quebrada El Porvenir 1	Plan de la Arada, Santa Rosalía	623785	1603084
2	CMA 2	Quebrada El Porvenir 2	Plan de la Arada, Santa Rosalía	623579	1603121
3	CMA 3	Río Atulapa 1	Plan de la Arada, Santa Rosalía	245960	1604479
4	CMA 4	Quebradona 1	Duraznal, Santa Rosalía	622209	1604685
5	CMA 5	Quebradona 2	El Portezuelo, Santa Rosalía	245135	1605629
6	CMA 6	Río Atulapa 2	El Portezuelo, Santa Rosalía	244504	1606488
7	CMA 7	Río Atulapa 3	El Portezuelo, Santa Rosalía	244572	1606386
8	CMA 8	Quebrada El Roble 1	La Cuestona, Santa Rosalía	246755	1606565
9	CMA 9	Río Atulapa 4	La Cuestona, Santa Rosalía	623534	1605587
10	CMA 10	Quebrada El Pescadero	Plan de la Arada, Santa Rosalía	246520	1605277
11	CMA 11	Río Atulapa 5	La Cuestona, Santa Rosalía	624179	1605749
12	CMA 12	Río Atulapa 6	La Cuestona, Santa Rosalía	624393	1605670
13	CMA 13	Quebrada El Roble 2	La Cuestona, Santa Rosalía	247152	1606318
14	CMA 14	Río Atulapa 7	El Jocotal, Santa Rosalía	247232	1606362
16	CMA 16	Quebrada El Paxistal 1	El Jocotal, Santa Rosalía	625220	1605485
15	CMA 15	Quebrada El Paxistal 2	Las Toreras, San Nicolás	247628	1606610
17	CMA 17	Río Atulapa 8	Santa Rosalía, Santa Rosalía	249031	1610036
18	CMA 18	Río Atulapa 9	Atulapa, Atulapa	249031	1610436
19	CMA 19	Río Atulapa 10	Atulapa, Atulapa	252895	1612055
20	CMA 20	Río Atulapa 11	Atulapa, Atulapa	248305	1610656
21	CMA 21	Río Atulapa 12	Atulapa, Atulapa	252779	1612034

Fuente: Elaboración propia, (2015).

En la figura 5, se muestra la ubicación de los puntos de control establecidos sobre la red hidrológica superficial de la microcuenca del río Atulapa.

Figura 5. Mapa de ubicación de los puntos de control establecidos en la red hidrológica superficial de la microcuenca del río Atulapa, municipio de Esquipulas, 2014.



Fuente: Elaboración propia (2015).

8.4. Calidad del agua en la red hidrológica superficial de la microcuenca del río Atulapa

El estudio se ejecutó por espacio de 12 meses, donde se realizaron muestreos de la calidad del agua en la época de producción y beneficiado del cultivo de café (noviembre a abril) y en la época en la cual los beneficios no operan (mayo a octubre). Realizando dos monitoreos en cada época, para un total de 4 monitoreos.

En los tres primeros monitoreos de la calidad del agua en la microcuenca del río Atulapa, se establecieron 16 puntos de control. En el cuarto monitoreo se establecieron 5 puntos más, con el fin de tener la mejor representación de la influencia de las aguas residuales sobre la calidad del agua.

Los resultados obtenidos, a través del análisis de los parámetros físico-químicos y microbiológicos, permitieron realizar una comparación entre los mismos, para determinar la influencia que ejercen sobre la calidad del agua de la red hidrológica del río Atulapa; para tener una mejor apreciación de los resultados promedio de los análisis de las muestras, se realizaron gráficas y en todos los puntos establecidos dentro del área de estudio, se determinó la influencia de las aguas mieles en la calidad del agua, para ello se hizo una comparación de los resultados con la Normativa Guatemalteca – COGUANOR -, de igual manera con los valores recomendados por la Organización Mundial para la Salud – OMS -. En algunos casos especiales, se consideraron valores que recomiendan la Environmental Protection Agency –EPA-, la Norma Oficial Mexicana de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), la Comisión Nacional de Agua (CONAGUA).

8.5. Evaluación de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos

En el estudio se analizaron 13 parámetros: temperatura, potencial de hidrógeno, conductividad eléctrica, dureza, fosfatos, nitratos, sólidos disueltos totales, turbidez, oxígeno disuelto, porcentaje de saturación, demanda biológica de oxígeno 5, demanda química de oxígeno y coliformes totales.

Los resultados se compararon con los límites máximos aceptables (LMA) y los límites máximos permisibles (LMP) establecidos por la Comisión de Normas y Regulaciones de Guatemala (COGUANOR) para la calidad del agua y la Organización Mundial para la Salud (OMS); de igual manera, los parámetros de Demanda Biológica de Oxígeno DBO₅ y Demanda Química de Oxígeno DQO del agua, fueron comparados con los límites que establecen la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y la Comisión Nacional de Agua (CONAGUA) de México.

En el cuadro 14, se presentan los resultados promedios para cada parámetro de los cuatro monitoreos realizados; es importante resaltar que únicamente el parámetro microbiológico de coliformes fecales, tuvo el mismo comportamiento en los 4 monitoreos por encima del límite máximo permisible, establecido por la COGUANOR y la OMS.

Cuadro 14. Valores promedio de los parámetros físicos, físico - químicos y microbiológicos en los puntos de control establecidos en la red hidrológica superficial de la microcuenca del río Atulapa, municipio de Esquipulas, 2015.

PUNTOS DE CONTROL		PARÁMETROS												
NOMBRE	ID	Temperatura (°C)	Potencial de Oxígeno (unidades)	Conductividad Eléctrica (µS/cm)	Dureza (mg/l)	Fosfatos (mg/l)	Nitratos (mg/l)	Sólidos Disueltos Totales (mg/l)	Turbidez (NTU)	Oxígeno Disuelto (mg/l)	Porcentaje de Saturación	DBO5 (mg/l)	DQO (mg/l)	Coliformes Totales (NMP/100 ml)
Quebrada El Porvenir 1	MCA 1	15.12	7.10	36.27	53.84	0.04	0.53	40.00	5.40	7.98	98.43	114.76	179.43	23.00
Quebrada El Porvenir 2	MCA 2	15.43	7.06	35.97	41.26	0.25	0.21	28.00	8.34	8.03	97.88	177.41	183.48	2400.00
Río Atulapa 1	MCA 3	18.09	7.50	44.23	71.87	0.19	0.62	26.21	1.11	8.28	102.01	59.34	106.39	221.50
Quebradona 1	MCA 4	14.62	7.13	49.24	99.53	0.19	0.53	64.00	6.10	8.43	101.78	97.29	156.34	23.00
Quebradona 2	MCA 5	18.71	7.73	61.96	83.32	0.26	0.80	35.06	0.50	8.06	101.63	48.14	101.25	141.50
Río Atulapa 2	MCA 6	19.40	7.33	63.37	88.03	0.53	1.66	43.82	0.55	7.07	94.24	40.43	84.89	176.75
Río Atulapa 3	MCA 7	19.21	7.13	55.68	72.66	0.42	1.82	36.65	0.85	7.16	92.09	53.90	89.86	199.00
Quebrada El Roble 1	MCA 8	19.83	7.20	68.59	98.56	0.33	2.65	61.07	2.24	6.84	86.50	101.20	173.41	1512.50
Río Atulapa 4	MCA 9	16.20	7.09	57.80	104.02	0.42	1.72	140.00	12.32	7.98	105.08	118.67	194.81	150.00
Quebrada El Pescadero	MCA 10	18.15	7.56	41.80	60.35	0.45	1.69	62.32	3.73	8.01	95.66	67.66	123.59	121.50
Río Atulapa 5	MCA 11	16.83	7.28	41.18	50.69	0.09	1.03	16.00	6.70	7.73	99.85	62.05	54.00	23.00
Río Atulapa 6	MCA 12	19.92	7.26	40.98	66.22	0.53	2.53	68.62	11.17	7.01	101.34	93.81	148.99	320.00
Quebrada El Roble 2	MCA 13	21.71	7.64	54.43	88.31	0.37	2.71	53.53	1.12	7.84	102.36	64.31	119.46	407.75
Río Atulapa 7	MCA 14	19.96	7.52	62.46	77.22	0.25	0.82	29.73	0.71	8.16	102.83	82.08	147.79	665.75
Quebrada El Paxistal 1	MCA 15	20.09	7.41	46.33	58.09	0.52	1.95	84.25	5.39	7.39	98.26	79.47	165.21	293.25
Quebrada El Paxistal 2	MCA 16	21.78	7.51	67.07	84.35	0.40	1.33	38.24	2.25	7.87	100.92	50.62	99.75	713.25
Río Atulapa 8	MCA 17	19.59	7.54	53.91	95.90	0.38	0.97	31.15	1.02	8.46	103.25	37.92	63.56	1246.50
Río Atulapa 9	MCA 18	22.09	7.69	65.96	90.29	0.22	1.12	33.35	1.02	8.04	103.26	31.21	80.68	1535.00
Río Atulapa 10	MCA 19	22.06	7.36	75.60	86.99	0.25	1.01	37.73	0.78	7.77	102.23	57.98	105.57	1860.00
Río Atulapa 11	MCA 20	21.54	7.38	74.72	101.24	0.25	0.76	71.15	1.25	7.87	98.63	55.42	108.68	885.00
Río Atulapa 12	MCA 21	22.40	7.58	78.26	101.00	0.28	0.77	64.47	1.29	7.80	100.58	50.75	96.77	666.75

Fuente: Elaboración propia, (2015).

8.5.1. Temperatura del agua °C

El clima es el principal factor que influye en el comportamiento de la temperatura del agua superficial. Otro factor que influye directamente, es el tiempo, puesto que durante el día existen temperaturas altas y bajas. La temperatura influye en la solubilidad y disociación de las sales disueltas, por lo tanto en la conductividad eléctrica y el pH del agua.

En el cuadro 15, se muestran los resultados de los cuatro monitoreos, donde se pudo determinar que el valor mínimo de temperatura es de 14.62°C y el máximo es de 22.40°C, únicamente el punto Quebradona 1 (MCA 4), está fuera del límite máximo aceptable (15 °C a 25 °C) establecido por la norma COGUANOR, con un valor de 14.62°C, debido a las condiciones climáticas del área en donde fue tomada la muestra.

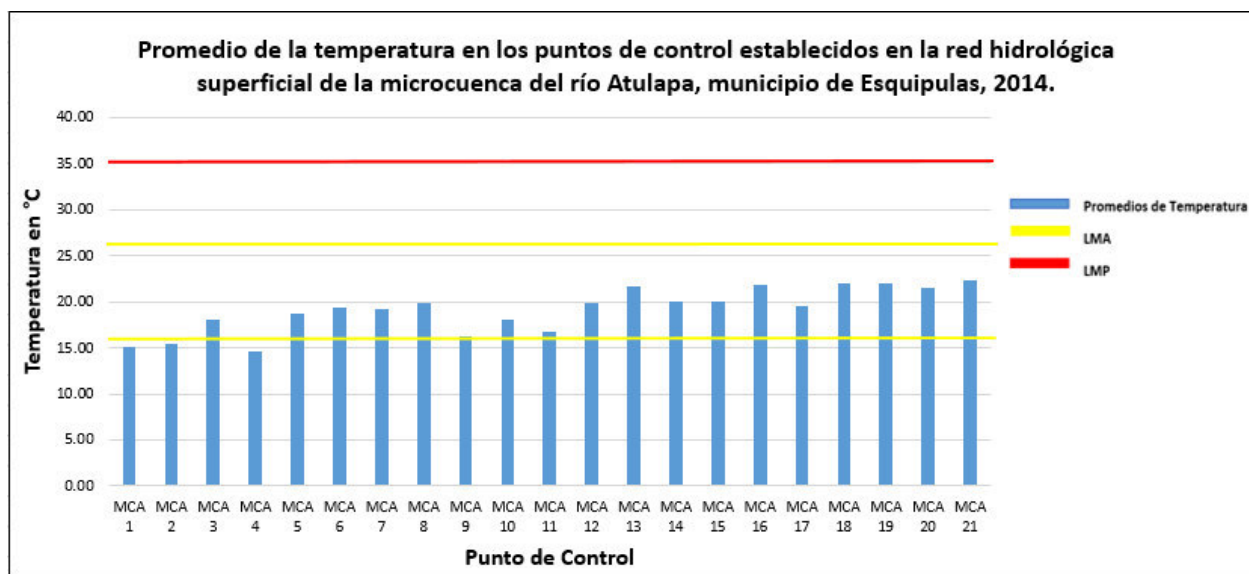
Cuadro 15. Resultados de la temperatura del agua en los puntos de control establecidos en la red hidrológica superficial de la microcuenca del río Atulapa, municipio de Esquipulas, 2014.

NO.	ID	PUNTO DE CONTROL	TEMPERATURA EN °C				
			PRIMER MONITOREO	SEGUNDO MONITOREO	TERCER MONITOREO	CUARTO MONITOREO	PROMEDIO
			ENE 2013	ABR 2013	SEP 2013	ENE 2014	
1	MCA 1	Quebrada El Porvenir 1	---	---	---	15.12	15.12
2	MCA 2	Quebrada El Porvenir 2	---	---	---	15.43	15.43
3	MCA 3	Río Atulapa 1	18.30	20.06	19.30	14.70	18.09
4	MCA 4	Quebradona 1	---	---	---	14.62	14.62
5	MCA 5	Quebradona 2	18.60	20.45	20.20	15.60	18.71
6	MCA 6	Río Atulapa 2	18.30	19.75	20.40	19.15	19.40
7	MCA 7	Río Atulapa 3	17.65	19.4	20.20	19.60	19.21
8	MCA 8	Quebrada El Roble 1	19.25	21.1	21.70	17.25	19.83
9	MCA 9	Río Atulapa 4	---	---	---	16.20	16.20
10	MCA 10	Quebrada El Pescadero	17.20	19.89	20.53	14.96	18.15
11	MCA 11	Río Atulapa 5	---	---	---	16.83	16.83
12	MCA 12	Río Atulapa 6	19.34	21.55	21.96	16.81	19.92
13	MCA 13	Quebrada El Roble 2	21.95	23.8	22.40	18.70	21.71
14	MCA 14	Río Atulapa 7	19.45	21.35	21.45	17.60	19.96
15	MCA 15	Quebrada El Paxistal 1	19.88	19.95	22.13	18.38	20.09
16	MCA 16	Quebrada El Paxistal 2	22.00	23.9	21.85	19.35	21.78
17	MCA 17	Río Atulapa 8	20.70	20.30	20.55	16.80	19.59
18	MCA 18	Río Atulapa 9	22.45	25.5	22.50	17.90	22.09
19	MCA 19	Río Atulapa 10	20.65	25.6	22.84	19.15	22.06
20	MCA 20	Río Atulapa 11	19.75	26.2	19.65	20.55	21.54
21	MCA 21	Río Atulapa 12	20.30	25.7	22.41	21.20	22.40
Límite Máximo Aceptable - LMA- 15 a 25 °C			Límite Máximo Permisible - LMP - 34 °C				
Nota: Los cuadros con guiones no presentan resultados, debido a que no se muestreó la fuente en esos monitoreos.							

Fuente: Elaboración propia, (2014).

En la gráfica 2, se puede observar que de acuerdo a los resultados promedio de temperatura, el 95 % de los puntos de control establecidos, se encuentran dentro del límite máximo aceptable, de acuerdo a la norma COGUANOR (15 °C a 25 °C).

Gráfica 2. Resultados promedio de temperatura del agua en los puntos de control establecidos en la red hidrológica superficial de la microcuenca del río Atulapa, municipio de Esquipulas, 2014.



Fuente: Elaboración propia, (2014).

8.5.2. Potencial de hidrógeno

Es uno de los parámetros más importantes en la determinación de la calidad del agua, indica el grado de acidez o basicidad.

En el cuadro 16, se observa que en ninguno de los puntos de control se superó el límite máximo permisible, que corresponde a un valor de 6.5 a 8.5, según la COGUANOR. El 62 % de los puntos se encontró dentro del límite máximo aceptable que es de 7 a 7.5. El máximo valor se obtuvo en el punto denominado La Quebradona 2 (MCA 5), con un valor de 7.73; el valor más bajo se obtuvo en el punto Quebrada El Porvenir 2 (MCA 2), con un dato de 7.06. Con base a estos registros, se puede determinar que dentro del área de estudio no existe algún factor capaz de alterar el pH del agua.

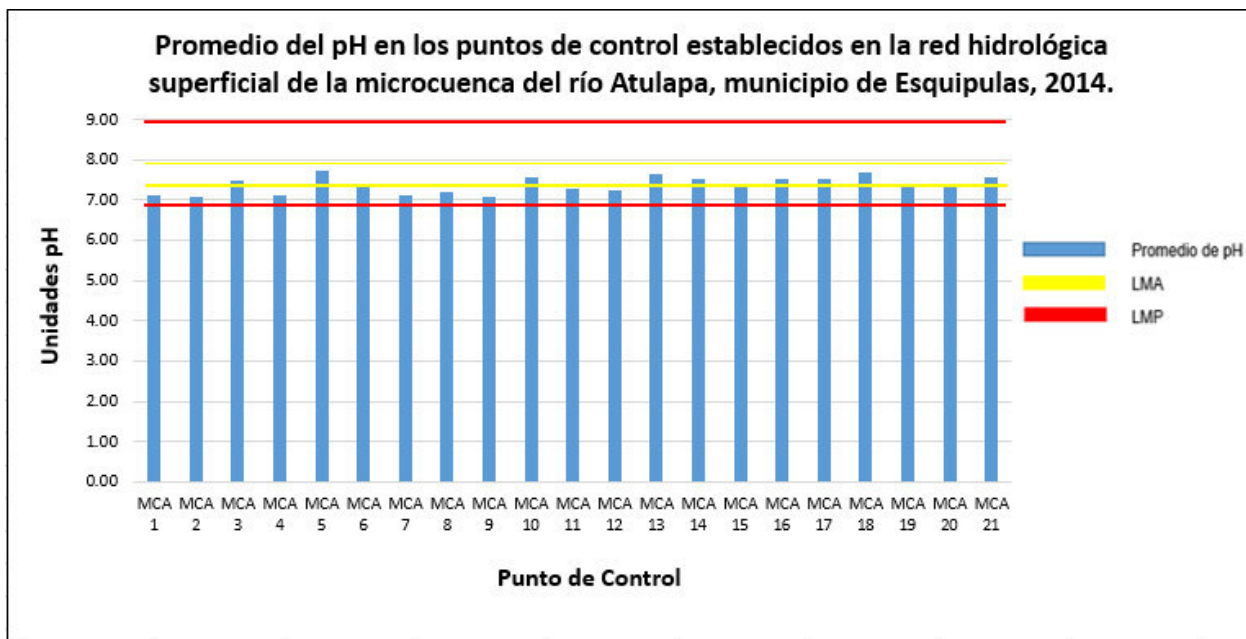
Cuadro 16. Resultados del potencial de hidrógeno en los puntos de control establecidos en la red hidrológica superficial de la microcuenca del río Atulapa, municipio de Esquipulas, 2014.

NO.	ID	PUNTO DE CONTROL	pH UNIDADES				
			PRIMER MONITOREO	SEGUNDO MONITOREO	TERCER MONITOREO	CUARTO MONITOREO	PROMEDIO
			ENE 2013	ABR 2013	SEP 2013	ENE 2014	
1	MCA 1	Quebrada El Porvenir 1	---	---	---	7.10	7.10
2	MCA 2	Quebrada El Porvenir 2	---	---	---	7.06	7.06
3	MCA 3	Río Atulapa 1	7.62	7.76	7.48	7.14	7.50
4	MCA 4	Quebradona 1	---	---	---	7.13	7.13
5	MCA 5	Quebradona 2	7.66	7.92	7.54	7.80	7.73
6	MCA 6	Río Atulapa 2	7.42	7.18	7.35	7.35	7.33
7	MCA 7	Río Atulapa 3	7.02	7.18	7.15	7.15	7.13
8	MCA 8	Quebrada El Roble 1	7.34	7.22	7.13	7.11	7.20
9	MCA 9	Río Atulapa 4	---	---	---	7.09	7.09
10	MCA 10	Quebrada El Pescadero	7.45	7.92	7.55	7.31	7.56
11	MCA 11	Río Atulapa 5	---	---	---	7.28	7.28
12	MCA 12	Río Atulapa 6	8.00	7.03	7.01	6.98	7.26
13	MCA 13	Quebrada El Roble 2	7.83	8.08	7.36	7.28	7.64
14	MCA 14	Río Atulapa 7	7.57	8.03	7.48	7.01	7.52
15	MCA 15	Quebrada El Paxistal 1	7.60	7.65	7.18	7.20	7.41
16	MCA 16	Quebrada El Paxistal 2	7.87	7.79	7.28	7.11	7.51
17	MCA 17	Río Atulapa 8	7.67	7.67	7.41	7.40	7.54
18	MCA 18	Río Atulapa 9	8.37	7.85	7.31	7.24	7.69
19	MCA 19	Río Atulapa 10	7.41	7.54	7.34	7.13	7.36
20	MCA 20	Río Atulapa 11	7.54	7.34	7.36	7.28	7.38
21	MCA 21	Río Atulapa 12	8.40	7.44	7.16	7.32	7.58
Límite Máximo Aceptable - LMA- 7 a 7.5			Límite Máximo Permisible - LMP - 6.5 a 8.5				
Nota: Los cuadros con quiones no presentan resultados, debido a que no se muestreó la fuente en esos monitoreos.							

Fuente: Elaboración propia, (2014).

La gráfica 3, permite observar el límite máximo aceptable (7.0 a 7.5 unidades de pH) y el límite máximo permisible (6.5 a 8.5 unidades de pH) que establecen la OMS y la norma COGUANOR. Únicamente el 38 % de las muestras recolectadas superan el límite máximo aceptable.

Gráfica 3. Resultados promedio del potencial de hidrógeno en los puntos de control establecidos en la red hidrológica superficial de la microcuenca del río Atulapa, municipio de Esquipulas, 2014.



Fuente: Elaboración propia, (2014).

8.5.3. Conductividad eléctrica

El agua tiene la capacidad de conducir electricidad, lo cual es un indicador de la calidad del agua porque la conductividad eléctrica está relacionada con la dureza y la concentración de sólidos disueltos totales.

En el cuadro 17, se detalla los resultados obtenidos, donde los puntos de control con valores altos son Río Atulapa 4 (MCA 9) con 100.67 $\mu\text{S/cm}$, Río Atulapa 12 (MCA 21) con 78.26 $\mu\text{S/cm}$ y Río Atulapa 11 (MCA 20) con 74.72 $\mu\text{S/cm}$; sin embargo, no alcanzaron el límite máximo permisible de 1,500 $\mu\text{S/cm}$, según la COGUANOR y la OMS.

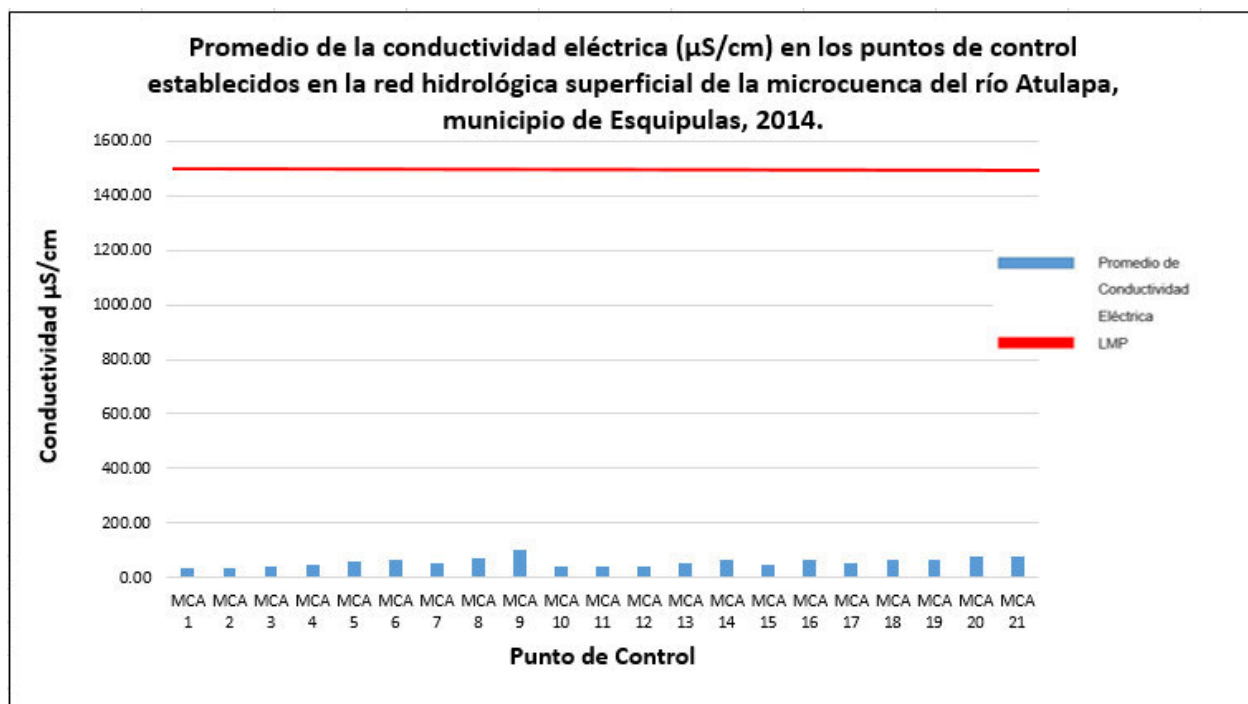
Cuadro 17. Resultados de conductividad eléctrica en los puntos de control establecidos en la red hidrológica superficial de la microcuenca del río Atulapa, municipio de Esquipulas, 2014.

NO.	ID	PUNTO DE CONTROL	CONDUCTIVIDAD EN $\mu\text{S/cm}$				
			PRIMER MONITOREO	SEGUNDO MONITOREO	TERCER MONITOREO	CUARTO MONITOREO	PROMEDIO
			ENE 2013	ABR 2013	SEP 2013	ENE 2014	
1	MCA 1	Quebrada El Porvenir 1	---	---	---	36.27	36.27
2	MCA 2	Quebrada El Porvenir 2	---	---	---	35.97	35.97
3	MCA 3	Río Atulapa 1	38.80	45.50	48.00	44.62	44.23
4	MCA 4	Quebradona 1	---	---	---	49.24	49.24
5	MCA 5	Quebradona 2	49.60	65.95	69.53	62.75	61.96
6	MCA 6	Río Atulapa 2	62.60	63.85	65.65	61.37	63.37
7	MCA 7	Río Atulapa 3	54.20	57.00	57.81	53.70	55.68
8	MCA 8	Quebrada El Roble 1	68.35	68.88	69.74	67.37	68.59
9	MCA 9	Río Atulapa 4	---	---	---	57.80	100.67
10	MCA 10	Quebrada El Pescadero	39.20	39.89	46.34	41.78	41.80
11	MCA 11	Río Atulapa 5	---	---	---	41.18	41.18
12	MCA 12	Río Atulapa 6	39.74	42.35	40.63	41.20	40.98
13	MCA 13	Quebrada El Roble 2	56.93	51.03	55.87	53.90	54.43
14	MCA 14	Río Atulapa 7	44.10	51.20	70.04	84.48	62.46
15	MCA 15	Quebrada El Paxistal 1	46.72	48.35	44.44	45.82	46.33
16	MCA 16	Quebrada El Paxistal 2	61.55	67.10	70.36	69.27	67.07
17	MCA 17	Río Atulapa 8	48.20	45.78	57.78	63.86	53.91
18	MCA 18	Río Atulapa 9	65.90	60.25	67.39	70.31	65.96
19	MCA 19	Río Atulapa 10	77.55	70.25	75.11	79.50	64.76
20	MCA 20	Río Atulapa 11	73.60	70.60	78.93	75.75	74.72
21	MCA 21	Río Atulapa 12	80.52	77.75	73.86	80.89	78.26
Límite Máximo Aceptable - LMA-: No registra.			Límite Máximo Permisible - LMP -: 1,500 $\mu\text{S/cm}$				
Nota: Los cuadros con quiones no presentan resultados, debido a que no se muestreó la fuente en esos monitoreos.							

Fuente: Elaboración propia, (2014).

En la gráfica 4, permite observar que el 100 % de los resultados promedio obtenidos se encuentran por debajo del límite máximo permisible; en la gráfica se detalla únicamente el límite máximo permisible, puesto que la OMS y la COGUANOR no tienen definido un límite máximo aceptable.

Gráfica 4. Resultados promedio de la conductividad eléctrica en los puntos de control establecidos en la red hidrológica superficial de la microcuenca del río Atulapa, municipio de Esquipulas, 2014.



Fuente: Elaboración propia, (2014).

Es importante mencionar que probablemente, los puntos de control que tuvieron los resultados más altos en este parámetro, se debe a la presencia de sales disueltas y minerales en el agua; estos mismos puntos de control, presentan resultados elevados en los parámetros de sólidos disueltos totales y dureza.

8.5.4. Dureza

Es uno de los parámetros más significativos en la determinación de la calidad del agua, porque determina la concentración de carbonatos de calcio y magnesio. La cantidad de carbonatos, permite definir la cantidad de oxígeno que existe en el agua, pues a mayor cantidad de dureza, menor será la cantidad de oxígeno; también tiene influencia en la conductividad eléctrica y los sólidos disueltos totales.

En el cuadro 18, se presentan los resultados obtenidos durante los monitoreos realizados, en donde se muestra que los valores se encuentran entre 41.26 mg/l a 104.02 mg/l; según la norma COGUANOR, el límite máximo aceptable es de 100 mg/l, por tanto el 14 % de las muestras analizadas lo superan, aun así, el 100 % de los resultados de este parámetro se encuentran por debajo del límite máximo permisible que es de 500 mg/l.

Cuadro 18. Resultados de dureza en los puntos de control establecidos en la red hidrológica superficial de la microcuenca del río Atulapa, municipio de Esquipulas, 2014.

NO.	ID	PUNTO DE CONTROL	DUREZA EN mg/l				
			PRIMER MONITOREO	SEGUNDO MONITOREO	TERCER MONITOREO	CUARTO MONITOREO	PROMEDIO
			ENE 2013	ABR 2013	SEP 2013	ENE 2014	
1	MCA 1	Quebrada El Porvenir 1	---	---	---	53.84	53.84
2	MCA 2	Quebrada El Porvenir 2	---	---	---	41.26	41.26
3	MCA 3	Río Atulapa 1	51.74	59.66	128.30	47.77	66.61
4	MCA 4	Quebradona 1	---	---	---	99.53	60.04
5	MCA 5	Quebradona 2	34.32	78.14	180.05	40.78	83.32
6	MCA 6	Río Atulapa 2	35.38	88.18	184.80	43.76	88.03
7	MCA 7	Río Atulapa 3	35.38	52.80	161.57	40.88	72.66
8	MCA 8	Quebrada El Roble 1	55.97	98.21	160.87	79.20	98.56
9	MCA 9	Río Atulapa 4	---	---	---	104.02	104.02
10	MCA 10	Quebrada El Pescadero	35.38	40.24	98.73	67.06	60.35
11	MCA 11	Río Atulapa 5	---	---	---	50.69	50.69
12	MCA 12	Río Atulapa 6	34.87	54.36	78.48	97.15	66.22
13	MCA 13	Quebrada El Roble 2	29.04	24.82	201.17	98.21	88.31
14	MCA 14	Río Atulapa 7	15.31	48.58	160.51	84.48	77.22
15	MCA 15	Quebrada El Paxistal 1	24.64	62.38	70.35	74.98	58.09
16	MCA 16	Quebrada El Paxistal 2	23.23	61.25	158.93	93.98	84.35
17	MCA 17	Río Atulapa 8	23.23	69.46	180.58	110.35	95.90
18	MCA 18	Río Atulapa 9	23.76	58.08	170.02	109.30	90.29
19	MCA 19	Río Atulapa 10	25.35	42.77	188.50	91.34	86.99
20	MCA 20	Río Atulapa 11	19.54	51.74	177.94	155.76	101.24
21	MCA 21	Río Atulapa 12	17.95	77.53	201.17	107.33	101.00
Límite Máximo Aceptable - LMA-: 100 mg/l			Límite Máximo Permissible - LMP -: 500 mg/l				
Nota: Los cuadros con quiones no presentan resultados, debido a que no se muestreó la fuente en esos monitoreos.							

Fuente: Elaboración propia, (2014).

De acuerdo con la OMS, se establecen categorías que clasifican las aguas como duras, moderadamente duras y blandas, en relación a la concentración de carbonatos existentes.

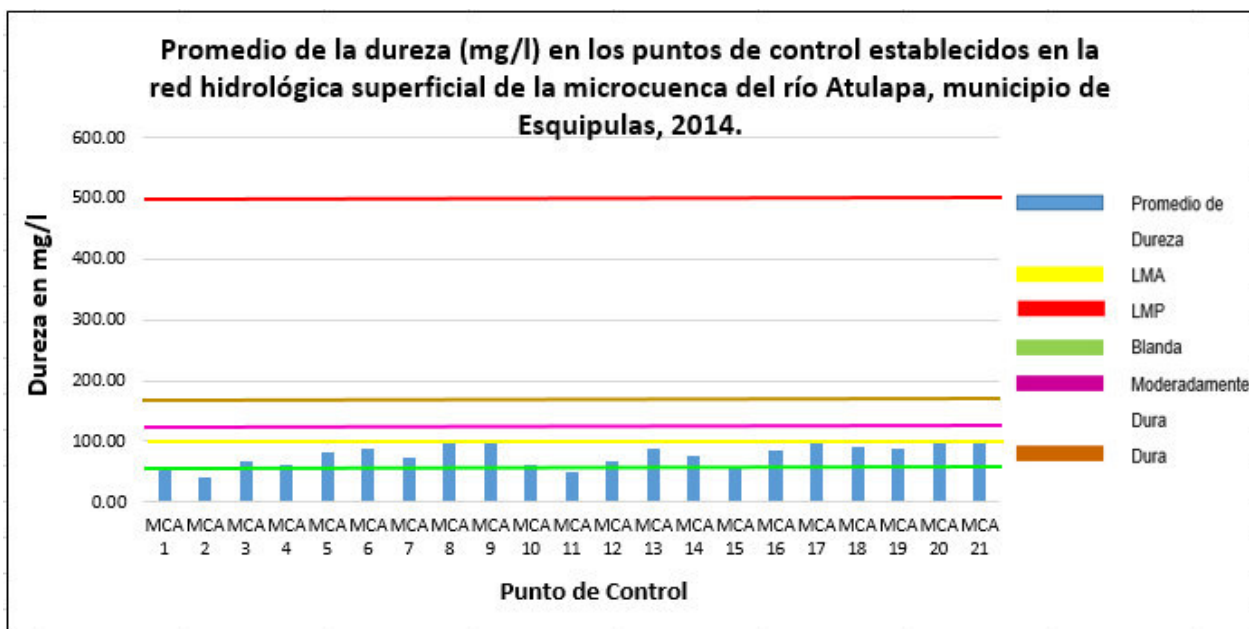
Cuadro 19. Clasificación de la dureza del agua según la OMS, 2014.

Dureza (mg/l CaCO ₂)	Tipo de Agua
0 - 60	Blanda
61 - 120	Moderadamente dura
121 - 180	Dura
Mayor de 180	Muy dura

Fuente: OMS (1998).

En la gráfica 5, se puede observar que el 19 % de los puntos de control se encuentran en la clasificación de “aguas blandas” (0 mg/l -60 mg/l); el 81 % de las muestras analizadas pertenecen a la categoría de “aguas moderadamente duras” (61 mg/l -120 mg/l), según la OMS. Además, la gráfica permite apreciar que el 100 % de los puntos de control están dentro del límite máximo aceptable (100 mg/l) y permisible (500 mg/l), según la norma COGUANOR.

Gráfica 5. Resultados promedio de dureza en los puntos de control establecidos en la red hidrológica superficial de la microcuenca del río Atulapa, municipio de Esquipulas, 2014.



Fuente: Elaboración propia, (2014).

8.5.5. Fosfatos P_2O_4

Naturalmente encontramos fosfatos en las fuentes de agua, aunque en muy pequeñas concentraciones, estos provienen de las aguas residuales que se vierten directamente al río.; otra fuente de contaminación, es el arrastre de la escorrentía de lluvia que llega directamente al río y que a su paso trasladó fertilizantes del suelo y de heces de animales y humanas. Dentro de las actividades agrícolas, los componentes del fósforo se consideran importantes nutrientes de las plantas, pues su principal función es el desarrollo de raíces de los cultivos, además que es un equilibrante de nutrientes, pues aporta para la complementación y absorción de otros. Por ello, el contenido de fósforo en las fuentes hídricas, contribuye al crecimiento de algas, lo que llega a causar eutrofización de las aguas. La eutrofización, se relaciona a la acumulación de residuos orgánicos en el litoral de alguna fuente de agua.

Dado que el municipio de Esquipulas, es un área puramente cafetalera, los pobladores de la microcuenca del río Atulapa y entre las actividades que realizan durante el cultivo del café es la fertilización de las plantas, esto origina una de las principales fuentes de

contaminación en el río, aunado a ello, el uso de detergentes sintéticos y jabones. Durante los análisis realizados a las muestras de agua, se determinó que la mayoría de ellos tienen altas concentraciones de fosfato, debido a las causas mencionadas y al vertido directo de aguas residuales, sin ningún tipo de tratamiento.

Actualmente no existen valores definidos por la norma COGUANOR y por la OMS, en cuanto al límite máximo permisible de este elemento en el agua, por lo tanto la representación de fosfatos no debe aceptarse para el uso humano, no obstante, la Agencia de Protección Ambiental (EPA) de Estados Unidos registra un límite para la concentración de fosfatos de 0.25 mg/l.

En el cuadro 20, se muestran los resultados de fosfatos obtenidos en la red hidrológica superficial del río Atulapa, en donde el valor mínimo lo obtuvo el punto de control Quebrada El Porvenir 1 (MCA1) con 0.04 mg/l y el valor máximo lo obtuvo el punto Río Atulapa 2 con 0.53 mg/l; los puntos de control que están por encima del límite máximo permisible son Río Atulapa 2 (MCA 6) con 0.53 mg/l, Río Atulapa 6 (MCA 12) con 0.53 mg/l y Quebrada El Paxistal 1 (MCA 15) con 0.52 mg/l, según la EPA. La causa principal, probablemente se debe al arrastre de agroquímicos utilizados por productores (fertilizantes), por la escorrentía de lluvia.

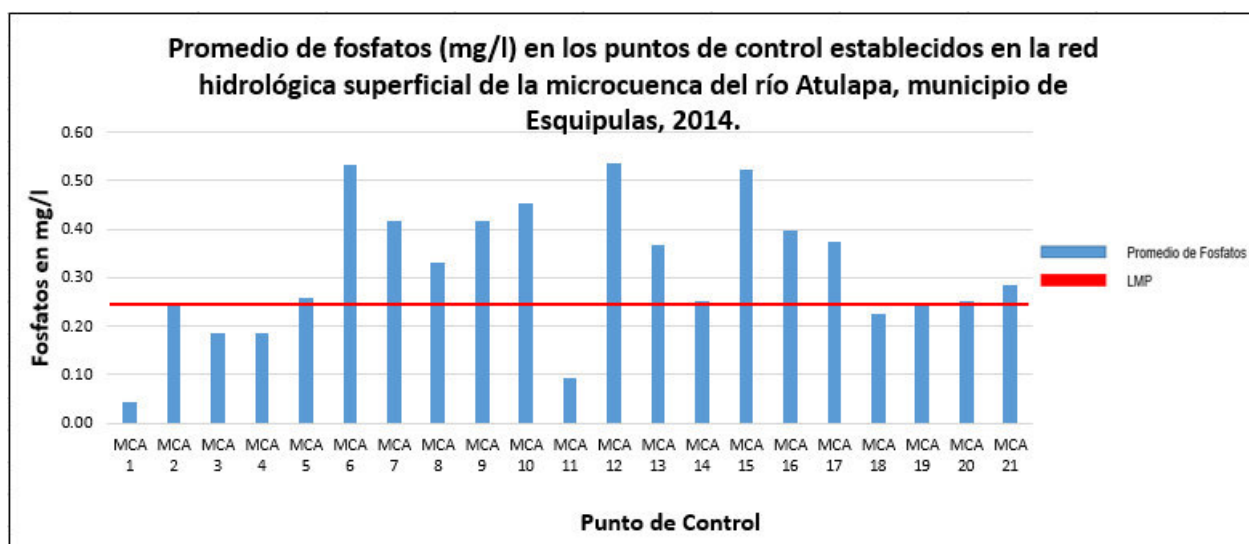
Cuadro 20. Resultados de fosfatos en los puntos de control establecidos en la red hidrológica superficial de la microcuenca del río Atulapa, municipio de Esquipulas, 2014.

NO.	ID	PUNTO DE CONTROL	FOSFATOS EN mg/l				
			PRIMER	SEGUNDO	TERCER	CUARTO	PROMEDIO
			MONITOREO	MONITOREO	MONITOREO	MONITOREO	
			ENE 2013	ABR 2013	SEP 2013	ENE 2014	
1	MCA 1	Quebrada El Porvenir 1	---	---	---	0.04	0.04
2	MCA 2	Quebrada El Porvenir 2	---	---	---	0.25	0.25
3	MCA 3	Río Atulapa 1	0.47	0.04	0.07	0.15	0.19
4	MCA 4	Quebradona 1	---	---	---	0.19	0.19
5	MCA 5	Quebradona 2	0.51	0.07	0.13	0.32	0.26
6	MCA 6	Río Atulapa 2	1.01	0.24	0.44	0.44	0.53
7	MCA 7	Río Atulapa 3	0.57	0.22	0.40	0.48	0.42
8	MCA 8	Quebrada El Roble 1	0.49	0.28	0.26	0.31	0.33
9	MCA 9	Río Atulapa 4	---	---	---	0.42	0.42
10	MCA 10	Quebrada El Pescadero	1.00	0.21	0.53	0.07	0.45
11	MCA 11	Río Atulapa 5	---	---	---	0.09	0.09
12	MCA 12	Río Atulapa 6	0.99	0.35	0.53	0.28	0.53
13	MCA 13	Quebrada El Roble 2	0.71	0.29	0.27	0.20	0.37
14	MCA 14	Río Atulapa 7	0.43	0.21	0.19	0.18	0.25
15	MCA 15	Quebrada El Paxistal 1	0.97	0.29	0.49	0.34	0.52
16	MCA 16	Quebrada El Paxistal 2	0.49	0.28	0.16	0.65	0.40
17	MCA 17	Río Atulapa 8	0.53	0.25	0.25	0.47	0.38
18	MCA 18	Río Atulapa 9	0.43	0.16	0.25	0.07	0.22
19	MCA 19	Río Atulapa 10	0.44	0.14	0.29	0.11	0.25
20	MCA 20	Río Atulapa 11	0.46	0.18	0.31	0.06	0.25
21	MCA 21	Río Atulapa 12	0.38	0.38	0.31	0.06	0.28
Límite Máximo Aceptable - LMA-: No registra			Límite Máximo Permisible - LMP -: 0.25				
Nota: Los cuadros con quiones no presentan resultados, debido a que no se muestreó la fuente en esos monitoreos.							

Fuente: Elaboración propia, (2014).

En la gráfica 6, muestra que el 43 % de los puntos de control establecidos, tienen concentraciones inferiores a las del límite máximo permisible establecido por la EPA (0.25 mg/l).

Gráfica 6. Resultados promedio de fosfatos en los puntos de control establecidos en la red hidrológica superficial de la microcuenca del río Atulapa, municipio de Esquipulas, 2014.



Fuente: Elaboración propia, (2014).

8.5.6. Nitratos

El nitrato, es una forma de nitrógeno, el impacto de este en el agua es el crecimiento de algas, las cuales intervienen en la claridad del agua (la hacen turbia), lo que a su vez disminuye el oxígeno y por ende provoca el incremento de procesos metanogénicos. Este elemento es altamente contaminante, una sola exposición puede afectar la salud de una persona, el exceso de nitrato en el cuerpo hace más difícil el transporte de oxígeno para los glóbulos rojos, los niños son más vulnerables, si consumen agua con altos niveles de nitratos.

En el cuadro 21, se muestra el nivel más alto de nitratos obtenido en el punto de control de Quebrada El Roble 2 (MCA 13) con 2.71 mg/l; sin embargo, ningún punto de control supera el límite máximo permisible establecido por la norma COGUANOR (10 mg/l). Los niveles más altos se presentaron en el primer, tercer y cuarto monitoreo (enero de 2013, septiembre de 2013 y enero de 2014, respectivamente), es importante indicar que durante estos meses los beneficios húmedos de café se encuentran en operación.

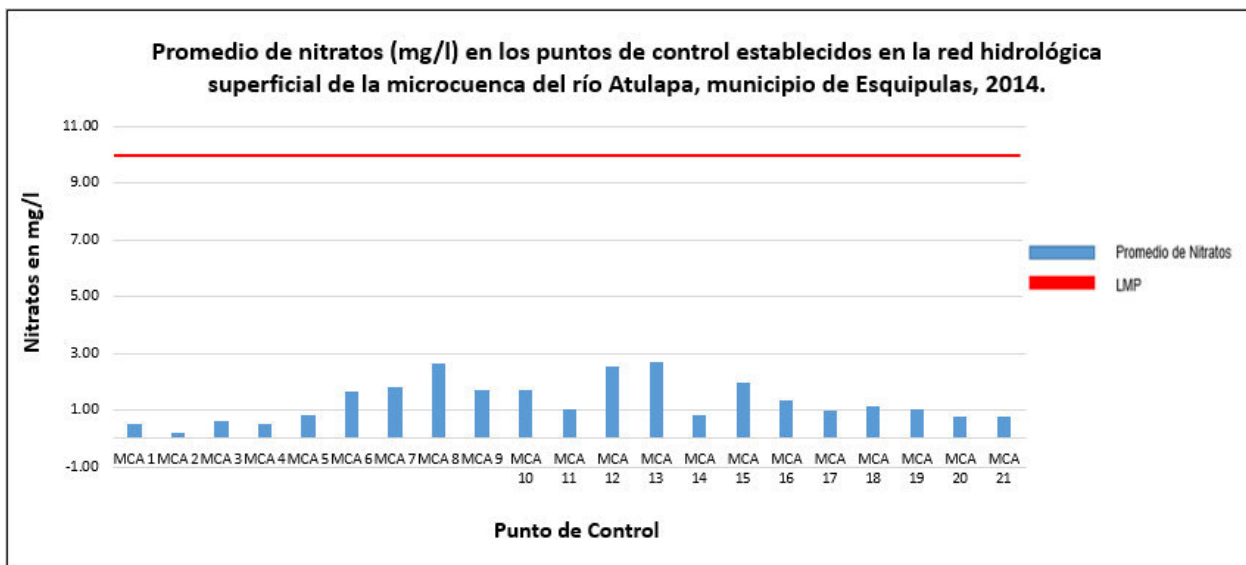
Cuadro 21. Resultados de nitratos en los puntos de control establecidos en la red hidrológica superficial de la microcuenca del río Atulapa, municipio de Esquipulas, 2014.

NO.	ID	PUNTO DE CONTROL	NITRATOS EN mg/l				
			PRIMER MONITOREO	SEGUNDO MONITOREO	TERCER MONITOREO	CUARTO MONITOREO	PROMEDIO
			ENE 2013	ABR 2013	SEP 2013	ENE 2014	
1	MCA 1	Quebrada El Porvenir 1	---	---	---	0.53	0.53
2	MCA 2	Quebrada El Porvenir 2	---	---	---	0.21	0.21
3	MCA 3	Río Atulapa 1	1.52	0.12	0.38	0.47	0.62
4	MCA 4	Quebradona 1	---	---	---	0.53	0.53
5	MCA 5	Quebradona 2	0.97	0.10	1.22	0.92	0.80
6	MCA 6	Río Atulapa 2	0.80	0.56	2.76	2.53	1.66
7	MCA 7	Río Atulapa 3	1.73	0.39	2.30	2.85	1.82
8	MCA 8	Quebrada El Roble 1	0.46	0.27	7.91	1.94	2.65
9	MCA 9	Río Atulapa 4	---	---	---	1.72	1.72
10	MCA 10	Quebrada El Pescadero	0.57	0.40	4.66	1.14	1.69
11	MCA 11	Río Atulapa 5	---	---	---	1.03	1.03
12	MCA 12	Río Atulapa 6	0.95	0.58	6.95	1.63	2.53
13	MCA 13	Quebrada El Roble 2	1.51	0.08	7.27	2.01	2.71
14	MCA 14	Río Atulapa 7	0.67	0.09	1.61	0.93	0.82
15	MCA 15	Quebrada El Paxistal 1	0.92	0.33	4.95	1.60	1.95
16	MCA 16	Quebrada El Paxistal 2	0.58	0.08	3.81	0.84	1.33
17	MCA 17	Río Atulapa 8	0.12	0.25	2.47	1.04	0.97
18	MCA 18	Río Atulapa 9	1.11	0.05	2.43	0.88	1.12
19	MCA 19	Río Atulapa 10	0.99	0.11	2.18	0.74	1.01
20	MCA 20	Río Atulapa 11	0.23	0.19	2.22	0.40	0.76
21	MCA 21	Río Atulapa 12	0.14	0.11	1.84	0.98	0.77
Límite Máximo Aceptable - LMA-: No registra			Límite Máximo Permisible - LMP -: 10 mg/l				
Nota: Los cuadros con quiones no presentan resultados, debido a que no se muestreó la fuente en esos monitoreos.							

Fuente: Elaboración propia, (2014).

En la gráfica 7, se muestran los resultados promedio de nitratos, en donde se observa que los niveles de nitratos en el agua de la microcuenca del río Atulapa, son inferiores al límite máximo permisible establecido por la norma COGUANOR (10 mg/l). Los puntos que muestran niveles altos son Quebrada El Roble 2 (MCA 13) con 2.71 mg/l, Quebrada El Roble 1 (MCA 8) con 2.65 mg/l y Río Atulapa 6 (MCA 12) con 2.53 mg/l.

Gráfica 7. Resultados promedio de los niveles de nitratos en los puntos de control establecidos en la red hidrológica superficial de la microcuenca del río Atulapa, municipio de Esquipulas, 2014.



Fuente: Elaboración propia, (2014).

8.5.7. Sólidos disueltos totales

Los sólidos disueltos totales es una medida del contenido combinado de todas las sustancias inorgánicas y orgánicas contenidas en un líquido en forma molecular, es la sumatoria de los sólidos filtrables, disueltos y suspendidos. La COGUANOR, establece que el límite máximo aceptable –LMA- es de 500 mg/l y el límite máximo permisible –LMP- es de 1000 mg/l.

En el cuadro 22, se observan los niveles de sólidos disueltos totales en cada uno de los cuatro monitoreos realizados, que en promedio los niveles se encuentran entre 16.00 mg/l a 140.00 mg/l y al comparar los resultados de cada uno de los monitoreos el comportamiento es similar.

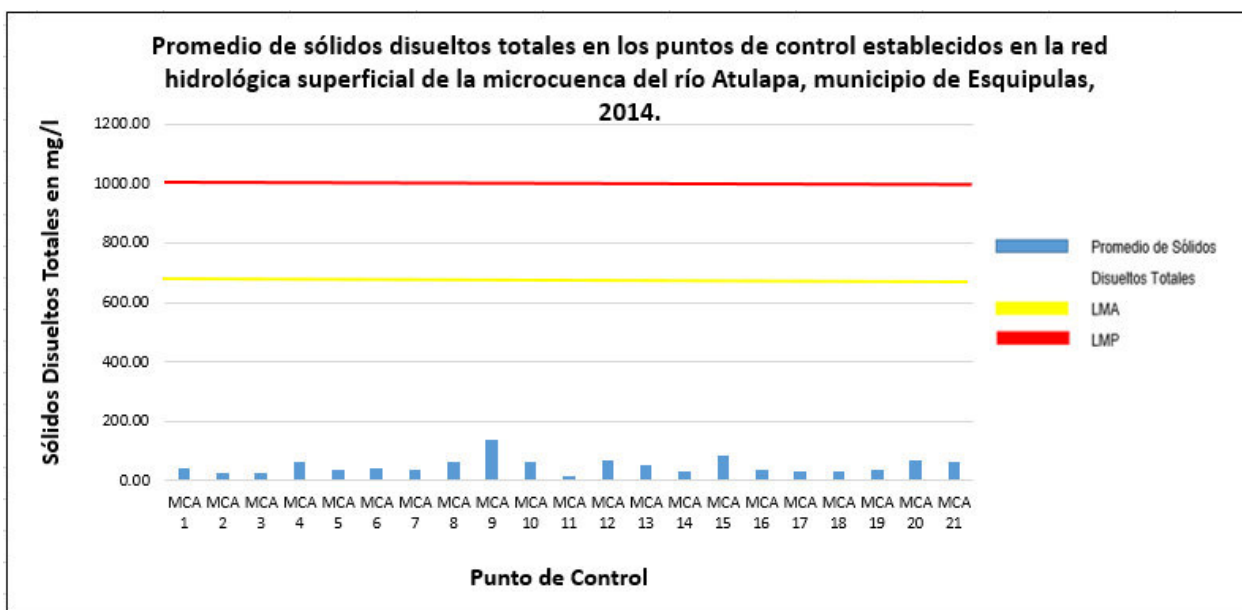
Cuadro 22. Resultados de sólidos disueltos totales en los puntos de control establecidos en la red hidrológica superficial de la microcuenca del río Atulapa, municipio de Esquipulas, 2014.

NO.	ID	PUNTO DE CONTROL	SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES EN (mg/l)				
			PRIMER MONITOREO	SEGUNDO MONITOREO	TERCER MONITOREO	CUARTO MONITOREO	PROMEDIO
			ENE 2013	ABR 2013	SEP 2013	ENE 2014	
1	MCA 1	Quebrada El Porvenir 1	---	---	---	40.00	40.00
2	MCA 2	Quebrada El Porvenir 2	---	---	---	28.00	28.00
3	MCA 3	Río Atulapa 1	24.83	29.12	26.69	24.19	26.21
4	MCA 4	Quebradona 1	---	---	---	64.00	64.00
5	MCA 5	Quebradona 2	31.74	42.21	33.18	33.12	35.06
6	MCA 6	Río Atulapa 2	40.06	72.22	31.49	31.49	43.82
7	MCA 7	Río Atulapa 3	34.69	46.05	32.93	32.93	36.65
8	MCA 8	Quebrada El Roble 1	93.02	52.61	48.42	50.21	61.07
9	MCA 9	Río Atulapa 4	---	---	---	140.00	140.00
10	MCA 10	Quebrada El Pescadero	89.00	56.75	35.55	68.00	62.32
11	MCA 11	Río Atulapa 5	---	---	---	16.00	16.00
12	MCA 12	Río Atulapa 6	95.03	78.53	48.92	52.00	68.62
13	MCA 13	Quebrada El Roble 2	66.75	52.58	47.10	47.68	53.53
14	MCA 14	Río Atulapa 7	28.22	32.77	29.86	28.06	29.73
15	MCA 15	Quebrada El Paxistal 1	90.23	67.99	38.77	140.00	84.25
16	MCA 16	Quebrada El Paxistal 2	39.39	42.94	37.15	33.47	38.24
17	MCA 17	Río Atulapa 8	30.85	30.85	33.02	29.88	31.15
18	MCA 18	Río Atulapa 9	31.20	38.56	33.66	29.98	33.35
19	MCA 19	Río Atulapa 10	28.86	44.96	44.96	32.13	37.73
20	MCA 20	Río Atulapa 11	34.24	45.18	45.18	160.00	71.15
21	MCA 21	Río Atulapa 12	34.37	49.76	49.76	124.00	64.47
Límite Máximo Aceptable - LMA- 500 mg/l			Límite Máximo Permisible - LMP - 1000 mg/l				
Nota: Los cuadros con guiones no presentan resultados, debido a que no se muestreó la fuente en esos monitoreos.							

Fuente: Elaboración propia, (2014).

En la gráfica 8, se observa de forma gráfica los resultados promedio de los sólidos disueltos totales, donde el agua de los diferentes puntos de control no tiene niveles mayores al límite máximo permisible (1000 mg/l) y al límite máximo aceptable (500 mg/l) establecidos por la norma COGUANOR.

Gráfica 8. Resultados promedio de sólidos disueltos totales en los puntos de control establecidos en la red hidrológica superficial de la microcuenca del río Atulapa, municipio de Esquipulas, 2014.



Fuente: Elaboración propia, (2014).

8.5.8. Turbidez

Se entiende por turbidez a la falta de transparencia de un líquido debido a la presencia de partículas en suspensión, entre más sólidos en suspensión haya en el líquido (en referencia al agua), más sucia parecerá ésta y por ende, más alta será la turbidez, que se asocia a altos niveles de microorganismos, que causan enfermedades como algunas bacterias, virus y parásitos. La turbidez es considerada una buena medida de la calidad del agua; se mide en unidades nefelométricas de transmitancia –NTU-.

Cuando la fuente de agua tiene niveles altos de turbidez, sus actividades fotosintéticas se ven perjudicadas, pues para realizarlas con normalidad se necesita en gran medida de la penetración de la luz; en contraste, las aguas turbias tienen una fotosíntesis mucho más débil, esto desencadena una serie de problemas como la disminución de la producción del fitoplancton, que es el conjunto de organismos acuáticos que tienen capacidad fotosintética y que viven dispersos.

En el cuadro 23, se muestran los resultados de los cuatro monitoreos realizados, se observa que el promedio se encuentra entre 0.50 NTU a 12.32 NTU.

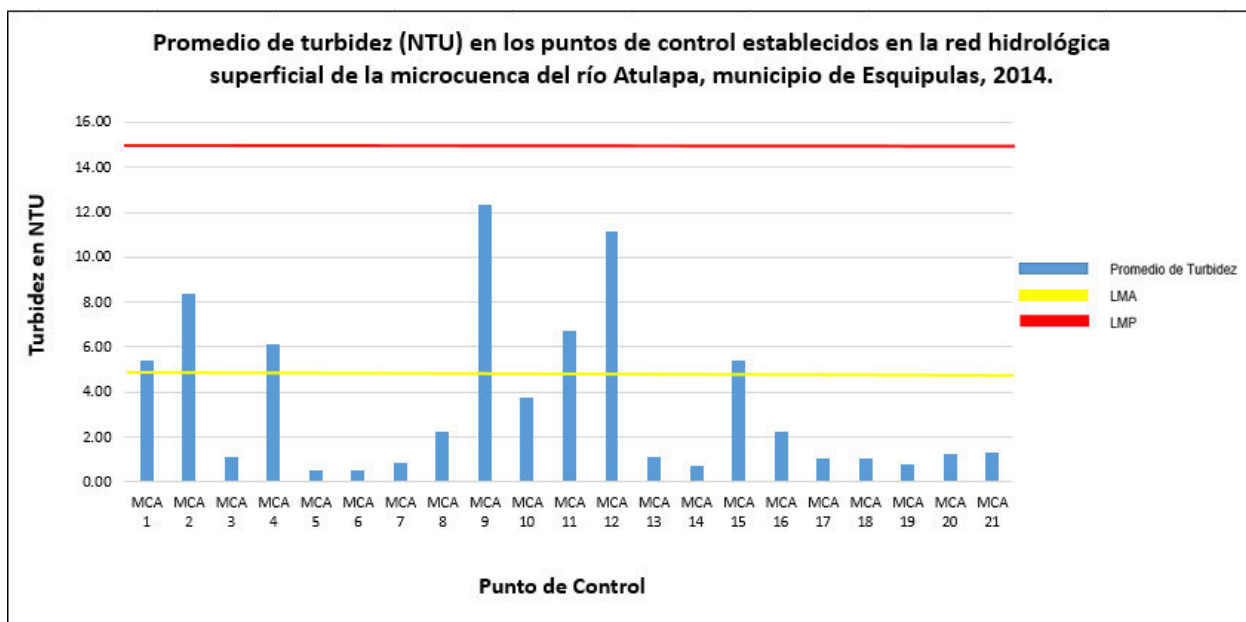
Cuadro 23. Resultados de la turbidez en los puntos de control establecidos en la red hidrológica superficial de la microcuenca del río Atulapa, municipio de Esquipulas, 2014.

NO.	ID	PUNTO DE CONTROL	TURBIDEZ EN NTU				
			PRIMER MONITOREO	SEGUNDO MONITOREO	TERCER MONITOREO	CUARTO MONITOREO	PROMEDIO
			ENE 2013	ABR 2013	SEP 2013	ENE 2014	
1	MCA 1	Quebrada El Porvenir 1	---	---	---	5.40	5.40
2	MCA 2	Quebrada El Porvenir 2	---	---	---	8.34	8.34
3	MCA 3	Río Atulapa 1	2.29	1.91	0.07	0.15	1.11
4	MCA 4	Quebradona 1	---	---	---	6.10	6.10
5	MCA 5	Quebradona 2	1.49	0.07	0.13	0.32	0.50
6	MCA 6	Río Atulapa 2	1.10	0.24	0.43	0.44	0.55
7	MCA 7	Río Atulapa 3	2.40	0.22	0.40	0.40	0.85
8	MCA 8	Quebrada El Roble 1	8.12	0.28	0.25	0.31	2.24
9	MCA 9	Río Atulapa 4	---	---	---	12.32	12.32
10	MCA 10	Quebrada El Pescadero	7.54	0.21	0.95	6.20	3.73
11	MCA 11	Río Atulapa 5	---	---	---	6.70	6.70
12	MCA 12	Río Atulapa 6	8.56	0.35	1.07	34.70	11.17
13	MCA 13	Quebrada El Roble 2	3.75	0.29	0.26	0.20	1.12
14	MCA 14	Río Atulapa 7	2.25	0.21	0.19	0.18	0.71
15	MCA 15	Quebrada El Paxistal 1	7.95	0.29	1.00	12.30	5.39
16	MCA 16	Quebrada El Paxistal 2	7.90	0.28	0.16	0.65	2.25
17	MCA 17	Río Atulapa 8	3.10	0.25	0.25	0.47	1.02
18	MCA 18	Río Atulapa 9	3.60	0.16	0.25	0.07	1.02
19	MCA 19	Río Atulapa 10	2.60	0.14	0.29	0.11	0.78
20	MCA 20	Río Atulapa 11	4.48	0.18	0.30	0.06	1.25
21	MCA 21	Río Atulapa 12	4.43	0.38	0.30	0.06	1.29
Límite Máximo Aceptable - LMA:- 5			Límite Máximo Permisible - LMP -: 15				
Nota: Los cuadros con guiones no presentan resultados, debido a que no se muestreó la fuente en esos monitoreos.							

Fuente: Elaboración propia, (2014).

En la gráfica 9, se observa que ninguno de los puntos de control, superan el límite máximo permisible (15 NTU), de acuerdo a la norma COGUANOR y la OMS. Sin embargo, los puntos que registraron niveles promedio altos son Río Atulapa 4 (MCA 9) con 12.32 NTU y Río Atulapa 6 (MCA 12) con 11.17 NTU.

Gráfica 9. Resultados promedio de la turbidez en los puntos de control establecidos en la red hidrológica superficial de la microcuenca del río Atulapa, municipio de Esquipulas, 2014.



Fuente: Elaboración propia, (2014).

Los puntos de control que muestran niveles de turbidez altos, probablemente se debe a que las muestras fueron recolectadas en el mes de enero, que es época de cosecha de café (la temporada fuerte de cosecha del cultivo dentro del área de estudio, va desde noviembre a enero de cada año). Probablemente el incremento de los valores de este parámetro se debe a que los subproductos del beneficiado sean vertidos a las fuentes de agua sin previo tratamiento, pues se encontraron en varias partes restos de pulpa de café; se observó que algunos beneficios de café tenían tuberías que conducían el agua miel al río.

8.5.9. Oxígeno disuelto (mg/l)

El oxígeno disuelto es uno de los parámetros de mayor importancia porque permite medir la cantidad de oxígeno gaseoso contenido en una solución; es uno de los parámetros de mayor influencia en la calidad del agua, pues admite la oxidación en los procesos de autodepuración, el oxígeno entra al agua por medio de la difusión del aire circulante a través de un movimiento rápido. Existen factores externos de los que depende la solubilidad del oxígeno, entre estos están la temperatura ambiente, porque entre más alta

es la temperatura en el agua, disminuye la solubilidad del oxígeno en la misma. Además tiene relación directa con los parámetros de la demanda biológica y química de oxígeno porque permite disminuir las demandas de oxígeno en el agua a través de la degradación de la materia orgánica.

En el cuadro 24, se muestran los resultados de oxígeno disuelto en cada uno de los monitoreos y de cada punto de control, en él se puede observar que los valores se encuentran entre 6.84mg/l a 8.46mg/l, para que exista calidad en el agua, se necesita una cantidad determinada de oxígeno disuelto, no menor a un 5 mg/l. Niveles adecuados de oxígeno, garantizan la existencia de formas de vida aeróbicas.

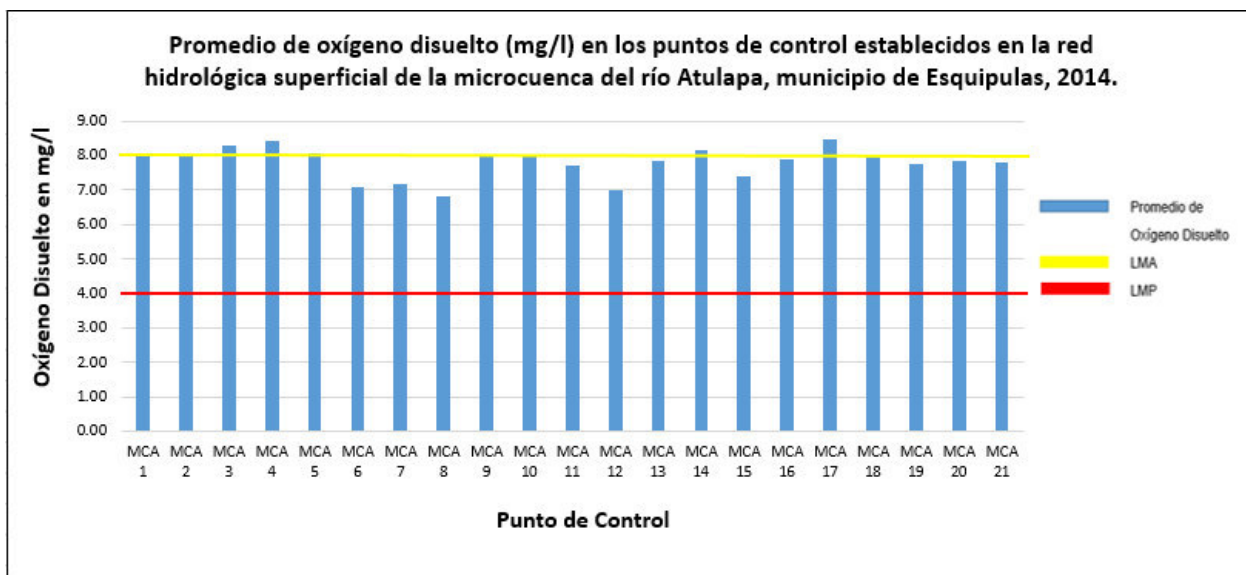
Cuadro 24. Resultados de oxígeno disuelto en los puntos de control establecidos en la red hidrológica superficial de la microcuenca del río Atulapa, municipio de Esquipulas, 2014.

NO.	ID	PUNTO DE CONTROL	OXÍGENO DISUELTO EN mg/l				
			PRIMER MONITOREO	SEGUNDO MONITOREO	TERCER MONITOREO	CUARTO MONITOREO	PROMEDIO
			ENE 2013	ABR 2013	SEP 2013	ENE 2014	
1	MCA 1	Quebrada El Porvenir 1	---	---	---	7.98	7.98
2	MCA 2	Quebrada El Porvenir 2	---	---	---	8.03	8.03
3	MCA 3	Río Atulapa 1	8.34	7.88	8.08	8.83	8.28
4	MCA 4	Quebradona 1	---	---	---	8.43	8.43
5	MCA 5	Quebradona 2	8.16	7.76	7.82	8.49	8.06
6	MCA 6	Río Atulapa 2	7.55	6.10	7.52	7.09	7.07
7	MCA 7	Río Atulapa 3	7.40	6.32	7.27	7.63	7.16
8	MCA 8	Quebrada El Roble 1	5.84	6.90	6.77	7.83	6.84
9	MCA 9	Río Atulapa 4	---	---	---	7.98	7.98
10	MCA 10	Quebrada El Pescadero	8.51	7.52	7.89	8.13	8.01
11	MCA 11	Río Atulapa 5	---	---	---	7.73	7.73
12	MCA 12	Río Atulapa 6	7.43	6.41	6.49	7.70	7.01
13	MCA 13	Quebrada El Roble 2	7.56	7.97	7.63	8.18	7.84
14	MCA 14	Río Atulapa 7	8.30	8.03	7.87	8.42	8.16
15	MCA 15	Quebrada El Paxistal 1	7.30	6.98	7.28	8.00	7.39
16	MCA 16	Quebrada El Paxistal 2	7.66	7.51	8.1	8.20	7.87
17	MCA 17	Río Atulapa 8	8.32	8.65	8.08	8.79	8.46
18	MCA 18	Río Atulapa 9	8.18	7.44	7.89	8.64	8.04
19	MCA 19	Río Atulapa 10	7.53	7.46	7.58	8.51	7.77
20	MCA 20	Río Atulapa 11	8.55	6.84	7.87	8.20	7.87
21	MCA 21	Río Atulapa 12	8.95	6.95	7.14	8.15	7.80
Límite Máximo Aceptable - LMA-: 8 mg/l			Límite Máximo Permisible - LMP -: 4 mg/l				
Nota: Los cuadros con guiones no presentan resultados, debido a que no se muestreó la fuente en esos monitoreos.							

Fuente: Elaboración propia, (2014).

En la gráfica 10, se observa que el agua de la red hidrológica del río Atulapa, presenta niveles de oxígeno disuelto superiores al límite máximo permisible y superior al límite máximo aceptable, lo cual indica que el agua tiene alto contenido de oxígeno en solución.

Gráfica 10. Resultados promedio de oxígeno disuelto en los puntos de control establecidos en la red hidrológica superficial de la microcuenca del río Atulapa, municipio de Esquipulas, 2014.



Fuente: Elaboración propia, (2014).

8.5.10. Porcentaje de saturación de oxígeno

El cuadro 25, muestra el porcentaje de saturación de oxígeno, en cada uno de los monitoreos realizados para cada uno de los puntos de control establecidos en la red hidrológica superficial de la microcuenca del río Atulapa y donde se observa que en promedio el porcentaje de saturación oscila entre 86.50% a 103.26%, lo cual demuestra el alto contenido de oxígeno en el agua de la corriente superficial del río Atulapa.

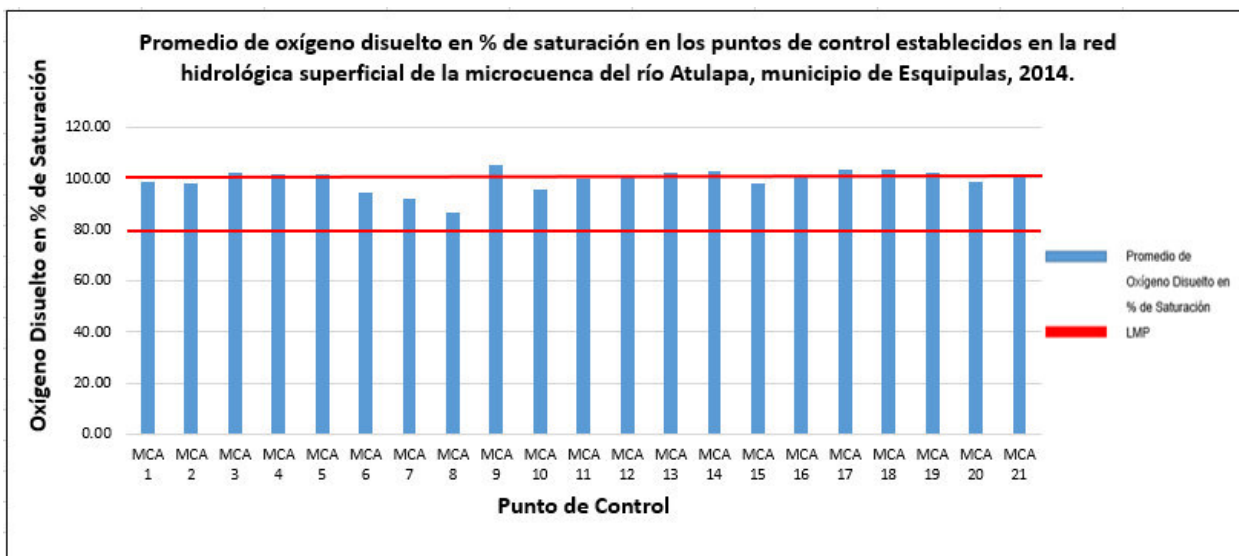
Cuadro 25. Resultados de oxígeno disuelto (% de SAT) en los puntos de control establecidos en la red hidrológica superficial de la microcuenca del río Atulapa, municipio de Esquipulas, 2014.

NO.	ID	PUNTO DE CONTROL	OXÍGENO DISUELTO EN PORCENTAJE DE SATURACIÓN				
			PRIMER	SEGUNDO	TERCER	CUARTO	PROMEDIO
			MONITOREO	MONITOREO	MONITOREO	MONITOREO	
			ENE 2013	ABR 2013	SEP 2013	ENE 2014	
1	MCA 1	Quebrada El Porvenir 1	---	---	---	98.43	98.43
2	MCA 2	Quebrada El Porvenir 2	---	---	---	97.88	97.88
3	MCA 3	Río Atulapa 1	103.30	101.45	102.60	100.70	102.01
4	MCA 4	Quebradona 1	---	---	---	101.78	101.78
5	MCA 5	Quebradona 2	102.25	101.50	102.10	100.65	101.63
6	MCA 6	Río Atulapa 2	96.40	80.25	100.15	100.15	94.24
7	MCA 7	Río Atulapa 3	93.25	82.30	96.40	96.40	92.09
8	MCA 8	Quebrada El Roble 1	72.95	89.55	89.55	93.95	86.50
9	MCA 9	Río Atulapa 4	---	---	---	105.08	105.08
10	MCA 10	Quebrada El Pescadero	109.73	88.23	84.68	99.98	95.66
11	MCA 11	Río Atulapa 5	---	---	---	99.85	99.85
12	MCA 12	Río Atulapa 6	93.01	100.02	111.53	100.81	101.34
13	MCA 13	Quebrada El Roble 2	99.10	108.10	101.80	100.45	102.36
14	MCA 14	Río Atulapa 7	103.60	103.75	102.75	101.20	102.83
15	MCA 15	Quebrada El Paxistal 1	90.99	98.11	101.49	102.43	98.26
16	MCA 16	Quebrada El Paxistal 2	100.10	102.00	102.01	99.55	100.92
17	MCA 17	Río Atulapa 8	104.55	104.55	102.55	101.35	103.25
18	MCA 18	Río Atulapa 9	105.90	102.50	102.95	101.70	103.26
19	MCA 19	Río Atulapa 10	101.50	102.50	102.20	102.70	102.23
20	MCA 20	Río Atulapa 11	103.80	94.40	94.80	101.50	98.63
21	MCA 21	Río Atulapa 12	109.45	95.40	95.40	102.05	100.58
Límite Máximo Aceptable - LMA- No registra.			Límite Máximo Permisible - LMP -: 80 - 100 mg/l				
Nota: Los cuadros con guiones no presentan resultados, debido a que no se muestreó la fuente en esos monitoreos.							

Fuente: Elaboración propia, (2014).

En la gráfica 11, muestra que los resultados promedio de porcentaje de saturación de oxígeno, donde se observa que el agua de los puntos de control establecidos es superior al límite máximo permisible.

Gráfica 11. Resultados promedio del oxígeno disuelto (% de SAT) en los puntos de control establecidos en la red hidrológica superficial de la microcuenca del río Atulapa, municipio de Esquipulas, 2014.



Fuente: Elaboración propia, (2014).

8.5.11. Demanda biológica de oxígeno DBO₅

La demanda biológica de oxígeno mide la cantidad de oxígeno consumido al degradar la materia susceptible de ser consumida u oxidada por medio biológicos que contiene la muestra recolectada, permite conocer el grado de contaminación. La DBO₅ muestra la cantidad de materia orgánica presente en el agua, representa la cantidad de oxígeno que se consumiría si las bacterias oxidarán toda la materia orgánica que existe. Normalmente se mide transcurridos cinco días de reacción y se expresa en mg/l.

Este estudio tiene como referente la norma COGUANOR y la OMS, pero dado que ninguna de estas establece un límite máximo aceptable ni permisible, se considerará la Norma Oficial Mexicana de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) en conjunto con la Comisión Nacional de Agua (CONAGUA).

En el cuadro 26, se observan los resultados promedio los cuales se encuentran entre 31.21 mg/l a 177.41 mg/l; los puntos de control que presentan niveles altos son Quebrada El Porvenir (MCA 2) con 177.41mg/l, Río Atulapa 4 (MCA 9) con 118.67mg/l y Quebrada El Porvenir 1 (MCA 1) con 114.76mg/l, es importante mencionar que el total de los puntos

de control monitoreados son superiores al límite máximo permisible según los establece la SEMARNAT y CONAGUA (30 mg/l).

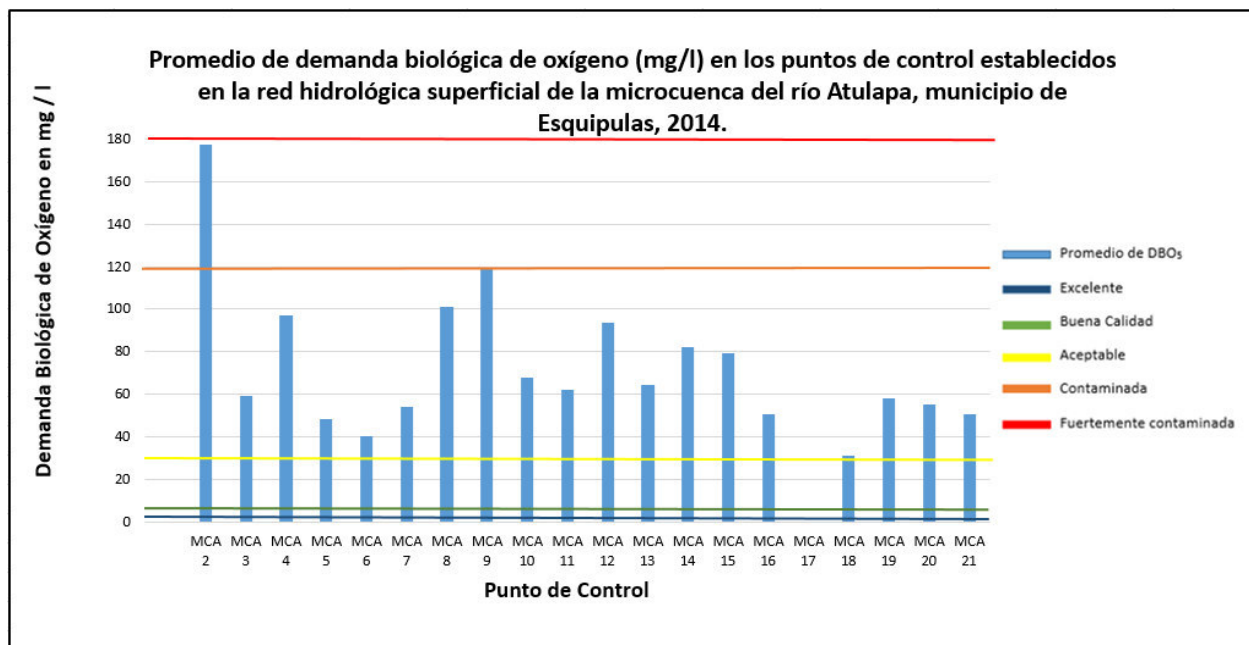
Cuadro 26. Resultados de la demanda biológica de oxígeno DBO5 en los puntos de control establecidos en la red hidrológica superficial de la microcuenca del río Atulapa, municipio de Esquipulas, 2014.

NO.	ID	PUNTO DE CONTROL	DEMANDA BIOLÓGICA DE OXÍGENO EN mg/l				
			PRIMER MONITOREO	SEGUNDO MONITOREO	TERCER MONITOREO	CUARTO MONITOREO	PROMEDIO
			ENE 2013	ABR 2013	SEP 2013	ENE 2014	
2	MCA 2	Quebrada El Porvenir 2	---	---	---	177.41	177.41
3	MCA 3	Río Atulapa 1	74.70	9.64	7.83	145.18	59.34
4	MCA 4	Quebradona 1	---	---	---	97.29	97.29
5	MCA 5	Quebradona 2	71.08	15.06	36.14	70.26	48.14
6	MCA 6	Río Atulapa 2	65.66	11.45	17.47	67.16	40.43
7	MCA 7	Río Atulapa 3	89.16	14.46	19.88	92.11	53.90
8	MCA 8	Quebrada El Roble 1	159.04	17.47	36.14	192.17	101.20
9	MCA 9	Río Atulapa 4	---	---	---	118.67	118.67
10	MCA 10	Quebrada El Pescadero	148.65	15.85	39.87	66.27	67.66
11	MCA 11	Río Atulapa 5	---	---	---	62.05	62.05
12	MCA 12	Río Atulapa 6	167.47	23.64	40.76	143.37	93.81
13	MCA 13	Quebrada El Roble 2	101.81	22.89	19.88	112.65	64.31
14	MCA 14	Río Atulapa 7	100.60	17.47	13.86	196.39	82.08
16	MCA 15	Quebrada El Paxistal 1	142.85	19.79	37.76	117.47	79.47
15	MCA 16	Quebrada El Paxistal 2	82.53	20.48	19.28	80.21	50.62
17	MCA 17	Río Atulapa 8	58.43	16.73	13.86	62.65	37.92
18	MCA 18	Río Atulapa 9	39.14	15.65	20.66	49.40	31.21
19	MCA 19	Río Atulapa 10	105.42	19.88	21.08	85.54	57.98
20	MCA 20	Río Atulapa 11	63.86	23.49	28.31	106.02	55.42
21	MCA 21	Río Atulapa 12	63.25	17.47	36.14	86.14	50.75
Límite Máximo Aceptable - LMA -: 30 mg/l			Límite Máximo Permissible - LMP -: No registra.				
Nota: Los cuadros en blanco no presentan resultados, debido a que no se muestreó la fuente en esos monitoreos.							

Fuente: Elaboración propia, (2014).

En la gráfica 12, se observa que el 95 % de los puntos de control establecidos se encuentran dentro de la clasificación de “agua aceptable” y únicamente el 5 % se encuentra en la clasificación de “agua fuertemente contaminada”. Es importante resaltar que los resultados promedio máximos se obtuvieron durante el primer y cuarto monitoreo, que es el mes en el que los caficultores se encuentran cosechando su producto.

Gráfica 12. Resultados de la demanda biológica de oxígeno DBO₅ en los puntos de control establecidos en la red hidrológica superficial de la microcuenca del río Atulapa, municipio de Esquipulas, 2014.



Fuente: Elaboración propia, (2014).

La causa de la elevación de los valores se debe probablemente al vertido de aguas mieles y pulpa de café, producto de las actividades del beneficiado húmedo de café.

8.5.12. Demanda química de oxígeno (DQO)

La demanda química de oxígeno DQO, es un parámetro que mide la cantidad de sustancias susceptibles de ser oxidadas por medios químicos que hay disueltas o en suspensión en una muestra líquida. Es un método aplicable en aguas de ríos, lagos o acuíferos, aguas negras, aguas pluviales o agua de cualquier procedencia que pueda contener una cantidad apreciable de materia orgánica.

La demanda química de oxígeno DQO, varía en función de las características de las materias presentes, de sus proporciones respectivas, de sus posibilidades de oxidación y de otras variables. El valor obtenido es siempre superior a la demanda biológica de oxígeno (aproximadamente, debe ser, el doble), ya que se oxidan por este método

también las sustancias no biodegradables. La relación entre los dos parámetros es indicativa de la calidad del agua.

Para la determinación de la demanda química de oxígeno DQO en la red hidrológica superficial de la microcuenca del río Atulapa, se utilizó los límites establecidos por la Norma Oficial Mexicana de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) en conjunto con la Comisión Nacional de Agua (CONAGUA).

En el cuadro 27, se muestran los resultados promedio de los cuatro monitoreos realizados a los puntos de control, en donde se determinó que se encuentran entre 32.70 mg/l a 201.03 mg/l. El punto de control que mostró niveles alto de demanda química de oxígeno DQO fue el punto Quebrada El Porvenir 2 (MCA 2) con 201.03 mg/l, seguido por los puntos de Quebrada El Porvenir 1 (MCA 1) con 120.00 mg/l y Río Atulapa 4 (MCA 9) con 120.64 mg/l.

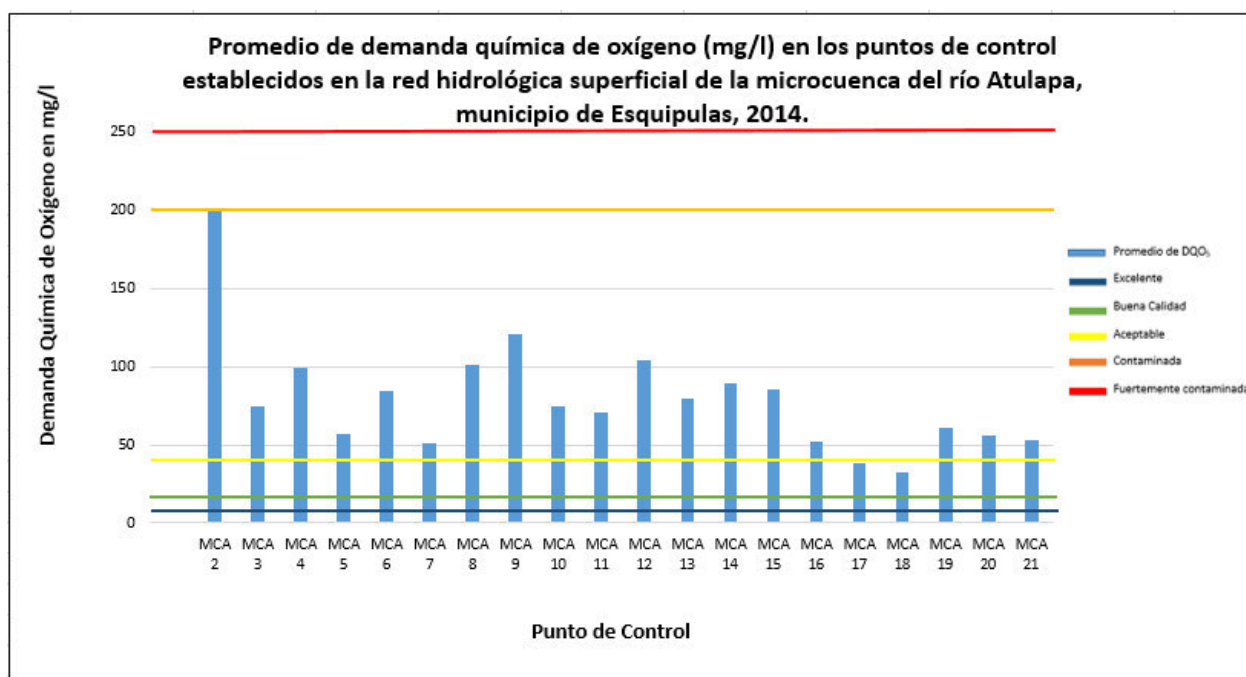
Cuadro 27. Resultados de la demanda química de oxígeno DQO en los puntos de control establecidos en la red hidrológica superficial de la microcuenca del río Atulapa, municipio de Esquipulas, 2014.

NO.	ID	PUNTO DE CONTROL	DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO EN mg/l				
			PRIMER MONITOREO	SEGUNDO MONITOREO	TERCER MONITOREO	CUARTO MONITOREO	PROMEDIO
			ENE 2013	ABR 2013	SEP 2013	ENE 2014	
2	MCA 2	Quebrada El Porvenir 2	---	---	---	201.03	201.03
3	MCA 3	Río Atulapa 1	103.00	57.32	27.49	109.72	74.38
4	MCA 4	Quebradona 1	---	---	---	99.47	99.47
5	MCA 5	Quebradona 2	74.38	25.68	46.90	81.27	57.06
6	MCA 6	Río Atulapa 2	102.00	72.41	38.25	126.90	84.89
7	MCA 7	Río Atulapa 3	67.33	15.01	21.03	99.72	50.77
8	MCA 8	Quebrada El Roble 1	163.74	20.52	23.90	195.31	100.87
9	MCA 9	Río Atulapa 4	---	---	---	120.64	120.64
10	MCA 10	Quebrada El Pescadero	165.29	20.30	44.72	70.00	75.08
11	MCA 11	Río Atulapa 5	---	---	---	71.04	71.04
12	MCA 12	Río Atulapa 6	179.41	32.11	50.26	153.55	103.83
13	MCA 13	Quebrada El Roble 2	138.44	24.84	26.93	129.59	79.95
14	MCA 14	Río Atulapa 7	108.20	22.84	21.66	203.45	89.04
15	MCA 15	Quebrada El Paxistal 1	149.02	28.49	38.91	125.41	85.46
16	MCA 16	Quebrada El Paxistal 2	83.75	21.65	20.58	81.00	51.75
17	MCA 17	Río Atulapa 8	59.32	17.51	14.00	63.42	38.56
18	MCA 18	Río Atulapa 9	40.52	17.04	22.29	50.95	32.70
19	MCA 19	Río Atulapa 10	112.81	20.62	23.82	86.04	60.82
20	MCA 20	Río Atulapa 11	64.28	23.77	29.27	108.38	56.43
21	MCA 21	Río Atulapa 12	64.01	19.59	38.81	89.66	53.02
10 < DQO <= 20 : Buena Calidad			20 < DQO <= 40 : Aceptable		40 < DQO <= 200 : Contaminada		
Nota: Los cuadros en blanco no presentan resultados, debido a que no se muestreó la fuente en esos monitoreos.							

Fuente: Elaboración propia, (2014).

En la gráfica 13, se muestra que únicamente el 10 % de los puntos de control establecidos, están en la categoría de “agua de buena calidad”; el 85 % se encuentra en la clasificación de “agua contaminada”; un 5 % de las muestras se encuentra en la categoría de “agua fuertemente contaminada”. Es importante mencionar que en algunos de esos puntos, se observaron restos de pulpa de café depositada en la orilla del río, como por ejemplo el punto CMA9.

Gráfica 13. Resultados promedio de la demanda química de oxígeno DQO en los puntos de control establecidos en la red hidrológica superficial de la microcuenca del río Atulapa, municipio de Esquipulas, 2014.



Fuente: Elaboración propia, (2014).

Los resultados promedio del parámetro de demanda química de oxígeno DQO, son aún más elevados que la demanda biológica de oxígeno DBO₅, porque además de la materia orgánica existente en la muestra de agua recolectada, también se oxidaron las sustancias no biodegradables.

8.5.13. Parámetros microbiológicos

Determinar la presencia de coliformes fecales es uno de los objetivos de este estudio, el cual permite conocer la contaminación provocada por las actividades realizadas diariamente por el hombre dentro del área de estudio.

a) Coliformes fecales

Se les denomina coliformes fecales a las bacterias provenientes de intestinos de seres humanos y de animales de sangre caliente, que al estar en contacto con el agua la contaminan por medio de la expansión de las heces fecales.

En el cuadro 28, se pueden observar los resultados de las muestras obtenidas durante los cuatro monitoreos realizados en la red hidrológica superficial de la microcuenca del río Atulapa, en donde se obtuvieron niveles mayores de 23 NMP/100 ml de agua. COGUANOR y la OMS, establecen que el límite máximo permisible, debe ser 0 mg/l.

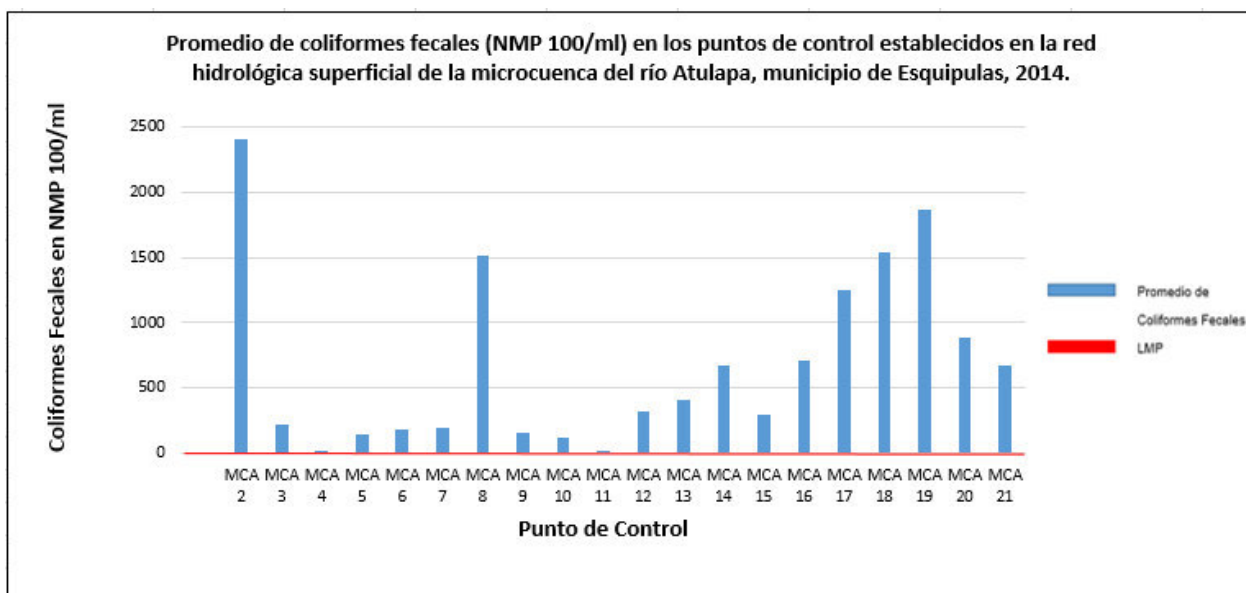
Cuadro 28. Resultado de coliformes fecales en los puntos de control establecidos en la red hidrológica superficial de la microcuenca del río Atulapa, municipio de Esquipulas, 2014.

NO.	ID	PUNTO DE CONTROL	COLIFORMES FECALES NMP/100 ml				
			PRIMER MONITOREO	SEGUNDO MONITOREO	TERCER MONITOREO	CUARTO MONITOREO	PROMEDIO
			ENE 2013	ABR 2013	SEP 2013	ENE 2014	
2	MCA 2	Quebrada El Porvenir 2	---	---	---	2400	2400.00
3	MCA 3	Río Atulapa 1	93	93	240	460	221.50
4	MCA 4	Quebradona 1	---	---	---	23	23.00
5	MCA 5	Quebradona 2	240	43	240	43	141.50
6	MCA 6	Río Atulapa 2	460	4	150	93	176.75
7	MCA 7	Río Atulapa 3	150	93	460	93	199.00
8	MCA 8	Quebrada El Roble 1	2400	1100	150	2400	1512.50
9	MCA 9	Río Atulapa 4	---	---	---	150	150.00
10	MCA 10	Quebrada El Pescadero	150	93	150	93	121.50
11	MCA 11	Río Atulapa 5	---	---	---	23	23.00
12	MCA 12	Río Atulapa 6	210	460	460	150	320.00
13	MCA 13	Quebrada El Roble 2	460	28	1100	43	407.75
14	MCA 14	Río Atulapa 7	93	20	2400	150	665.75
16	MCA 15	Quebrada El Paxistal 1	210	460	460	43	293.25
15	MCA 16	Quebrada El Paxistal 2	2400	210	150	93	713.25
17	MCA 17	Río Atulapa 8	93	93	2400	2400	1246.50
18	MCA 18	Río Atulapa 9	240	2400	1100	2400	1535.00
19	MCA 19	Río Atulapa 10	240	2400	2400	2400	1860.00
20	MCA 20	Río Atulapa 11	240	1100	1100	1100	885.00
21	MCA 21	Río Atulapa 12	4	2400	170	93	666.75
Valor de referencia: 0 (ausencia)							
Nota: Los cuadros en blanco no presentan resultados, debido a que no se muestreó la fuente en esos monitoreos.							

Fuente: Elaboración propia, (2014).

En la gráfica 14, se muestran los resultados promedio obtenidos en este parámetro, los cuales muestran que el 100 % de las muestras analizadas tienen presencia de coliformes fecales.

Gráfica 14. Resultados promedio de coliformes fecales en los puntos de control establecidos en la red hidrológica superficial de la microcuenca del río Atulapa, municipio de Esquipulas, 2014.



Fuente: Elaboración propia, (2014).

Los puntos de control establecidos en la red hidrológica superficial de la microcuenca del río Atulapa, muestra niveles de coliformes fecales superiores al límite máximo permisible, establecido por la norma COGUANOR y la OMS, lo cual probablemente, se debe a que dentro del área, se encuentran casas establecidas, las cuales no cuentan con un sistema de tratamiento de aguas negras; además, dentro de la microcuenca se realizan actividades pecuarias, lo que incrementa los valores de coliformes fecales en las muestras.

8.6. Influencia de las agua residuales (aguas mieles) sobre la red hidrológica superficial del río Atulapa

Para determinar la influencia de la contaminación que ejercen las aguas producto del beneficiado húmedo de café y subproductos como la pulpa en fuentes de agua, es necesario definir, la composición físico-química de las aguas mieles, la cual según el “diagnóstico municipal cuenca río Atulapa, año 2005”, se determinó que su composición es: nitrógeno 1.50 – 1.75 %; fósforo 0.10 – 0.20 %; potasio 2.50 – 5.50 %; calcio 0.40 – 0.50 %; magnesio 0.07 – 0.12 %.

Con base a la información se determinaron los parámetros más importantes a considerar en el análisis sobre la red hidrológica superficial del río Atulapa, siendo los más relevantes los de demanda biológica de oxígeno DBO_5 y demanda química de oxígeno DQO, son los que permiten determinar la cantidad de materia orgánica biodegradable (DBO_5) y no biodegradable (DQO), que ingresa por aguas residuales. Durante el desarrollo del estudio, se identificaron dos fuentes de contaminación por aguas residuales: aguas grises, producto de actividades domésticas y aguas mieles, producto del beneficiado húmedo de café.

En el estudio se consideraron los límites establecidos por la Norma Oficial Mexicana de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) en conjunto con la Comisión Nacional de Agua (CONAGUA) de México.

En el cuadro 29, se detalla la clasificación de la calidad del agua para los parámetros de demanda biológica de oxígeno DBO_5 y demanda química de oxígeno DQO, donde se observa que el punto de control Quebrada El Porvenir 2 (MCA 2), se encuentra en la categoría de “agua fuertemente contaminada” en ambos parámetros, el resto de los puntos de control se encuentran en la categoría de “agua contaminada” para los dos parámetros según lo establece la SEMARNAT y CONAGUA de México.

Para el análisis de los resultados de cada uno de los puntos de control establecidos en la red hidrológica superficial de la microcuenca del río Atulapa y para una mejor comprensión de estos, fue necesario realizarlos de acuerdo a las divisiones de la parte alta, media y baja de la microcuenca del río Atulapa.

Cuadro 29. Clasificación de la calidad del agua con base a la demanda biológica de oxígeno DBO₅ y demanda química de oxígeno DQO, en la parte alta de la red hidrológica superficial de la microcuenca del río Atulapa, municipio de Esquipulas, 2015.

NO.	PUNTOS DE CONTROL		DBO5 mg/l	CALIDAD DEL AGUA	DQO mg/l	CALIDAD DEL AGUA
	ID	NOMBRE				
1	MCA 1	Quebrada El Porvenir 1	114.76	Contaminada	120.00	Contaminada
2	MCA 2	Quebrada El Porvenir 2	177.41	Fuertemente Contaminada	201.03	Fuertemente Contaminada
3	MCA 3	Río Atulapa 1	59.34	Contaminada	74.38	Contaminada
4	MCA 4	Quebradona 1	97.29	Contaminada	99.47	Contaminada
5	MCA 5	Quebradona 2	48.14	Contaminada	57.06	Contaminada
6	MCA 6	Río Atulapa 2	40.43	Contaminada	84.89	Contaminada
7	MCA 7	Río Atulapa 3	53.90	Contaminada	50.77	Contaminada
8	MCA 8	Quebrada El Roble 1	101.20	Contaminada	100.87	Contaminada

Fuente: Elaboración propia, 2015.

Es importante indicar que la cantidad de beneficios establecidos en esta área es de 8; los pobladores de la parte alta de la red hidrológica superficial de la microcuenca del río Atulapa, realizan el despulpado de café únicamente para su propio consumo, relativamente son pocos los quintales despulpados, de igual manera, el agua miel producto del proceso de despulpado es vertida directamente al río o a quebradas sin ningún tipo de tratamiento. Como se observa en los resultados, algunos puntos que tienen valores más elevados que el resto, probablemente se debe a dos factores: que la cantidad de café despulpada es mayor en unos que en otros, o que la distancia entre los puntos es bastante, lo que da lugar a que el agua se purifique en el recorrido de uno a otro.

En la parte media de la microcuenca, el número de beneficios es de 8 que se encuentran activos.

En el cuadro 30, de acuerdo a los resultados en la parte media de la microcuenca del río Atulapa, se muestra que en los parámetros de demanda biológica de oxígeno DBO₅ y demanda química de oxígeno DQO la totalidad de los puntos de control se encuentran en la categoría de “agua contaminada” según los establece la SEMARNAT y COGUANOR de México.

Cuadro 30. Demanda biológica de oxígeno DBO₅ y demanda química de oxígeno DQO obtenida en la parte media de la red hidrológica superficial de la microcuenca del río Atulapa, municipio de Esquipulas, 2015.

NO.	PUNTOS DE CONTROL		DBO5 mg/l	CALIDAD DEL AGUA	DQO mg/l	CALIDAD DEL AGUA
	ID	NOMBRE				
1	MCA 9	Río Atulapa 4	118.67	Contaminada	120.64	Contaminada
2	MCA 10	Quebrada El Pescadero	67.66	Contaminada	75.08	Contaminada
3	MCA 11	Río Atulapa 5	62.05	Contaminada	71.04	Contaminada
4	MCA 12	Río Atulapa 6	93.81	Contaminada	103.83	Contaminada
5	MCA 13	Quebrada El Roble 2	64.31	Contaminada	79.95	Contaminada
6	MCA 14	Río Atulapa 7	82.08	Contaminada	89.04	Contaminada
7	MCA 15	Quebrada El Paxistal 1	79.47	Contaminada	85.46	Contaminada
8	MCA 16	Quebrada El Paxistal 2	50.62	Contaminada	51.75	Contaminada

Fuente: Elaboración propia, (2015).

En la parte media de la microcuenca, el número de productores aumenta significativamente, por ende los puntos de descarga son más. Aunque algunos productores cuentan con sistemas de tratamiento de aguas mieles que generan, hay algunas que no se dan abasto y se observa que rebalsan sus aguas, las cuales por la pendiente llegan a la red superficial del río; otras, en cambio, aunque se den abasto, se encuentran muy cercanas a la fuente de agua, lo que permite también la contaminación por la infiltración de estas.

Otro subproducto generado en el beneficiado es la pulpa de café, la cual es común observar depositada a orillas del río y quebradas; otros productores depositan la pulpa

en sus terrenos (sin ningún manejo), y por acción de la escorrentía la pulpa es llevada a las fuentes de agua. Los puntos de descarga no tienen el suficiente espaciamiento, lo que no permite la autodepuración del agua. Lo mencionado anteriormente, permite hacer una clasificación de “agua contaminada” de la parte media de la microcuenca.

La parte baja de la microcuenca, reúne las características más propicias para realizar la actividad de beneficiado húmedo.

En el cuadro 31, se detallan los resultados obtenidos en la parte baja de la microcuenca del río Atulapa en los parámetros de demanda biológica de oxígeno DBO₅ y demanda química de oxígeno DQO, en donde la mayoría de los puntos de control se encuentran en la categoría de “agua contaminada” para ambos parámetros, a excepción de los puntos de control del Río Atulapa 8 (MCA 17) y Río Atulapa 9 (MCA 18) que se encuentran en la categoría de “agua aceptable” en el parámetro de demanda química de oxígeno DQO.

Cuadro 31. Demanda biológica de oxígeno DBO₅ y demanda química de oxígeno DQO obtenida en la parte baja de la red hidrológica superficial de la microcuenca del río Atulapa, municipio de Esquipulas, 2015.

NO.	PUNTOS DE CONTROL		DBO ₅ mg/l	CALIDAD DEL AGUA	DQO mg/l	CALIDAD DEL AGUA
	ID	NOMBRE				
1	MCA 17	Río Atulapa 8	37.92	Contaminada	38.56	Aceptable
2	MCA 18	Río Atulapa 9	31.21	Contaminada	32.70	Aceptable
3	MCA 19	Río Atulapa 10	57.98	Contaminada	60.82	Contaminada
4	MCA 20	Río Atulapa 11	55.42	Contaminada	56.43	Contaminada
5	MCA 21	Río Atulapa 12	50.75	Contaminada	53.02	Contaminada

Fuente: Elaboración propia, (2015).

En la parte más baja del área de estudio, el número de productores no disminuye mucho, en comparación a los de la parte media, y la calidad del agua muestra que el 40 % de los puntos ubicados en esta área se encuentran en la categoría de “agua aceptable” y el 60 % restante, es considerado, según SEMARNAT y CONAGUA, como “agua contaminada”.

Durante la realización del estudio se identificaron algunos beneficios húmedos de café, que realizan la actividad de despulpado en grandes escalas, estos son más tecnificados, lo que contribuye con la disminución del impacto negativo que los subproductos del café generan. Es importante resaltar, que uno de estos beneficios tiene su área de descarga del agua miel inmediata al río, debido a la infiltración, es notoria la influencia de esta en la calidad del agua.

Además, se identificaron algunos parques turísticos en la parte baja de la microcuenca del río Atulapa, cuyos puntos de control establecidos en esta área muestran un incremento en los valores obtenidos, probablemente, esté relacionado con el manejo que se brinda a las aguas grises, resultado de las actividades de recreación.

En términos generales, según los análisis de laboratorio sobre los parámetros fisicoquímicos, los cuales se encontraron dentro del límite máximo aceptable según la norma COGUANOR y OMS de agua para consumo humano, se determinó que el agua en los distintos puntos de la red hidrológica superficial de la microcuenca del río Atulapa, no representan ningún daño para la salud; entre tanto lo demostrado por los análisis bacteriológicos realizados, los cuales mostraban la presencia de varias colonias de coliformes fecales, determinan que no son aguas aptas para consumo humano.

Con base a los resultados obtenidos, principalmente en los parámetros de demanda biológica de oxígeno DBO_5 y demanda química de oxígeno DQO, se determina que si existe contaminación de la red hidrológica superficial de la microcuenca del río Atulapa, en donde las principales causas de contaminación han sido generadas por los subproductos del beneficiado húmedo de café, realizado por los productores que se encuentran establecidos dentro del área.

De acuerdo a la norma oficial mexicana de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) en conjunto con la Comisión Nacional de Agua (CONAGUA), la contaminación de la red hidrológica superficial ocurre cuando se encuentran niveles superiores a 30 mg/l de demanda biológica de oxígeno DBO_5 y 40 mg/l de demanda química de oxígeno DQO.

En el cuadro 32, se puede observar la clasificación de la calidad el agua que realiza la Norma Oficial Mexicana de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y la Comisión Nacional de Agua (CONAGUA) de México, para el parámetro de demanda biológica de oxígeno DBO₅.

Cuadro 32. Clasificación de demanda biológica de oxígeno DBO₅ según SEMARNAT, México.

CRITERIO mg/l	CLASIFICACIÓN	COLOR
DBO ₅ ≤ 3	<u>Excelente</u> : No contaminada.	
3 < DBO ₅ ≤ 6	<u>Buena calidad</u> : Aguas superficiales con bajo contenido de materia orgánica biodegradable.	
6 < DBO ₅ ≤ 30	<u>Aceptable</u> : Con indicio de contaminación. Aguas superficiales con capacidad de autodepuración o con descargas de aguas residuales tratadas biológicamente.	
30 < DBO ₅ ≤ 120	<u>Contaminada</u> : Aguas superficiales con descargas de aguas residuales crudas, principalmente de origen municipal.	
DBO ₅ > 120	<u>Fuertemente contaminada</u> : Aguas superficiales con fuerte impacto de descargas de aguas residuales crudas municipales y no municipales.	

Fuente: CONAGUA, 2007.

En el cuadro 33, se observa la clasificación de la calidad el agua que realiza la Norma Oficial Mexicana de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y la Comisión Nacional de Agua (CONAGUA) de México, para el parámetro de demanda química de oxígeno DQO.

Cuadro 33. Clasificación de demanda química de oxígeno DQO según SEMARNAT, México.

CRITERIO mg/l	CLASIFICACIÓN	COLOR
$DQO \leq 10$	<u>Excelente</u> : No contaminada.	Blue
$10 < DQO \leq 20$	<u>Buena calidad</u> : Aguas superficiales con bajo contenido de materia orgánica biodegradable y no biodegradable.	Green
$20 < DQO \leq 40$	<u>Aceptable</u> : Con indicio de contaminación. Aguas superficiales con capacidad de autodepuración o con descargas de aguas residuales tratadas biológicamente.	Yellow
$40 < DQO \leq 200$	<u>Contaminada</u> : Aguas superficiales con descargas de aguas residuales crudas, principalmente de origen municipal.	Orange
$DQO > 200$	<u>Fuertemente contaminada</u> : Aguas superficiales con fuerte impacto de descargas de aguas residuales crudas municipales y no municipales.	Red

Fuente: CONAGUA, 2007.

8.7. Caudales del río Atulapa

Según Mota (2010), el aforo es la medición o determinación del caudal de una corriente. El caudal es la cantidad (volumen) de agua que pasa en la unidad de tiempo. De acuerdo a Suriano (2003), en los últimos catorce años la lluvia, en el municipio de Esquipulas, ha disminuido considerablemente, en los primeros siete años, se estimó una precipitación promedio anual de 1760 mm, mientras que para los últimos siete años es de 1570 mm; esta disminución se debe a los efectos del cambio climático, que ha dejado como resultado suelos erosionados, pues la humedad en ellos es menos cada año transcurrido. Para el año 2014, la precipitación disminuyó aún más, como efecto del fenómeno del niño, lo que provocó una sequía prolongada en la región, esto se ha manifestado en la baja de los caudales en las dos épocas (lluviosa y seca).

En este estudio, se llevaron a cabo dentro de la microcuenca, aforos para medir el caudal del río en época seca y en época de lluvia, para lo que se utilizó el método del flotador en su corriente principal.

En el cuadro 34, se observa el resultado del aforo realizado, se presenta el caudal en litros por minuto (l/s) y metros cúbicos por hora (m³/s).

Cuadro 34. Resultados del caudal del río Atulapa en litros por segundo y metros cúbicos por segundo.

PUNTO DE AFORO	ALTITUD (MSNM)	UBICACIÓN	ENERO		JUNIO	
			l/s	m ³ /s	l/s	m ³ /s
68221 - 1610702	890	Aldea Atulapa	120.00	0.12	3120.00	3.12

Fuente: Elaboración propia (2015).

En el cuadro anterior se observa que la disponibilidad del recurso hídrico superficial de la microcuenca del río bajo estudio, en la época de lluvia se incrementa, debido a la intensidad y duración de la precipitación pluvial que existe en el área, sobre la parte alta de la microcuenca existen varias quebradas que alimentan el cauce principal del río, siendo estas La Quebradona, Quebrada Cruz de Piedra y la Quebrada del Río de la Arada, que durante la época seca aportan aproximadamente 52 litros por segundo y en la época de lluvia aportan 583 litros por segundo, seguido a estas quebradas se encuentra la Quebrada Duraznal que aporta junto con la Quebrada de Las Minas unos 54 litros por segundo durante la época seca y 1,000 litros por segundo en la época lluviosa (Fong, 2010). Con base a esta información, se logra determinar que el río Atulapa, tiene un caudal promedio de 113.30 litros por segundo durante la época seca y 1,860 litros por segundo en la época lluviosa cuando este llega a la parte llamada El Paso, cabe mencionar que en el tramo comprendido entre El Paso y La Planta, se encuentran ubicadas las presas municipales de donde se logra abastecer de agua al casco municipal de Esquipulas, por lo tanto, durante la época seca se ve un leve descenso en el caudal del río de unos 8 a 15 litros por segundo, en cambio en la época de lluvia, el impacto es menor, pero el caudal se mantiene un tanto constante, al llegar al punto de aforo, el caudal del río Atulapa es de unos 120 litros por segundo en época seca y de unos 3,120 en época lluviosa.

Es necesario mencionar que la época de corte del café dentro de esta área comienza a mediados de noviembre y concluye hasta el mes de marzo, lo cual implica una demanda

muy alta de agua para el proceso de beneficiado húmedo que se da en distintos beneficios artesanales alrededor del río Atulapa y sus quebradas. El proceso de beneficiado húmedo del café (ANACAFE 2007) en beneficios artesanales demanda aproximadamente 2,500 litros de agua por quintal de Café en Pergamino, este impacto se ve reflejado en el bajo caudal que lleva el río en esta época, ya que la mayoría de estos beneficios artesanales se abastecen de agua de manantiales y muchas veces del mismo caudal del río.

8.8. Lineamientos generales para el manejo de la aguas mieles en la microcuenca del río Atulapa

En la actualidad, la red hidrológica de la microcuenca del río Atulapa, tiene la influencia de aguas residuales grises, aguas negras y de subproductos del café como agua miel y pulpa; estas prácticas realizadas inadecuadamente, contribuyen con el deterioro de los ecosistemas; por lo tanto es necesario realizar acciones que conlleven a la protección de sus recursos naturales.

8.8.1. Aplicación del marco legal

La microcuenca del río Atulapa es de gran importancia para el casco urbano de Esquipulas, porque abastece de agua potable a la población de la ciudad de y comunidades vecinas.

El área de estudio se encuentra dentro de un área protegida nombrada por el CONAP, como Reserva de Biósfera La Fraternidad, cuenta con un 11% de su área ubicada en la zona natural de reserva de la biósfera triffinio y un 30% de su área en la zona de amortiguamiento. Por lo anterior, es necesario implementar, divulgar y dar cumplimiento a las reglas que establece la ley de Áreas Protegidas (Decreto Número 4-89) en donde en su **ARTÍCULO 13, fuentes de agua**, se prioriza el programa Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas (SIGAP), y se crea el subsistema de conservación de los bosques pluviales, de tal manera asegurar un suministro de agua constante y de aceptable calidad para la comunidad guatemalteca.

La microcuenca del río Atulapa, se encuentra respaldada por el convenio trinacional de los países de Guatemala, El Salvador y Honduras, lo que se encuentra fundamentado en el **ARTÍCULO 17, áreas protegidas fronterizas**, en donde nace el Plan Trifinio, que en la actualidad es un ente de carácter interinstitucional que tiene como objetivo el diseñar y ejecutar programas y proyectos con enfoque en el cuidado y protección de bosques y cuencas, con especies nativas de la región y la implementación de sistemas de agua potable, todas estas con enfoque al cuidado de la reserva de biósfera.

En su **ARTÍCULO 18, Planes maestros y operativos**, se contempla la creación de planes de manejo que serán autorizados por el SIGAP, este tiene como propósito el regular las acciones que se realizan dentro del área para proteger los recursos naturales con los que cuenta. Todos los planes maestros y operativos deben ser registrados, aprobados y supervisados por la secretaría del CONAP para verificar que se cumple con los propósitos de conservación de la ley.

Es obligación para toda empresa pública o privada que deseen desarrollar actividades comerciales, industriales, turísticas, pesqueras, forestales o agropecuarias dentro del área protegida, celebrar un mutuo acuerdo con el CONAP, según lo establece el **Artículo 20, actividades dentro de las áreas protegidas**, en ese contrato se establecerán las condiciones y normas de operación determinadas por un estudio de impacto ambiental, presentado por el interesado al CONAP, el cual con su opinión lo remitirá a la Comisión Nacional del Medio Ambiente para su evaluación

El Reglamento de las Descargas y Reúso de Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos (Acuerdo Gubernativo No. 236-2006), es uno de los acuerdos más importantes, pues es uno de los normativos que mayor impacto tendrían en el momento de aplicarse dentro del área de estudio, en gran parte, los subproductos de café como el agua miel y la pulpa son los que mayor impacto negativo generan en la red hidrológica superficial de la microcuenca del río Atulapa.

Con base al análisis realizado del marco legal, es evidente la falta de aplicación de las herramientas legales que permitan la protección de los recursos naturales. Una debilidad

en torno al tema jurídico es la poca divulgación de las leyes nacionales vigentes y su aplicabilidad. Otra deficiencia, es la poca presencia institucional de los entes que deben hacer cumplir dichas leyes, entre ellos se encuentra el Instituto Nacional de Bosques (INAB), Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN), Policial Nacional Civil (PNC), Ministerio Público (MP).

Es importante la implementación, divulgación y cumplimiento del marco legal, que permita regular de manera adecuada las acciones antrópicas, en este caso, dentro del área de la microcuenca del río Atulapa.

8.8.2. Realización de auditorías ambientales

Es necesario que exista un ente que se encargue de la realización de auditorías ambientales, las cuales tengan como objetivo informar acerca de los logros y limitaciones de la gestión ambiental del Estado y formular las correspondientes observaciones y/o recomendaciones, encaminadas a lograr el mejoramiento institucional y propiciar un desarrollo sostenible. De igual manera debe verificar el cumplimiento de las normas, políticas, planes y proyectos o actividades en relación con el medio ambiente.

Los resultados de la auditoría ambiental deben construir un instrumento que promueva, si es el caso, las sanciones económicas, administrativas, civiles y penales a los entes públicos y/o privados responsables de la contaminación y el deterioro del medio ambiente y los recursos naturales.

8.8.3. Implementar el monitoreo de la calidad del agua

El objetivo será mantener un control en la calidad del agua y regular las acciones que se realizan dentro del proceso de beneficiado del café. Debe ser un sistema de monitoreo constante que permita la divulgación de la información de la calidad de la red hidrológica del río Atulapa, que estén relacionados con un conjunto de indicadores que permitan la evaluación y verificación permanente continua y sistemática de los efectos e impactos que las actividades antrópicas desarrolladas dentro del área de estudio tienen sobre la calidad del agua. Los parámetros que deben ser priorizados son la demanda biológica de oxígeno DBO₅ y la demanda química de oxígeno DQO, pues permiten realizar una

comparación entre los puntos de control establecidos que determine la influencia que los subproductos del beneficiado tienen sobre la calidad del agua. Es importante contemplar monitoreos en época de operación de los beneficios húmedos de café, y monitoreos en la época en la que no operan.

8.8.4. Implementar sistemas de captación, almacenamiento y aprovechamiento de agua de lluvia con productores de café

Según la información recabada, dentro de la microcuenca existen 170 productores de café, los cuales en años anteriores han realizado el proceso de beneficiado, en la actualidad, dentro de la microcuenca del río Atulapa se encuentran ubicados alrededor de 84 productores de café, de los cuales sólo un 30% realizó el proceso de despulpado en 2013 y 2014 (el resto lo vendió maduro, debido a la crisis sufrida en 2012 y 2013 por la enfermedad de la roya). Con estos antecedentes, se podría estimar que el número de productores que despulpan podría aumentar en los próximos años, pues en las visitas realizadas aún se observaban los beneficios en buen estado. Durante la época de corte (noviembre a marzo) demandan una cantidad significativa de agua para el proceso del beneficiado húmedo (unos 30,000 m³ de agua aproximadamente, lo cual está relacionado a la cantidad de quintales de café producidos).

La microcuenca del río Atulapa, debido a su alta importancia para el abastecimiento de agua a las comunidades dentro de su área geográfica como a la población urbana de la ciudad de Esquipulas y a los productores de café en la región, requiere de una especial atención para amortiguar el impacto antropogénico que causa en su recurso hídrico.

Es necesario que los productores de café, desarrollen tecnologías que permitan captar, almacenar y aprovechar el agua de la lluvia en el beneficiado húmedo de café. Para mitigar esta problemática y mejorar las condiciones del estado de los recursos hídricos dentro de la microcuenca, se propone implementar un sistema de captación de agua de lluvia por medio de una excavación con la finalidad de que permita a los productores, poder almacenar la mayor cantidad de agua con bajos costos. El sistema podrá captar agua de lluvia (mayo a octubre), haciendo uso para ello de los techos de las casas como medio de captación.

8.8.5. Implementar sistemas de tratamiento de aguas mieles y reutilización de la misma

La principal fuente de contaminación de la red hidrológica es por aguas residuales producto del beneficiado húmedo de café, que se ha convertido en uno de las principales problemas que afectan a los pobladores de la microcuenca, ya que actualmente se utilizan las corrientes superficiales de agua como fuente transportadora de aguas miel; por las características de las operaciones y los materiales que están contenidos en las aguas miel, estas contienen una alta carga orgánica que provoca una alta demanda de oxígeno (DBO y DQO), diferentes tipos de sólidos (suspendidos y sedimentables) y además un pH con características ácidas (pH=3.5 – 5.5).

Debido a las características usuales de las aguas residuales generadas en el beneficiado húmedo, se recomienda aplicar un tratamiento físico y químico a las aguas residuales, el tratamiento físico incluye el uso del tanque recolector decantador y filtros; en el tratamiento químico se recomienda aplicar una solución de carbonato de calcio (cal) para la neutralización de las aguas residuales.

En otro sentido, estas aguas pueden reutilizarse en otras actividades, como por ejemplo, para el riego de pastos, riego de lombricomposteras o para producción de biogás.

Con la pulpa generada, se pueden implementar sistemas de producción y aprovechamiento de abonos orgánicos, que luego puedan ser incorporados a los suelos de los productores, para contribuir con la fertilidad de los suelos y la economía de los productores.

8.8.6. Organización de comités de gestión hídrica

La microcuenca del río Atulapa, se encuentra dentro de un área protegida, por lo tanto, la existencia de comités que se dediquen a velar por la protección y buen manejo de los recursos naturales que se encuentran dentro del área, es indispensable.

La participación activa de las comunidades y la convergencia municipal es importante, pues estas garantizarán que se respeten el cumplimiento de normativas y planes de manejo que deben desarrollar las personas.

8.8.7. Implementar el plan de capacitaciones para la sensibilización en el manejo adecuado del recurso hídrico en el proceso de beneficiado de café

La sensibilización, es el acto por medio del cual las personas toman conciencia plena de sus actos y de cómo estos repercuten en el entorno, siendo impactos positivos o negativos. Para realizar esta actividad, se deberá gestionar con organizaciones gubernamentales y no gubernamentales que tengan influencia en el municipio de Esquipulas, para que se implemente un plan de actividades de capacitación, el cual involucre a los Comités de Desarrollo Comunitario (COCODE) que se encuentren dentro del área de la microcuenca y sean estos quienes con la asesoría técnica puedan replicar estas acciones los productores de café de las diferentes comunidades.

Los temas que se deben tratar para lograr un adecuado manejo de los subproductos del beneficiado húmedo de café son:

- Manejo adecuado de residuos sólidos.
- Manejo adecuado del agua para uso doméstico y agrícola.
- Captación, almacenamiento y aprovechamiento del agua de lluvia.
- Implementación de sistemas de conservación de suelos (acequias, terrazas continuas o individuales, barreras vivas, barreras muertas, entre otros)
- Manejo adecuado de agroquímicos.
- Producción y aprovechamiento de abonos orgánicos.

CONCLUSIONES

1. Con base a los resultados se determinó que dentro de la microcuenca del río Atulapa, existen 84 beneficios de café, de los cuales el 28 están en operación y 6 tienen sistemas de tratamiento de aguas mieles.
2. Los parámetros físicos-químicos analizados que son superiores a los límites máximos permisibles son fosfatos y porcentaje de saturación de oxígeno con el 58% de sus puntos y oxígeno disuelto con el 38% de sus puntos. Los parámetros que se encuentran dentro de los límites máximos permisibles establecidos son potencial de hidrógeno, nitratos, turbidez, temperatura, dureza, sólidos disueltos y conductividad con la totalidad de sus puntos.
3. De acuerdo a los resultados de la demanda biológica de oxígeno DBO_5 , el 100% de los puntos de control establecidos, presentan valores superiores al límite máximo permisible, según SEMARNAT (30 mg/l). En 20 puntos de control el agua está clasificada como “agua contaminada” y un punto de control presenta clasificación “agua fuertemente contaminada”.
4. Los resultados de la demanda química de oxígeno DQO, muestran que el 95% de los puntos de control establecidos sobre la red hidrológica superficial de la microcuenca del río Atulapa, presentan valores por encima de 40 mg/l de DQO, lo que la clasifica como “agua contaminada” y únicamente 5% presenta clasificación “agua aceptable”.
5. En los resultados obtenidos de la demanda biológica de oxígeno DBO_5 y demanda química de oxígeno DQO se detalla que existe contaminación por aguas mieles, lo cual afecta la calidad del agua de la corriente superficial de microcuenca del río Atulapa, pues la clasificación del agua, en la mayoría de los puntos de control establecidos es de “contaminada” a “fuertemente contaminada”.
6. Los caudales del río Atulapa, en la época lluviosa es de 3,120 l/s y en la época seca es de 120 l/s.

7. Para prevenir la contaminación del agua de la microcuenca del río Atulapa, se proponen lineamientos generales que permiten contribuir con la mejora de la calidad del recurso hídrico, a través de actividades desarrolladas a corto, mediano y largo plazo.

RECOMENDACIONES

1. Promover con los productores de café el uso de sistemas de tratamiento de aguas mieles con tecnologías apropiadas que permita disminuir la contaminación del agua de la red hidrológica superficial de la microcuenca del río Atulapa, así como el manejo integrado de la pulpa de café para evitar el efecto de contaminación de ésta sobre el agua.
2. Continuar con el sistema de monitoreo de la calidad del agua de la red hidrológica superficial de la microcuenca del río Atulapa utilizando los puntos de control establecidos en este estudio, para disponer de información que permita comparar la calidad del agua en el tiempo.
3. Para el monitoreo de la calidad del agua de la red hidrológica superficial de la microcuenca del río Atulapa, se recomienda medir por lo menos la demanda biológica de oxígeno DBO_5 y demanda química de oxígeno DQO, ya que con dichos parámetros es posible determinar la calidad del agua y la influencia de la contaminación producto de las actividades productivas y antropogénicas que se desarrollan dentro de la microcuenca.
4. Fortalecer la organización de los grupos de productores para la gestión integral del recurso hídrico y el manejo integral de los subproductos del café dentro de la microcuenca del río Atulapa.
5. Promover proyectos que contribuyan a la protección y recuperación de la cobertura forestal en las zonas de recarga hídrica dentro de la microcuenca del río Atulapa, involucrando a los grupos de productores para que contribuyan a la gestión de los bosques.
6. Socializar con la población dentro de la microcuenca del río Atulapa lo establecido en la ley de áreas protegidas con el propósito de buscar la viabilidad para el cumplimiento de la misma.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANACAFE (Asociación Nacional del Café, Guatemala). 2005. Buenas prácticas de beneficiado húmedo y su influencia en la calidad del café (en línea). Guatemala. Consultado 8 jun. 2013. Disponible en <https://www.anacafe.org/glifos/index.php?title=16TEC:Buenas-practicas-beneficiado-humedo-calidad>
- ANACAFE (Asociación Nacional del Café, Guatemala). 2007. El beneficiado húmedo: clave para obtener café de calidad (en línea). Guatemala. Consultado 8 jun. 2013. Disponible en https://www.anacafe.org/glifos/index.php?title=El_beneficiado_humedo_cafe
- APHA (American Public Health Association, Estados Unidos de América); AWWA (American Water Works Association, Estados Unidos de América). 1992. Standard methods for the examination of water and wastewater (en línea). 18 ed. Washington, Estados Unidos de América, APHA. 541 p. Consultado 06 may 2013. Disponible en http://www.mwa.co.th/download/file_upload/SMWW_1000-3000.pdf
- CODEMA (Comisión Departamental de Medio Ambiente, Guatemala). 2006. Perfil ambiental de Chiquimula. Chiquimula, Guatemala, Asociación Regional Campesina Chortí. 43 p.
- COGUANOR (Comisión Guatemalteca de Normas). 2013. Norma técnica guatemalteca COGUANOR NTG 29001: agua para consumo humano (agua potable) especificaciones (en línea). Guatemala. 12 p. Consultado 06 may 2013. Disponible en <http://www.ecosistemas.com.gt/wp-content/uploads/2015/07/04-COGUANOR-NTG-29-001-1a-Revision.pdf>
- Comisión Nacional del Agua, Gerencia de Saneamiento y Calidad del Agua, México. 1999. Índice de calidad del agua (en línea). México. 1 p. Consultado 08 jun. 2013. Disponible en http://www.paot.org.mx/centro/inesemarnat/informe02/estadisticas_2000/compendio_2000/03dim_ambiental/03_02_Agua/data_agua/RecuadroIII.2.2.2.htm

CONAP (Consejo Nacional de Áreas Protegidas, Guatemala); SET-CTPT (Secretaría Ejecutiva de la Comisión Trinacional del Proyecto Trifinio, Guatemala). 2007. Convenio de coadministración de la reserva de biosfera Trifinio, ubicado en la jurisdicción municipal de Esquipulas y Concepción las Minas, departamento de Chiquimula, Guatemala. Guatemala. 10 p.

Congreso de la República de Guatemala. 1997. Código de salud. Guatemala, Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. 50 p.

De La Cruz S, JR. 1976. Clasificación para las zonas de vida de Guatemala basada en el sistema Holdridge. Guatemala, INAFOR. 24 p.

EPA (Environmental Protection Agency, Estados Unidos de América). 1997. Volunteer stream monitoring: a methods manual (en línea). Estados Unidos de América. Consultado 10 jun. 2014. Disponible en <http://www.epa.gov/owow/monitoring/volunteer/stream/>

FAUSAC (Facultad de Agronomía, Guatemala). 2008. Diagnóstico de la microcuenca del río Atulapa, Esquipulas, Chiquimula (en línea). Guatemala, USAC, Comisión Trinacional del Plan Trifinio. 163 p. Consultado el 06 may 2013. Disponible en http://aguassinfronteras.net/index2.php?option=com_sobi&sobi2Task=dd_download&fid=177&format=html&Itemid=0

Fong García, MA. 2010. Proyecto SINREM, cuenca del río Atulapa, Esquipulas, Chiquimula, Comisión Trinacional del plan Trifinio y Universidad de San Carlos de Guatemala (en línea). Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 148 p. Consultado el 8 jun. 2013. Disponible en http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_2604.pdf

- García Álvarez, JR. 2010. Contaminación que provocan las aguas servidas sobre la red hidrológica superficial de la ciudad de Chiquimula (en línea). Tesis M.Sc. GAL. Guatemala, USAC, FAUSAC, Programa de Estudios de Postgrado. 87 p. Consultado 07 may 2013. Disponible en <http://postgrado.fausac.gt/wp-content/uploads/2016/09/Jos%C3%A9-Ramiro-Garc%C3%ADa-%C3%81lvarez.pdf>
- INAB (Instituto Nacional de Bosques, Guatemala). 2000. Clasificación de tierras por capacidad de uso aplicación a una metodología para tierras de la república de Guatemala (en línea). Guatemala. 47 p. Consultado el 8 jun. 2013. Disponible en <http://www.inab.gob.gt/Documentos/Manuales/capacidad.pdf>
- INE (Instituto Nacional de Estadística, Guatemala). 2009. Censo nacional xi de población y vi de habitación: características de la población y de los locales de habitación censados. Guatemala. 266 p.
- INSIVUMEH (Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología, Guatemala). 2007. Tarjetas de registro de datos climatológicos de la estación Esquipulas, no. 9 del municipio de Esquipulas. Chiquimula, Guatemala.
- MAGA (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, Guatemala). 2001. Unidad de políticas e información estratégica. Guatemala, MAGA, Programa de Emergencia por Desastres Naturales. 27 p.
- Mota, Barneond, MA. 2010. Métodos de aforo (en línea). Guatemala, USAC, Facultad de Ingeniera. 15 p. Consultado 05 sep 2013. Disponible en <http://es.scribd.com/doc/97390009/CLASIFICACION-DE-LOS-METODOSDEAFORO>
- Nitler, JB; Barahona, R. 1993. El manejo de cuencas en el proyecto de desarrollo agrícola de Guatemala. Guatemala, MAGA. 52 p.

OMS (Organización Mundial de la Salud, Suiza). 1998. Guías para la calidad del agua potable (en línea). Washington, DC, Estados Unidos de América. Consultado 05 may 2013. Disponible en http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_full_lowres.pdf

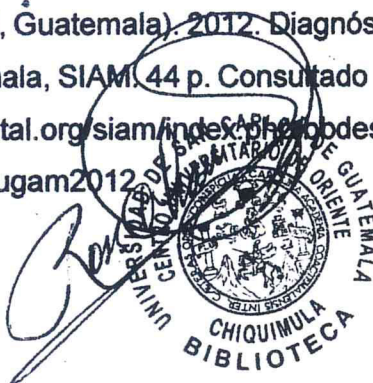
Presidencia de la república de Guatemala. 2006. Reglamento de las descargas y reuso de aguas residuales y la disposición de lodos; acuerdo gubernativo no. 236-2006 (en línea). Guatemala. 27 p. Consultado 8 jun. 2013. Disponible en <http://www.ecosistemas.com.gt/wp-content/uploads/2015/07/07-Acuerdo-ubernativo-236-2006-Reglamento-descargas-y-reuso.pdf>

Simmons, CS; Táranó, JM; Pinto, JH. 1959. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala. Guatemala, Editorial José de Pineda Ibarra. 1,000 p.

SNU (Sistema de las Naciones Unidas en Guatemala). 2001. Informe de desarrollo humano 2001: Guatemala, el financiamiento del desarrollo humano. Guatemala. 394 p.

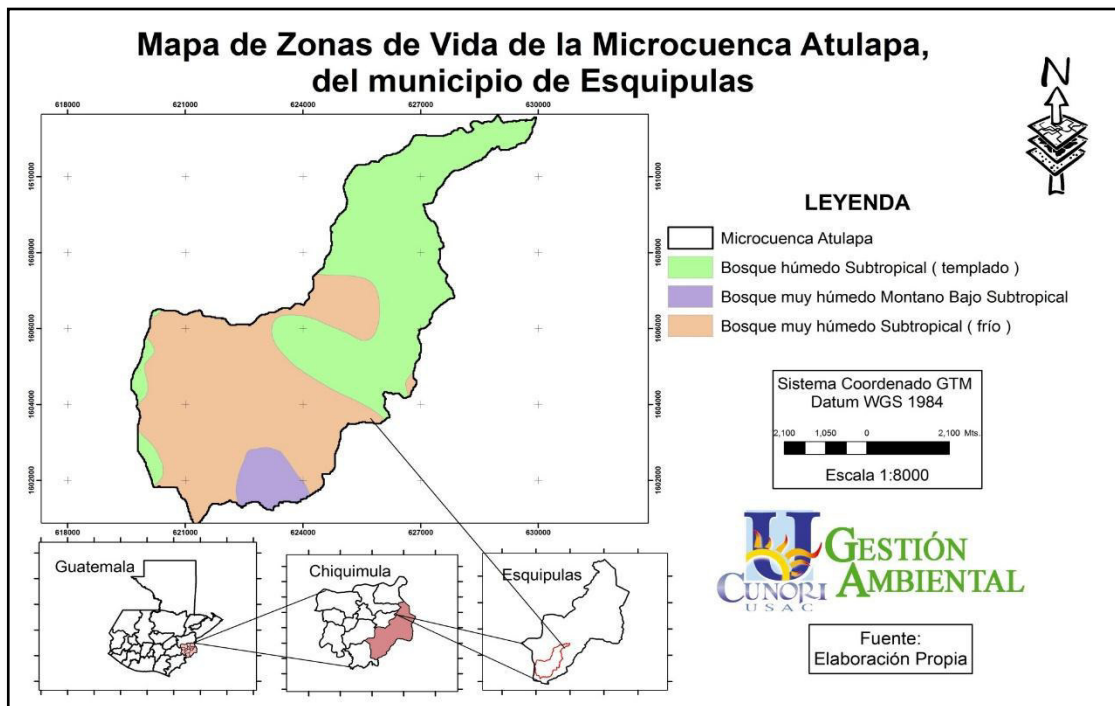
Suriano B, A. 2003. Evaluación hidrogeológica del valle de Esquipulas, Chiquimula. Tesis Ing. Geólogo. Cobán, Alta Verapaz, Guatemala, USAC -CUNOR-. 82 p.

UGAM (Unidad de Gestión Ambiental, Guatemala). 2012. Diagnóstico ambiental municipal de Esquipulas (en línea). Guatemala, SIAM. 44 p. Consultado 15 abr. 2013. Disponible en: <http://www.infoambiental.org/siam/index.php/prodestudios/455-diagnostico-ambiental-municipal-esquipulas-ugam2012>

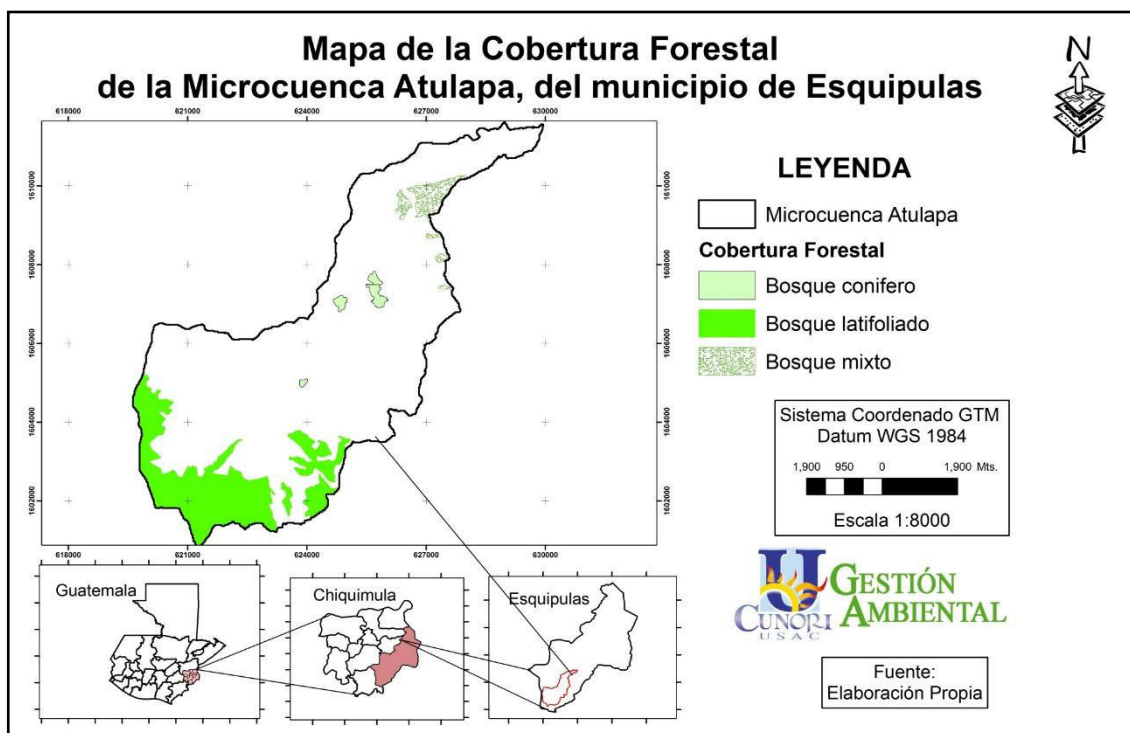


ANEXOS

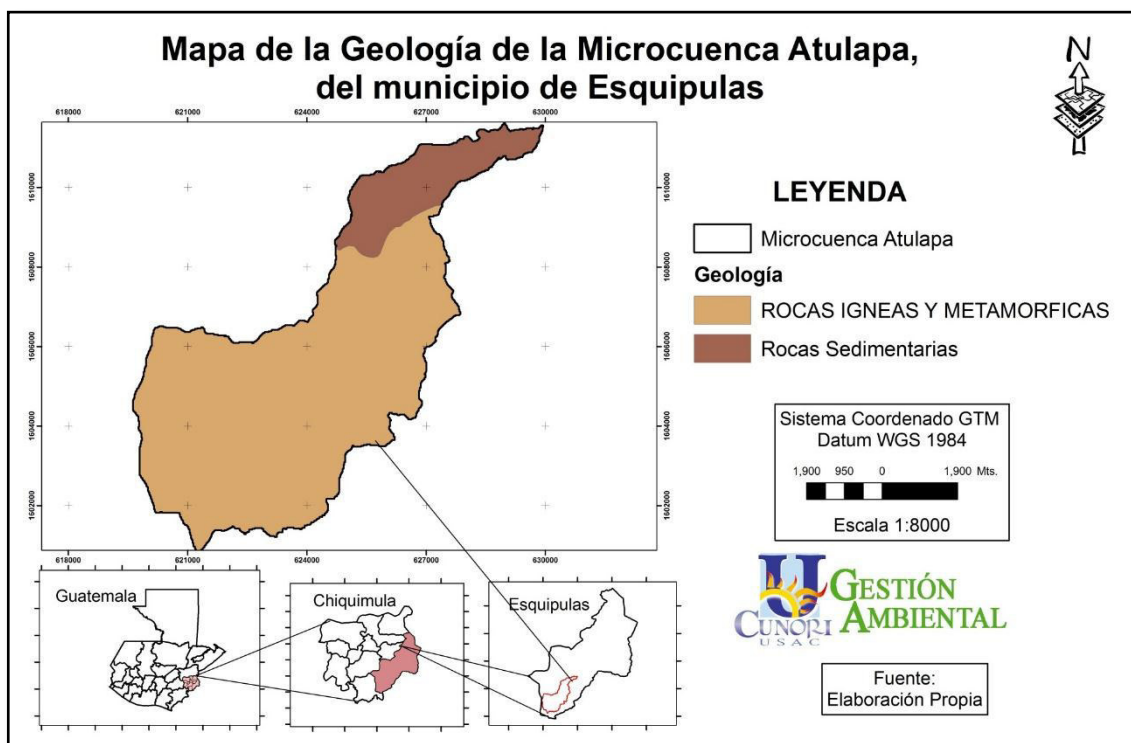
Anexo 1. Mapa de zonas de vida de la microcuenca del río Atulapa, municipio de Esquipulas.



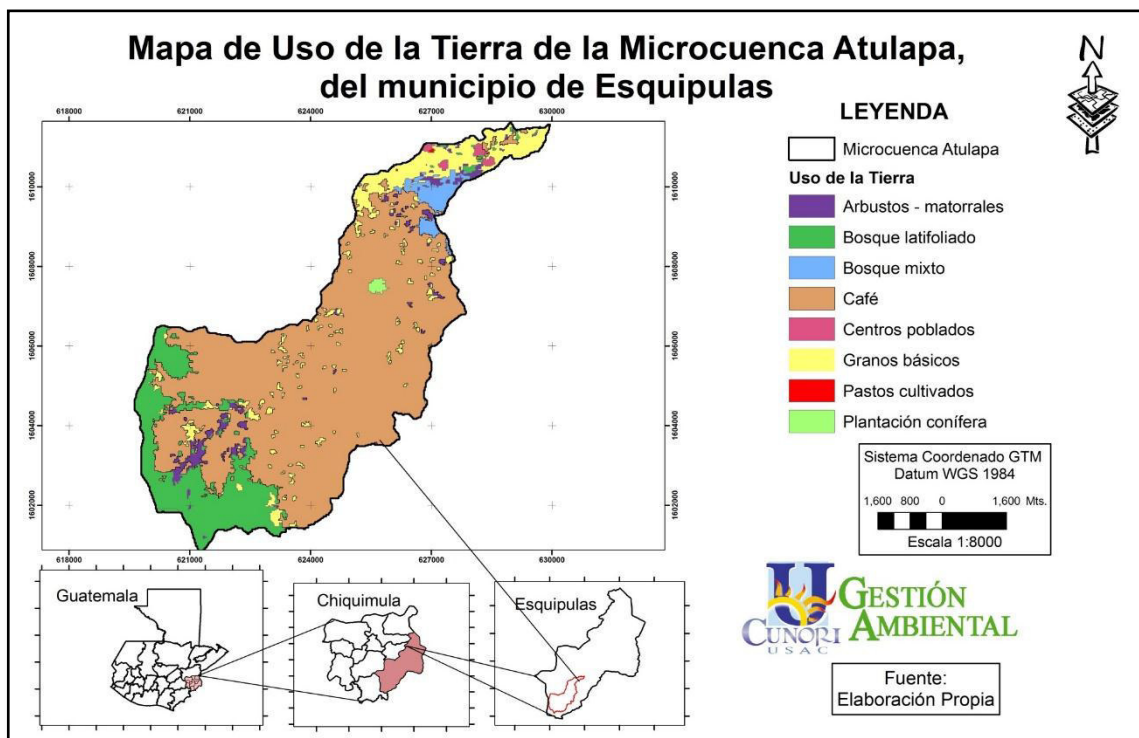
Anexo 2. Mapa de cobertura forestal de la microcuenca del río Atulapa, municipio de Esquipulas.



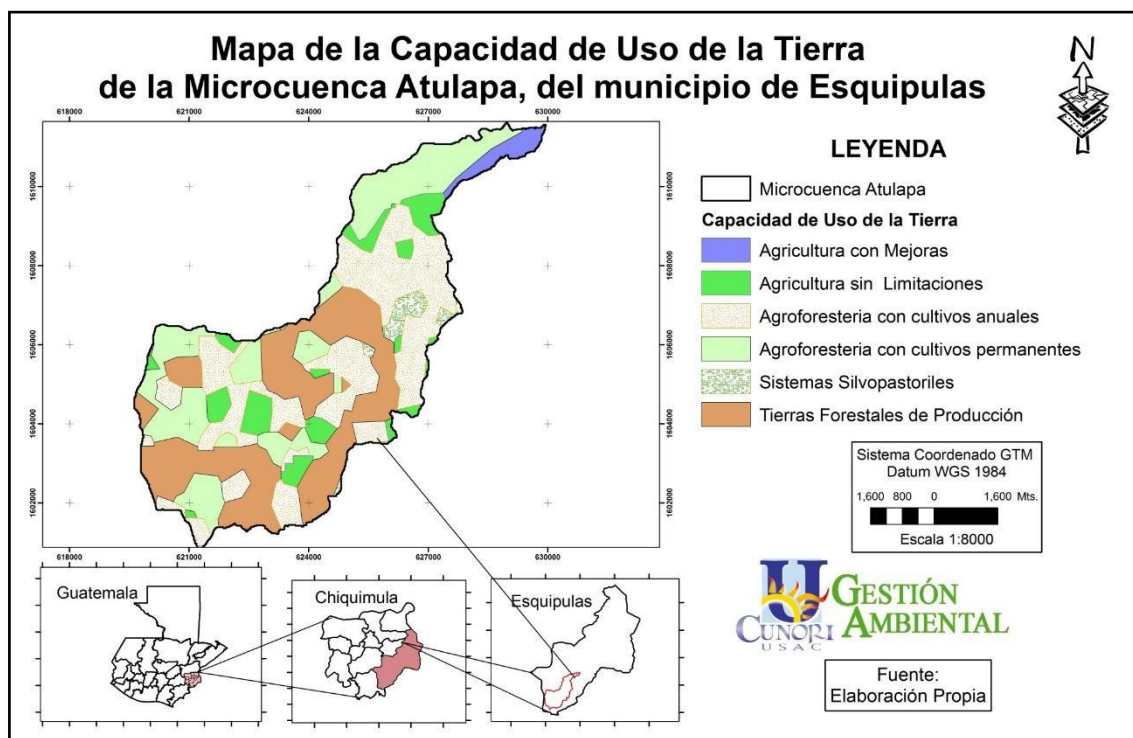
Anexo 3. Mapa de la geología de la microcuenca del río Atulapa, municipio de Esquipulas.



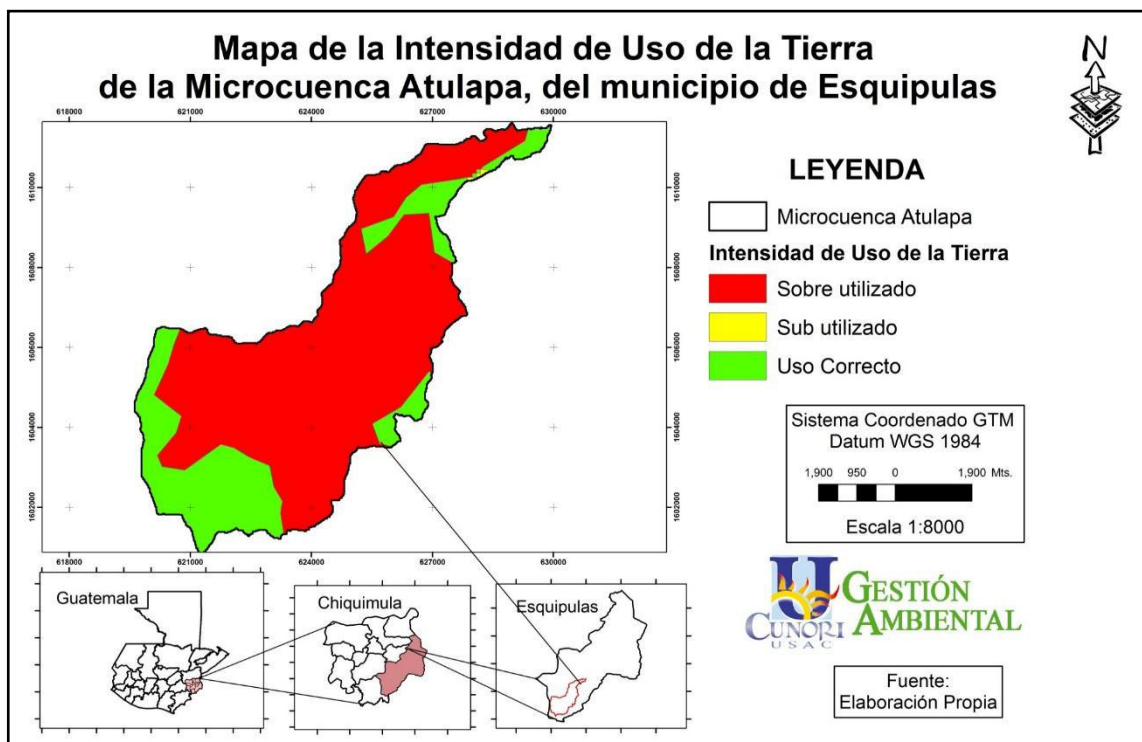
Anexo 4. Mapa del uso de la tierra de la microcuenca del río Atulapa, municipio de Esquipulas.



Anexo 5. Mapa de la capacidad de uso de la tierra de la microcuenca del río Atulapa, municipio de Esquipulas.



Anexo 6. Mapa de la intensidad de uso de la tierra de la microcuenca del río Atulapa, Esquipulas.



1. CONTROL DE LA ENCUESTA:

I. CONTROL DE LA ENCUESTA:										
Número de visita		Hora de inicio		Hora de Fin		Fecha		Estado de la Entrevista		
		Hora	Minutos	Hora	Minutos	Día	Mes	Año	Incompleta	Completa
		Hora	Minutos			Día	Mes	Año	Incompleta	Completa
				Hora	Minutos					
		Hora	Minutos	Hora	Minutos	Día	Mes	Año	Incompleta	Completa

1. Nombre del encuestado: _____ F) _____

2. Nombre del encuestador: _____ F) _____

3. Nombre del Supervisor: _____ F) _____

Nombre:

2. IDENTIFICACIÓN DE LA FINCA

Nombre: _____

Aldea _____
o Caserío: _____

Municipio: _____ Depto: _____

Número de registro en ANACAFE: de Afiliado: De finca:

Latitud: (hdd°mm.mm) Longitud: (hdd°mm.mm) Altitud:

Metros ☐
Pies ☐

La Finca pertenece a alguna organización? Si ☐ No. ☐

Tipo de organización: **Cooperativa** ☐ **Asociación** ☐ **Comité** ☐ **ECA** ☐ **PAC** ☐
Comunidad Cafetalera ☐

Nombre de la organización: _____

3.1. Nombre o razón Social del Propietario:

[illegible]

4.1. ¿Tiene Pluviómetro? Si ☐ No. ☐

4.1. ¿Tiene Pluviómetro? Si ☐ No. ☐
 4.1.1. La Precipitación Pluvial anual es: 
 4.2. ¿Tiene termómetro? Si ☐ No. ☐
 4.2.1. La temperatura media anual es  grados centígrados.

Milímetros ☐

Pulgadas ☐

Centímetros ☐

Continúa anexo 7.

5. DATOS SOBRE EL USO ACTUAL DE LA TIERRA

5.1. Área cultivada con café	.	Unidad de medida utilizada: Cds. de 40 varas ² ☐ Cds. de 25 varas ² ☐ Cds. 30 varas ² ☐ Manzana ☐ Hectárea ☐ Caballería ☐ Otra:
5.2. Área cultivada con Especies forestales:	.	
5.3. Área cultivada con Platano	.	
5.4. Área cultivada con Banano	.	
5.5. Área cultivada con Pastos	.	
5.6. Área cultivada con Bosques Naturales	.	
5.7. Otros usos: (Mencíonelos)	.	
	.	
	.	

6. DATOS SOBRE LA PRODUCCIÓN DE CAFE

6.1. Producción total del año anterior: . QQ.	Maduro ☐ Pergamino ☐ Oro ☐																								
6.2. Variedades de café que se cultivan en la Finca: <table border="1"> <tr><td>Typica/arábica</td><td>☐</td></tr> <tr><td>Bourbon Tradicional</td><td>☐</td></tr> <tr><td>Bourbon Mejorado</td><td>☐</td></tr> <tr><td>Caturra</td><td>☐</td></tr> <tr><td>Catuai</td><td>☐</td></tr> <tr><td>Pache Común</td><td>☐</td></tr> <tr><td>Pache Colís</td><td>☐</td></tr> <tr><td>Catimor</td><td>☐</td></tr> <tr><td>Maragogyne</td><td>☐</td></tr> <tr><td>Robusta</td><td>☐</td></tr> <tr><td>Otra (menciónela)</td><td>☐</td></tr> <tr><td> </td><td></td></tr> </table>		Typica/arábica	☐	Bourbon Tradicional	☐	Bourbon Mejorado	☐	Caturra	☐	Catuai	☐	Pache Común	☐	Pache Colís	☐	Catimor	☐	Maragogyne	☐	Robusta	☐	Otra (menciónela)	☐		
Typica/arábica	☐																								
Bourbon Tradicional	☐																								
Bourbon Mejorado	☐																								
Caturra	☐																								
Catuai	☐																								
Pache Común	☐																								
Pache Colís	☐																								
Catimor	☐																								
Maragogyne	☐																								
Robusta	☐																								
Otra (menciónela)	☐																								
6.3. Especies de sombra utilizadas: <table border="1"> <tr><td>Gravillea</td><td>☐</td></tr> <tr><td>Inga sp.</td><td>☐</td></tr> <tr><td>Guachipilin</td><td>☐</td></tr> <tr><td>Madre Cacao</td><td>☐</td></tr> <tr><td>Cuernavaca</td><td>☐</td></tr> <tr><td>Pito/Poró</td><td>☐</td></tr> <tr><td>Musaceas</td><td>☐</td></tr> <tr><td>Otras: (Menciónela)</td><td>☐</td></tr> <tr><td> </td><td></td></tr> <tr><td> </td><td></td></tr> </table>		Gravillea	☐	Inga sp.	☐	Guachipilin	☐	Madre Cacao	☐	Cuernavaca	☐	Pito/Poró	☐	Musaceas	☐	Otras: (Menciónela)	☐								
Gravillea	☐																								
Inga sp.	☐																								
Guachipilin	☐																								
Madre Cacao	☐																								
Cuernavaca	☐																								
Pito/Poró	☐																								
Musaceas	☐																								
Otras: (Menciónela)	☐																								
6.4. Número de plantas por manzana: <table border="1"> <tr> <td>Menos de 2100</td> <td>☐</td> <td>De 2101 a 2500</td> <td>☐</td> </tr> <tr> <td>De 2501 a 3500</td> <td>☐</td> <td>Más de 3501</td> <td>☐</td> </tr> </table>	Menos de 2100	☐	De 2101 a 2500	☐	De 2501 a 3500	☐	Más de 3501	☐	6.5. Edad promedio de las plantaciones: <table border="1"> <tr> <td>Menos de 4 años</td> <td>☐</td> <td>De 4 a 15 años</td> <td>☐</td> </tr> <tr> <td>De 15 a 25 años</td> <td>☐</td> <td>Más de 25 años</td> <td>☐</td> </tr> </table>	Menos de 4 años	☐	De 4 a 15 años	☐	De 15 a 25 años	☐	Más de 25 años	☐								
Menos de 2100	☐	De 2101 a 2500	☐																						
De 2501 a 3500	☐	Más de 3501	☐																						
Menos de 4 años	☐	De 4 a 15 años	☐																						
De 15 a 25 años	☐	Más de 25 años	☐																						

Continúa anexo 7.

7. SOBRE LA PRODUCCIÓN DE CAFÉS DIFERENCIADOS

7.1. Produce café orgánico? Si ☐ No. ☐ 7.1.1. ¿Qué área tiene cultivada con café orgánico? , unidades expresadas en: Cds. 40 v² ☐ Cds. 25 v² ☐ Cds. 30 v² ☐ Mz. ☐ Ha. ☐ Cab. ☐ 7.1.2. ¿Cuánto produce como orgánico? en quintales de café maduro ☐ Pergamino ☐ oro ☐ 7.1.3. ¿Está certificado como orgánico? Si ☐ No. ☐ ¿Cuánto tiempo tiene de estar certificado? años. 7.1.4. ¿Cada cuánto tiempo valida su certificación? años. 7.1.5. ¿Quién hizo la certificación? Mayacert..... ☐ IMO-Control..... ☐ Quality Assurance e International (QAI)..... ☐ OCIA Internacional..... ☐ Otro: ☐ Especifique: _____	7.2. Tiene otro sello o certificado? Si ☐ No. ☐ 7.2.1. ¿Qué certificación tiene? Rainforest Alliance (Eco-O.K.)..... ☐ Bird Friendly (Amistoso con las Aves)..... ☐ Utz-Kapeh..... ☐ Starbucks..... ☐ Otro... ☐ Especifique: _____ 7.2.2. ¿Cada cuánto tiempo valida su certificación? años. 7.2.3. ¿Quién hizo la certificación? Mayacert..... ☐ IMO-Control..... ☐ Quality Assurance e International (QAI)..... ☐ OCIA Internacional..... ☐ Otro: ☐ Especifique: _____
--	---

8. EXPECTATIVAS DE PRODUCCIÓN DE CAFÉ Y/O DIVERSIFICACIÓN

8.1. ¿Tienen planificado incrementar la siembra de café? Si ☐ No. ☐ No sabe ☐				
8.1.1. El área que planifican sembrar: .	Unidad de medida utilizada: Cuerda de 40x40 varas ☐ Cuerda de 25 x 25 varas ☐ Cuerda de 30 x 30 varas ☐ Manzana ☐ Hectárea ☐ Caballería ☐ Otra: (menciónela) ☐			
8.1.2. La variedad que planifican sembrar: <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 33%;"> Typica/arábica ☐ Bourbon Tradicional ☐ Bourbon Mejorado ☐ Caturra ☐ </td> <td style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 33%;"> Catuai ☐ Pache Común ☐ Pache Colís ☐ Catimor ☐ </td> <td style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 33%;"> Maragotype ☐ Robusta ☐ Otra (Menciónela) ☐ _____ </td> </tr> </table>		Typica/arábica ☐ Bourbon Tradicional ☐ Bourbon Mejorado ☐ Caturra ☐	Catuai ☐ Pache Común ☐ Pache Colís ☐ Catimor ☐	Maragotype ☐ Robusta ☐ Otra (Menciónela) ☐ _____
Typica/arábica ☐ Bourbon Tradicional ☐ Bourbon Mejorado ☐ Caturra ☐	Catuai ☐ Pache Común ☐ Pache Colís ☐ Catimor ☐	Maragotype ☐ Robusta ☐ Otra (Menciónela) ☐ _____		

Continúa anexo 7.

8.2. Eliminarán áreas cultivadas con café: Si ☐ No. ☐ No sabe ☐

8.2.1. El área que planifican eliminar:

Unidad de medida utilizada:

Cuerda de 40x40 varas ☐
 Cuerda de 25 x 25 varas ☐
 Cuerda de 30 x 30 varas ☐
 Manzana ☐
 Hectárea ☐
 Caballería ☐
 Otra: (menciónela)

8.2.2. Lo que planifican sembrar es:

Especies Forestales ☐	Aguacate ☐	Limón ☐	Otros (Mencionelos) ☐
Banano ☐	Caña de Azúcar ☐	Naranja ☐	
Plátano ☐	Pastos/potrereros ☐	Hule ☐	

9. ASPECTOS SOBRE INFRAESTRUCTURA

9.1. Generales:

¿Tiene energía eléctrica? : Si ☐ No ☐
 Propia ☐ Empresa Eléctrica ☐ Solar ☐
 ¿Tiene Hidroeléctrica? : Si ☐ No ☐ Si la resp. Es si, entonces:
 ¿Cuánto esta generando? Kw. ☐ Mw. ☐
 y ¿Cuánto tiempo tiene de trabajar? años.
 A la finca se llega por:
 Veredas ☐ Carretera terracería ☐ Carretera Asfaltada ☐
 Carretera empedrada ☐ Carretera adoquinada ☐

9.2. Las Galeras:

Hay galera (s) para alojar a los trabajadores eventuales :
 Si ☐ No ☐
 ¿Cuántas personas se pueden alojar en esta (s) galera (s)?
 El máximo de personas alojadas el año pasado en esta (s) galera (s) fue:
 El servicio sanitario es:
 Inodoro ☐ Letrina ☐ No tienen ☐
 ¿Cuántos servicios sanitarios tienen?
 ¿Tienen área para cocinar? Si ☐ No ☐
 ¿Con qué cocinan principalmente?
 Leña ☐ Gas ☐ Electricidad ☐
 El agua para preparar los alimentos, generalmente proviene de: Nacientes/rios/quebradas ☐ Pozo mecánico ☐ Posa/Aljibe ☐ Agua de lluvia ☐
 ¿Tienen área para comer? Si ☐ No ☐
 Durante la noche se alumbran con:
 Electricidad ☐ Lámparas (gas) ☐ candelas ☐

Áreas de recreación:
 Campo de Fut-bol ☐
 Campo de básquet-bol ☐ Televisión ☐ No tiene: ☐
 Otro

9.3. Viviendas para trabajadores permanentes:

Hay viviendas para los trabajadores permanentes: Si ☐ No ☐
 ¿Cuántas viviendas tiene?
 ¿Cuántas viviendas están habitadas?
 ¿Cuál es el material predominante de las paredes exteriores?
 Blok/ladrillo ☐ Madera ☐ Bajareque ☐ Caña maiz/palos ☐
 Mitad blok/ladrillo y mitad madera ☐
 ¿Cuál es el material predominante del piso?
 Ladrillo/baldosa ☐ Madera rústica/tablon ☐ Cemento ☐ Tierra ☐
 Las viviendas cuentan con los siguientes servicios:
 Energía eléctrica ☐ Drenajes ☐ Teléfono ☐ Ninguno ☐
 El agua para preparar los alimentos, generalmente proviene de: Nacientes/rios/quebradas ☐ Pozo mecánico ☐ Posa/Aljibe ☐ Agua de lluvia ☐
 ¿Cuántos dormitorios tiene la vivienda?
 ¿Cuántas familias residen habitualmente en la vivienda?
 El servicio sanitario es:
 Inodoro ☐ Letrina ☐ No tienen ☐
 ¿En dónde cocinan? Al aire libre ☐
 En un dormitorio ☐ Cuarto de cocina ☐
 ¿Con qué cocinan principalmente?
 Leña ☐ Gas ☐ Electricidad ☐

Continúa anexo 7.

9.4 Del proceso Agro-industrial:

¿Tiene beneficio húmedo de café?

Si ☐ No ☐

¿Lo trabajó en la cosecha pasada? Si ☐ No ☐

a) Del Recibo:

El café lo recibe en:

Sifón con agua ☐ Sifón Seco/semiseco ☐

¿Cuántos pulperos tiene?

¿Qué capacidad de despulpado por hora tiene cada pulpero?: quintales maduro.

¿Cuántas horas tarda el despulpado?

b) Del Control de la calidad del café:

El café despulpado es clasificado por:

Criba ☐ Zaranda ☐ No se clasifica ☐

Otro:

El proceso de fermentación se hace con:

Pilas/tanques ☐ Desmucilaginosadores ☐

Combinado ☐ Otros:

El volumen total de los tanques de fermentación es de metros cúbicos.

Cuántas máquinas desmucilaginosadoras tiene?

Cuántos quintales de café trabaja por hora cada desmucilaginosadora

El agua para el beneficio proviene de:

Nacientes ☐ Pozo mecánico ☐

Aljibe ☐ Río ☐

¿Clasifica el café pergamino después de lavado?

Si ☐ No ☐

¿Deja el café en reposo después de lavado? Si ☐ No, ☐

c) Preservación del medio ambiente:

¿El agua del beneficio fue suficiente para procesar la última cosecha? Si ☐ No ☐

¿Cómo transporta la pulpa?

Con tornillo sin fin ☐

Con agua ☐

¿Qué hace con el agua utilizada durante el beneficiado húmedo?

La tira al río/quebrada/barranco ☐

Usa pozos de evaporación ☐

Tiene planta de tratamiento ☐

¿Qué hace con la pulpa del café despulpado?

La tira al río/quebrada/barranco ☐

La acarrea a los lotes de café ☐

La tira a una fosa ☐

d) Proceso de secado:

¿Cómo seca el café pergamino?

Al sol ☐ Con secadoras ☐ Combinado ☐

El área total de los patios de secado es de

metros cuadrados.

¿Fueron usados los patios para secar el café de ésta última cosecha? Si ☐ No ☐

¿Tiene secadora (s) mecánicas? Si ☐ No ☐

El tipo de secadora (s) que se tiene es:

Guardiola ☐ Vertical ☐ De pila ☐

La capacidad de secado que se tiene es de:

quintales de café pergamino seco.

e) Condiciones de Almacenamiento:

¿Tienen bodegas para almacenar el café pergamino?

Si ☐ No, ☐

¿Cuántas bodegas tiene?

¿Qué medidas tiene la bodega?

Bodega 1: mts. mts. mts.

Bodega 2: mts. mts. mts.

Bodega 3: mts. mts. mts.

Las paredes son de:

Madera ☐ Madera + Block ☐ Blok/ladrillo ☐

Otro:

El piso es de: Cemento ☐ Madera ☐

Otro:

¿Usa tarimas? Si ☐ No ☐

e) Beneficiado Seco:

¿Tiene beneficio seco? Si ☐ No, ☐

Se tienen Trilladoras con capacidad para trillar

quintales pergamino por hora.

¿Qué tipos de clasificación tiene?

Por peso/densidad ☐

Por tamaño ☐

Por color ☐

Manual/bandas ☐

Otros:

9.6. De la Salud

¿Tiene centro de salud?

Si ☐ No ☐

¿Qué servicios de salud tiene?

Consulta medica ☐

Encamamiento ☐

Medicinas ☐

Otros ☐

9.7. De la Educación

¿Tiene Escuela?

Si ☐ No ☐

El (los) maestro (a, os,as) es pagado con fondos de:

La finca ☐

La municipalidad ☐

El ministerio de Educación ☐

Otro:

Anexo 8. Procedimiento para la determinación de parámetros físicos, químicos, y microbiológicos.

Nitratos NO₃

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 menor.

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.

Nitritos NO₂

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

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.

Continúa anexo 8.

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

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. 0.0274 g de tartrato de antimonil-potasio en 10 ml de agua destilada.
- c. 1.00 g de heptamolibdato de amonio en 25 ml de agua destilada.
- d. 0.88 g de ácido ascórbico en 50 ml de agua destilada

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.

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.

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.

Continúa anexo 8.

Demanda biológica de oxígeno en 5 días DBO₅

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.
- Tápala de forma tal que no queden burbujas de aire dentro de la botella y colocarla en incubación a 20°C 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.

Cálculos

$$DBO = (OD \text{ inicial} - OD \text{ final}) 10\text{ml/L}$$

Demanda química de oxígeno

Procedimiento

- Agregar 2 ml de muestra en los tubos de ensayo que contienen cromo: (HR → 0 – 1,500 ppm).
- Agitar la muestra en el tubo de ensayo.
- Colocar la muestra en el biodigestor cuando este haya alcanzado 150 ° C.
- Dejar que el biodigestor caliente los tubos de ensayo durante dos horas.
- Dejar que llegue a temperatura ambiente.

Continúa anexo 8.

- Leer en el espectrofotómetro (programa de demanda química de oxígeno).
- Seleccionar el rango: 0 – 1,500 ppm.
- Leer la muestra.

Sólidos Totales

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

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:

$$\textbf{Sólidos totales = peso final – peso inicial}$$

Medición de la muestra

Las muestras de agua deben de estar preservadas a 4°C. 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.

Continúa anexo 8.

- 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 85 ° C 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.

Dureza

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.

Turbidez

La turbidez será medida utilizando un turbidímetro.

Procedimiento

- Calibrar el medidor de turbidez con soluciones de calibración.

Continúa anexo 8.

- 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.

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.

Análisis de coliformes

Se analizó coliformes fecales.

Procedimiento

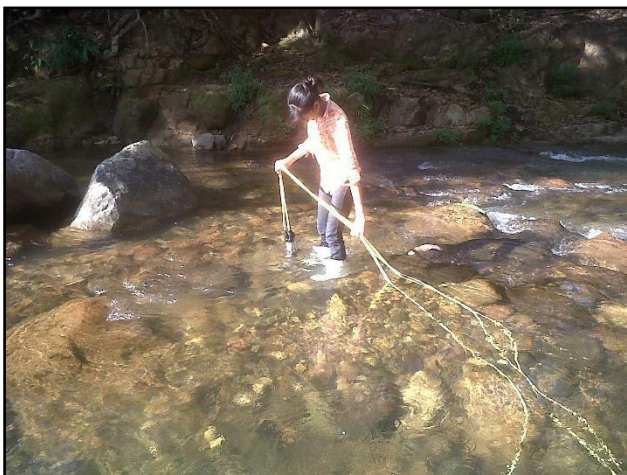
- Preparación de Agar.
- Hacer 1 agar simple, y 1 agar doble; en el agar simple se utiliza 17 gramos de mlx en 1000 ml, y en el agar doble se utiliza 17 mlx en 500 ml.
- Preparar 9 tubos de ensayo por cada muestra que se desee realizar.
- De esos 9 tubos de ensayo a 6 les agrego 9 ml del agar simple, 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.

Continúa anexo 8.

- Después de las 24 horas, realizar la lectura de los tubos de ensayo. La lectura se realizara por un cambio de color, reacción Indol positiva o negativa.
- Por ultimo estos resultados se interpretan por una tabla establecida por la norma COGUANOR.

Anexo 9. Fotografías de las diferentes actividades realizadas durante la ejecución de la investigación.

Fotografía 1. Lectura de pH a nivel de Campo, río El Volcán.



Fotografía 2. Análisis de DBO_5 , a nivel laboratorio.



Fotografía 3. Toma de muestra de agua, en el punto de control El Roble 2.



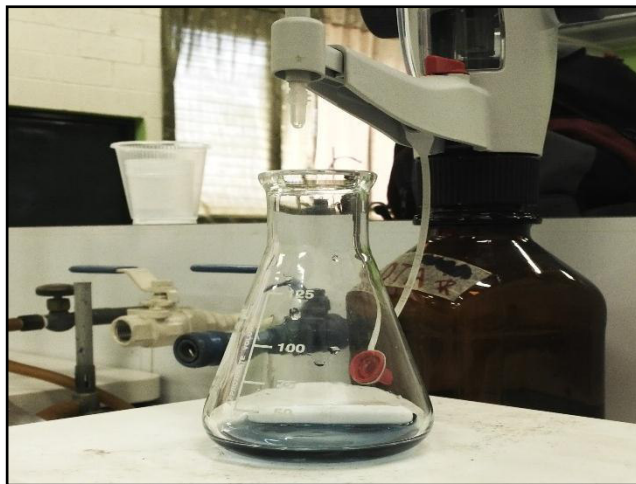
Fotografía 4. Toma de muestra de agua, en quebrada El Pescadero.



Fotografía 5. Análisis de sólidos disueltos totales, a nivel de laboratorio.



Fotografía 6. Análisis de dureza, a nivel de laboratorio.



Fotografía 7. Análisis de coliformes fecales, a nivel de laboratorio.



Fotografía 8. Preparación de cristalería para análisis de sólidos disueltos totales, a nivel de laboratorio.

