

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

The seal of the University of San Carlos of Guatemala is a circular emblem. It features a central figure, likely a saint or religious figure, seated on a throne. The figure is surrounded by various symbols, including a crown, a cross, and other heraldic elements. The seal is set against a blue background with a white border containing Latin text. The text around the top of the seal reads "CAROLINA ACADEMIA" and "CONSPICUA". The text around the bottom of the seal reads "CETTERAS RBIS" and "INTER COACTEMALENSIS".

**TRABAJO DE GRADUACIÓN:**

**EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN DEL RECURSO HÍDRICO POR LA  
ACTIVIDAD CAFETALERA, EN LA CUENCA DEL RÍO ATULAPA, ESQUIPULAS,  
CHIQUMULA**

**LUIS ALONSO SÁENZ GONZÁLEZ**

**GUATEMALA, OCTUBRE DE 2012**



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

**TRABAJO DE GRADUACIÓN**

**EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN DEL RECURSO HÍDRICO POR LA  
ACTIVIDAD CAFETALERA, EN LA CUENCA DEL RÍO ATULAPA, ESQUIPULAS,  
CHIQUMULA**

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

**POR**

**LUIS ALONSO SÁENZ GONZÁLEZ**

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

**SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA**

**EN EL GRADO ACADÉMICO DE  
LICENCIADO**

**GUATEMALA, OCTUBRE DEL AÑO 2012**



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA

RECTOR MAGNÍFICO  
Dr. CARLOS ESTUARDO GÁLVEZ BARRIOS

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

DECANO	Dr. Lauriano Figueroa Quiñonez
VOCAL PRIMERO	Dr. Ariel Abderramán Ortiz López
VOCAL SEGUNDO	Ing. Agr. MSc. Marino Barrientos García
VOCAL TERCERO	Ing. Agr. MSc. Oscar René Leiva Ruano
VOCAL CUARTO	Br. Lorena Carolina Flores Pineda
VOCAL QUINTO	P. Agr. Josué Antonio Martínez Roque
SECRETARIO	Ing. Agr. Carlos Roberto Echeverría Escobedo

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2012



Guatemala, octubre de 2012

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

Honorable miembros:

De conformidad con las normas establecidas por la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración, el trabajo de Graduación realizado en la cuenca del río Atulapa, en el municipio de Esquipulas, departamento de Chiquimula Guatemala, como requisito previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado de Licenciado.

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

Atentamente

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Luis Alonso Sáenz González



## ACTO QUE DEDICO

**A:**

Dios

Por permitirme la vida, concederme sabiduría, proveerme de fortaleza y ser El guía en el camino de la vida.

A Mis Padres

Manrique Sáenz Calderón y Carmen González de Sáenz, por su apoyo, cariño y esfuerzo que me han brindado, durante toda mi vida. Gracias.

A Mis Hermanos

María Manuela, Francisco José, Francisca María, Marcos José, Santiago José, Carmen María, porque han sido parte muy especial de mi vida, y por el apoyo que siempre hemos tenido como hermanos. Gracias.

A Mis Abuelos

Francisco Sáenz Cabrejas, Julieta Calderón de Sáenz, Roberto Gonzalez Goyri y Carmen Pérez de González, por ser las personas que inculcaron los valores que hoy tenemos como familia.

A Mis Tíos

Con sincero aprecio, por su apoyo y cariño en los diferentes momentos de mi vida.

A Mis Primos

Por las diferentes etapas que convivimos durante la vida, llena de buenos y gratos recuerdos, en especial los días que jugamos fútbol y beisbol, en la casa del abuelo.

A Mis Amigos

Por su compañerismo y amistad, porque un amigo es un regalo de la vida, para crecer en la vida, y hacen de los momentos felices más felices y de los tristes menos tristes, porque siempre están ahí presentes. A todos Gracias.



## **TRABAJO DE GRADUACIÓN QUE DEDICO**

A mi familia que ha sido el apoyo fundamental para ser la persona quien soy, y que gracias a ella estoy culminando una fase de mi vida, que me permite seguir creciendo como persona.

A mi país Guatemala, por ser el lugar donde nací y he vivido, lugar de enorme y singular belleza, pero también llena de muchos contrastes por los que hay que trabajar arduamente.

Al Colegio San Lorenzo, lugar en donde empezó mi formación

Al Colegio De La Salle de Huehuetenango, por ser formador en mí proceso de educación

A la Universidad de San Carlos de Guatemala

A la Facultad de Agronomía

Por ser la entidad que me formó como profesional



## **AGRADECIMIENTOS**

A todos los integrantes del proyecto SINREM, quienes fueron los que me permitieron realizar mi Ejercicio Profesional Supervisado.

A mi supervisor Ing. Agr. M. Sc. Hugo Antonio Tobías Vásquez por su valiosa guía en la elaboración del documento de investigación y su apoyo en todas las actividades desarrolladas durante mi EPS.

A mis asesores Ing. Agr. M. Sc. Marco Vinicio Fernández y el Ing. Agr. M. Sc. Tomás Padilla Cámara, por su asesoría en la investigación.

A los integrantes del proyecto SINREM por parte de Guatemala, el Ing. Agr. M. Sc. Edwin Guillermo Santos Mansilla, la Inga. Agr. M. Sc. Lily Gutiérrez Álvarez y el Ing. Agr. Mario Alberto Fong, por su apoyo en las diferentes actividades desarrolladas durante el proyecto SINREM.

A los Señores Toribio Trigueros, Flaviano Trigueros, Beltrán Martínez, José Trigueros, Cirilo Súcite Ramírez, Félix Martínez, Israel Morales, José Mártir Trigueros, mis más sinceros agradecimientos por toda su colaboración y apoyo a mi persona, que permitió el logro con éxito en las diferentes actividades realizadas durante mi EPS, Gracias.

Al Plan Trifinio, institución que abrió sus puertas para el desarrollo de mi EPS, a quienes agradezco su apoyo y colaboración, en especial al Ing. Agr. M. Sc. Mario Buch, Ing. Agr. M. Sc. Ulises de la Cruz, Ing. Agr. Abner Jiménez, y al Coordinador Técnico Trinacional Juan Carlos Montufar.



<b>ÍNDICE GENERAL</b>		Página
CAPÍTULO I. DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA CAFÉ EN LA CUENCA DEL RÍO ATULAPA, EN EL MUNICIPIO DE ESQUIPULAS, CHIQUIMULA, GUATEMALA, CA. ....		1
1.1	Presentación.....	3
1.2	Marco referencial.....	4
1.2.1	Referencia histórica del café en Esquipulas.....	4
1.2.2	Ubicación y localización geográfica.....	4
1.2.3	Clima y zonas de vida .....	6
1.2.3.1	Temperatura media anual.....	7
1.2.3.2	Precipitación promedio anual .....	7
1.2.4	Geología.....	7
1.2.4.1	Serie de Suelos .....	8
1.2.5	Fisiografía .....	9
1.3	Objetivos.....	10
1.3.1	General .....	10
1.3.2	Específicos .....	10
1.4	Metodología.....	11
1.4.1	Conocer la historia del cultivo del café Esquipulas.....	11
1.4.2	Recopilación de información secundaria .....	11
1.4.3	Recopilación de información primaria .....	11
1.4.3.1	Metodología para definir el tipo de muestreo y el tamaño de las encuestas .....	12
1.4.3.2	Determinación de la tecnología empleada en el manejo del cultivo de café .....	13
1.4.3.3	Determinación del nivel tecnológico utilizado en el procesamiento de café .....	14
1.4.3.4	Definición del componente biótico .....	14
1.4.3.5	Definición de las características físicas y climáticas del área de estudio .....	15
1.4.3.6	Organización y tabulación de la información .....	15
1.4.4	Recursos .....	15
1.4.5	Propuesta de análisis de la información .....	16
1.5	Resultados.....	17
1.5.1	Características generales del cultivo .....	17

	Página
1.5.2 Manejo tecnológico del cultivo del café.....	20
1.5.2.1 Fertilización.....	20
1.5.2.2 Manejo de plagas y enfermedades.....	23
1.5.2.3 Manejo del tejido vegetal (podas).....	26
1.5.2.4 Manejo de la sombra del café.....	26
1.5.2.5 Prácticas de conservación de suelos.....	28
1.5.2.6 Control de arvenses.....	29
1.5.2.7 Beneficiado húmedo de café.....	30
1.5.2.8 Usos de los subproductos generados en el beneficiado húmedo de café.....	31
1.5.3 Principales características socioeconómicas.....	36
1.5.4 Características generales de comercialización.....	38
1.5.5 Análisis de la información.....	39
1.6. Conclusiones.....	41
1.7 Bibliografía.....	42
1.8. Anexos.....	43
1.8.1 Formato de encuesta a realizar a Caficultores.....	43
1.8.2 Preguntas sobre la Comercialización.....	45
<b>CAPÍTULO II. IMPLICACIONES DEL SISTEMA CAFÉ (<i>Coffea Arabica L.</i>) SOBRE</b>	
<b>EL RECURSO HÍDRICO DE LA CUENCA DEL RÍO ATULAPA, EN EL</b>	
<b>MUNICIPIO DE ESQUIPULAS, CHIQUIMULA, GUATEMALA, C.A.....</b>	
2.1 Presentación.....	49
2.2 Marco Conceptual.....	51
2.2.1 Cuantificación de la vegetación acompañante en el cultivo de café.....	51
2.2.2 Estimación del potencial erosionable del suelo y sus efectos.....	51
2.2.3 Caficultura en el oriente de Guatemala.....	53
2.2.4 Tamaño de las unidades productivas y tenencia de la tierra.....	54
2.2.4.1 Sistema de finca predominante.....	54
2.2.5 Agricultura en la cuenca del río Atulapa.....	55
2.2.6 Vulnerabilidad ambiental.....	56
2.2.7 Antecedentes de la producción de café.....	56
2.2.8 Manejo del cultivo del café.....	57

2.2.8.1	Fertilización .....	57
2.2.8.2	Principales insecticidas utilizados en la caficultura.....	58
2.2.8.3	Principales fungicidas utilizados en la caficultura .....	58
2.2.9	Beneficiado del café .....	59
2.2.9.1	Beneficio artesanal .....	59
2.2.9.2	Beneficio húmedo tradicional.....	60
2.2.9.3	Beneficio semi-tecnificado .....	60
2.2.9.4	Beneficiado tecnificado.....	61
2.2.9.5	Beneficio comercial .....	61
2.2.10	Situación ambiental del beneficiado de café .....	61
2.2.11	El beneficiado del café y la contaminación de las aguas superficiales.....	64
2.2.12	Aguas residuales del beneficiado húmedo de café .....	66
2.2.13	Demanda química de oxígeno (DQO).....	67
2.2.14	Demanda bioquímica de oxígeno (DBO).....	68
2.2.15	Legislación ambiental.....	68
2.2.16	Riesgos ambientales en el sistema productivo de café.....	71
2.2.16.1	Contaminación con fertilizantes y pesticidas .....	71
2.2.16.2	Contaminación del suelo y fuentes de agua .....	71
2.2.17	Enfoque de sistemas en la producción agrícola .....	72
2.3	Marco Referencial .....	74
2.3.1	Ubicación .....	74
2.3.2	Ubicación político-administrativa .....	77
2.3.3	Características socioeconómicas.....	77
2.3.3.1	Demografía.....	77
2.3.3.2	Población por grupos etarios .....	78
2.3.3.3	Principales actividades productivas.....	79
2.3.3.4	Nivel de ingresos económicos .....	80
2.3.3.5	Tenencia de la tierra .....	80
2.3.4	Aspectos biofísicos.....	81
2.3.4.1	Clima .....	81
2.3.4.2	Temperatura media anual.....	82

	Página
2.3.4.3 Precipitación promedio anual .....	82
2.3.4.4 Zonas de vida.....	82
2.3.4.5 Geología.....	84
2.3.4.6 Estratigrafía.....	84
2.3.4.7 Suelos .....	85
2.3.4.8 Uso de la tierra.....	86
2.3.4.9 Capacidad de uso de la tierra .....	86
2.4 OBJETIVOS .....	88
2.4.1 General .....	88
2.4.2 Específico .....	88
2.5 Metodología .....	89
2.5.1 Caracterización de los procesos del Cultivo .....	89
2.5.2 Encuesta a caficultores sobre el uso de agroquímicos .....	90
2.5.3 Implicación de la actividad de corte de café .....	91
2.5.4 Cuantificación de la pérdida de suelo por medio de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (USLE) .....	92
2.5.5 Caracterización del beneficio húmedo .....	94
2.5.6 Variables del agua a tomar en cuenta .....	95
2.5.6.1 Determinación de la calidad del agua .....	95
A. Definición de las variables a muestrear sobre la calidad de agua.....	96
B. Puntos de muestreo y toma de muestras.....	96
2.5.6.2 Determinación de la cantidad del recurso hídrico .....	97
2.5.6.3 Muestreo de sedimentos suspendidos al río .....	97
2.5.7 Estimación de gastos defensivos en el beneficiado húmedo de café .....	97
2.5.8 Análisis de la información .....	99
2.6 Resultados .....	101
2.6.1 Historia de la caficultura en Esquipulas con énfasis en la cuenca del río Atulapa .....	101
2.6.2 Caracterización de los procesos del cultivo .....	102
2.6.2.1 Selección de semilla .....	103
2.6.2.2 Almácigo .....	103

	Página
2.6.2.3 Preparación del terreno .....	103
2.6.2.4 Siembra .....	104
2.6.2.5 Fertilización .....	105
2.6.2.6 Manejo de tejidos .....	105
2.6.2.7 Control de malezas.....	106
2.6.2.8 Control de plagas y enfermedades.....	107
2.6.2.9 Cosecha .....	107
2.6.2.10 Beneficiado.....	108
2.6.3 Uso de agroquímicos en el café.....	110
2.6.4 Estimación de la erosión en la cuenca.....	114
2.6.4.1 Mapa de erosión potencial.....	119
2.6.5 Caracterización del beneficio húmedo de café.....	122
2.6.5.1 El beneficiado del café .....	126
2.6.5.2 Consumo de agua de los diferentes tipos de beneficios .....	127
A. Beneficio artesanal .....	128
B. Beneficio tradicional .....	130
C. Beneficios semi-tecnificados .....	132
D. Beneficio tecnificado.....	134
2.6.5.3 Estimación del consumo de agua por la actividad de beneficiado húmedo por temporada de café .....	138
2.6.6 Calidad del agua en la cuenca del río Atulapa .....	141
2.6.6.1 Potencial de hidrógeno (pH).....	145
2.6.6.2 Conductividad eléctrica .....	146
2.6.6.3 Demanda química de oxígeno (DQO) .....	146
2.6.6.4 Demanda biológica de oxígeno (DBO) .....	147
2.6.6.5 Sólidos sedimentables, suspendidos y totales .....	149
2.6.6.6 Fósforo total y nitrógeno total .....	150
2.6.6.7 Metales pesados .....	152
2.6.6.8 Comportamiento de la contaminación en la cuenca del río Atulapa .....	153
2.6.7 Cantidad de agua.....	155
2.6.8 Algunas implicaciones económicas del sistema café al recurso hídrico.....	159

	Página
2.6.9	Estimación de costos evitados en el beneficiado húmedo de café ..... 161
2.6.9.1	Cálculo del costo de producción de una hectárea de café ..... 163
2.6.9.2	Cálculo de los costos para implementar una abonera de lombricompost ..... 165
2.6.9.3	Tratamiento de las aguas mieles ..... 166
2.6.9.4	Rentabilidad de la producción de café de forma sostenible ..... 166
2.6.10	Impacto ambiental en la cuenca del río Atulapa por la producción de café ..... 168
2.6.11	Medidas de mitigación por la actividad del sistema café ..... 173
2.6.11.1	Prácticas de conservación de suelos ..... 173
2.6.11.2	Implementación de aboneras ..... 173
2.6.11.3	Implementación de fosas de absorción y sedimentación debidamente diseñadas ..... 174
2.6.11.4	Implementación de un beneficio comunal ..... 175
2.7	Conclusiones ..... 176
2.8.	Recomendaciones ..... 179
2.9	Bibliografía ..... 181
2.10	Apéndices ..... 184
2.10.1	Boleta de encuesta ..... 184
<b>CAPÍTULO III. INFORME DE SERVICIOS REALIZADOS A TRAVÉS DEL</b>	
<b>PROYECTO SINREM, EN LA CUENCA DEL RÍO ATULAPA, EN EL</b>	
<b>MUNICIPIO DE ESQUIPULAS, CHIQUIMULA, GUATEMALA, C.A. .... 187</b>	
3.1	Presentación ..... 189
3.2	Elaboración de aboneras de lombricompost a base de pulpa de café ..... 191
3.2.1	Objetivos ..... 191
3.2.1.1	General ..... 191
3.2.1.2	Específicos ..... 191
3.2.2	Metodología ..... 192
3.3.2.2	Planificación del día de campo para la presentación de resultados ..... 196
3.3.3.3	Presentación de resultados en el día de campo ..... 197
3.2.3	Resultados ..... 198
3.2.3.1	Presentación de abonera ante caficultores ..... 198
A.	Características del abono ..... 198

B.	Elaboración de la abonera tipo rústica .....	199
C.	Aspectos importantes del manejo de una abonera.....	199
D.	Formas de utilizar el abono .....	200
3.2.3.2	Presentación de resultados del análisis de laboratorio del abono .....	200
3.2.3.1	Opiniones de los caficultores referentes al evento .....	201
3.2.4	Evaluación.....	202
3.3	Pláticas de educación ambiental en escuelas primarias .....	203
3.3.1	Objetivos .....	203
3.3.1.1	General.....	203
3.3.1.2	Específicos .....	203
3.3.2	Metodología .....	204
3.3.2.1	Pláticas de educación ambiental a estudiantes de escuelas primarias .....	204
3.3.2.2	Plática de educación ambiental a profesores .....	205
3.3.3	Resultados .....	207
3.3.3.1	Pláticas de educación ambiental en escuelas primarias .....	207
A.	Plática de educación ambiental Escuela caserío Plan de la Arada .....	207
B.	Plática de educación ambiental Escuela caserío La Cuestona .....	208
C.	Plática de educación ambiental Escuela caserío El Duraznal .....	208
D.	Plática de Educación Ambiental en la Escuela Caserío El Portezuelo .....	209
E.	Plática de Educación Ambiental Escuela Caserío El Limón .....	210
3.3.3.2	Plática de educación ambiental a profesores de escuelas primarias .....	210
A.	Explicación de los temas de educación ambiental .....	211
B.	Hoja de comprensión sobre los temas impartidos.....	211
C.	Comentario por parte de los participantes sobre el taller .....	212
3.3.4	Evaluación.....	213
3.4	Visita a un beneficio ecológico con productores de café .....	214
3.4.1	Objetivos .....	214
3.4.1.1	General.....	214
3.4.1.2	Específicos .....	214
3.4.2	Metodología .....	215
3.4.3	Resultados .....	216

3.4.4 Evaluación ..... 221

3.4.4.1 Participantes a la gira del beneficio ecológico..... 221

<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>		Página
Figura 1.	Ubicación de la cuenca del río Atulapa .....	5
Figura 2.	Edad de las plantaciones de café en fincas ubicadas en la cuenca del río Atulapa .....	17
Figura 3.	Principales variedades utilizadas en el cultivo de café .....	18
Figura 4.	Principales plagas y enfermedades en el cultivo de café .....	19
Figura 6.	Cultivos alternos sembrados en plantaciones de café .....	20
Figura 5.	Caficultores que tienen diversificación de cultivos en sus fincas .....	20
Figura 7.	Distanciamientos de siembra utilizados en el cultivo de café .....	20
Figura 8.	Principales fertilizantes utilizados en el cultivo de café en la cuenca .....	21
Figura 9.	Fertilizaciones aplicadas anualmente al cultivo de café .....	22
Figura 11.	Cantidad de fertilizante químico aplicado por planta .....	22
Figura 10.	Criterio utilizado para definir la cantidad de fertilizantes aplicados al cultivo de café .....	22
Figura 13.	Tipo de protección fitosanitaria utilizada en el cultivo de café .....	23
Figura 12.	Cantidad de controles fitosanitarios aplicados en un ciclo de producción del cultivo de café .....	23
Figura 14.	Principales insecticidas utilizados en el cultivo de café .....	24
Figura 15.	Principales fungicidas utilizados en el cultivo de café .....	25
Figura 16.	Criterios utilizados para determinar las dosis de aplicación de los agroquímicos en el cultivo de café .....	26
Figura 17.	Caficultores que hacen uso de sombra en las plantaciones de café .....	26
Figura 18.	Tipos de sombra utilizadas en el cultivo de café .....	26
Figura 19.	Caficultores que utilizan prácticas de conservación de suelos en sus cultivos de café .....	28
Figura 20.	Principales prácticas de conservación de suelos utilizadas en el cultivo de café .....	28
Figura 21.	Porcentaje de superficie dentro de las fincas de café que implementan prácticas de conservación de suelos .....	29
Figura 23.	Método de control de malezas utilizado por caficultores .....	30
Figura 22.	Número de controles de malezas realizadas por año .....	30

Figura 24.	Caficultores que benefician o procesan su café .....	30
Figura 25.	Tipo de beneficios de café que se encuentran en la cuenca del río Atulapa.....	30
Figura 26.	Caficultores que utilizan la pulpa café.....	31
Figura 27.	Formas de utilizar la pulpa de café por parte de los caficultores .....	31
Figura 28.	Formas de deposición de las aguas residuales del beneficiado húmedo de café .....	33
Figura 29.	Superficie promedio de las fincas de café en la cuenca del río Atulapa .....	34
Figura 30.	Rendimiento promedio en el cultivo de café en la cuenca del río Atulapa ....	34
Figura 32.	Costo de producción estimado para la producción de café en qq/mz.....	34
Figura 31.	Producción anual promedio obtenida por finca de café .....	34
Figura 33.	Percepción del caficultor, ante la situación actual del recurso hídrico .....	35
Figura 34.	Principales causas del deterioro al recurso hídrico en la cuenca del río Atulapa.....	36
Figura 35.	Medidas propuestas para mitigar la contaminación al recurso hídrico.....	36
Figura 36.	La agricultura y las disciplinas que tiene injerencia en ella.....	72
Figura 37.	La unidad de producción como un sistema.....	73
Figura 38.	Mapa de ubicación de la cuenca del río Atulapa .....	75
Figura 40.	Población por grupos etarios en la cuenca del río Atulapa. ....	79
Figura 41.	Clasificación de la cuenca por su capacidad de uso según metodología del INAB.....	87
Figura 42.	Esquema para la elaboración del mapa de erosión .....	93
Figura 43.	Esquema productivo del cultivo de café y sus principales implicaciones ambientales .....	110
Figura 44.	Mapa de erosión potencial de la cuenca del río Atulapa.....	121
Figura 45.	Sistema general del beneficiado húmedo de café .....	127
Figura 47.	Esquema del proceso de un beneficio húmedo tradicional.....	132
Figura 48.	Esquema de un beneficio húmedo semi-tecnificado.....	134
Figura 49.	Esquema del proceso general de un beneficio húmedo tecnificado .....	137
Figura 50.	Mapa de ubicación de los puntos de muestreo sobre calidad de agua.....	143
Figura 51.	Mapa de ubicación de los puntos de aforo de la cuenca del río Atulapa....	157

Figura 52.	Preparación del terreno para la elaboración de la abonera.....	192
Figura 53.	Diseño de la estructura del cantero.....	193
Figura 55.	Forma de colocar el plástico para el cantero de la abonera.....	193
Figura 54.	Construcción del cantero de la abonera.....	193
Figura 56.	Vista aérea de la estructura del techo del cantero. ....	194
Figura 57.	Forma de elaboración del techo de la abonera.....	194
Figura 58.	Forma de colocar la pulpa de café en el cantero .....	195
Figura 60.	Colocación de la lombriz en la abonera .....	196
Figura 59.	Lombriz Coqueta Roja, utilizada para la abonera .....	196
Figura 61.	Presentación de resultados de abonera ante caficultores del caserío La Cuestona.....	198
Figura 62.	Participación de caficultores en la presentación de resultados del análisis químico del lombricompost.....	200
Figura 63.	Caficultores que opinaron sobre las ventajas del abono.....	201
Figura 65.	Plática de educación ambiental en la escuela Plan de la Arada .....	207
Figura 64.	Estudiantes de la escuela Plan de la Arada .....	207
Figura 67.	Plática de educación ambiental en la escuela La Cuestona .....	208
Figura 66.	Estudiantes de la escuela La Cuestona .....	208
Figura 69.	Plática de educación ambiental en la escuela El Duraznal .....	208
Figura 68.	Estudiantes de la escuela El Duraznal.....	208
Figura 71.	Plática de educación ambiental en la escuela El Portezuelo .....	209
Figura 70.	Plática de educación ambiental en la escuela El Portezuelo .....	209
Figura 73.	Plática de educación ambiental en la escuela El Limón.....	210
Figura 72.	Estudiantes de la escuela El Limón.....	210
Figura 74.	Profesores de las escuelas ubicadas dentro de la cuenca del río Atulapa.....	210
Figura 75.	Plática de educación ambiental con profesores de las escuelas ubicadas dentro de la cuenca del río Atulapa .....	211
Figura 76.	Evaluación a los profesores sobre la plática de educación ambiental .....	212
Figura 77.	Presidente de la asociación de ASIDECONE .....	216
Figura 78.	Caficultores participantes en la gira al beneficio ecológica de café .....	218

Figura 79.	Palabras de bienvenida por parte de presidente de la asociación ASIDECONE.....	218
Figura 80.	Presentación del recibidor de café ante los caficultores .....	218
Figura 81.	Presentación del sifón del beneficio ecológico .....	219
Figura 82.	Pilas de fermento del beneficio de café tecnificado .....	219
Figura 84.	Planta de tratamiento de aguas residuales del beneficio tecnificado.....	220
Figura 83.	Tanque recolector de la planta de tratamiento.....	220
Figura 85.	Filtros utilizados en la planta de tratamiento de aguas residuales .....	220

**ÍNDICE DE CUADROS**

Cuadro 1.	Coordenadas UTM del cuadrante dentro del cual se localiza la cuenca del río Atulapa .....	5
Cuadro 2.	Zonas de vida de Holdrige que se encuentran en la cuenca del río Atulapa .....	7
Cuadro 3.	Series de suelos y porcentajes de cobertura dentro de la cuenca del río Atulapa .....	8
Cuadro 4.	Caficultores registrados en la municipalidad de Esquipulas.....	13
Cuadro 5.	Esquema utilizado para el análisis de la información .....	16
Cuadro 6.	Esquema de la matriz para la jerarquización de problemas.....	16
Cuadro 7.	Principales características socioeconómicas .....	37
Cuadro 8.	Características generales de comercialización .....	38
Cuadro 9.	Listado de problemas .....	39
Cuadro 10.	Matriz de Priorización de los problemas.....	40
Cuadro 11.	Problemas Priorizados .....	40
Cuadro 12.	Valores de precipitación pluvial, escurrimiento y pérdida de suelo para el período de 1995– 1997 en cultivo de café.....	53
Cuadro 13.	Principales características de contaminantes del beneficiado de café en Guatemala.....	62
Cuadro 14.	Características de los residuos sólidos. ....	63
Cuadro 15.	Malos manejos con la pulpa de café. ....	64
Cuadro 16.	Composición de la pulpa (% en base seca) .....	65
Cuadro 17.	Composición química del mucílago de café. ....	66
Cuadro 18.	Resultado de análisis de agua residual del promedio de diez.....	67
	beneficios de café en Guatemala .....	67
Cuadro 19.	Niveles de demanda química de oxígeno (DQO) en diferentes tipos de efluentes.....	68
Cuadro 20.	Límites máximos permisibles de descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, de acuerdo al Reglamento de las Descargas y Reúso de Aguas Residuales y la Disposición de Lodos, según el artículo 183 de la Constitución Política de la República.....	69

	Página
Cuadro 21. Modelo de reducción progresiva de cargas de demanda bioquímica de oxígeno .....	69
Cuadro 22. Coordenadas del cuadrante dentro del cual se localiza la cuenca del río Atulapa.....	74
Cuadro 23. Número de habitantes y viviendas por centro poblado de la ..... cuenca del río Atulapa .....	77
Cuadro 24. Formas de tenencia de la tierra en el Municipio de Esquipulas .....	81
Cuadro 25. Formas de tenencia de la tierra en el Municipio de Esquipulas .....	81
Cuadro 26. Extensión por zona de vida.....	82
Cuadro 27. Tipos de suelos de la cuenca del río Atulapa. ....	85
Cuadro 28. Uso de la tierra en la cuenca del río Atulapa .....	86
Cuadro 29. Principales fertilizantes utilizados por caficultores de la cuenca del río Atulapa.....	112
Cuadro 30. Principales insecticidas y fungicidas .....	113
utilizados por caficultores de la cuenca del río Atulapa .....	113
Cuadro 31. Muestreos de sedimentos en los puntos seleccionados .....	115
después de un evento de lluvia .....	115
Cuadro 32. Resultados de laboratorio del análisis químico de dos muestras de sedimento .....	115
Cuadro 33. Transporte de sedimentos en la quebrada La Cuestona en tres meses de la temporada lluviosa del 2008 .....	117
Cuadro 34. Estimación de la pérdida de nutrientes (kg/ha) por erosión hídrica en la quebrada La Cuestona .....	118
Cuadro 35. Relación entre tamaño de finca y tipo de beneficio utilizado por año .....	122
Cuadro 36. Resumen del beneficiado y producción de café en la cuenca del río Atulapa por año.....	123
Cuadro 37. Identificación del tipo de beneficio y la forma de manejo de los residuos del beneficiado en la cuenca del río Atulapa .....	124
Cuadro 38. Consumo estimado de agua por tipo de beneficio en una temporada de café .....	138
Cuadro 39. Identificación de los puntos de muestreo para agua residual.....	141

Cuadro 40.	Resultados de análisis de agua residual del río Atulapa 2008. ....	144
Cuadro 41.	Características químicas presentes en el río Atulapa en el mes de septiembre de 2008.....	145
Cuadro 42.	Elementos contenidos en las aguas del río Atulapa en dos épocas de muestreo en el 2008.....	145
Cuadro 43.	Diferencia de caudales del río Atulapa en época seca y lluviosa .....	156
Cuadro 44.	Costo de producción de una hectárea de café de un caficultor mediano ..	164
Cuadro 45.	Cálculo del Costo Anual Uniforme Equivalente para una abonera de Lombricompost.....	165
Cuadro 46.	Costos para la implementación y operación de una planta de tratamiento de aguas mieles .....	166
Cuadro 47.	Costo de producción de café, incluyendo los costos de tratamiento de residuos.....	167
Cuadro 49.	Resultados del análisis de laboratorio del abono de lombricompost.....	200
Cuadro 50.	Listado de caficultores participantes a la visita de un beneficio tecnológico .....	222



## RESUMEN

El trabajo realizado forma parte de las actividades en el marco del proyecto SINREM que integra tres universidades centroamericanas: Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC), Universidad de El Salvador (UES) y Universidad Autónoma de Honduras (UAH), con el apoyo de dos centros de investigación europea: Universidad Castilla La Mancha España (UCLA) y el Centro de Investigaciones para el Desarrollo Agrícola (CIRAD). De la unión de estas instituciones nace el proyecto denominado “Sincronización de la Información para la Participación Nacional-Local en el Manejo de los Recursos Naturales” por sus siglas en inglés “SINREM” que tomó como base de trabajo la región del Trifinio, área fronteriza en la que convergen los tres países: Guatemala, Honduras y El Salvador. El Proyecto estableció la cuenca del río Atulapa, que se ubica en el municipio de Esquipulas, departamento de Chiquimula, seleccionada por su importancia económica, ambiental y social para Esquipulas, ya que pertenece al área protegida “Biósfera de la Fraternidad”, que integrada por los tres países, se denomina “Área Protegida Trinacional Montecristo”. Esta es una zona de recarga hídrica muy importante que provee en un aproximado del 60% de agua domiciliar a la ciudad de Esquipulas, además de contar con una rica biodiversidad, es una zona importante de producción de café, abarcando más de la mitad del área total sembrada con café (55%), con la media mayor en producción de café por área a nivel de país, cualidad que incentivó a convertirse en la principal actividad productiva de los habitantes de la cuenca.

El trabajo, se hizo en base a la consulta con caficultores del área, colecta de información en las diferentes instituciones que tiene influencia de trabajo en la cuenca, toma de datos directa de campo a través de análisis físico-químicos de aguas residuales, visita a los diferentes tipos de beneficios húmedos de café, para describir el proceso de despulpe y lavado, así también la medición del consumo de agua.

Entre los resultados más relevantes del trabajo realizado, se identificaron 173 beneficios húmedos de café registrados, predominando el tipo artesanal con 97, con un consumo de agua de 5 l/kg de café pergamino seco. El beneficio tradicional es el segundo con mayor número 51, con un consumo de agua de 26.4 l/kg, le sigue el semitecnificado con 13

beneficios y un consumo de 7.7 l/kg, por último se encuentra el tipo tecnificado con 12 beneficios, con un consumo de agua de 12.10 l/kg. El tipo de beneficio que mayor consumo de agua registró fue el tradicional, y es el segundo con mayor número en su tipo. Al contrario el beneficio con menor consumo registrado fue el semitecnificado por su simplicidad en su proceso y contar con un sistema de recirculación de agua. En la evaluación de la calidad de agua, se determinó que en el punto tres de muestreo, se detectaron los parámetros con más alto valor, pero sin sobrepasar los límites permitidos por la norma COGUANOR NGO 29001 y el Reglamento de Aguas Residuales, únicamente el pH con un valor de 4.72. A pesar de ello se evidenció que existen descargas de aguas residuales del beneficiado de café, pero los volúmenes de descarga en la parte alta y media de la cuenca no llegan a alterar de manera significativa la calidad de agua, a diferencia de los beneficios tecnológicos que se ubican en la parte baja de la cuenca, que por los volúmenes que procesan, generan una alta carga contaminante que afecta significativamente la calidad del agua, si no cuentan con un sistema eficiente de tratamiento de los subproductos. En la modelación de la erosión hídrica, por medio de la metodología USLE, se determinó que las partes con mayores índices de erosión, se ubican en la parte media y media alta de la cuenca, con rangos de 32 a 64 ton/ha, principalmente ubicados en las áreas cafetaleras ubicadas en zonas de pendientes alta. En el análisis económico para el tratamiento de los subproductos del beneficiado húmedo de café, se determinó que se necesita 0.01283 Q/kg de pulpa fresca tratada y 0.1647 Q/kg de café pergamino seco lavado, que son costos que el caficultor no toma en cuenta, pero que el ambiente asume este costo.

En conclusión se resume que la contaminación del agua por la actividad del beneficiado húmedo de café, no modifica de manera significativa la calidad de agua, lo que supone que la contaminación se debe principalmente al rebalse de fosas de captación de las aguas mieles utilizadas por los caficultores, que no están diseñadas para contener el volumen de agua utilizada durante una temporada de café de un beneficio.

## **CAPÍTULO I.**

**DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA CAFÉ EN LA CUENCA DEL RÍO ATULAPA, EN EL  
MUNICIPIO DE ESQUIPULAS, CHIQUIMULA, GUATEMALA, CA.**



## 1.1 Presentación

La cuenca del río Atulapa, es una zona que debido a su posición geográfica es favorecida por su riqueza en recursos naturales, los cuales a pesar de su diversidad y cantidad, están siendo afectados por la presión de la población, pues la densidad poblacional de 147 hab/Km<sup>2</sup>, la cual es superior al promedio nacional, el que se ha calculado en un promedio de 105 hab/Km<sup>2</sup>. La población en su mayoría se dedica al cultivo de café como principal actividad productiva y económica, que corresponde al el 55% del uso de la tierra para el año 2,006 abarcando más de la mitad del área de la cuenca, y continúa el crecimiento del cultivo, por su auge en Esquipulas. Situación que provoca presión en el uso de los recursos naturales, principalmente en el crecimiento de la frontera agrícola, amenazando la cobertura boscosa en áreas de recarga hídrica principalmente la zona núcleo del área protegida Biósfera de la Fraternidad y aumentando así la contaminación de las aguas superficiales, por las actividades de beneficiado de café principalmente.

De acuerdo a la problemática planteada en esta región, se realizó un diagnóstico en la cuenca del río Atulapa como área estudio, enfocado al sistema café, con el objeto de conocer su relación con el manejo que se aplica en la cuenca, con el fin de conocer la tecnología empleada por el caficultor en sus prácticas de manejo del cultivo y procesamiento (beneficiado húmedo), para contar con información que establezca que prácticas son las que mayor incidencia tienen en los recursos naturales, principalmente en el recurso hídrico. La información generada permite al lector, tener una mejor panorámica de las causas y efectos que el sistema café, incide en el contexto ambiental, con el objetivo de buscar soluciones, que permitan que el manejo del cultivo sea más sostenible.

Como parte del proceso metodológico, la información se recolectó con la ayuda de encuestas que se pasaron a los productores de café, así como la recopilación de información secundaria en instituciones o documentos referentes a la zona de estudio. Posteriormente se continuó con el análisis de la información que permitió identificar los principales problemas que afectan al ambiente.

## **1.2 Marco referencial**

### **1.2.1 Referencia histórica del café en Esquipulas**

En 1773, llegaron las primeras plantas de café a Guatemala, como resultado de una iniciativa desarrollada por sacerdotes jesuitas. A mediados del siglo XVIII, por primera vez, se había consumido café en público en Guatemala, al celebrar el levantamiento de la Catedral a la categoría de Metropolitana. Antes de esa fecha su consumo como bebida no se había generalizado aunque algunas veces se usaba como medicina. (Roux, Gilles; Camacho, N. 1992)

Durante las décadas de los 70's y 80's del Siglo XIX, se abren al café numerosas fincas de otros departamentos como Baja Verapaz, San Marcos, Huehuetenango, Santa Rosa, Sololá, Chimaltenango, **Chiquimula**, Zacapa, Jalapa, Quiché y aún Petén. Para 1883 había 5,431 fincas de café en 17 departamentos con 50,084,283.00 cafetos y una producción de 434,225.00 quintales con valor de 4,342,555.00 pesos. (Hernández, M. 1988)

El crecimiento intensivo del cultivo de café en la cuenca del río Atulapa, inició en los años 90, cuando técnicos de la desaparecida institución del gobierno "Dirección de Servicios Agrícolas (DIGESA) promovió cultivo de una forma intensiva con la introducción de nuevas variedades y apoyo en préstamos, lo que significó un aumento en la siembra de café. Posteriormente la Asociación Nacional del Café (ANACAFE), continuó el trabajo en la caficultura en la región de Esquipulas, con la construcción de beneficios húmedos de café, y también en la mejora de la producción a través de capacitaciones por parte de técnicos de la institución.

### **1.2.2 Ubicación y localización geográfica**

La cuenca del río Atulapa, drena superficialmente hacia la cuenca del río Olopa (Cuenca de la parte alta del río Lempa), tiene un área de 44.01 km<sup>2</sup> y se sitúa al Sur del Municipio de Esquipulas, perteneciente al Departamento de Chiquimula. (Tobias; Santos; Fong; 2007). Forma parte de la subcuenca del río Olopa que a su vez corresponde a la parte alta de la cuenca mayor del río Lempa. En esta vertiente las cuencas están caracterizadas por

tener pendientes pronunciadas en las partes altas y que disminuyen al caer a la zona baja de inundación. Se localiza en las hojas cartográficas correspondientes a Esquipulas (2359 IV) y Cerro Montecristo (2359 III); se ubica entre las coordenadas geográficas:

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

Las coordenadas UTM que se encuentran dentro de la cuadrícula del área de la cuenca en la zona 16 norte, se presentan en el cuadro uno.

Cuadro 1. Coordenadas UTM del cuadrante dentro del cual se localiza la cuenca del río Atulapa

UBICACIÓN	COORDENADAS	
	Longitud Oeste	Latitud Norte
Norte	894354.96	1614121.44
Sur	894354.96	1603357.91
Este	899538.14	1608878.69
Oeste	88854.05	1608878.69

Fuente: Hojas topográficas (IGN 1961), escala 1:50,000

En la figura 1, se muestra la ubicación de la cuenca del río Atulapa, en el contexto nacional

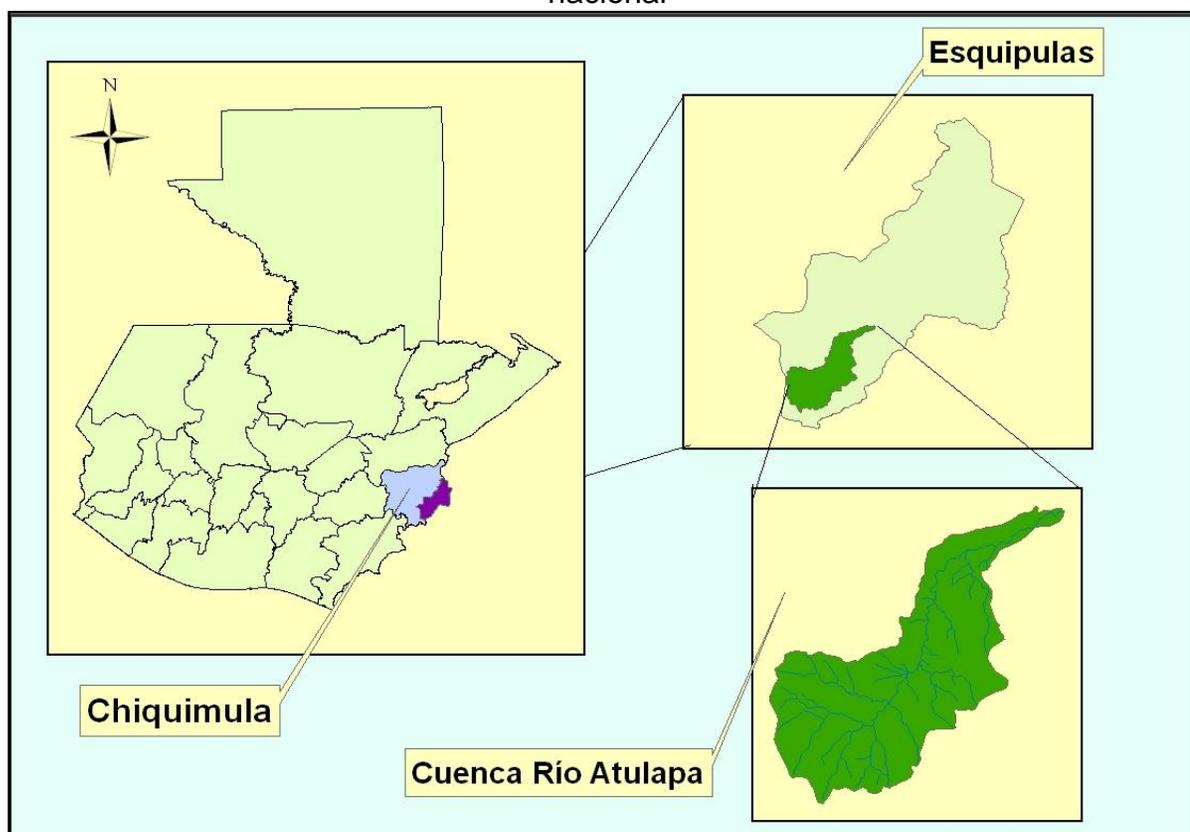


Figura 1. Ubicación de la cuenca del río Atulapa

El municipio de Esquipulas, lugar donde se encuentra la cuenca, limita al Norte con los municipios de Jocotán, Camotán y la República de Honduras; al Sur con el municipio de Concepción Las Minas y la República de El Salvador; al Este con la República de Honduras; al Oeste con los municipios de Quezaltepeque y Olopa. La cuenca del río Atulapa se encuentra ubicada al Sur de la ciudad de Esquipulas, siguiendo la carretera que conduce a la Aduana de Agua Caliente en la frontera con Honduras (Municipalidad Esquipulas, 2005). Colinda al Norte con la subcuenca río Olopa y el río Zepoctún, al Sur con el río Frío o Sesecapa, al Este con la subcuenca del río Olopa y la cuenca del río Lempa y al Oeste con el río Chacalapa. (USAC-CTPT, 2007)

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 Quetzaltepeque Para llegar al punto de aforo de la cuenca hay que recorrer 2.5 kilómetros de carretera asfaltada a partir de la basílica del Cristo Negro.

### **1.2.3 Clima y zonas de vida**

Según la clasificación climática de Thornwhaite, el clima en Esquipulas se clasifica como “húmedo semi-cálido BB” que también correspondería a la parte baja de la cuenca, con una altura de 900 msnm, conforme se asciende a la parte montañosa se presenta un clima “templado” y en las regiones de alta montaña (2,000 msnm) es un clima frío con alta humedad característico de un bosque nuboso.

De acuerdo a la clasificación de zonas de vida de Holdridge, se distinguen tres diferentes zonas; para la parte baja es bosque húmedo sub tropical templado (bh-S(t)), y para la parte alta la clasificación es Bosque muy Húmedo Montano Bajo (bmh-MB) y Bosque muy Húmedo Sub tropical Templado (bmh-S(t)), mostrando así las variaciones de temperatura que existen, al igual que la precipitación que se muestra con mayor cantidad para la parte alta. ( INAFOR, 1983)

Cuadro 2. Zonas de vida de Holdrige que se encuentran en la cuenca del río Atulapa

Zona de Vida	Código	Área (km <sup>2</sup> )	% área
Bosque húmedo Subtropical Templado	bh-S(t)	20.211	45.92
Bosque muy húmedo Montano Bajo	bmh-MB	21.850	49.65
Bosque muy húmedo Subtropical Frío	bmh S(f)	1.949	4.43
<b>Total</b>		<b>44.010</b>	<b>100</b>

Fuente: USAC-CTPT. 2007

### 1.2.3.1 Temperatura media anual

La temperatura media anual se obtuvo a partir de los registros de la estación meteorológica “Esquipulas” de la red meteorológica del Instituto de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrometría (INSIVUMEH). Esta reporta una temperatura media de 22.02 °C, la cual no ha variado significativamente en los últimos seis años. (INSIVUMEH 2008)

### 1.2.3.2 Precipitación promedio anual

La precipitación media anual se calcula en base a la información del INSIVUMEH, de la estación de Esquipulas, que reporta una precipitación media anual de 1706.72 mm en un promedio de registros de 20 años (INSIVUMEH, 2008). Para el año 2008 la precipitación media mensual fue de 175.7 mm, siendo los meses de febrero y marzo los de menos precipitación y los meses de junio y septiembre los de mayor precipitación.

### 1.2.4 Geología

La región que incluye la cuenca del río Atulapa, se encuentra en la Placa del Caribe, en donde los diferentes procesos geológicos conformaron el macizo de Montecristo, al que pertenece la cuenca (USAC-CTPT, 2007). La descripción de las principales formaciones geológicas se detalla a continuación:

- **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 cuenca. (CTTP-USAC, 2007)

- **Tv, Materiales Volcánicos Terciarios:** rocas volcánicas sin dividir. Predominantemente 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. (USAC-CTPT. 2007)

#### 1.2.4.1 Serie de Suelos

De acuerdo al estudio de reconocimiento de los suelos de la República de Guatemala por Ch.S. Simmons; J.H. Tárano y J.H. Pinto, se determinó que en el área se encuentran las series de suelos, que se detallan en el siguiente cuadro.

Cuadro 3. Series de suelos y porcentajes de cobertura dentro de la cuenca del río Atulapa

<b>Serie</b>	<b>Área (Km2)</b>	<b>% Área</b>
Ansay	3.779	8.59
Chuctal	25.947	58.95
Series Aluviales	0.909	2.07
Atulapa	13.377	30.39

Fuente: USAC-CTPT. 2007

##### ➤ **Serie Ansay (As)**

Esta serie ocupa 3.779 km<sup>2</sup>, lo que representa el 8.59 % de la superficie total. La serie Ansay se encuentra extendida en la parte baja de la cuenca, abarcando las aldeas de Atulapa y Santa Rosalía. Las características principales de estos suelos se presentan como suelos con profundidades efectivas de hasta 50 cm, mal drenados, con relieve suavemente inclinados, drenaje interno malo, textura superficial franco arcillo arenoso con un color superficial gris claro a café grisáceo. (CTPT-USAC. 2007)

##### ➤ **Serie Suelos Aluviales (SA)**

Representa el 2.07%, equivalente a 0.909 km<sup>2</sup> del total del área. Al igual que la serie Ansay, se encuentra en la parte baja de la cuenca, abarcando parte de la aldea Atulapa y Santa Rosalía. (USAC-CTPT. 2007).

➤ **Serie Chuctal (Chu)**

Esta serie abarca la mayor parte de la cuenca con una cobertura de 25.947 Km<sup>2</sup>, equivalente al 58.95% del total del área. Esta serie se caracteriza por encontrarse en relieve escarpado, color superficial café oscuro, textura superficial franco limoso y con un alto riesgo de erosión; es por ello importante conservar la vegetación o cobertura boscosa lo que ayuda a la retención del suelo y que no exista mayor erosión. Cubre las comunidades del Duraznal, Plan de la Arada, El Limón y Jocotal. (USAC-CTPT. 2007)

➤ **Serie Atulapa (Au)**

Cubre el 30.39% del área de la cuenca, equivalente al 13.377 Km<sup>2</sup>. Esta serie se encuentra en la parte media de la cuenca, en relieve inclinado, color superficial café a café oscuro, textura superficial franco arcillo limosa, con un alto riesgo de erosión. Cubre las comunidades de La Torera, San Nicolás y Miramundo. (USAC-CTPT. 2007)

### 1.2.5 Fisiografía

Desde un punto de vista fisiográfico, el área de estudio pertenece a la región denominada “Tierras Altas Volcánicas”, dentro del paisaje “Zona de Montaña”, en la que durante el terciario hubo una intensa actividad volcánica, a pesar de la ausencia de edificios volcánicos. El intervalo de altitudes de la cuenca va desde los 880 msnm en las partes más bajas, situadas en la parte norte, en las proximidades de la ciudad de Esquipulas, a los 2180 msnm de las partes más altas, situadas en el extremo sur, en la Quebrada el Raspado, en lo que respecta al caserío El Duraznal.

La mayor parte de la cuenca se encuentra entre las curvas de nivel de los 1.000 y 1500 metros, conformando montañas moderada o fuertemente escarpadas.

(Carranza, Esther.; Asmen, Selvit. 2001)

### **1.3 Objetivos**

#### **1.3.1 General**

- Describir la situación actual del sistema café (*Coffea arabica L.*), en la cuenca del río Atulapa.

#### **1.3.2 Específicos**

- Conocer la tecnología empleada en el manejo del cultivo y su procesamiento.
- Definir las características socioeconómicas generales de los productores de café.
- Identificar los principales problemas que limitan el cultivo sostenible de café.
- Priorizar los problemas para su tratamiento mediante servicios profesionales.

## **1.4 Metodología**

### **1.4.1 La historia del cultivo del café Esquipulas**

Se recolectó información referente a los hechos históricos del cultivo del café. La información histórica recolectada del municipio de Esquipulas, principalmente haciendo énfasis al área que comprende la cuenca.

### **1.4.2 Recopilación de información secundaria**

Los documentos, instituciones y organizaciones que proveyeron información se describen a continuación:

- Municipalidad de Esquipulas.
- Diagnóstico de la Microcuenca Atulapa del Municipio de Esquipulas, Chiquimula.
- Plan Trifinio (Proyectos e investigaciones realizadas por la entidad que esté relacionado al tema y área de estudio).
- Oficina de ANACAFE de la región VII ubicada en Chiquimula (La información colectada, corresponde al número de productores del área de estudio y rendimiento promedio de la región)
- Datos sobre la información climática (INSIVUMEH) y edafológica
- Identificación de las zonas de vida del área (Mapa de zonas de vida del MAGA).
- Recursos hídricos que posee el área de estudio.
- Ubicación geográfica.
- Ubicación de las vías de acceso.

### **1.4.3 Recopilación de información primaria**

El proceso de recopilación de información se hizo por medio de la elaboración de una encuesta con caficultores que habitan en la cuenca. Para la encuesta se tomó como muestra la población de productores de café de ocho comunidades, que son las que se ubican dentro de la cuenca del río Atulapa, debido al tiempo y recursos que se tienen. El muestreo simple aleatorio es la metodología que se adapta a las condiciones de estudio,

porque el manejo del cultivo en la región de Esquipulas es similar entre los productores, de acuerdo a información proporcionada por técnicos ANACAFE de la región.

#### **1.4.3.1 Metodología para definir el tipo de muestreo y el tamaño de las encuestas**

De acuerdo al tiempo y los recursos se hizo una encuesta por medio de una muestra de la población. Se seleccionó el muestreo simple aleatorio por que la tecnología empleada en el cultivo del café y su procesamiento se considera homogénea. La metodología utilizada se basa en las técnicas presentadas por la Subárea de Métodos de Cuantificación e Investigación de la FAUSAC.

En cada caserío seleccionado se determinó el número de encuestas que se realizaron según la población total identificada en el cuadro número tres. Para determinar la cantidad de cuestionarios que se elaboraron, se fijó un nivel de confianza del 95% y una precisión del 25%, de acuerdo a las siguientes condiciones.

Para situaciones cuando:

- a) El nivel de confianza es del 95%.
- b) Los valores de p y q se desconocen y se asume 0.5 para cada uno (o sea, se está asumiendo varianza máxima).

p = Proporción de éxito de la variable obtenida en un premuestreo

q = Proporción de fracaso de la variable obtenida en un premuestreo

La ecuación es la siguiente:

$$n = \frac{N}{N \times d^2 + 1}$$

n= número de encuestas a realizar por conglomerado

N= población total del conglomerado

d= precisión del estimador de interés

Determinar el número de conglomerados (caseríos) a muestrear

d= nivel de precisión 25%

El nivel de precisión se decidió en un 25%, porque el motivo del diagnóstico es presentar un marco general del manejo del cultivo del café, y las condiciones de manejo agronómico del cultivo es homogéneo en la cuenca del río Atulapa. La información colectada permite tener información sobre la tecnología empleada en el cultivo, condiciones socioeconómicas de los caficultores, información que analizada sirvió para identificar los principales problemas que el cultivo de café puede afectar en el medio ambiente.

Cuadro 4. Caficultores registrados en la municipalidad de Esquipulas

No.	Poblado	No. caficultores
1	La Granadilla	125
2	Plan de la Arada	60
3	La Cuestona	65
4	El Limón	45
5	Las Toreras	35
6	Sta. Rosalía	45
7	Atulapa	10
8	Jocotal	15
	<b>Total</b>	<b>400</b>

Fuente: Municipalidad de Esquipulas, 2006

$$n = \frac{400}{400 * 0.25^2 + 1} = 16$$

En relación a los 400 caficultores que se tienen registrados, se necesitan 16 encuestas a caficultores para obtener la muestra de la población total.

#### 1.4.3.2 Determinación de la tecnología empleada en el manejo del cultivo de café

Los parámetros utilizados para establecer el nivel de tecnología que emplea el productor de café en su finca se determinó con los siguientes aspectos:

- Rendimiento del cultivo
- Área cultivada
- Si utiliza prácticas de conservación de suelos
- Cuenta con apoyo técnico
- Utiliza manejo del tejido en el café
- Utiliza sombra en el café

- Si cuenta con producción de plántulas mediante almácigos
- Distanciamientos de siembra
- Fertilización
- Protección Fitosanitaria
- Cosecha y época de siembra

#### **1.4.3.3 Determinación del nivel tecnológico utilizado en el procesamiento de café**

Para obtener la información se realizó visitas a los beneficios de café ubicados en el área de estudio, para describir el proceso que lleva desde su llegada como café cereza hasta obtener café pergamino húmedo. También se describió la maquinaria empleada y los volúmenes de café que maneja y procesa el beneficio. La metodología utilizada para recabar información, consistió en un listado de preguntas que se enfocan en los aspectos más generales del beneficiado del café. Se envió con anticipación una solicitud para realizar la visita a los beneficios de café. El listado de preguntas está añadido en el anexo del documento.

#### **1.4.3.4 Definición del componente biótico**

La forma en que se definió el componente biótico, se basó en la información obtenida a través de los siguientes aspectos evaluados:

1. Variedades que utiliza el agricultor en su parcela
2. Estado de las plantas, en relación al tiempo de vida que lleva el cultivo
3. Principales plagas y enfermedades que afectan al cultivo
4. Entorno arbóreo que se ubica en los cafetales

Para obtener la información del componente biótico, se utilizó dos fuentes:

- Fuente primaria: por medio de la encuesta a realizada. La información que se recolectó se enfocó en las variedades, el estado de la planta, las principales plagas y enfermedades que afectan el cultivo. También se hizo referencia a la fauna del lugar.

- Fuente secundaria: información que se recolectó en documentos realizados en el área de estudio sobre diferentes relacionados. La información que se encontró comprende el entorno arbóreo y la fauna que se encuentra en el área de estudio.

#### **1.4.3.5 Definición de las características físicas y climáticas del área de estudio**

Se hace referencia a las condiciones de clima, suelo y altura. La información se colectó de fuentes de información secundaria, principalmente de estudios del área, elaborados por por la Comisión del Plan Trifinio.

#### **1.4.3.6 Organización y tabulación de la información**

En esta última etapa se organizó la información colectada, para ello se tabuló y sistematizó para su posterior análisis e interpretación, que permitió emitir conclusiones. Con los análisis realizados se estableció una serie de problemas encontrados de los cuales se priorizaron. Para dar una mejor noción de los tres primeros problemas priorizados, se utilizó una matriz de priorización de problemas, que permitió establecer los principales problemas que afecten el recurso hídrico.

#### **1.4.4 Recursos**

Los recursos necesarios que se utilizaron para la realización de las etapas del diagnóstico se detallan a continuación:

- Mapa de uso de la tierra del año 2009 y la división administrativa de la cuenca del río Atulapa.
- Material y equipo de oficina (computadora, papel, impresora, fotocopidora, etc.)
- Libreta de campo
- Cámara fotográfica
- Vehículo para el transporte hacia las comunidades.
- Programa para análisis de la Información "Excel"

### 1.4.5 Propuesta de análisis de la información

Recolectada la información se ordenó para su tabulación y análisis, basado en las encuestas realizadas y la información secundaria recabada, procediendo con la información sistematizada de la siguiente forma:

1. Se realizó un cuadro con el listado de problemas o restricciones, descripción e indicadores. El cuadro se conformó de la siguiente forma:

Cuadro 5. Esquema utilizado para el análisis de la información

No.	Problema o Restricción	Descripción del problema, información más detallada	Indicador, medida de magnitud del problema
1	Mal manejo en la aplicación del fertilizante	No se utiliza una cantidad específica en el uso de fertilizantes	Cantidad de fertilizante utilizado por manzana

Nota: ejemplo de análisis de la información.

2. De acuerdo al listado de problemas se elaboró una matriz para jerarquizarlos. La matriz se realizó como se muestra en el siguiente cuadro:

Cuadro 6. Esquema de la matriz para la jerarquización de problemas

<b>Problemas</b>	Problema uno	Problema dos	Problema tres
Problema No. 1	*****	*****	*****
Problema No. 2	*****	*****	*****
Problema No. 3	*****	*****	*****
<b>SUMA</b>	*****	*****	*****
<b>PRIORIZACIÓN</b>			

Con los resultados obtenidos por medio de la matriz de jerarquización o priorización de problemas, se identificaron las principales incidencias del cultivo de café, que causan alteraciones al medio ambiente y que afectan a la población que vive en la cuenca del río Atulapa, como también a los que viven en la ciudad de Esquipulas, que también hacen uso de los recursos de la cuenca. Con esta información se determinó los temas de investigación y servicios, que contribuyan a la resolución de la problemática detectada en el área de estudio.

## 1.5 Resultados

Los resultados de la encuesta se presentan en forma gráfica, de manera que permita una mejor comprensión de las diferentes actividades que se aplican en el manejo del cultivo de café, en la cuenca del río Atulapa, para su posterior interpretación y análisis.

### 1.5.1 Características generales del cultivo

La figura 2, muestra la edad en años de las plantaciones de café, mientras más avanzada la edad de la plantación, es más propenso a que se realicen renovaciones que implica que el suelo se quede sin cobertura durante aproximadamente un año. Los resultados muestran mayor cantidad de parcelas menores de 15 años, que son plantaciones nuevas, en condiciones ideales para producción. Plantaciones mayores a 15 años se obtuvo una cantidad de seis plantaciones del total de caficultores encuestados, son cafetales de edad avanzada que necesitan un proceso de renovación para mantener la producción, para ello es necesario contar con un programa de renovación. En forma general se identifica que en la cuenca la edad de las plantaciones predominante es menor de 15 años, que es la etapa en que la planta presenta sus mejores rendimientos. En el caso de plantaciones menores de cinco años, existen cantidades reducidas (< 5%), que se interpretan como un proceso de renovación.

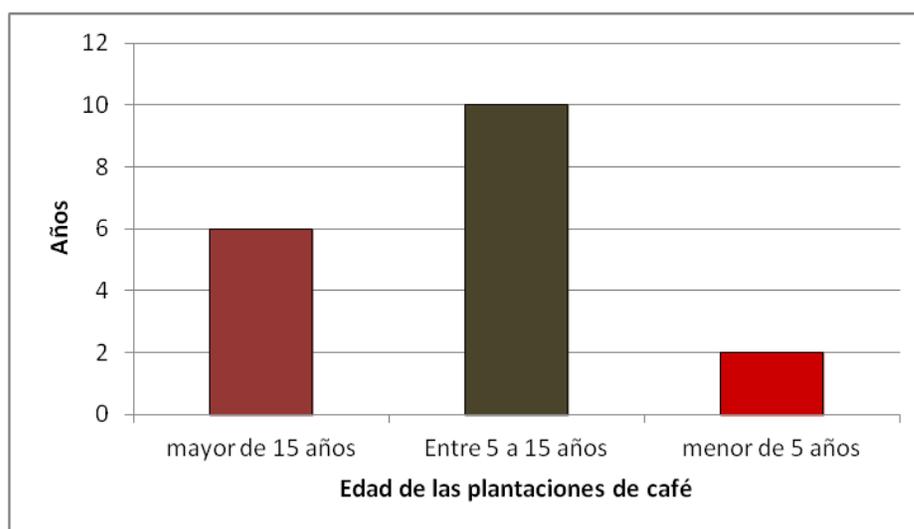


Figura 2. Edad de las plantaciones de café en fincas ubicadas en la cuenca del río Atulapa

La variedad más utilizada por los caficultores se llama “Catuaí” y representa el 56% de todas las variedades presentes. Es una variedad de porte bajo, que de acuerdo a las condiciones biofísicas que necesita para su óptimo desempeño, se encuentran disponibles en la cuenca, principalmente en la altura (600 a 1,370 msnm), y humedad (70%) que son las adecuadas para dicha variedad; pero principalmente se utiliza por el tipo de café que produce y que se demanda en los mercados internacionales, lo que también ha propiciado que en el área de Esquipulas y la zona oriental como Zacapa, Jalapa y parte de Izabal, se utilice esta variedad.

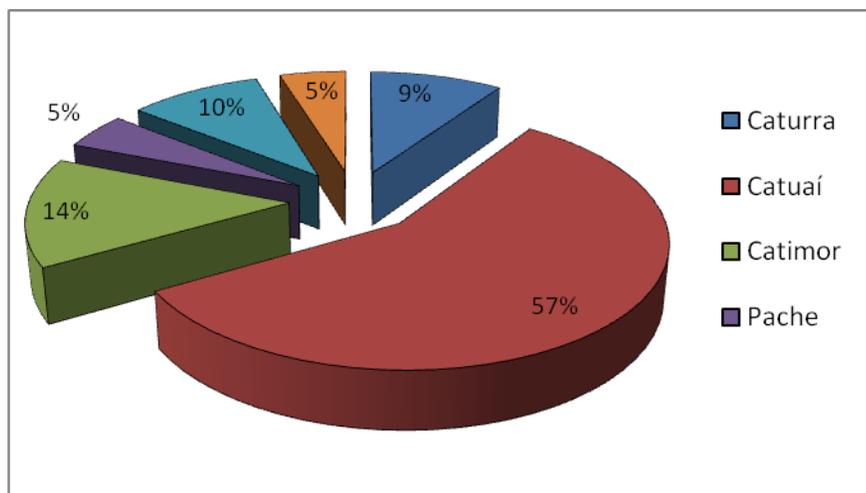


Figura 3. Principales variedades utilizadas en el cultivo de café

En la cuenca del río Atulapa, el área cultivada con café, es poco afectada por plagas y enfermedades que causen un daño severo a las plantaciones, que provoquen la reducción de la producción y por tanto una incidencia económica en el productor. Estas no se consideran de importancia de acuerdo a lo descrito anteriormente, porque no sobrepasan el umbral económico, y por lo tanto el uso de insecticidas y fungicidas no es frecuente. En la figura 4, se presentan las principales plagas y enfermedades que indicaron los caficultores que afectan a las plantaciones de café en la cuenca del río Atulapa. El Ojo de Gallo (*Mycenia citrocolor*) es la enfermedad más común en el área pero no se considera de importancia, y su presencia se debe principalmente por el mal manejo de la sombra, ya que su control es más cultural que químico.

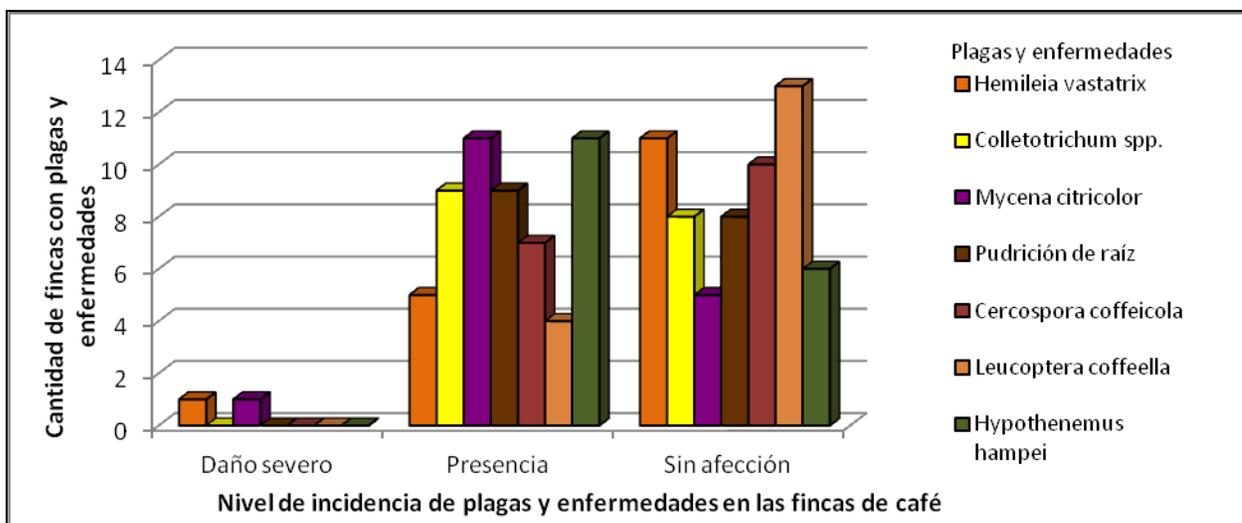


Figura 4. Principales plagas y enfermedades en el cultivo de café

En la figura 5, muestra si los caficultores siembran otros tipos de cultivos en sus fincas o parcelas de café, como una forma de diversificación de cultivos, que permite obtener otros productos agrícolas (banano, naranjas), que comercializándolos genera otros ingresos, práctica que evita que dependan únicamente de ingresos de la venta de café. Las fincas o parcelas que se encuentran en la parte alta de la cuenca, tienen menos diversificación de cultivos, asociado al relieve accidentado del lugar y el minifundismo que existe, a diferencia de las fincas ubicadas en la parte baja de la cuenca donde el área es plana y extensa, las cuales permite la siembra de otros cultivos como pastos, maíz, frijol. La figura 6, describe claramente que el 71% de caficultores, tienen sus fincas en un sistema de monocultivo de café, el otro 29% diversifican con otros cultivos. En conclusión los caficultores en su mayoría, solo siembran café, muy pocos cuentan con otros usos del suelo.

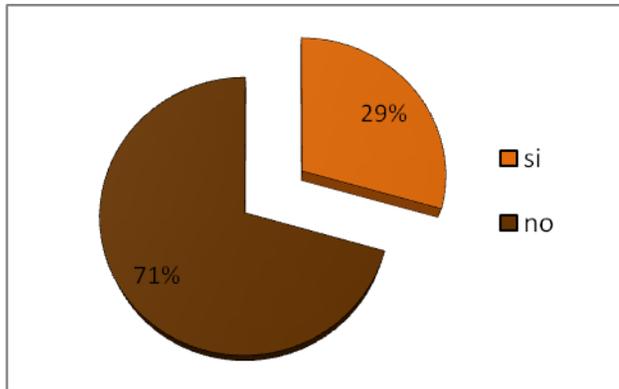


Figura 5. Caficultores que tienen diversificación de cultivos en sus fincas

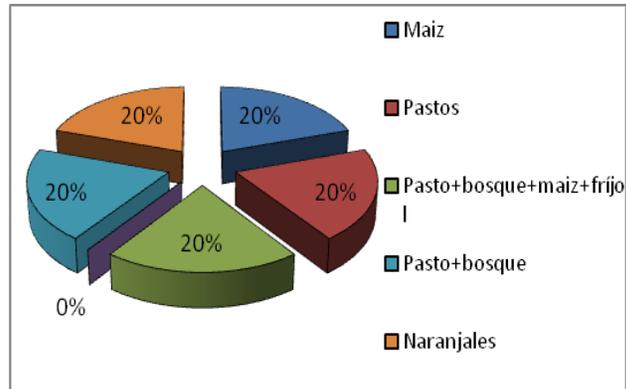


Figura 6. Cultivos alternos sembrados en plantaciones de café

### 1.5.2 Manejo tecnológico del cultivo del café

En la figura 7, muestra, los distanciamientos más comunes utilizados en la siembra del cultivo de café, donde el 76% utiliza un distanciamiento entre plantas de 2 x 1 y 2 x 1.5 metros, que se considera un distanciamiento de alta densidad, que es común en plantaciones tecnificadas para la alta producción.

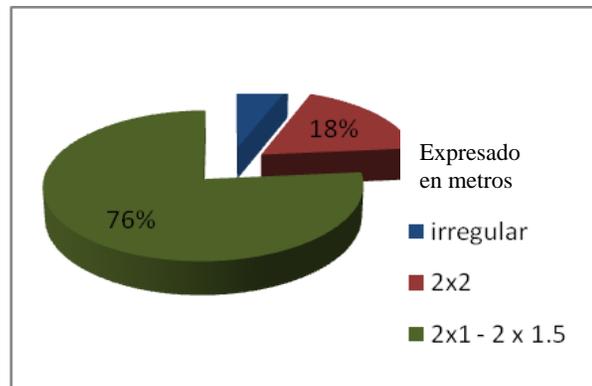


Figura 7. Distanciamientos de siembra utilizados en el cultivo de café

En relación a los distanciamientos, son los que comúnmente se utilizan en una plantación de café y los recomendados por técnicos agrícolas, lo que refleja que existe conocimiento técnico en el manejo de los distanciamientos.

#### 1.5.2.1 Fertilización

La fertilización en el cultivo de café, es una etapa muy importante para el caficultor, debido a que una buena fertilización permite obtener una buena producción. Las implicaciones

que puede tener esta actividad al ambiente, es el traslado de los elementos del fertilizante por infiltración o escorrentía hacia las fuentes de agua, contaminándola. En la cuenca los principales fertilizantes utilizados por los caficultores, se detallan en la figura 8, indicando que el fertilizante más utilizado es la fórmula 18-6-12, que de acuerdo a los productores es el que responde con un mejor rendimiento en la planta, a diferencia de otras fórmulas de fertilizantes.

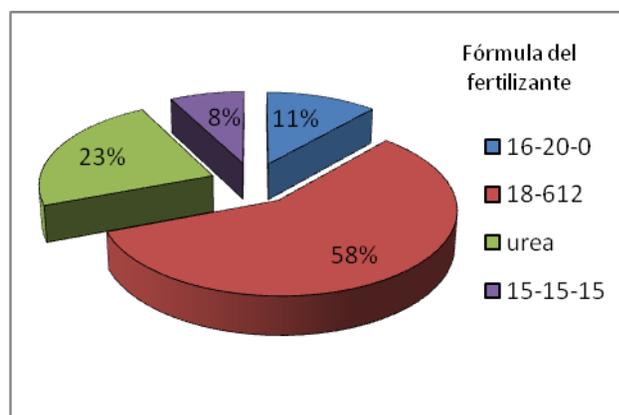


Figura 8. Principales fertilizantes utilizados en el cultivo de café en la cuenca

El uso de fertilizantes convencionales como la urea (46%), el triple quince, se ha reducido por la introducción de otros fertilizantes con fórmulas especializadas para el café, como lo es el fertilizante 18-6-12, que han promovido las cooperativas, con el objeto de obtener mejores rendimientos, y también una forma de mercadeo de los agroservicios, con el apoyo de técnicos agrícolas. Los caficultores indicaron, que prefieren utilizar las fórmulas especializadas para café, ofrecidas en el mercado, porque representan una mejor respuesta en su cultivo, y las fórmulas de los fertilizantes son en base a los análisis de suelo realizados en las diferentes fincas que se encuentran en la cuenca, como parte del apoyo de las cooperativas agrícolas de café que trabajan en la cuenca.

Los caficultores aplican entre los 338 a 778 kg/ha, cantidades que se encuentran en un rango adecuado según lo propuesto por la Asociación Nacional del Café (ANACAFE), que se considera una aplicación de fertilizante para un cultivo tecnificado.

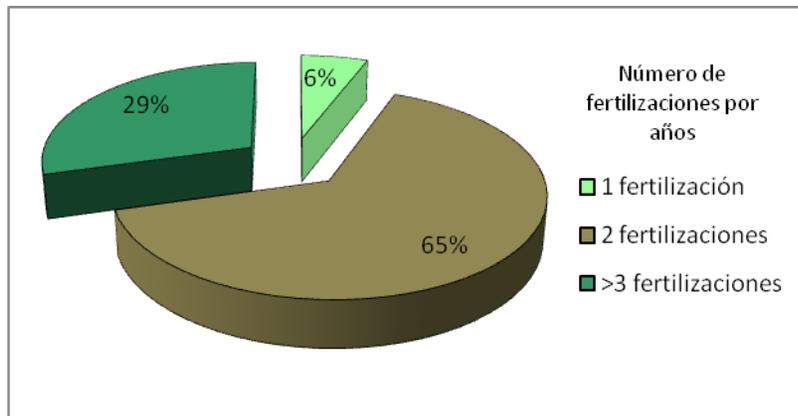


Figura 9. Fertilizaciones aplicadas anualmente al cultivo de café

En relación a las fertilizaciones aplicadas anualmente, en la figura 9, indica que el 65% de los caficultores encuestados hacen dos fertilizaciones al año, y un 29% hacen hasta tres fertilizaciones al año, normalmente como medianos productores, que poseen mayor capacidad económica para implementar un plan más intensivo en las fertilizaciones. El criterio utilizado por el caficultor para establecer la cantidad fertilizante aplicado al cultivo, se determina de forma general, por medio de la experiencia que tiene el caficultor, como se observa en la figura 10. El conocimiento y experiencia adquirida por el caficultor, proviene de la tecnología empleada o el paquete tecnológico que se empleó a través de la asesoría técnica de ANACAFE y la Dirección General de Servicios Agrícolas (DIGESA), a finales de los años 80 cuando se introdujo el café de una forma más intensiva. Actualmente las cantidad de fertilizante aplicado no responden a un análisis químico de suelos o de tejido vegetal, como sería una forma tecnificada.

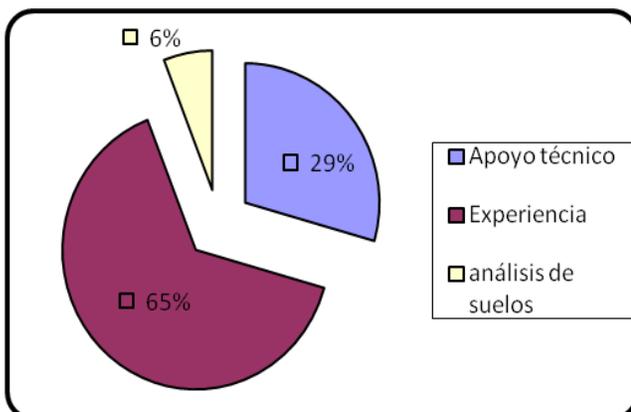


Figura 10. Criterio utilizado para definir la cantidad de fertilizantes aplicados al cultivo de café

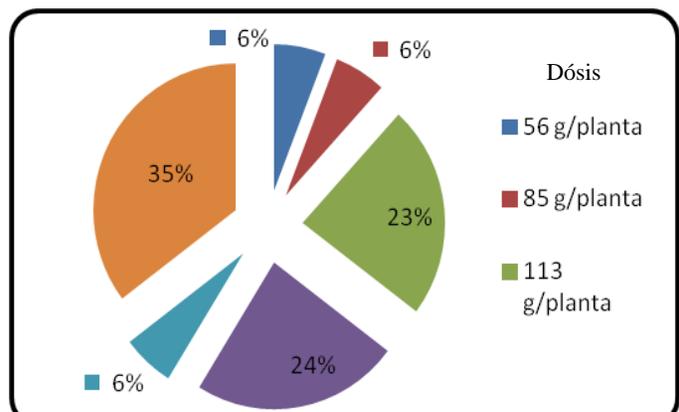


Figura 11. Cantidad de fertilizante químico aplicado por planta

El caficultor determina la cantidad de fertilizante que aplica a su cultivo, a través de un técnico agrícola, un 29% de los encuestados, por medio de las cooperativas agrícolas, que envían a técnicos para el apoyo en los programas de fertilización. El uso de análisis químico de suelo con el fin de establecer un plan de fertilización, es muy poco utilizado, sólo el 6% de caficultores lo aplican. La figura 11 refleja la situación anteriormente mencionada, ya que el 35% de caficultores no utiliza una medida de fertilizante aplicada por planta, el otro 47% hacen uso entre 113 a 170 g/planta, que es la medida estándar utilizada por la mayoría de caficultores del área de la cuenca. El uso de fertilizantes orgánicos es muy reducido, y en la encuesta ningún caficultor indicó que lo utiliza, a pesar de contar con todas las condiciones para producir su propio abono orgánico, para mejorar la condición de su suelo.

### 1.5.2.2 Manejo de plagas y enfermedades

El uso de agroquímicos, por parte de los caficultores de la cuenca, no representa un uso excesivo, como se observa en la figura 12, donde un 33% de los caficultores no aplicó un insecticida o fungicida en una temporada de café (un año), el otro 33% hizo una aplicación de un insecticida o fungicida al año, a lo que se le puede atribuir, la poca incidencia de plagas y enfermedades en las plantaciones de café.

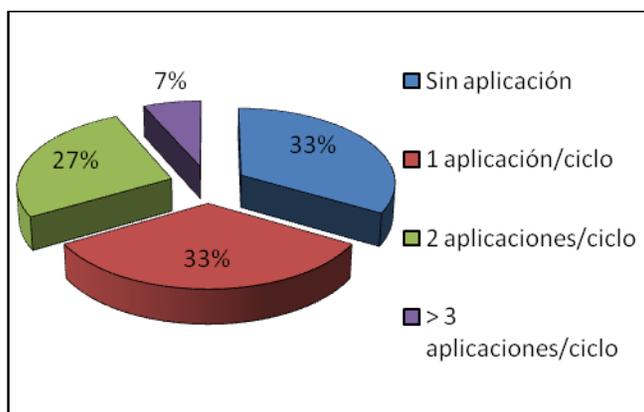


Figura 12. Cantidad de controles fitosanitarios aplicados en un ciclo de producción del cultivo de café

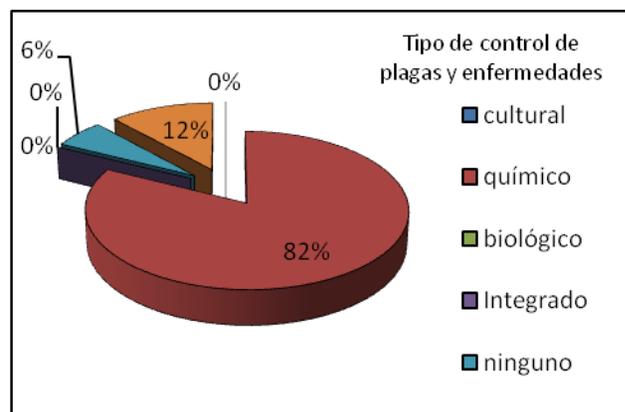


Figura 13. Tipo de protección fitosanitaria utilizada en el cultivo de café

Si una plantación de café, es afectada por la presencia de una plaga o enfermedad, las principales medidas que se utilizan en el área, es el control químico, con el uso de

insecticidas y fungicidas, en donde otras alternativas de control no son aplicadas por desconocimiento del caficultor.

Como se mostró en las figuras anteriores, el uso de insecticidas no es excesivo, los caficultores comentan que la existencia de plagas en los cafetos no presenta una incidencia alta que sobrepase los umbrales económicos, y su presencia se le atribuye al mal manejo del cultivo. Sin embargo cuando el cultivo se ve afectado, la forma de control predominante es el uso de agroquímicos. Los insecticidas más utilizados se presentan en la figura 14, los cuales son considerados de alto riesgo para el medio ambiente y la salud humana, por su alta residualidad, que facilita su llegada a las fuentes de agua contaminándola, afectando su calidad para consumo humano. Son productos comúnmente usados en países en vías de desarrollo, a diferencia de países desarrollados que no son permitidos, como por ejemplo Metamidofos.

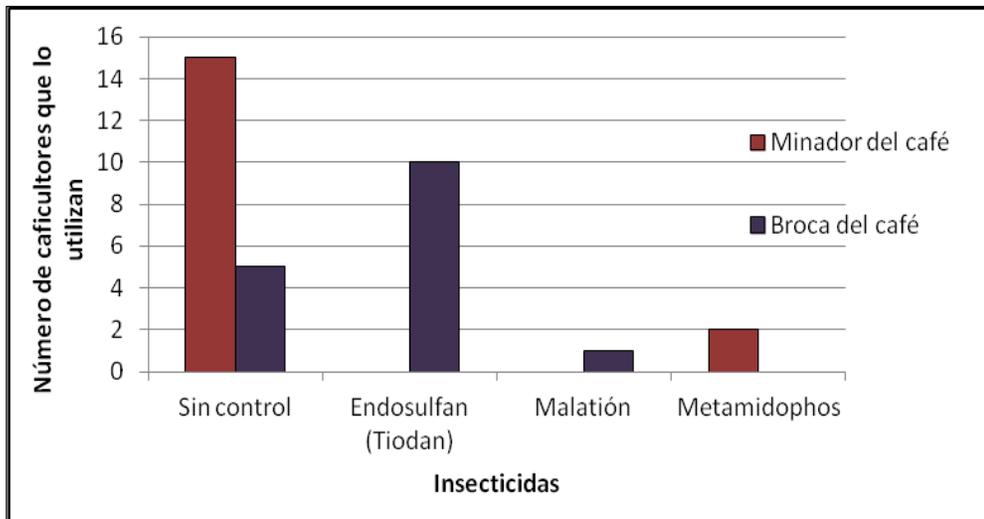


Figura 14. Principales insecticidas utilizados en el cultivo de café

En la figura 15, se presentan los fungicidas comúnmente utilizados por los caficultores para el control de hongos.

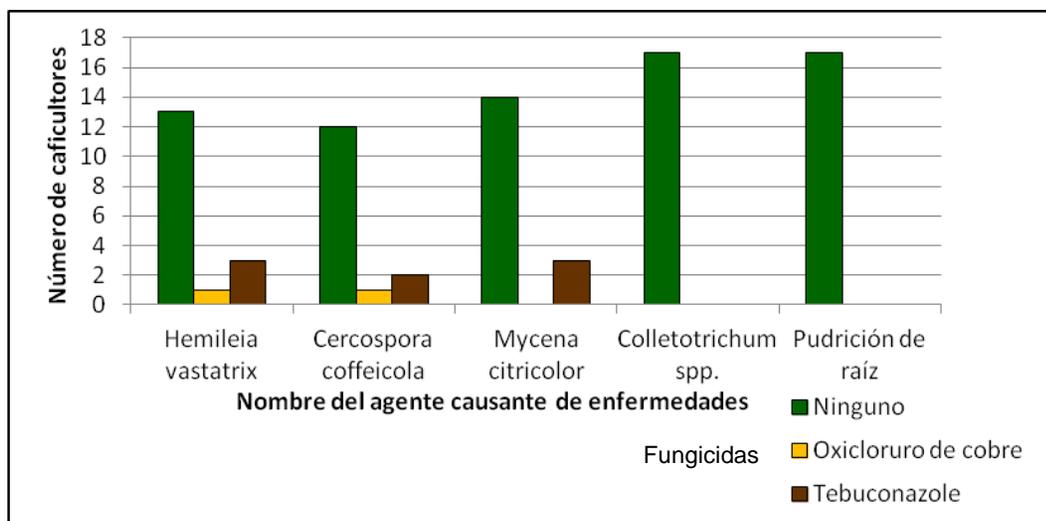


Figura 15. Principales fungicidas utilizados en el cultivo de café

El ataque de hongos en las plantaciones de café dentro de la cuenca no es severo, a pesar de presentar condiciones de humedad adecuada para el desarrollo de hongos. Los caficultores indicaron que existe la presencia de enfermedades comunes en el café como, *Mycena citricolor* Berk y Court. Sacc (Ojo de Gallo), *Cercospora coffeicola* (Mancha de Hierro), pero no logran sobrepasar los umbrales económicos que afecten la producción y por ello no aplican ningún producto. Los caficultores tienen el conocimiento, que una buena fertilización permite una planta más vigorosa que es menos susceptible a la incidencia de enfermedades y plagas, lo cual es razonable.

La forma más común para determinar la dosis de agroquímicos que se aplican al cultivo de café, es por medio de la consulta a los agroservicios, y en menor proporción la asistencia técnica proporcionada por las cooperativas agrícolas, o la Asociación Nacional del Café (ANACAFE), situación que se aprecia de mejor manera en la figura 16. La falta de asistencia técnica, en apoyo a los caficultores genera un problema del mal uso de los agroquímicos, principalmente por desconocimiento del caficultor. Los impactos causados por el uso de insecticidas en el ambiente pueden ser observados en períodos muy cortos (mortalidades de organismos), o más largos (la disminución de una especie en un ecosistema, lo cual provoca cambios en la composición de sus especies, contaminación de aguas subterráneas).

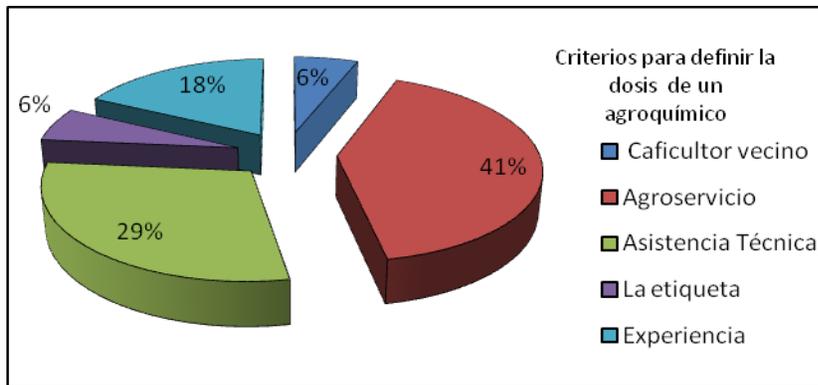


Figura 16. Criterios utilizados para determinar las dosis de aplicación de los agroquímicos en el cultivo de café

### 1.5.2.3 Manejo del tejido vegetal (podas)

El uso de podas en el café, es poco utilizado por los caficultores, porque lo consideran un incremento en los costos de producción, y para los caficultores no representa una mejora en el rendimiento.

### 1.5.2.4 Manejo de la sombra del café

El café es un cultivo que por su origen se comporta mejor bajo sombra, el establecimiento de plantaciones de sombra varía según los pisos altitudinales, los casos más comunes son de 8 x 8 m, 10 x 10 m y 12 x 12 m para la parte baja, media y alta respectivamente, en el caso de la cuenca no existe esta variación en relación a la variación altitudinal. En la figura 17 y 18 se presentan los tipos de manejo de sombra comúnmente utilizados en las plantaciones de café.

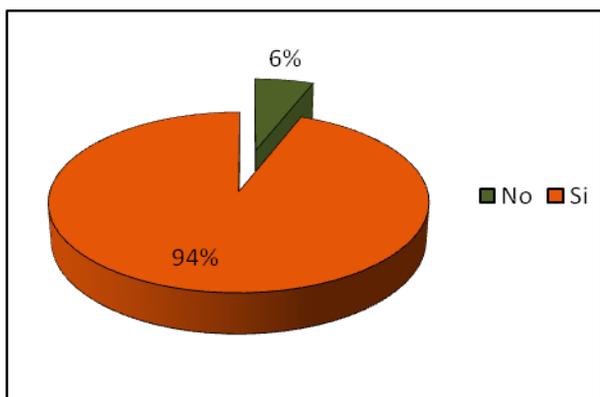


Figura 17. Caficultores que hacen uso de sombra en las plantaciones de café

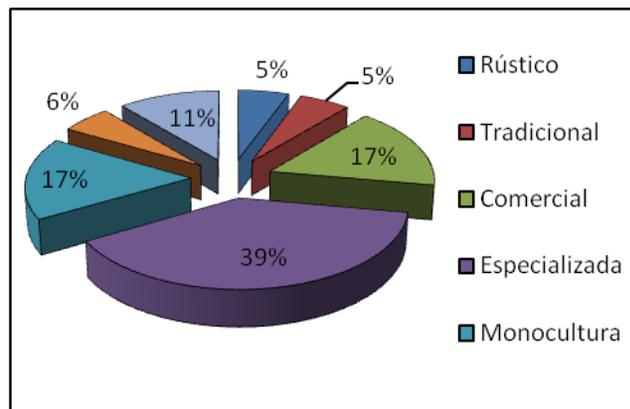


Figura 18. Tipos de sombra utilizadas en el cultivo de café

Como se observa en la figura 17, el uso de la sombra en el cultivo de café es una práctica que utiliza la mayor parte de caficultores encuestados (94%), principalmente se debe a que mantienen una producción estable y el ecosistema que se desarrolla logra un control biológico de plagas y enfermedades, al existir una mayor biodiversidad en la plantación, además de mantener la humedad en el suelo y evitar un crecimiento agresivo de arvenses. El tipo de sombra utilizada por el caficultor, predomina el uso del tipo especializada, que consiste en utilizar árboles que como su nombre lo indica son especializados para la sombra del café (género *Inga sp.* y *Musaceas sp.*), con distanciamientos establecidos, como el 10 x 10 m que es el más común.

Actualmente existe la tendencia a cultivar el café sin sombra, con el objeto de elevar la producción, especialmente en las partes altas donde existe mayor presencia de nubes y niebla que genera mayor humedad, que permite que la producción de café se incremente. La sombra rústica y tradicional tiene muy poco auge en los caficultores, a pesar de ser la sombra que mejores condiciones presenta para conservar la diversidad ecológica, debido a las diferentes especies utilizadas en un área y que son propias del lugar, lo que permite generar un ecosistema más amplio, que puede sustentar de otros productos alimenticios a las familias. Un tipo de sombra utilizado en las partes bajas de la cuenca, es por medio de los árboles de pino propios del lugar, que al momento de la introducción del cultivo no se eliminan todos los árboles, si no se seleccionan árboles para sombra; este tipo de sombra utilizado es mínimo en la cuenca. Es un sistema de introducción del café menos agresivo porque se conserva una parte del bosque natural del lugar y se evita que quede el suelo desnudo en un período de dos años, en lo que crece el cultivo.

El otro uso que tiene la sombra de café, es la generación de leña, debido a que los habitantes de la cuenca la utilizan como una fuente de energía para la cocción de los alimentos, debido a la falta de acceso de energía eléctrica y de gas licuado de petróleo (glp).

### 1.5.2.5 Prácticas de conservación de suelos

La conservación de los suelos está relacionado con el uso apropiado del terreno, el mismo que debe ser tratado según sus propias características. Las prácticas y técnicas de esta actividad deben ayudar a reducir la acción erosiva de la lluvia. Un adecuado establecimiento del cultivo de café, es siguiendo las actividades básicas: siembra siguiendo las curvas a nivel, siembra y manejo de árboles de sombra, implementación de barreras vivas o muertas, aplicación de fuentes de materia orgánica y el adecuado control de malezas. En las figuras 19 y 20 se presentan las características más importantes en relación a la conservación de suelos, en la cuenca.

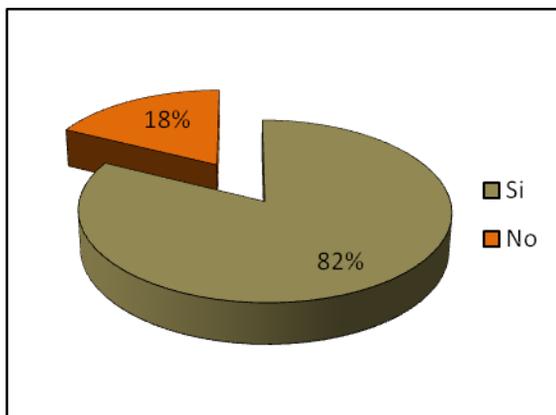


Figura 19. Caficultores que utilizan prácticas de conservación de suelos en sus cultivos de café

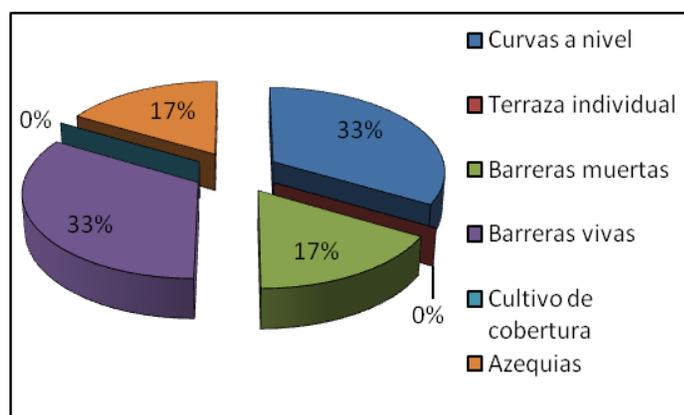


Figura 20. Principales prácticas de conservación de suelos utilizadas en el cultivo de café

Como se observa en la figura 19, el uso de prácticas de conservación de suelos en las plantaciones de café es reducido, sólo el 18% de los caficultores encuestados las utilizan en sus fincas o parcelas. La principal razón expuesta por los caficultores del porque no aplican estas técnicas, se debe principalmente a la alta cantidad de tiempo que se necesita para su implementación, el trabajo y principalmente el costo económico para implementarlas, situación que hace que lo consideren como un gasto, y no como una inversión. A pesar que existen cultivos en zonas accidentadas de alta pendiente (36 – 55%), sin uso de sombra, factores que favorecen un acelerado proceso de erosión, perdiendo el suelo de forma acelerada, aumentando la escorrentía superficial, que afecta a los ríos por azolvamiento sobre todo en las partes bajas. Entre los caficultores que hacen uso de prácticas de conservación de suelos, las más comunes se encuentran las curvas a nivel y las barreras vivas.

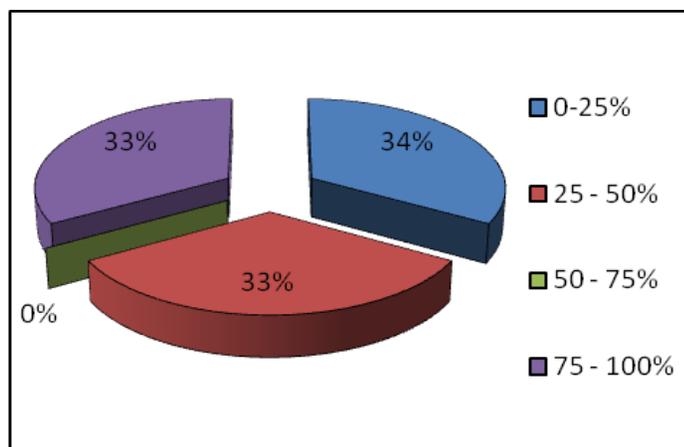


Figura 21. Porcentaje de superficie dentro de las fincas de café que implementan prácticas de conservación de suelos

En la figura 21 se muestra, que los caficultores que hacen uso de las prácticas de conservación de suelos, no lo aplican en la totalidad de sus fincas o parcelas, más bien en ciertas áreas las implementan. El 34% de los caficultores hacen uso de prácticas de conservación de suelos, abarcando entre el 0 al 25% del área total de su parcela o finca, el 33% de caficultores encuestados tienen entre 25 a 50% del área de su finca con prácticas de conservación de suelos, por último el otro 33% son los caficultores que las implementan en la totalidad de su finca. Como es evidente en los resultados presentados, en las prácticas de conservación de suelos para los caficultores del área de la cuenca no es una prioridad, a pesar de sembrar café en zonas de ladera con pendientes fuertes, características del área.

#### 1.5.2.6 Control de arvenses

El manejo de las malezas, es una parte muy importante en la caficultura que permite obtener buenos rendimientos, ya que la planta de café utiliza eficientemente el fertilizante aplicado y no compita con otras plantas. El impacto en el control de arvenses al ambiente, se debe por el uso indiscriminado de los herbicidas, que fácilmente pueden llegar a contaminar las fuentes de agua.

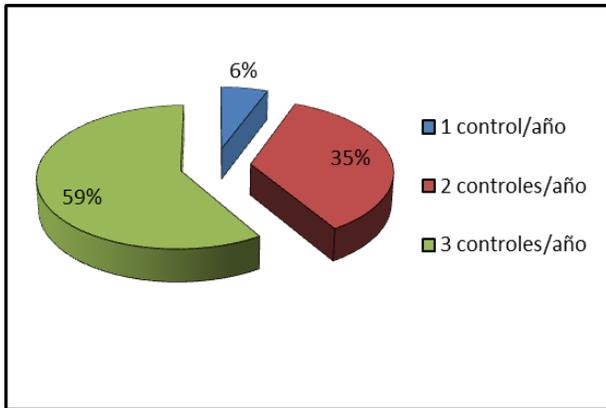


Figura 22. Número de controles de malezas realizadas por año

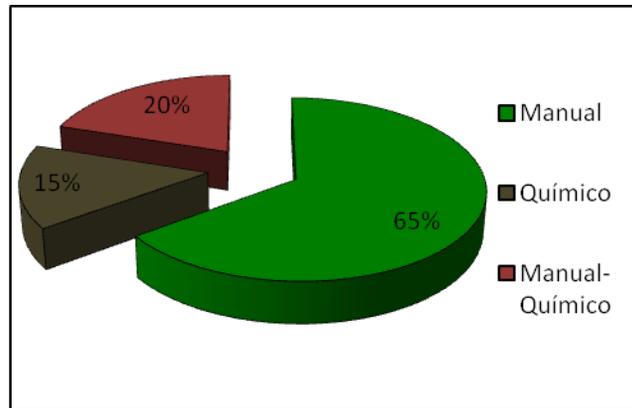


Figura 23. Método de control de malezas utilizado por caficultores

Las limpieas de malezas el 59% de los caficultores encuestado, indicaron que realizan tres limpieas por año, utilizando como herramienta principal el “pando” (50%), que es una especie de machete. El uso de herbicidas se utiliza combinado con la limpia manual, pero su uso es reducido ya que solo el 15% de los encuestados indicaron que hacen uso de herbicidas. Es común dicha característica en caficultores pequeños, debido a la limitación de recursos económicos, por lo cual no recurren a utilizar herbicidas.

### 1.5.2.7 Beneficiado húmedo de café

El beneficiado de café, es la operación industrial que consiste en la eliminación de la pulpa de café y el mucilago, para dejar únicamente el grano denominando “café pergamino”. En la figura 24 muestra que la mayoría de caficultores benefician su café, el otro 13% no lo benefician, si no lo venden a intermediarios como café uva (el fruto recién cortado). Estos caficultores normalmente son pequeños, que no tienen extensiones grandes de terreno (0.7 a 3.5 ha).

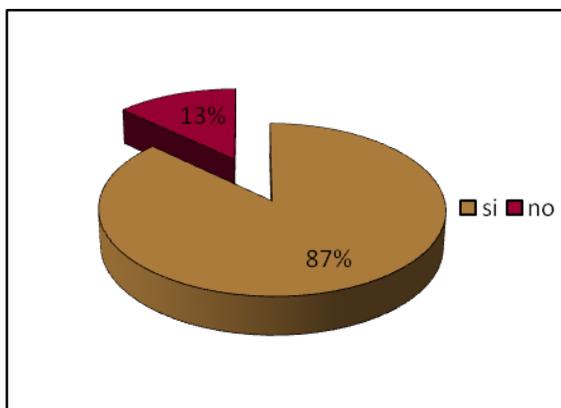


Figura 24. Caficultores que benefician o procesan su café

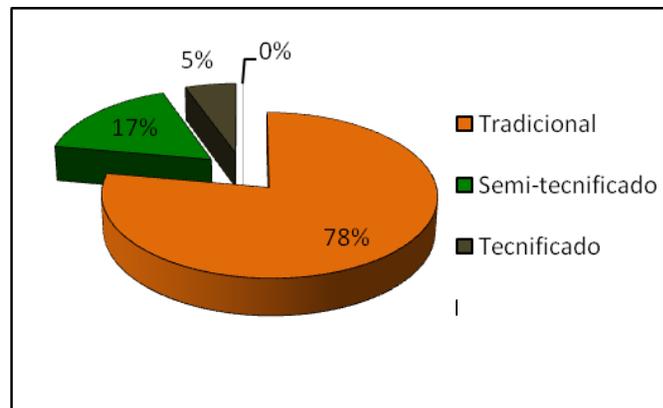


Figura 25. Tipo de beneficios de café que se encuentran en la cuenca del río Atulapa

La práctica común de los caficultores pequeños y medianos para la venta de su producto, es por medio de la entrega de café pergamino húmedo, al intermediario, cooperativas o beneficios comerciales, los cuales hacen el proceso de secado. La figura 25 muestra que la mayor parte de beneficios que se encuentran en la cuenca se clasifican entre artesanales y tradicionales, de acuerdo a los criterios de clasificación de ANACAFE, que se basan en la cantidad de agua utilizada por el beneficio. El sistema de recirculación de es un mecanismos muy importante para reducir el consumo de agua en el beneficiado húmedo de café y el cual es muy poco utilizado por parte de los caficultores; proceso que únicamente lo tienen los beneficios semi-tecnificados y tecnificados.

#### 1.5.2.8 Usos de los subproductos generados en el beneficiado húmedo de café

Tradicionalmente el beneficio húmedo de café en los países de América Central y el Caribe se ha considerado una actividad que no requiere amplios conocimientos ingenieriles y de técnicas de proceso. Solo a raíz de la gran preocupación mundial por los problemas ambientales y teniendo en cuenta la alta carga contaminante que aportan estos residuales (pulpa y aguas mieles) es que científicos y técnicos que investigan dicha problemática del área, han propuesto tecnologías para el tratamiento de estos residuales. En las figuras 26 y 27, se presenta información que indica cómo hacen uso de los subproductos generados en el beneficiado húmedo de café.

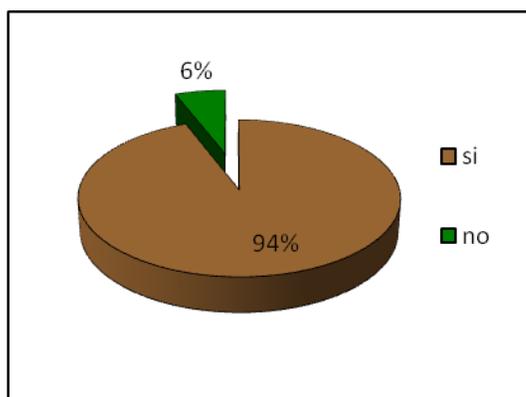


Figura 26. Caficultores que utilizan la pulpa de café

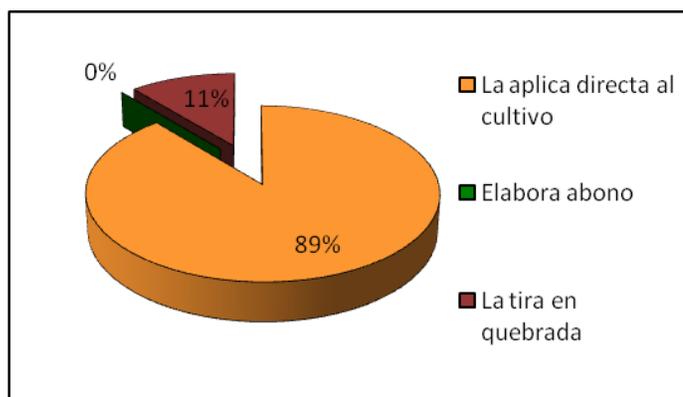


Figura 27. Formas de utilizar la pulpa de café por parte de los caficultores

La pulpa de café es uno de los residuos del beneficiado húmedo de café, que tiene el mayor potencial de carga orgánica contaminante; el 94% de los caficultores encuestados utilizan la pulpa de café, lo cual representa un avance al utilizar subproductos del beneficio

húmedo de café, pero el 89% de los caficultores lo utilizan aplicándolo de forma directa a los cafetales sin ningún proceso de predescomposición o transformación a abono, lo cual no es adecuado técnicamente. Comentan los caficultores que no es la mejor forma de utilizar la pulpa, porque se genera malos olores y proliferan moscas, pero implica menos costos en su aplicación directa, que la elaboración de abonos orgánicos. Existe un pequeño porcentaje de caficultores que depositan la pulpa de café en quebradas o barrancos, considerando que para ellos no afectan el ambiente y no contaminan el agua, aduciendo que en las quebradas no circula agua y por tanto la pulpa se seca sin contaminar. Pero los caficultores no entienden que al momento de ingresar las lluvias, la pulpa es arrastrada a los ríos por medio de la escorrentía, contaminando el recurso hídrico.

Los beneficios comerciales tecnificados que se localizan en la parte baja de la cuenca, son centros que genera grandes volúmenes de pulpa, que se deja acumulada durante la temporada de corte de café, lo cual genera malos olores y proliferación de insectos que afecta principalmente a residentes aledaños a los beneficios.

En relación a las aguas residuales producto del lavado de café (aguas mieles), los caficultores encuestados indicaron que un 87% de ellos producen aguas mieles, en el proceso de beneficiado húmedo de café, el otro 13% no benefician su café, vendiéndolo en fruta (café uva). Los caficultores indicaron que la principal medida para el manejo de las aguas mieles, es a través del uso de “depósitos colectores de aguas mieles”, nombre que se le denominan a las zanjas u hoyos en donde se depositan las aguas mieles en el proceso de lavado del café, evitando así que llegue a las fuentes de agua, pero las mismas no cuentan con un diseño y cálculo, para que su operación sea eficiente en captar la totalidad del agua utilizada en una temporada de corte de café, así evitar el rebalse de las aguas residuales del beneficiado de café.

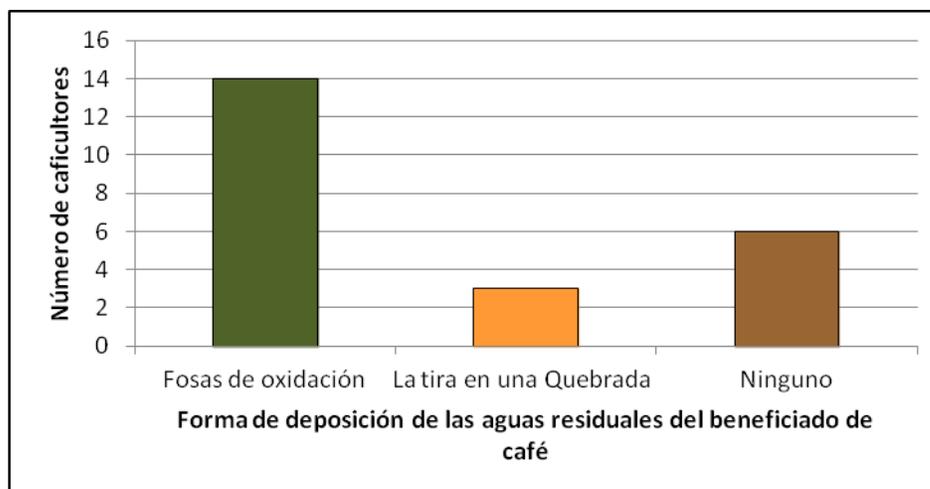


Figura 28. Formas de deposición de las aguas residuales del beneficiado húmedo de café

De los caficultores encuestados, uno posee depósitos colectores de aguas mieles y un sistema de recirculación de agua, tecnología que permite el menor uso de agua en la temporada de café, reduciendo de manera considerable la generación de aguas mieles, facilitando su manejo. Otros caficultores aseguran que las aguas mieles las depositan en quebradas secas o en terrenos baldíos, y según ellos no contaminan el agua de los ríos.

Las figura 29, muestra que el 41% de los encuestados, se ubican dentro de los pequeños productores en relación al área que poseen de cultivo (menos de 3 ha), pero en relación al rendimiento el 53% de caficultores encuestados tienen una producción alta entre los 1,270 a 1,587 kg/ha, que los ubica en un nivel tecnificado, es por eso que a Esquipulas está catalogada con el mayor rendimiento producido por área a nivel de país, lo cual se debe a la calidad de sus suelos y la abundante humedad que existe en sus montañas. Los caficultores que producen menos de 254 kg/ha se encuentran en una situación de poca rentabilidad de su cultivo, normalmente son áreas que se encuentran en las partes bajas de la cuenca donde la calidad de los suelos y la humedad no es los mejor para el cultivo de café.

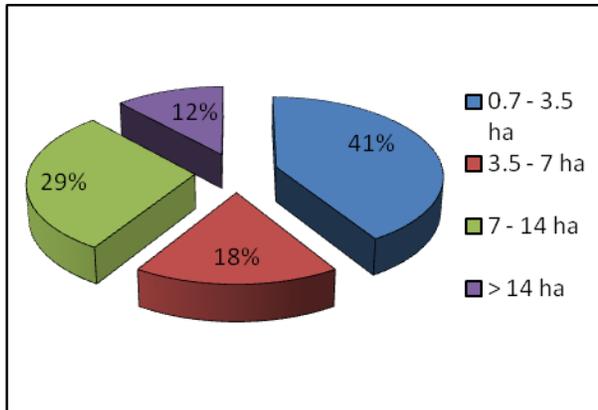


Figura 29. Superficie promedio de las fincas de café en la cuenca del río Atulapa

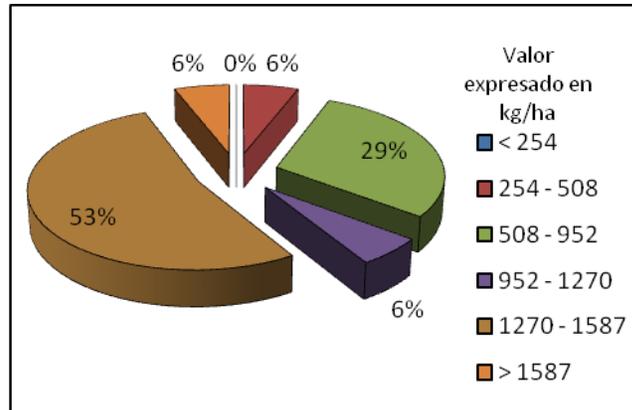


Figura 30. Rendimiento promedio en el cultivo de café en la cuenca del río Atulapa

En la figura 31 se observa que el 70% de caficultores encuestados se ubican como medianos productores, con una producción entre los 1,270 a 63,504 kg/ha, que es la forma legal para separar tres estratos de caficultores: pequeño, mediano y grandes productores. En la figura 32, señala que el 88% de caficultores no manejan un control de los gastos que se incurren en el cultivo de café, esto se asocia a que la mayor parte de encuestados tienen un nivel de educación bajo, lo que dificulta el control de los costos de producción del cultivo de café. El otro 12% respondió que invierte entre los Q 7,000.00 a Q 8,000.00 en 0.7 ha.

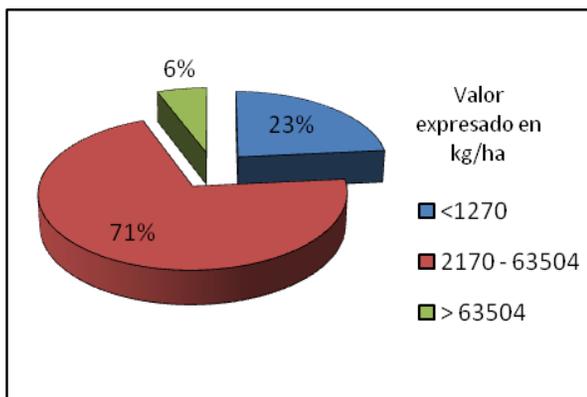


Figura 31. Producción anual promedio obtenida por finca de café

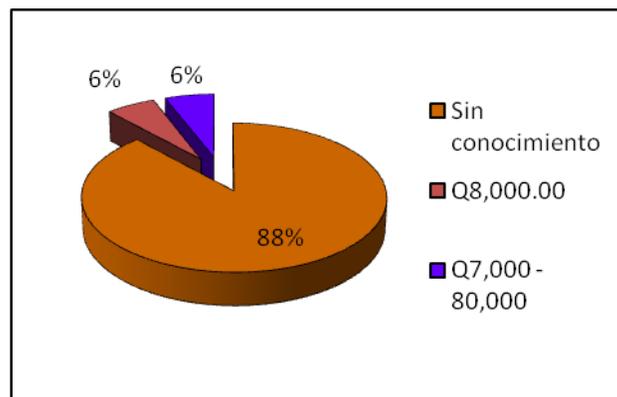


Figura 32. Costo de producción estimado para la producción de café en qq/mz

Ningún caficultor de los encuestados, cuentan con algún tipo de certificado de café, que es una manera de especializarse en el mercado, en busca de mejores precios y también ello conlleva a utilizar mejores prácticas en el cultivo y procesamiento, que reduce su impacto al ambiente. En la figura 33 se observa que el 47% de los caficultores comentaron que la situación actual del recurso hídrico es regular, a pesar que estudios realizados por la Comisión del Plan Trifinio en el área demuestran lo contrario, lo que indica la poca percepción que tiene el caficultor ante la problemática que existe actualmente, sobre la contaminación del agua por la actividad humana y en este caso la cafetalera.

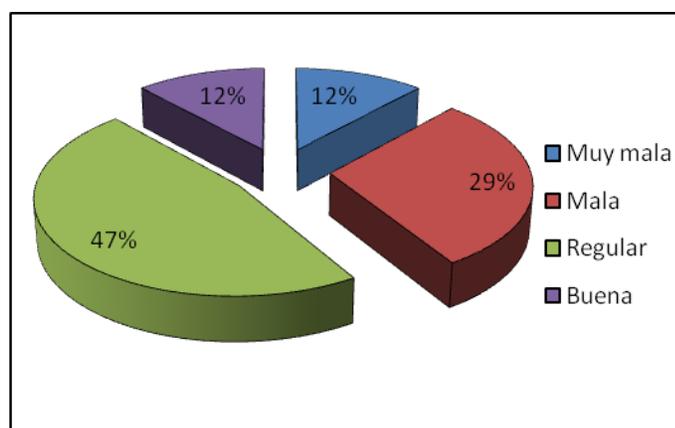


Figura 33. Percepción del caficultor, ante la situación actual del recurso hídrico

El otro 29 % de caficultores, tienen una situación mala del recurso hídrico, que lo constituyeron caficultores de mayor edad, dato razonable porque han presenciado el deterioro de las fuentes de agua en sus localidades. Con estos datos se evidencia que existe una despreocupación de la situación actual del agua en las generaciones nuevas, lo que conlleva a una irresponsabilidad en el uso y manejo de la misma en las comunidades, y también falta de apoyo de instituciones para promover el uso adecuado del agua en las comunidades y generar así una conciencia social por preservar el agua, para que esté disponible tanto en calidad como cantidad a las generaciones venideras.

El 52 % de los caficultores refirieron los daños provocados por las aguas mieles. Las figuras 34 y 35 muestran lo que piensa el caficultor respecto al daño al recurso hídrico, y sobre las ideas que ellos tienen para tratar de mitigar los daños que provoca. Existe un porcentaje de caficultores que no tienen idea clara de la situación actual del agua y el

efecto que tiene el café al recurso hídrico, lo cual refleja que el 35% de los encuestados no tienen una idea de cómo reducir la contaminación del recurso hídrico en su localidad.

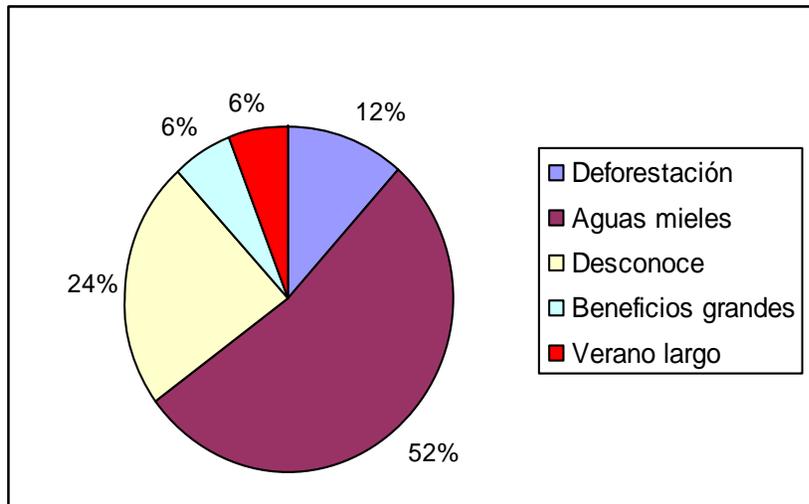


Figura 34. Principales causas del deterioro al recurso hídrico en la cuenca del río Atulapa

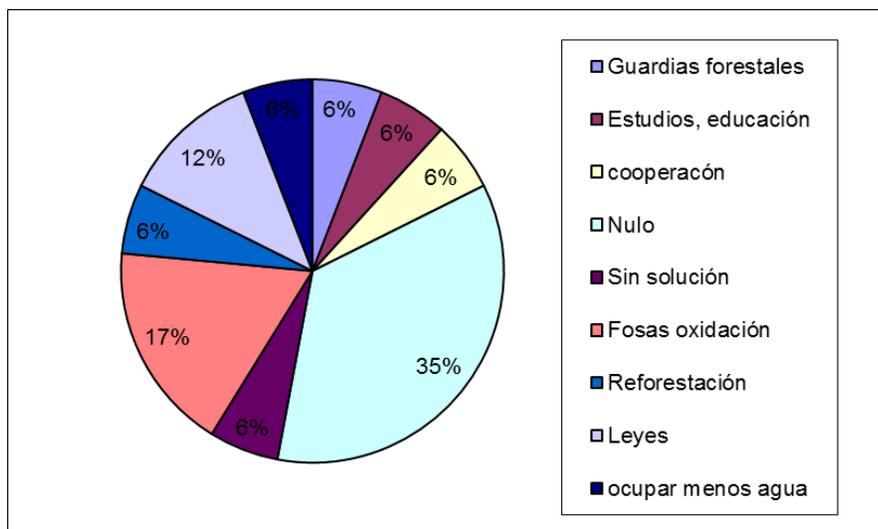


Figura 35. Medidas propuestas para mitigar la contaminación al recurso hídrico

### 1.5.3 Principales características socioeconómicas

Las características socioeconómicas de los caficultores, provee información importante que permite conocer aspectos como la educación, la capacidad adquisitiva de las personas, el nivel de pobreza o riqueza, característica étnicas, etc, que son elementos que definen las condiciones de calidad de vida que tienen los caficultores que habitan la

cuenca, y sobre todo otros aspectos relacionados a la capacidad de inversión. Las características socioeconómicas, se resumen en el siguiente cuadro.

**Cuadro 7. Principales características socioeconómicas**

El caficultor es originario del lugar de estudio		SI (88%)			NO (12%)		
Características Físicas de la persona		Ladino (94%)			Indígena (6%)		
Ingreso promedio mensual	< Q1000.00 0%	Q1000 – Q2000 35%	Q2000 – Q3000 35%	> Q3000 30%			
Sabe Leer y Escribir.		SI 59%		NO 35%	Solo lectura 6%		
Nivel de Estudios	<b>Primario</b>	<b>Básico</b>	<b>Diversificado</b>	<b>Universitario</b>	<b>Ninguno</b>		
	35%	6%	6%	0%	53%		
Estado Civil		Casado 76%			Soltero 24%		
# de integrantes por familia	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>13</b>
	26%	25%	8%	17%	8%	8%	8%
Pertenece a una organización		Cooperativa 41%		COCODE 12%		Ninguna 47%	
Recibe asistencia Técnica		ANACAFE (12%)		Cooperativa (6%)	Ninguna (82%)	Otra (0%)	
Caficultores que reciben curso de capacitación		SI (53%)			NO (47%)		
Entidad que proporcionó capacitación		DIGESA (12%)			ANACAFE (88%).		
Tiene otra ocupación aparte de la caficultura.		SI (35%)			NO (65%)		
Qué otro tipo de ocupación tiene:	Ganadera	Siembra de maíz y frijol	Bodeguero	Electricista			
	17%	49%	17%	17%			
El caficultor tiene acceso a crédito		SI (42%)			NO (58%)		

En base a la información socioeconómica colectada, se observa que el nivel de interculturalidad entre los caficultores es bajo, debido a que el 94% de los encuestados son ladinos, característica común de la región del oriente del país donde la población predominante es ladina y porque históricamente en la región de Esquipulas fue un lugar donde se asentaron varias familias españolas. En relación a la situación económica de los caficultores no se encuentra en niveles de extrema pobreza, pero si existe pobreza en ciertas familias que no tienen grandes extensiones de tierra para la siembra del café (entre 1.4 a 3.5 ha). El ingreso promedio mensual de una familia está entre los Q 1,000 a Q 3,000 en un núcleo familiar variado de tres miembros hasta trece en algunos casos, en donde conviven familiares como abuelos, primos. La presencia institucional en la cuenca del río Atulapa es reducida a pesar de que el caserío más lejano se encuentra a 11 km de la cabecera municipal. La asociación por parte de los caficultores se da principalmente por medio de las cooperativas agrícolas (41%), que proveen a los pequeños y medianos productores préstamos para sus cultivos, básicamente para la compra de fertilizantes.

En los años 90 ANACAFE, tuvo una fuerte presencia de apoyo técnico y financiero a los caficultores, cuando se empezaba a introducir el cultivo, pero actualmente ese apoyo se fue reduciendo a raíz de la crisis de café en los años 90 que afectó la presencia de la institución, por lo que los caficultores de la cuenca del río Atulapa, no cuentan con este apoyo.

#### 1.5.4 Características generales de comercialización

En el siguiente cuadro se detallan las características de comercialización en el cultivo.

Cuadro 8. Características generales de comercialización

Como vende el caficultor su café.	Intermediario 59%	Cooperativa 41%	Exportador 0%
En qué forma vende su café el agricultor	Café cereza 0%	Café pergamino 100%	Café oro. 0%
	Otros cultivos de diversificación	Banano 12%	Maíz y frijol 18%
Se maneja un incentivo sobre la calidad de café	SI (6%)		NO (94%)

El tipo de comercialización que se desarrolla en la cuenca del río Atulapa, se da principalmente por intermediarios, en los cuales figuran compradores de café que poseen bodegas y patios de secado, las mismas cooperativas compran café y los beneficios comerciales tecnificados compran la mayor parte de café a los pequeños y medianos productores.

El café se vende principalmente en forma café pergamino húmedo, el comprador se encarga del proceso de beneficiado seco, para posteriormente guardarlo en sacos para la venta a una agroexportadora que es la última cadena en la comercialización del café en grano oro en Guatemala. Es importante indicar que no se manejan incentivos sobre la calidad del producto, simplemente se compra como café ordinario al precio que establece el mercado.

### 1.5.5 Análisis de la información

A continuación se presenta los cuadro 9, 10 y 11 en donde se listan analizan los problemas detectados

Cuadro 9. Listado de problemas

No.	Problema o Restricción	Descripción del problema, información más detallada	Indicador, medida de magnitud del problema (#, %, etc.)
1	Cultivo en laderas en zonas no aptas para producción	El cultivo de café se siembra en áreas con fuertes pendientes y en algunos casos como monocultivo sin ninguna práctica de conservación de suelos. Esto implica escorrentía superficial, trasladando sedimentos que por la actividad de la caficultura contamina los ríos y además se da la pérdida de suelos.	El 82 % de los caficultores encuestados no utilizan ningún sistema de conservación de suelos. De los que utilizan algún tipo de conservación el 34% aplica estas prácticas el 25% del total del área de su parcela.
2	Desconocimiento y falta de interés por la situación actual del agua y desconocimiento del impacto que tiene el café en los recursos naturales.	Los niveles de contaminación de las aguas de la cuenca del río Atulapa, son altos, a pesar de ello no existe ninguna respuesta ante esta situación. La posible causa de este comportamiento puede referirse a la falta de un conocimiento exacto del impacto que provoca el café a las fuentes de agua.	El 47% de los caficultores encuestados consideraron la situación actual del agua como regular, y otro 24% la desconoce. El 52% de los caficultores le atribuyen la contaminación del recurso hídrico por las aguas mieles. Un 34 % indicó nulo a una medida para mitigar el problema de aguas mieles
3	Uso inadecuado de la pulpa de café.	La pulpa de café como un desecho en el proceso del beneficiado del café, tiene alto impacto en la contaminación del ambiente y sobre todo en el recurso hídrico, a pesar de ser una materia prima que se le puede dar diferentes usos. La pulpa de café es depositada en los ríos, o los caficultores la arrojan a los cafetales sin ningún proceso, generando mal olor, proliferación de moscas y subutilizan.	El 94% de los caficultores encuestados utilizan la pulpa de café, pero el 89% de ellos la aplica directa al cultivo sin ningún proceso y un 11% la tira en quebradas. El mal uso de la pulpa es una de las principales fuentes de contaminación del medio ambiente.
4	Las aguas mieles y su contaminación al recurso hídrico	Las aguas mieles se considera en toda zona cafetalera, como uno de los componentes de mayor contaminación en el beneficiado del café. El uso de beneficios artesanales y la falta de medidas para mitigar su impacto contribuyen a contaminar las aguas del río Atulapa, como una principal fuente de abastecimiento de agua entubada a la ciudad de Esquipulas.	El 52 % de los caficultores indicaron que el principal problema en la contaminación de los ríos, son las aguas mieles, que provocan mal olor en los ríos y la muerte de la fauna acuática. 12 caficultores encuestados utilizan fosas de almacenamiento de aguas mieles, uno utiliza un sistema de recirculación de agua, pero de acuerdo a estudios anteriores los niveles de contaminación de las aguas son altas.

Cuadro 10. Matriz de Priorización de los problemas

<b>No.</b>	<b>Problemas</b>	Problema No.1	Problema No. 2	Problema No. 3	Problema No. 4
1	Pérdida de suelo y escurrimiento superficial.	X	5	0	5
2	Desconocimiento de la situación del café con los recursos naturales.	0	X	0	0
3	Uso inadecuado de la pulpa de café.	5	5	X	5
4	Contaminación por aguas mieles.	0	5	0	X
	<b>SUMA</b>	5	15	0	10
	<b>PRIORIZACIÓN</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>2</b>

Cuadro 11. Problemas Priorizados

<b>Problemas</b>	<b>Prioridad</b>
Desconocimiento de la situación del café y su implicación en los recursos naturales.	<b>1</b>
Contaminación por aguas mieles.	<b>2</b>
Perdida de suelo y escurrimiento superficial.	<b>3</b>
Uso inadecuado de la pulpa de café.	<b>4</b>

## **1.6 Conclusiones**

La caficultura establecida en la cuenca del río Atulapa, tiene un manejo agronómico estandarizado en el cultivo, basado en el asesoramiento técnico que trajo ANACAFE y DIGESA en los años noventa, en la introducción del café a Esquipulas.

La tecnología empleada en el cultivo del café en la cuenca del río Atulapa, es la aplicada hace 20 años, considerando una tecnología medianamente evolucionada, en donde el retraso se evidencia en la falta de aplicación de técnicas de conservación de suelos, poca eficiencia en la aplicación de los agroquímicos y el procesamiento del fruto en mayor parte se hace en forma rudimentaria.

En el manejo agronómico del café se identificó tres actividades que no utilizan la tecnología adecuada, como lo es la falta de eficiencia en la fertilización, el desconocimiento en las dosis para insecticidas, herbicidas y fungicidas, la poca aplicación de podas en forma estructurada, y la poca práctica de conservación de suelos en las parcelas de café.

Las características socioeconómicas de los caficultores del área predominan personas ladinas, un 94% son originarios del lugar, un 59% saben leer y escribir el 35% no saben, un 53% no tienen ningún estudio, el 35% tiene estudio a nivel primario, existe muy pocos caficultores que tiene estudio básico y diversificado demostrando que el nivel educacional de los caficultores es bajo.

La organización está basada en pertenecer a una cooperativa, a un Consejo Comunal de Desarrollo (COCODE), ubicando allí al 53% de los encuestados, el restante 47% no tiene ningún tipo de organización a la que pertenece.

Las principales implicaciones en orden de prioridad que tiene el cultivo del café en la cuenca del río Atulapa, es el mal manejo de los subproductos del proceso de beneficiado húmedo de café, debió principalmente por factores económicos y falta de conocimiento técnico en el manejo.

## 1.7 Bibliografía

1. Carranza, E; Asmen, S. 2001. Estudio sobre la situación actual de la microcuenca Atulapa. Guatemala, Proyecto de Fortalecimiento Municipal y del Poder Local para la Zona Oriental / Cooperación Española. 63 p.
2. Cruz S, JR De la. 1982. Clasificación de reconocimiento de las zonas de vida de la república de Guatemala. Guatemala, Instituto Nacional Forestal. 42 p.
3. Hernández Paz, M. 1988. Manual de caficultura Guatemala. Guatemala, ANACAFE. 247 p.
4. INSIVUMEH (Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología, GT). 2007. Tarjetas de registro de datos climatológicos de la estación Esquipulas, no. 9 del municipio de Esquipulas, departamento de Chiquimula. Guatemala. s.p.
5. López Bautista, EA; González Ramírez, BH. 2007. Notas de acompañamiento: muestreo estadístico. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 51 p.
6. Municipalidad de Esquipulas, Chiquimula, GT. 2005. Diagnóstico municipal: información general del municipio. Guatemala. 45 p.
7. PROAMAZONIA (Programa para el Desarrollo de la Amazonia, PE). 2003. Caracterización de las zonas cafetaleras del Perú (en línea). Lima, Perú, Ministerio de Agricultura del Perú. Consultado 15 feb 2008. Disponible en [www.devida.gob.pe/Documentacion/documentosdisponibles/CARACTERIZACION%20ODE%20CAFE.pdf](http://www.devida.gob.pe/Documentacion/documentosdisponibles/CARACTERIZACION%20ODE%20CAFE.pdf)
8. Roux, G; Camacho, N. 1992. Caracterización de la cadena del café en Guatemala (en línea). Guatemala, Anacafé. Consultado 15 feb 2008. Disponible en [www.grupochoarvi.org/cafe/docs/guatemala.pdf](http://www.grupochoarvi.org/cafe/docs/guatemala.pdf)
9. Suasnávar, M; Maldonado, L; Velásquez, L; Guzmán, M; León, G De; Camposeco, B; Gálvez, O. 2005. Diagnóstico de la cuenca del río Selegua (en línea). Huehuetenango, Guatemala, ACODIHUE. Consultado 25 feb 2007. Disponible en [www.delqtm.ec.europa.eu/files/docs/cuenca\\_selegua.pdf](http://www.delqtm.ec.europa.eu/files/docs/cuenca_selegua.pdf)
10. Tobias, H; Santos, G; Fong, M. 2007. Diagnóstico preliminar de la cuenca del río Atulapa, Esquipulas, Chiquimula. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 15 p.
11. USAC, GT: CTPT (Comisión Trinacional del Plan Trifinio, GT). 2007. Caracterización y diagnóstico de la microcuenca del río Atulapa, municipio de Esquipulas, departamento de Chiquimula. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía, Subárea de Manejo de Suelo y Agua. 163 p.

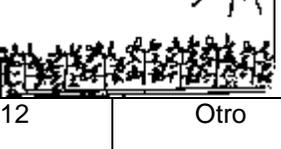
## 1.8. Anexos

### 1.8.1 Formato de encuesta a realizar a Caficultores

Nombre: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

Caserío: \_\_\_\_\_ Tel/cel: \_\_\_\_\_

Componente Biótico				
Edad y Estado de plantas	>15 años (Viejas)	<15 años (Nuevas)		Siembra últimos 5 años
Nombre de variedades				
Plagas	Más de 4	Más de 2		Una
Enfermedades	Más de 4	Más de 2		Una
Enfermedades y plagas	Roya	Daños severos__	Presencia__	Libre__
	Antracnosis	Daños severos__	Presencia__	Libre__
	Ojo de gallo	Daños severos__	Presencia__	Libre__
	Pudrición de raíz	Daños severos__	Presencia__	Libre__
	Mancha de hierro	Daños severos__	Presencia__	Libre__
	Minador	Daños severos__	Presencia__	Libre__
	Broca	Daños severos__	Presencia__	Libre__
En su parcela cuenta con área de bosque, pastos, maíz, frijol, etc.	Si	No	Especifique: Área o % :	
Componente Tecnológico				
Distanciamientos de siembra mts.	irregulares	2 x 2	2 x 1 ó 2 x 1.5	Otro
Maneja otro cultivo	Si	No	Cuáles:	
Fertilización.	No fertiliza	1 fertilización/ciclo	2fertilizaciones/ciclo	>3 fert/ciclo
Tipos de Fertilizante	16-20-15	18-6-12	Urea	15-15-15 20-20-0
Cantidad de Fertilizante que aplica por manzana.	<6 qq/mz	6 - 12 qq/mz	12 -18 qq/mz	> 18 qq/mz
Utiliza fertilizantes Orga.	Si	no	Especifique:	
Dosis/planta	Quién le recomienda las cant.			
Protección Fitosanitaria.	Sin control	1 control /ciclo	2 controles/ciclo	> 3 controles/ciclo
Tipo de Protección.	Cultural	Químico	Biológico	Integrado
Principales insecticidas utilizados. (Dosis)	Minador		Broca	Otro
Principales Fungicidas utilizados. (Dosis)	Roya del Café	Mancha de hierro	Ojo de Gallo	Antracnosis
Como determina dosis	El vecino	Agroservicio	Asis. Técnica	La etiqueta. Otro:
Manejo de Tejidos (Podas)	Sin Manejo		Con Manejo	Otro tipo
Manejo de Sombra	No se aplica		Si se aplica	

Manejo de la sombra	Rústico ____ Donde los cafetos están sembrados bajo el techo de un ecosistema "selvático" de árboles que sirven de sombra.				
	Tradicional ____ Con una amplia diversidad de árboles sembrado dentro del cafetal que sirven de sombra y además de un uso tradicional o familiar. Porcentaje utilizado en su parcela ____				
	Comercial ____ Con unas variedades de árboles de sombra con uso comercial específico combinadas con el café. Porcentaje utilizado en su parcela ____				
	Especializada ____ Árboles de sombra sembrados exclusivamente en función de las necesidades del cafeto; no toman en cuenta necesidades de biodiversidad. *Porcentaje utilizado en su parcela ____				
	Monocultura ____ Un cafetal sembrado bajo pleno sol, dentro de una filosofía de producción intensiva. *Porcentaje utilizado en su parcela ____				
Distanciamiento árboles de sombra (mts.)	8 x 8	10 x 10	12 x 12	Otro	
Práct. de Conservación	Sin conservación		Con conservación		
Tipos de Conservación	Curva a nivel: si__ no__ Observación:				
	Terraza individual: si__ no__ Observación:				
	Barreras Muertas: si__ no__ Que material utiliza:				
	Barreras Vivas: si__ no__ Qué especies utiliza:				
	Cultivo de cobertura: si__ no__ Qué especies utiliza:				
Qué % de parcela con conservación de suelos.	0 – 25 %	25 – 50 %	50 -75 %	75 – 100 %	
Limpia de Malezas	2 veces al año	1 ves al año	1 ves cada 2 años	Otro	
Qué instrumento utiliza	Machete	Azadón	Herbicida	Otro	
Procesa el Café	Si	No	A veces		
Tipo de Beneficiado	Tradicional	Semi-Técnico	Técnico	No tiene:	
Qué cantidad de agua utiliza en el beneficio	<300 lts./qq pergamino	300 – 700 lts/qq pergamino	700 – 1000 lts/qq pergamino	1000 – 1700 lts/qq pergamino	> 1700 lts/qq pergamino (2000- 3000)
Si tiene beneficio, de donde se provee de agua	Nacimiento	Río	Quebrada	Pozo	Otro:
Utiliza la pulpa de café	Si	No	A veces		
Si utiliza, como la utiliza	La aplica directo al cultivo	Elabora Abono	Otro		
Produce aguas mieles	Si	No	A veces		

Qué medidas de mitigación utiliza	Usa fosas de oxidación	Recircula el agua	Otro tipo	Ninguna
Cuál es su área sembrada	1 – 5 mz.	5 -10 mz.	10 - 20 mz.	> 20 mz.
Qué rendimiento obtiene en pergamino	<8 qq/mz	8 -16 qq/mz	16 – 30 qq/mz.	>30 qq/mz
Estimación de producción total al año.	<45 qq. pergamino	45 – 2125 qq. pergamino	> 2125 qq. pergamino	
Costo de producción en Quetzales/mz.				
Tiene algún certificado de café	Si		No	Especifique:
Como considera la situación actual del agua.	Muy Mala	Mala	Regular	Buena
Cuál considera como principal daño al recurso agua.				
Qué medida considera necesaria para mitigar la contaminación del agua.				
<b>Características Socioeconómicas.</b>				
Es originario del lugar	Si		No	
Características Físicas	Ladino	Indígena		Mestizo
Ingreso promedio/mensual	< de Q1000.00	Q1000.00 – Q2000.00	Q2000.00 – Q3000.00	> Q3000.00
Sabe leer y escribir	Si		No	Solo Lectura o Escritura Especifique:
Nivel de Estudios	Primario	Básico	Diversificado	Universitario Ninguno
Estado civil	Soltero	casado	# Integrantes fam.	
Pertenece a una organización	Cooperativa	COCODE	Ascocagua	Ninguna
Recibe Asistencia Técnica	Anacafé.	Cooperativa	Municipalidad	Ninguna Otra:
A recibido cursos de capacitación	Si	No	Entidad que la proporcionó:	
Tiene otra ocupación	Si	No	Qué tipo:	
Tiene asistencia crediticia	Si	No	Entidad que la proporciona:	

## 1.8.2 Preguntas sobre la Comercialización

### Venta.

Como se Vende el Café: en Cereza \_\_\_\_ en Pergamino \_\_\_\_ en Oro \_\_\_\_

Donde se Vende el Café: \_\_\_\_\_

Qué Porcentaje de la Producción Total se Vende a Intermediarios: \_\_\_\_\_

Otros Cultivos de Importancia / Diversificación: \_\_\_\_\_

Los compradores manejan un tipo de incentivo económico sobre la calidad del café entregado:  
Si \_\_\_\_ No \_\_\_\_



## **CAPÍTULO II.**

**IMPLICACIONES DEL SISTEMA CAFÉ (*Coffea Arábica L.*) SOBRE EL RECURSO  
HÍDRICO DE LA CUENCA DEL RÍO ATULAPA, EN EL MUNICIPIO DE ESQUIPULAS,  
CHIQUMULA, GUATEMALA, C.A.**



## 2.1 Presentación

La conservación de los recursos hídricos debe considerarse una actividad prioritaria en los planes de desarrollo de un país, departamento, municipio o comunidad, ya que es indispensable para tener una calidad de vida y desarrollo de la sociedad. El proyecto de Sincronización de la Información para el Manejo de los Recursos Naturales, por sus siglas en inglés “SINREM” se integró a la Comisión Trinacional del Plan Trifinio, que abarca los países de Guatemala, El Salvador y Honduras. Dicho proyecto promueve la generación de información para que los diferentes niveles de decisión conformados por actores locales, instituciones y organizaciones, la utilicen para el manejo de los recursos naturales, integrándolos en actividades que promueven la conservación de los recursos propios de la comunidad que permita una mejor calidad de vida. En el proyecto participan tres universidades públicas de los países centroamericanos; Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC), Universidad Nacional de El Salvador (UES), Universidad Autónoma de Honduras (UAH) y dos centros de investigación europeos: Universidad Castilla la Mancha y el Centro de Investigaciones para el Desarrollo Agropecuario de Francia (CIRAD).

Cada universidad de los tres países centroamericanos trabajó una pequeña cuenca seleccionada de su país en la región del Trifinio; para Guatemala se seleccionó la cuenca del río Atulapa, ubicada en el municipio de Esquipulas, Chiquimula, dicha selección se basó en la importancia de los recursos naturales y sobre todo el hídrico que es necesario para los pobladores de la cuenca como la ciudad de Esquipulas. También la cuenca se encuentra dentro del área Protegida Trinacional Montecristo, que tiene un papel importante en la conservación de los recursos naturales

La cuenca del río Atulapa como área estratégica, provee de agua domiciliar en un aproximado del 60% a la ciudad de Esquipulas y abastece también a las comunidades del interior de la cuenca y zonas aledañas. Los problemas más comunes encontrados en la cuenca, debido a la presión ejercida por la creciente actividad cafetalera es, la pérdida de cobertura boscosa, problemas de erosión de suelos y contaminación de las aguas, sobre todo por la actividad del beneficiado húmedo del café, afectando así la calidad del recurso

hídrico, que tanta importancia tiene para los habitantes de la cuenca y de la ciudad de Esquipulas. La investigación hecha, debido a los problemas mencionados, detalló el manejo agronómico del sistema café, definiendo de esta forma, la tecnología que emplean los caficultores, para poder identificar los procesos que tienen impacto en el recurso hídrico. Se identificó que los problemas erosivos, la actividad de corte de café, el beneficiado húmedo de café son las principales actividades que afectan el recurso hídrico.

## 2.2 Marco Conceptual

### 2.2.1 Cuantificación de la vegetación en los sistemas del cultivo de café

En las especies utilizadas para sombra en el municipio de Esquipulas, predominan las plantaciones de *Inga sp*, *Pinus sp*, y las Musáceas. En el municipio de Esquipulas posee aproximadamente un 70% de área sembrada con café bajo sombra, mientras que el resto es sembrado bajo el sol; esto último se da específicamente en las fincas grandes. El volumen promedio de la cubierta vegetal de los agroecosistemas de café, en el municipio de Esquipulas abarca un 70.8 m<sup>3</sup>/ha, indicando que el cultivo tiene una cobertura alta. (Cruz M. 2002)

### 2.2.2 Estimación del potencial erosionable del suelo y sus efectos

En el caso de café, siendo un cultivo permanente que utiliza sombra específicamente en el área de Esquipulas, se puede indicar que en promedio se pierde 1,800 kg/ha/año (18 ton/ha/año). Para el caso específico de las áreas bajo estudio, por el sistema de siembra del cultivo, las pendientes, textura de suelo, capacidad de infiltración entre otras, se estima que para Esquipulas, en un área cultivada de 8,426.92 ha, existe un promedio de pérdida de suelo de 1, 800 kg/ha/año (18 ton/ha/año) y existe una pérdida por municipio de 151, 649, 600 kg/ha/año (151.64 ton/ha/año), por el área cultivada con café. Esta pérdida del suelo se da principalmente en las partes altas de las zonas productoras de café que se producen sin sombra, repercutiendo en la fertilidad de los suelos e incremento de costos a largo plazo en las actividades de manejo del cultivo de café, dado que es necesario elevar las dosis de fertilizantes. (Cruz M. 2002).

Vahrson y Cervantes (1991) en estudios realizados en Costa Rica, han reportado pérdidas de suelo en parcelas de café sin sombra de 168 kg/ha (0.168 ton/ha) en pendientes entre 56 y 59 % y una pluviosidad de 2, 092 mm anuales, indicando que esos valores tan bajos se deben a valores muy bajos de escurrimiento superficial.

El estudio sobre la influencia de la cobertura sobre la erosión del suelo en un agroecosistema de café, elaborado por Arellano, R (1997) en Venezuela, evaluó diferentes

tratamientos para el control de malezas por métodos químicos; se pudo inferir que los tratamientos que efectúan un control más radical, son los que tiene mayor cantidad de sedimentos recolectados, pero se hace notar que existió una diferencia significativa en uno de los 20 eventos registrados. Los resultados arrojados por la investigación en kilogramos por hectárea son los siguientes: Paraquat + 2-4 D fue de 140; Preglone fue de 145; Touchdown fue de 162.5; Roudup fue de 152.5; Paraquat + Gardoprim fue de 92.5; limpia manual fue de 525; mientras que el tratamiento sin control fue de 525.

Datos reportados por Arelleno, R. (1997), sobre la evaluación de la erosión hídrica y escorrentía superficial en el cultivo de café en tres sistemas diferentes: cafetal con sombra manejada con Poro (*Erythrina poeppigiana*) (CP), cafetal con sombra asociado con Poro y Laurel (*Cordia alliodora*) (CPL) y café a pleno sol (C). En los resultados de sedimentos analizados en los sistemas de café, en CP el promedio por evento de precipitación fue de 0.48 g/l, en CPL fue 0.71 g/l y en C fue 3.47 g/l, mientras que los valores máximos fueron, respectivamente 2.54 g/l, 3.55 g/l y 22.22 g/l. Por su parte, la erosión promedio por evento para CP fue de 1.55 kg/ha, en CPL fue de 2.73 Kg/ha, y en C de 9.63 kg/ha. En el análisis de varianza para las pérdidas de suelo en cada evento de precipitación, expresadas en kg/ha, mostró que hay diferencias altamente significativas entre los tratamientos. Los datos brutos estimados de erosión por medio de una parcela de escorrentía para los meses de julio hasta diciembre son: CP fue de 58.75 kg/ha, CPL fue de 103.89 kg/ha y C fue de 365.99 kg/ha. (Arellano R. 1997)

La evaluación de dos sistemas de café, uno al sol y el otro con sombra, referente a la erosión del suelo de acuerdo a dos tipos de agregados del suelo <4mm y >4mm. Los resultados no está del todo de acuerdo con el supuesto de que un cafetal sin sombra, existen perdidas de suelo mayores en comparación de un cafetal con sombra; si bien es cierto que en el cafetal sin sombra los montos son superiores, las pérdidas mayores no están en relación ni con los picos de erosividad de las lluvias ni con los de escurrimiento, es decir, con la capacidad del agua para disgregar partículas y transportarlas. La erosión debe relacionarse con algún factor que tenga un ritmo distinto en cada cafetal. Aparte de la vegetación, la mayor diferencia entre estos dos cafetales son las actividades agrícolas

que se desarrollan en cada uno de ellos. El cafetal sin sombra requiere mayor número de labores que implican "incursiones" importaciones al cafetal lo cual significa un mayor pisoteo. En zonas de fuerte pendiente, el pisoteo desplaza los primeros centímetros del suelo bajo cada pisada, al contrario de lo que sucede en terrenos planos donde el efecto es de compactar el suelo. Las pérdidas de suelo estimadas durante un año en cafetales con sombra es de 1, 624.2 kg/ha y en café al sol fue de 1, 835.4 kg/ha. (Arellano R. 1997)

Cuadro 12. Valores de precipitación pluvial, escurrimiento y pérdida de suelo para el período de 1995– 1997 en cultivo de café.

Etapa Fecha	Actividades Manejo.	Precipitación			Tratamiento	Escorrimento		Pérdida de suelo total (kg/ha)
		Acum. (mm)	I <sub>30</sub> max. mm/hr.	EI <sub>30</sub> (Mjmm/ha)		Vol. m <sup>3</sup> /ha	% Lluvia	
I 01/11 15/03	Sin intervención	142.8	53.90	719.2	BD	51.1	3.58	259.7
					CA	18.8	1.32	50.1
					CN	22.3	1.56	105.2
					CS	11.0	0.77	84.1
II 16/03 15/04	Deshierbe	133.8	71.1	709.2	BD	72.2	5.40	1529.4
					CA	20.6	1.5	42.8
					CN	32.1	2.41	74.7
					CS	14.3	1.07	35.5
III 21/05 15/06	Aplicación de Abono	56.8	35.5	211.6	BD	44.7	7.86	364.8
					CA	7.2	1.27	38.5
					CN	8.5	1.50	27.3
					CS	3.1	0.55	37.4
IV 16/06 30/07	Sin Intervención	59.1	36.5	273.9	BD	34.0	5.75	265.4
					CA	8.0	1.35	28.7
					CN	9.1	1.54	55.7
					CS	4.4	0.75	76.1
V 01/08 30/08	Deshierbe	106.1	54.20	913.8	BD	47.3	4.46	153.67
					CA	12.5	1.18	31.2
					CN	16.7	1.58	53.8
					CS	7.6	0.72	34.0
Total		498.6	251.2	2827.7	BD	249.3	27.05	2579.97
					CA	118.7	6.62	191.3
					CN	88.7	8.59	316.7
					CS	40.4	3.86	267.1

BD = barbecho desnudo; CA = café con árboles; CN= café con frutales; CS= café sin sombra.

Fuente: Arellano R. 1997

### 2.2.3 Caficultura en el oriente de Guatemala

El interés por el cultivo del café llevó a cientos de campesinos a descombrar montañas y zonas altas del departamento de Chiquimula y Zacapa, para solicitarlos en propiedad por ser terrenos baldíos. Ya en 1,870, una comisión del consulado de comercio reconocía

que en esa región existía una creciente producción de café, en los terrenos de las comunidades de Jocotán, Quezaltepeque y San Juan la Ermita. (Castellanos, J. C. 1985)

#### **2.2.4 Tamaño de las unidades productivas y tenencia de la tierra**

La tenencia de la tierra a nivel del Municipio de Esquipulas está distribuida en seis formas distintas:

- Tierra propia
- En arrendamiento
- En colonato
- En usufructo
- Ocupada
- Otra forma mixta de tenencia de la tierra

En el estudio hecho por Castellanos, C. (1985) en el área de Esquipulas, indicó que la distribución de acuerdo al tipo de tenencia de la tierra es de 2, 372 fincas registradas con una superficie media de 1.7 ha (16905.89m<sup>2</sup>), el 78.03% de las fincas corresponde a tierra propia o a modo de propietario ocupando una superficie media de 1.6 ha (16079.38m<sup>2</sup>), en la forma de arrendamiento se tiene el 16.57% de fincas, contando con una superficie media de 0.05 ha (508.39m<sup>2</sup>), en colonato hay únicamente el 1.18% de las fincas con una superficie media de 0.01ha (108.56m<sup>2</sup>), el 1.27% de las fincas se encuentra en usufructo, ocupando una superficie media de 0.0033 ha (32.95m<sup>2</sup>), la tierra que se encuentra ocupada sin contar con algún título de propiedad que las acredite corresponde el 1.31% de las fincas con una superficie media de 0.013 ha (139.56m<sup>2</sup>), y el 1.64% con una superficie media de 0.00037 ha (37.05 m<sup>2</sup>) son fincas que se encuentran en la forma mixta de tenencia de la tierra. (Castellanos C. 1985)

##### **2.2.4.1 Sistema de finca predominante**

En el municipio de Esquipulas la finca predominante posee una extensión promedio de 3 ha, área en la que se desarrolla el cultivo de café asociado al banano o árboles del género *Inga* sp; en las actividades productivas involucran la mano de obra familiar y mano de obra contratada; el acceso a crédito es esporádico y el nivel de tecnificación en el manejo

agronómico del cultivo se considera medio. Los pequeños productores son más receptivos a la incorporación de mejoras y de tecnología; afrontan el problema de no poseer todos los servicios básicos. Las labores del cultivo del café se inician en el mes de enero, con la preparación de los semilleros y almácigos para resiembra cuando las lluvias se estabilizan, los trabajos de siembra se inician a partir del mes de marzo cuando se hace el ahoyado para la resiembra, para luego en abril poder sembrar. La siembra es manual y se coloca cada planta en un agujero de  $0.4 \text{ m}^3$ , dejando una separación de un m entre plantas y dos m entre surcos; la variedad utilizada depende de la altitud y las características que el productor desee, observándose principalmente las variedades: Catimor, Caturra, Catuai, Bourbon, Arábigo y Typica. (Castellanos C. 1985)

### **2.2.5 Agricultura en la cuenca del río Atulapa**

Los cultivos más comunes son en orden de prioridad, el café, maíz y frijol. Se considera que por familia se tiene un promedio de 2.48 ha, de las cuales 1.5 ha son utilizadas para la producción de café, seguidos por el maíz con 0.47 ha y luego el frijol. En la actualidad, a nivel general el municipio de Esquipulas tiene la media mayor de producción de café en el país, con un dato aproximado de 2, 636 kilogramos de café pergamino por hectárea (40 qq/mz), según datos del año 1998, esto significa mucho para los agricultores desde un punto de vista económico, pero se debe tener en cuenta que la producción de café además de ser una fuente de ingresos importante, también es una fuente contaminante debido al vertido de aguas mieles a los ríos, ya que generalmente no se cuenta con técnicas o tecnologías adecuadas para el manejo de aguas servidas. Los problemas de contaminación por vertido de aguas mieles en el caso del río Atulapa, son de suma gravedad ya que hay que considerar que la captación de agua que aquí se ubica proporciona aproximadamente el 60% del agua que consume la población de Esquipulas, por lo que estaría en juego la salud de un elevado porcentaje de la población. (USAC, GT; CTPT, 2007)

### **2.2.6 Vulnerabilidad ambiental**

De acuerdo al estudio de Cruz, M. (2002), el municipio de Esquipulas presenta un alto índice de degradación ambiental, debido al crecimiento urbanístico sin planificación y a la demanda de más tierras para producción, producto del crecimiento poblacional.

### **2.2.7 Antecedentes de la producción de café**

El café es hoy en día uno de los tres productos más importantes del mundo en la economía, beneficiando directa e indirectamente a miles de familias esquipultecas, ha alcanzado un alto grado de producción en los últimos años, a nivel de Guatemala es considerado como el mejor café duro y estrictamente duro. La Asociación nacional del café (ANACAFE) inicia sus actividades dentro de la cuenca río Atulapa a principios de la década de los años 80, asesorando a pequeños productores, incorporando variedades mejoradas, distanciamientos de siembra, establecimientos de árboles de sombra, el uso de fertilizantes químicos, etc a finales de esta década las comunidades donde se producía café se habían alejado de la extrema pobreza, en ese entonces se producían aproximadamente 4,545.45 toneladas de café cereza (10,000 quintales) ya que no contaban con beneficios donde procesarlo y no tenían un mercado definido, por lo que lo vendían al municipio de Olopa. (ANACAFE, 2004).

A finales de la década de los años 80 ANACAFE incorpora el beneficiado húmedo, lo cual transforma completamente la vida en el área rural. Según datos proporcionados por la Asociación Nacional del Café, en la cuenca se registra una producción de 9,080 toneladas de café pergamino (20, 000 quintales), de 630 ha, desde ahí se incrementan 175 ha por año hasta 1,993 - 1,994, luego se incrementan 315 ha por año hasta el año 2,000. (Municipalidad Esquipulas, 2,000). La estimación de la producción en el año 2002 en el municipio de Esquipulas en una extensión de 3 ha es de 1,001.00 kg (Cruz M. Cesar A. 2002). Para el año 2006 se estimó una producción de 1,533,498.95 kg (33,777 qq) de café pergamino para el área de la cuenca del río Atulapa. (ANACAFE, 2006)

## **2.2.8 Manejo del cultivo del café**

A continuación se detallan las actividades que se llevan a cabo en el manejo del cultivo de café, específicamente en las áreas sembradas en la cuenca del río Atulapa.

### **2.2.8.1 Fertilización**

Entre las fórmulas físicas que se han utilizado y que son recomendables para el cafeto en plantaciones establecidas y para distintas condiciones de suelos, están las siguientes fórmulas de NPK: 18-9-18, 20-10-10, 21-7-14, 18-6-12, 13-13-20 y algunas veces elementos secundarios y menores. Las fórmulas 15-15-15 y 20-20-0 se han recomendado en muy pocos casos. La fórmula 20-20-0 en algunas situaciones de suelos con muy bajos contenidos de fósforo y contenidos altos de potasio. (Hernández M. 1988)

Según la clase y grosor de la cobertura habrá que hacer un plateo a la ligera o cuidadoso para asegurar que el fertilizante quede en contacto directo con el suelo. Después, éste se aplica en un círculo alrededor del tronco, a la mitad o a menos de la mitad de la distancia entre el tronco y el punto de “goteo” o parte exterior del follaje del cafeto. De acuerdo al diagnóstico preliminar del sistema café realizado en la cuenca del río Atulapa, el principal fertilizante utilizado es el 18-6-12. (Hernández M. 1988)

Como resultado de las experiencias de campo en Guatemala realizadas por Hernández, M (1988), se han establecido tres épocas principales para la aplicación de fertilizantes, dependiendo de la distribución de las lluvias, lo cual se detalla a continuación:

- Mayo a Junio.
- Agosto a Septiembre.
- Octubre a Noviembre.

Las cantidades de fórmula de fertilizante comúnmente usadas en Guatemala varían de unos 259 a 584 kg/ha (4 a 9 qq/mz), por aplicación, dependiendo de varios factores especialmente de la densidad del cafetal. Por ejemplo en una plantación adulta a 2 x 1 metro de distancia entran 5,000 cafetos por ha, donde las dosis de una fórmula de fertilizante comúnmente usadas en el área de estudio son 57 a 113 gramos por cafeto por

aplicación, lo que es igual a unos 292 a 584 kg/ha. En el otro extremo, en una plantación adulta a 3 x 3 m de distancia se aplican de 170 a 284 gramos de fertilizante por cafeto, lo que equivale a unos 194 a 324 kg/ha (3 a 5 qq/mz) por aplicación. (Hernández P. Mario. 1988).

La cantidad total de fertilizante que conviene aplicar a un cafetal en el año, depende de las condiciones y factores de producción. Se aconseja hacer de dos a tres aplicaciones al año. En muchos casos el caficultor sólo puede hacer una aplicación en el año por limitaciones económicas. Según la finca y las condiciones de manejo de un cafetal, las cantidades totales de fertilizante que se aplican por hectárea son de 324 kg, 648 kg, hasta 1,297 kg, o más en casos muy especiales. (Hernández, M. 1988)

### **2.2.8.2 Principales insecticidas utilizados en la caficultura**

Para el control del Minador de la hoja del Café (*Leucoptera coffella*) los insecticidas más comunes son:

- Lebacyd 50% CE en dosis de 250 cc en 50 gal de agua.
- Malathión. 50% en dosis de 500 cc en 50 gal de agua.

Broca del Café (*Hypothenemus hampei*), actualmente se usan productos a base de Endosulfan, que es el insecticida más eficiente. El inconveniente que existe es que no hay otros químicos que controlen *H. hampei* de forma eficiente y puede inducir resistencia con el uso de este insecticida. Los insecticidas más comunes para el control de escamas, se describen a continuación.

- Malathión 50% con una dosis de 0.5 l en 50 gal de agua.

(Hernández, M. 1988)

### **2.2.8.3 Principales fungicidas utilizados en la caficultura**

De acuerdo al manual de caficultura de Guatemala (Hernández, M. 1988), los principales productos que se utilizan son: Tebuconazole y el Azoxistrobina a alta dosis, son productos químicos que favorecen el control del Ojo de Gallo (*Mycena citrocolor*). La utilización de cationes Calcio y Magnesio también favorecen su control con los fungicidas Tebuconazole y Azoxistrobina y el mismo Cobre.

En general el uso de productos a base cobre, es la práctica más común para tratar plantas con Roya del Café (*Hemileia vastatrix*). Los fungicidas recomendables para control de Antracnosis (*Colletrotrichum coffeanum*) son los siguientes: Benomyl, Captan, Clorotalonil, Cobres, Captafol. Las dosis en forma general de estos productos son de 0.454 a 0.907 kilogramos por 227 litros de agua.

Los fungicidas comúnmente utilizados en Guatemala para el control de Mancha de Hierro (*Cercospor acoffeicola*) en cultivos de café son: Ferbam, Benomyl, Captán, Clorotalonil y Cobres. Los fungicidas se aplican de acuerdo a las siguientes dosis en promedio que son 0.454 a 0.907 kg por 227 litros de agua.

### **2.2.9 Beneficiado del café**

Como beneficiado se conoce al proceso agroindustrial que permite eliminar los componentes estructurales del fruto que envuelven el grano de café, y luego efectuar el secado de éstos. Existen dos tipos de beneficiado, el seco y el húmedo. Dada la abundancia del agua en Guatemala el proceso que más se utiliza es el beneficiado húmedo existiendo más de 3,000 beneficios en todo el país. Se estima que el consumo de agua promedio para procesar un kilogramo de café pergamino seco se necesita de 44 a 66 litros de agua (ANACAFE. 2005). Entre los beneficios de café se clasifican de acuerdo a los siguientes tipos:

#### **2.2.9.1 Beneficio artesanal**

Regularmente ubicado dentro de las parcelas o viviendas de los pequeños productores, la mayoría de operaciones se realizan en forma manual. Se ubican principalmente en los departamentos de Chiquimula, Zacapa, Alta y Baja Verapaz, Jalapa y Huehuetenango. Es este tipo de beneficio, con relación a la disposición y uso de los subproductos del beneficiado húmedo del café, deberán cumplir con los mismos requerimientos de un beneficio tecnificado. (ANACAFE. 2005)

### **2.2.9.2 Beneficio húmedo tradicional**

Este tipo de beneficio fue construido al final del siglo XIX. Generalmente, se encuentra ubicado en lugares que presentan una red hídrica que transporta un caudal alto. Su característica principal es que debido a su diseño, requiere para su operación grandes volúmenes de agua, la que es utilizada para el procesamiento del fruto a grano y en algunos casos para la generación de energía hidráulica de operación. Este beneficio se le cataloga como una planta agroindustrial, en la que se recibe el café en un tanque o sifón que clasifica por flotación e inmersión de los frutos con la ayuda del agua. Generalmente posee dos a más pulperos con pechero de hierro o de hule, con capacidades de 1,133.97 a 1,360.77 u 1,814.36 a 2,267.95 kg uva/hora respectivamente; estos pulperos vierten la pulpa con agua sobre un canal que la transporta hasta el punto de evacuación, el café despulpado se coloca sobre una zaranda que separa el café sin despulpar del despulpado, regresando el primero al pulpero para su repaso; el café despulpado cae sobre un canal con agua que lo traslada a las pilas de fermento. El lavado se realiza en las pilas o un canal de correteo o la combinación de ambos; el café en el correteo permite la clasificación por decantación, así los granos más pesados se van acomodando al fondo en capas y los más livianos (natas) rebalsan el nivel de clasificación. Durante todo el proceso corre agua entre 12,000 a 15,000 l/hora; en resumen este tipo de beneficio consume agua entre despulpe y lavado alrededor de 44.05 a 66.08 l/kg de café oro. El secado se realiza en patios de cemento o de ladrillo; se estima que el 80% de beneficios del país corresponden al tipo tradicional. (ANACAFE. 2005)

### **2.2.9.3 Beneficio semi-tecnificado**

Se ubica por lo general, cerca de una fuente de abastecimiento de agua, ya que el proceso es el mismo de un beneficio tradicional, con una reconversión gradual, principalmente recirculación del agua, logrando una disminución de hasta un 50%. El proceso de despulpado, lavado y secado es igual que el anterior, la diferencia es que el despulpe y lavado usan agua recirculada, con circuitos específicos para cada operación; esto le permite obtener consumos de 13.21 y 17.62 l/kg de café oro <sup>1</sup>. Lo cual permite un beneficiado más fácil, funcional y económico. (ANACAFE. 2005)

<sup>1</sup> l = abreviatura de litro

#### **2.2.9.4 Beneficiado tecnificado**

En este tipo de planta, la recepción del café se realiza en seco usando agua recirculada para evacuar los frutos por erosión y llevarlos hasta el tren de despulpe, los pulperos poseen pechero de hierro o de hule con capacidad de 2,041.15 a 2,721.54 kg de café uva/hora; éstos realizan el despulpe, botando la pulpa sobre un conductor helicoidal (tornillo sin fin) y transportándola hasta el punto de evacuación en seco; al mismo tiempo el café despulpado lo descarga sobre una criba cónica de polietileno, la cual separa los frutos sin despulpar de los despulpados, enviando estos últimos a un pulpero repasador y los primeros a las pilas de fermento. El lavado se efectúa en un canal de correteo de un solo tiro y la clasificación es controlada por un solo operador. Este tipo de beneficio tiene como principio operar con bajo consumo de agua y energía, razón por la cual la recirculación de agua para el lavado y despulpado, lo que permite un consumo promedio de 3.30 a 8.81 l/kg de café oro. Se estima que existen apenas un 2% de este tipo de beneficio en Guatemala. (Bresani L. 1987)

#### **2.2.9.5 Beneficio comercial**

Se ubican en zonas de gran concentración de producción y comercialización del producto. Estos beneficios encajan en cualquiera de los tipos mencionados con anterioridad con excepción del artesanal. Los propietarios no necesariamente son productores de café. (ANACAFE. 2005)

#### **2.2.10 Situación ambiental del beneficiado de café**

El beneficiado húmedo de café se caracteriza por el alto uso del agua para el despulpado, transporte, fermentación, lavado y clasificación del grano de café. En las operaciones anteriores no se utiliza ningún agente químico que ayude a procesar el producto. Del fruto del café, solo alrededor del 18% termina siendo café oro, el resto constituye residuos potencialmente contaminantes al medio ambiente si no se manejan adecuadamente. (CGPL. 2004)

- Residuos Líquidos.

Las aguas residuales generadas por el proceso tienen generalmente alta carga orgánica y un pH ácido. En la mayoría de las operaciones del beneficiado húmedo se utiliza agua

como medio o agente de transporte y clasificación, provocando su contaminación en menor o mayor grado. (CGPL. 2004). En el siguiente cuadro se presentan las operaciones donde se utiliza agua y las principales características contaminantes de los efluentes:

Cuadro 13. Principales características de contaminantes del beneficiado de café en Guatemala.

<b>Operación</b>	<b>Uso del agua</b>	<b>Características de los efluentes</b>
Recibo y Clasificación	Como medio de transporte y clasificación de café maduro.	Suciedad de frutos y componentes disueltos de granos maltratados por el transporte.
Despulpado y Clasificación	Como agente de transporte y separación de la pulpa del café maduro, y clasificación de café despulpado.	Más del 50% de la carga contaminante generada en todo el proceso. Descarga mínima de 3 kg de DQO por qq de café oro depende del proceso.
Lavado y Clasificación	Eliminación del mucílago según tipo de remoción (natural, mecánico o químico)	Aporta aproximadamente 3.4 kg de DQO por quintal de café oro en forma de sólidos suspendidos y materia disuelta en agua.
Transporte	Transporte del café a secado.	Mínima contaminación de las aguas que se utilizan en esta operación.

Fuente: (Centro Guatemalteco de Producción más Limpia (CGPL). 1994)

El mucílago es un hidrogel (sistema coloidal líquido liofílico) que posee una carga orgánica, según agua del primer lavado, expresado en DQO de 26,535 mg O<sub>2</sub>/l, equivalente a 3.64 kg O<sub>2</sub>/qq oro producido<sup>2</sup>. El mucílago representa entre el 20 y el 22 % del peso del fruto y conforma una importante proporción de la carga orgánica potencial, por su alto contenido de azúcares, pectinas y ácidos orgánicos. (ANACAFE. 2005)

El agua miel utilizada para despulpar y lavar se convierte en residual. 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. Así se origina su aporte como carga orgánica, del primer y segundo lavado, con alrededor de aporte de carga orgánica en términos de DQO de 43.615 mg O<sub>2</sub>/l, equivalente a 6 kg de DQO/qq oro. (ANACAFE. 2005)

<sup>2</sup> Quintal (qq) = 45.36 kg

Al descargar inadecuadamente las aguas residuales del beneficio (sin un tratamiento adecuado), se contaminan suelos, manto freático o fuentes de agua naturales. Todo esto debido a que las aguas residuales del beneficiado húmedo de café contiene alta carga orgánica, pH ácido, sólidos disueltos, sólidos sedimentables, entre otros. (CGPL. 2004)

- Residuos Sólidos.

Los residuos sólidos en el beneficiado húmedo de café se generan principalmente en el despulpado, siendo estos la pulpa o pericarpio del fruto. En caso que el beneficiado cuente con un área de beneficiado en seco (producción de café oro), se generan residuos sólidos en el trillado llamados cascabillo o cascarilla que es el endocarpio del fruto. La pulpa de café 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. Las aguas del despulpado pueden generar hasta un máximo en términos de DQO de 52, 277 mg O<sub>2</sub>/l, equivalente siempre en términos de DQO de 0. kg O<sub>2</sub>/qq café oro. (ANACAFE. 2005)

Cuadro 14. Características de los residuos sólidos.

<b>Residuos Sólidos</b>	<b>Características.</b>
Pulpa de café	Promedio de producción de 2.2 kg de pulpa por 1 kg. de café oro, y un promedio en volumen de 2 m <sup>3</sup> por Ton de pulpa.
Pergamino o cascabillo	Promedio de producción de 0.25 kg de cascabillo por 1 kg de café oro.

Fuente: (Centro Guatemalteco de Producción más Limpia) 1994

Existen básicamente dos maneras inadecuadas de eliminar la pulpa del proceso: acumulándola en el suelo o desechándola en una fuente de agua.

Cuadro 15. Malos manejos con la pulpa de café.

<b>Disposición Final</b>	<b>Impacto</b>
Acumulación en el suelo	Malos olores, crecimiento de insectos, lixiviación al suelo de aguas mieles, contaminación visual y riesgo de contraer enfermedades.
Liberación en fuentes de agua.	Se crean condiciones de biodegradación con una alta demanda de consumo de oxígeno en el agua (DBO y DQO) y la producción de compuestos con mal olor.

Fuente: Centro Guatemalteco de Producción más Limpia. 1994

### 2.2.11 El beneficiado del café y la contaminación de las aguas superficiales

La contaminación en el beneficiado húmedo se genera de una serie de subproductos que representan el 62 % del fruto y que se consideran nulos o con poco valor económico y por esa razón se consideran como desechos. (Galeano, 2000).

Dependiendo de la tecnología de beneficiado empleada, el proceso consiste en cinco o más etapas, las cuales pueden ser:

- El recibo de café,
- El despulpado o eliminación de la pulpa,
- El desmucilaginado, tradicionalmente realizado en un proceso de fermentación natural,
- Lavado del café para la eliminación de los restos del mucílago, que es necesario para mantener la calidad del grano,
- Clasificación del café pergamino.

Existen dos etapas principales, en las cuales se generan los desechos del beneficiado húmedo:

1. Pulpa y Agua de despulpado: se produce al momento de separar la pulpa del grano de café, por medio de “pre – despulpadores” utilizando agua en el transporte de del fruto al mismo y para trasladar la pulpa a patios, fosas o a ríos.
2. 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 esta 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, con los siguientes componentes que tiene la pulpa, que se puede observar en el cuadro 16. (Galeano, 2000).

Cuadro 16. Composición de la pulpa (% en base seca)

<b>Composición de la pulpa (% en base seca)</b>	
Componente	Contenido
Nitrógeno	1.5 - 1.75%
Fósforo	0.1 - 0.20%
Potasio	2.5 - 5.50%
Calcio	0.4 - 0.50%
Magnesio	0.07 - 0.12%

Fuente: BIOMAT / ALMAT / SNV 1993.

Principales impactos por residuos del beneficiado del café de acuerdo a la Asociación de Ingeniería Sanitaria y Ambiental (AIDIS):

- Creación de aguas ácidas (pH < 7)
- Malos olores
- Aguas coloreadas, de aspecto estético desagradable.
- Imposibilidad del uso del agua para consumo humano, la ganadería e irrigación.
- Destrucción de ecosistemas acuáticos.
- Afectación de los suelos irrigados por el agua residual.
- Elevación del % de metano en el agua.
- Modificaciones paisajísticas.
- Aumento de la concentración de Ca, K, Mg y P en el agua.
- Aumento de la carga orgánica y del consumo de oxígeno.
- Sólidos en suspensión.
- Aumento de la Demanda Química de Oxígeno (DQO)
- (DQO) por encima de 2,500 y 3,000 mg/l respectivamente.
- Emisiones producidas por el consumo de combustibles.

### 2.2.12 Aguas residuales del beneficiado húmedo de café

Son aguas 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 entran 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 los taninos y otros compuestos polifenólicos presentes en las aguas pueden afectar en ciertas condiciones, procesos de tratamientos para reducir las concentraciones de materia orgánica. (Galindo. 1998)

Cuadro 17. Composición química del mucílago de café.

Componente	Nadal % Base Húmeda	Bressani % Base seca
Substancias Pépticas		35.8
Azúcares totales	4.1	45.8
Azúcares reductores		30
Azúcares no reductores		20
Celulosa + Cenizas		17
Agua	84.2	
Proteína	8.9	
Ácido péptico	0.91	
Cenizas	0.7	

Fuente: Galeano, 2000

En la investigación sobre la gestión del recurso hídrico en el sector de beneficiado húmedo de café como una herramienta para el cumplimiento del reglamento de aguas residuales, elaborado en el 2,008, por el Centro de Producción más Limpia de Guatemala, evaluaron diez beneficios húmedos de café, con el objeto de elaborar el manual de buenas prácticas de producción más limpia en el sector de beneficiado húmedo de café. Para ello se hicieron muestras de agua tanto del afluente como efluente para análisis de aguas residuales; a continuación se presentan datos sobre los resultados del análisis de agua del efluente:

Cuadro 18. Resultado de análisis de agua residual del promedio de diez beneficios de café en Guatemala

<b>Parámetro</b>	<b>Concentración mg/l</b>
DQO	10 000 – 4 000
DBO	300 – 29
Sólidos suspendidos	3 000 – 600
Grasas y Aceites	54 - 3
Color (Pto/co)	4 700 – 800
N total	25 – 4
P total	8 – 0.4
pH	4 – 5
Arsénico	< 0.002
Cadmio	< 0.002
Cianuro total	< 0.005
Cobre	0.23
Cromo	< 0.03
Mercurio	< 0.003
Níquel	< 0.05
Plomo	< 0.05
Zinc	<0.20

Fuente: Centro de producción más Limpia. 2008

### 2.2.13 Demanda química de oxígeno (DQO)

Para evaluar el daño que puede llegar a producir las aguas residuales, se mide la cantidad de carbono presente en las mismas, en forma directa, midiendo el carbono orgánico total (COT), o indirectamente midiendo la capacidad reductora del carbono a través de la Demanda Química de Oxígeno (DQO). Con estas técnicas se determina la cantidad de materia orgánica que se encuentra en el agua contaminada.

Es la cantidad de oxígeno en mg/l consumido en la oxidación de las sustancias reductoras que están en el agua. Se emplean oxidantes químicos, como el dicromato potásico. Con la DQO se mide el contenido de materia orgánica tanto de las aguas naturales como de las residuales. (CEDUCA, 1995)

Es la medida indirecta del contenido de materia orgánica e inorgánica oxidable en aguas residuales, se mide por la cantidad de oxígeno utilizado en la descomposición (oxidación) de la materia orgánica e inorgánica. Es decir, la cantidad de oxígeno requerida para la oxidación completa de la materia orgánica. (ANACAFE. 2005)

### 2.2.14 Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)

Se define como la cantidad de oxígeno en mg/l necesario para descomponer la materia orgánica presente mediante acción de los microorganismos aerobios presentes en el agua. Normalmente se emplea la DBO<sub>5</sub>, que mide el oxígeno consumido por los microorganismos en cinco días. Resulta el parámetro de contaminación orgánica más empleado. La determinación del mismo está relacionada con la medición del oxígeno disuelto que consumen los microorganismos en el proceso de oxidación bioquímica de la materia orgánica. La DBO<sub>5</sub>, mide el peso de oxígeno disuelto utilizado por microorganismos para oxidar o transformar los compuestos presentes en el agua durante un período de cinco días, a 20°C de temperatura. Normalmente representa un 30 – 40 % de la demanda total de oxígeno de la mezcla. (CEDUCA, 1995).

Medida indirecta del contenido de la materia orgánica en aguas residuales, que se determina por la cantidad de oxígeno utilizado en la bioquímica de la materia orgánica biodegradable, durante un período de cinco días y a una temperatura de 20 grados Celsius. (ANACAFE. 2005)

Cuadro 19. Niveles de demanda química de oxígeno (DQO) en diferentes tipos de efluentes

TIPO DE AFLUENTE	DQO mg/l
Aguas negras domésticas tratadas	20 a 60
Aguas negras domésticas no tratadas	300 a 400
Efluentes del beneficio húmedo de café con tratamiento	3,000 a 7,000
Pasta de estiércol bovino	10,000 a 20,000
Pasta de estiércol porcino	20,000 a 30,000
Efluentes del ensilaje	30,000 a 80,000

Fuente: Manual de beneficiado húmedo del café. 2005.

### 2.2.15 Legislación ambiental

De conformidad con la Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente, se deben emitir las disposiciones y reglamentos correspondientes para ejercer el control, aprovechamiento y uso de las aguas; así como prevenir, controlar y determinar los niveles de contaminación de los ríos, lagos y mares y cualquier otra causa o fuente de contaminación hídrica. Por tanto en uso de las funciones que le confieren el artículo 183

literal e) de la Constitución Política de la República de Guatemala, acuerda el **Reglamento de las Descargas y Rehúso de Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos**, el cual se presenta en el siguiente cuadro, los valores permisibles para las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, con sus reducciones en cuatro períodos determinados. (MARN. 2006)

Cuadro 20. Límites máximos permisibles de descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, de acuerdo al Reglamento de las Descargas y Reúsos de Aguas Residuales y la Disposición de Lodos, según el artículo 183 de la Constitución Política de la República

Parámetros	Dimensionales	Valores iniciales	Uno	Dos	Tres	Cuatro
Temperatura	Grados Celsius	TCR+/-7	TCR+/-7	TCR+/-7	TCR+/-7	TCR+/-7
Grasas y aceites	Miligramos por litro	1500	100	50	25	10
Materia flotante	Ausencia/presencia	Presente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
Sólidos suspendidos	Miligramos por litro	3500	600	400	150	100
Nitrógeno total	Miligramos por litro	1400	100	50	25	20
Fósforo total	Miligramos por litro	700	75	30	15	10
Potencial de hidrógeno	Unidades de potencial de hidrógeno	6 a 9	6 a 9	6 a 9	6 a 9	6 a 9
Coliformes fecales	Número más probable en 100 ml.	<1x10 <sup>8</sup>	<1x10 <sup>6</sup>	<1x10 <sup>5</sup>	<1x10 <sup>4</sup>	<1x10 <sup>4</sup>
Arsénico	Miligramo por litro	1	0.5	0.1	0.1	0.1
Cadmio	Miligramo por litro	1	0.4	0.1	0.1	0.1
Cianuro total	Miligramo por litro	6	3	1	1	1
Cobre	Miligramo por litro	4	4	3	3	3
Cromo hexavalente	Miligramo por litro	1	0.5	0.1	0.1	0.1
Mercurio	Miligramo por litro	0.1	0.1	0.02	0.02	0.01
Níquel	Miligramo por litro	6	4	2	2	2
Plomo	Miligramo por litro	4	1	0.4	0.4	0.4
Zinc	Miligramo por litro	10	10	10	10	10
Color	Unidades platino cobalto	1500	1300	1000	750	500

TCR=temperatura del cuerpo receptor, en grados Celsius

Fuente: MARN; Reglamento de Descargas y Reúso de Aguas Residuales y la Deposition de Lodos, según el artículo 183 de la constitución política de la república. 2006.

Modelo de reducción progresiva de cargas de demanda bioquímica de oxígeno (DBO). Los entes generadores existentes deberán reducir en forma progresiva la demanda bioquímica de oxígeno de las aguas residuales que descarguen a un cuerpo receptor, conforme a los valores y etapas de cumplimiento del cuadro siguiente:

Cuadro 21. Modelo de reducción progresiva de cargas de demanda bioquímica de oxígeno

<b>ETAPA</b>	<b>UNO</b>				
Fecha máxima de cumplimiento	Dos de mayo de dos mil once				
Duración, años	5				
Carga, kg/día	3000≤EG<6000	6000≤EG<12000	12000≤EG<25000	25000≤EG<50000	50000≤EG<250000
Reducción porcentual	10	20	30	35	50
<b>ETAPA</b>	<b>DOS</b>				
Duración, años	Dos de mayo de dos mil quince				
Carga, kg/día	3000≤EG<5500	5500≤EG<10000	10000≤EG<30000	30000≤EG<50000	50000≤EG<125000
Reducción porcentual	10	20	40	45	50
<b>ETAPA</b>	<b>TRES</b>				
Fecha máxima de cumplimiento	Dos de mayo de dos mil veinte				
Duración, años	5				
Carga kg/día	3000≤EG<5000	5000≤EG<10000	10000≤EG<30000	30000≤EG<65000	
Reducción porcentual	50	70	85	90	
<b>ETAPA</b>	<b>CUATRO</b>				
Fecha máxima de cumplimiento	Dos de mayo de dos mil veinticuatro				
Duración, años	4				
Carga kg/día	3000<EG<4000		4000≤EG<7000		
	40		60		

EG = carga del ente generador correspondiente, en kilogramos por día.

Fuente: MARN, Reglamento de Descarga y reúso de Aguas Residuales y la Deposición de Lodos, según el artículo 183 de la constitución política de la república. 2006

Para efectos de la aplicación del presente modelo, el valor inicial de descarga estará determinado en el estudio técnico. Dicho valor inicial, se refiere a la carga expresada en kilogramos por día de demanda bioquímica de oxígeno. Para los porcentajes de reducción de la etapa uno, se utilizará el valor inicial de descarga del Estudio Técnico y para cada una de las etapas siguientes, la carga inicial será el resultado obtenido de la reducción porcentual de la etapa anterior.

### **2.2.16 Riesgos ambientales en el sistema productivo de café**

El café, es un cultivo de importancia económica para la región, pero como toda actividad productiva del ser humano, ocasiona un impacto al ambiente, entre los principales se mencionan los siguientes:

#### **2.2.16.1 Contaminación con fertilizantes y pesticidas**

La tendencia actual de la producción cafetalera nacional tiende a incrementar los niveles de rendimiento por hectárea más que el aumento de la extensión del área utilizada en la siembra. Esta intensificación se consigue por medio del mejoramiento de las variedades de café, pero aun así, requiere sobre todo el uso de agroquímicos, especialmente los fertilizantes. El uso de fertilizantes produce erosión del suelo. El efecto aumenta por el uso de insecticidas, herbicidas, fungicidas y nematocidas, para prevenir plagas. Estos agroquímicos contienen sustancias tóxicas que dañan la salud de los seres humanos, la flora y fauna. En cuanto a los insecticidas, los riesgos principales son relacionados con el uso de: arseniatos de plomo y cafatol, productos tóxicos prohibidos en Costa Rica por ser cancerígenos; fungicidas a base de cobre, medio eficiente y barato para combatir la Roya del Café (*Emilea vastatrix*), hongo que ataca la hoja de la planta de café. (Hilje, 1987)

#### **2.2.16.2 Contaminación del suelo y fuentes de agua**

El suelo es el más expuesto a los plaguicidas, ya que en el momento de aplicarlos y en los días o semanas subsiguientes, gran parte de estos productos entran en contacto con él. Se ha estimado que hasta el 50% de los insecticidas aplicados al follaje llegan al suelo y esta cifra puede ser más alta en países que, tienden a utilizar sobredosis de los plaguicidas. El proceso de oxidación de la materia orgánica contenida en el agua se efectúa por medio de una micro-flora de bacterias que se alimentan de la materia orgánica, para lo cual consumen el oxígeno disuelto en el agua. En caso de descarga importante de materia orgánica como es el caso del vertido de aguas mieles, se agota el oxígeno (anaerobiosis), y se destruye por asfixia la fauna y flora acuática: peces, cangrejos, microorganismos y plantas diversas de los ríos. La descarga de aguas mieles de café muestra el valor más alto de conductividad eléctrica, lo cual se debe a la gran

cantidad de iones en solución que provoca el proceso de despulpado y lavado del café. (Hilje, L. 1987)

### 2.2.17 Enfoque de sistemas en la producción agrícola

El enfoque de sistemas, surge con preponderancia después de la segunda guerra mundial, cuando el extraordinario aumento de la complejidad del equipo de defensa culminó en una nueva perspectiva de la administración y del diseño de ingeniería. La teoría de sistemas (TS) es un ramo específico de la teoría general de sistemas (TGS). La TGS surgió con los trabajos del alemán Ludwig Von Bertalanffy, publicados entre 1950 y 1968. La TGS no busca solucionar problemas o intentar soluciones prácticas, pero sí producir teorías y formulaciones conceptuales que pueden crear condiciones de aplicación en la realidad empírica.

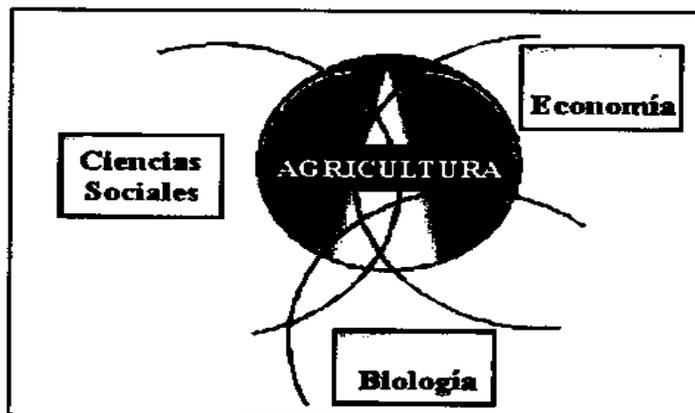


Figura 36. La agricultura y las disciplinas que tiene injerencia en ella.  
Fuente: Rubio G. Yáñez K. 2000.

En la agricultura existen diferencias socioeconómicas, ambientales, tecnológicas, de organización, entre otras, que aumentan la complejidad de los sistemas productivos, dificultan dar respuesta inmediata y expedita a los problemas que enfrentan los productores, e impiden crear planes globales de desarrollo con alcance geográfico amplio. A pesar de lo anterior, estas diferencias son de gran utilidad para caracterizar los sistemas de producción, e identificar los factores sociales, internos y externos, que inciden en la actividad agrícola. (Rubio G. Yáñez K. 2000)

Los diversos grados de complejidad que podemos encontrar en el estudio de los sistemas, dificultan en muchos de los casos su comprensión, por lo que se hace necesaria su división en partes más pequeñas y comprensibles que nos permiten reducir esta complejidad. Estas divisiones del sistema bajo estudio se conocen como subsistemas. Dentro de este sistema podemos identificar, por ejemplo, los subsistemas agrícola y pecuario, de acuerdo a las áreas de estudio existentes en la agronomía, que a su vez se relacionan con el subsistema socioeconómico, inherente a toda unidad de producción rural, en el cual encontramos al hombre como quien planifica y maneja el sistema unidad de producción en su conjunto.

Estos subsistemas pueden desagregarse aún más, por decir algo, en los subsistemas maíz y frijol para el primer caso y ganado caprino y aves de corral para el segundo; identificando así cada una de las actividades importantes para el productor como un subsistema de interés particular, según convenga para su estudio. (Rubio G. Yáñez K. 2000)

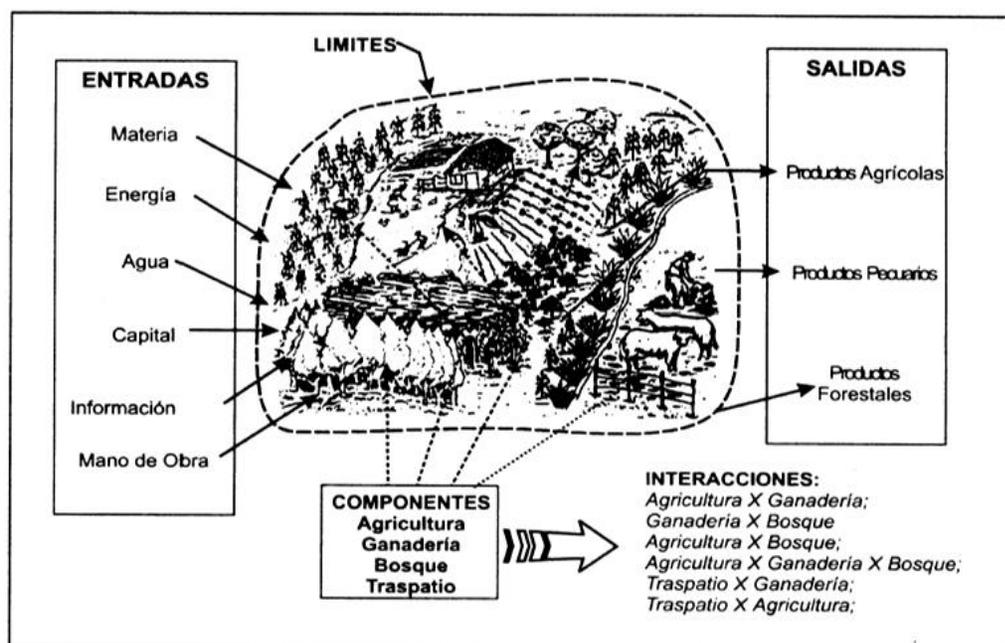


Figura 37. La unidad de producción como un sistema.

Fuente: Rubio G. Yáñez K. 2000.

## 2.3 Marco Referencial

### 2.3.1 Ubicación

La cuenca del río Atulapa forma parte de la cuenca del río Olopa que a su vez corresponde a la parte alta de la cuenca mayor del Río Lempa. En la vertiente del Pacífico las cuencas están caracterizadas por tener pendientes pronunciadas en las partes altas y que disminuyen al caer a la zona baja de inundación.

La cuenca del río Atulapa se encuentra ubicada al Sur de la ciudad de Esquipulas, siguiendo la carretera que conduce a la Aduana de Agua Caliente en la frontera con Honduras. Con base a la clasificación hidrológica por vertientes del país, la cuenca del río Atulapa drena a la vertiente del Océano Pacífico en la República de El Salvador por medio del río Lempa. Se caracteriza por fuertes pendientes y laderas escarpadas; las planicies están restringidas a pequeñas áreas ubicadas en las aldeas Atulapa, Santa Rosalía y San Nicolás. (Municipalidad Esquipulas. 2005).

Se localiza en las hojas cartográficas correspondientes a Esquipulas (2359 IV) y Cerro Montecristo (2359 III); se ubica entre las coordenadas geográficas:

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

Cuadro 22. Coordenadas del cuadrante dentro del cual se localiza la cuenca del río Atulapa

UBICACIÓN	COORDENADAS UTM	
	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 topográficas (IGN 1961), escala 1:50,000

El municipio de Esquipulas, limita al Norte con los municipios de Jocotán, Camotán y la República de Honduras; al Sur con el municipio de Concepción Las Minas y la República de El Salvador; al Este con la República de Honduras; al Oeste con los municipios de Quezaltepeque y Olopa.

En la cuenca del río Atulapa se encuentran principalmente tres aldeas, Santa Rosalía, San Nicolás y Atulapa, de las cuales la de mayor importancia es la aldea Santa Rosalía que se localiza en confluencia de las Quebradas del Raspado y Quebrada de Piedra y cuenta con el mayor número de población y tener el mayor número de caserío correspondientes a dicha aldea. En su paso por la aldea la Granadilla, recibe la Quebrada Paxashtal. El río Atulapa corre de Sur a Este y descarga sus aguas en el río de Olopita. Entre Santa Rosalía y San Nicolás cuenta con un puente vehicular de 48 metros que facilita el paso. El río surte de agua domiciliar a la Ciudad de Esquipulas y a todos los caseríos cercanos, así como a varios turicentros privados que se encuentran a sus orillas. Se estima que surte de agua al 60% de la población urbana de Esquipulas, que cuenta con el servicio de agua domiciliar. (Municipalidad Esquipulas, 2005)

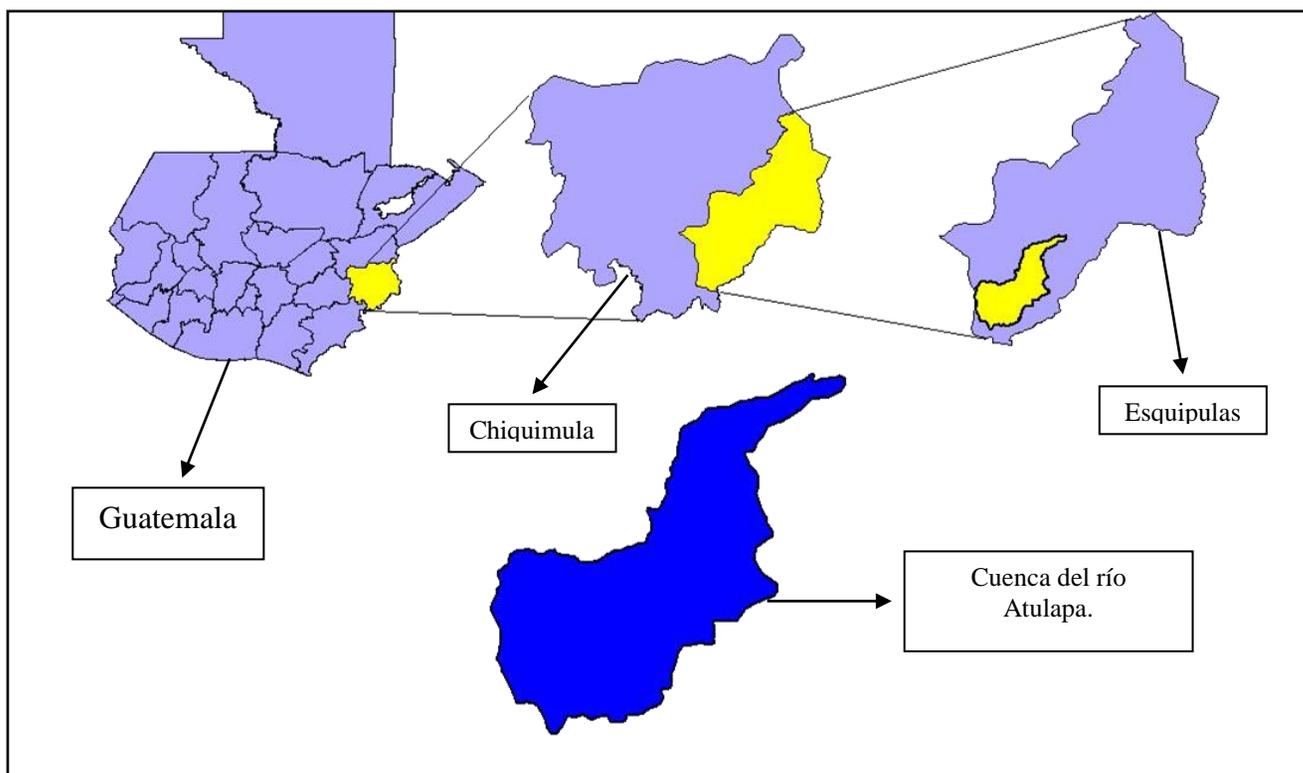


Figura 38. Mapa de ubicación de la cuenca del río Atulapa

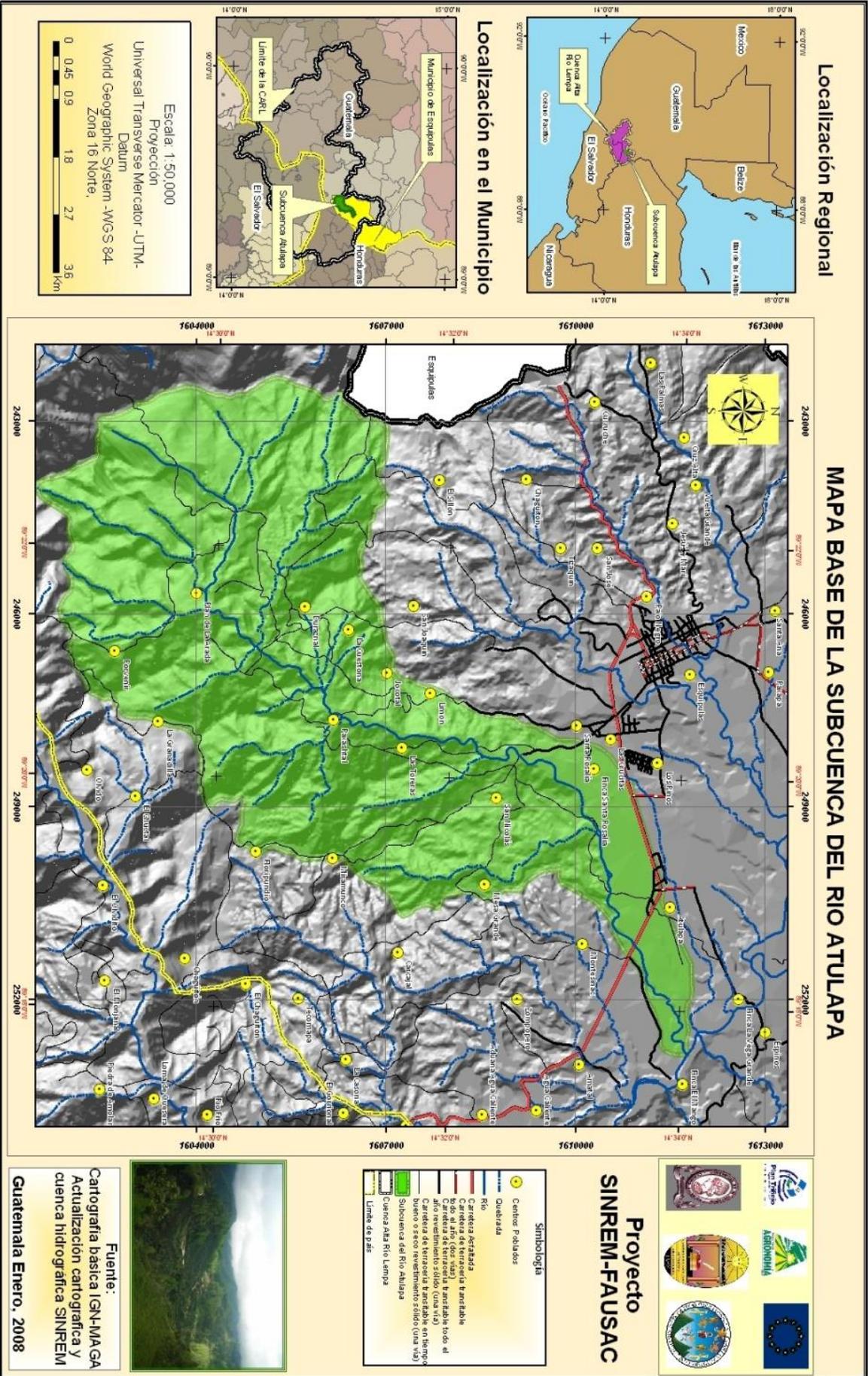


Figura 39. Mapa de la cuenca del río Atulapa

### 2.3.2 Ubicación político-administrativa

De acuerdo a la división administrativa del país, la cuenca del río Atulapa se encuentra ubicada en la región III, de la cual únicamente abarca parte del municipio de Esquipulas, del departamento de Chiquimula. Este municipio consta de doce regiones administrativas, de las cuales la cuenca abarca las regiones II (Aldeas Santa Rosalía y San Nicolás), III (Aldea Cruz Alta), y IV (Aldea Atulapa). La cuenca del río Atulapa colinda al Norte con la subcuenca río Olopa y el río Zepoctún, al Sur con el río Frío o Sesecapa, al Este con la Subcuenca del río Olopa y la cuenca del río Lempa y al Oeste con el río Chacalapa. (USAC-CTPT, 2007).

### 2.3.3 Características socioeconómicas

#### 2.3.3.1 Demografía

Esquipulas, es uno de los municipios más grandes en territorio del departamento de Chiquimula (532 Km<sup>2</sup>), ocupando el segundo lugar en extensión territorial después de la cabecera departamental. En relación a la población también es el segundo municipio más poblado, con 54,906 habitantes para el año 2007, significando una densidad poblacional de 103.21 habitantes por Km<sup>2</sup>. En lo referente a la cuenca del río Atulapa, la demografía se detalla en el siguiente cuadro:

Cuadro 23. Número de habitantes y viviendas por centro poblado de la cuenca del río Atulapa

Aldea	No.	Caserío	Habitantes	Viviendas
Atulapa	1		446	86
		<b>Total</b>	<b>446</b>	<b>86</b>
Santa Rosalía			975	185
	1	El Limón	151	34
	2	El Jocotal	126	27
	3	La Cuestona	278	43
	4	El Duraznal	499	68
	5	Las Toreras	320	63
	6	El Portezuelo	221	65
	7	Plan de la Arada	201	42
		<b>Total</b>	<b>2,771</b>	<b>527</b>
San Nicolás			620	132
	4	Miramundo	64	5
		<b>Total</b>	<b>684</b>	<b>137</b>
<b>Población total</b>			<b>3,901</b>	<b>750</b>

Fuente: Municipalidad 2007.

La población que se encuentra dentro de la cuenca del río Atulapa, representa solamente el 9.34% del total de la población de Esquipulas, ubicada en un área de 44.01 Km<sup>2</sup>. Por tanto la densidad poblacional para la cuenca es de 88.64 habitantes por Km<sup>2</sup>.

### **2.3.3.2 Población por grupos etarios**

La población por grupos etarios, representa la población distribuida por edades. Las edades se distribuyen de acuerdo a los siguientes rangos: de 0 a 6 años, 7 a 14 años, 15 a 64 años y de 65 años en adelante. Rangos establecidos por el INE, en el censo poblacional del año 2002. En el gráfico siguiente se muestra la distribución de la población de la cuenca por grupos etarios.

Como se observa en la figura 9, la población por grupos etarios presenta una amplia diferencia en la cantidad de habitantes que se encuentra entre las edades de 15 a 64 años, situación dada por el rango que existe de 50 años entre las dos edades, a diferencia de la población entre 0 a 6 y 7 a 14 años, donde el rango es de 7 años, por lo cual la cantidad de población es menor. Otra información que provee los grupos etarios, es la cantidad de población en capacidad productiva laboral que se encuentra entre los 15 a 64 años, especialmente en la aldea Santa Rosalía, que corresponde a la aldea más grande dentro de la cuenca, lo que indica una alta demanda de empleo en la zona, situación que provoca que un alto número de jóvenes del área emigren a otro país. Se puede observar también que la población de cero a seis años es mayor que la población siete a catorce años, lo que puede indicar un mayor número de nacimientos en los años anteriores. El fenómeno, donde la población mayoritariamente es joven y la población vieja es muy reducida, es común encontrar en países subdesarrollados, como Guatemala, que tienen una alta natalidad.

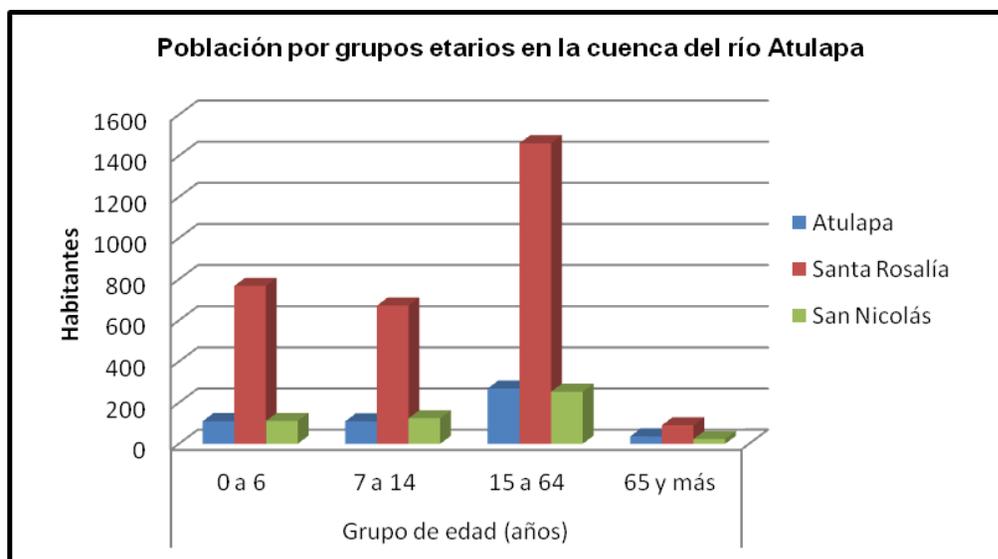


Figura 40. Población por grupos etarios en la cuenca del río Atulapa.  
Fuente: INE. 2002

### 2.3.3.3 Principales actividades productivas

La población del área urbana tiene actividades puramente dedicadas al comercio siendo uno de los ingresos más grandes para los habitantes, así como también muchas personas se dedican a la construcción de viviendas. La población del área rural se dedica principalmente a actividades agrícolas como al cultivo de maíz, frijol, café, hortalizas entre otras actividades pecuarias como la cría de ganado equino, porcino y aves de corral.

Los cultivos más comunes en orden de prioridad dentro de la cuenca son: el café, maíz, frijol. Durante el año se logra tener una cosecha de maíz y/o frijol, en la que no se tiene un sistema de riego para los cultivos; únicamente se aprovecha la humedad del invierno. La actividad productiva de la mayoría de la población está dedicada a la cosecha de café con fines de exportación; mientras que los cultivos de maíz y frijol, se utilizan para el consumo familiar. Se considera que por familia poseen una finca con un área promedio de 2.48 ha de las cuales 1.5 ha son utilizadas para la producción de café, seguidos por el maíz con 0.47 ha y luego el frijol y arroz. Existen otros tipos de cultivos en la parte baja de la cuenca en menor medida, como lo son: el tomate, chile pimiento y pastos para ganado. Es importante mencionar que en las fincas de café, existen socios con frutales especialmente el banano, plátano, naranja y en menor medida aguacate, cuyos productos se comercializan en la ciudad de Esquipulas. (Cruz M, CA. 2002)

#### **2.3.3.4 Nivel de ingresos económicos**

En la cuenca del río Atulapa, el salario mínimo en trabajos agrícolas es de Q 45.00 por jornal, exceptuando al área del caserío El Limón y la aldea Santa Rosalía, en los cuales el salario oscila entre los Q55.00 por jornal. En lo referente a los trabajos no agrícolas (mecánicos, meseros, oficinistas, maestros de obras, albañiles o ayudantes de albañil) el salario mínimo es de Q.60.00. Esto sin tomar en cuenta que la mayoría de trabajadores no tienen las prestaciones de ley. (Municipalidad Esquipulas, 2007).

#### **2.3.3.5 Tenencia de la tierra**

Según el INE (2002) la tierra a nivel del Municipio de Esquipulas está distribuida en seis formas distintas:

- Tierra propia o a modo de propietario
- En arrendamiento
- En colonato
- En usufructo
- Ocupada
- Otra forma mixta de tenencia de la tierra

A nivel municipal existen 2,372 fincas con una superficie promedio total de 1.7 ha (16905.89m<sup>2</sup>), de esto el 78.03% de las fincas, la forma de tenencia es propio o a modo de propietario ocupando una superficie de 1.6 ha en promedio (16079.38m<sup>2</sup>), en arrendamiento se tiene el 16.57% del total de fincas, contando con una superficie de 0.05 ha (508.39m<sup>2</sup>), en colonato hay únicamente el 1.18% de las fincas con el total de 0.01ha (108.56m<sup>2</sup>), el 1.27% de las fincas se encuentra en usufructo, ocupando una superficie de 0.0033 ha (32.95m<sup>2</sup>), la tierra que se encuentra ocupada sin contar con algún título de propiedad que las acredite es del 1.31% del total de fincas, con una superficie de 0.013 ha (139.56m<sup>2</sup>), y el 1.64% con una superficie de 0.00037 hectáreas (37.05 m<sup>2</sup>) de las fincas están en otra forma mixta de tenencia de la tierra.

Cuadro 24. Formas de tenencia de la tierra en el Municipio de Esquipulas

TOTAL		PROPIO O A MODO DE PROPIETARIO		EN ARRENDAMIENTO		EN COLONATO	
Fincas	Sup.(ha)	Fincas	Sup.(ha)	Fincas	Sup. (ha)	Fincas	Sup. (ha)
2372	1.7	1851	1.60	393	0.05	28	0.01

Fuente: INE, 2002

Cuadro 25. Formas de tenencia de la tierra en el Municipio de Esquipulas

EN USUFRUCTO		OCUPADA		OTRA FORMA DE TENENCIA	
Fincas	Superficie. (ha)	Fincas	Superficie (ha)	Fincas	Superficie (ha)
30	0.0033	31	0.013	39	0.00037

Fuente: INE, 2002

Según las encuestas realizadas por el proyecto Sincronización de la Información para el Manejo de los Recursos Naturales por sus siglas en inglés SINREM, la forma de tenencia en las comunidades El Limón, La Granadilla, La Cuestona, El Duraznal y El Jocotal, el 90% de los asistentes tiene tierras propias, el 10% es arrendado.

### 2.3.4 Aspectos biofísicos

#### 2.3.4.1 Clima

El clima en la cuenca se considera en la parte baja semi-cálido, en la parte media y alta es templado sin estación seca bien definida y con un invierno benigno (inofensivo). El sistema de clasificación climática de Thornthwaite, que indica que el área donde se localiza la cuenca posee un solo tipo de clima en toda su extensión: siendo este semi-cálido húmedo con invierno benigno, -BB'-, cubierta por bosque. (INAFOR, 1983)

El período en que las lluvias son más frecuentes corresponde a los meses de mayo a noviembre, variando en intensidad según la situación orográfica que ocupan las áreas de la zona. La máxima precipitación oscila entre 1,100 a 1,349 mm como promedio anual y 204.6 mm en un solo día. La velocidad del viento en promedio es de 6.8 Km/h con dirección dominante Noreste. (INSIVUMEH. 2007)

De acuerdo a la información analizada y por el tipo de estación meteorológica en la cuenca y su área de influencia, estas se presentan como limitantes para el estudio. Dentro de la cuenca no se tiene ninguna estación meteorológica; por lo que se tomó en cuenta los datos de la estación Esquipulas con el identificador E9, según el mapa de estaciones de la red meteorológica nacional; que es la más cercana al área de trabajo. (INSIVUMEH. 2007)

#### 2.3.4.2 Temperatura media anual

En la ciudad de Esquipulas se reporta una temperatura media anual de 22 °C para el año 2,006 la cual no ha variado significativamente, representando un clima templado.

#### 2.3.4.3 Precipitación promedio anual

La estación Esquipulas, reporta una precipitación media anual de 1706.72 mm de los años 2000 al 2006. Para el año 2006 la precipitación media mensual fue de 175.7 mm, siendo los meses de febrero y marzo los de menos precipitación y los meses de junio y septiembre los de mayor precipitación. (INSIVUMEH 2008)

#### 2.3.4.4 Zonas de vida

Según el sistema de clasificación de Holdridge, modificado por De la Cruz, en la cuenca del río Atulapa, se ubican tres zonas de vida: i) Bosque húmedo Subtropical Templado (bh-S(t)), ii) Bosque muy húmedo Montano Bajo (bmh-MB) y iii) Bosque muy húmedo Subtropical Frío (bmh S(f)) en menor cantidad que los anteriores. (De la Cruz, 1982)

Cuadro 26. Extensión por zona de vida

Zona de Vida	Código	Área (km <sup>2</sup> )	% área
Bosque húmedo Subtropical Templado	bh-S(t)	20.211	45.92
Bosque muy húmedo Montano Bajo	bmh-MB	21.850	49.65
Bosque muy húmedo Subtropical Frío	bmh S(f)	1.949	4.43
Total		43.10 0	100

Fuente: USAC-CTPT 2007

- **Bosque húmedo Subtropical Templado[bh-S(t)]**

Esta formación abarca una extensión de 20.21 Km<sup>2</sup>, que representa el 45.92% de la superficie de la cuenca. Esta zona de vida abarca las aldeas Atulapa, Santa Rosalía y San Nicolás, además se encuentra parte de los caseríos El Limón, Las Toreras y la aldea La Granadilla.(De la Cruz, 1982)

Los rangos de altura van de los 1,200 a 1,500 msnm, con temperaturas medias de 16 a 19 °C y precipitaciones desde los 970 hasta los 1,200 mm/año. Esta zona de vida caracteriza toda la parte baja de la cuenca, en la cual la vegetación natural está más adaptada a temperaturas mayores que en la parte alta. Dentro de las especies indicadoras de esta zona se encuentran *Pinus oocarpa*, *Byrsonimia crassifolia*, *Liquidambar styraciflua*, *Croton draco*, *Cupressus lusitánica*, etc. (De la Cruz. 1982)

- **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 2,000 a 4,000 mm y la elevación está en el rango de los 2,000 a 3,000 msnm. Esta zona cubre importantes secciones de la Cuenca Alta del Río Lempa (CARL), especialmente en las partes medias de las estribaciones montañosas. 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. (De la Cruz. 1982)

- **Bosque muy húmedo Subtropical Frío [bmh-S(f)]**

Contiene una precipitación promedio de 2,280 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. Esta área está representada en la cuenca como la parte núcleo de la zona protegida de la Biósfera de la Fraternidad. (De la Cruz, 1982)

#### 2.3.4.5 Geología

El área en estudio pertenece a la Placa del Caribe, en donde los diferentes procesos geológicos conformaron la Sierra Volcánica de Chiquimula, a la que pertenece la cuenca del río Atulapa. (USAC-CTPT. 2007)

La 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 cuenca.
- **Tv, Materiales Volcánicos Terciarios:** rocas volcánicas sin dividir, predominantemente 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 cuenca. (USAC-CTPT. 2007)

Dentro de la cuenca del río Atulapa, en el caserío El Limón, se observa una falla en tobas riolíticas con escarpes de 300 metros, así como en una toba adyacente riolítica a la falla del río Atulapa en el mismo caserío mencionado; se han observado pequeños pliegues en el afloramiento de la roca que muestran la presencia del esfuerzo principal en dirección SW-NE con mineralización de cuarzo en el interior, siguiendo la silueta del pliegue. (Suriano Buezo, Alfredo. 2004)

#### 2.3.4.6 Estratigrafía

Para el área, se encuentran aflorando cuatro unidades geológicas:

- i) Filitas del Paleozoico (PPsr) del Grupo Santa Rosa,
- ii) Capas rojas compuestas por areniscas, lutitas y conglomerados (KTs) de la Formación Subinal,
- iii) Toba masiva (sillar) y estratificada (TQt) del Grupo Padre Miguel, y
- iv) Cubierta de cenizas y tobas (Qc).

### 2.3.4.7 Suelos

De acuerdo al estudio de suelos realizado por la USAC-CTPT en 2008, dentro de la cuenca se identificaron y clasificaron 12 suelos diferentes incluyendo dos asociaciones, las cuales se describen a continuación en el siguiente cuadro.

Cuadro 27. Tipos de suelos de la cuenca del río Atulapa.

Nombre del suelo	Superf. (ha)	Relieve	% M.O	% Arcilla (*)	% Limo (*)	% Arena (*)	Tipo de estructura (*)
Typic Hydraquents	428.52	Ondulado ha escarpado	3.71	30.11	30.37	39.52	Migajosa media
Typic Dystrustepts	85.87	Fuertemente socavado con fuertes pendientes	3.25	36.6	31.98	31.41	Bloques angulares a bloques sub granulares finos
Typic Haplustepts	33.75	Ladera suavemente inclinada	2.48	26.01	18.88	54.6	Migajosa y bloques angulares.
Lithic Ustorthents	11.78	Ondulado fuerte	17.89	12.60	69.51	1.72	Bloques subangulares
Typic Haplustolls	18.90	Ondulado	3.53	26.96	24.15	48.88	Bloques subangulares
Typic Ustorthents	89.05	Ondulado	0.59	26.29	37.80	35.91	Bloques subangulares
Typic Dystrustepts	85.87	Ondulado	4.31	43.09	33.60	23.31	Migajosa
Aquic Dystrustepts	56.00	Escarpado	3.585	55.62	18.14	24.23	Migajosa
Typic Paleustults	147.62	Ondulado	6.52	28.01	30.37	41.62	Bloques subangulares
Typic Haplustands	2099.60	Escarpado	3.97	27.64	25.20	47.16	Bloques subangulares
Ultic Haplustalfs	35.77	Ondulado	5.40	40.24	29.02	30.74	Migajosa
Lythic Ustorthents– Typic Ustorthents	18.63	Ondulado muy fuerte	4.02	44.32	19.28	36.40	Migajosa
Humic Dystrustepts – Typic Haplustands	635.47	Ondulado	20.65	23.44	35.32	41.24	Migajosa
Typic Melanudands	724.64	Quebrado y escarpado	27.76	12.94	29.40	57.66	Migajosa

Fuente: Facultad de Agronomía. 2008

### 2.3.4.8 Uso de la tierra

El estudio de uso de la tierra permite determinar las diferentes formas de utilización de la tierra en la cuenca. La identificación y descripción de las unidades de uso de la tierra se realizó sobre orthofotos con visitas de campo para actualizar el uso del área. La información obtenida fue agrupada en categorías de uso, utilizándose como referencia la clasificación de la tierra propuesta por la Organización de Estados Americanos (OEA). (Investigación de los Recursos Naturales Físicos para el desarrollo Económico”, Washington D.C. 1969).

En el Cuadro siguiente se muestra las categorías de uso de la tierra en la cuenca del río Atulapa del año 2008, abarcando tres usos principales: agrícola, forestal y urbano. El principal uso de la tierra es el cultivo de café (*Coffea arabica L.*) con un 55.17% del área total, esto significa 2,378 ha, esto se debe a que el cultivo del café se ha popularizado en los últimos años, por el incremento del precio del café de altura, durante los últimos años lo cual incita al campesino o agricultor a cultivarlo. El otro uso predominante es el forestal con un 35.55% del área total lo cual es 1, 532 hectáreas.

Cuadro 28. Uso de la tierra en la cuenca del río Atulapa

<b>Categoría</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>Porcentaje</b>
<b>1.</b> Población e infraestructura	99	2.29
<b>2.</b> Tierras con bosques	1,532	35.55
<b>3.</b> Tierras con cultivos		
<b>3.1</b> Permanentes (Café)	2,738	55.17
<b>3.2</b> Anuales	59	1.37
<b>4.</b> Tierras con pastos	242	5.61
<b>Total</b>	<b>4,310</b>	<b>100</b>

(USAC-CTPT, 2007)

### 2.3.4.9 Capacidad de uso de la tierra

Para determinar el uso adecuado de la tierra, se han creado diversas metodologías, que definen un área en especial de acuerdo a sus características geomorfológicas como pendiente, profundidad del suelo, etc. El país en su necesidad de crear un sistema de

clasificación por la capacidad de uso de la tierra, como una herramienta de ordenamiento territorial, creo la clasificación de uso de la tierra por la metodología del INAB. En base a lo mencionado, la totalidad de las tierras que conforman la cuenca del río Atulapa fueron sometidas a clasificación por su capacidad de uso por la metodología INAB.

La anterior representa el total de áreas por capacidad de uso, metodología INAB, teniendo como predominancia la categoría Fp (Forestal de protección), que abarca un área de 3,068.45 ha lo que representa el 69.96%, este resultado se puede justificar corroborando a nivel de campo, las condiciones topográficas, la fertilidad, el relieve y muchos otros factores que limitan la producción agrícola en la mayoría de los terrenos de la cuenca.

En segundo lugar se tiene la categoría Ap (Agroforestería con cultivos permanentes), contando con un área de 714.12 ha que corresponde al 16.28% del área total. Es importante resaltar la gran diferencia entre estas categorías, debido a que según las condiciones el 69.96% del total del área de la cuenca, debiera ser destinado a la protección, es decir que haya nula intervención del hombre sobre el bosque que allí se reproduzca. Ver figura 41.

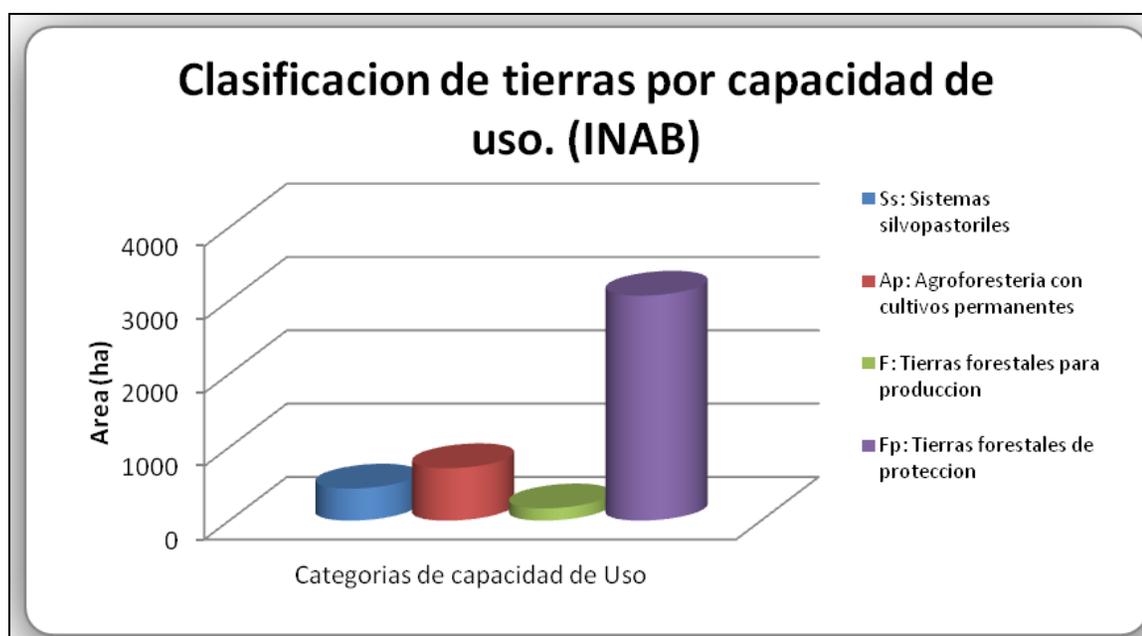


Figura 41. Clasificación de la cuenca por su capacidad de uso según metodología del INAB.

Fuente: USAC-CTPT. 2008.

## **2.4 OBJETIVOS**

### **2.4.1 General**

- Evaluar las implicaciones del sistema café en la región del Trifinio particularmente en la cuenca del río Atulapa, para conocer la problemática del proceso productivo del café, en relación al impacto que tiene sobre la calidad y cantidad del recurso hídrico del área.

### **2.4.2 Específico**

- Describir el sistema productivo de café para evaluar cuantitativamente o cualitativamente las actividades realizadas en el proceso productivo de café que tengan impacto en el recurso hídrico.
- Determinar la calidad y cantidad del recurso hídrico en la cuenca del río Atulapa, para evaluar la existencia de contaminación por la actividad del beneficiado húmedo de café.
- Jerarquizar y proponer alternativas a las actividades en el sistema productivo café que generan mayor impacto sobre la calidad y cantidad del recurso hídrico.

## **2.5 Metodología**

La base de la metodología consistió inicialmente en la caracterización del proceso productivo que conllevó el sistema productivo café, desde la siembra de café hasta su comercialización. La caracterización en forma cuantitativa o cualitativa se llevó a cabo en aquellos procesos del sistema café que implican un impacto al recurso hídrico.

### **2.5.1 Caracterización de los procesos del cultivo**

Se identificaron y describieron los procesos que se aplican en el cultivo de café, con el objeto de identificar procesos que impacten al recurso hídrico, tratando de cuantificar su efecto al agua. Los procesos en el manejo del cultivo, que se consideraron de mayor importancia por el posible efecto negativo al recurso hídrico son: habilitación del terreno, preparación del terreno, manejo de malezas, manejo de sombra, uso de agroquímicos y el beneficiado de café. Para la caracterización de todo el proceso productivo del cultivo de café se basó en entrevistas no estructuradas a caficultores del área y observaciones propias, con el objeto de describir todas las actividades en el cultivo de café. Para estimar el número de entrevistas con caficultores, se basó en la fórmula que determina el número de muestras de una población, utilizando una precisión del 20%. El diseño de muestreo es completamente al azar, considerando el manejo del cultivo homogéneo en el área de estudio. Para ello el número de entrevistas a realizar se estima con la siguiente fórmula estadística:

Se determinó la cantidad de caficultores a entrevistar, con un nivel de confianza del 95% y una precisión del 20%.

Para situaciones cuando:

- c) El nivel de confianza es del 95%.
- d) Los valores de  $p$  y  $q$  se desconocen y se asume 0.5 para cada uno (o sea, se está asumiendo varianza máxima).

$p$  = Proporción de éxito de la variable obtenida en un premuestreo.

$q$  = Proporción de fracaso de la variable obtenida en un premuestreo.

La ecuación es la siguiente:

$$n = \frac{N}{N \times d^2 + 1}$$

n= número de encuestas a realizar por conglomerado.

N= población total del conglomerado.

d= precisión del estimador de interés.

Determinar el número de conglomerados (caseríos) a muestrear.

N= número de caficultores ubicados dentro de la cuenca del río Atulapa.

d= nivel de precisión 20%

$$n = \frac{400}{400 * 0.20^2 + 1} = 23$$

Con la información recolectada de los 23 caficultores, se procedió a sistematizar, para describir todos los procesos que conllevó el manejo agronómico del café. Ya definidos todos los procesos del manejo del café, se procedió al análisis para identificar que actividades presentan implicaciones en el recurso hídrico y cuantificar cualitativamente o cuantitativamente según sea el caso, con base a la información generada a través de los análisis físico-químicos de agua, el cálculo de la erosión potencial, la encuesta sobre uso de agroquímicos, y las observaciones hechas en campo, que fue la base para el análisis de las actividades descritas.

### **2.5.2 Encuesta a caficultores sobre el uso de agroquímicos**

Para conocer con mayor profundidad los agroquímicos utilizados en el manejo del cultivo, se hizo una encuesta a caficultores, haciendo referencia sobre el uso de fertilizantes, insecticidas, herbicidas, nematicidas, que por su condición de residualidad pueden llegar a contaminar las fuentes de agua. Para determinar el número de caficultores que se entrevistó se hace referencia a la metodología empleada:

- Las encuestas que se pasaron a los productores de café se hicieron por medio de una muestra representativa de los caficultores de la cuenca del río Atulapa. El método del muestreo utilizado fue el Simple Aleatorio, seleccionado por la razón de que las actividades en el manejo de agroquímicos por parte de los caficultores

es homogéneo. La metodología es la misma utilizada en la caracterización del proceso productivo de café.

Para determinar la cantidad de cuestionarios que se elaboraron, se fija un nivel de confianza del 80% y una precisión del 20%. Para situaciones cuando:

- e) El nivel de confianza fue del 80%.
- f) Los valores de p y q se desconocen y se asume 0.5 para cada uno (o sea, se está asumiendo varianza máxima).

p = Proporción de éxito de la variable obtenida en un muestreo.

q = Proporción de fracaso de la variable obtenida en un muestreo.

La ecuación es la siguiente:

$$n = \frac{N}{N \times d^2 + 1}$$

n= Número de encuestas realizadas por conglomerado.

N= Población total del conglomerado.

d= Precisión del estimador de interés.

Determinar el número de conglomerados (caseríos) a muestrear.

N= 400 caficultores registrados dentro de la cuenca por parte de la municipalidad de Esquipulas

d= Nivel de precisión fue del 20%

$$n = \frac{254}{254 * 0.20^2 + 1} = 22$$

El total de caficultores encuestados dentro de la cuenca del río Atulapa fue de 22.

### 2.5.3 Implicación de la actividad de corte de café

La cosecha de café utiliza abundante mano de obra, donde las condiciones de trabajo hace que las personas realicen sus necesidades fisiológicas en el campo, dejando excretas humanas que con los eventos de lluvia son trasladadas por la escorrentía a la red hídrica, contaminando así las fuentes de agua. Su cuantificación se basó en la cantidad de personas empleadas para el corte de café a nivel de la cuenca, a ello se le multiplica por la cantidad de excreta sólida que libera una persona adulta en promedio por día. Esta

información genera un estimado de un tipo de contaminación no puntual que puede generar esta actividad hacia el recurso hídrico.

#### **2.5.4 Cuantificación de la pérdida de suelo por medio de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (USLE)**

La determinación de la erosión hídrica potencial, es una forma de identificar la cantidad de suelo que se pierde en relación al traslado de sedimentos al río, lo cual tiene mucha importancia porque este fenómeno incurre en el deterioro del agua del río, en procesos como eutrofización, traslado de agroquímicos y sedimentos, etc.

La Ecuación Universal de Pérdida de Suelo, (Modelo USLE), se describe así:

$E = R * K * S * L * C * P$ ; donde:

- E = Pérdida anual del suelo (ton/ha/año)
- R = Factor lluvia o índice de erosividad pluvial
- K = Erodabilidad del suelo
- L = Longitud de la pendiente
- S = Factor de pendiente
- C = Factor de cultivo y uso
- P = Factor de prácticas de conservación

Los factores L, S, C, y P son adimensionales y las unidades de K y E son similares en este caso (ton/ha).

Se elaboró el mapa de erosión potencial de la cuenca del río Atulapa, con el apoyo de un programa de sistemas de información geográfico (SIG). El proceso de consiste en generar un mapa con cada factor y posterior con el programa se multiplica cada factor para obtener el mapa de erosión potencial; en la siguiente figura se muestra el proceso:

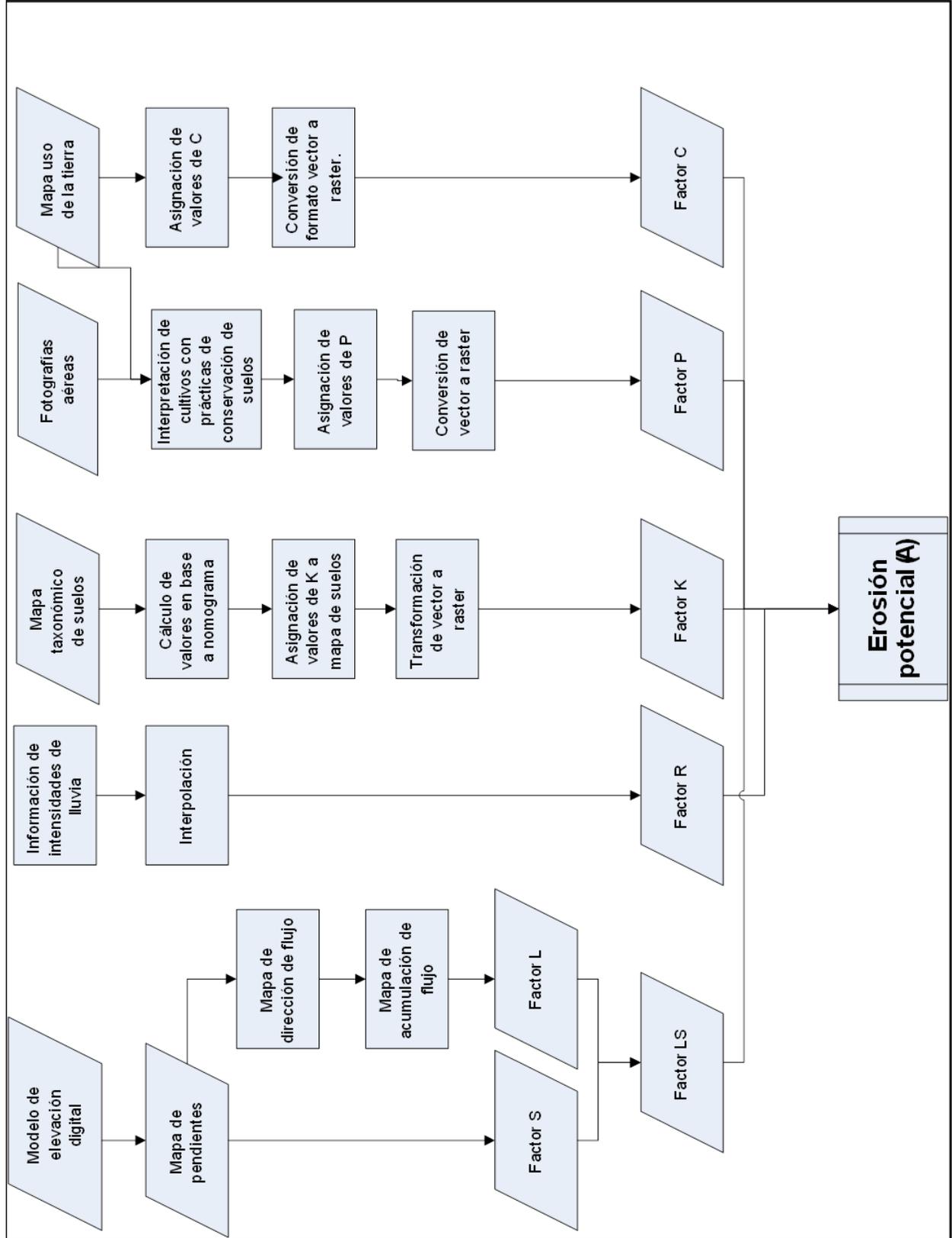


Figura 42. Esquema para la elaboración del mapa de erosión

### **2.5.5 Caracterización del beneficio húmedo**

Se identificaron los beneficios húmedos de café que se ubican dentro de la cuenca del río Atulapa, por medio de los registros de ANACAFÉ del año 2007 y visitas de campo para corroborar la información. Se clasificó por tipo de beneficio según su tecnología empleada (beneficio tecnificado, semi-tecnificado, tradicional y artesanal). En la caracterización del beneficio se describió el proceso que conlleva desde la entrada de la materia prima como café cereza hasta procesarlo a café pergamino húmedo que corresponde a la etapa de beneficiado húmedo. Para determinar el tipo de tecnología usada y clasificar los beneficios, se tomó como base la información proporcionado por ANACAFÉ, quien tiene identificado los tipos de beneficios existentes dentro de la cuenca.

El consumo de agua en el proceso de beneficiado húmedo, es factor determinante para definir el grado de tecnificación de un beneficio, es por ello que en la investigación el cálculo del consumo de agua en los beneficios es de suma importancia. Para estimar el cálculo de consumo de agua de los diferentes tipos de beneficios de café, se realizaron aforos; en el caso de beneficios tradicionales se aforaron cuatro, por qué son los que existen en mayor cantidad, los beneficios semi-tecnificados se aforaron dos y en beneficios tecnificados se aforó uno. Los aforos se realizaron en todas las llaves de paso que permiten el ingreso de agua hacia los sifones, pilas, correteos, pulperos, drenajes, depósitos de pulpa, canales de conducción. Para cada caso se tomaron cinco lecturas de tiempo para un volumen conocido de dos litros o 20 litros según sea la cantidad de agua que sale del chorro o manguera; obteniendo así datos de caudal. Para determinar el consumo de agua en la etapa de despulpado y lavado de café se estimó por medio de la medición del tiempo en que la llave de un grifo está abierta durante el trabajo de despulpe y lavado. Obteniendo estos resultados se multiplica el caudal del grifo o manguera con el tiempo que están abiertos, para obtener el dato de consumo de agua total por actividad hecha, lo cual se resume en la siguiente fórmula:

$$\text{Consumo de agua por etapa} = \text{Vol} = Q \text{ (l/s)} * \text{Tiempo (s)}$$

Para cuantificar la cantidad de agua que se utilizó por kilogramo (kg) de café pergamino, se dividió la cantidad de café procesado entre el total de agua consumida en la etapa específica, con el total de consumo de ambas etapas se determinó el consumo total de agua por kilogramo de café pergamino seco, haciendo la conversión de un kg húmedo a seco. Para determinar la carga contaminante sólida, se cuantificó por medio de los registros de producción obtenidos por ANACAFE, dentro de la cuenca. Con ello se determinó la cantidad de pulpa generada, considerando la relación pulpa/café maduro en Guatemala del 41%, por lo tanto: cantidad de pulpa generada= kg de café cereza procesada x 0.41.

## **2.5.6 Variables del agua a tomar en cuenta**

### **2.5.6.1 Determinación de la calidad del agua**

Se realizaron muestreos de agua físico-químicos para determinar la calidad del agua; respecto a la implicación de la actividad cafetalera en la cuenca y sus efectos al recurso hídrico. Para ello se propusieron tres tipos de muestras, a continuación se describe los parámetros utilizados en cada tipo de muestra:

- Muestra A: materia flotante, sólidos totales, sólidos suspendibles, sólidos sedimentables, demanda bioquímica de oxígeno (DBO), demanda química de oxígeno (DQO), nitrógeno total, fósforo total, potencial de hidrógeno (pH), conductividad.
- Muestra B: grasas y aceites, sólidos suspendidos, DBO, DQO, nitrógeno total, fósforo total, potencial de hidrógeno, arsénico, cadmio, cobre, cromo, mercurio, níquel, plomo, zinc.
- Muestra C: análisis de cationes mayores (Ca, Mg, K), oligoelementos (Mn, Fe, Zn, y Cu) y conductividad eléctrica.

Para la toma de las muestras de agua para análisis físico-químicos, se utilizó un recipiente limpio de plástico con capacidad de 3.78 litros. Previo a la toma de las muestras, el recipiente se lavó tres veces consecutivas con la misma agua de la fuente muestreada. Una vez obtenidas, se transportan en hieleras herméticas, procurando

temperaturas entre 4 y 10 °C en su interior, hasta la llegada al laboratorio. La forma en que se hizo el traslado de las muestras de agua, fue por medio de una hielera con bolsas de hielo, en donde se introdujeron las muestras para trasladarlas al laboratorio.

#### **A. Definición de las variables a muestrear sobre la calidad de agua**

Los parámetros definidos están en función de las implicaciones del sistema café en el recurso hídrico. Los parámetros analizados en el laboratorio fueron los siguientes: Sólidos sedimentables, sólidos en suspensión, sólidos totales.

Conductividad eléctrica.

- pH, DQO, DBO, fósforo total, nitrógeno total, nitratos, nitritos, amonio, elementos menores (Fe, Mn, Zn, Cu, B), cationes mayores (Ca, Mg, K).

#### **B. Puntos de muestreo y toma de muestras**

La selección de los tres puntos de muestreo se definió por medio de un caminamiento sobre el cauce del río, tomando como base las zonas identificadas con mayor número de beneficios cercanos al Río o quebradas, basados en el mapa de beneficios húmedos de café de la cuenca del río Atulapa. Ubicados los tres puntos de muestreo, se tomó un cuarto punto de muestreo en el aforo del río Atulapa, por ser el punto de desfogue de la cuenca, donde confluye el recurso hídrico, lugar donde se puede ver reflejado cualquier alteración que afecte al recurso hídrico en cualquier parte de la cuenca. En total se definieron cuatro sitios de muestreo para calidad de agua. Para la ubicación y localización exacta de los puntos de muestreo en campo, se definieron las coordenadas geográficas con ayuda de un programa de SIG, para posteriormente ubicarlas en campo con el apoyo de un navegador geoposicionador (GPS). Respecto a la hora y el día para la toma de las muestras de agua, se definieron para los meses de septiembre de 2008 y en febrero de 2009; la primera fecha corresponde a la época sin corte de café y la segunda fecha corresponde a la época de corte de café, que es cuando se beneficia café. La hora de muestreo se realizó en la mañana, alrededor de las 11:00 horas, que es la hora más común de beneficiado de café en el área, según información local del área.

### **2.5.6.2 Determinación de la cantidad del recurso hídrico**

Para conocer la cantidad de agua que hay en la cuenca se utilizó la información generada por SINREM en los años 2007 y 2008 en la cuenca del río Atulapa. La información disponible, son aforos hechos en el río Atulapa. Para la actualización de los caudales del río, se realizaron aforos al río Atulapa en la parte alta y baja de la cuenca, utilizando para ello el método sección-velocidad, determinando la velocidad por medio del flotador, como el más práctico para llevar a cabo en la zona; en el punto de aforo del río se utilizó el método del molinete para determinar la velocidad. Las secciones medidas en el río se hicieron con una regla calibrada para dos metros.

### **2.5.6.3 Muestreo de sedimentos suspendidos al río**

Para determinar la cantidad de sedimentos que transporta las corrientes de agua superficial de la cuenca, se realizaron muestreos en el punto de aforo y en una quebrada que por característica de estar cultivada de café en un 80% del total del área de la quebrada se seleccionó. El objeto es cuantificar el proceso erosivo hídrico a nivel de cuenca y sector cafetalero. La quebrada seleccionada se encuentra ubicada en el caserío La Cuestona, la cual pasa a la par de la escuela de dicho caserío. La delimitación de la quebrada se hizo en base al área que drena hacia la quebrada, con el apoyo de las hojas cartográficas y el apoyo de un programa SIG. Para definir el porcentaje de cobertura de café en la quebrada se hizo por medio de la fotografía aérea. Para determinar la cantidad de sedimentos que transporta el río y la quebrada, se tomaron muestras en envases de polipropileno con capacidad de 1.5 litros. Cada muestra se tomó después de ocurrir un evento de lluvia de alta intensidad o intensidad moderada pero de una duración de tiempo más prolongada. Los muestreos se hicieron en los meses de mayor precipitación pluvial, los cuales fueron junio-julio y septiembre.

### **2.5.7 Estimación de gastos defensivos en el beneficiado húmedo de café**

Los residuos de pulpa de café y aguas mieles son los principales subproductos del beneficiado húmedo de café que provoca la contaminación de las aguas superficiales, situación que provoca que el medio ambiente reciba el problema de los subproductos. Los costos de tratamiento de dichos subproductos, al no ser asimilados por los

productores, es el medio ambiente que asume el costo, lo cual se denomina costo evitado. Este costo que se paga, por no asumir el manejo de los subproductos o desechos de nuestras actividades productivas, se traduce en un costo que consiste en el deterioro del medio ambiente.

Para estimar los costos evitados, queda restringido a los costos necesarios para tratar los subproductos del beneficiado húmedo de café, como la actividad que ha provocado el mayor impacto en contaminación, de tal forma que no afecten de manera severa las condiciones naturales del ambiente, en este caso el agua superficial. Para el tratamiento de aguas residuales se hizo el cálculo de los costos de implementación de una planta de tratamiento de aguas mieles completa, como la mejor forma para la deposición de las aguas. Al costo de la planta de tratamiento, se le distribuyó el valor de las inversiones iniciales en flujos anuales, a lo largo de la vida útil de cada inversión, para ello se utilizó el concepto de Costo Anual Uniforme Equivalente (CAUE), que es válido para comparar alternativas con distinta vida útil.

$$CAUE = A + P \left[ \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \right] - F \left[ \frac{1}{(1+i)^n - 1} \right]$$

Dónde: A = costo anual de operación y mantenimiento (costo variable)

P = inversión inicial (costo fijo)

n = vida útil en años.

F = valor de salvamento.

i = tasa de descuento.

La tasa de descuento utilizada se estimó mediante la sumatoria de la tasa pasiva, la tasa de inflación y la prima de riesgo, lo cual se describe a continuación:

- Tasa pasiva= 4.46% ([www.banguat.gob.gt](http://www.banguat.gob.gt))
- Tasa de inflación=5.38% ([www.banguat.gob.gt](http://www.banguat.gob.gt))
- Tasa riesgo país=8.89% ([www.economiasur.com](http://www.economiasur.com))
- Td = 4.46% + 5.38 % + 8.89% = 18.73%

La estimación de la vida útil se basó en el tipo de estructura de block, el cual se definió como 20 años y no se tomó un valor de salvamento, porque la estructura no tendrá un valor después de su uso.

En el caso de la estimación de los costos de tratamiento de la pulpa de café, se determinó que la elaboración de Lombricompost con la lombriz "*Eisenia foetida*", es una de las formas más eficientes para tratar dicho subproducto. Los costos estimados se basaron en la implementación de canteras y techos donde se elaborará el Lombricompost, más los costos variables correspondientes al manejo.

Es importante indicar que en el cálculo de los costos evitados, se hicieron en base a los sistemas de tratamiento considerados más eficientes para contrarrestar la contaminación y que se adapten a la zona. Otro paso importante en el cálculo de los costos evitados, es que los sistemas de tratamiento, se basan en proyectos de infraestructura grandes, los cuales son aplicables a nivel de la producción de café de la cuenca, más no aplicados para un productor pequeño a mediano.

### **2.5.8 Análisis de la información**

La información recolectada a través de los análisis de agua, las encuestas a caficultores, la estimación de la pérdida del suelo, la caracterización de los beneficios de café; se identificaron las principales causas que provoca el sistema productivo café, que causan la disminución de la calidad y cantidad del recurso hídrico que se consideran un tipo de contaminación no puntual. Los análisis de agua se comparan con límites permisibles sobre la calidad de agua, establecidos por la COGUANOR NGO 29-001 y la Organización Mundial de la Salud (OMS), que son parámetros de referencia para conocer las condiciones del agua de la cuenca, especialmente la COGUANOR que es la norma que rige la calidad de agua en nuestro país. También se realizó un análisis comparativo con el Reglamento de las Descargas y Rehúso de Aguas Residuales y la Disposición de Lodos, que se considera la principal fuente de análisis en cuanto a la calidad del agua, que es la norma que establece la Ley para la reducción de la contaminación de las fuentes de agua por actividades industriales. En cuanto a la pérdida de suelo, calculado por medio de la

“Ecuación Universal Pérdida de Suelo” por sus siglas en inglés USLE y por los muestreos de sedimentos en el río y en la quebrada, se utilizó un análisis comparativo con indicadores sobre erosión, para conocer la condición de la cuenca ante la pérdida de suelo y su traslado como sedimento a las fuentes de agua.

De esta forma se identificaron las principales implicaciones que tiene el sistema productivo café sobre el recurso hídrico de la cuenca, con el objeto de proponer alternativas que ayuden a mitigar la problemática detectada.

## 2.6 Resultados

### 2.6.1 Historia de la caficultura en Esquipulas con énfasis en la cuenca del río Atulapa

El libro de la historia del café en Guatemala, reporta que en 1,850 existe la extensión de cafetales a otros departamentos como Chiquimula, Chimaltenango y los Altos, en el año 1,870 existía una creciente producción en las comunidades de San Juan Ermita, Quetzaltepeque y Jocotán, pero no se encuentran datos sobre Esquipulas, en las fechas mencionadas. En 1,883 en Chiquimula existía 1,000 fincas con una producción de 299,149 kg (6,595 qq) de café. Con el avance de la caficultura en Guatemala, introduciendo nuevas variedades y mejorando el procesamiento, fueron mejorando la productividad y competitividad en el mercado internacional, denotado en un mejor precio, estimulando así la expansión de este cultivo.

De acuerdo a datos proporcionados por personas mayores que se dedican a la caficultura en Esquipulas, indicaron que anterior a los años 80's ya existía el cultivo de café de la variedad *Bourbon*, que comúnmente los habitantes le denominaban "café del país". La variedad *Bourbon* era sembrada extensamente en la región, pero una característica importante de la variedad es su bajo rendimiento, por lo que la producción no era muy grande en la cuenca. En el año 86 por medio de la Dirección General de Servicios Agrícolas (DIGESA) ya extinta, empezó a trabajar el área por medio de los técnicos Cloromiro Guzmán y Julio Lima, ambos Peritos Agrónomos que cubrían el municipio de Esquipulas y parte de la cuenca del río Atulapa. Sus actividades de trabajo consistían en la asesoría técnica e implementación de parcelas demostrativas de cultivos como naranja Washington, manzana y mora. El trabajo que mayor impulso tuvo la institución en el área de la cuenca, fue la introducción de la nueva variedad de café "*Catuaí Rojo*", de mayor rendimiento. Los trabajos en café que se realizaron fueron aspectos de capacitación en el manejo agronómico, que respecta a la elaboración de viveros, prácticas de conservación de suelos, el manejo de apodas, recepas, manejo de sombra y sobre fertilización, que normalmente se enseñaba a utilizar el fertilizante 15-15-15 con tres aplicaciones al año. (Información de campo. 2008)

Con el aumento de la producción, mucho de los caficultores presentaban la dificultad en el traslado y comercialización de su café. Esta situación provocaba que los caficultores de Esquipulas vendieran el café en maduro en los pueblos de Jocotán y Quetzaltepeque, por que no existían beneficios húmedos de café en la región. A raíz de esto la institución DIGESA apoyó con la introducción de siete beneficios húmedos artesanales, los cuales consistían en un despulpador, motor diesel, pilas de fermento y un tanque de agua. Los dueños de los beneficios se les proporcionaban crédito por medio del Banco Nacional de Desarrollo Agrícola (BANDESA), institución desaparecida del estado que se encargaba de proveer financiamiento (créditos) a pequeños empresarios agrícolas; en el caso de caficultores lo utilizaban para la construcción de sus beneficios húmedos de café. Este tipo de beneficio utilizaba aproximadamente diez latas (latas, se le denomina a los botes de cinco galones, que son muy utilizados como medida en el área de la cuenca) de agua por 45.36 kg (1 qq) de café pergamino húmedo, que consiste aproximadamente 230 litros de agua por 45.36 kg (1 qq) de café pergamino húmedo. Los beneficios de café se instalaron en los caseríos El Limón y La Cuestona.

La Asociación Nacional del Café (ANACAFE), como la nueva institución encargada del café en Guatemala, entró a trabajar en la cuenca del río Atulapa en el año 1989, continuó el trabajo hecho por DIGESA. Sus actividades fueron el desarrollo de trabajos enfocados en la capacitación y apoyo técnico en el manejo del café. También apoyo en facilitar préstamos de dinero, para ser pagados en siete años, para que los agricultores introdujeran el cultivo del café en nuevas áreas y así incrementar el cultivo en la región. (Información de campo. 2008)

## **2.6.2 Caracterización de los procesos del cultivo**

La caracterización de los procesos del cultivo, consiste en la descripción del manejo del cultivo de café, particularmente aplicado por pequeños y medianos productores que son el grupo que predomina en la cuenca del río Atulapa, con el objeto de identificar posibles implicaciones del cultivo que afecten el recurso hídrico. A continuación se detallan el manejo agronómico que se aplica al cultivo de café, en la cuenca del río Atulapa.

### **2.6.2.1 Selección de semilla**

La selección de la semilla es una etapa muy importante para asegurar una planta vigorosa libre de enfermedades y de altos rendimientos. El primer paso consiste en seleccionar plantas madres, cuyas características consistan en vigorosidad, poseer un alto rendimiento y libre de enfermedades. Ya seleccionada la planta, se escogen las bandolas de en medio de la planta y en la parte media de la bandola seleccionada, se saca la semilla madura, libre de enfermedades, con características de tamaño y color que denotan un fruto de calidad. La selección de semilla, no es una actividad que tenga implicaciones serias en el recurso hídrico, porque es una actividad que no demanda el uso de agua y la mano de obra es limitada.

### **2.6.2.2 Almacigo**

El almacigo corresponde a la actividad de siembra de la semilla hasta el traslado de la planta a campo definitivo. La primera etapa es la hechura de la cama para la germinación de la semilla, para su posterior traslado a las bolsas. La actividad comienza con la elaboración de la cama a una altura de 40 cm que puede ser de diferentes dimensiones. Al sembrar la semilla se cubre con hojas y ramas hasta su germinación, que es aproximadamente entre 40 y 50 días. Cuando germina la semilla se levanta la cobertura sobre el suelo aproximadamente unos 80 cm de altura. Cuando la semilla brota con los dos primeros cotiledones, comúnmente se le denomina “soldadito”, es la etapa correcta para el traspaso a una bolsa de polietileno de cinco por ocho pulgadas o seis por diez pulgadas, la cual se deja hasta que la planta cumpla una edad de seis o siete meses, en donde se pasa a campo definitivo. Las bolsas se llenan con un sustrato de broza, arena pómez y tierra.

### **2.6.2.3 Preparación del terreno**

La preparación del terreno es una de las etapas consideradas de mayor impacto al recurso hídrico, porque consiste en la eliminación total o parcial del bosque para la introducción del cultivo de café. La tendencia en el área de estudio para la preparación del terreno, empieza con la tala del bosque y posterior el sotobosque, dejando limpio el terreno. La herramienta más común para la preparación del terreno es el machete, en algunos casos

se utiliza herbicida, para la limpieza del sotobosque. Los terrenos limpios, en algunos casos se dejan sin uso durante una temporada de café, según lo observado en campo, normalmente un año y después se empieza a sembrar café en plantilla con su sombra, normalmente en las partes medias y bajas de la cuenca, en donde las condiciones son más secas y con mayor luminosidad.

#### **2.6.2.4 Siembra**

Al momento de sembrar, lo primero que se realiza es el trazado del terreno, que consiste en alinear una pita o rafia en donde se desea plantar el surco. El trazado normalmente carece de un sistema de siembra basado en las curvas a nivel del terreno, se basa en el cálculo y experiencia del caficultor. Cuando se implementa sombra para el café es lo primero que se siembra, normalmente se utilizan plantaciones del género *Inga* y *Musaceas*. La sombra no se utiliza en todos los casos, porque según el caficultor, depende del lugar en donde se desea sembrar café. En las partes altas que corresponden a los caseríos El Duraznal, Plan de la Arada, Floripundio y la aldea La Granadilla, se encuentran alrededor de los 1,400 a 1,600 msnm, el uso de sombra no es adecuado para el café, porque dichas zonas tienen mayor presencia de nubes durante el año, provocando la disminución de la radiación solar en las plantaciones; al utilizar sombra la cantidad de radiación solar que llega a la planta no es la adecuada, lo que provoca que el café tenga un menor rendimiento, considerando también que las zonas mencionadas tienen la característica de alta humedad en el suelo durante el año. Ya en las partes más bajas alrededor de los 1300 msnm, es más común el uso de la sombra, porque la humedad en el suelo es limitada y hay más abundancia de luz, información que fue proporcionada por los caficultores del área.

Con el trazado del terreno se deja marcado el surco, para empezar a realizar el ahoyado con unas dimensiones aproximadas de 0.20 m de diámetro y 0.25 m de profundidad. Terminado el ahoyado se procede a la siembra de la planta, eliminando primero la bolsa. Se le coloca 29 gramos (una onza) del fertilizante de la fórmula NPK 15-15-15 por planta al momento de la plantación. Normalmente esta actividad se hace en los meses de agosto

y septiembre. Por observación de campo, se identificó que los meses de inicio de las lluvias (mayo, junio) también se siembra café.

#### **2.6.2.5 Fertilización**

La forma de fertilización ha cambiado de acuerdo con la experiencia del caficultor, al igual que los tipos de fórmulas de fertilizantes utilizados, de acuerdo a los resultados obtenidos durante las cosechas. Es una de las etapas de mayor importancia para el caficultor, ya que de ello depende obtener buenos rendimientos. Las fórmulas de fertilizantes comúnmente utilizadas se encuentran: 18-6-12 (18 de nitrógeno, 6 de fósforo y 12 de potasio), urea, sulfato de amonio, 27-0-0-4-6. El número de fertilizaciones que aplica el caficultor son dos por año, la primera en los meses de mayo a junio y la segunda en los meses de septiembre a octubre. Las dosis de fertilizante que se aplica a la plantilla comúnmente es 56.7 gramos (2 onzas) por planta, en una plantación en plena producción se aplica 113.4 gramos (4 onzas) por planta. Otros caficultores no aplican de acuerdo a dosis, lo hacen de forma empírica. Normalmente la cantidad de fertilizante que se aplica por hectárea se encuentra alrededor de 453 a 518 kg/ha (6 a 8 qq/mz). La forma de aplicación, consiste en quitar las hojas que se encuentran en el suelo alrededor del tallo de la planta, para colocar el abono al boleó en forma de media luna a una distancia de 30 cm de diámetro del tallo del árbol aproximadamente; el fertilizante no se cubre. También existe un menor número de caficultores que hacen aplicaciones de cal dolomítica.

#### **2.6.2.6 Manejo de tejidos**

Es una técnica en el manejo del café, que mantiene a la planta en condiciones vigorosas y genera tejido nuevo, por medio de la poda controlada y el manejo de la arquitectura de la planta, incidiendo en una mejor producción. El manejo de tejidos se hace por primera vez a los tres años de edad de la planta en campo definitivo, se le llama despunte, que consiste en eliminar el meristemo apical, con el objeto de generar ramas (bandolas) horizontalmente. A los cinco años se hace la poda, que consiste en cortar la planta en la parte superior a una altura de aproximadamente 0.40 m dejándola a una altura de 1.10 m; en esta etapa se elimina la parte deteriorada de la planta. Normalmente esta actividad se hace para las variedades de café Catuaí Rojo y Amarillo que es la que predomina en la

cuenca. A los 10 años de edad de la plantación se hace otra poda, que consiste en cortar la planta aproximadamente 0.80 m para generar nuevos brotes. Aproximadamente a los 16 años de producción, se procede hacer la “recepta”, que consiste en cortar la planta a una altura entre 0.15 a 0.30 m en forma transversal para evitar pudriciones en el tallo. Esta actividad se hace por lotes y nunca se hace en una plantación completa y su función es renovar una plantación. El manejo de tejidos no presenta una implicación seria en el recurso hídrico; pero puede afectar en una manera por la actividad de los trabajadores que realizan dicha tarea y suelo desnudo, provocando la remoción de tierra, que puede favorecer la erosión del suelo.

#### **2.6.2.7 Control de malezas**

El control de malezas es la actividad en la que plantas no deseables en el cultivo de café se eliminan. Esta actividad se realiza de dos formas: manual y química o combinando ambas. La forma manual se hace por medio de un tipo de machete denominado “Pando” y en menor medida el azadón, donde simplemente cortan la maleza a nivel del suelo tratando de no dañar el tallo del árbol de café. La otra forma es utilizando herbicidas, aplicándolo con bomba de asperjar en los entresurcos; es importante mencionar que durante el establecimiento de una plantación no se utiliza herbicida, se hace de forma manual. En una plantación establecida, en algunos casos se alterna el uso del método manual y químico. Cuando la maleza se encuentra en excesivo crecimiento, se hace una limpia con herbicida y las siguientes se hacen de forma manual. El número de limpiezas de maleza que normalmente se realizan es de dos a tres al año. Las limpiezas se hacen en los meses de mayo a junio y la otra en agosto a septiembre, en algunos casos en noviembre. El uso de herbicidas por parte de los caficultores se basa mucho en el empirismo, a base de prueba y error. Las dosis aplicadas normalmente se basan en lo indicado por el vendedor del agroservicio, por la experiencia o por el consejo de un compañero caficultor. Uno de los herbicidas comúnmente utilizados es el glifosato, por ser uno de los más económicos. El uso de herbicidas es más común en el mediano caficultor, que normalmente hace dos a tres limpiezas al año, porque reduce los costos en cuanto a mano de obra. El pequeño caficultor hace un uso de herbicida más restringido, aplicando una a

dos veces al año, como una forma de reducir costos, porque normalmente la familia apoya en dicha actividad.

#### **2.6.2.8 Control de plagas y enfermedades**

Las plantaciones de café, en el área de la cuenca del río Atulapa, no son afectadas seriamente por enfermedades y plagas. Existen algunas plagas y enfermedades como Broca del café (*Hypotenemus hampei*), Ojo de gallo (*Mycenia citrocolor*), Mancha de hierro (*Cercospora coffeicola*) y Roya del café (*Hemileia vastatrix*) pero para el caficultor no representan un daño económico, por lo que el uso de productos agroquímicos como medidas de control es mínimo. La roya del café se ha observado que está presente en el cultivo, pero según la mayor parte de caficultores no afecta de manera significativa, que provoque la disminución en la producción. Sólo se encontró una finca con daño severo por roya. Esta enfermedad puede ser un problema serio a futuro, si no se realiza un manejo adecuado de la enfermedad y una investigación en este tema específico para el área específica.

#### **2.6.2.9 Cosecha**

La cosecha de café, como la etapa importante del cultivo de café, se inicia en el mes de diciembre y finaliza en el mes de abril, dependiendo de la altura sobre el nivel del mar en la se encuentra la plantación. En las zonas bajas y medias de aproximadamente 1,000 a 1,300 msnm la cosecha empieza primero en el mes de diciembre a diferencia de las zonas altas, arriba de los 1,300 msnm, donde se retarda por la altura, empezando en enero. El corte de café es una actividad que demanda gran número de mano de obra, la cual proviene en su mayor parte de los poblados de Jocotán y Camotán, en menor medida de Concepción las Minas, Zacapa y una pequeña parte de Alta Verapaz. La mayor demanda de trabajadores para esta actividad, es por caficultores que poseen arriba de siete ha (10 mz), contratando un aproximado de 35 cortadores, en menor medida productores pequeños contratan un aproximado de seis personas o en ocasiones no hacen uso de trabajadores, usando la fuerza de trabajo de su familia. Se estima que para cortar 0.70 ha (1 mz) de café en condiciones normales, se utiliza un aproximado de 10 a 12 personas, en una edad de 15 a 40 años. Las personas que vienen a trabajar en la

época de corte de café, normalmente emigran junto a sus familias, lo que provoca el incremento del número de personas que habitan en la cuenca temporalmente. Se estima que aproximadamente emplea de 3,000 a 4,000 personas para el corte de café, en el área que corresponde a la cuenca del río Atulapa, durante los meses de diciembre a abril. El dato es una aproximación de la mano de obra que utilizan los caficultores medianos y grandes de la cuenca y puede variar de acuerdo a condiciones como: producción de la finca, contratos de trabajo que se arreglan entre empleador y empleado, condiciones del clima especialmente por el frío y lluvia, y otros factores que ocasionan que los trabajadores lleguen o salgan de la cuenca.

La actividad de cosecha del café tiene una implicación no puntual en la contaminación del recurso hídrico, por el elevado número de personas que emigran a la cuenca y por las condiciones del trabajo, que pueden ocasionar que algunos trabajadores realicen sus necesidades fisiológicas en el campo. Con la llegada de la época lluviosa las heces fecales son transportadas por la escorrentía hacia las fuentes de agua contaminándola. Como se mencionó anteriormente este tipo de contaminación se cataloga como no puntual, porque en la cuenca no solo esta actividad causa la contaminación de las fuentes de agua por heces fecales, también existe contaminación por los poblados dentro de la cuenca que no cuentan con servicios de alcantarillado público, enviando sus aguas servidas a las quebradas, lo cual también provoca contaminación del mismo tipo. Es importante mencionar que el Plan Trifinio instaló letrinas, las cuales pueden reducir el impacto de esta actividad. También los dueños de algunas fincas proveen de condiciones mínimas de vivienda, lo cual reduce este tipo de contaminación no puntual mencionado.

#### **2.6.2.10 Beneficiado**

Las actividades de beneficiado de café, comprenden dos etapas: la primera el beneficio húmedo y la segunda el beneficio seco. Las actividades del beneficio húmedo comprenden básicamente en procesar el fruto de café cereza a café pergamino húmedo, actividad que requiere una considerable cantidad de agua, que según datos de ANACAFE se estima entre dos a tres metros cúbicos de agua por 45.36 kg (1qq) oro. El tipo de beneficio que predomina en la cuenca del río Atulapa es el beneficio artesanal, normalmente ubicado en

las casas de los pequeños productores. Los componentes básicos de un beneficio húmedo son un motor diesel, un despulpador de tres chorros y medio, una a tres pilas de fermento, una canasta que hace la función de un clasificador de zaranda, utilizado para separar el grano de café con pulpa y las natas de café (café de menor calidad).

El beneficiado de café, en la cuenca del río Atulapa, se identifica por la existencia de pequeños beneficios que se ubican cerca de las fuentes de agua, predominando el beneficio artesanal del pequeño caficultor. Según estadísticas del Plan Trifinio (2007) se cuentan actualmente con 1,064 beneficios que se ubican dentro de la cuenca del río Atulapa, de los cuales 22 de ellos son medianos, grandes y comerciales; 107 pertenecen a organizaciones de pequeños productores y empresas cafetaleras pequeñas, medianamente tecnificadas y 935 beneficios artesanales propiedad de micro-empresas cafetaleras. Del total de beneficios el 3% son tradicionales, el 10% son semi-tecnificados, el 5% son tecnificados y el 82% artesanales. Únicamente el 1% cuenta con un sistema de tratamiento primario de aguas residuales y/o lagunas con fosas de oxidación y/o sedimentación. (Proyecto Trinacional de la Cuenca Alta del Río Lempa [PTCARL], 2007).

De acuerdo a las implicaciones que tiene el sistema café, el beneficiado húmedo es una de las actividades que afectan seriamente el recurso hídrico, por los residuos de aguas mieles y pulpa de café, como principales subproductos de la actividad, a los cuales no se le dan un manejo adecuado. Si estos subproductos no son tratados o manejados y son descargados en ríos y quebradas, ocasionan una alta carga de contaminación que afecta la biodiversidad acuática, la disposición de agua de calidad para los pobladores y otros usos como la ganadería que se encuentra en la parte baja del río.

Para entender de mejor forma el contexto que tiene la caficultura, en el ámbito de sus implicaciones al ambiente, por los cambios que genera en el ecosistema natural, los cuales se tratan de explicar en la siguiente figura.

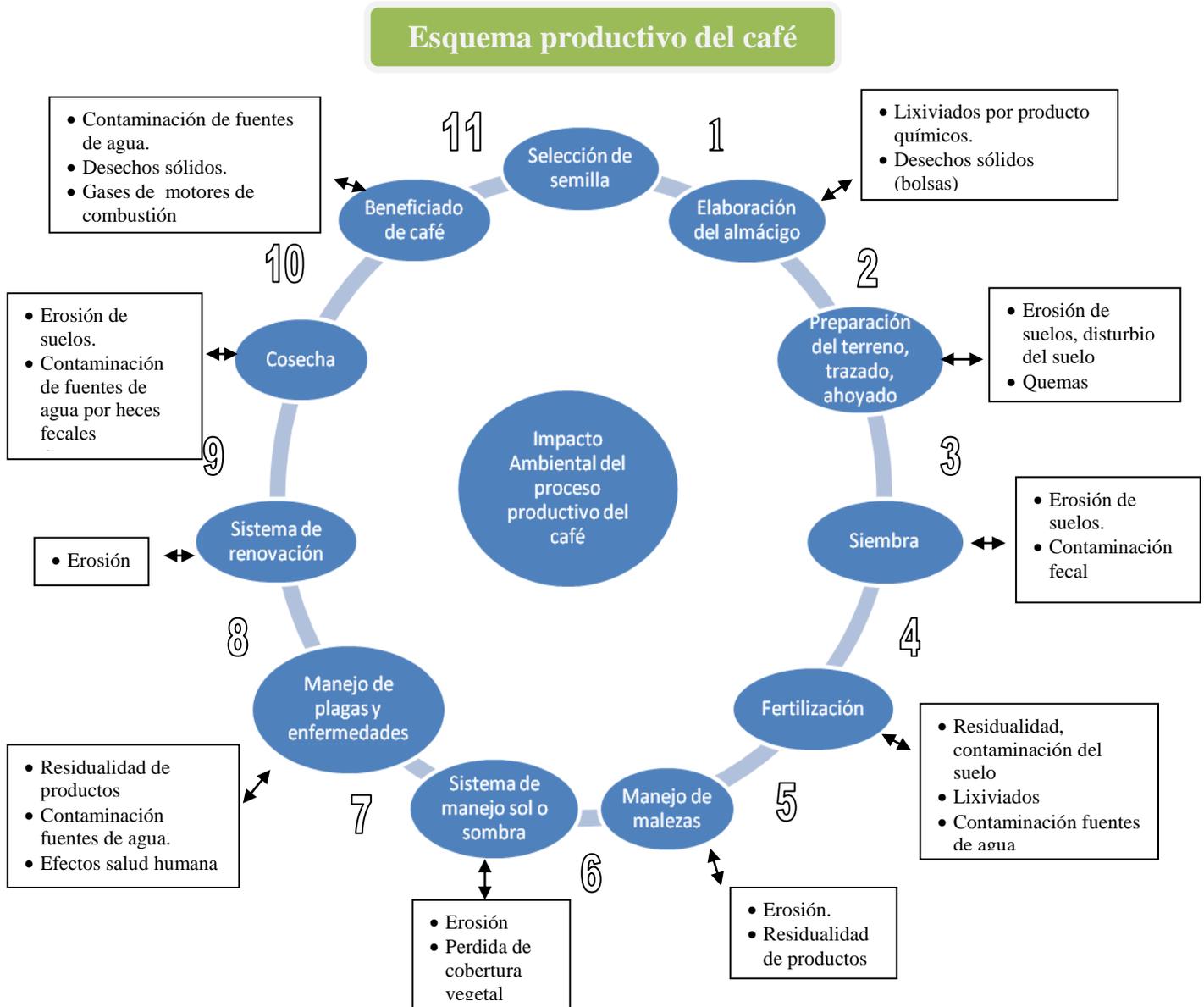


Figura 43. Esquema productivo del cultivo de café y sus principales implicaciones ambientales

### 2.6.3 Uso de agroquímicos en el café

El uso de agroquímicos en la agricultura se enfatiza en la mejora de la producción y la protección de los cultivos ante amenazas como plagas y enfermedades; su uso en la agricultura ha logrado un avance en la tecnología agrícola. Pero este avance tiene una implicación en el aspecto medio ambiental, por diversos estudios hechos a lo largo de los

años que demuestran que este tipo de productos afectan los recursos naturales y la salud humana por efecto de contaminación de los residuos químicos.

En un estudio realizado por Galvao, L. A.(2,002) sobre plaguicidas y salud en el istmo centroamericano, estableció que en Guatemala la tasa de intoxicación fue de 100,000.00 habitantes por exposición a plaguicidas de uso agrícola en general, durante el período 1,992 – 2,001, varió de 6.97 en 1,992 a 11.47 en 2,001. También identificó doce plaguicidas responsables de la mayor morbilidad y mortalidad por intoxicaciones agudas, los cuales son: Paraquat, Fosforo de aluminio, Metilparation, Metamidofos, Monocrotofos, Clorpirifos, Terbufos, Etoprofos, Endosulfan, Carbofuran, Metomil, Aldicarb.

En la cuenca del río Atulapa, de acuerdo al uso de la tierra, el cultivo de café abarca más de la mitad del área de la cuenca; por tanto el uso de agroquímicos en el cultivo de café puede constituirse un tipo de contaminación no puntual, por su difícil identificación en campo, pero que pueden estar presente en el recurso hídrico. Con el uso de fertilizantes, insecticidas, fungicidas, etc. debido a sus componentes químicos, la residualidad del producto en el ambiente, su mal uso, la eficiencia y aprovechamiento de la planta al producto, son causas que provocan percolación a través del suelo contaminado las fuentes de agua subterráneas o son arrastrados por la escorrentía afectando las fuentes de agua superficiales, por eso se denomina un tipo de contaminación no puntual, el cual existe pero por la variabilidad es difícil identificarlo y medirlo.

De acuerdo a datos obtenidos en la encuesta realizada a los caficultores en el 2008, el 92.86% de ellos, hacen uso de fertilizantes químicos y el 7.14% no utilizan. Entre los caficultores que aplican fertilizante químico, el 64.39% utilizan la pulpa sin descomposición como complemento en la fertilización de la finca. Las aplicaciones de fertilizante por hectárea, el 50% indicaron que aplica 454 kilogramos (7 qq/mz) y el 42.86% aplica 520 a 650 kg/ha (7 – 10 qq/mz). Es importante mencionar que por la escalada de los precios de los fertilizantes en la temporada 2008 – 2009, provoco una disminución en la cantidad utilizada para abonar las fincas. En el siguiente cuadro se muestra los principales fertilizantes utilizados en el café dentro de la cuenca.

Cuadro 29. Principales fertilizantes utilizados por caficultores de la cuenca del río Atulapa

No.	Fórmulas o nombre del fertilizante.	% del total de encuestados
1	18 + 6 + 12	78.57
2	16 +20 + 0	28.57
3	Urea	14.29
4	Sulfato de amonio (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	21.43
5	15 + 15+ 15	7.14
6	27+0+0+5	7.14
7	15 + 10 + 5	7.14
8	Ferticafé	7.14
9	14+0+12	21.43
10	27+0+0+5	7.14
11	8+8+18+12+5	7.14

De acuerdo a información obtenida en ANACAFÉ en la cuenca, se estima que existe un total de 1,044.92 ha (1,492.75 mz) sembradas de café y en promedio un caficultor aplica 200 kg de fertilizante químico por hectárea (7 qq/mz), aproximadamente se hace uso de 474, 954.54 kg (10, 449 qq) de fertilizantes por aplicación, normalmente se hacen dos aplicaciones al año utilizando aproximadamente 949,909 kg (20, 898 qq) de fertilizante en el cultivo de café en toda la cuenca. Los fertilizantes normalmente son aplicados en la superficie del suelo, lo que facilita su fácil traslado por efecto de la escorrentía en la época lluviosa, dependiendo de la eficiencia del fertilizante. El uso de fertilizantes químicos presenta implicaciones en la contaminación de una forma no puntual en lo que respecta al recurso hídrico, por la cantidad que se utiliza en la cuenca. En los análisis de agua realizados en el río Atulapa, en el mes de septiembre, que concuerda con la segunda aplicación de fertilizantes; no se encontró niveles de nitrógeno arriba de lo normal, que puede ser un síntoma de contaminación por fertilizantes nitrogenados.

En lo referente al uso de insecticidas y fungicidas es mínimo, en base a la información obtenida en la encuesta y por observación de campo. De los resultados obtenidos se registró que un 35.71% hizo una aplicación al año para el control específicamente de broca, utilizando como producto Endosulfán a razón de 25 cc por bomba, demostrando que el uso de dichos productos es limitado en la zona. En lo referente al uso de los fungicidas el 14.29% hizo una aplicación de un fungicida en el año 2008, siendo los productos más comunes: Triadimenol, Tebuconazole y Cycopronazole con una dosis de

25 ml por bomba de 16 litros. Por medio de la información proporcionada por la encuesta, se hace referencia que el uso de fungicidas e insecticidas es muy limitado en la zona y no se considera que exista un problema de toxicidad en las aguas por su uso excesivo de dichos productos en las plantaciones de café. El uso limitado de insecticidas y fungicidas se debe a la poca severidad e incidencia de plagas dentro de los cultivos de café en la cuenca. En el siguiente cuadro se presentan los principales insecticidas y fungicidas utilizados en la cuenca.

Cuadro 30. Principales insecticidas y fungicidas utilizados por caficultores de la cuenca del río Atulapa

No.	Producto utilizado	% del total de encuestados
1	Endosulfan (insecticida)	28.57%
2	Tebuconazole (fungicida)	7.14%
3	Cycopronzole (fungicida)	7.14
4	Triadimenol (fungicida)	7.14
5	Oxicloruro de cobre (fungicida)	11.76
6	Metamidofos (insecticida)	11.76%
7	Malation (insecticida)	5.88%
8	Triadimenol (insecticida)	7.14%

En lo referente al control de malezas, el 64.29% de los encuestados, reportan que combinan el uso de herbicidas con el control manual por medio del uso machete y azadón, y un 28.57% hace uso de solo herbicida. Entre los productos utilizados principalmente se encuentra Paraquat, 2-4 D y Glifosato, este último es el que se reporta con mayor uso, con un 71.43%. La dosis más común es de 100 ml por bomba de 16 litros, con dos aplicaciones al año normalmente. El uso de los herbicidas tiene un uso más extenso en la cuenca, que puede ser otro tipo de contaminación no puntual, por los efectos de la movilidad y persistencia de los productos químicos utilizados.

Se consultó a caficultores sobre la diferencia en el uso de agroquímicos en cultivos de café con sombra y sin sombra; lo reportado indica que el uso de insecticidas, fungicidas y fertilizantes se aplican de la misma forma en los dos sistemas de siembra de café. En cuanto al uso de herbicidas, los caficultores reportan que si existe un mayor uso de

herbicidas en un sistema de café sin sombra, porque existe mayor penetración de luz en los entresurcos, permitiendo mayor crecimiento de las malezas.

#### **2.6.4 Estimación de la erosión en la cuenca**

La cuenca del río Atulapa, se encuentra ubicada en una zona con un relieve muy accidentado con altas pendientes, en donde el cultivo de café abarca más del 50% del área total de la cuenca; factores que hacen de la zona susceptible a la erosión y degradación de los suelos. En base a estos criterios se evaluó la erosión en la cuenca, con los resultados obtenidos de los muestreos de sedimentos hechos y el análisis por medio de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (USLE), para así tener una estimación de la cantidad de suelo que se pierde en la cuenca. Para los muestreos de sedimentos se definieron dos puntos, el primero se ubicó en la parte baja cerca del punto de aforo, debajo del puente Atulapa, el segundo punto de muestreo se ubicó en una quebrada que se encuentra en el Caserío La Cuestona cerca de la escuela de dicho caserío. La microcuenca La Quebrada tiene la característica de contar con cultivo de café en aproximadamente toda el área de captación, razón por la que se seleccionó para tener un dato aproximado de la erosión en cultivo de café, por medio de información obtenida en campo. En el cuadro siguiente se muestra la cantidad de sedimentos que trasladan los dos puntos muestreados, presentado en gramos de suelo transportado en un litro de agua. Para tener un análisis más detallado de la pérdida de suelo, se hizo análisis químicos de suelos a dos muestras de sedimento, para contar con información de los nutrientes que son removidos del suelo por efecto de la erosión hídrica.

Cuadro 31. Muestras de sedimentos en los puntos de muestreo seleccionados después de un evento de lluvia

Quebrada La Cuestona		Abajo del puente Atulapa	
Fecha	Sed (g/l)	Fecha	Sed. (g/l)
25-jun	0.1067	10-jun	0.0667
26-jun	5.1067	11-jun	0.3067
27-jun	2.9733	12-jun	2.5333
28-jun	2.3200	19-jun	0.1733
11-jul	1.2933	20-jun	0.1067
12-jul	1.1600	25-jun	4.0667
14-jul	0.5467	26-jun	0.0800
18-jul	3.0533	27-jun	0.3067
19-jul	1.6667	29-jun	0.1600
20-jul	0.6800	01-jul	0.5467
29-jul	2.0000	02-jul	2.0267
30-jul	5.4800	10-jul	2.1467
31-jul	6.8000	14-jul	0.9867
13-sep	0.9200	15-jul	0.3067
17-sep	2.4800	23-jul	1.1867
25-sep	1.4933	24-jul	0.2933
30-sep	0.8000	29-jul	0.4133
		30-jul	0.0800
		31-jul	0.2267
		04-sep	1.9600
		07-sep	0.1600
		08-sep	0.5467
		18-sep	1.7600
		19-sep	1.9467
		08-oct	0.7200

Fuente: medición de campo Junio – Octubre 2008.

Cuadro 32. Resultados de laboratorio del análisis químico de dos muestras de sedimento

Identificación	Ppm		Meq/100gr		Ppm				Peso gr
	P	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Fe	Mn	
Punto de Aforo.	7.25	270	6.86	1.70	2.00	7.50	127.50	142.50	2.793
Quebrada La Cuestona.	5.67	338	8.42	2.26	2.00	5.50	73.50	215.00	4.908

Análisis practicado en Laboratorio FAUSAC de Suelo-Planta-Agua "Salvador Castillo Orellana" 2008

De acuerdo a los resultados obtenidos sobre los sedimentos transportados, se identifica que los valores altos corresponden a las muestras tomadas en el punto denominado "La Quebrada", reportando un valor máximo de 6.8 g/l de sedimentos en suspensión a diferencia del valor máximo en el punto de aforo de 4.06 g/l. En promedio el transporte de

sedimentos para “La Quebrada” es de 2.29 g/l y para el punto de aforo fue de 0.92 g/l, este fenómeno es conocido como efecto de dilución debido al menor caudal que transporta la quebrada, lo que provoca que la concentración de suelo sea mayor, a diferencia del río que tiene un caudal mayor, lo que provoca que la concentración de suelo se diluya. Si se analiza la concentración de suelo que hay por cada litro de agua, la cantidad de suelo que lleva la Quebrada es considerable, valor semejante al obtenido en la evaluación de erosión hídrica y escorrentía en el cultivo de café, realizado por Arellano, R. (1,997) obteniendo un valor promedio de 2.19 g/l, reflejando que el cultivo de café en zonas muy accidentadas tiene influencia seria en la pérdida de suelo. Dicha característica de la erosión en “La Quebrada”, se comprueba mejor con la información de las personas que habitan la cuenca, que mencionan que las quebradas se han vuelto más profundas, por los caudales más violentos al existir una lluvia de características intensas, con influencia de la pérdida de cobertura vegetal.

Las causas principales de los altos niveles de suelo transportado, se asocian a que la microcuenca “La Quebrada” es un terreno accidentado con pendientes pronunciadas, con cultivo de café asociado con *Musáceas*, que no cumplen con un función eficiente de cobertura del suelo y sin ninguna práctica de conservación de suelo, que ocasiona el arrastre fácil del suelo. En base a los resultados se puede considerar, que las quebradas de la cuenca, especialmente las que se encuentran con cultivos de café, son puntos de transporte de sedimentos altos al río Atulapa, especialmente las que se encuentran en la parte media de la cuenca, en los caseríos El Limón, El Portezuelo, Las Toreras, El Portezuelo y La Cuestona, que son los lugares con las mencionadas características.

En los resultados del transporte de sedimentos de “La Quebrada” se realizó un análisis para estimar la pérdida de suelo por área. Para el análisis se calculó la cantidad de sedimentos totales que transportar La Quebrada y estimar su caudal en eventos de precipitación de intensidad alta, que son los considerados erosivos. Para el cálculo del caudal, se utilizó el método racional, por razón de ser más práctico para trabajar. En el cálculo se utilizó la intensidad de la lluvia promedio de 30 minutos de acuerdo a los datos pluviométricos de la estación de Esquipulas del año 2008, para el coeficiente de

escorrentía se utilizó 0.20 utilizado para bosques y cultivos, y por último se calculó el área que drena hacia “La Quebrada” que es de 63,356 m<sup>2</sup> que corresponde a la microcuenca. A continuación se presenta el cuadro 33, los análisis hechos para los meses de junio, julio y septiembre.

Cuadro 33. Transporte de sedimentos en la quebrada La Cuestona en tres meses de la temporada lluviosa del 2008

Mes	(I <sub>30</sub> )	(I <sub>30</sub> )	Qe	Ps	Tr	Tpp	Ts	Ts
	mm/h	m/s	l/s	g/l	g/s	seg	kg	Ton
Junio	26.76	7.43*10 <sup>-6</sup>	94.189	2.6267	247.41	5, 400	1335,997.32	1.33
Julio	33.61	9.34*10 <sup>-6</sup>	118.30	2.5200	298.11	7, 320	2182,204.16	2.18
Sept	27.04	7.51*10 <sup>-6</sup>	95.175	1.4233	135.46	9,600	1300,437.89	1.30

I<sub>30</sub> = Intensidad de la lluvia, Qe= Caudal estimado, Ps= Promedio de sedimentos del mes, Tr = Transporte de sedimentos, Tpp = Tiempo promedio de precipitación, Ts = Total sedimentos

De acuerdo al cálculo elaborado, el área de la microcuenca “La Quebrada” es de 6.33 ha; el total de los tres meses muestreados en base a las estimaciones hechas, se obtuvo una cantidad total de sedimentos transportados de 4, 810 kg del total del área de “La Quebrada”, que equivale a una pérdida de suelo de 750 kg/ha en los tres meses evaluados de mayor precipitación de la estación lluviosa. Si el cálculo se hace para la estación lluviosa completa, se multiplicaría el dato por dos para un total de seis meses, obteniendo una erosión de 1,500 kg/ha al año, pero el dato no sería válido, porque los meses lluviosos no evaluados presentaron intensidades bajas, que tiene menor erosividad, aunado a la variabilidad que existe en los meses evaluados y los no evaluados. En base a lo expuesto anteriormente y considerando que la toma de muestras de sedimentos se hizo en los tres meses de mayor precipitación y erosividad de la lluvia del año 2008, se toma el valor medio correspondiente a 750 kg/ha de pérdida de suelo por año, que puede aumentar un poco pero no de forma considerable. El análisis es un estimado que permite tener referencia cercana a la realidad sobre la erosión en la cuenca en áreas cafetaleras. La pérdida estimada en 750 kg/ha en tres meses del período más copioso de la época lluvioso, se encuentra por arriba de estudios erosivos en sistemas de café, que reportan valores de pérdida de suelo en café sin sombra de 366 kg/ha y en café con sombra 103.89 kg/ha. En la investigación desarrollada por Arellano, R. (Arellano, 2,000), referente

a la pérdida de suelos y nutrientes en agro-ecosistemas de café, se tiene pérdidas de suelo en café sin sombra de 308 kg/ha y café con sombra 383 kg/ha. Con esta información se puede analizar que los datos estimados para la cuenca del río Atulapa, se duplica a lo reportado en las investigaciones mencionadas. Esta diferencia puede ser por las condiciones de susceptibilidad del suelo a la erosión, la diferencia de intensidades de lluvia en las regiones de investigación y principalmente por las condiciones del terreno muy accidentado que propicia que los suelos se erosionen fácilmente, fenómeno que sucede en la cuenca. De manera que el problema erosivo en la cuenca se puede considerar alarmante, sobre todo porque su relieve es accidentado, donde el uso de la tierra el cultivo de café predomina, en una zona que según la Capacidad de Uso de la Tierra por la metodología del Instituto Nacional de Bosques (INAB) corresponde a tierras forestales de protección y en lo referente al mapa de intensidad de uso de la tierra, se cataloga con sobre uso, factores que favorecen el deterioro del suelo en alguna medida. La cuenca tiene la característica de que sus suelos son profundos, lo que hace que el problema de erosión en la cuenca no se pueda observar el deterioro fácilmente, pero a largo plazo puede presentar problemas económicos a los cafetaleros, por la pérdida de fertilidad del suelo.

Con los análisis del laboratorio de suelos de dos muestras de sedimentos, se estimó la cantidad de nutrientes que son arrastrados en el sitio denominado La Quebrada y en el Puente Atulapa cerca del punto de aforo a continuación se describe los resultados

Cuadro 34. Estimación de la pérdida de nutrientes (kg/ha) por erosión hídrica en la quebrada La Cuestona

<b>Pto. muestreo</b>	<b>Dimensio- nal</b>	<b>P</b>	<b>K</b>	<b>Ca</b>	<b>Mg</b>	<b>Cu</b>	<b>Zn</b>	<b>Fe</b>	<b>Mn</b>
La Quebrada	kg/ha	0.87	51.67	0.26	0.20	0.30	0.84	11.23	32.85

\* Cálculo hecho a partir de datos de sedimentos

P = Fósforo, K= Potasio, Ca = Calcio, Mg = Magnesio, Cu= Cobre, Zn = Zinc, Fe = Hierro, Mn = Manganeseo

El traslado de nutrientes en “La Quebrada”, se registran valores altos para el potasio (51.67 kg/ha) y el manganeso (32.85 kg/ha); dicha pérdida de nutrientes se asocia a las características propias del suelo, porque de acuerdo a los análisis de suelos hechos en el

levantamiento taxonómico de suelos de la cuenca del río Atulapa en el 2008, correspondientes al área de La Quebrada, se registraron valores altos en potasio (355 ppm) y manganeso (20 ppm) a diferencia de los otros elementos.

En investigaciones realizadas por la Universidad de los Andes, sobre la pérdida de suelo y nutrientes en agroecosistemas de café, estudio realizado por Arellano, R. (2000), reporta pérdida de suelo y nutrientes en cafetales sin sombra de 308 kg/ha en suelo y en nutrientes (0.48, 1.31, 0.50, 0.24, 0.07) en kg/ha de N, Ca, Mg, K, P. Las pérdidas de nutrientes estimadas en “La Quebrada” son (0.26, 0.20, 51.67, 0.87) en kg/ha de Ca, Mg, K, P son similares a diferencia del potasio, en relación a los datos obtenidos en la investigación hecha por Arellano, por ello es necesario establecer mayor control en los problemas erosivos que existen en la cuenca, para así evitar la pérdida de fertilidad en los suelos, que trae consigo el aumento de uso de fertilizantes químicos a largo plazo, que representa un costo alto para el caficultor y el ambiente. Los elementos que reportan los valores más altos en pérdida por escorrentía son el K, Mg y el Fe, esto se debe a los valores altos presentes en los suelos en los nutrientes mencionados en el área de la quebrada, como se mencionó anteriormente. Esta información permite abrir espacios para una investigación más profunda sobre la pérdida de suelo y nutrientes en la cuenca del río Atulapa, por ser una zona montañosa con una actividad cafetalera muy importante, en donde los datos presentados en esta investigación, dan una pauta de los problemas erosivos existentes, que es necesario continuar con este tipo de estudios.

#### **2.6.4.1 Mapa de erosión potencial**

Se elaboró un mapa de erosión potencial, para definir las áreas con mayor riesgo a erosión en la cuenca. La elaboración del mapa se realizó aplicando la metodología de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (USLE), con apoyo de un programa SIG. Se utilizó información del estudio taxonómico de suelos elaborado en el 2008, el mapa de uso de la tierra del 2007 para la cuenca del río Atulapa, que son estudios base para la elaboración del mapa erosivo.

En el mapa se establecen diferentes niveles de erosión, que identifican zonas de mayor y menor riesgo de erosión. En la cuenca se identificó que las áreas más críticas se encuentran en la parte media y media alta que corresponden a zonas accidentadas y de pendientes fuertes entre 50 a 100%, con una estación lluviosa prolongada y de intensidades moderadas a altas, con un suelo húmedo, en donde el uso de la tierra corresponde al cultivo de café, que en su mayoría no utiliza prácticas de conservación o como mínimo siembra con las curvas de nivel. Dichos factores hacen que la zona tenga un potencial alto a la erosión a pesar de ser suelos con baja susceptibilidad a erosión. La pérdida de suelo y el aumento en el uso de fertilizantes químicos puede provocar niveles de contaminación altos por asolvamiento y aumento de nutrientes en el agua, lo cual se traduce en pérdida de la calidad de agua del río Atulapa. Con esta información se puede definir las áreas que necesitan mayor protección de suelos, como una herramienta de planificación para implementar proyectos de conservación de suelos o simplemente información a los caficultores para que protejan sus suelos que son la base para la producción de café.

Del total del área de la cuenca del río Atulapa, el 61% del área se encuentra entre el rango de erosión baja de cero a ocho ton/ha/año, el 31% se encuentra entre ocho a 16 ton/ha/año con un rango medio, mientras el rango crítico de erosión que se cataloga arriba de las 16 ton/ha/año, es un porcentaje de 8% del área de la cuenca, distribuido el 7% en 16 a 32 ton/ha/año y solo el uno por ciento se encuentra entre las 32 a 64 ton/ha/año. En conclusión se puede identificar que el rango de erosión entre 8 a 64 ton/ha/año, son cantidades de erosión bastante altas, que pueden provocar problemas de degradación rápida del suelo, principalmente las áreas que están arriba de 16 ton/ha/año, que es el 8% del total de la cuenca, como se mencionó anteriormente, áreas que se ubican en la parte media de la cuenca, zonas que deben de presentar mayor protección en la cobertura del suelo, ya que se tiende a sembrar sin sombra de café en zonas con pendiente muy alta, lo que favorece la erosión.

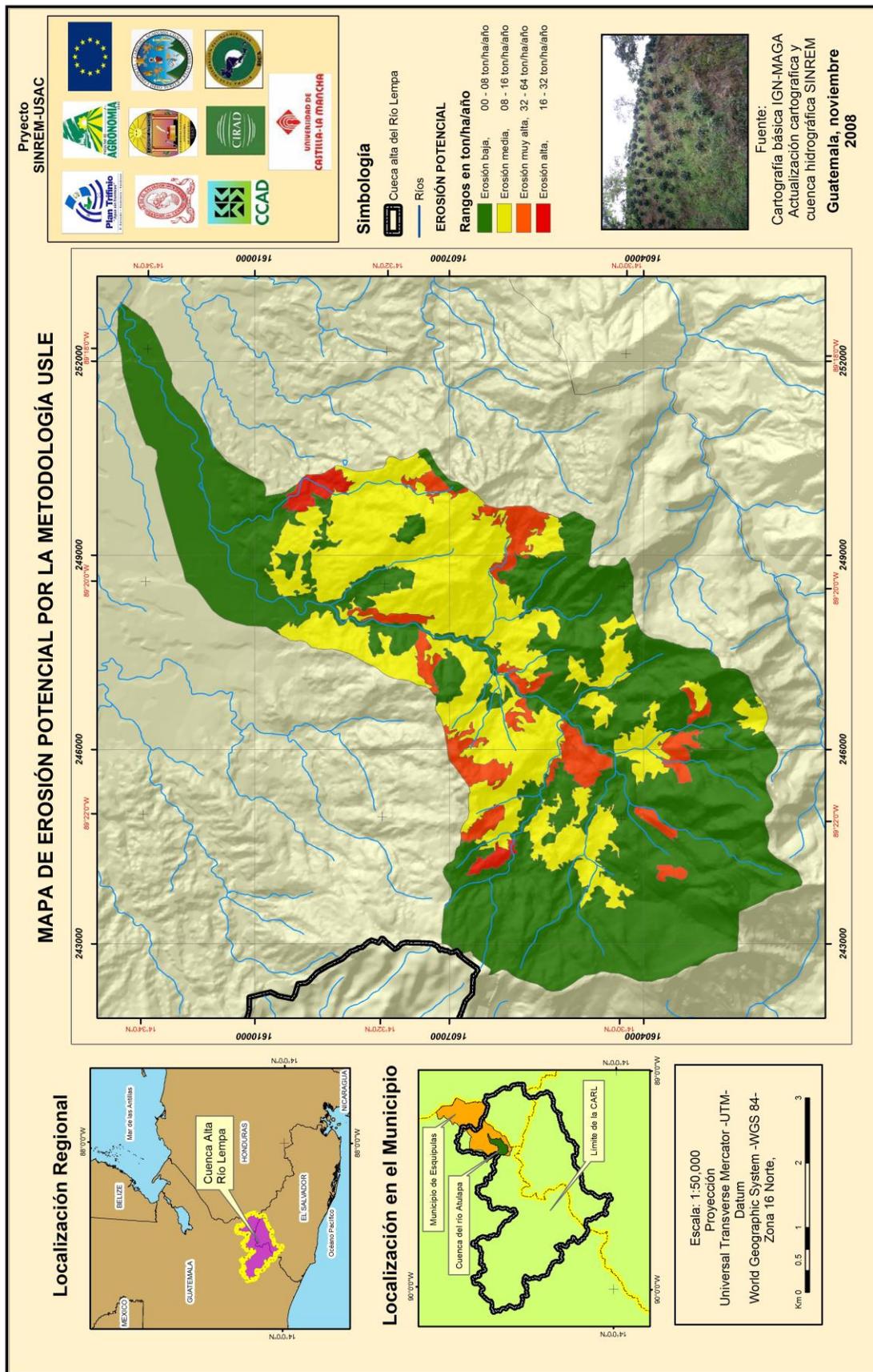


Figura 44. Mapa de erosión potencial por la metodología USLE

### 2.6.5 Caracterización del beneficio húmedo de café

En la cuenca existen cuatro tipos de beneficios catalogados por ANACAFE; artesanales, tradicionales, semi-tecnificado y tecnificado. De los cuatro tipos de beneficios de café, el artesanal es el que predomina, por la presencia de un alto número de pequeños productores con extensiones entre 0.7 a 35 ha. En el cuadro siguiente se describen los tipos de beneficios existentes dentro de la cuenca del río Atulapa.

Cuadro 35. Relación entre tamaño de finca y tipo de beneficio utilizado por año

Productor	Número de productores	%	Clasificación del caficultor de acuerdo a su producción (*)	Beneficio Utilizado
Pequeño	200	73.96	0 – 200 qq	Artesanal y Tradicional
Mediano	59	22.26	201 – 1000 qq	Tradicional, Semi-Tecnificado.
Grande	10	3.77	>1,000 qq	Tecnificado, Semi-tecnificado y Tradicional

\* La clasificación del caficultor de acuerdo a su producción, según ANACAFE.

En la cuenca del río Atulapa, de acuerdo a la clasificación de los productores de café descrita anteriormente, existe un total de 269 caficultores, donde el 73.96% se encuentran como pequeños productores, el 22.26% como medianos productores y el 3.77% representa a los productores grandes. Los resultados presentados son en base a los datos proporcionados por ANACAFÉ, e indican que en la cuenca del río Atulapa está dividida en pequeñas fincas, predominantemente en la zona del parte aguas Oeste, con una tenencia de la tierra minifundista, a diferencia del parte aguas Este donde se encuentra mayor número de fincas grandes. En el estudio sobre la caracterización de la cadena del café en Guatemala, elaborado por Gilles Roux y Carlos Nassar (1992) indicaron que del total de caficultores a nivel de país, el 69.1% se catalogan como pequeños productores, ellos tienen el 6.5% del área total sembrada de café en Guatemala y representa el 5.1% de la producción. Estos datos presentados son del año 1992 y actualmente sigue siendo un reflejo de la producción de café en la cuenca según el tamaño de las explotaciones, de acuerdo a la información presentada y continúa siendo una parte de la realidad de la caficultura por lo menos en el área de estudio.

Las 265 fincas registradas dentro de la cuenca, presentan una implicación ambiental, en lo referente a la existencia de un gran número de focos de contaminación, porque la mayoría de fincas tienen instalado su propio beneficio húmedo, lo que ocasiona diversos puntos de contaminación en la cuenca. Esto dificulta integrar un sistema de tratamiento de los residuos producidos por el beneficiado húmedo de café de una forma más efectiva y eficiente de lo que comúnmente se hace en la zona, que son las “fosas de sedimentación”, las cuales son funcionales en algunos casos pero en otros no, dependiendo el diseño y el tamaño de la fosa respecto al beneficio, y el mantenimiento que se debe hacer. Otro aspecto que dificulta la aplicación del Reglamento de Descargas de Aguas Residuales, es el alto número de beneficios que se localizan en la cuenca, factor que limita el control del cumplimiento del Reglamento por parte de una entidad gubernamental u organización, que busca evitar la contaminación de los ríos.

Cuadro 36. Resumen del beneficiado y producción de café en la cuenca del río Atulapa por año

No	Ubicación	Número de productores	Número de Beneficios	Área café sembrada (ha)	Producción café pergamino (kg)
1	El Duraznal. La Quebradona	68	43	192.85	732002.72
2	El Duraznal. El Río.	19	7	84.70	52302.11
3	El Duraznal. La Quebradita	14	7	28.87	61689.19
4	Plan de la Arada. Quebrada Cruz de Piedra	5	4	62.30	91853.40
5	Las Toreras. Río Atulapa.	18	11	48.65	134037.92
6	Las Toreras. Quebrada Agua Zarca	7	5	70.00	155130.18
7	Las Toreras. Paxasthal.	9	8	112.70	254694.73
8	Toreras. Antes de la Captación	18	12	85.22	165562.91
9	La Cuestona. Río Atulapa.	46	31	114.27	240542.50
10	San Nicolás. Quebrada Liquidambar	23	11	105.00	261271.89
11	Aldea Santa Rosalía.	3	5	*****	*****
12	Aldea Atulapa	0	1	*****	*****
13	Aldea La Granadilla	39	28	166.07	459902.02
	<b>TOTAL</b>	<b>269</b>	<b>173</b>	<b>1070.63</b>	<b>2246892.86</b>

Fuente: ANACAFE. 2007

Cuadro 37. Identificación del tipo de beneficio y la forma de manejo de los residuos del beneficiado en la cuenca del río Atulapa

	Tipo de Beneficio Utilizado					Evita Contaminación					
	A	T	Stec	Tec	N	Posee fosas de sedimentación		Posee Recirculación		Usa pulpa como abono	
						SI	NO	SI	NO	SI	NO
1	30	10	1	1	38	34	18	2	43	29	21
2	3	3	1	0	12	3	10	1	12	2	11
3	4	3	0	0	7	5	2	0	7	6	1
4	3	1	0	0	1	4	0	0	4	4	0
5	7	3	1	0	7	11	0	1	11	11	0
6	1	2	0	2	2	5	1	2	3	4	1
7	1	3	3	1	1	6	0	3	0	5	0
8	7	4	1	0	6	10	0	1	1	9	1
9	24	5	1	1	15	24	7	2	28	22	9
10	4	1	4	2	13	9	12	6	0	9	0
11	0	2	0	3	0	0	0	3	2	0	0
12	0	0	0	2	0	2	0	2	0	0	0
13	13	14	1	0	11	3	0	1	0	3	0
	<b>97</b>	<b>51</b>	<b>13</b>	<b>12</b>	<b>113</b>	<b>114</b>	<b>50</b>	<b>22</b>	<b>98</b>	<b>102</b>	<b>44</b>

A = Artesanal, T = Tradicional, Stec = Semitecnificado, Tec = Tecnificado, N = no posee beneficio

Fuente: ANACAFE, 2007

Como se observa en los cuadros 36 y 37, se presenta información proporcionada por ANACAFE (2007), en donde existe un total de 269 caficultores con una extensión cultivada de 1,070.63 ha que representa el 24.33 % del área total de la cuenca, lo cual difiere con el mapa de uso de la tierra del año 2007, indicando que el área cultivada de café es de 2,427.48 ha, dicha diferencia se debe a que en muchos casos los caficultores no reportan el área completa de la finca o simplemente existen áreas o fincas no registradas, pero es un base de datos que permite conocer en forma general como se encuentran los beneficios de café en la cuenca. De los 269 productores de café 173 benefician su café, que corresponde al 64.31%, lo que implica que más de la mitad de los caficultores realizan esta actividad dentro de la cuenca, el otro 35.69% venden el café en cereza. Los caficultores que venden su café en cereza, es importante indicar que la mayoría lo comercializan con otros caficultores del área, que compran y benefician el café

que comúnmente son los beneficios tecnificados ubicados en la parte baja de la cuenca, lo que implica que casi la totalidad del café cereza que se produce en la cuenca, se beneficia dentro de la misma, lo que ejerce una fuerte presión a los recursos naturales, especialmente el hídrico, por los residuos como son la pulpa de café y las aguas mieles producidas y que no son manejadas adecuadamente.

Del total de beneficios instalados dentro de la cuenca el 56.07 % se catalogan como “artesanales”, el 29.48 % se ubican entre los tradicionales, el 7.51 % son beneficios semi-tecnificados y el 6.94 % son beneficios tecnificados que se ubican en la parte baja de la cuenca. Estos beneficios procesan un total 2,247 ton de café pergamino, generando 921 toneladas de pulpa de café. El mejor manejo que se le da a la pulpa, es aplicarla en algunos casos a los cafetales sin una descomposición adecuada y sin tratamiento, en otros casos se deja sin ningún uso. Es importante mencionar que los datos de producción que se estiman corresponden a la producción de la finca del caficultor, pero dentro de la cuenca también ingresa café cereza procedente de otras áreas fuera de la cuenca, que tienen su origen en zonas aledañas cafetaleras de Esquipulas e incluso de Honduras, y son beneficiados dentro de la cuenca, aumentando el consumo de agua y generando mayor cantidad de pulpa y aguas mieles dentro de la cuenca.

De los 173 beneficios húmedos de café, el 65.89 % utiliza “fosas de sedimentación” como medio de manejo de las aguas mieles, que corresponde a un tratamiento primario, mientras que el 34.10% no poseen, implicando que las aguas mieles se descargue directamente a fuentes de agua (quebradas). De los beneficios que poseen fosas de sedimentación, muchos tienen el problema de que las fosas no son diseñadas para almacenar toda el agua utilizada en la temporada de corte, son hechas de un forma empírica sin cálculos técnicos, ocasionando que muchas veces el agua residual del beneficio se rebalse de la fosa y llegue a contaminar las fuentes de agua más inmediatas. Esto es más común en beneficios tradicionales que utilizan correteo para lavar el café y no cuentan con un sistema de recirculación de aguas servidas, porque el consumo de agua es muy alto, para lo cual es necesario un diseño de fosas de dimensiones grandes, por lo menos tres intercaladas a desnivel para contener las aguas. La desinformación, el poco

conocimiento en el diseño de las fosas y la falta de mantenimiento ocasiona que muchas veces, no funcionen adecuadamente para el tratamiento de aguas mieles en la cuenca. El reciclar las aguas servidas, hace al sistema más eficiente en el consumo de agua, al disminuirlo, lo que favorece generar una menor cantidad de aguas residuales, que pueden ser almacenadas de mejor forma por las fosas de sedimentación en una temporada completa de corte. Dentro de la cuenca del río Atulapa, solo el 12.72 % de los beneficios húmedos cuentan con sistema de recirculación de aguas servidas, donde el 7.51 %, se ubican dentro de los beneficios semi-tecnificados y sólo se cuenta con el 6.89% de beneficios tecnificados.

Según ANACAFE la pulpa de café representa el 41% del peso total del fruto, esto genera una alta cantidad de carga orgánica, que para muchos caficultores es considerado un subproducto sin valor. Del total de los beneficios húmedos de café el 69.86 % la utiliza para aplicarla en su finca en los meses de abril a junio sin tratamiento alguno, el 30.14% no la utiliza, dejándola acumulada cerca del beneficio en fosas o acumulada en cualquier área, lo cual genera mal olor y la proliferación de moscas y con el ingreso de lluvias genera lixiviados que llegan a las fuentes de agua.

#### **2.6.5.1 El beneficiado del café**

El beneficiado del café pasa por dos procesos, el primero es conocido como beneficiado húmedo, que consiste en la remoción de la pulpa de café (epicarpio) y el mucílago (mesocarpio) del fruto de café, por medios mecánicos y naturales con ayuda del agua, como recurso indispensable para dicha actividad, además de mantener la calidad en el producto. En esta etapa ocurre el mayor consumo de agua. El segundo proceso es conocido como beneficio seco, que consiste en el secado del grano, remoción del pergamino (endocarpio) y la película plateada del grano (Espermodermo), para dejar el grano en oro (endospermo). Los productores de café en la cuenca del río Atulapa, benefician el café totalmente por la vía húmeda, vendiendo su producto como café pergamino húmedo. El beneficiado seco en la cuenca del río Atulapa, corresponde sólo al proceso de secado del café pergamino húmedo. Dicho proceso se hace normalmente en los beneficios tecnificados localizados en la parte baja de la cuenca, en bodegas de café,

cooperativas agrícolas u otros lugares de compra por mayor de café ubicados fuera de la cuenca.

En la siguiente figura, se detalla cómo funciona el componente del sistema de beneficiado húmedo de café, comúnmente utilizado en la cuenca, el cual detalla los procesos básicos de esta actividad.

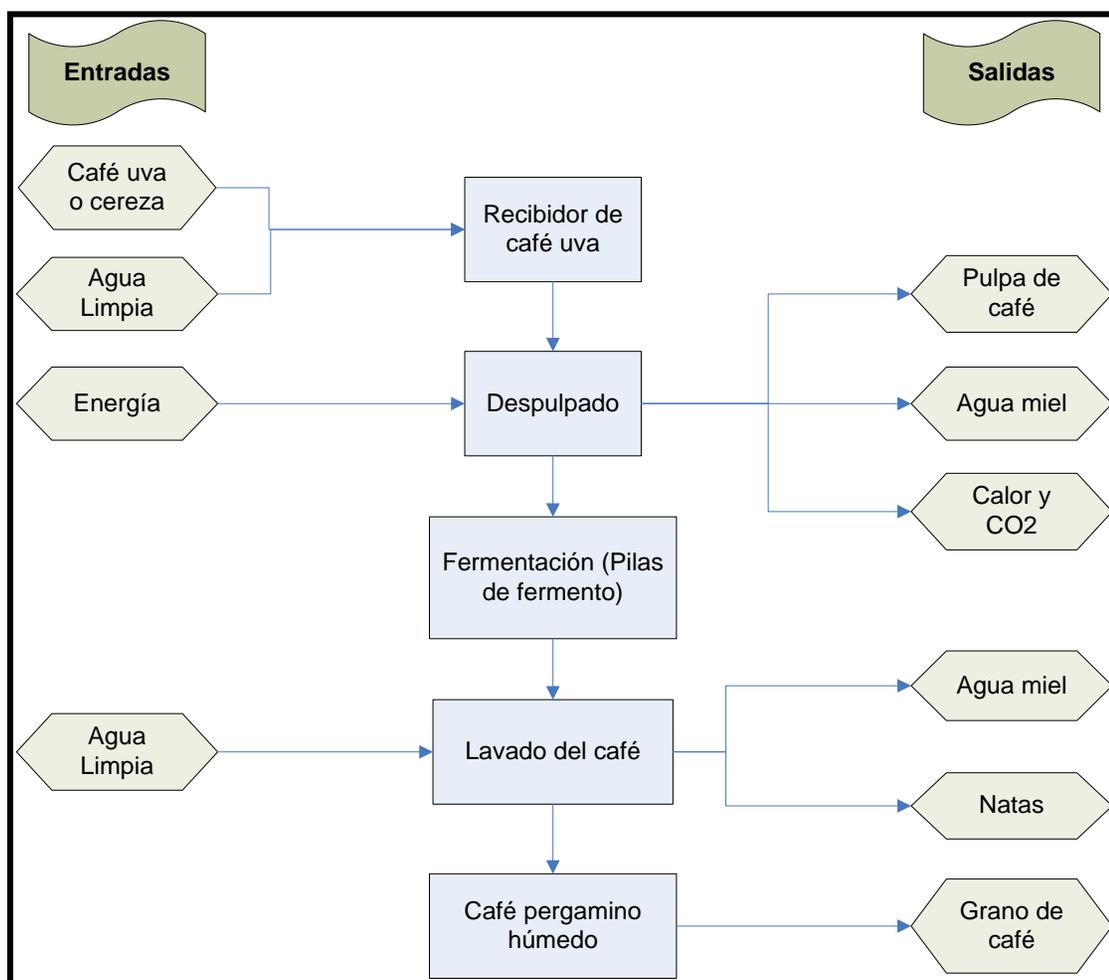


Figura 45. Sistema general del beneficiado húmedo de café

### 2.6.5.2 Consumo de agua de los diferentes tipos de beneficios

Los beneficios de café se catalogan en cinco tipos según ANACAFE: tecnificados, semi-tecnificados, tradicionales, artesanales y comerciales. La clasificación se hace de acuerdo a la infraestructura y a la eficiencia del proceso, de igual forma el consumo de agua es un factor determinante que se utiliza para clasificar los diferentes tipos de beneficios. En la cuenca del río Atulapa, se encontraron cuatro tipos de beneficios, de acuerdo a las

características mencionadas: artesanal, tradicional, semi-tecnificado y tecnificado. En base a esta clasificación se hicieron aforos a los cuatro tipos de beneficios existentes para cuantificar el consumo de agua. Es necesario indicar que los datos presentados son una estimación, que dan la pauta del consumo de agua en los beneficios de café, y no un dato exacto por la variabilidad que existe en todo el proceso. Los datos pueden variar por las siguientes causas:

- La eficiencia de la despulpadora.
- El diseño del canal de correteo.
- La eficiencia en el lavado del café.
- Determinar el punto correcto de fermento para lavado.
- La eficiencia de los operadores.

#### **A. Beneficio artesanal**

El beneficio artesanal, es el beneficio húmedo más simple en estructura y procesos, por lo que no necesita una inversión muy alta, se puede ubicar en cualquier espacio, por lo que normalmente se encuentra en el traspatio de la casa del caficultor o en algunos casos dentro de su finca. Es el beneficio que utilizan los pequeños caficultores del área y es el más usual en la cuenca. La infraestructura y equipo que utiliza, consiste básicamente una galera en la que se encuentra la infraestructura y equipo del beneficio, entre ellos una a tres pilas de fermento, un despulpador y su motor, que son las herramientas para realizar un proceso mínimo de despulpe y lavado de café.

El proceso de beneficiado húmedo, inicia con la recepción del café cereza en costales, para su traslado a la tolva del despulpador, se hace de forma manual por medio de botes de cinco galones<sup>1</sup>. En el despulpe, no todos los caficultores utilizan agua, los que utilizan lo hacen colocando un grifo en la tolva de la despulpadora o manualmente con el uso de botes. El café despulpado es depositado en una pila de fermento, dejándolo aproximadamente 24 horas según las condiciones climáticas, especialmente la temperatura ambiente del lugar que es la que regula la fermentación. Cuando el grano tiene la fermentación adecuada se procede a lavarlo. Para el lavado se llena la pila con agua por encima del grano, aproximadamente 15 cm arriba; cubierto el grano con

<sup>1</sup> Bote de cinco galones = recipientes con capacidad 18.92 litros

suficiente agua, se revuelve con una paleta o pala, actividad que comúnmente es conocido como "paleteo" que su función es eliminar el mucílago del grano y sacar a flote el grano vano, el cual se extrae por medio de zarandas o canastos plásticos para separarlo; este tipo de café se le denomina "nata". La actividad de lavado se repite dos veces más, para eliminar completamente el mucílago y dejar limpio el grano. En total se hacen tres lavadas al grano de café.

El consumo de agua en el beneficiado húmedo de café del tipo artesanal en la cuenca se estima entre 3.3 a 6.6 l/kg de café pergamino seco (150 a 300 l/qq). En la figura 46 se detalla el esquema del proceso.

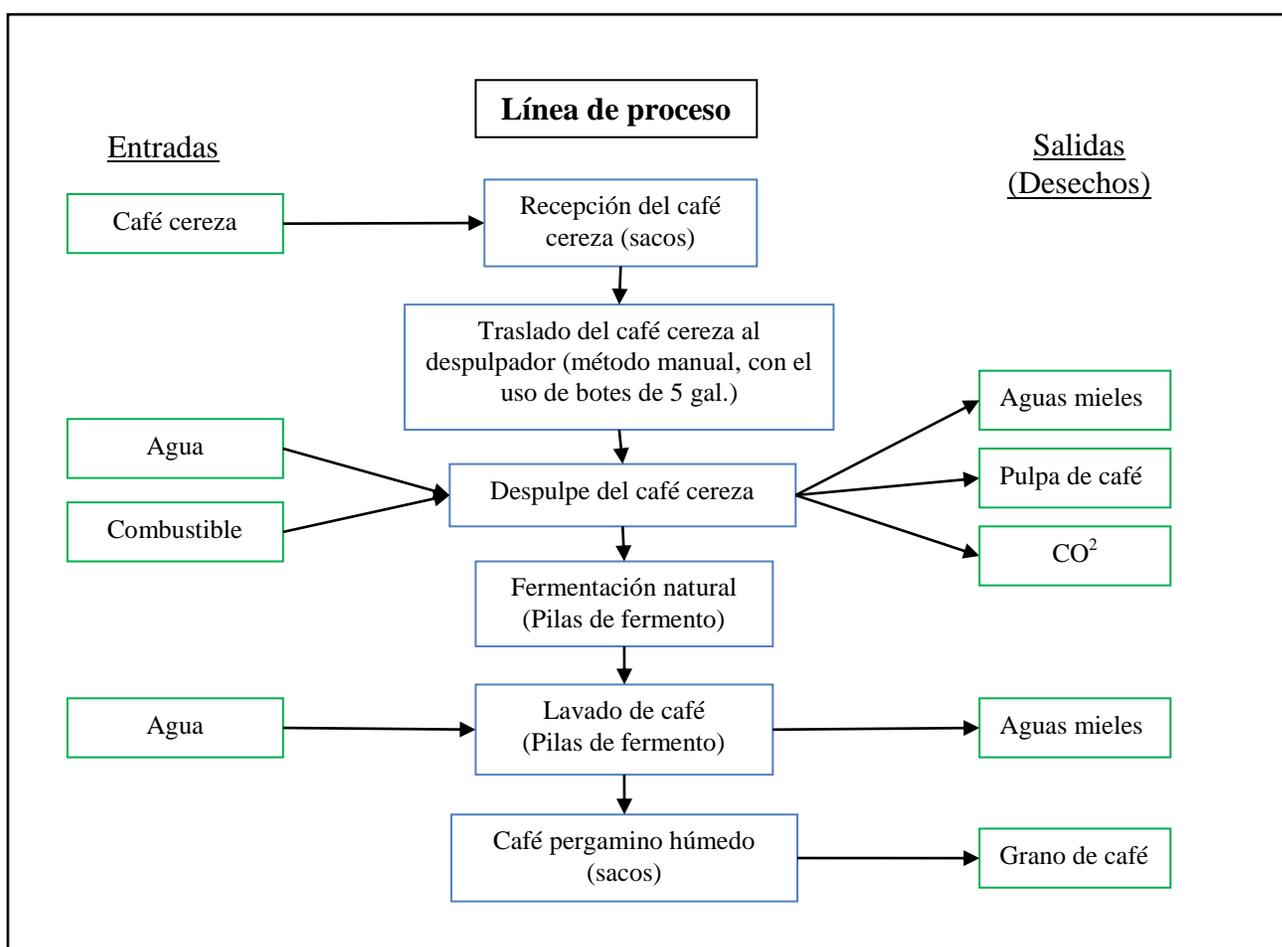


Figura 46. Esquema del proceso de un beneficio húmedo artesanal

## **B. Beneficio tradicional**

Este tipo de beneficio pertenece principalmente a pequeños y medianos productores, que se ubican en lugares cercanos a las viviendas. La infraestructura consiste en un recibidor semi-seco de mampostería, despulpador de cilindro horizontal, dos a tres pilas de fermento, canal de correteo, un separador del agua y el grano conocido como “pichacha” y pequeños patios para el secado del café.

El proceso empieza en el recibidor semi-seco de mampostería de block reforzado, el cual como su nombre lo indica recibe el café cereza llevado por los cortadores; al momento de iniciar la actividad de despulpe, se coloca una manguera o se abre un grifo en el recibidor que permite el traslado del café cereza hacia los pulperos por medio del transporte del agua. El agua que se utiliza en el recibidor también se usa para el despulpe y el traslado del grano hacia las pilas de fermento. La pulpa del café también es trasladada por medio de agua que proviene normalmente de un grifo que se ubica en donde cae la pulpa. Para el proceso de despulpado se utiliza aproximadamente un total de 14.3 a 16.5 l/kg de café pergamino seco (650 a 750 l/qq).

El lavado del grano corresponde a la última etapa del beneficiado húmedo antes del secado, actividad que consiste en la eliminación del mucílago del grano de café, utilizando la fermentación natural, proceso que consiste en dejar el grano en una pila para que las enzimas y bacterias que se encuentran en el mucílago lo fermenten, actividad que dura aproximadamente 24 horas después del despulpado, esto según la temperatura ambiental del lugar. En algunos beneficios la fermentación se hace con el agua que se utilizó para el despulpe. Cuando el grano ya tiene punto, expresión del caficultor que indica que la fermentación natural es la adecuada para eliminar el mucílago. Se procede a llenar la pila con una lámina de 10 a 15 cm encima del grano, después se "paletea" (revolver el café para facilitar que la miel del grano se suelte) por medio de una pala o paleta, que permite soltar el mucílago del grano de café y sacar a flote el grano vano el cual se extrae con la ayuda de un canasto o zaranda y se seca por separado, producto denomina “nata” que se vende como café de segunda. Terminado este proceso, en la parte inferior de las pilas se encuentran tubos de salida, los cuales se abren para sacar el grano de café al canal de

correteo, que tiene un desnivel para que corra el agua con el grano, actividad que ayuda a lavar y clasificar el café. En el canal de correteo se colocan unas tablillas, esto permite limpiar el café eliminando granos vanos, frutos secos, pequeñas ramas, granos con pulpa, que por diferencia de densidad flotan por encima del café de buena calidad que es atrapado por la tablilla, funcionando como un sistema de clasificación de calidad de café. Al final del canal de correteo se encuentra una pila de acopio o pichacha en donde escurre el agua, dejando el café nata el cual se recoge y se seca, el grano de café de calidad queda por el momento en el canal de correteo. Por último se utiliza otra cantidad de agua que por gravedad mueve el café de mejor calidad que queda en el canal de correteo, ayudado con una persona que lo empuja con una paleta para juntar el café pergamino húmedo en la pila de acopio o pichacha que hace la función de escurrir el agua del grano, para después colocarlo en sacos o pre secarlo en el patio. Para el lavado del café se utiliza una cantidad de agua aproximadamente de 5.5 a 8.8 l/kg de café pergamino seco (250 a 400 l/qq).

El consumo total del agua utilizada en la actividad de despulpe y lavado del café para obtener café pergamino seco, se estima 19.8 a 33 l/kg de café pergamino seco (900 a 1,500 l/qq) Es importante mencionar que las cantidades de agua utilizada en el beneficiado húmedo varían de acuerdo a la calidad en el diseño del beneficio, la eficiencia del despulpador y el punto correcto de fermentación del café que permite eliminar fácilmente el mucilago del grano. En la figura siguiente se detalla el proceso.

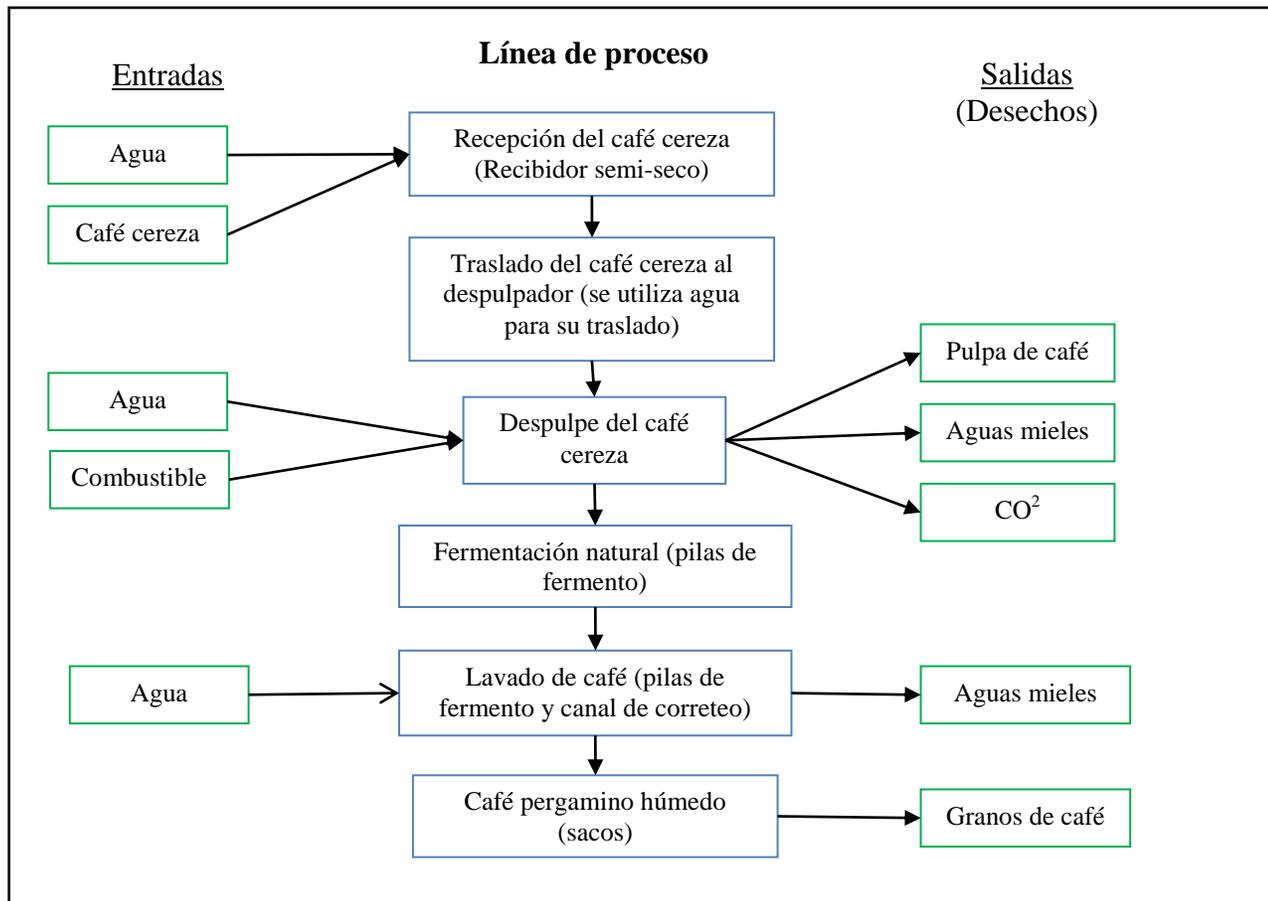


Figura 47. Esquema del proceso de un beneficio húmedo tradicional.

### C. Beneficios semi-tecnificados

Este tipo de beneficios están diseñados de forma similar a los beneficios tradicionales ya que el proceso es el mismo, con la diferencia de la utilización del sistema de recirculación. La infraestructura se compone de un recibidor semi-seco, un despulpador con su clasificador de zaranda o criba, pilas de fermento de primera, canal de correteo, trampa de pulpa para separar el agua que transporta la pulpa y un sistema de recirculación de agua que se compone de su tanque colector y bomba centrífuga.

El proceso de beneficiado húmedo de café es similar al beneficiado tradicional, lo que lo diferencia es que cuenta con un sistema de recirculación de agua. La recirculación de agua consiste en retornar el agua del proceso de despulpado y lavado por medio de una bomba centrífuga. El sistema de recirculación recolecta el agua del despulpe y lavado en un tanque colector-decantador, la cual es enviada de nuevo por medio de una bomba

hidroneumática al tanque recibidor que vuelve hacer la función de: traslado del café cereza hacia el despulpador, despulpe del fruto, el traslado del café recién despulpado hacia las pilas de fermento y para el traslado de la pulpa hacia una fosa en donde se recolecta la pulpa. Es importante mencionar que el agua que traslada la pulpa, es capturada por una trampa de pulpa, que es un “adelio” con ranuras o pichacha, que separa la pulpa del agua que la transporta, regresando el agua al sistema de recirculación y la pulpa cae por gravedad en una fosa donde se almacena. Otra forma de trabajo de un beneficio semi-tecnificado es llenar primero el tanque de recirculación con agua limpia, esta se utiliza para dar la primera lavada al café. El agua de la primera lavada del café queda almacenada en el tanque de recirculación, la cual contiene una alta carga orgánica, por lo que su consistencia es espesa y no se le da otro uso; se descarga el agua directo a la fosa de sedimentación. Para lavar por segunda vez el café se utiliza otra cantidad de agua limpia y también es enviada a la fosa de sedimentación, por último para la tercera lavada del café se utiliza otra cantidad de agua limpia, la cual se utiliza para eliminar los últimos residuos de mucilago y para juntar el café en la pichacha; esta agua se almacena en el tanque de recirculación y es la que se utiliza para el siguiente despulpe y así se repite el proceso. En total se hacen tres lavados de café. En un beneficio semi-tecnificado la actividad de despulpado de café cereza, en relación al consumo de agua se considera nula, porque es la misma que se utiliza en el lavado del café.

En el lavado del grano, el proceso es similar al descrito en un beneficio tradicional, el cual consiste en llenar con agua las pilas de fermento y lavar el café en el canal de correteo o simplemente en el correteo sin necesidad de llenar las pilas de fermento. Cada beneficio conforme la experiencia del caficultor, difieren en algunos procesos del beneficiado húmedo de café especialmente en el lavado de café, pero el principio del manejo de un beneficio semi-tecnificado es similar. El consumo de agua estimado para un beneficio semi-tecnificado es de 6.6 a 8.8 l/kg de café pergamino seco (300 a 400 l/qq).

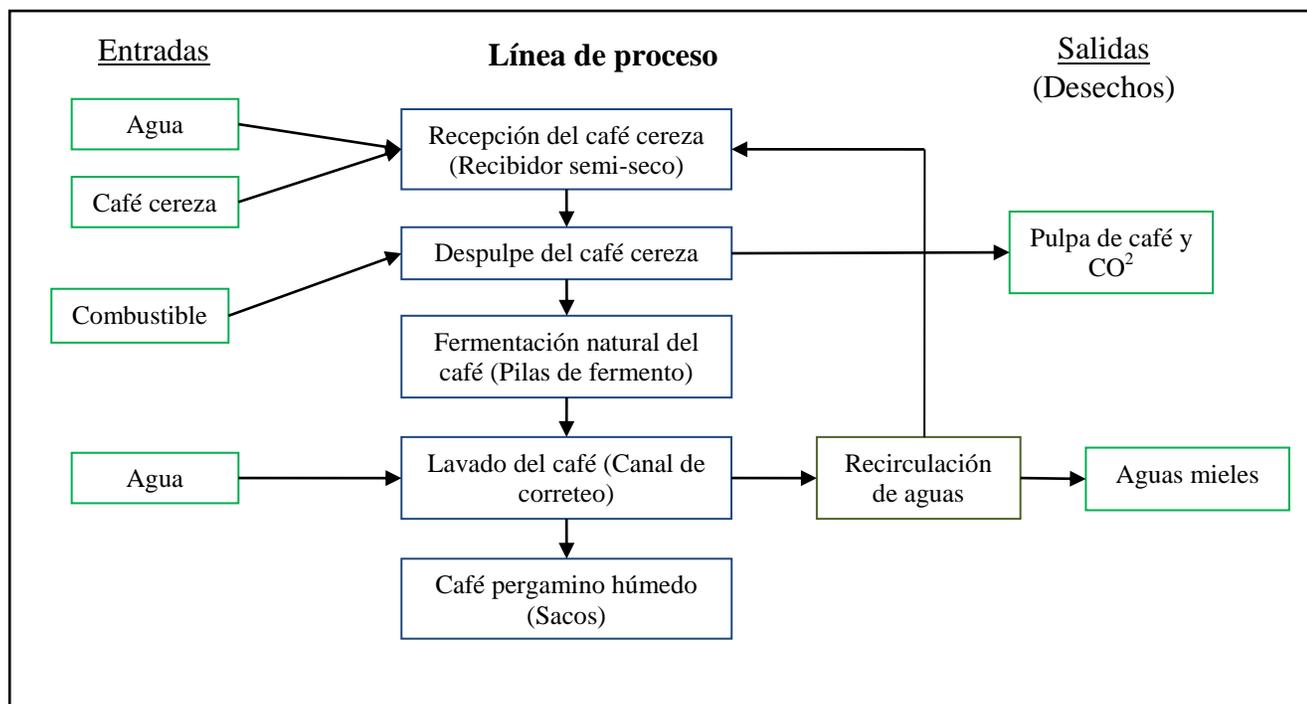


Figura 48. Esquema de un beneficio húmedo semi-tecnificado

#### D. Beneficio tecnificado

Este tipo de beneficios, se encuentran ubicados en la parte baja de la cuenca con un total de 12, lo que equivale al 6.89% del total de beneficios; procesan volúmenes grandes de café cereza provenientes de la cuenca y fuera de la cuenca. Dos de los beneficios tecnificados cuentan con beneficio seco, por lo que también compran café pergamino húmedo.

Para el proceso de un beneficio tecnificado, el equipo utilizado, la infraestructura y el diseño que posee le permite trabajar con volúmenes grandes de café cereza para beneficiarlo en menor tiempo, mejorando la eficiencia del proceso, que permite obtener un café de mejor calidad. La infraestructura de los beneficios, empieza con recibidores semi-secos, sifón para clasificar café cereza, los despulpadores de primera, segunda, tercera y los de repaso, las cribas o zarandas para limpiar el café, tornillos sin fin o canales para el traslado de la pulpa y sus separadores de agua y pulpa. Para la actividad del lavado del grano se utilizan las pilas de fermento que se clasifican de acuerdo a la calidad del café: pilas de primera, segunda, tercera y cuarta. También se utiliza desmucilagadora o

lavadora de café, canal clasificador, canal de correteo, pichachas separadoras para café de primera y segunda, bomba centrífuga para el traslado del café pergamino húmedo a un recibidor en donde posteriormente se traslada a los patios para un presecado del grano. Tanto para el proceso de despulpado y lavado de café se utiliza el sistema de recirculación de agua.

El proceso empieza con la recepción del café cereza en el tanque recibidor semi-seco, al momento de recibir el café cereza se llena un tanque recolector-decantador de agua que abastece los grifos y mangueras que se colocan en el tanque recibidor que se encargan del traslado del café cereza hacia un tanque que separa el fruto y el agua (es un tanque receptor del café cereza, que hace la función de separar el agua del fruto), el fruto es enviado al tanque sifón y el agua es devuelta al tanque recolector-decantador, formando así un sistema de recirculación específicamente para el traslado del café cereza al tanque separador; función necesaria por la alta cantidad de basura y carga orgánica que provoca el traslado del café cereza. El sifón sirve para la clasificación por diferencia de densidad del café cereza, donde el más denso es enviado a los pulperos de primera y el café menos denso flota y es enviado a los pulperos de tercera. En el proceso de despulpado, los frutos de cereza más densos son enviados a los despulpadores de primera.

Los granos de café obtenidos del despulpe son enviados a un clasificador de criba para luego depositarlos a la pila de primera, mientras que los granos con pulpa y verdes, que no pasan en la reja de la criba son enviados a los pulperos de segunda para el despulpe y después a la clasificación por criba, si hay granos que no pasan la reja de la criba, son enviados a las pilas de segunda, los que son rechazados por las cribas son nuevamente enviados a los pulperos de tercera repitiendo el proceso.

Este sistema permite clasificar el café de primera, segunda, tercera hasta de cuarta que es la menor calidad “natas”. El café en todo momento es transportado por medio de agua integrado en un sistema de recirculación. La pulpa que se genera en el proceso de despulpe, es trasladada con agua por medio de un tubo o canal para después separarla

del agua por medio de un separador de “pichacha” o tornillo sin fin. Los procesos que utilizan agua recirculada son los siguientes:

- En la actividad de despulpe para el traslado del café cereza del receptor al separador del café cereza y el agua.
- Para el traslado del tanque sifón a los pulperos.
- Para el despulpe.
- Para el traslado del café pergamino hacia las cribas y posterior a las pilas de fermento.

Para la actividad del lavado de café se comienza con el llenado de agua limpia, los tanques recolectores-decantadores que componen el sistema de recirculación. El agua es utilizada durante todo el proceso por el sistema de recirculación. Llenado los tanques del sistema de recirculación, se accionan para enviar agua a las pilas de fermento que empuja los granos de la pila hacia el canal que los conduce a la desmucilagadora, que hace la primera lavada por medio de centrifugación, después el café es trasladado al canal clasificador que separa el café limpio de primera calidad a los canales de correteo y el grano vano con pulpa y seco es enviado a un recolector. El café de primera se sigue lavando en el canal de correteo y al final de dicho canal se colocan las tablillas que hacen la última clasificación, donde el grano de calidad se queda en el canal de correteo, mientras el grano vano pasa por encima de las tablillas por diferencia de densidad (flote), depositándose en una “pichacha” para separarlo del agua, este se recoge. Por último el café de primera calidad es empujado nuevamente del canal de correteo por medio de agua hacia un tanque que envía el grano por medio de una bomba hidráulica a un recolector, como café pergamino húmedo para su posterior secado.

El consumo de agua calculado para este tipo de beneficio se estima entre 11 a 13.2 l/kg de café pergamino seco (500 a 600 l/qq). En la figura siguiente se detalla el proceso que tiene un beneficio tecnificado.

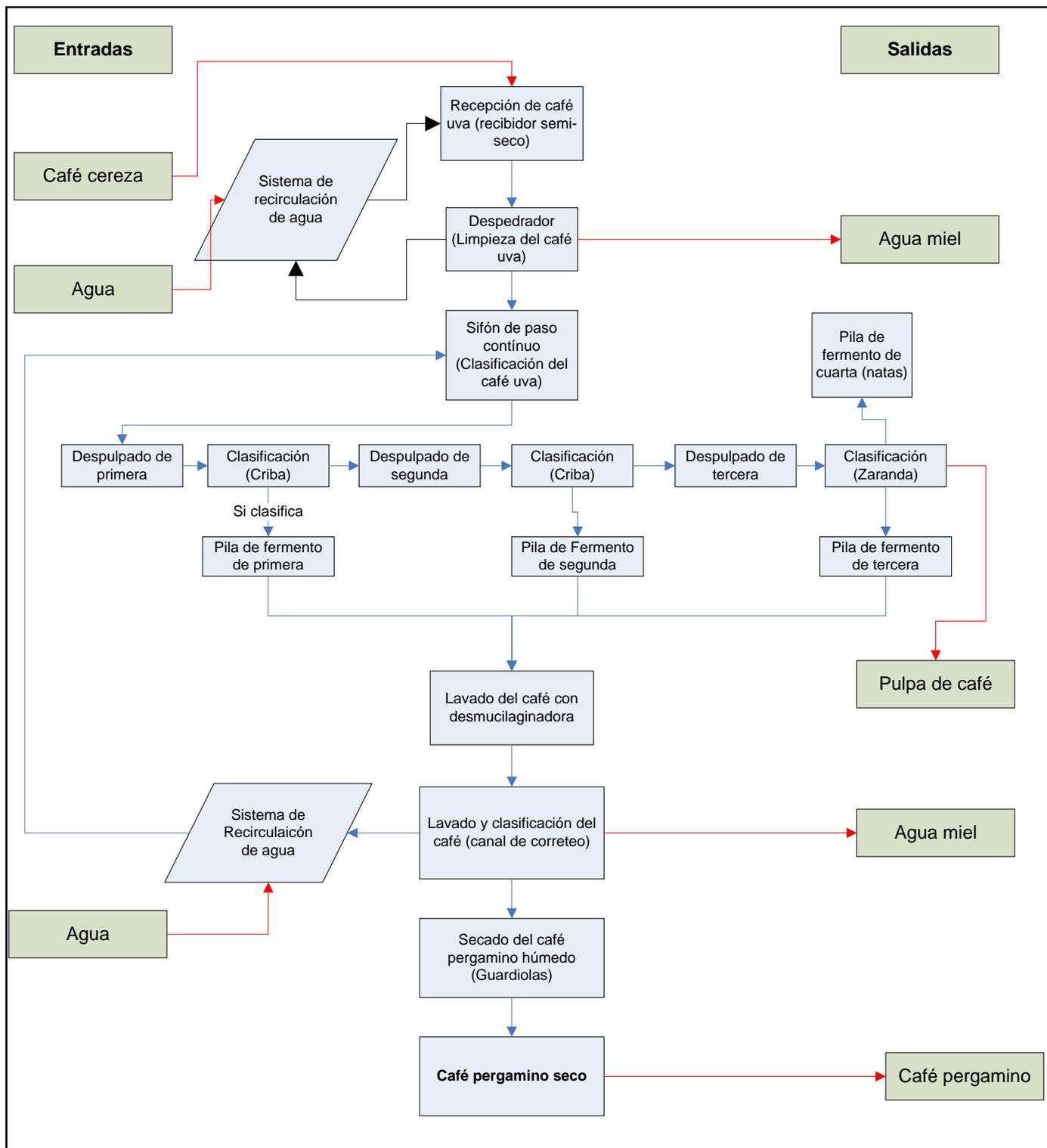


Figura 49. Esquema del proceso general de un beneficio húmedo tecnificado

### 2.6.5.3 Estimación del consumo de agua por la actividad de beneficiado húmedo por temporada de café

El consumo de agua por la actividad del beneficiado húmedo de café es una estimación que permite tener una idea de la demanda de agua a nivel de la cuenca, que por consiguiente es la misma cantidad de aguas residuales que se genera por dicha actividad, que se convierte en un peligro para el recurso hídrico, si el manejo no es el adecuado. El dato es un aproximado que puede variar por diversos factores, pero principalmente porque la producción de café no es la misma en cada temporada, además que existe la introducción de café externo a la cuenca proveniente de Honduras en algunos casos, que provoca que se beneficie más café en la cuenca y por consiguiente varía el consumo de agua. Dichas circunstancias hacen del cálculo un estimado de la cantidad de agua utilizada por tipo de beneficio húmedo de café y sirve como referencia más exacta a la que maneja ANACAFE, que no está por región y actualizada.

Cuadro 38. Consumo estimado de agua por tipo de beneficio en una temporada de café

Tipo de Beneficio	No. de beneficios	Consumo de agua/ kg de café pergamino seco.	kg café pergamino seco, producido por temporada de café	Total de agua consumida por temporada de café
Artesanal	97	5 l/kg	390, 660	1, 938 m <sup>3</sup>
<b>Tradicional</b>	<b>51</b>	<b>26.4 l/kg</b>	<b>735, 507</b>	<b>19, 458 m<sup>3</sup></b>
Semi-tecnificado	13	7.7 l/kg.	415, 948	3, 209 m <sup>3</sup>
Tecnificado	12	12.10 l/kg	463, 122	5, 615 m <sup>3</sup>

\* Cálculo con base en mediciones de campo.

De acuerdo a los datos presentados en el cuadro anterior, se estimó que la demanda de agua durante los meses de diciembre hasta abril, que corresponde a la época de cosecha y beneficiado de café, se calculó que el beneficiado húmedo utiliza 30, 220.81 m<sup>3</sup> de agua provenientes de las fuentes de agua superficiales de la cuenca para dicha actividad productiva. El beneficio tradicional es el que consume mayor cantidad de agua, a pesar de tener menor cantidad que el beneficio artesanal. Por consiguiente es el tipo de beneficio que genera mayor volumen de agua residual, representando un riesgo al recurso hídrico, por lo que se debe prestar mayor control a este tipo de beneficio, para verificar que su

actividad no provoque la contaminación del recurso hídrico. Es importante mencionar que el uso de las fosas de sedimentación en el beneficio tradicional; no son totalmente eficientes, porque carecen de un diseño en base: a la cantidad de agua que libera el beneficio y las condiciones del suelo y climáticas del lugar, hacen que la infiltración del agua residual no sea la mejor, específicamente en la parte media y alta de la cuenca. Por las características mencionadas anteriormente, las fosas de sedimentación como mecanismo utilizado para evitar que las aguas mieles sean descargadas en los afluentes de agua, no es la mejor alternativa en un beneficio tradicional, porque tienen un alto riesgo de sobrepasar su capacidad y convertirse en un punto de contaminación. Estas conclusiones se basan en observaciones de campo, en donde las denominadas “fosas de sedimentación” no tienen las dimensiones adecuadas para captar toda el agua residual generada en un mes, por lo tanto no cumplen su función eficientemente.

De los cuatro tipos de beneficios existentes, el beneficio artesanal es el de menor consumo de agua por kg de café pergamino, debido a que el proceso se hace de forma manual y no requiere agua para el traslado del café cereza y pergamino, lo cual reduce considerablemente la cantidad de agua utilizada. Otro factor que determina el bajo consumo de agua, es la forma del lavado de café que no utiliza agua continua de un grifo, a diferencia del lavado en correteo, que requiere agua en forma continua para empujar el café hacia la “pichacha”. Respecto a la calidad de café se obtiene menor calidad en un beneficio artesanal, porque no es posible hacer una clasificación adecuada del grano, ocasionando la mezcla de granos de diferentes categorías, que provoca un producto menos uniforme, afectando así la calidad. A pesar de ser el tipo de beneficio de mayor número dentro de la cuenca, no provoca la mayor contaminación, debido al bajo consumo de agua que necesita para el proceso. El problema que se identificó en este tipo de beneficio es el mal uso de la pulpa, porque comúnmente no la aplican a la finca, lo que provoca focos de contaminación por los lixiviados que produce, la proliferación de moscas y su traslado por la escorrentía en época lluviosa hacia las fuentes de agua. El beneficio semi-tecnificado es el segundo que menor cantidad de agua consume, porque en su proceso integra el sistema de recirculación de agua, el cual disminuye considerablemente su uso en un 70% a diferencia de un beneficio tradicional; también su diseño que

aprovecha la gravedad para el movimiento del fruto y grano de café, hace que el proceso sea más eficiente.

El consumo de agua en un beneficio tecnificado, según la bibliografía se cataloga como el de menor de los cuatro tipos de beneficios catalogados por ANACAFE, pero los resultados obtenidos en las mediciones hechas a los beneficios tecnificados del área de estudio, el consumo de agua es mayor que un semi-tecnificado, a pesar de contar con una infraestructura y diseño muy superior. Esta situación se explica porque este tipo de beneficio tiene la capacidad de clasificar el café en primera, segunda, tercera y cuarta categoría, pero para ello es necesario un proceso más complejo que necesita maquinaria especializada y diversos canales de correteo para el traslado del grano, lavado y clasificación; procesos que demanda mayor cantidad de agua. Entre los procesos está, el lavado de café con desmucilagadoras (maquina centrifugadora que con acción del agua elimina el mucílago del grano de café), un sistema de clasificación combinada, que hace el uso de un “caño guatemalteco” y un canal de clasificación de flujo continuo, que a pesar de ser una tecnología que reduce el consumo de agua, necesita un volumen grande para su funcionamiento, el cual está integrado a un sistema de recirculación. Las circunstancias mencionadas anteriormente propician que el consumo de agua se incremente, a pesar de contar con sistema de recirculación. La calidad de café que se logra en un beneficio tecnificado supera a los demás tipos de beneficios.

Los beneficios de café en general, consumen mayor cantidad de agua en el proceso del lavado de café y sobre todo aquellos beneficios que lo hacen por medio de los canales de correteo o de flujo continuo, que necesitan agua constante para que el grano se movilece en el canal y exista clasificación por diferencia de densidad, también requiere otra cantidad de agua para almacenar el grano en la “pichacha” de recepción. Es por ello que los beneficios tradicionales utilizan mayor cantidad de agua, cuando se integra la recirculación se reduce considerablemente el consumo. El beneficio artesanal que no utiliza canal de correteo reduce considerablemente el consumo de agua.

### 2.6.6 Calidad del agua en la cuenca del río Atulapa

Para cuantificar la calidad de agua en la cuenca del río Atulapa y definir qué implicaciones tiene la caficultura en dicho recurso, se tomaron muestras en dos períodos: época sin corte de café a partir del mes de mayo a noviembre y época de corte que corresponde a la actividad de beneficiado del café a partir del mes de diciembre a abril. Los puntos de muestreo se ubicaron de acuerdo a los siguientes criterios:

- Mayor concentración de beneficios cercanos a una fuente de agua.
- Consulta a los pobladores para que indicaran los sitios con mayor contaminación por aguas residuales del beneficiado.

Cuadro 39. Identificación de los puntos de muestreo para agua residual

Punto	Ubicación
Punto 1	Denominado por los pobladores como La Quebradona, que se ubica en el caserío El Duraznal.
Punto 2	Río Atulapa en el caserío El Limón.
Punto 3	Quebrada que se ubica a la vecindad de la escuela del caserío La Cuestona.
Punto 4	Punto de aforo del río Atulapa.

El primer punto es la quebrada que se origina en la zona protegida de la Biósfera Fraternidad en el área que conforma la aldea El Duraznal, y tiene la característica que recorre todo el centro de la aldea, en la cual se encuentran varios beneficios de dicha aldea.

El punto dos se ubica sobre el río Atulapa, en la parte media-baja de la cuenca. En esta área prácticamente está conformado el río y en la parte superior del área de muestreo se encuentran numerosos beneficios importantes del área.

En el punto tres se ubica en una quebrada, que discurre a la vecindad de la Escuela del caserío La Cuestona; este punto se seleccionó en base a la información proporcionada por los habitantes del caserío, pues indicaron que la Quebrada, en las temporadas de cosecha de café se contamina frecuentemente con aguas mieles, debido a que arriba del

punto de muestreo, existen varios beneficios que descargan sus aguas residuales y pulpa de café sobre el curso de agua local.

En el punto cuatro, se ubica debajo del puente de nombre “Atulapa”, correspondiente a la parte baja de la cuenca. Este punto se seleccionó para verificar la calidad de agua, debido a que en la parte más baja a este punto, no existen beneficios húmedos de café a la fecha del estudio, considerando el lugar adecuado para medir la presencia de contaminantes por la actividad cafetalera, a nivel de toda la cuenca.

En la siguiente figura se muestra los puntos de muestreo seleccionados, y como se puede observar el punto cuatro de muestreo, se ubica cerca del punto de aforo

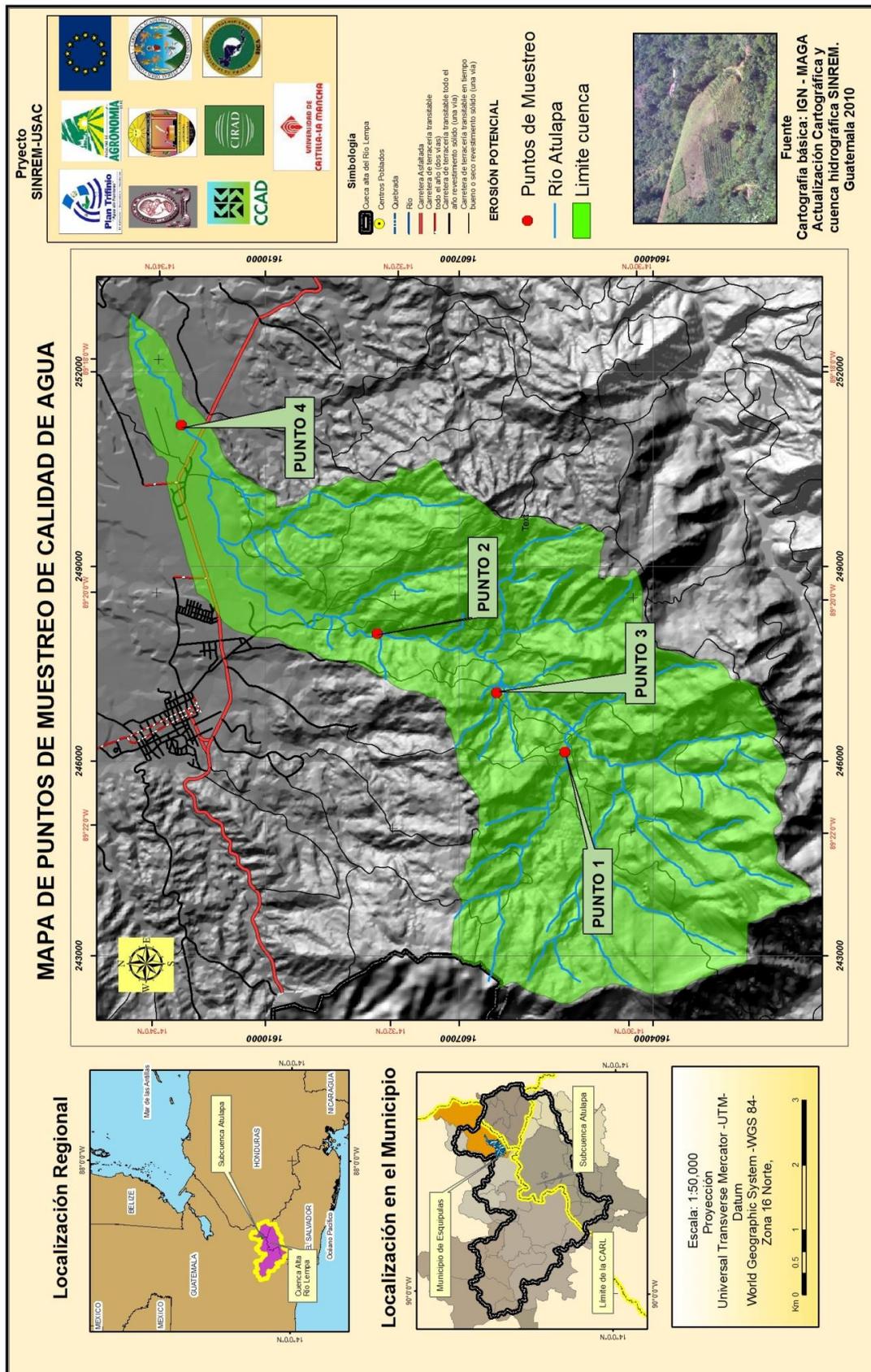


Figura 50. Mapa de ubicación de los puntos de muestreo sobre calidad

En el cuadro 40, 41, 42 se presentan los resultados de laboratorio obtenidos en los muestreos practicados en el río, sobre calidad de agua en las dos épocas de muestreo: época sin corte y época de corte, que es el período de mayor actividad en el beneficiado de café. Al mencionar época de corte se refiere a la cosecha de café y la época sin corte es cuando no se está cosechado el grano.

Cuadro 40. Resultados de análisis de agua residual del río Atulapa 2008.

Parámetros	Unidad	Norma COGUANOR	Punto 1		Punto 2	Punto 3		Punto 4	
		LMA - LMP	Época sin Corte	Época de Corte	Época de Corte	Época sin Corte	Época de Corte	Época sin Corte	Época de corte
pH	***	6.5- 9.2	7.22	<b>7.46</b>	7.23	6.60	<b>4.72</b>	6.77	<b>7.17</b>
Conductividad	µS/cm	50 – 1500	39.72	<b>45.00</b>	43.20	52.52	<b>124.70</b>	36.23	<b>50.10</b>
DQO	mg/l	***	15.00	<b>45.00</b>	50.00	10.00	<b>370.00</b>	15.00	<b>8.64</b>
DBO	mg/l	200	7.33	<b>7.80</b>	9.00	8.34	<b>75.90</b>	8.85	<b>55.00</b>
Sólidos Sedimentables	mg/l	***	<0.1	<b>&lt;0.5</b>	<0.5	<0.1	<b>0.60</b>	<0.1	<b>&lt;0.5</b>
Sólidos Suspendibles	mg/l	3500	64.00	<b>0.002</b>	0.002	72.00	<b>0.008</b>	76.00	<b>0.026</b>
Sólidos Totales	mg/l	500 – 1000	76.00	<b>68.00</b>	96.00	135.00	<b>246.00</b>	93.00	<b>70.00</b>
Fósforo	mg/l	700	< 0.50	<0.10	<0.10	< 0.50	0.80	< 0.50	0.10
Nitrógeno	mg/l	1400	0.30	0.50	0.30	1.10	1.30	0.30	0.10
Grasas y Aceites	mg/l	1500	***	***	***	***	***	0.07	***

Fuente: Laboratorio de Análisis Instrumental de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia

Cuadro 41. Características químicas presentes en el río Atulapa en el mes de septiembre de 2008

PARÁMETRO											
Punto de muestreo	Coord. UTM	Altitud msnm	Mes de muestreo	As mg/l	Cd mg/l	Cu mg/l	Cr mg/l	Hg mg/l	Ni mg/l	Pb mg/l	Zn mg/l
Punto 4	251190 1611260	890	Septiembre	Nd							

As = Arsénico, Cd = Cadmio, Cu = Cobre, Cr = Cromo, Hg = Mercurio, Ni = Níquel, Pb = Plomo, Zn = Zinc  
Nd = no detectado.

Fuente: Laboratorio de Análisis Instrumental de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia.

Cuadro 42. Elementos contenidos en las aguas del río Atulapa en dos épocas de muestreo en el 2008

Época	pH	µS/m C.E.	Ca mg/l	Mg mg/l	Na mg/L	K mg/l	Cu mg/l	Zn mg/l	Fe mg/l	Mn mg/l	RAS	Clase de agua
Época de cosecha	6.9	75.80	0.25	0.19	0.28	0.09	0.00	0.00	0.10	0.00	0.60	C1S1
Época sin cosecha	5.3	132.4	0.37	0.23	0.26	0.53	0.00	0.00	2.30	0.30	0.47	C1S1

C.E.= Conductividad eléctrica, Ca = Calcio, Mg = Magnesio, Na = Sodio, K = Potasio, Cu = Cobre, Zn = Zinc, Fe = Hierro, Mn = Magnesio.

Fuente: Laboratorio de Suelo, Planta y Agua, Salvador Castillo Orellana.

### 2.6.6.1 Potencial de hidrógeno (pH)

Describe la concentración del ion  $H^+$  y el ion  $OH^-$ , y dependiendo la concentración de los iones, se define la acidez o alcalinidad de un líquido. El agua utilizada para la actividad de despulpe y lavado de café sufre un proceso de acidificación, reduciendo un pH normal de 6 a 7 a un pH de 4 a 5. La reducción del pH es porque el fruto del café, específicamente la pulpa y el mucílago, contienen ácidos orgánicos (ácido clorogénico y ácido cafeico) que en contacto con el agua la acidifican. Un pH ácido en las muestras es un primer indicador sobre la presencia de aguas mieles. Los resultados de los análisis de agua residual, mostraron que los niveles del pH se mantuvieron en neutro en los períodos sin beneficiado de café, pero en época de beneficiado se detectó en el punto tres de muestreo, una reducción de pH de 6.60 a 4.70, confirmado la presencia de aguas mieles en el agua. En los otros puntos de muestreo el comportamiento del pH no varió de forma considerable. Los valores extremos en el pH pueden causar muerte en los peces, alteraciones drásticas en la calidad de agua por reacciones químicas.

### **2.6.6.2 Conductividad eléctrica**

La conductividad es una medida del agua para la conducción de la electricidad, el grado de conductividad indica la cantidad de iones disueltos en el agua. El mucílago contiene iones de Ca, K y Mg, que al ser removido por el agua en el despulpe y lavado de café, ocasiona que el agua adquiera una mayor concentración de iones en solución, incrementado así la conductividad eléctrica en las aguas mieles. El aumento de la conductividad en los tres puntos de muestreo durante la época de corte de café, es asociado al fenómeno conocido como efecto de dilución, que consiste en una concentración de sales mayor en el agua, en la época seca que en la época lluviosa, por la reducción del caudal, lo cual provoca que exista un mayor número iones en un volumen menor de agua. Pero en el punto tres y cuatro los valores se encuentran arriba de 50  $\mu\text{S}/\text{cm}$  como límite máximo aceptable, sobre todo en el punto tres que corresponde a una quebrada, a lo cual ya no se le puede atribuir al fenómeno de dilución, porque el cambio es muy drástico, lo que refuerza la existencia de aguas residuales de café. En el punto cuatro que corresponde al punto de aforo, existe un incremento de 36.23 a 50.10  $\mu\text{S}/\text{cm}$  que sobrepasa el límite máximo aceptable (LMA), que se le puede atribuir a la presencia de aguas mieles en el río, pero aun así el valor es bajo y no sobrepasa el límite máximo permisible (LMP), que puede ser por causa de cantidades descargadas bajas o la dilución de las aguas mieles en el caudal. Otro fenómeno que dificulta también detectar la presencia de aguas mieles en un afluente, es la oxigenación natural del río, el cual es un proceso de recuperación natural ante la contaminación.

### **2.6.6.3 Demanda química de oxígeno (DQO)**

Este parámetro indica la cantidad de oxígeno consumido para la oxidación de materiales orgánicos e inorgánicos disueltos en agua, medido por la cantidad de oxígeno consumido. Altos valores indican la presencia de volúmenes grandes de carga orgánica e inorgánica que utilizan el oxígeno disuelto en el agua para el proceso de oxidación, provocando que las aguas bajen sus niveles de oxígeno afectando así la vida acuática y la calidad del agua. De acuerdo a los resultados de los análisis de agua, la DQO presenta valores en la época sin cosecha de café entre 10 y 15 mg/l, indicando ya problemas de contaminación, de acuerdo a los rangos adecuados que se sitúan entre 1 a 5 mg/l. Un factor importante

que afecta la calidad de agua, es la carencia del servicio de alcantarillado o drenajes para las aguas servidas, las cuales son liberadas a las corrientes de agua en muchas de las viviendas, en otros casos existen letrinas de fosas ciegas, lo cual minimiza el impacto, pero es necesario implementarlo a la totalidad de las viviendas de la cuenca que carecen del servicio. La falta de un sistema de alcantarillado o la implementación de letrinas, ocasiona un daño en la calidad de agua, no reflejado de forma drástica en las características físico-químicas, pero sí en las microbiológicas. Con la llegada de trabajadores para la cosecha de café, también representa un factor importante de contaminación, por la falta de acceso a servicios sanitarios en lugar donde se les da hospedaje. En la época de cosecha de café, aumenta los valores de 15 a 45 mg/l indicando un aumento considerable en el punto uno. El punto dos de muestreo se obtuvo un valor de 50 mg/l que se ubica río arriba y el punto uno con 45 mg/l que se ubica río abajo, se observa una disminución, que se puede deber a condiciones de oxigenación natural del río. El resultado de DQO en el río, contribuye a confirmar la presencia de aguas mieles, por el incremento considerable entre las dos épocas muestreadas, pero es necesario compararlo con la DBO, que es más específica para cargas orgánicas. El punto tres de muestreo vuelve a evidenciar los problemas de contaminación por la presencia de una alta demanda de oxígeno que existe. Es evidente que los mayores caudales de los ríos disminuyen considerablemente los valores, por el efecto de dilución, como se puede observar en el punto tres y el dos, donde el punto tres (quebrada) aporta valores altos de carga orgánica, la cual se diluye al mezclarse con el caudal del río como se observa en el punto dos, fenómeno que es evidente en los demás parámetros. Dicho fenómeno, es causado por el efecto de dilución y la oxigenación natural del río, que por el tipo de cauce bastante accidentado, hace que el río tenga una buena oxigenación natural del agua.

#### **2.6.6.4 Demanda biológica de oxígeno (DBO)**

La DBO mide la cantidad de oxígeno consumido para la degradación bioquímica aerobia de la materia orgánica. Es una medida indirecta del contenido de materia orgánica en aguas residuales que se determinan por la cantidad de oxígeno utilizado en la bioquímica de la materia orgánica biodegradable durante un período de cinco días y a una temperatura de 20 °C. Parámetro que indica la presencia de material orgánico en el agua,

por tanto es el parámetro más importante para indicar la presencia de aguas mieles y pulpa de café en el agua del río, por ser componentes totalmente orgánicos, a diferencia de la DQO que combina componentes inorgánicos. De manera que el parámetro DBO se considera el principal indicador de la presencia de aguas mieles y pulpa de café en las corrientes de agua. De acuerdo a los resultados obtenidos, los valores se encuentran debajo de los niveles permisibles por las normas COGUANOR (200 mg/l). En el punto tres hasta el momento se ha identificado como posible afluente contaminado por aguas mieles; en base a los resultados en la época sin corte de café en comparación con la época de corte de café, existe un incremento de 67.56 mg/l, razón que confirma la presencia de aguas residuales en el punto tres de muestreo. Dichos resultados confirman que la contaminación encontrada en el punto tres de muestreo, se debe a la descarga de materiales orgánicos, que por características del olor muy peculiar que tienen las aguas mieles y pulpa de café en el momento de muestreo, indican la presencia de aguas mieles en la quebrada muestreada. También se puede observar que en el punto cuatro, existe un cambio considerable de 8.85 a 55.00 mg/l, mientras que en el punto uno en donde no se encontró rastros de contaminación se obtuvo valores de 7.33 a 7.80 mg/l en las dos épocas de muestreo. El punto uno, que es un afluente conocido como "La Quebradona", que corresponde a la parte alta de la cuenca, se ha prohibido beneficiar café debido a una demanda hecha por contaminación, situación que ha provocado que menor número de caficultores beneficien su café. Dichas circunstancias son reflejo de los resultados obtenidos en el punto uno, que no demuestran cambios circunstanciales en los valores obtenidos en los parámetros analizados. En conclusión los manantiales de la parte alta de la cuenca se consideran libres de contaminación por actividad del beneficio de café, mientras que en el punto cuatro, se observa la presencia de contaminación por la actividad del beneficiado húmedo de café ya en la conformación del río Atulapa, no en valores alarmantes que sobrepasen las normas COGUANOR o del Reglamento de Aguas Residuales, pero demuestra que existe contaminación, porque cambia el valor normal de DBO que se registró en el río, en la época sin corte de café, el cual se esperaba que fuera similar o sin un cambio muy alto en la época de corte, si no existiera contaminación. Los resultados de DBO obtenidos en el río no sobrepasa los límites permisibles, que puede ser por motivos como, la capacidad de recuperación del río a través de la

oxigenación natural del agua, el efecto de dilución que provoca que los niveles de contaminación disminuyan del sitio de descarga del agua residual al ingresar al río, como se puede observar en los valores obtenidos entre el punto tres (75.9 mg/l) y el punto dos (9.0 mg/l), característica mencionada anteriormente. Otra característica que puede ser un factor que regule mantenga valores bajos en los parámetros mencionados, son las descargas de aguas residuales que liberan los beneficios no se hacen con una frecuencia continua, permitiendo una recuperación rápida del río, o las descargas no son volúmenes grandes que provoquen contaminación arriba de los límites permisibles.

Otra característica que se observa en el punto cuatro (lugar cercano al punto de aforo), es el nivel de DBO aumentado, lo cual indica que entre el punto dos y el cuatro existen descargas de aguas mieles considerables, con un aumento de 46 mg/l. Esta característica puede deberse que en la parte media baja y baja de la cuenca existen los beneficios grandes, los cuales pueden estar liberando sus aguas residuales o también puede atribuirse a contaminación provocada por aguas residuales domiciliarias de las aldeas San Nicolás y Santa Rosalía. La aseveración última no se aplica totalmente debido a que la aldea San Nicolás y Santa Rosalía si cuentan con sistema de alcantarillado de aguas residuales. El estudio realizado por Fong, M en el 2008, el cual realizó un muestreo de agua en el río Atulapa en dos épocas, una en septiembre y otra en marzo, obtuvo resultados de DBO de 7.2 y 19.2 mg/l. Esto demuestra que el cambio de DBO en dicha investigación no es tan drástico como el observado en esta investigación. Dichas circunstancias, implica que el aumento en la DBO, es consecuencia de la descarga de aguas residuales del beneficiado húmedo de café (aguas mieles), sobre todo en la parte media de la cuenca.

#### **2.6.6.5 Sólidos sedimentables, suspendidos y totales**

Los sólidos indican materiales orgánicos como inorgánicos que son arrastrados por las corrientes de agua. Altas concentraciones limitan la penetración de luz, disminuyen el oxígeno disuelto y el desarrollo de la vida acuática. Las aguas mieles tienen alto contenido de sólidos, en el caso de los suspendidos se tienen reportes de 600 a 3000 mg/l, en análisis hechos en los sitios de desfogue de diferentes beneficios húmedos de café. En

los análisis de agua del río Atulapa, los valores obtenidos se encuentran muy por debajo de los límites permisibles por la norma COGUANOR, sobre todo en los sólidos suspendibles, reportando el valor más alto de 76 mg/l. En los sólidos totales el valor más alto obtenido se encontró en el punto tres con un valor de 246 mg/l y el límite máximo aceptable es 500 mg/l, a pesar de ser el sitio identificado con problemas de contaminación de aguas residuales del beneficio de café, pero comparando este resultado con los límites permisibles para sólidos totales establecidos por la norma de Calidad de agua de México, establece que el agua entre los valores de 150 a 400 mg/l se considera contaminada. Comparando este rango con el punto tres de muestreo, se tomaría como un punto con contaminación. Pero a pesar de ello la norma en la que se rige el país, es la COGUANOR, la cual indica en el caso de sólidos totales, que el punto tres está lejos de llegar al Límite Máximo Aceptable (LMA), aseverando que no existen problemas severos de contaminación y que la calidad de agua es aceptable, basándonos en dicha norma.

De acuerdo a los resultados obtenidos con los sólidos en los análisis de agua, dan la pauta que el agua residual, proviene de una o varias “fosas de sedimentación” rebalsadas, debido a la baja concentración de los sólidos sedimentables y suspendibles, lo cual es muy factible en el área, porque las fosas no tiene la capacidad para almacenar el agua utilizada durante toda la temporada de cosecha de café, por las condiciones de alta humedad existente en el suelo y la baja infiltración de dicha zona, lo cual dificulta que una fosa sin diseño, tenga la capacidad de almacenar el agua miel de una temporada de corte de café, sobre todo si es un beneficio tradicional, que tiene el mayor consumo de agua entre los cuatro tipos de beneficios que se catalogan en la cuenca.

#### **2.6.6.6 Fósforo total y nitrógeno total**

Los valores de los análisis, se encuentran muy por debajo de los límites aceptables por la norma COGUANOR y el Reglamento de aguas residuales. Para el nitrógeno total se acepta debajo de las 1,400 mg/l y por parte del fósforo debajo de las 700 mg/l. En los análisis practicados el valor más alto encontrado es de 1.30 mg/l y para el fósforo es de 0.80 mg/l, en el punto de muestreo número tres, lugar que se identificó con el mayor nivel de contaminación por la actividad de beneficiado, de acuerdo a los parámetros

anteriormente evaluados; pero en relación a los contenidos de fósforo y nitrógeno son valores muy bajos para catalogarlos como riesgosos en estos parámetros analizados. Esto demuestra que problemas de contaminación por nitrógeno y fósforo, no se encuentra en rangos que afecten la calidad de agua. En la investigación sobre la contaminación de beneficios de café elaborado por el Centro de Producción más Limpia en el 2008, los análisis de agua residual realizados en los sitios de desfogue de los beneficios, obtuvieron valores de 4 a 25 mg/l para el nitrógeno total y 0.4 a 8 para el fósforo total. De acuerdo con estos datos presentados, si los niveles en si son bajos en los sitios de desfogue del beneficio, al diluirse en los afluentes y la circulación del agua que es un proceso de recuperación natural, puede ser el motivo más acertado que indica el porqué de los niveles bajos detectados en los afluentes de la cuenca.

Con base en la información de los parámetros analizados, se interpreta el problema de contaminación detectado en el sitio de muestreo tres, como causa del rebalse de una fosa de sedimentación, conjugado con la dilución de la contaminación por la mezcla de las aguas residuales con las aguas limpias provenientes de la quebrada y la recuperación natural del agua, que provoca que los resultados de los análisis de aguas residuales no sean tan altos, específicamente en los resultados de nitrógeno y fósforo.

En análisis de agua hechos en descargas de beneficios húmedos de café, en un estudio realizado por el Centro de Producción más Limpia en 2007, reportaron valores de nitrógeno entre 25 a 4 mg/l y en fósforo entre 8 a 0.4 mg/l. Al igual en un estudio hecho por ANACAFE en un beneficio húmedo ubicado en el caserío El Duraznal perteneciente a la cuenca; se encontró incrementos en las cantidades de nitrógeno (N) y fósforo (P) en el sitio de desfogue del beneficio en los valores 420 mg/l en N y 158 mg/l en P. Estos estudios proveen de información sobre el contenido de N y P que las aguas residuales del beneficiado húmedo tienen, y por tanto es un agua enriquecida por nutrientes, que al ser vertidas en las corrientes de agua superficial, se desarrolla el proceso de eutrofización, lo cual provoca que se exista un desarrollo acelerados de zooplancton y plantas superiores acuáticas que provocan un desequilibrio en el ecosistema acuático.

En relación a los valores obtenidos en esta investigación se encuentran muy por debajo de los valores reportados en los estudios mencionados, incluso en el punto tres que es el lugar con los niveles más altos de los parámetros evaluados. Pero es difícil indicar que no existe contaminación, de acuerdo a los parámetros establecidos por la Norma COGUANOR, porque establece como límites para el N en 1,400 mg/l y en P 700 mg/l, pero si los comparamos con los niveles obtenidos en la descarga del agua residual de un beneficio ubicado en la cuenca (420 mg/l en N y 158 mg/l en P), no sobrepasan los límites permisibles, lo cual no tiene lógica, e indica que los niveles establecidos en dicha norma especialmente el N y P están sobrestimados.

Si se analiza comparar los valores observados con el Reglamento de Aguas Residuales, se puede observar que los niveles de N y P deben ser menores de 20 y 10 mg/l, para ser descargado en un afluente, el cual entrará en vigor hasta el año 2,024 que corresponde a la etapa cuatro del reglamento. En tal caso cada beneficio debe contar con un sistema de tratamiento de sus aguas residuales, de tal forma que cumpla con los parámetros oficiales.

En el caso de los valores reportados en esta investigación, los niveles de N y P son muy bajos, y no implican un riesgo en el enriquecimiento de nutrientes al agua, que provoque eutrofización. Pero también comprueba que en el punto tres, lugar que se encontró los niveles de contaminación más altos del total de puntos analizados, el agua residual proviene del rebalse de una fosa de sedimentación o absorción.

#### **2.6.6.7 Metales pesados**

La importancia de detectar y cuantificar la presencia de los metales pesados, tiene que ver con los daños que estas sustancias pueden provocar en la salud de las personas. La presencia de metales pesados en la cuenca del río Atulapa, es imperceptible de acuerdo a los análisis de agua realizados en el mes de septiembre, que corresponde a la época sin cosecha. En la época de cosecha no se muestreó para análisis de metales pesados, por qué la actividad de beneficiado de café no tiene implicaciones en la contaminación por metales pesados (CPLG. 2007). Estas conclusiones se basan en la investigación hecha por la “Organización de Producción más Limpia” en el tema de la contaminación de aguas

mieles en fuentes de agua en el 2007. Se hicieron muestreos de metales pesados en el desfogue de cuatro beneficios y en ninguno de ellos existieron niveles que sobrepasaran los límites permisibles. Dichos resultados indican que la actividad de beneficiado húmedo de café no tiene implicación en la contaminación por metales pesados.

#### **2.6.6.8 Comportamiento de la contaminación en la cuenca del río Atulapa**

En la temporada de café 2008 – 2009, los resultados de los análisis de aguas residuales, no varían de manera significativa, excepto en el punto tres de muestreo que si existe una diferencia significativa entre los valores; evidenciado claramente en los resultados de DBO y DQO que demuestran la presencia de una alta carga orgánica, producto de las aguas mieles, confirmándolo con los resultados de los otros parámetros. Los valores no sobrepasan los límites permisibles de las norma COGUANOR y el Reglamentos de Descargas y Rehúso de Aguas Residuales y la Disposición de Lodos, pero se aprecia un incremento considerable que indica que las aguas presentan cambios a sus condiciones normales. La corriente de agua del punto de muestreo tres se ubica cerca de varios beneficios tradicionales y se encuentra en la parte media de la cuenca en los caseríos de La Cuestona y Las Toreras, comunidades que tienen el mayor número de beneficios húmedos de tipo artesanal y tradicional de todas las comunidades de la cuenca, con un total de 78. Esta gran cantidad de beneficios provoca que en la parte media de la cuenca se observen los mayores problemas de contaminación por aguas residuales del beneficiado húmedo de café.

De acuerdo a las visitas de campo y consultas con caficultores del área, la problemática de la contaminación del río Atulapa por las aguas mieles o residuales del beneficiado, ha existido desde que cultivan y benefician el café, evidenciado recientemente en una denuncia puesta en el 2006 a la Unidad del Medio Ambiente de la Municipalidad de Esquipulas, por personas de las comunidades de la parte baja de la cuenca, por la alta contaminación del río producto de la actividad cafetalera. Esta situación ha provocado un mayor control ante la problemática, lo cual ocasionó que algunos caficultores medianos, dejaran de beneficiar café, prefiriéndolo vender el café en cereza a los beneficios tecnificados ubicados en la zona baja de la cuenca y otros que están fuera de la cuenca.

Es importante mencionar que este cambio, no solo se debe por los efectos de la contaminación, también se debe al factor económico, porque según caficultores de la zona no existe una diferencia significativa en la ganancia entre vender café pergamino húmedo o café cereza, esto se explica porque el trabajo que se hace para beneficiar un quintal de café cereza no se ve recompensado en el precio. La disminución del beneficiado húmedo en la parte media y alta de la cuenca puede ser una causa que contribuye a la disminución de los problemas de contaminación. También es necesario mencionar que el muestreo en la época correspondiente a la actividad del beneficiado húmedo de café se hizo en un solo día, donde la temporada abarca cuatro a cinco meses en toda la cuenca, y a pesar de ello se detectó en un lugar la presencia de contaminación por aguas mieles, no a niveles altos, pero da un indicio de la existencia de caficultores que continúan liberando sus aguas residuales a quebradas, fuentes de agua o el río Atulapa, no a niveles alarmantes como en el año 2006 o posteriores, pero se debe trabajar para evitar que se sigan descargando aguas residuales que afectan la vida acuática del río, la calidad del agua para las personas, de manera que se tenga una actividad productiva más sostenible.

Existe dificultad para identificar la problemática por medio de los muestreos de agua residual, porque los beneficios trabajan en diferentes días y horas, incluso en la noche, lo que hace que las descargas de aguas mieles en el río no tengan fecha y hora definida, presentándose de manera aleatoria. Para entender lo indicado se cita un ejemplo a continuación: dos o tres beneficios medianos despulpan en la mañana y en la noche lavan café, descargando aguas mieles a las corrientes de agua durante la noche, el río presenta una contaminación alta durante la noche pero por la circulación del agua arrastra los desechos de los beneficios, en la mañana siguiente aparece el río sin mayor rastro de contaminación, pero existió contaminación local temporal en el río. Este ejemplo trata de explicar, que demostrar el momento de contaminación por medio de una muestra de agua en un río durante la época de corte de café es dificultosa a diferencia si se hiciera un monitoreo durante la época de corte de café en diferentes horarios establecidos de acuerdo al horario más común de despulpe y lavado de café. La dificultad de llevar una

metodología de monitoreo, son los altos costos que se incurren en los análisis de laboratorio de las muestras agua y su transporte hacia el mismo.

En general, en base a los resultados obtenidos en los análisis de laboratorio de las muestras de agua, a la observación propia de los manantiales, se puede indicar que el problema del vertido de aguas residuales producto del beneficiado húmedo de café, son producto de los rebalses de las fosas de sedimentación u oxidación como comúnmente se denominan en el área, esto se debe a que las fosas no están diseñadas en base a las descargas de agua que libera un beneficio, la tasa de infiltración del terreno, las condiciones de humedad del área, etc, que son factores que no se evalúan al momento de hacer "la fosa". De tal forma que los beneficios colapsan las fosas, lo que ocasiona el derrame de aguas residuales a los manantiales. Los beneficios que se considera que mayor problema tienen para el control de las aguas mieles por medio de una fosa, es el tradicional, por los grandes volúmenes de agua que manejan y que es difícil contenerla en fosas que no están diseñadas adecuadamente o simplemente no se aplica para un beneficio que carece de recirculación de aguas.

#### **2.6.7 Cantidad de agua**

Los resultados de los aforos realizados en dos momentos, correspondientes a caudal alto, medido en el pico de la época lluviosa y el caudal bajo medido en la época seca. Los resultados de caudal proveen de información de la oferta de agua que existe en la cuenca en diferentes puntos.

Cuadro 43. Diferencia de caudales del río Atulapa en época seca y lluviosa

Coordenadas GTM (Kilómetros) de los puntos de aforo (**)	Altitud (msnm)	Nombre del Punto de Aforo	Época sin lluvia	Época Lluviosa	Diferencia
			m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s
621.698 – 1604.248	1431	La Quebradona	0.016	0.238	0.222
622.830 – 1603.813	1346	El Volcán	0.029	0.2790	0.25
623.149 – 1603.781	1341	La Arada	0.052	0.2891	0.2371
623.375 – 1604.679	1345	El Duraznal	0.012	0.1839	0.1719
624.369 – 1605.650	1095	Las Minas	0.041	0.8418	0.8008
624.939 – 1606.633	1090	El Paso	0.113	1.2392	1.1262
625.327 – 1608.762	991	La Planta	0.105	3.9805	3.8755
628.221 – 1610.702	890	Atulapa	0.12	3.3408	3.2208

\* Aforos practicados en el año 2008

\* Ver figura 16

Los aforos hechos en el río Atulapa demuestran que en la época lluviosa el volumen de agua superficial aumenta considerable, arriba de los tres metros cúbicos por segundo, por lo que la oferta de agua, tanto para los pobladores de la ciudad de Esquipulas como los de la cuenca es cubierta fácilmente, considerando una demanda de agua por parte de la ciudad de Esquipulas de 3,500 m<sup>3</sup> (DEMPAGUA. 2007) de agua diarios que son extraídos del río, la cual es abastecido fácilmente. En la época seca el caudal de agua se reduce en los diferentes puntos aforados, de una manera considerable, lo que dificulta el abastecimiento para las diferentes actividades que hacen uso del recurso hídrico en la cuenca, como el beneficiado húmedo de café, la toma de agua para servicio domiciliario de la ciudad de Esquipulas, uso de los centros recreativos, ganadería y regadíos en la parte baja.

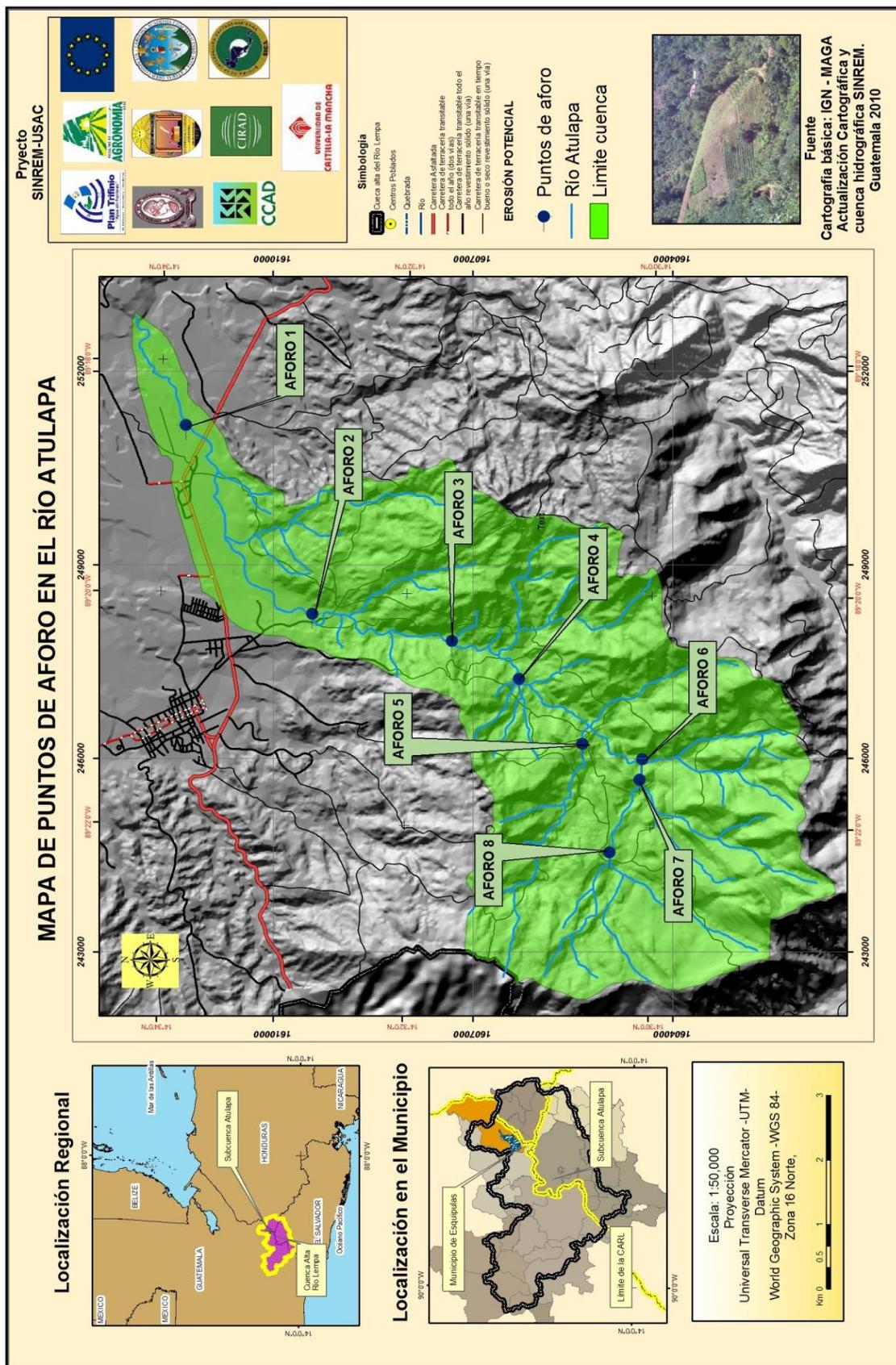


Figura 51. Mapa de ubicación de los puntos de aforo en el río Atulapa

El río Atulapa aporta un aproximado de agua de  $432 \text{ m}^3/\text{h}$  ( $120 \text{ l/s}$ ) en la época seca. El beneficiado húmedo de café utiliza un aproximado de  $30,220 \text{ m}^3$  de agua en los meses de diciembre a abril (2,904 horas.) Equivalente  $10.40 \text{ m}^3/\text{h}$ , si el total de café se beneficiara de forma constante durante la época de corte. Para el abastecimiento de agua domiciliar a la ciudad de Esquipulas, se estimó una extracción del caudal directo del río de  $3,500 \text{ m}^3$  de agua diarios ( $145 \text{ m}^3/\text{h}$ ). Esta información provee de una estimación del caudal requerido que debe proveer el río para las actividades de beneficiado de café y agua domiciliar, reflejando así la importancia de la cuenca en las actividades económicas.

En un escenario donde el cultivo de café tuvo un crecimiento del 80% en el uso de la tierra de la cuenca, el consumo de agua en la época seca se incrementaría, por la actividad del beneficiado húmedo, que corresponde a dicha época. Para conocer cómo sería dicho escenario, en relación al consumo de agua, se calculó la media ponderada de agua utilizada en los diferentes tipos de beneficio, con un total de  $5.37 \text{ l/kg}$ ; el área de café sembrada según el escenario presentado abarcaría el 80% del área total de la cuenca con un total de 3,448 ha. La producción media para la cuenca es  $1,948 \text{ kg/ha}$  ( $30 \text{ qq/mz}$ ), por tanto el área de la cuenca tiene una producción de 6,703 ton, multiplicando la producción con la media ponderada del consumo de agua de un beneficio, se obtiene una demanda de agua por temporada de café en el escenario propuesto de  $36,106 \text{ m}^3$  de agua. Si esta cantidad de café se beneficiara en los cuatro meses de corte café, diciembre a abril (2,904 hrs), se usaría un caudal de  $12.43 \text{ m}^3/\text{h}$ . El incremento en la demanda de agua sería de un 16.30%, en donde el cultivo de café abarcaría casi la totalidad de la cuenca.

La cuenca del río Atulapa en la época seca tiene una fuerte extracción de agua para diversos usos, lo que pone en riesgo el abastecimiento de las diferentes actividades a futuro, si no se implementan actividades de protección a zonas de recarga, concientización sobre el uso racional del agua, control de la contaminación, etc. Dichos problemas se reflejan ya en la época seca, debido a la problemática de abastecimiento de agua que tiene la ciudad, lo que produce cortes del servicio de agua hasta por una semana en diferentes sectores de la ciudad. Con un caudal bajo en el río Atulapa y con problemas de contaminación por vertido de aguas residuales del beneficiado de café, incrementaría el

problema de abastecimiento de agua a la ciudad, en tal circunstancia el manejo integral del recurso hídrico de la cuenca es fundamental y debe ser prioritario para asegurar el abastecimiento futuro de agua a la población de Esquipulas.

### **2.6.8 Algunas implicaciones económicas del sistema café al recurso hídrico**

La problemática del sistema café en el recurso hídrico, en especial la actividad del beneficiado húmedo de café ha provocado problemas ambientales y económicos a quienes utilizan el recurso para actividades como recreación. La cuantificación exacta del aspecto económico provocado por la actividad del sistema café, es un tema amplio y complejo que amerita una investigación completa para este tema, pero aquí se quiere dejar algunas pautas de los efectos directos que provocan impactos económicos a otras empresas no relacionadas con el café.

Por medio de entrevistas y consultas a informantes claves del área, se identificó cuatro problemas que afectan económicamente, los cuales se indican a continuación:

1. Centros recreativos.
2. Agua domiciliar.
3. Propietarios de ganado bovino.
4. Personas que pescan en el río.

En el sector recreativo que hace uso del recurso hídrico de la cuenca se encuentran: turicentro La Planta, Parque recreativo Chatún, Balneario Atulapa, Balneario Vega del río Atulapa, Balneario Skylandia. De estos cinco centros recreativos tres de ellos indicaron que el problema de la contaminación por aguas residuales del beneficiado de café les afecta directamente a su negocio.

En el turicentro La Planta, indicaron que la problemática de las aguas residuales del beneficiado, no representa un efecto económico en sus actividades, debido a que el agua que ellos utilizan proviene de un nacimiento y no tienen problemas de contaminación. El propietario del balneario Skylandia, también mencionó que no tienen problemas por la

contaminación de las aguas mieles, porque el agua que utilizan proviene del servicio municipal.

El parque recreativo Chatún, ha presentado problemas de contaminación por la actividad cafetalera; especialmente en un estanque de peces utilizado como ornamento y recreación, el cual se abastece del agua del Río, cuando esta llega contaminada, provoca mortandad de peces y malos olores en el estanque que causa molestias a los clientes. Para evitar este problema invirtieron en la compra de infraestructura como mecanismo que tiene la función de desviar el agua cuando viene contaminada. El total de gastos para evitar el problema mencionado ascendió a Q12,000.00. En el balneario Atulapa, se mencionó que el agua del río se utiliza para llenar la piscina, pero al venir contaminada, es necesario cambiarla con mayor frecuencia, lo cual aumentan los costos. Normalmente el agua se cambia con una frecuencia de quince días, pero cuando viene contaminada se cambia cada siete días, lo que implica un gasto adicional. El costo de llenar la piscina es de Q150.00 por consumo de gasolina en el uso de equipo de bombeo para el llenado de la piscina, para la limpieza del agua se utiliza 25 libras de cloro y sulfato de aluminio más tres galones de ácido clorhídrico, con un costo de Q243.75 por el cloro, Q175.00 por el sulfato de aluminio y Q5.00 el ácido clorhídrico. El cambio del agua de la piscina en total tiene un costo de Q573.75, esto implica mayor inversión en el centro recreativo, además de contar con malos olores que afectan a los clientes que visitan el lugar, y corresponde a la fecha de temporada alta. El propietario del balneario Vega del río Atulapa, hacen ver que existe un problema en la contaminación del río, pero el balneario no maneja una contabilidad que le indique los costos que le ocasiona el cambio del agua, por consecuencia de la contaminación del río Atulapa por la actividad cafetalera.

DEMPAGUA (departamento de la municipalidad de Esquipulas que está encargado del agua domiciliar de la ciudad), indicó que en las tomas de captación que se encuentran ubicadas en el río Atulapa, se ven afectadas por la contaminación del río por aguas mieles, ya que se ven obligados a incrementar la frecuencia de limpieza en los filtros, lo que conlleva a utilizar mayor mano de obra para dicha actividad. Cuando el agua no tiene problemas de contaminación por aguas mieles, normalmente se utilizan tres empleados

para el mantenimiento de los filtros y los tanques de captación, pero cuando el agua tiene problemas de contaminación por aguas mieles se utilizan seis empleados para la limpieza de los tanques de captación y los filtros, aumentando así los costos por mantenimiento. En cuanto al sector pecuario, no se tienen datos exactos sobre las implicaciones económicas por efecto de las aguas contaminadas. Pero se tiene referencia que en la actividad de ganadería concentrada en la parte baja de la cuenca, utilizan agua del río para darle de beber al ganado, les afecta cuando esta viene contaminada con aguas mieles, porque provoca que el ganado se enferme, lo cual implica costos adicionales en medicinas.

La pesca de cangrejos y pequeños peces en el río Atulapa, era una actividad común antes de la problemática de la contaminación con aguas mieles. Esta actividad económica y de sustento alimenticio de una parte de la población de la parte baja de la cuenca, se ha reducido por qué la fauna acuática se ha reducido por los problemas de la contaminación con aguas mieles y pulpa de café, que reducen los niveles de oxígeno en el agua necesario para la vida de peces, cangrejos, etc. Sobre esta actividad es necesario investigar a fondo para conocer datos cuantificables sobre esta actividad.

#### **2.6.9 Estimación de costos evitados en el beneficiado húmedo de café**

Los residuos del beneficiado húmedo de café, mejor conocidos como pulpa de café y aguas mieles, son los principales subproductos que los cuerpos de agua reciben, y provoca la contaminación de las aguas superficiales, si no se manejan adecuadamente. Los costos de tratamiento de dichos subproductos no son asimilados por los productores en algunos casos, es el medio ambiente que asume este costo, lo cual se denomina costo evitado (para los beneficios de café). Podría verse como un "beneficio" del ambiente hacia los productores de café, que se convierte en un efecto externo negativo para otras actividades económicas de la cuenca.

El costo evitado queda restringido a los costos necesarios para tratar los subproductos específicamente del beneficiado húmedo de café, como la actividad que ha provocado mayor problema en contaminación. Para estimar los costos de tratamiento de las aguas residuales del beneficiado húmedo de café, se hizo el cálculo de los costos para la

implementación de una planta de tratamiento completa, como la mejor forma para la deposición de las aguas mieles. Al costo de la planta de tratamiento, se le distribuyó el valor de las inversiones iniciales en flujos anuales, a lo largo de la vida útil de cada inversión, para ello se utilizó el concepto de Costo Anual Uniforme Equivalente (CAUE), que es válido para aún comparar alternativas con distinta vida útil.

$$CAUE = A + P \left[ \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \right] - F \left[ \frac{1}{(1+i)^n - 1} \right]$$

Dónde: A = costo anual de operación y mantenimiento (costo variable)

P = inversión inicial (costo fijo)

n = vida útil en años.

F = valor de salvamento.

i = tasa de descuento.

La tasa de descuento utilizada se estimó mediante la sumatoria de la tasa pasiva, la tasa de inflación y la prima de riesgo, lo cual se describe a continuación:

Tasa pasiva= 4.46% ([www.banguat.gob.gt](http://www.banguat.gob.gt))

Tasa de inflación=5.38% ([www.banguat.gob.gt](http://www.banguat.gob.gt))

Tasa riesgo país=8.89% ([www.economiasur.com](http://www.economiasur.com))

$$Td = 4.46\% + 5.38\% + 8.89\% = 18.73\%$$

La estimación de la vida útil se basó en el tipo de estructura de block, y se calcula para este tipo una vida útil de 20 años, sin tomar el valor de salvamento, porque la estructura no tendrá un valor de salvamento, por lo que se tomará como cero.

En el caso de la estimación de los costos para tratamiento de la pulpa de café, se hizo en base al tratamiento con lombriz coqueta roja, elaborando Lombricompost, como la mejor forma para tratar la pulpa de café. Los costos estimados se basan en la implementación de las canteras y techos necesarios para elaborar el Lombricompost, más los costos variables correspondientes al manejo.

Es importante indicar que en el cálculo de los costos evitados, se hizo en base a los sistemas de tratamiento, considerados más eficientes para contrarrestar la contaminación. Otro factor importante en el cálculo de los costos evitados, es que los sistemas de tratamiento, se basan en proyectos de infraestructura grandes, los cuales son aplicables a nivel de la producción de café de la cuenca, más no aplicados para un productor pequeño a mediano.

#### **2.6.9.1 Cálculo del costo de producción de una hectárea de café**

Para la estimación de los costos evitados, es necesario contar con información de los costos de producción del cultivo de café, la inversión necesaria para implementar las estructuras para el manejo de los residuos del beneficio de café, información base para el cálculo de los costos evitados. A continuación se detallan estos cálculos.

El cálculo de los costos de producción de una hectárea de café, permite definir la rentabilidad que tiene el cultivo de café, porque permite conocer los egresos para la producción de café y los ingresos por la venta del mismo, conociendo así el margen de utilidad que se obtiene.

Cuadro 44. Costo de producción de una hectárea de café de un caficultor mediano

Concepto	Unidad de medida	Cantidad	Precio Unitario (Q)	Total (Q)
<b>COSTO DIRECTO</b>				
RENTA DE LA TIERRA				<u>571.43</u>
COSTO DE ESTABLECIMIENTO (1)				<u>500.00</u>
MANO DE OBRA				<u>7,600.00</u>
Limpias de malezas	Jornal	28	40.00	1,120.00
Podas de mantenimiento	Jornal	11	40.00	440.00
Fertilización	Jornal	8	40.00	320.00
Cosecha	Jornal	143	40.00	5,720.00
DEPRECIACIÓN MAQUINARIA Y EQUIPO				<u>1,226.50</u>
Asperjadora manual	Bomba	51	1.52	77.52
Vehículo	Hora	14.00	82.07	1,148.98
INSUMOS				<u>8,294.66</u>
Fertilizantes completos	Kilogramo	23	3.26	7,360.00
Herbicidas de contacto	Litro	1.5	51.73	77.60
Combustibles	Galón	38.96	22.00	857.06
<b>COSTO DE PRODUCCIÓN CAFÉ CEREZA</b> Para una producción de 10,160kg de café cereza	Kilogramo			<b>18,192.59</b>
<b>COSTO DE 45.36 KILOGRAMOS DE CAFÉ CEREZA</b>				81.51
<b>COSTO DE PRODUCCIÓN 45.36 kg PERGAMINO</b>	Kilogramo			<u>396.74</u>
Costo 204kg de café cereza			366.80	
Costo de traslado del café cereza al beneficio			7.20	
Reposición de sacos para envasado de 204kg café cereza			15.00	
Costo de conversión de café cereza a pergamino			4.75	
Impuesto Decreto Ley 111-85/qq de café pergamino			2.99	
<b>COSTO PRODUCCIÓN CAFÉ PERGAMINO/ha</b> Para una producción de 2,268kg café pergamino				<b>19,837.00</b>
<b>INGRESOS</b>	Kilogramo	50	750.00	<b>37,500.00</b>
<b>UTILIDAD BRUTA</b>				<u><b>17,663.00</b></u>

(1) = Se estima que la plantación tiene una vida útil de 20 años, por lo que cada año se carga el 1/20 de ese costo.

Los costos de producción del cultivo de café, entre un productor mediano y un pequeño en la cuenca del río Atulapa, varían únicamente en los costos asociados a la mano de obra, porque el productor mediano paga la mano de obra, mientras el productor pequeño utiliza a la familia como fuerza de trabajo. Situación que permite tener una mejor ganancia en una hectárea de café, en el caso de un pequeño productor, sin tomar el costo de oportunidad de la familia que trabaja en la finca. En las fincas el manejo agronómico es similar, independientemente que pertenezca a un pequeño productor, mediano o grande.

### 2.6.9.2 Cálculo de los costos para implementar una abonera de lombricompost

La información sobre los costos, para la elaboración de las aboneras, se obtuvo en base a un anteproyecto de Lombricompost para desarrollarlo específicamente en la cuenca del río Atulapa. En el cuadro 45, se presenta los costos anuales para producción de lombricompost.

Cuadro 45. Cálculo del Costo Anual Uniforme Equivalente para una abonera de Lombricompost.

Infraestructura	Costo (Q)	Vida útil (años)	CAUE (Q)
Galera	15,787	15	3200.59
Techo de galera	1,541	5	500.95
Canteros o aboneras	7,120	20	5099.6
Equipo (palas, etc)	1,900	20	367.73
<b>Total</b>	<b>26,348</b>	<b>60</b>	<b>9168.87</b>

\* Cálculo con datos de campo (2009)

Total CAUE: Q 9,168.87

Cantidad de pulpa requerida para cubrir la operación anual de la abonera es de 714,656.25 kg de pulpa. Se dividió el costo anual uniforme (CAUE) entre la cantidad de pulpa requerida para la operación de la abonera, que corresponde a la cantidad estimada de pulpa de café que produce la cuenca en una temporada de café. Costo por tratamiento de la pulpa de café es: 0.01283 Q/kg de pulpa fresca.

### 2.6.9.3 Tratamiento de las aguas mieles

Para el tratamiento de las aguas mieles se basó el cálculo en la implementación de una planta de tratamiento, como la forma más eficiente y correcta de tratar las aguas mieles. Implementar una planta de tratamiento a nivel comunitario requiere un nivel de organización alto entre las comunidades de la cuenca, lo cual beneficiaría a todos los productores, porque podrían ofrecer una mejor calidad de café con certificado de protección al ambiente. La información sobre los costos para la construcción de una planta de tratamiento, se obtuvo de un informe de proyecto para la implementación de un beneficio tecnológico en la aldea Santa Rosalía, perteneciente a la cuenca del río Atulapa.

Cuadro 46. Costos para la implementación y operación de una planta de tratamiento de aguas mieles

<b>Infraestructura</b>	<b>Costo (Q)</b>	<b>Vida útil (años)</b>
Costo de la planta de tratamiento	325,735.47	25
Costo operativo anual	13,283.64	

Fuente: Proyecto Trinacional de la Cuenca Alta del río Lempa (PTCARL). 2007

CAUE: 76,328.31

El costo del tratamiento de las aguas mieles, se le dividió el CAUE y la producción total de café pergamino de la cuenca del río Atulapa.

Costo por tratamiento de aguas mieles = 0.1647 Q/kg (7.47Q/qq) café pergamino seco.

### 2.6.9.4 Rentabilidad de la producción de café de forma sostenible

A continuación se quiere evaluar los costos que reciben el ambiente, consecuencia de la actividad cafetalera, especialmente el beneficiado húmedo de café. El objetivo es evaluar la rentabilidad de la actividad productiva, agregando los costos que son necesarios para el tratamiento de los subproductos. A continuación el cuadro 47 presenta información del costo de producción de una hectárea del cultivo café y los costos para el tratamiento de los subproductos del beneficiado húmedo de café:

Cuadro 47. Costo de producción de café, incluyendo los costos de tratamiento de residuos

Concepto	Unidad de medida	Cantidad	Precio Unitario (Q/kg)	Total (Q)
Costo de producción café pergamino/hectárea. (Para una producción de 2,267.98 kg café pergamino seco)	Kilogramo pergamino	2,267.98	8.75	19,845.00
Costo para tratamiento de aguas mieles. (Para una producción de 2,267.98 kg café pergamino seco)	Kilogramo de café pergamino seco	2,267.98	0.1643	372.63
Costo Tratamiento de Pulpa (Total de pulpa de café 4,165.83 kg)	Kilogramo de pulpa	4,165.83	0.0128	53.32
<b>TOTAL</b>				<b>20,262.95</b>

El costo por producir una hectárea de café, sin estimar los costos de tratamiento de los residuos del beneficio húmedo de café es de Q19, 837.00 con una rentabilidad del 47.10%. Los costos de producción de una hectárea de café, estimando el tratamiento de los residuos del beneficiado húmedo de café es Q20, 262.95 con una rentabilidad del 46.12%. El costo de tratar los residuos del beneficiado húmedo de café es de Q372.63 por ha. Si la cantidad de café sembrado en la cuenca del río Atulapa, corresponde a 1,070 ha registradas; estimando una producción media a nivel de la cuenca de 2,268 kg (50 qq) café pergamino seco por ha, el costo total que debe pagar los productores de café de la cuenca, por el tratamiento de los residuos de café producido es de Q395, 888.95. Molina, Luz (1999) evaluó los costos evitados en el beneficiado húmedo de café en Nicaragua, estimando que para el tratamiento de las aguas mieles se gasta Q0.1067 por kg café oro en el año 1999; en la estimación hecha en la cuenca del río Atulapa, se estimó el costo de Q0.1643 por kg café oro para el año 2007, lo que parece razonable dado el incremento de precio debido a la inflación.

### **2.6.10 Impacto ambiental en la cuenca del río Atulapa por la producción de café**

Para un análisis más integral sobre las implicaciones del sistema café en el recurso hídrico de la cuenca, se elaboró una matriz de impacto ambiental para analizar los beneficios y problemas que ocasiona la actividad cafetalera específicamente a las características del cultivo en la cuenca del río Atulapa. En el cuadro siguiente se muestra la matriz de impacto ambiental



<b>FAUNA</b>												
Cambios en la biodiversidad	AFAI	AFAI	AFAI			ADAI			AFL			
Pérdida de especies	AFAI	BMAI	BMAI			ADAI						
Reducción de poblaciones												
Alteración de hábitats	AFAI	AFAI	AFAI			AMAI	AMAI		AMAI	AFAI		AMAI
Aparición de plagas y enfermedades	AFAI	BDAI	AFAI							AFAI		
Cadenas tróficas	AFAI	AFAI	AFAI			AMAI				AFAI		
Emigración de especies	AFAI	AFAI	AFAI						AFAI			
<b>MEDIO SOCIO-ECONÓMICO Y CULTURAL</b>												
Tenencia de la tierra		CFAI										
Empleo y mano de obra	BDL	BDL	BML	BMAI	BFAI	BDL	BDL	BDL	BFAI	BDAI		BDAI
Emigración-inmigración	CDL	CDL	CDL						CFAI			
Economía familiar	CDL	CDL	CDL	BDL	BMAI	BDL	BDL	BDL	BFAI	BFAI		BFAI
Economía regional	CDL	CDL	CDL						BFAI	BFAI		BFAI
Estilo y calidad de vida									BFAI	BFAI		BFAI
Salud	AFL	AFL	AFL	AMAI	AMAI	ADAI			AML	AFAI		
Transporte y comunicaciones									AFAI	BFAI		
<b>% de aspectos adversos</b>	<b>59.37</b>	<b>32.25</b>	<b>40.62</b>	<b>18.75</b>	<b>15.62</b>	<b>21.87</b>	<b>3.12</b>	<b>12.5</b>	<b>28.12</b>	<b>34.37</b>	<b>0</b>	<b>12.5</b>
<b>% de aspectos benéficos</b>	<b>3.12</b>	<b>32.25</b>	<b>18.75</b>	<b>6.25</b>	<b>6.25</b>	<b>6.25</b>	<b>6.25</b>	<b>18.75</b>	<b>18.75</b>	<b>15.62</b>	<b>0</b>	<b>25</b>

Referencias de los impactos identificados:

Naturaleza: A = adverso B = benéfico C = circunstancial  
Magnitud: D = débil M = moderado F = fuerte  
Cobertura: L = local o inmediato AI = área de influencia

Al cuantificar los beneficios y las adversidades del total de componentes ambientales evaluados, se puede tener una noción sobre la implicación que tiene el cultivo de café, en términos de beneficio o daño al ambiente. La media de aspectos adverso que representa el cultivo de café en la cuenca se estimó en un total de 21.47%, mientras que los aspectos benéficos se estimaron en un 13.06%. Es razonable que los aspectos adversos son superiores a los benéficos, porque cualquier actividad humana, siempre tiene una implicación ambiental y en el caso del café afecta pero siempre tiene la ventaja de no ser tan nocivo como otras actividades agrícolas.

La matriz que se presentó en los cuadros anteriores sobre impacto ambiental, establece una referencia sobre la incidencia que tienen los procesos productivos del cultivo de café en el medio ambiente, basado en el conocimiento y experiencia obtenida con los caficultores del área de la cuenca del río Atulapa.

En el análisis de la matriz, provee información cualitativa de los componentes ambientales que tienen mayor vulnerabilidad ante los procesos productivos del cultivo de café; entre los cuales se menciona principalmente el recurso hídrico superficial y el paisaje, le siguen el bosque, suelo y fauna. Los componentes ambientales mencionados como se mencionó tienen mayor riesgo de deterioro por la actividad productiva del cultivo de café; comportamiento lógico simplemente por ser una actividad humana, pero sobre todo por el tipo de actividad agrícola-industrial, que se desarrolla en una cuenca con características de relieve accidentada de pendientes pronunciadas, donde la capacidad de uso de la tierra no corresponde con el tipo de cultivo, comparando con el mapa de capacidad de uso de la tierra y el de erosión potencial, indican que el tipo de uso no es el adecuado, aumentando el grado de erosión en la zona del cultivo; así también el crecimiento acelerado del cultivo, la alta cantidad de beneficios ubicados en la cuenca, el poco desarrollo en la tecnología empleada para el tratamiento de los subproductos en el beneficiado húmedo de café por factores económicos, falta de conocimiento de la problemática ambiental, ha ocasionado que los componentes ambientales analizados se vean afectados, especialmente el recurso hídrico superficial y el paisaje. En el análisis de la matriz, el recurso hídrico superficial es afectado principalmente por el beneficiado húmedo y el cambio de uso de la tierra, que

provocan asolvamientos por erosión y la liberación de los subproductos como aguas mieles y pulpa de café. El paisaje se ha modificado drásticamente, donde el 55% del área de la cuenca corresponde al cultivo de café y su creciente expansión ha ejercido mayor presión ante los bosques lo cual modifica el paisaje. Actividades correspondientes al manejo agronómico del café de mayor implicación al ambiente, está la preparación del terreno, porque consiste en la eliminación total o parcial de la vegetación autóctona del lugar, afectando la biodiversidad, el deterioro del suelo, la disminución de la recarga hídrica, aumento de la escorrentía que provoca asolvamiento en los ríos afectando la fauna acuática. Es importante indicar que dicha actividad se realiza cuando se introduce el cultivo por primera y durante el renuevo del cultivo, aproximadamente cada 25 años, lo que indica que la actividad es agresiva en relación al deterioro ambiental y en la matriz es la actividad con mayor grado de adversidad en los componentes ambientales evaluados, pero su frecuencia es muy baja, a diferencia del beneficiado húmedo que se realiza cada año, por lo que su frecuencia es más alta, ocasionando una mayor implicación.

La matriz de impacto ambiental, indica los principales componentes ambientales que sufren cambios, pero también muestra el componente socio-económico, el cual es importante en una evaluación. Como se observó en la matriz, este componente presenta diferentes factores, pero el de mayor impacto es el de economía local y regional, porque la actividad del café se puede considerar una de las principales actividades económicas de Esquipulas. En la cuenca del río Atulapa, la introducción del café, ha provocado un cambio tangible en mejorarla capacidad adquisitiva de sus habitantes, comparando con años anteriores a la introducción del cultivo, donde la población se dedicaba a cultivos de subsistencia (maíz y frijol) básicamente, condiciones que evidenciaban la pobreza.

En conclusión, el cultivo de café en la cuenca, ha provocado un cambio drástico tanto en lo ambiental, social y económico. El tipo de cultivo, no es agresivo al deterioro ambiental, al contrario se cataloga como un cultivo noble y de tipo agroforestal en Guatemala, a diferencia de otros cultivos extensivos, pero el crecimiento acelerado sin planificación del cultivo, su siembra en zonas inadecuadas, el manejo inadecuado de los subproductos por falta de responsabilidad ambiental, ha ocasionado que afecte de manera más significativa,

especialmente el beneficiado húmedo en relación a la descarga de aguas mieles en afluentes.

### **2.6.11 Medidas de mitigación por la actividad del sistema café**

Analizadas las implicaciones que tiene el sistema café, en la cuenca del río Atulapa, se tiene como objetivo presentar algunas medidas que estén enmarcadas de acuerdo a las condiciones y realidad socioeconómicas y biofísicas del área de estudio, que ayuden a mitigar la problemática por la actividad productiva, que es el sistema café. A continuación se presentan las medidas de mitigación propuestas por esta investigación.

#### **2.6.11.1 Prácticas de conservación de suelos**

La erosión en la cuenca es un factor importante que afecta en la degradación de los suelos, por lo cual se debe tener consideración en su protección, sobre todo por las condiciones accidentadas de la cuenca. En base al mapa de erosión potencial, se ubicaron sitios con diferente riesgo de erosión, en los lugares con mayor riesgo es necesario implementar prácticas de conservación de suelos. Considerando la situación de que las prácticas de conservación de suelos, su implementación es una actividad costosa y los resultados son a largo plazo, lo que dificulta que lleven a cabo la conservación de suelos por parte de los caficultores. Por tal razón se considera que el tipo de conservación de suelo que se puede aplicar en la cuenca y que sea practicado por los caficultores es la siembra al contorno o con curvas a nivel, como un principio básico en la siembra. Las prácticas de conservación de suelo, debe ir con el apoyo técnico de instituciones que presten el servicio técnico, como lo puede ser ANACAFE, MAGA-UDRIT o el Plan Trifinio.

#### **2.6.11.2 Implementación de aboneras**

El subproducto sólido que genera el beneficio húmedo de café, corresponde al 40% del fruto, generando un alto volumen de carga orgánica, que en muchos casos no se le da un uso. Entre la cuenca existe 97 beneficios artesanales, en donde el uso de la pulpa es casi nulo. De tal forma la implementación de aboneras, es una forma de manejar la pulpa de una forma más eficiente, lo que permitirá a largo plazo contar con suelos más fértiles, que permitirá al caficultor de reducir la cantidad de fertilizante químico que utiliza.

El tipo de abonera más conocido para tratar la pulpa es el Lombricompost, el cual consiste en utilizar la lombriz *Eisenia Foetida*, como transformadora de la pulpa en abono orgánico. La elaboración de Lombricompost, por las condiciones de espacio e inversión al inicio de un proyecto de aboneras, ocasiona que el caficultor lo vea como un gasto y no como una inversión, por lo cual es necesario trabajar en un cambio de idea sobre la ventaja que se obtiene con el uso de abonos orgánicos. Otro tipo de elaboración de abono orgánico, es con el uso de productos biológicos, que aceleran el proceso de descomposición de la pulpa, y no es necesario elaborar infraestructura para elaborar el abono, sino simplemente se aplica el producto en la pulpa. Esta es una tecnología que ANACAFE está probando en diferentes áreas y con diferentes productos, pero es una alternativa bastante prometedora por el bajo costo que se incurre para el manejo de la pulpa.

#### **2.6.11.3 Implementación de fosas de absorción y sedimentación debidamente diseñadas**

Es una medida de tratamiento primario del agua residual, producto de la actividad del beneficio húmedo de café. La introducción de las fosas de absorción en la cuenca, fue por iniciativa de ANACAFE, como una medida de tratamiento de las aguas mieles ante la problemática de contaminación que dichas aguas generan. La implementación de las fosas de absorción en la cuenca, como una medida para contrarrestar la contaminación en los ríos, no ha sido el mejor sistema, porque muchas carecen de las condiciones técnicas de diseño, de acuerdo a las condiciones del beneficio y el suelo donde se encuentran, lo que provoca que no tengan la capacidad de almacenar el agua de toda la temporada de café. De tal forma que la recomendación para el uso de las fosas, es apoyar con asistencia técnica al caficultor para que las fosas de absorción se construyan en base a un diseño, de acuerdo a las características físicas del suelo y ambientales del lugar, así como las características del beneficio, para así contener las cantidades de agua residual que genera el beneficio en una temporada de café, sin provocar rebalses.

#### **2.6.11.4 Implementación de un beneficio comunal**

De todas las medidas presentadas anteriormente, la más adecuada para un manejo eficiente de los subproductos del beneficio húmedo de café a nivel de la cuenca, transformando la dispersión de los diferentes beneficios, que son focos potenciales de contaminación, se reduciría a un beneficio que procesaría un 50 a 60% de la producción de café de la cuenca. El enfoque de un beneficio comunal, es dirigido sobre todo al pequeño y mediano productor, que representa el mayor número de productores en la cuenca.

Para el funcionamiento de un beneficio comunal, debe de existir en la cuenca un alto nivel de organización entre los caficultores y contar con un comité definido entre los usuarios de beneficio que sea el encargado de manejo y administración del beneficio. La organización que es necesaria para desarrollar este tipo de proyecto, es lo más complejo que se debe superar para que se lleve a cabo.

Al implementar un beneficio de café comunal, consiste en un beneficio tecnológico con su planta de tratamiento de aguas residuales. Entre las principales ventajas que se pueden mencionar están:

- Desarrollar una marca de café, que los mismos integrantes del beneficio comunal pueden comercializar.
- Lograr obtener un café de mejor calidad, ya que al contar con un beneficio tecnificado, se puede obtener una mejor calidad y homogeneidad del café.
- Certificar más fácilmente el café, con los diferentes sellos que existen en el mercado, lo cual puede mejorar la comercialización del café.
- Tener la capacidad de negociación al comercializar el café, lo cual puede lograr un mejor precio de venta.
- Generar abono orgánico para la fertilización de cultivo de café.

Se pueden mencionar muchas otras ventajas que se obtendrían al implementar un beneficio comunal a nivel de cuenca. Pero el mayor reto a vencer para desarrollar este tipo de proyecto, como se mencionó anteriormente, es la organización.

## 2.7 Conclusiones

- El sistema café presenta varias implicaciones al recurso hídrico, en diferentes grados de afección detectados en la cuenca. Las implicaciones identificadas en el recurso hídrico son: el mal manejo de las aguas residuales del beneficiado de café, la introducción del cultivo de café en áreas boscosas, el proceso de deterioro del suelo por erosión, la fertilización y el corte de café, los dos últimos como un tipo de contaminación no puntual, considerándose esta como la contaminación con un impacto fuera del área donde se llevó a cabo la actividad que motiva la causa.
- La contaminación por el uso de insecticidas y fungicidas para el control de plagas y enfermedades en el cultivo de café dentro de la cuenca, no representa un riesgo muy alto en la contaminación del recurso hídrico superficial, debido al bajo uso que tienen, como consecuencia de la poca incidencia de plagas y enfermedades en las plantaciones de café.
- De los cuatro puntos muestreados para análisis de calidad de agua, el punto tres presentó los mayores niveles registrados en los diferentes parámetros evaluados, lo que evidencia que en dicho lugar existe descarga de aguas residuales del beneficiado húmedo de café (aguas mieles), en un afluente superficial, específicamente en la quebrada denominada “La Cuestona”.
- La calidad de agua en el río Atulapa, no se detectó en niveles de contaminación que sobrepasen los límites permisibles, principalmente porque las descargas de aguas residuales del beneficiado de café no son en volúmenes que logren modificar la calidad de agua del río
- De los cuatro tipos de beneficios que presentan mayor implicación al recurso hídrico es el beneficio tecnificado que genera mayor contaminación, por la cantidad de café que procesa, lo que genera un gran volumen de residuos de pulpa de café y aguas mieles, que a pesar de tener un sistema de recirculación de aguas, tratarlas

únicamente con fosas de oxidación o sedimentación, no son sistemas aptos para beneficios grandes, por lo que rebasa la capacidad del sistema de tratamiento.

- De los cuatro puntos analizados sobre calidad de agua, sólo un parámetro sobrepasó los niveles establecidos por la norma COGUANOR sobre calidad de agua, el cual corresponde al pH y un parámetro sobrepasó el límite máximo aceptable (LMA) que corresponde a la conductividad eléctrica, lo que indica que los niveles de contaminación de agua en la cuenca no son
- Los niveles detectados en los análisis físico-químicos de calidad de agua, en los afluentes de la cuenca del río Atulapa, de acuerdo a la norma COGUANOR de calidad de agua, no existe niveles de contaminación, pero comparando con otras normas de calidad de agua de otro país como México (CONAGUA), se encuentra que el punto tres de muestreo los niveles de DBO, DQO y Sólidos Totales detectados, clasifican el agua como contaminada; lo que evidencia que los parámetros determinados en la norma guatemalteca son flexibles, en relación a otros parámetros.
- Se determinó que el costo evitado por la actividad del beneficiado húmedo de café, en la cuenca del río Atulapa es de 0.1771 Q/kg de café pergamino seco, indicando que por cada kilogramo procesado de café, el caficultor debe invertir dicha cantidad en el manejo adecuado de los subproductos que el genera, como medida de mitigación.
- Los sistemas de tratamiento de aguas residuales del beneficiado de café, no evidenciaron una eficiencia clara en la remoción de la carga contaminante que reciben, más bien actúan como medios de deposición discreta de tales aguas, convirtiéndose en sitios de almacenaje de agua contaminada. Se notó carencia de diseño y planificación en la construcción de tales sistemas.

- La utilización de plantas de tratamiento en los beneficios tecnificados, es la mejor opción para el tratamiento de los residuos del beneficiado de café, para el beneficio tradicional la implementación de recirculación de agua con sus fosas de oxidación y para los beneficios artesanales implementar asesoramiento técnico en la elaboración de las fosas de oxidación, para evitar el rebalse de las aguas mieles.

## 2.8. Recomendaciones

- La contaminación del recurso hídrico superficial por la descarga de aguas residuales producto del beneficiado húmedo de café, en los afluentes superficiales de la cuenca del río Atulapa existe, por tanto es necesario que entidades gubernamentales y no gubernamentales, promuevan y desarrollen programas enfocados en promover a caficultores del área y a comunitarios de los diferentes caseríos, al manejo adecuado de los subproductos del beneficiado húmedo de café; debido a que el río Atulapa provee un aproximado del 60% del agua domiciliar de la ciudad de Esquipulas.
- Los beneficios tecnificados ubicados en la parte baja de la cuenca, deben tener un control más estricto por parte de las autoridades ambientales de la municipalidad, para verificar que los mecanismos que emplea la empresa para el manejo de sus subproductos sea adecuado y eficiente.
- Hacer un monitoreo por parte de la entidad ambiental de la municipalidad, para verificar que los beneficios especialmente los tradicionales y tecnificados localizados en la cuenca, tengan la capacidad de almacenar el agua residual en sus fosas de sedimentación y absorción, que utilizan como medio de tratamiento de sus aguas residuales y que tengan la capacidad de almacenarla durante toda la época de corte de café y no se provoquen rebalses.
- Para la identificación de problemas de contaminación del beneficiado húmedo de café en el río Atulapa, es conveniente realizar un monitoreo del río, especialmente en la época pico de corte de café, haciendo muestreos periódicos de calidad de agua, que permitirá comprender como se comporta la contaminación a lo largo del período del corte de café.
- La investigación está dirigida hacia los diferentes sectores de toma de decisiones, como una herramienta de información sobre la problemática de contaminación por

la actividad del sistema café, para que las medidas que se pretenden tomar sobre la problemática sean las más adecuadas y acertadas para que tengan un verdadero impacto en la mitigación de la contaminación. Entre los sectores de toma de decisiones se encuentra, la Municipalidad de Esquipulas específicamente la Oficina Municipal de Agua (DEMPAGUA), la Oficina Municipal de Planificación (OMP), la Comisión del Plan Trifinio, la Unidad de Desarrollo de la Región del Trifinio (UDRIT) y otras organizaciones relacionadas con el desarrollo de Esquipulas.

- La estimación de los costos evitados, es una herramienta que puede ayudar a la municipalidad u organizaciones que trabajen proyectos ambientales, en la planificación de un programa de pago por servicios ambientales, que permita generar un fondo destinado a la mitigación del impacto que tiene la actividad de los beneficios húmedos de café.
- Se recomienda realizar un análisis científico de la capacidad depuradora de los suelos de la cuenca, para valorar la eficiencia real que tienen las fosas de sedimentación y absorción como alternativa de tratamiento de las aguas residuales del beneficio húmedo de café, porque los resultados de calidad de agua realizados, en el análisis hecho, se enfoca en que la problemática está dirigida en el rebalse de las fosas de sedimentación.
- Las medidas más correctas para el tratamiento de aguas residuales o mieles, que se pueden aplicar en la cuenca, es la introducción de la recirculación del agua en los beneficios tradicionales, la implementación de fosas de sedimentación o infiltración correctamente diseñadas para las descargas de agua del beneficio, la implementación de plantas de tratamiento en beneficios tecnificados y para el tratamiento de la pulpa de café, la implementación de aboneras de Lombricompost.

## 2.9 Bibliografía

1. AGISA (Asociación Guatemalteca de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, GT). 1997. Programa de seguimiento a la propuesta de normas de aguas residuales para Guatemala. Guatemala. 41 p.
2. ANACAFE (Asociación Nacional del Café, GT). 2005. Manual de beneficiado húmedo del café. Guatemala. 250 p.
3. Arellano, R; Paredes, E; Vásquez, Y. 1997. Influencia de la cobertura sobre la erosión en agroecosistema café. Venezuela, Universidad de los Andes, Dpto. de Ingeniería. 7 p.
4. Bresani, R *et al.* 1987. Alimentación de animales con pulpa de café. *In* Simposio internacional sobre la utilización de los subproductos del café (1987, Guatemala). Memorias. Guatemala, Asociación Nacional del Café. p. 45-53.
5. Castellanos Cambranes, JC. 1985. Café y campesinos en Guatemala 1853-1897. Guatemala, USAC, Editorial Universitaria. 629 p.
6. CEDUCA (Consejo de Educación Continua y Actualización, GT). 1995. Curso de especialización “estudios de impacto ambiental” módulo I: la legislación guatemalteca y los tratados internacionales en torno al medio ambiente. Guatemala, Colegio de Ingenieros de Guatemala. s.p.
7. CGPL (Centro Guatemalteco de Producción más Limpia, GT). 2005. Manual de buenas prácticas operativas de producción más limpia en el sector de beneficio de café (en línea). Guatemala, PROARCA / SIGMA. Consultado 13 feb 2008. Disponible en: [www.bmi.gob.sv/pls/portal/docs/PAGE/BMI\\_HTMLS/BMI\\_HTMLS\\_PULSO\\_FORES TAL/MANUAL PML CAFÉ.PDF](http://www.bmi.gob.sv/pls/portal/docs/PAGE/BMI_HTMLS/BMI_HTMLS_PULSO_FORES TAL/MANUAL PML CAFÉ.PDF)
8. CITMA (Centro de Innovación Tecnológica del Medio Ambiente, CU). 2000. Impacto ambiental de los residuos del café sobre las principales cuencas de interés económico y social de la provincia de Guantánamo (en línea). Cuba, Centro de Investigaciones Energéticas. Consultado 6 mayo 2008. Disponible en: [www.uo.edu.cu/ojs/index.php/tq/article/viewFile/1823/1370](http://www.uo.edu.cu/ojs/index.php/tq/article/viewFile/1823/1370)
9. Comisión de las Comunidades Europeas, BE; CADESCA (Comité de Acción de Apoyo al Desarrollo Económico y Social de Centroamérica, GT). 1993. Proyecto energético del istmo Centroamericano: sello verde, informe final. Guatemala. s.p.
10. Cruz M, CA. 2002. Impacto ecológico provocado por el cambio en el uso del suelo en áreas de café y su efecto en desastres naturales. Guatemala, USAC, DIGI. 89 p.

11. Cruz S, JR De la. 1982. Clasificación de reconocimiento de las zonas de vida de la república de Guatemala. Guatemala, Instituto Nacional Forestal. 42 p.
12. Galeano F, JC. 2000. Evaluación de tres formas de preparación y cuatro proporciones de pulpa de café para la elaboración de abono orgánico, en la región cafetalera municipio de Palín, Escuintla. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 56 p.
13. Galindo Y, FH. 1998. Caracterización de los beneficios húmedos de café y estimación de sus cargas contaminantes sobre los ríos Savalichi y Tarros del municipio de San Pablo, San Marcos. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 69 p.
14. Haaber, AE. 1964. Producción moderna de café. Trad. por Marcos Godínez. México, Continental. 652 p.
15. Hernández P, M. 1988. Manual de caficultora. Guatemala, ANACAFE. 247 p.
16. Hilje, L. 1987. El uso de plaguicidas en Costa Rica. San José, Costa Rica, EUNED. 125 p.
17. IGN (Instituto Geográfico Nacional, GT). 1972. Mapa topográfico de la república de Guatemala: hoja Cerro Montecristo, no. 2359-III. Guatemala. Esc. 1:50,000. Color.
18. INAFOR (Instituto Nacional Forestal, GT). 1983. Mapa de zonas de vida de La república de Guatemala: según el sistema Holdridge. Guatemala, Instituto Geográfico Nacional. Guatemala. Esc. 1:600,000.
19. INE (Instituto Nacional de Estadística, GT). 2002. XI censos nacional de población, iv de habitación. Guatemala. 1 CD.
20. INSIVUMEH (Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología, GT). 2008. Datos de estaciones meteorológicas de Esquipulas, Chiquimula. Guatemala. 25 p.
21. MARN (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, GT). 2006. Reglamento de las descargas y reúsos de aguas residuales y la disposición de lodos: artículo 183, literal E de la Constitución Política de la República de Guatemala. Guatemala. 25 p.
22. Motta F, EL. 1999. Estudio de la erosión hídrica del suelo, microcuenca del río Iztapa Chimaltenango, de 1994 a 1996. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 98 p.
23. Municipalidad de Esquipulas, Chiquimula, GT. 2005. Diagnóstico municipal: información general del municipio. Guatemala. 45 p.
24. NITLAPAN (UCA, Instituto de Investigación y Desarrollo, NI). 1993. Contaminación generada por beneficios de café; alternativas, ideas y estrategias de solución. Nicaragua. 89 p.

25. OEA, US. 1969. Investigación de los recursos físicos para el desarrollo económico: un compendio práctico de experiencia de campo de la organización de los Estados Americanos en América Latina. Washington, DC, US, OEA, 125 p.
26. Ramos, T; Cayo, L. 2001. Modelamiento ambiental para el análisis de susceptibilidad erosiva en la cuenca media y alta del río Cañete y determinación del mapa erosivo. Venezuela, Universidad Nacional Agraria la Molina. 26 p.
27. Raymundo, E. 2005. Fuentes y niveles de contaminación del recurso hídrico de la microcuenca del río San Pedro, cuenca del río Selegua, Huehuetenango. Tesis MSc. Guatemala, USAC. 207 p.
28. Rubio G, E; Yáñez K, MA. 2000. Transferencia de tecnología y enfoque de sistemas. Venezuela, Universidad Bolivariana de Venezuela, Colegio de Postgraduados / Secretaria de Agricultura y Ganadería y Desarrollo Rural. 61 p.
29. USAC, GT; CTPT (Comisión Trinacional Plan Trifinio, GT). 2007. Caracterización y diagnóstico de la microcuenca del río Atulapa, municipio de Esquipulas, departamento de Chiquimula. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía, Subárea de Manejo de Suelo y Agua. 163 p.
30. Vahrson, W; Cervantes, C. 1991. Tasas de escorrentía superficial y erosión laminar en Puriscal, Costa Rica (en línea). Heredia, Costa Rica, Universidad Nacional, Escuela de Ciencias Geográficas. p. 396-402. Consultado 27 ago 2009. Disponible en: <http://ecotropicos.saber.ula.ve/db/ssaber/Edocs/pubelectronicas/revistaforestal/vol45-1/articulo1.pdf>

## 2.10 Apéndices

### 2.10.1 Boleta de encuesta

La boleta está diseñada con el objeto de conocer los principales productos agroquímicos que utilizan los productores de café, con el objeto de conocer los posibles productos que pueden llegar al agua.

#### Encuesta sobre el uso de agroquímicos en el cultivo de café

¿Qué tipo de abono usa? Orgánico ( ) Químico ( ) Ninguno ( )

¿En dónde obtiene el abono?

---



---



---

Cantidad de abono en qq/manzana Orgánico: \_\_\_\_\_ qq Químico: \_\_\_\_\_ qq

En caso de respuesta afirmativa especificar cuáles: \_\_\_\_\_

---



---

¿Cómo realiza el control de malezas? Herbicida ( ) Manual ( ) Ambos ( )

En caso de control químico, especificar los productos, dosis y frecuencia: \_\_\_\_\_

---



---

Cuántas limpiezas con herbicida utiliza en el año y en que fechas?

---



---

¿Realiza algún control químico para control de plagas y enfermedades?

SI ( ) NO ( )

En caso de respuesta afirmativa, especificar los productos, dosis y frecuencia:

---



---

¿Qué plagas y enfermedades le afectan más en el cafetal regularmente que dañe su producción?

---

¿Ha aplicado un Nematicida? SI ( ) NO ( )

En caso de respuesta afirmativa, especificar que producto, dosis y frecuencia:

---

---



### **CAPÍTULO III.**

**INFORME DE SERVICIOS REALIZADOS A TRAVÉS DEL PROYECTO SINREM, EN LA CUENCA DEL RÍO ATULAPA, EN EL MUNICIPIO DE ESQUIPULAS, CHIQUIMULA, GUATEMALA, C.A.**



### 3.1 Presentación

El proyecto SINREM es una iniciativa de tres universidades de Centroamérica y dos centros Europeos de investigación, que tienen como enfoque el desarrollo sostenible de la región del Trifinio. Las universidades participantes por parte de Centroamérica son: la Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC), Universidad Nacional de El Salvador (UES), Universidad Autónoma de Honduras (UAH) y por parte de Europa se encuentra la Universidad Castilla la Mancha (UCLA) de España y el Centro de Investigaciones para el Desarrollo Agropecuario de Francia (CIRAD). Cada universidad centroamericana, con ayuda de los dos centros Europeos de investigación, trabajaron diferentes áreas propias de su país, definidas por la importancia de sus recursos y desarrollo de las comunidades por medio de la integración y participación de los actores locales para el intercambio de la información generada para la propia toma de decisiones de la comunidad. Para el caso de Guatemala, la Universidad de San Carlos de Guatemala, por medio de la Facultad de Agronomía, designó como área de trabajo e investigación dentro de la región del Trifinio la cuenca del río Atulapa, ubicada en el Municipio de Esquipulas, Chiquimula.

La cuenca del río Atulapa, es una zona de importancia para el municipio de Esquipulas y para las 23 comunidades que hacen uso de sus recursos, principalmente la riqueza en sus recursos hídricos, ya que provee al municipio de Esquipulas el agua domiciliar en un 60%, además del agua que utilizan las 23 comunidades tanto para su consumo propio como en la actividad del beneficiado del café. También la cuenca pertenece al Área Protegida de la Biosfera de la Fraternidad, que en conjunto los tres países (Salvador, Guatemala y Honduras) conforman el Área Protegida Trincional del Plan Trifinio (APTMT) que es una zona rica en diversidad natural y de importancia estratégica entre los tres países, ya que es un área que pertenece a la cuenca del Río Lempa, de gran importancia para El Salvador.

Con la introducción del cultivo de café a inicios de los años 80, como una actividad intensiva por parte de ANACAFÉ y la introducción del beneficio húmedo de café a finales de los 80, la caficultura ha crecido en la región, estableciéndose como una de las

principales actividades, creciendo así ampliamente la frontera agrícola del café y la instalación de beneficios tradicionales. Este crecimiento de la caficultura ha impactado en el desarrollo económico y calidad de vida para los habitantes pero también ha provocado un impacto a los recursos naturales, como lo es la pérdida de cobertura boscosa, disminución y contaminación de las fuentes de agua, pérdida de suelo y biodiversidad, etc.

La caficultura como una actividad de mucha importancia para la región, es necesario desarrollar planes que ayuden a los caficultores a entender la importancia que tiene la conservación de los recursos a través de un manejo sostenible en la producción de café. Razón por la cual se quiere realizar los servicios, enfocados en alternativas para una producción de café que reduzca su impacto en el medio ambiente, por medio de metodologías que ayuden a conservar los recursos y que a la vez beneficien al productor de café. También se quiere hacer conciencia a las personas con la información generada para que conozcan la situación actual de sus recursos, sobre todo el hídrico.

A continuación se presentan los principales servicios, que fueron planificados con base al diagnóstico realizado en la cuenca en estudio y en apoyo a las actividades de la CTPT a través del proyecto SINREM.

## **3.2 Elaboración de aboneras de lombricompost a base de pulpa de café**

### **3.2.1 Objetivos**

#### **3.2.1.1 General**

- Elaborar dos aboneras demostrativas de lombricompost, a base de pulpa de café cómo método de enseñanza a los caficultores, como alternativa para el aprovechamiento de la pulpa de café.

#### **3.2.1.2 Específicos**

- Desarrollar un proyecto piloto de elaboración de lombricompost a base de pulpa de café en dos caseríos de la parte alta y medio de la cuenca, como lo son La Cuestona y Plan de la Arada.
- Desarrollar dos talleres con productores de café, para la enseñanza en la elaboración de abono orgánico del tipo lombricompost, para la apropiación de la tecnología por parte del caficultor

### 3.2.2 Metodología

Se implementó una abonera rústica de bajo costo demostrativa, para dar a conocer alternativas para el manejo de la pulpa de café, que beneficie al productor de café, como un abono con características que propician mejorar las condiciones del suelo, y así elevar la productividad de su cultivo. Los pasos para la elaboración de la abonera fueron los siguientes:

Paso 1. Búsqueda y preparación del terreno: lo que se desarrolló primero fue la solicitud del permiso de un área o terreno para implementar la abonera, ya definida el área que los caficultores asignaron, se procedió a la preparación y limpia del terreno, que consistió en la nivelación del terreno, y la eliminación de la vegetación circundante. Los instrumentos utilizados para ello fue: azadón y machete. Ver figura 52.



Figura 52. Preparación del terreno para la elaboración de la abonera

Paso 2. Elaboración del cantero: en esta etapa, se construyó el cantero rústico, con medidas de tres metros de largo por un metro de ancho. Establecida las medidas, se marcaron los lugares en donde se cavaría los hoyos para colocar los postes de soporte del cantero y el techo. Los postes de madera se obtuvieron a través de los recursos propios del lugar. En total se colocaron seis postes, dos en cada esquina y dos postes en medio, como se observa en la figura 53.

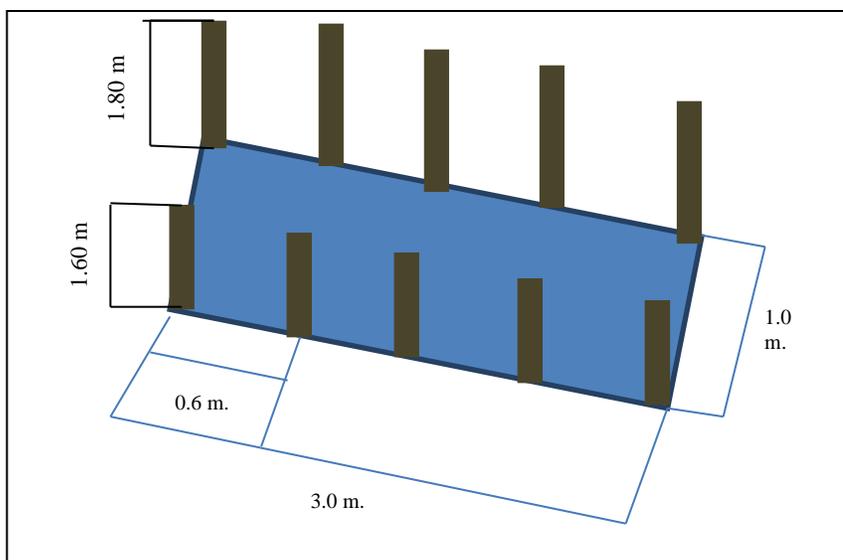


Figura 53. Diseño de la estructura del cantero

Sembrados los postes, se coloca el polietileno negro de 150 micras, con medidas de 1.40 metros de ancho en forma extendida, amarrando las puntas del plástico a los cuatro postes de las esquinas y también a los dos postes colocados en medio, formando con el mismo plástico el piso y los laterales del cantero, como se observa en las siguientes figuras 54 y 55 presentadas a continuación.



Figura 54. Construcción del cantero de la abonera



Figura 55. Forma de colocar el plástico para el cantero de la abonera

Paso 3. Construcción del Techo: El techo se elaboró con polietileno negro de 150 micras, con medidas de cuatro metros de largo por dos metros de ancho. Para la formación del techo se colocó varas de madera en forma transversal y longitudinal amarradas con rafia o

pita en los postes de sostén, para formar una especie de parrilla, que servirá de sostén para el plástico que se colocará encima de la estructura en forma extendida; para sujetar el plástico se amarra a la estructura que conforma el techo y el cantero con el uso de rafia. Otra manera que se puede colocar el techo, es en forma de dos aguas. La estructura debe estar conformada como se observa en la siguiente figura.

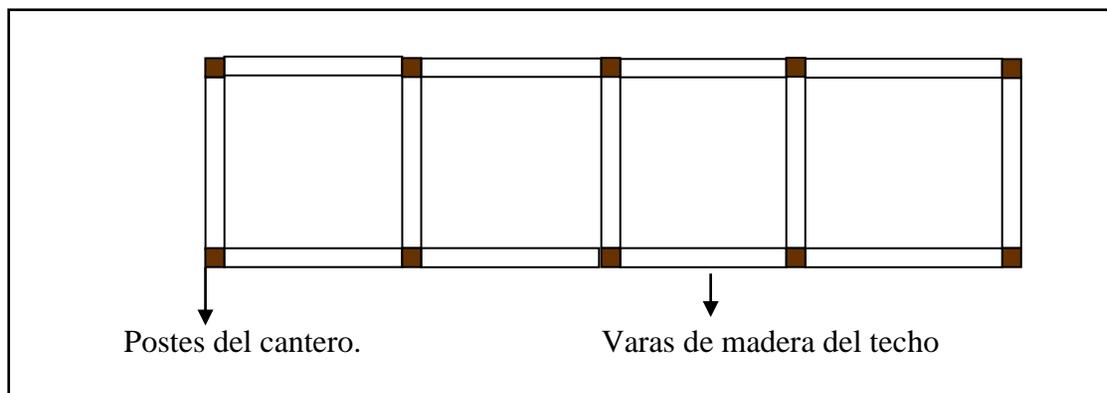


Figura 56. Vista aérea de la estructura del techo del cantero.

El techo del cantero se debe observar cómo se presenta en la figura 57.



Figura 57. Forma de elaboración del techo de la abonera

Paso 4. Llenado de pulpa de café al cantero: realizada la estructura, se procede a llenar el cantero de pulpa de café, no mayor a una altura de 40 cm, porque es la profundidad máxima en la que puede desarrollarse biológicamente la lombriz. Es conveniente indicar que la pulpa de café que se utiliza, debe tener un proceso de predescomposición de 15 días para que exista el proceso estabilización de la pulpa a un pH de 6.5 a 8.0 y que la

temperatura se regule a 20 a 25 °C, con una humedad del 80%. Usar pulpa sin ninguna predescomposición puede provocar la muerte de las lombrices. La cantidad de pulpa requerida para el llenado del cantero fue de 454.54 kg (10 qq). Ver figura 58.



Figura 58. Forma de colocar la pulpa de café en el cantero

Paso 5. Siembra de lombriz: La cantidad de lombrices que se necesita para una rápida transformación de la pulpa, se considera necesario 10 libras de lombriz pura por metro cuadrado. Los canteros tienen un área de 3.6 m<sup>2</sup>, para ello necesitamos un total de 36 libras de lombriz pura por cantero, si contamos con dos canteros utilizamos un total de 72 libras de lombriz pura. Una vez preparadas las aboneras se colocaron las 50 lombrices, repartidas en cada uno de los canteros, para lo cual se procederá a colocar una capa de alimento de 5 cm, seguido de un tercio del número de lombrices, este procedimiento se repetirá dos veces más hasta contar con el número de lombrices total, por último se coloca una capa de alimento de un espesor de 5 cm, con lo que se estará obteniendo un sustrato de 20 cm de espesor, siendo esta la profundidad que prefieren las lombrices

Las lombrices se deben de alimentar cada siete días, con pulpa predescompuesta extendida uniformemente en el cantero. La cantidad de pulpa que se agrega cada semana depende de la cantidad de alimento que consume cada lombriz; según la bibliografía consultada la lombriz come la mitad de su peso por día, en camadas de 11 libras de lombriz pura por metro cuadrado, debe alimentarse con una cantidad de 37 a 44 libras de

pulpa aproximadamente. Como contamos con 10 lbs de pulpa/m<sup>2</sup> necesitamos un total de 160 libras cada semana por cantero, hasta llegar a los 40 cm.



Figura 59. Lombriz Coqueta Roja, utilizada para la abonera



Figura 60. Colocación de la lombriz en la abonera

Paso 6. Mantenimiento de la abonera: elaborada la abonera con la pulpa de café y la lombriz, es importante darle el mantenimiento adecuado, que permitirá que el proceso de transformación de la pulpa a abono sea exitoso. Para ello es necesario mantener la humedad en un 80% durante todo el proceso, por lo que es necesario regarla por lo menos dos veces por semana. También es importante tajarla para conservar de mejor manera la humedad y evitar que está expuesta a los animales como gallinas.

### 3.3.2.2 Planificación del día de campo para la presentación de resultados

Se realizó un taller denominado “día de campo”, con el motivo de enseñar a los caficultores del área de estudio el proceso de elaboración de aboneras. Para definir la fecha y la hora, se realizó una consulta con varios caficultores del caserío La Cuestona y Plan de la Arada, para programar una fecha y hora consensuada. Programada la fecha y la hora, se elaboraron las invitaciones para los caficultores, especialmente pequeños y medianos productores.

### **3.3.3.3 Presentación de resultados en el día de campo**

El día de campo con los caficultores, se hizo con el fin de presentar los resultados de las aboneras elaboradas, para que ellos conocieran de manera vivencial, la forma de elaborar una abonera. Los aspectos a tratar en la plática se detallan a continuación:

- Presentación ante caficultores.
- Características del abono.
- Elaboración de la abonera tipo rústica.
- Aspectos importantes del manejo de una abonera.
- Presentación de resultados de laboratorio del abono.
- Formas de utilizar el abono.
- Opiniones de los caficultores referentes al evento.

En la presentación de los resultados se hizo con el apoyo de un papelógrafo y con la presentación de carteles.

### 3.2.3 Resultados

#### 3.2.3.1 Presentación de abonera ante caficultores

Se programó una presentación de resultados ante los caficultores en un día de campo, de la abonera demostrativa. Se inició con una bienvenida a los caficultores y una explicación de los temas explicados. El material utilizado para el día de campo con los caficultores, fue el uso de un papelógrafo, con los carteles que se utilizaron para presentar los temas respecto a la elaboración de la abonera. En la figura 61, se muestra la presentación de la abonera ante caficultores del caserío La Cuestona.



Figura 61. Presentación de resultados de abonera ante caficultores del caserío La Cuestona

#### A. Características del abono

Se explicó las características del abono, en relación a sus propiedades físicas y químicas que tiene. Entre las características físicas, se habló sobre la capacidad del abono para mejorar la estructura del suelo, ya que es un abono que favorece un suelo más suelto, que permite una mejor aireación y retención de humedad. En cuanto a las características químicas, se abordó el tema sobre la capacidad del abono para hacer más eficiente la fertilización, mejorando el traslado de nutrientes en la relación suelo-planta, aunado a la facilidad de mayor retención de nutrientes en una forma disponible a la planta.

Se explicó las propiedades de un abono orgánico en forma comparativa con un abono químico, enfatizando sobre las ventajas y desventajas que tiene cada uno los abonos. Se

abordó sobre el tema de la ventaja que tienen los abonos orgánicos, que evitan la contaminación del agua y el deterioro de suelos.

### **B. Elaboración de la abonera tipo rústica**

Se desarrolló el tema a los caficultores asistentes, sobre la forma de construir una abonera rústica, por medio de la presentación de la abonera de una forma práctica, a través de los caficultores reunidos alrededor de la abonera. Se explicó todos los pasos que se realizaron para su construcción, los cuales se detallan a continuación:

- Preparación del terreno
- Colocación de los postes
- Construcción del techo
- Construcción del cantero
- Llenado de la abonera con pulpa de café y siembra de la lombriz
- Mantenimiento de la abonera

### **C. Aspectos importantes del manejo de una abonera**

En cuanto al manejo de la abonera de lombricompost a base de pulpa de café, se presentó todos los pasos que conlleva el manejo de la abonera, para obtener un abono de calidad. Los pasos que conlleva el manejo de la abonera, se detallan en el siguiente orden:

- Predescomposición de la pulpa de café, para la siembra de lombriz.
- Número de lombrices a utilizar por metro cuadrado, para la siembra
- Control de la humedad.
- Control de las principales plagas de las lombrices.
- Aspectos importantes para obtener una completa conversión de la pulpa.
- Forma de cosecha del abono.

#### D. Formas de utilizar el abono

Por último en el día de campo, para la presentación de resultados de la abonera demostrativa, se indicó la amplia gama de cultivos en donde el abono se puede utilizar. Se enseñó un cartel con dosis adecuadas para la fertilización del café con el uso combinado de abono orgánico y abono químico en un pequeño plan de fertilización, para que conocieran la mejor forma de aplicación del abono en cafetales.

#### 3.2.3.2 Presentación de resultados del análisis de laboratorio del abono

Se presentó los resultados del análisis químico de laboratorio del abono de lombricompost, desarrollando el tema de los nutrientes y su explicación en la fertilización del café con el abono y otras propiedades que permiten, que mejoran las condiciones del suelo a través de su uso prolongado, si se establece un proyecto de fertilización a mediano plazo con lombricompost. Por último se hizo una comparación entre los nutrientes que tiene un fertilizante químico comúnmente utilizado en la zona y el lombricompost.

Cuadro 49. Resultados del análisis de laboratorio del abono de lombricompost

IDENTIFICACION	pH	mS /cm C.E.	%				ppm					%		C : N
			P	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Fe	Mn	Na	M.O	NT	
PULPA DE CAFE	7.9	6.8	0.10	0.75	0.69	0.16	15	55	2450	155	500	17.79	1.73	6 :1

Fuente: Laboratorio de Suelo – Agua – Planta, Salvador Castillo Orellana.



Figura 62. Participación de caficultores en la presentación de resultados del análisis químico del lombricompost

### 3.2.3.1 Opiniones de los caficultores referentes al evento

Antes de concluir la presentación, se hizo un espacio para los comentarios de caficultores respecto al evento realizado. Se describen los comentarios más importantes escuchados:

- Fabián de Jesús Linares, comentó que la actividad es una forma de que ellos conozcan nuevas formas en la fertilización y que permite mejorar su conocimiento en lo referente a la nutrición de un cafetal.
- Beltrán Martínez, indicó que los abonos orgánicos tienen la capacidad de liberar los nutrientes en forma lenta y disponible a para la planta, a la vez mantiene fértil el suelo por más tiempo, a diferencia de un abono químico, que su respuesta es de corta duración, lo que implica su uso continuo.
- Alejandro Domingo Flores, comentó que los abonos orgánicos son buenos para cuidar la tierra y fertilizarla, pero su elaboración es dificultosas porque requieren de un espacio grande, el cual muchas veces no se tiene, y que los costos son altos.
- José Ricardo Marcos, comentó que el conocimiento del lombricompost como abono orgánico, son alternativas que los caficultores deben tomar en cuenta ante la difícil situación de los precios altos de los abonos químicos, que ha ocasionado un aumento considerable en los costos para producir café.



Figura 63. Caficultores que opinaron sobre las ventajas del abono

Cómo última actividad de la presentación, se entregó un afiche, con la toda la información para la elaboración de lombricopost a base de pulpa de café, y los resultados de laboratorio.

### **3.2.4 Evaluación**

Objetivo específico 1.

Cumplimiento: en cuanto a los alcances: se ha logrado la construcción y funcionamiento de dos aboneras, una en el caserío La Cuestona y la otra en el caserío Plan De La Arada.

Objetivo específico 2.

Cumplimiento: se logró integrar a caficultores de la comunidad La Cuestona, El Limón, El Jocotal, Plan de la Arada, en las diferentes actividades para la elaboración de la abonera. Entre las actividades de colaboración por parte de los caficultores, se encuentra la proporción del terreno para ubicar la abonera, ayuda en la construcción del cantero y el techo, proporción de la pulpa de café. Para ello se logró integrar un total de 10 caficultores para el proceso de elaboración y funcionamiento de la abonera.

En el proceso de integración a la comunidad, se promovió la disseminación de la información sobre la elaboración de una abonera rústica, utilizando como material pulpa de café, a través de la explicación todo el proceso de elaboración, a través de un día de campo con caficultores que viven dentro de la cuenca.

Objetivo específico 3.

Cumplimiento: el cumplimiento de este objetivo se llevó a cabo, por medio de la entrega a cada caficultor participante de un afiche, con toda la información práctica para la elaboración de abono orgánico, a base de pulpa de café, por medio de la lombriz roja californiana. En total se logró capacitar a 24 caficultores.

### **3.3 Pláticas de educación ambiental en escuelas primarias**

#### **3.3.1 Objetivos**

##### **3.3.1.1 General**

- Apoyar la formación estudiantil en temas relacionado con la educación agropecuaria y ambiental, en las escuelas de educación primaria que se encuentren ubicadas dentro del perímetro de la cuenca del río Atulapa.

##### **3.3.1.2 Específicos**

- Exponer un tema de educación ambiental por cada una de las escuelas del área con énfasis en el recurso hídrico y la situación actual del ambiente en la cuenca del río Atulapa.
- Impartir los temas en las escuelas sobre el ambiente, el ciclo hidrológico, la importancia de cuidar el agua y la microcuenca hidrológica.
- Integrar el conocimiento en los niños sobre el concepto de cuenca hidrológica como una unidad productora de agua y su importancia en su conservación.

### **3.3.2 Metodología**

#### **3.3.2.1 Pláticas de educación ambiental a estudiantes de escuelas primarias**

Las pláticas sobre educación ambiental con énfasis en el recurso hídrico, se implementaron en las escuelas primarias ubicadas dentro de la cuenca del río Atulapa, realizando una plática por escuela primaria. Para llevar a cabo las pláticas ambientales, el primer paso consistió en la identificación de las escuelas primarias existentes dentro de la cuenca.

Identificadas las escuelas, se procedió a localizarlas y solicitar el permiso con el director del establecimiento educativo, para poder impartir las pláticas de educación ambiental con énfasis en el recurso hídrico. Las pláticas se llevaron a cabo en los grados de cuarto a sexto primario, debido a que los temas son para niños entre las edades de nueve a doce años.

El contenido de la plática se enfoca en tres partes:

Primera parte:

Consistió en la introducción al tema ambiental. Los temas tratados de manera introductoria son relacionados al medio ambiente. Los instrumentos que se utilizaron son carteles y exposición oral. Duración: 15 minutos.

Segunda parte:

Presentación del tema del ciclo hidrológico, con el objeto de explicar a los niños los procesos que recorre el agua para llegar a sus comunidades. Los materiales utilizados son carteles ilustrativos del ciclo hidrológico. Duración: 15 minutos

Tercera parte:

Impartir el tema sobre la importancia de la protección del agua. En este tema, se hace énfasis sobre la importancia que tiene el agua para el ser humano y sobre la cantidad de agua dulce para consumo humano que existe en el mundo, para concientizar al niño sobre

el uso racional del agua. Los materiales a utilizar son carteles ilustrativos, uso del pizarrón.

Los temas a tratados fueron:

- La calidad del agua.
- La situación actual del agua en la cuenca del río Atulapa.
- Principales contaminantes del agua.
- Riesgos que ocasiona la mala calidad del agua en la salud.
- Como mejorar y conservar la calidad de agua.

Duración: 15 minutos

Cuarta parte:

Introducción al concepto de cuenca hidrográfica que los niños adquieran en sus conocimientos el concepto de cuenca, para que ellos familiaricen que el área donde viven, pertenece a una cuenca. También se expuso los temas sobre la importancia de conservar la cuenca del río Atulapa, ya que es un área productora de agua, que forma los ríos que utilizan sus propias comunidades. Después de presentados los temas, se procedió a explicar a los niños que ellos viven y pertenecen a la cuenca del río Atulapa, comentando su situación actual en el tema del recurso hídrico. Materiales a utilizados: carteles ilustrativos y uso de pizarrón. Duración: 30 mininutos

Quinta parte:

Presentación del video “La gota de agua”. Es un video que explica el viaje de una gota de agua y todos los pasos que recorre desde la evaporación en el océano, hasta completar su ciclo nuevamente en el océano, explicando en una forma didáctica el ciclo hidrológico del agua. Materiales y equipo: equipo multimedia y película en DVD. Tiempo: 10 min.

### **3.3.2.2 Plática de educación ambiental a profesores**

En la planificación del taller, se inició con una consulta a los profesores de las diferentes escuelas ubicadas dentro de la cuenca del río Atulapa, para definir fechas y horas para realizar la plática. Ya programada la fecha se procedió a la solicitud del permiso en la oficina municipal de educación, con el supervisor educativo de las escuelas ubicadas en la

cuenca. Con la aprobación del supervisor de educación se hizo la entrega de invitaciones a los profesores de las escuelas primarias.

Los temas que se impartieron a los profesores se detallan a continuación:

1. Que es el medio ambiente
2. El ciclo hidrológico del agua
3. Introducción al concepto de cuenca hidrográfica
4. La importancia de la educación ambiental en las escuelas
5. La educación ambiental formal e informal

Los materiales y equipos utilizados fueron: equipo multimedia (proyector multimedia y computadora portátil), pizarrón y material didáctico (carteles). La metodología consistió en una introducción al tema, una presentación sobre los temas de educación ambiental anteriormente descritos, se les presento unos ejemplos de materiales didácticos que los profesores pueden utilizar para enseñar el concepto de cuenca y ciclo hidrológico, se hizo una presentación oral de cómo enseñar educación ambiental y por último se realizó una prueba para medir el conocimiento sobre los conceptos de cuenca, ciclo hidrológica y educación ambiental a los profesores.

### 3.3.3 Resultados

#### 3.3.3.1 Pláticas de educación ambiental en escuelas primarias

Las pláticas de educación ambiental, abarcaron seis escuelas, las cuales se describen a continuación:

1. Escuela caserío Plan de la Arada.
2. Escuela caserío El Duraznal.
3. Escuela caserío El Portezuelo.
4. Escuela caserío La Cuestona.
5. Escuela caserío El Limón.
6. Escuela Aldea Santa Rosalía.

A continuación se presentan la escuela donde se impartió la plática de educación ambiental y el número de alumnos presentes por escuela:

#### A. Plática de educación ambiental Escuela caserío Plan de la Arada

Alumnos participantes: 90.



Figura 64. Estudiantes de la escuela Plan de la Arada



Figura 65. Plática de educación ambiental en la escuela Plan de la Arada

Profesores:

- José Dolores Jacinto Pérez.
- Edi Roberto Trigueros Nova.

**B. Plática de educación ambiental Escuela caserío La Cuestona**

Número de Alumnos participantes: 78



Figura 66. Estudiantes de la escuela La Cuestona



Figura 67. Plática de educación ambiental en la escuela La Cuestona

Profesores:

- Liliam del Carmen Aceituno Arita.
- Elvia Amparo Carranza Velásquez.
- Milvia Teresa Ardón Miguel.

**C. Plática de educación ambiental Escuela caserío El Duraznal**

Número de Alumnos participantes: 69.



Figura 68. Estudiantes de la escuela El Duraznal



Figura 69. Plática de educación ambiental en la escuela El Duraznal

Profesoras:

- María del Carmen Trigueros Morales.
- Petrona Trigueros Morales.

**D. Plática de Educación Ambiental en la Escuela Caserío El Portezuelo**

Número de alumnos participantes: 65



Figura 70. Plática de educación ambiental en la escuela El Portezuelo



Figura 71. Plática de educación ambiental en la escuela El Portezuelo

Profesores:

- Lesly Floribeth Franco Trigueros.
- Rosa Edith Erazo Ramírez.
- Enma del Carmen Trigueros Gutiérrez.

### E. Plática de Educación Ambiental Escuela Caserío El Limón

Número de Alumnos Participantes: 23.



Figura 72. Estudiantes de la escuela El Limón



Figura 73. Plática de educación ambiental en la escuela El Limón

Profesores:

- Miriam Esperanza Chinchilla.

#### 3.3.3.2 Plática de educación ambiental a profesores de escuelas primarias

El taller se realizó el día viernes 28 de agosto a las 8:00 horas, en la escuela de Santa Rosalía. Se contó con la participación de 14 profesores de las escuelas que se mencionan a continuación: escuela del caserío Plan de La Arada, Escuela del caserío El Limón, Escuela del caserío Las Toreras, Escuela de la Aldea Atulapa, Escuela de la aldea San Nicolás, Escuela de la aldea Santa Rosalía, Escuela del caserío El Duraznal.



Figura 74. Profesores de las escuelas ubicadas dentro de la cuenca del río Atulapa

### **A. Explicación de los temas de educación ambiental**

Se realizó una presentación con retroproyector multimedia, en donde se impartieron los temas sobre educación ambiental, el recurso hídrico y la importancia de su protección, la cuenca hidrográfica como unidad generadora de agua, abarcando la importancia de estos temas en la educación de los niños, como una forma de ir creando una consciencia de conservación y valoración de los recursos que existen en la cuenca. Por último, se explicó la situación actual de la cuenca del río Atulapa, indicando los principales problemas encontrados, de acuerdo a la información generada por SINREM, para que los profesores también conozcan la problemática detectada en el sector ambiental, especialmente el hídrico en las comunidades donde laboran.



Figura 75. Plática de educación ambiental con profesores de las escuelas ubicadas dentro de la cuenca del río Atulapa

### **B. Hoja de comprensión sobre los temas impartidos**

Finalizada la exposición se pasó una evaluación de comprensión, para medir el conocimiento sobre los temas tratados en el taller y como los pueden aplicar en cursos afines al pensum de estudios. Las preguntas hechas son las siguientes:

1. ¿Qué entiende por educación ambiental?
2. ¿La enseñanza de la educación ambiental se puede introducir en cursos del pensum escolar? ¿En qué cursos lo haría?
3. ¿Qué entiende por el concepto de cuenca y que funciones tiene en nuestra vida?

De acuerdo a la pregunta número uno, los profesores tienen una idea clara sobre el concepto de educación ambiental y su importancia en la educación de los estudiantes. En lo que respecta a la pregunta dos, predominó que la enseñanza de educación ambiental se puede introducir en los cursos de Ciencias Naturales, Ciencias Sociales y Formación Ciudadana. Con la última pregunta es necesario reforzar el concepto de cuenca, porque se encontró una deficiencia en su comprensión.



Figura 76. Evaluación a los profesores sobre la plática de educación ambiental

### **C. Comentario por parte de los participantes sobre el taller**

La última parte del taller, fue abordar las opiniones de los profesores respecto a la actividad realizada, a continuación se describen las más importantes:

- Edi Roberto Trigueros de la escuela de Plan de la Arada, indicó que los profesores de escuelas primarias no cuentan con programas de capacitación para mejorar la calidad educativa de los estudiantes, y que este tipo de actividades permiten a los profesores conocer o ampliar los temas tratados que son tan importantes para el desarrollo completo del alumno.
- Miriam Chinchilla de la escuela El Limón, comentó que la educación ambiental es un área que se debe impartir como un curso, por su importancia, debido a que actualmente, el deterioro de los recursos naturales en las áreas rurales se ha acelerado, y la educación ambiental es una manera de formar conciencia a los

futuros pobladores de las comunidades, para la protección, conservación y uso sostenible de sus recursos.

- Nataly Rodríguez de la escuela Santa Rosalía, comentó que el taller realizado es una forma de ampliar su conocimiento en temas que son poco abarcados en los cursos impartidos. Este tipo de actividades ayuda a que los profesores tomen conciencia sobre el tema del ambiente y su importancia de llevarlo a las escuelas.
- Petrona Trigueros de la escuela El Duraznal, indicó que el taller es una buena forma de abrir temas a veces olvidados, pero muy importantes de acuerdo a lo que se está viviendo a nivel mundial. Pero sería bueno abarcar temas más específicos sobre como impartir la educación ambiental y trabajar en talleres que faciliten su aprendizaje para que el gremio de profesores estén capacitados para impartirlo.

#### **3.3.4 Evaluación**

De las nueve escuelas primarias que se encuentran dentro de la cuenca del río Atulapa, se realizaron seis pláticas de educación ambiental, que corresponde al 67% del total de escuelas, cubriendo más del 50% de escuelas. El total de alumnos que participaron en las pláticas de educación ambiental fueron 445 estudiantes entre los grados de cuarto a sexto primaria.

Las pláticas de educación ambiental con los profesores, con un enfoque de capacitación, se logró la asistencia de 14 profesores de siete escuelas, las cuales se describen a continuación: escuela caserío El Limón, escuela caserío El Duraznal, escuela caserío Plan de la Arada, escuela caserío Las Toreras, escuela aldea San Nicolás, escuela aldea Santa Rosalía, escuela aldea Atulapa. En total participaron siete escuelas de las nueve ubicadas dentro de la cuenca lo que corresponde al 78% de profesores que atienden a dichos centros educativos.

### **3.4 Visita a un beneficio ecológico con productores de café**

#### **3.4.1 Objetivos**

##### **3.4.1.1 General**

- Conocer e intercambiar experiencias logradas por la Asociación ASIDECONE, con los COCODES y caficultores de las comunidades de la cuenca del río Atulapa.

##### **3.4.1.2 Específicos**

- Conocer el funcionamiento de un beneficio ecológico comunal de la asociación y la forma de trabajo con los asociados.
- Intercambiar las experiencias entre la asociación y los caficultores de la cuenca del río Atulapa.
- Conocer el funcionamiento y organización de una asociación comunitaria de caficultores.

### **3.4.2 Metodología**

La actividad consistió en la visita guiada, a un beneficio tecnificado con capacidad de manejo de sus aguas residuales, con productores de café de la cuenca del río Atulapa, con el objeto de enseñar los procesos que se llevan a cabo en un beneficio tecnificado manejado por una asociación. El beneficio tecnificado, se ubica en el caserío El Carrizal de la aldea Chanmagua, que pertenece a la Asociación de Productores de Café del Norte del Trifinio (ASIDECONE).

En la planificación se inició con una visita a la organización ASIDECONE ente encargado del manejo del beneficio, con el objetivo de solicitar apoyo para realizar la actividad y a la vez conocer el área, con el objeto de planificar el recorrido y establecer las posibles fechas para realizar la actividad. Para la solicitud y organización de esta actividad se enviaron cartas de participación a los caficultores de la cuenca del río Atulapa.

Después de obtenido el permiso de ASIDECONE, se organizó una reunión con los caficultores de la zona para exponer la actividad y ver su interés para llevarla a cabo; la reunión se realizó en la escuela del caserío La Cuestona por la accesibilidad a la mayoría de los caficultores. Se hizo una carta de invitación para la reunión la cual se dejó a los diferentes caficultores del área y también con el apoyo del COCODE de los diferentes caseríos quienes colaboraron en la entrega de las invitaciones.

El traslado al beneficio ecológico se planificó con los caficultores interesados, para lo cual se contó con dos vehículos, uno con el apoyo del Plan Trifinio, y el otro con apoyo del Sr. Toribio Trigueros presidente del COCODE del caserío El Limón. A cada caficultor al momento de llegar al beneficio de la asociación, se le entregó un cronograma de las actividades que se realizaron.

La forma de transporte de los participantes de la gira se hizo por medio de un Pick-Up proporcionado por parte del plan Trifinio, y el presidente del COCODE de la aldea el Limón, el Sr. Toribio Trigueros quien proporcionó su carro, para el apoyo en el transporte de la gira.

### 3.4.3 Resultados

Los participantes se reunieron en la escuela de La Cuestona y de Plan de la Arada, como sitios de céntricos, para el transporte de los caficultores. La salida de Esquipulas se hizo a las 8:00 am. La llegada a la aldea el Carrizal, directamente al beneficio fue a las 9:10 am.



Figura 77. Presidente de la asociación de ASIDECONE

A la llegada al beneficio, el inicio de la actividad empezó con la bienvenida por parte del presidente de la junta directiva de la asociación ASIDECONE, el Sr. Bartolomé Santos. En el área de bodega se recibió a los participantes de esta actividad. El Sr. Bartolomé inició con unas palabras de bienvenida y se explicaron los puntos a tratar durante la visita, para introducir al participante

Los temas tratados durante la visita al beneficio se detallan a continuación:

#### **Primer punto: se explicó cómo fue el surgimiento de ASIDECONE, como asociación**

La asociación se formó como una integración de los COCODES de otras comunidades, realizando reuniones para llegar a un acuerdo para su conformación. La asociación logró un total de 400 asociados de diferentes comunidades, que alrededor abarcaban 13 comunidades. Los asociados pertenecían a pequeños y medianos productores.

#### **Segundo punto: por qué se formó la asociación ASIDECONE**

En este punto se explicó los motivos para asociarse, el cual fue a través del conocimiento de un proyecto por parte del Ministerio de Agricultura (MAGA), de nombre Proyecto de Desarrollo de la Región del Trifinio (PRODERT), enfocado como su nombre lo indica en la

región del Trifinio. Para que el proyecto los apoyara era necesario estar organizado, de esta forma las comunidades se empezaron a organizar por medio de los COCODES, posteriormente técnicos del proyecto empezaron a apoyar para mejorar la organización hasta lograr la asociación ASIDECONE, logrando su personalidad jurídica e inscripción en la SAT.

### **Tercer punto: Cómo se logró la gestión y construcción del beneficio de café**

El Proyecto de Desarrollo de la Región del Trifinio (PRODERT) como parte de los proyectos del MAGA, tenía en su presupuesto apoyar a caficultores, para la construcción de beneficios tecnificados de café (definidos por el proyecto como ecológicos); pero para PRODERT la asociación no estaba en sus prioridades para apoyarlos en la construcción de un beneficio comunal. La asociación para demostrar su interés en el proyecto de construcción de beneficios, envió pruebas para determinar la calidad de su café, calificando como café estrictamente duro, logrando dos veces consecutivas al año esta calidad de café. De acuerdo a estos resultados el proyecto observó que la asociación continuó su trabajo para colocar su café en mercados especiales; se evidenció la necesidad de la construcción del beneficio, de manera que los asociados estuvieron en constantes reuniones con los personeros del proyecto PRODERT, logrando que en el año 2,000 se empezara la construcción del beneficio.

### **Cuarto punto: Éxitos y fracasos de la asociación**

La asociación a lo largo de su formación ha encontrado dificultades, de las cuales la más grande que tiene, fue la pérdida de la cosecha 2006 – 2007, en donde mandaron pruebas para clasificar su café, logrando una calificación del grano “estrictamente duro”, vendiéndolo a través de una exportadora, en donde obtuvieron un precio bajo, incluso más bajo que un café convencional, lo cual les ocasionó una pérdida económica. En los éxitos que ha logrado la asociación, es su mantenimiento como organización, contar con el beneficio de café.



Figura 78. Caficultores participantes en la gira al beneficio ecológica de café



Figura 79. Palabras de bienvenida por parte de presidente de la asociación ASIDECONE

Quinto punto: Recorrido para conocer el funcionamiento del beneficio tecnificado de café.



Figura 80. Presentación del recibidor de café ante los caficultores

El recorrido se empezó desde el recibidor de café, explicando su funcionamiento como se observa en la figura 81.



Figura 81. Presentación del sifón del beneficio ecológico

También se mostró el funcionamiento del tipo de despulpador, las características del sifón y el tipo de clasificación que utilizan. En esta unidad, se explicó sobre la importancia de este proceso para obtener calidad en el grano de café, ya que la etapa de beneficiado es muy importante para lograr una mejor calidad, que permita competir en un mercado de café especializados.



Figura 82. Pilas de fermento del beneficio de café tecnificado

En la figura 82 se observa las pilas de fermento, las cuales sirvieron para explicar el uso de las pilas de primera, de segunda, tercera y cuarta, que son las que permite clasificar el café en cuatro categorías. Un aspecto importante de la Asociación fue la preparación para mostrar el beneficio en óptimas condiciones, como se observa que las pilas de fermento se encuentran pintadas con cal.

También se presentó el sistema de recirculación de agua y se destacó la importancia de este sistema en el ahorro de agua y la facilidad para tratar las aguas servidas (mieles), producto del beneficiado.



Figura 83. Tanque recolector de la planta de tratamiento



Figura 84. Planta de tratamiento de aguas residuales del beneficio

Otro aspecto importante que el beneficio de café tiene, es la señalización de todo el equipo, como se puede observar en las figuras 83 y 84 que muestran la señalización de la planta de tratamiento de aguas. Característica que hace especial al beneficio, por su componente didáctico para su presentación. En la parte final del recorrido por el beneficio de café se visitó la planta de tratamiento, explicando el funcionamiento de la planta y los componentes que la conforman. La planta de tratamiento de las aguas del beneficiado húmedo de café, cuenta con todos los procesos recomendados para desfogar el agua con rangos permisibles permitidos por el Reglamento 431-2007 del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN), para la descarga en ríos.



Figura 85. Filtros utilizados en la planta de tratamiento de aguas residuales

### **3.4.4 Evaluación**

Se obtuvo la participación de 26 caficultores e integrantes de los COCODES de las comunidades El Limón, El Jocotal, El Portezuelo, La Cuestona, Plan de la Arada, quienes se les enseñó el cómo funciona una asociación de caficultores y un beneficio tecnificado con planta de tratamiento. Se planificó la visita de 20 caficultores, y se logró una participación de 26 caficultores, superando la expectativa de asistencia.

El intercambio de experiencias entre la asociación ASIDECONE y los caficultores de las comunidades ubicadas en la cuenca del río Atulapa, promovió la relación entre el COCODE del caserío El Limón, Toribio Trigueros y el Presidente de ASIDECONE, Bartolomé Santos, para establecer lazos de apoyo para crear un proyecto similar en la cuenca del río Atulapa.

Se mostró a los caficultores el funcionamiento de un beneficio tecnificado comunal, con su sistema de recirculación de agua, la planta de tratamiento de aguas residuales, el sifón clasificador, el despulpador, las fosas de oxidación de primera, segunda, tercera y cuarto, por último se visitó el área donde se seca el café.

#### **3.4.4.1 Participantes a la gira del beneficio ecológico**

En el siguiente cuadro, se muestra los caficultores participaron en la visita al beneficio tecnificado comunal, en el cual se puede observar a las diferentes comunidades a las que pertenecen los caficultores

Cuadro 50. Listado de caficultores participantes a la visita de un beneficio tecnológico

<b>No.</b>	<b>Nombre</b>	<b>Comunidad</b>	<b>Cargo</b>
1	Glendy Orellana	Cuestona	Vocal COCODE
2	Beltrán Martínez	Cuestona	Vicepresidente COCODE
3	Manuel Domingo Flores	Cuestona	Caficultor
4	Juan Angel Zamora	Portezuelo	Caficultor
5	Alejandro Cruz García	Portezuelo	Caficultor
6	Antonia Martínez	Cuestona	-----
7	Roberto Mendoza	Limón	Caficultor
8	Marco Tulio Morales	Jocotal	Caficultor
9	Raúl Morales Trigueros	Jocotal	Caficultor
10	Wilson Edgardo Morales	Jocotal	Caficultor
11	Nazario Méndez	Portezuelo	Vocal III COCODE
12	Alfredo Trigueros	Limón	Caficultor
13	Maribel de Trigueros	Limón	-----
14	Francisco García Gregorio	Plan de la Arada	Vicepresidente COCODE
15	Elijio García Hernández	Plan de la Arada	Caficultor
16	Cirilo Suchite Ramirez	Plan de la Arada	Tesorero COCODE
17	Elvia Mariela Súcite	Plan de la Arada	-----
18	José Manuel Suchite	Plan de la Arada	Caficultor
19	Nazario Méndez	Plan de la Arada	Portezuelo
20	José Trigueros	Duraznal	Tesorero COCODE
21	Felipe de Jesús Méndez	Portezuelo	Presidente COCODE
22	Rufino García	Portezuelo	Vocal II COCODE
23	Alfonso García	Plan de la Arada	Caficultor.
24	Luis Fernando García	Plan de la Arada	Caficultor
25	Darwin Leonardo España Coto	EAT-PTCARL	
26	Toribio Trigueros	Limón	Presidente COCODE