

**OBTENCION DE BIOETANOL A PARTIR DE LAS AGUAS MIELES Y  
MUCILAGO DE CAFÉ COMO ALTERNATIVA DE MITIGACION DE EFECTOS  
EN LOS ECOSISTEMAS DE LAS FINCAS LAS VIOLETAS, VEREDA LOS  
ROBLES, TIMBIO Y EN LA FINCA LA CRISTALINA, VEREDA LOS UVALES,  
PIENDAMO, DEPARTAMENTO DEL CAUCA**

**MIRLEY SARRIA SAMBONI**

**FUNDACION UNIVERASITARIA DE POPAYAN  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES  
PROGRAMA DE ECOLOGIA  
POPAYAN  
2019**

**OBTENCION DE BIOETANOL A PARTIR DE LAS AGUAS MIELES Y  
MUCILAGO DE CAFÉ COMO ALTERNATIVA DE MITIGACION DE EFECTOS  
EN LOS ECOSISTEMAS DE LAS FINCAS LAS VIOLETAS, VEREDA LOS  
ROBLES, TIMBIO Y EN LA FINCA LA CRISTALINA, VEREDA LOS UVALES,  
PIENDAMO, DEPARTAMENTO DEL CAUCA**

**MIRLEY SARRIA SAMBONI**

**TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR AL TITULO DE  
ECOLOGA**

**Docente  
Biólogo. ARNOL ARIAS HOYOS**

**FUNDACION UNIVERASITARIA DE POPAYAN  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES  
PROGRAMA DE ECOLOGIA  
POPAYAN  
2019**

NOTA DE ACEPTACION

---

---

---

---

---

---

---

---

---

Firma del Presidente de jurado

---

Firma del Jurado

---

Firma del Jurado

---

Firma del Jurado

## DEDICATORIA

Dedico este trabajo a DIOS por regalarme la vida y la oportunidad de culminar una de mis metas, a mi familia que al igual que yo se esforzó para que este proyecto se hiciera realidad.

A todos las personas que están en el campo que se dedican a la caficultura y que día tras día se esfuerzan por sacar su familia adelante mediante esta labor, trabajando por obtener excelentes productos.

A todos bendiciones

*“Pon en manos de Dios todos tus obras y tus proyectos se cumplirán”*

*Proverbios 11: 24 (NVI)*

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco enormemente al todopoderoso que me dio la vida y que a lo largo de ella ha traído enormes bendiciones.

A mis padres Gilberto Sarria y Ligia Samboni que con esfuerzos y oraciones han cuidado de mí y han estado allí paso a paso en cada proyecto. Gracias por sus consejos sabios que han hecho que sea la persona que hoy día soy.

A mis hermanos Milton Sarria, Nancy Sarria y Eneider que me han acompañado y apoyado me han bendecido económicamente, espiritualmente con sus consejos. A todos ellos gracias por han sido y confié que seguirán siendo incondicionales. Para todos mil bendiciones.

A la Fundación Universitaria de Popayán por permitir hacer esta hermosa profesión de Ecología e igualmente a todos sus docentes en las diferentes áreas los cuales recuerdo como: Horacio López, Nhora Ospina, Jorge Luis Montealegre, Joaquín Varela, Guillermo Vélez, Arnol Arias entre otros, que transmitieron todos sus conocimientos a todos quienes fuimos sus estudiantes.

Al profesor Arnol Arias director de este trabajo de grado que con paciencia estuvo dispuesto a atender mis dudas y guiarme en el proceso de este trabajo.

A las auxiliares del laboratorio que fueron muy amables y colaboradoras.

A doña Sandra y su familia propietarios de La Finca Las Violetas por permitirme realizar en su finca el trabajo con el mucilago de café y dar paso al Rio Los Robles para la realización de las diferentes muestras fisicoquímicas y microbiológicas.

A mis compañeras de estudio Cielo Rocio y Jessica Estrada por su disposición y colaboración.

Al Laboratorio de La Corporación Autónoma Regional del Cauca. CRC, por el análisis de un parámetro químico DQO.

*“El comienzo de la sabiduría es el temor a Dios”  
Proverbios 9: 10 (NVI)*

## TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
ABSTRACT.....	19
INTRODUCCIÓN.....	20
JUSTIFICACION.....	22
OBJETIVO GENERAL.....	24
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	24
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	25
DEFINICION DEL PROBLEMA.....	25
1 MARCO TEÓRICO.....	28
1.1 GENERALIDADES DEL FRUTO DEL CAFÉ.....	28
1.1.1 LA PLANTA Y EL FRUTO DEL CAFÉ.....	28
1.1.1.1 Descripción de la planta.....	29
1.1.1.2 Descripción del fruto.....	29
1.1.1.3 Composición química del café.....	30
1.1.2 TIPOS DE BENEFICIADO.....	32
1.1.2.1 Beneficio por vía seca.....	32
1.1.2.2 Beneficio por vía húmeda.....	32
1.1.2.2.1 Proceso del beneficio del café por vía húmeda.....	32
1.1.2.2.1.1 Etapas del beneficio por vía húmeda.....	33
1.1.3 RESIDUOS PROVENIENTES DEL BENEFICIO DEL CAFÉ.....	33
1.1.3.1 Residuos sólidos.....	33
La pulpa.....	33
1.1.3.2 Residuos líquidos.....	34
1.1.3.2.1 El mucilago.....	34
1.1.3.2.2 El agua miel.....	35
1.1.4 TIPOS DE ENERGÍA.....	35
1.1.4.1 Energía renovable.....	35
1.1.4.2 Energía alternativa.....	36
1.1.4.2.1 Biocombustible.....	36
1.1.4.2.2 Generaciones de los biocombustibles.....	37
1.1.4.2.3 Obtención de biocombustibles.....	37
1.1.5 FERMENTACIÓN.....	38
1.1.5.1 Factores de la fermentación.....	38
1.1.6 DESTILACIÓN FRACCIONADA.....	39
1.2 ÍNDICES DE LA CALIDAD DEL AGUA.....	39
1.2.1 ÍNDICES DE CALIDAD A ANALIZAR EN UN MUESTREO.....	39
1.2.1.1 Calidad biológica.....	39
1.2.1.2 Calidad ecológica.....	40
1.2.1.3 Parámetros fisicoquímicos.....	40
1.2.2 IMPORTANCIA AMBIENTAL DE PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS COMO INDICADORES DE CONTAMINACIÓN.....	40
1.2.2.1 Parámetros fisicoquímicos.....	40

1.2.2.1.1	Olor y sabor .....	40
1.2.2.1.2	Caudal.....	41
1.2.2.1.3	Temperatura .....	41
1.2.2.1.4	Turbiedad .....	41
1.2.2.1.5	Sólidos .....	41
1.2.2.1.6	Sólidos Disueltos Totales (SDT) .....	42
1.2.2.1.7	Conductividad .....	42
1.2.2.1.8	pH .....	42
1.2.2.1.9	Oxígeno disuelto .....	42
1.2.2.1.10	Demanda química de oxígeno (DQO).....	43
1.2.2.1.11	Demanda bioquímica de oxígeno (DBO <sub>5</sub> ) .....	43
1.2.2.1.12	Fosfatos .....	43
1.2.2.1.13	Nitrógeno, Nitritos y Nitratos .....	43
1.2.2.1.14	Coliformes totales y fecales .....	44
1.2.2.2	Los macroinvertebrados en la bioindicación .....	44
1.2.2.3	Biología y ecología de los macroinvertebrados acuáticos .....	45
1.2.2.4	Relación de los factores fisicoquímicos del agua con la macrofauna acuática .....	45
1.2.2.5	El método BMWP para Colombia (BMWP/COL) y el ASPT.....	47
1.2.2.5.1	Índice BMWP .....	47
1.2.2.5.2	El puntaje ASPT.....	47
1.3	NORMATIVIDAD.....	52
1.3.1	VERTIMIENTOS .....	52
1.3.2	BIOCOMBUSTIBLES .....	54
2	MARCO REFERENCIAL.....	57
2.1	GENERALIDADES DE LOS MUNICIPIOS TIMBIO Y PIENDAMO .....	57
2.1.1	EL MUNICIPIO DE TIMBIO.....	57
2.1.1.1	Vereda los Robles .....	57
2.1.2	EL MUNICIPIO DE PIENDAMO .....	58
2.2	EL CAFÉ COLOMBIANO .....	58
2.2.1	EL CAFÉ EN PIENDAMO .....	59
2.2.1.1	El café en la Finca la Cristalina.....	59
2.2.2	EL CAFÉ EN TIMBIO .....	60
2.2.2.1	EL café en la finca en Las Violetas.....	60
3	ANTECEDENTES .....	62
4	MATERIALES Y METODOS .....	74
4.1	FASE 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	75
4.2	FASE 2. RECONOCIMIENTO DEL ÁREA DE ESTUDIO .....	75
4.3	FASE 3. TRABAJO DE CAMPO Y PRUEBAS DE LABORATORIO .....	76
4.3.1	DESARROLLO DEL PRIMER OBJETIVO .....	76
4.3.1.1	Fermentación.....	78
4.3.1.2	Destilación .....	80
4.3.2	DESARROLLO DEL SEGUNDO OBJETIVO .....	82
4.3.2.1	Prueba de densidad.....	82
4.3.2.2	Índice de refracción .....	83

4.3.2.3	Oxidación.....	84
4.3.3	DESARROLLO DEL TERCER OBJETIVO .....	84
4.3.3.1	Análisis físico químico .....	84
4.3.3.2	Microbiología .....	86
4.3.3.3	Análisis biológico .....	87
4.3.3.3.1	Método de recolección cualitativa e identificación de macroinvertebrados.....	87
4.3.3.4	Índices ecológicos para el análisis de los macroinvertebrados ...	89
4.3.3.5	Identificación, valoración y evaluación de los impactos ambientales en la obtención del etanol a partir del mucilago de café .....	90
4.3.3.5.1	Naturaleza de los impactos ambientales.....	93
4.3.3.5.2	Metodología de evaluación y valorización de los impactos ambientales en la obtención y proceso de destilación de las aguas mieles y el mucilago .....	93
4.3.3.5.3	Parámetros de evaluación y criterios de valoración de los impactos ambientales.....	94
4.3.3.5.4	Categorización de impactos ambientales.....	96
5	RESULTADOS Y ANALISIS.....	98
5.1	FERMENTACIÓN.....	98
5.2	IDENTIFICACIÓN CUALITATIVA DEL DESTILADO .....	99
5.2.1	ÍNDICE DE REFRACCIÓN. ....	100
5.2.2	PRUEBA DE OXIDACIÓN .....	101
5.3	CARACTERIZACIÓN FÍSICO QUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DE LA QUEBRADA LA CHORRERA EN LA FINCA LA CRISTALINA Y RIO LOS ROBLES EN LA FINCA LAS VIOLETAS. ....	104
5.3.1	PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS EN LAS FINCAS LA CRISTALINA Y LAS VIOLETAS.....	104
5.4	ANALISIS BIOLÓGICO MEDIANTE MACROINVERTEBRADOS.....	114
5.5	INDICES ECOLÓGICOS.....	125
5.6	MATRIZ DE IMPACTOS EN LA OBTENCION DE ETANOL A PARTIR DEL MUCILAGO DE CAFÉ .....	127
5.6.1	PARAMETROS DE EVALUACION Y CRITERIOS DE VALORACION DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES .....	128
5.6.2	EVALUACION DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES IDENTIFICADOS. ....	130
5.6.2.1	Impactos a los componentes físicos .....	130
5.6.2.1.1	Atmosfera.....	130
5.6.2.1.1.1	Calidad del aire. ....	130
5.6.2.1.1.2	Olores .....	131
5.6.2.1.1.3	Material particulado.....	131
5.6.2.1.2	Suelo.....	131
5.6.2.1.2.1	Suelo.....	131
5.6.2.1.3	Agua.....	132
5.6.2.1.3.1	Aguas superficiales .....	132
5.6.2.1.3.2	Aguas subterráneas .....	132
5.6.2.2	Impacto al componente biótico .....	132



5.6.2.2.1	Flora.....	132
5.6.2.2.1.1	Cobertura vegetal.....	133
5.6.2.2.1.2	Vegetación terrestre.....	133
5.6.2.2.1.3	Vegetación acuática.....	133
5.6.2.2.2	Fauna.....	133
5.6.2.2.2.1	Fauna terrestre.....	133
5.6.2.2.2.2	Fauna acuática.....	134
5.6.2.3	Impacto al componente social y económico .....	134
5.6.2.3.1	Nivel cultural.....	134
5.6.2.3.1.1	Salud.....	134
	Suele aparecer por no tener ergonomía en las labores del lugar de trabajo o sea esforzarse más de lo que se puede. También por picazón o mordidas de algún animal en el campo.....	134
5.6.2.3.1.2	Empleo.....	134
5.6.2.3.1.3	Riesgo.....	134
5.6.2.3.1.4	Actividad comercial .....	135
5.6.2.3.2	Servicios públicos .....	135
5.6.2.3.2.1	Servicio público .....	135
5.6.2.3.3	Escenario .....	135
5.6.2.3.3.1	Valor escenario .....	135
5.6.3	VALORACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES.....	135
5.6.4	ANÁLISIS DE LA MATRIZ DE IMPACTOS AMBIENTALES EN LA OBTENCIÓN DE ETANOL A PARTIR DEL MUCILAGO DE CAFÉ Y AGUAS MIELES.....	136
	CONCLUSIONES .....	138
	RECOMENDACIONES .....	140
	BIBLIOGRAFÍA.....	142
	ANEXOS.....	164
6	.....	170
	FILTROS ANAERÓBICOS DE FLUJOS DESCENDENTES .....	179
	COMPOSTAJE .....	180
	PROCESO DE COMPOSTAJE .....	181
	MESOLÍTICO.....	181
•	DE ENFRIAMIENTO .....	181
•	DE MADURACIÓN.....	181
•	TIPOS DE AIREACIÓN A EMPLEAR.....	182
•	RELACIÓN CARBONO NITRÓGENO .....	182
•	SISTEMAS DE COMPOSTAJE SEMI INDUSTRIAL.....	183

## LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Clasificación taxonómica del café .....	28
Tabla 3. Composición química del grano de café .....	31
Tabla 4. Tipos de beneficio por vía húmeda .....	32
Tabla 5. Composición química del mucilago.....	35
Tabla 6. Puntajes de las familias de macroinvertebrados acuáticos para el índice BMWP/COL .....	48
Tabla 7. Clasificación de las aguas y su significado ecológico de acuerdo al índice BMWP.....	49
Tabla 8. Clasificación de las aguas y su significado ecológico de acuerdo al índice ASPT .....	49
Tabla 9. Materiales y Equipos para la fermentación del mucilago de café .....	77
Tabla 10. Equipos para el pre inicio del destilado.....	78
Tabla 11. Equipos y métodos para análisis de agua.....	85
Tabla 12. Registro de resultado de la primera prueba de fermentación y destilación en las Fincas La Cristalina y Las Violetas.....	98
Tabla 13. Registro de resultado de la segunda prueba de fermentación y destilación Finca La Cristalina .....	99
Tabla 14. Valores de alcohol obtenidos del mucilago de café en la finca La Cristalina y Las Violetas.....	101
Tabla 15. Volumen de alcohol obtenido del mucilago de café .....	101
Tabla 16. Parámetros físico químicos Finca La Cristalina .....	104
Tabla 17. Macroinvertebrados de la Quebrada La Chorrera.....	114
Tabla 18. Macroinvertebrados del Rio Los Robles .....	118
Tabla 19. Clasificación de las aguas y su significado ecológico de acuerdo al índice BMWP y según el índice ASPT. Para la Quebrada La Chorrera, Finca La Cristalina .....	122
Tabla 20. Clasificación de las aguas y su significado ecológico de acuerdo al índice BMWP. Y según el índice ASPT. Para el Rio Los Robles e influencia de la finca Las Violetas.....	124
Tabla 21. Índices ecológicos de la Quebrada La Chorrera, Finca La Cristalina y el Rio Robles tramo en la finca Las Violetas .....	125

## LISTA DE CUADROS

Pág.

Cuadro 1. Componentes ambientales influenciados por las actividades para la obtención de alcohol a partir del mucilago.....	91
Cuadro 2. Actividades para la obtención del alcohol a partir del mucilago del café. ....	92
Cuadro 3. Naturaleza del impacto ambiental .....	93
Cuadro 4. Parámetros y criterios de los impactos ambientales identificados .....	94
Cuadro 5. Peso de ponderación de los parámetros de magnitud .....	95
Cuadro 6. Peso de ponderación de los parámetros de importancia .....	96
Cuadro 7. Matriz de identificación y naturaleza de impactos .....	128
Cuadro 8. Parámetros y criterios de los impactos ambientales identificados .....	128
Cuadro 9. Resultados de peso de ponderación de magnitud .....	129
Cuadro 10. Resultado de peso de ponderación de impactos .....	129
Cuadro 11. Resultado valor del impacto .....	130
Cuadro 12. Matriz de identificación y evaluación de impactos.....	135
Cuadro 13. Valores de factores y acciones del proyecto .....	136

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Composición del fruto del café.....	30
Figura 2. Localización de la finca la Cristalina y La Quebrada La Chorrera, Vereda Los Uvales .....	60
Figura 3. Localización Finca Las Violetas y El Rio Los Robles, Vereda Los Robles .....	61
Figura 4. Procedimientos a realizar en campo y laboratorio .....	74
Figura 5. Análisis de los procedimientos realizados en campo y laboratorio .....	75
Figura 6. Diagrama de flujo para la fermentación y destilación .....	76
Figura 7. Proceso para fermentación al 2, 4 y 6 % de levadura <i>Saccharomyces Cereviceae</i> .....	79
Figura 8. Procedimiento para fermentación .....	80
Figura 9. Filtrado al vacío .....	81
Figura 10. Equipo de destilación.....	81
Figura 11. Líquido destilado .....	82
Figura 12. Midiendo densidad con picnómetro .....	83
Figura 13. Medición de grados Brix .....	83
Figura 14. Análisis fisicoquímico.....	86
Figura 15. Análisis fisicoquímico.....	87
Figura 16. Mallas para muestreo cualitativo .....	88
Figura 17. Modelo de rotulo para la conservación de macroinvertebrados acuáticos.....	88
Figura 18. Prueba de oxidación con $KMnO_4$ .....	102
Figura 19. Prueba de oxidación con $K_2Cr_2O_7$ al 5%.....	102
Figura 20. Dendrograma de agrupamiento de La Quebrada La Chorrera y el Rio Los Robles.....	127

## LISTA DE GRAFICAS

	Pág.
Grafica 1. pH.....	105
Grafica 2. Temperatura.....	106
Grafica 3. Turbiedad.....	106
Grafica 4. Nitritos y Nitratos.....	107
Grafica 5. Fosfatos.....	108
Grafica 6. Conductividad y Sólidos.....	109
Grafica 7. Solidos.....	110
Grafica 8. Oxígeno Disuelto.....	111
Grafica 9. Demanda Bioquímica de Oxígeno.....	112
Grafica 10. Demanda Química de Oxígeno.....	112
Grafica 11. Parámetros microbiológicos.....	113
Grafica 12. Géneros vs individuos encontrados en la Q. La Chorrera.....	115
Grafica 13. Géneros encontrados en el primer muestreo, parte alta Q. La Chorrera.....	115
Grafica 14. Géneros encontrados en el primer muestreo, parte baja Q. La Chorrera.....	116
Grafica 15. Géneros encontrados en el segundo muestreo, parte alta Q. La Chorrera.....	116
Grafica 16. Géneros encontrados en el segundo muestreo, parte baja Q. La Chorrera.....	117
Grafica 17. Géneros vs individuos encontrados en el Rio Los Robles.....	119
Grafica 18. Géneros encontrados en el primer muestreo, parte alta Rio Los Robles.....	120
Grafica 19. Géneros encontrados en el primer muestreo, parte baja, Rio Los Robles.....	120
Grafica 20. Géneros encontrados en el segundo muestreo, parte alta Rio Los Robles.....	121
Grafica 21. Géneros encontrados en el segundo muestreo, parte baja Rio Los Robles.....	121
Grafica 22. Índices ecológicos.....	126

## LISTA DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
Anexo 1. Primer reporte de resultado de la Quebrada La Chorrera, Finca la Cristalina .....	165
Anexo 2. Primer reporte de resultados del Rio Los Robles .....	166
Anexo 3. Segundo reporte de resultado muestra de agua Rio Los Robles, Finca Las Violetas .....	167
Anexo 4. Segundo reporte de resultado muestra de agua quebrada La Chorrera, Finca La Cristalina .....	168
Anexo 5. Macroinvertebrados de la Quebrada La Cristalina.....	169
Anexo 6. Índices de diversidad Rio Los Robles, Finca Las Violetas.....	172
Anexo 7. Registro fotográfico de lugares de muestreo Quebrada La Chorrera ...	174
Anexo 8. Registro fotográfico de lugares de muestreo Rio Los Robles .....	175
Anexo 9. Registro fotográfico de algunos macroinvertebrados acuáticos.....	176
Anexo 10. Diferentes tratamientos y usos del mucilago, aguas mieles y la pulpa de café .....	178

## GLOSARIO

**AGUAS LOTICAS:** término utilizado en Limnología para las aguas agitadas o corrientes.

**AGUA POTABLE:** agua que reúne los requisitos organolépticos, fisicoquímicos y microbiológicos es apta para el consumo humano.

**ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DE AGUA:** son aquellas pruebas de laboratorio que se efectúan a una muestra para determinar sus características físicas y químicas.

**ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL AGUA:** son aquellas pruebas de laboratorio que se efectúan a una muestra para determinar la presencia o ausencia, tipo y cantidad de microorganismos.

**BIOINDICADORES:** organismos cuya ausencia, presencia o distribución, está asociada a un factor o a una combinación de factores ambientales particularmente significativa o relevante. Los organismos bioindicadores tienen interés científico en la investigación ecológica y aplicación en el análisis ambiental, por ejemplo en estudios de contaminación.

**CALIDAD DEL AGUA:** es el conjunto de características organolépticas, físicas, químicas y microbiológicas propias del agua.

**CARGA CONTAMINANTE:** cantidad de material transportado en un cuerpo de agua que ejerce efectos nocivos sobre determinados usos. Se expresa frecuentemente en términos de DBO o la DQO.

**CONTAMINACIÓN DEL AGUA:** es la alteración de sus características organolépticas, físicas, químicas, radioactivas y microbiológicas, como resultado de las actividades humanas o procesos naturales, que producen o pueden producir rechazo, enfermedad o muerte al consumidor.

**CRITERIOS DE CALIDAD DEL AGUA:** agua que generalmente se usa para beber, para la recreación, la agricultura, la propagación y producción de peces y de otras especies acuáticas, para los procesos industriales y agrícolas. Los niveles específicos de la calidad del agua deseable para usos identificados como beneficiosos, son llamados “criterios de la calidad del agua”.

**DIVERSIDAD:** variedad de especies biológicas que se presenta en una dimensión espacio-temporal definida, resultante de conjuntos de interacción entre especies que integran en un proceso de selección, adaptación mutua y evolución, dentro de un marco histórico de variaciones medioambientales locales.

**DESCARGA:** acción de verter, infiltrar, depositar o inyectar aguas residuales a un cuerpo receptor en forma continua, intermitente o fortuita, cuando este es un bien del dominio público de la Nación.

**DESMUCILAGINADO:** proceso mediante el cual se retira mecánicamente el mucilago del fruto de café.

**ECOSISTEMA:** unidad básica funcional y estructura de la naturaleza; influye tanto a los organismos como al medioambientalmente no viviente, cada uno interactuando con el otro y ambos necesarios para el mantenimiento de la vida en la tierra. Todos los componentes vivos e inertes de la comunidad.

**ESCORRENTÍA:** escurrimiento superficial cuando se produce sobre el mismo terreno o en pequeñas cañadas o quebradas.

**FAUNA:** conjunto de animales que viven en un país o región.

**FLORA:** lista de todos los vegetales de diverso rango taxonómico (especie, subespecie, variedad) de una localidad o un territorio dado.

**HÁBITAT:** medio en el que vive y se desarrolla en condiciones normales un organismo, animal o planta

**LIXIVIADO:** proceso de arrastre por el agua de materias solubles.

**MUESTREO:** es una técnica usada en estadística que es indispensable en la investigación científica para seleccionar a los sujetos a los que les aplicaremos las técnicas de investigación elegidas, según el enfoque en que se trabaje (cuantitativo, cualitativo o mixto). En la mayoría de proyectos de investigación utilizamos una muestra y es importante reconocer aquellas definiciones que nos ayudarán a hacer un correcto proceso de muestreo, como también conocer los tipos de muestreo según la selección y el procedimiento.

**PARÁMETRO:** variable que se utiliza como referencia para determinar la calidad del agua.

**QUEBRADA:** pequeña corriente de agua de carácter permanente. Riachuelo.

**RECURSOS:** aspecto del medioambiente humano que facilita la satisfacción de las necesidades humanas y el alcance de los objetivos sociales.

**RECURSOS HÍDRICOS:** cantidad de las aguas superficiales o subterráneas disponibles para el uso en una región determinada.



**RECURSOS NATURALES:** bienes naturales en sentido amplio, bienes procedentes de la naturaleza o transformada por el hombre entre los que se incluyen el aire, el agua, el paisaje, la vida silvestre en cuanto son capaces de satisfacer las necesidades humanas.

**RESIDUO:** lo que queda de un cuerpo sometido a un proceso

**SUBPRODUCTO:** producto secundario obtenido en una industria o un proceso.

**TOLERANCIA:** capacidad de un sistema ambiental para absorber determinados impactos de duración e intensidad tales que su calidad y estabilidad no se afecten hasta el punto de volverlo inadecuado para los usos a que está destinado.

**VERTIDO:** en su afección ambiental se utiliza para designar la corriente de desperdicios, ya sean líquidos, sólidos o gaseosos, que se introduce en el medio ambiente.

**VERTIMIENTOS:** son los que se realizan directa o indirectamente en los causes cualquiera que sea la naturaleza de estos.

**VERTEDERO:** lugar donde se depositan residuos de origen urbano o industrial. Puede tratarse únicamente de una acumulación incontrolada, que conlleva riesgos de incendios, sanitarios o ambientales; pero existen vertederos controlados que tienen un tipo de tratamiento.

## RESUMEN

Se escogieron dos fincas al azar: Las Violetas en la vereda Los Robles, Timbio y La Cristalina en la vereda Los Uvales, Piendamó ambas en el Departamento del Cauca. De estas fincas se obtuvo 1 litro de mucilago de un beneficiadero tradicional y en la otra de un desmucialginador mecánico, con este mucilago se pretendió obtener alcohol mediante fermentación anaeróbica y con diferentes porcentajes de levadura *Saccharomyces cerevisiae*<sup>1</sup> que fueron al 2 %, 4% y 6%. Luego se hizo destilación fraccionada. Al producto resultante se hicieron pruebas cualitativas en el Laboratorio de Fundación Universitaria de Popayán, las cuales fueron de: densidad, refracción y oxidación.

Además se hizo una comparación entre el antes y después de cosecha de café y los efectos que pueden ocurrir en los sistemas acuáticos cercanos a los lixiviados o disposiciones directas de los subproductos de los beneficiaderos de café. Para este propósito se ubicaron dos efluentes que fueron un trayecto del Río Los Robles cercano a la Finca Las Violetas y La Quebrada La Chorrera en La Finca La Cristalina. Donde se realizaron muestreos para el análisis fisicoquímico, microbiológico y de macroinvertebrados, los cuales se analizaron en el Laboratorio de La Fundación Universitaria de Popayán y el Laboratorio de La Corporación Autónoma Regional del Cauca. CRC, para el análisis del parámetro químico DQO. Como resultado en la obtención de alcohol se considera importante la recolección del grano de café debido que a mayor madurez de este mayor concentración de azúcares, mayor °Brix y mejor rendimiento de alcohol, además de variables en la fermentación como el tiempo y la temperatura, además, que la destilación se haga por encima de 70°C.

En cuanto a la calidad de las fuentes receptoras se tiene que son aguas de dudosa calidad para consumo humano.

En cuanto a los impactos ambientales generados por la destilación son considerados poco significativos.

**PALABRAS CLAVE:** mucilago, lixiviados, subproductos, beneficiadero de café fermentación, destilación fraccionada, fisicoquímica, microbiológico, macroinvertebrados

---

<sup>1</sup> PASTEUR, Louis. La fermentación es consecuencia del metabolismo de la levadura. 1857. Siglo XIX. Citado por. BOULTON, N.J & QUAIN, D. Brewing yeast and fermentation (Blackwell science Ltd, Oxford, 2001)

## ABSTRACT

Two random farms were chosen: Violets in the town of The Robles, Timbio and The Cristalina in the town of The Uvales, Piendamó, both in the Department of Cauca. Of these farms, 1 liter of mucilage was obtained from a traditional beneficiary and in the other from a mechanical demucial generator, with this mucilage it was intended to obtain alcohol by anaerobic fermentation and with different percentages of *Saccharomyces cerevisiae* yeast that were 2%, 4% and 6%. Then fractional distillation was performed. The resulting product was tested qualitatively in the Laboratory of the University Foundation of Popayán, which were of: density, refraction and oxidation.

In addition, a comparison was made between the coffee harvest before and after and the effects that may occur in aquatic systems close to leachate or the direct disposal of by-products of coffee beneficiaries. For this purpose, two effluents were located, which were a path of the The Robles River near The Violetas estate and The Chorrera Stream on the La Cristalina estate. Where samplings were made for the physicochemical, microbiological and macroinvertebrate analysis, which were analyzed in the laboratory of the University Foundation of Popayán and the Laboratory of the Regional Autonomous Corporation of Cauca. CRC, for the analysis of the chemical parameter COD.

As a result of obtaining alcohol, the harvest of coffee beans is considered important due to the greater maturity of this higher concentration of sugars, higher Brix and better alcohol yield, in addition to fermentation variables such as time and temperature, in addition that distillation is performed above 70 ° C.

As for the quality of the receiving sources, they must be waters of doubtful quality for human consumption.

As for the environmental impacts generated by distillation, they are considered insignificant.

**KEY WORDS:** mucilage, leachate, by-products, beneficiary of fermentation coffee, fractional distillation, physicochemical, microbiological, macroinvertebrates.

## INTRODUCCIÓN

“A nivel nacional el café es uno de los pilares fundamentales de la economía y ha llegado a ser un producto apetecido a nivel nacional e internacional.”<sup>2</sup>

La producción de café es de gran importancia para la mayoría de campesinos en el Cauca pues a pesar de tener otros cultivos que se destacan como: la caña, yuca, plátano frijol, maíz, papa entre otros, el café ha sido su cultivo permanente.

Es por ello que mediante tal crecimiento de las áreas de cultivo de café, se generara una alta cantidad de subproductos resultantes del beneficio como lo son: la pulpa de café, el mucilago y las aguas mieles, que en su mayoría son arrojadas al suelo y agua sin ningún sistema o proceso de recuperación, trayendo consigo impactos negativos sobre los ecosistemas. “Estos residuos orgánicos, tanto sólidos como líquidos, son de muy difícil disposición final por su carácter de contaminantes del medio ambiente”<sup>3</sup>, generando impactos que se dan a nivel físico, químico y biológico, debido a que:

Al descargar tanto la pulpa como las aguas mieles sobre cuerpos receptores de aguas superficiales, se corre el riesgo de deteriorarlo, ya que los elementos aportados pueden afectar el agua modificando drásticamente la acidez natural del agua a pH 2.5, a causa del aporte de los ácidos orgánicos (acético, butírico, propiónico, etc.) que se producen durante la degradación de la materia orgánica en su etapa anaeróbica, específicamente, se agota el oxígeno disuelto (OD) en el agua, a causa de la necesidad de abastecimiento por parte de los microorganismos encargados de la degradación de la alta cantidad de materia orgánica, se incrementa la turbidez del agua (coloración oscura), como consecuencia de los polifenoles presentes y de la gran cantidad de sólidos suspendidos<sup>4</sup>.

“Por otro lado los biocombustibles, como el etanol y el biodiesel, se plantean como una alternativa, especialmente en el sector del transporte, ya que se producen a partir de biomasa y esto los hace renovables a diferencia de los derivados del petróleo”<sup>5</sup>. La utilización de biocombustibles se remonta a una serie

---

<sup>2</sup>POLO, Yenny M. Análisis de factibilidad técnica, ambiental y financiera para la producción y comercialización de café sostenible por el grupo asociativo Robles del Macizo- Corregimiento de Bruselas (Municipio de Pitalito, Huila). Pereira. Trabajo de grado (Administradora Ambiental). Universidad Tecnológica de Pereira (U.T.P). 2013. 12, 14,p. Disponible En internet: <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/11059/3077/3/57755P778.pdf>

<sup>3</sup> ASOCIACION NACIONAL DEL CAFÉ (ANACAFE). Los subproductos del café. Guatemala. Disponible en internet: [https://www.anacafe.org/glifos/index.php/BeneficioHumedo\\_Subproductos](https://www.anacafe.org/glifos/index.php/BeneficioHumedo_Subproductos)

<sup>4</sup> *Ibíd.*

<sup>5</sup> FRANCO, Carlos J; FLOREZ, Ana M y OCHOA, María C. Análisis de la cadena de suministros de biocombustibles en Colombia. Revista de dinámica de sistemas Vol. 4 N°. 2 (octubre 2008). 2,3, p. Disponible en internet: [263816420\\_Analisis\\_de\\_la\\_cadena\\_de\\_suministro\\_de\\_biocombustibles\\_en\\_Colombia](https://doi.org/10.26381/6420_Analisis_de_la_cadena_de_suministro_de_biocombustibles_en_Colombia)

de acontecimientos importantes en el campo de la ingeniería automotriz, la agroindustria, la ecología y la industria energética<sup>6</sup>.

“Es importante considerar que Colombia tiene una amplia experiencia en la producción de etanol y biodiesel, y con elevados rendimientos de biocombustibles de buena calidad.”<sup>7</sup>

Varios autores especialistas en la obtención de biocombustibles consideran que la extensión de los cultivos para la obtención de bioetanol podría afectar a los recursos naturales por la extensión agrícola, deforestando áreas importantes de bosque, alterando la fauna, los recursos hídricos, la atmosfera y el ser humano<sup>8</sup>.

“Es por ello que las aguas mieles (mucilago de café) al ser un residuo del beneficiado del café, que se desperdicia en su totalidad en mayoría de casos, puede recibir un tratamiento que puedan volverse a incorporar a la naturaleza en forma reciclada. También es importante sustituir la palabra “desecho” (basura) por la de “recurso”<sup>9</sup>.

Pues según investigaciones hechas por Centro de Investigaciones del café-CENICAFE y otros estudios técnicos realizados en diferentes lugares, tanto nacional como internacional demuestran los posibles tratamientos que se realizan a este residuo, entre ellos se encuentra la obtención de etanol mediante una adecuada fermentación y proceso, lo que es favorable para el productor y su entorno debido al aprovechamiento de un recurso que impacta negativamente, a uno positivo mediante su transformación y la utilización de este nuevo producto generando cambios en los componentes social, ambiental y económico.

---

<sup>6</sup> HIGUERA C, Oscar Fabián; TRISTANCHO R, José Luis y FLOREZ G, Luis Carlos. BIOCMBUSTIBLES Y SU APLICACION EN COLOMBIA. Scientia et Technica año XIII, N° 34, mayo de 2007. Universidad Tecnológica de Pereira. ISSN 0122-1701. 171, p. Disponible en internet: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4807993.pdf>

<sup>7</sup> FRANCO, Carlos J; FLOREZ, Ana M y OCHOA, María C .Op. cit. 3, p.

<sup>8</sup> HIGUERA C, Oscar Fabián; TRISTANCHO R, José Luis y FLOREZ G, Luis Carlos. BIOCMBUSTIBLES Y SU APLICACION EN COLOMBIA. Op. cit. 172, p.

<sup>9</sup> ASOCIACION NACIONAL DEL CAFÉ (ANACAFE). Op cit. 2, p.

## JUSTIFICACION

La creciente preocupación por los efectos degradantes al medio ambiente ha forjado a crear programas y actividades que mitiguen estos mismos efectos. La producción de café ha sido causante en parte de la degradación al ambiente por la extensión de la frontera agrícola trayendo en muchos casos deforestación y el inadecuado uso de los subproductos del beneficio de este fruto. Pero al mismo tiempo es una actividad importante en la economía de muchos colombianos, pues Colombia se encuentra entre los países que más aportan en la producción de café a nivel mundial, y esto se debe a su especialidad en el beneficio húmedo o cafés de suave lavado.

Estos residuos son sólidos (pulpa) y líquidos (aguas mieles, mucilago) de no ser tratados adecuadamente son generadores de degradación ambiental, donde se ven afectados directamente los componentes fauna, flora, aire, suelo e hídrico. Este último se ve afectado por los vertimientos de los residuos del proceso, ocasionando al contacto cambios en el agua a nivel físico químico y biológico.

Este componente hídrico ha sido tema de preocupación, debido a su agotamiento a causa del cambio climático y a la contaminación antrópica. Donde cada día se pierde la posibilidad de encontrar este recurso hídrico y menos en óptimas condiciones para consumo humano.

A pesar de lo anterior es posible minimizar algunos impactos teniendo en cuenta que hay alternativas para un posterior manejo y transformación a los subproductos tanto sólidos como líquidos, como los ya realizados mediante investigaciones de mejora, utilización y transformación de estos subproductos como los generados por la Federación Nacional de Cafeteros y el Centro Nacional de Investigaciones del Café- CENICAFE en Colombia, y otros grupos de investigación a nivel nacional e internacional, donde plantean opciones como: obtención biogás, compost, compostaje, lombricultura, alimento para cerdos, usos cosméticos, etanol, entre otros.

Por un lado, se tiene que las aguas mieles y el mucilago, son fuente de gran contaminación y deterioro del recurso hídrico y darles un uso adecuado es mitigar sus impactos. Y por otro lado se toma la preocupación por la gran contaminación que se produce por la combustión de los productos fósiles, que cada vez generan más impactos deteriorantes de la atmosfera, ocasionando el cambio climático.

Por lo cual teniendo en cuenta la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico y la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (OCDE-FAO) establecen que se pueden utilizar combustibles denominados alternos donde se distingue el etanol, el cual se obtiene principalmente de materias primas que son alimentos, como el maíz, la caña de

azúcar, etc.”<sup>10</sup> Además de los anteriores cultivos, algunos autores señalan que hay otras alternativas de producción de etanol no tan tradicionales, como es el caso de los residuos líquidos producto del proceso de despulpado”<sup>11</sup>. Esta alternativa realizada por CENICAFE muestra que:

“El mucilago contiene una elevada cantidad de azúcares reductores encontrados en una fracción de fruto y a la facilidad de ser utilizados por los microorganismos, se le confiere al mucilago una importancia industrial como sustrato en fermentaciones para la producción de metabolitos de interés económico”<sup>12</sup> Como lo es la producción de alcohol etílico”<sup>13</sup>

“Asimismo es un mecanismo de obtención de energía renovable. Entendiéndose como energía renovable la que se obtiene de fuentes que son capaces de regenerarse por medios naturales y, por lo tanto se consideren inagotables...mientras puedan cultivarse los vegetales que la producen”<sup>14</sup>.

Por lo anterior se considera importante dar a conocer este proceso de obtención de etanol las Fincas Las Violetas y La Finca La Cristalina, las cuales poseen cultivos de café, donde los subproductos como la pulpa y las aguas mieles tiene un tratamiento muy artesanal, con fosas y pozos de aguas mieles, en el que no se alcanza a tener control en este caso de todo el residuo líquido, afectando a los ecosistemas adyacentes. Asimismo se pretende servir de base o modelo para las fincas aledañas, logrando que colectivamente halla un enfoque a la sustentabilidad. Además que se pueden generar un ingreso extra en la economía familiar, local y hasta regional si se tiene un enfoque investigativo y permitiendo la formación de empresas donde no solo se trabaje con el residuo líquido sino con todos los subproductos generados en el proceso de la cadena cafetera. Este proceso puede ser lento pero posible pues el Departamento del Cauca se considera buen productor de café y de buena calidad, entre los municipios se destacan Timbio y Piendamó como gran aportadores de este grano.

---

<sup>10</sup> OCDE- FAO. Perspectiva de la agricultura. Citado por PAREDES H, Juan Jacobo. Mejoramiento del balance de energía en la producción de etanol de aguas mieles del café. Honduras. 2012. 18, p.

<sup>11</sup> ARIAS & RUIZ, 2001; GÓMEZ & MORALES, 2006; RODRÍGUEZ, 2009. Citado por PAREDES H, Juan Jacobo. Mejoramiento del balance de energía en la producción de etanol de aguas mieles del café. 2012. 19, p.

<sup>12</sup> GONZALES E. Temas selectos sobre el aprovechamiento de los residuos del beneficiado húmedo del café. 1982. Citado por RODRIGUEZ, Nelson. Manejo de residuos en la agroindustria cafetera. P.7. Disponible en internet: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/acodal/xxx.pdf>

<sup>13</sup> CALLE, H. Subproductos del café. Citado por RODRIGUEZ, Nelson. Manejo de residuos en la agroindustria cafetera. 7, p.

<sup>14</sup> RODRIGUEZ, Nelson. Manejo de residuos en la agroindustria cafetera. Colombia: memorias del seminario internacional gestión integral de residuos sólidos y peligrosos, siglo XXI. Citado por SARASTY ZAMBRANO, Dan J. Alternativas de tratamiento del mucilago residual producto del beneficiadero del café. 2102. 37, p.

## OBJETIVOS

### OBJETIVO GENERAL

Obtener etanol a partir de las aguas mieles y mucilago de café como alternativa de mitigación de efectos a los ecosistemas en las fincas Las Violetas, y La Finca La Cristalina.

### OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Establecer diferencias de los tiempos de fermentación y el porcentaje de alcohol obtenido del mucilago de café en las fincas La Cristalina en la Vereda Los Uvales, Piendamo y Las Violetas, Vereda Los Robles, Timbio.
- Determinar el tipo y cantidad de alcohol producida mediante la fermentación y destilación del mucilago
- Comparar mediante una caracterización cualitativa los efectos causados por vertimientos de aguas mieles a los ecosistemas y efectos en la obtención de bioetanol analizando los impactos que se generan mediante este procedimiento.



## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### DEFINICION DEL PROBLEMA

Teniendo en cuenta que la mayoría de cafeteros con grandes y pequeñas extensiones, tienen café que en todo su crecimiento y producción requiere la utilización de fertilizantes y agroquímicos, y que a su vez se hace más grande esta producción por nuevas personas que se unen a este gremio, es posible que así mismo los impactos generados a los recursos naturales también se agranden debido a la generación de subproductos del beneficiado del café.

“En los procesos de beneficio tradicional y ecológico (mecánico) se obtienen subproductos donde la pulpa representa el 40% en peso de la cereza y el mucilago o mesocarpio llega a representar el 22% del peso del café en baba <sup>15</sup>y representa, en base húmeda, alrededor del 14,85% del peso del fruto fresco. En términos de volumen, por cada kilogramo de café cereza se producen 91 ml de mucílago puro.<sup>16</sup> Y que consecuentemente tiene un “efecto perjudicial para el cuerpo receptor debido a que los requerimientos de oxígeno de las bacterias son mayores que la cantidad natural de disolución de oxígeno nuevo en el agua. Cuando este gas se agota, las futuras necesidades de oxígeno son satisfechas por el oxígeno contenido en los nitratos (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) y los sulfatos (SO<sub>4</sub><sup>-</sup>) presentes, dando como resultado, en las últimas etapas de transformación química, la formación de compuestos, como el bisulfuro de hidrógeno (SHQ); el cual es el responsable del mal olor que producen estas aguas<sup>17</sup>.”

Investigaciones desarrolladas en Cenicafe describen que el mucílago fresco, cuando no es utilizado en forma adecuada, representa el 28% del problema de contaminación generado en el proceso de beneficio húmedo del café. Por cada millón de sacos de 60 kg de café almendra que Colombia exporta se generan aproximadamente 55.500 toneladas de mucílago fresco, que si no se utiliza adecuadamente produciría una contaminación equivalente a la generada durante un año, en excretas y orina, por una población de 310.000 habitantes<sup>18</sup>.

Ante lo mencionado se han generado diversas ideas de transformar toda clase de residuos provenientes del beneficio del café, tratando de mitigar efectos y

---

<sup>15</sup> SARASTY Z, Dan J. Alternativas de tratamiento del mucilago residual producto del beneficiadero del café. Trabajo de grado a título de especialista en química ambiental. Bucaramanga (Santander). Universidad Industrial de Santander. Facultad de ciencias. Escuela de Química. 2012. 22, p. Disponible en internet: <http://repositorio.uis.edu.co/jspui/bitstream/123456789/7015/2/145122.pdf>

<sup>16</sup> *Ibíd*, 12, p.

<sup>17</sup> ASOCIACION NACIONAL DEL CAFÉ (ANACAFE). *Op cit*, 3, p.

<sup>18</sup> RODRIGUEZ V, Nelson; ZAMBRANO F Diego A. *Op cit*. 57, p.

consecuencias causadas a los ecosistemas por estos vertimientos, una de esas es la de generar energías alternativas. Entre esas energías esta la obtención de bioetanol, y para ello se trabajara con el mucilago, pues posee características optimas por poseer azucares reductores que permiten su fácil fermentación y obtención de etanol.

Teniendo en cuenta estas afectaciones se escogen al azar dos fincas en diferentes puntos para realizar dichos procedimientos. Fincas que no son ajenas a la problemática mencionada, pues probablemente son menos los finqueros que dan un uso adecuado o tiene un sistema para el manejo de los residuos líquidos y sólidos del beneficiado del café o que en su totalidad no alcanzan a mejorar su proceso de vertimientos de aguas residuales del proceso de beneficiado. Además con estas dos fincas se pretende observar la diferencia de tiempos y cantidad de alcohol que se pueden obtener de estos sitios.

## PREGUNTA DE INVESTIGACION

¿Qué impacto se genera mediante la obtención de etanol a partir de los residuos líquidos (mucilago) en el beneficio de café?

# 1 MARCO TEÓRICO

El siguiente marco teórico se construye con información que permite conocer el proceso que se pretende seguir y los objetivos a alcanzar en el trayecto del proyecto.

## 1.1 GENERALIDADES DEL FRUTO DEL CAFÉ

### 1.1.1 LA PLANTA Y EL FRUTO DEL CAFÉ

Los cafetos pertenecen a la familia de las Rubiaceae y al género *coffea* de los que existen diez especies de plantas. Se cultivan ampliamente para obtener las semillas cuyo uso después de tostarlas y molerlas, se emplean para la elaboración del café<sup>19</sup>

De acuerdo con el INBIO (Instituto Nacional de Biodiversidad)<sup>20</sup>, la clasificación taxonómica del café es la siguiente: Ver tabla 1

**Tabla 1. Clasificación taxonómica del café**

<b>Reino</b>	<i>Plantea</i>
<b>División</b>	<i>Magnoliophyta</i>
<b>Clase</b>	<i>Magnoliopsida</i>
<b>Orden</b>	<i>Gencianales</i>
<b>Familia</b>	<i>Rubiaceae</i>
<b>Subfamilia</b>	<i>Ixoroideae</i>
<b>Género</b>	<i>Coffea</i>
<b>Especies</b>	<i>Coffea arábica</i> , <i>Coffea benghalensis</i> , <i>Coffea canephora</i> , <i>Coffea congensis</i> , <i>Coffea excelsa</i> , <i>Coffea gallienii</i> , <i>Coffea bonnierii</i> , <i>Coffea mogenetii</i> , <i>Coffea liberica</i> , <i>Coffea stenophylla</i> .

**Fuente. POLO, 2013**

<sup>19</sup> POLO, Yenny M. Op, cit. 23

<sup>20</sup> INBIO (Instituto Nacional de Biodiversidad, 1997), citado por POLO, Yenny M. Análisis de factibilidad técnica, ambiental y financiera para la producción y comercialización de café sostenible por el grupo asociativo Robles del Macizo- Corregimiento de Bruselas (Municipio de Pitalito, Huila). Trabajo de grado para Administradora Ambiental. Universidad Tecnológica de Pereira (U.T.P). 2013. P.

#### 1.1.1.1 Descripción de la planta.

El cafeto es un arbusto, perennifolio, de fuste recto que puede alcanzar los 10 metros en estado silvestre; en los cultivos se los mantiene normalmente en tamaño más reducido, alrededor de 3 metros.

Las hojas son elípticas, oscuras y coriáceas. Florece a partir del tercer o cuarto año de crecimiento, produciendo inflorescencias axilares, fragantes, de color blanco o rosáceo; algunas especies, en especial *Coffea arabica*, son capaces de autofertilización, mientras que otras, como *Coffea robusta*, son polinizadas por insectos.

#### 1.1.1.2 Descripción del fruto

El fruto del cafeto es una drupa. Es de forma ovalada o elipsoidal ligeramente aplanada. Contiene normalmente dos semillas plano convexas separadas por el tabique (surco) interno del ovario. El fruto es de color verde al principio, luego se torna amarillo y finalmente rojo aunque algunas variedades maduran color amarillo.

Las partes de la fruta desde el exterior al interior son:

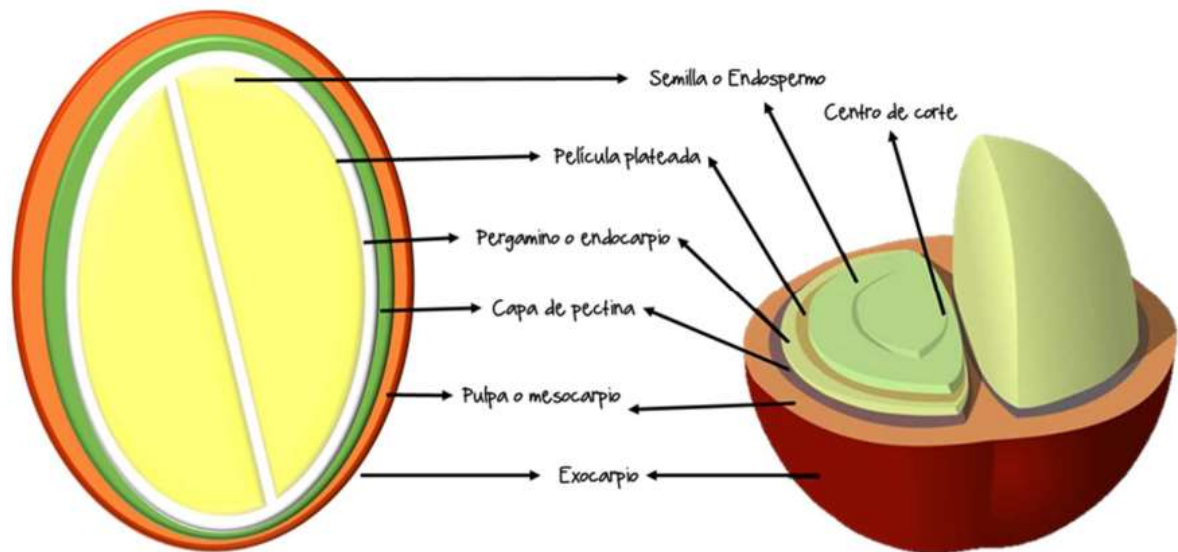
- **Epicarpio** (cutícula, cáscara, pulpa) de color rojo o amarillo en su madurez, jugoso y envuelve todas las demás partes del fruto.
- **Mesocarpio** (mucílago, baba) de consistencia gelatinosa y color cremoso.
- **Endocarpio** (pergamino, cascarilla) cubierta coriácea de color crema a marrón que envuelve la semilla.
- **Espermoderma** (película plateada) envuelve la semilla (integumento seminal)
- **Endospermo** la semilla propiamente constituida
- **Embrión** localizado en la superficie convexa de la semilla y representado por un hipocotilon y dos cotiledones.

La semilla o cotiledón tiene un surco o hendidura en el centro del lado plano por donde se unen las dos semillas. El grano o semilla tiene un extremo que termina en forma puntiaguda donde se encuentra el embrión<sup>21</sup>.

---

<sup>21</sup> Ibíd. 27, p.

**Figura 1. Composición del fruto del café**



**Fuente. LOPEZ N, Juan C. 2017<sup>22</sup>**

### 1.1.1.3 Composición química del café.

El café se compone químicamente de agua y materia seca. La materia seca de los granos de café almendra está constituida por minerales y por sustancias orgánicas que son los carbohidratos, los lípidos, las proteínas, los alcaloides como la cafeína y la trigonelina, así como, por ácidos carboxílicos y fenólicos y también por compuestos volátiles que dan el aroma al grano almendra. Los granos de café almendra de las variedades Arábica contienen una mayor cantidad de lípidos y de sacarosa que Robusta, mientras que en la composición de Robusta se destaca el mayor contenido de polisacáridos, cafeína, ácidos clorogénicos y cenizas como lo muestra la tabla 3.

---

<sup>22</sup> LOPEZ NUNEZ, Juan Carlos. Producción de bio-alcoholes, a partir de mucilago obtenido con tres tecnologías utilizadas en el beneficio ecológico del café. Tesis de grado (Magister en desarrollo sostenible y medio ambiente). Universidad de Manizales, Caldas. 2017. 31, p.

**Tabla 2. Composición química del grano de café**

<b>Componente químico</b>	<b>Arábica %</b>	<b>Robusta %</b>
<b>Polisacáridos</b>	50,8	56,40
<b>Azúcares reductores</b>	0,10	0,40
<b>Sacarosa</b>	8,00	4,00
<b>Proteínas</b>	9,80	9,50
<b>Aminoácidos</b>	0,50	0,80
<b>Cafeína</b>	1,20	2,20
<b>Trigonelina</b>	1,00	0,70
<b>Lípidos</b>	16,20	10,00
<b>Ácidos alifáticos</b>	1,10	1,20
<b>Ácidos clorogénicos</b>	6,90	10,40
<b>Minerales</b>	4,20	4,40
<b>Compuestos aromáticos</b>	trazas	trazas

**Fuente: POLO. 2013**

El efecto de los compuestos químicos en las características sensoriales de la bebida del café está determinado por los polisacáridos que retienen aromas, contribuyen al cuerpo de la bebida y a la espuma del espresso, la sacarosa da amargo, sabor, color, acidez y aroma; los azúcares reductores dan color, sabor y aroma; los lípidos contribuyen al transporte de aromas y sabores y en el espresso dan sabor y cuerpo; las proteínas dan amargo y sabor y en el espresso forman la espuma, la cafeína y trigonelina contribuyen al amargo; los ácidos clorogénicos dan cuerpo, amargo y astringencia, los ácidos alifáticos son los principales componentes de la acidez y también dan cuerpo y aroma.

El aroma del café contiene cerca de 850 compuestos volátiles, principalmente furanos, pirazinas, cetonas, pirroles, fenoles, hidrocarburos, ácidos, aldehídos, ésteres, alcoholes y los tiofenos, tiazoles y oxazoles que no se encuentran en el grano almendra, son cerca de 244 compuestos nitrogenados y 75 azufrados que imparten diferentes notas aromáticas como a caramelo, tostado, dulce, frutal, floral, ahumado, entre otros. En un kilogramo de café tostado se pueden encontrar cerca de 500 mg de sustancias volátiles y en 1kg de bebida unos 20 mg<sup>23</sup>.

---

<sup>23</sup> POLO M, Yenny M. Op cit. 26- 31, p.

## 1.1.2 TIPOS DE BENEFICIADO

En el mundo se realizan dos clases de beneficiado los cuales son:

### 1.1.2.1 Beneficio por vía seca

El café en cereza es recolectado y secado, bien sea en patios de cemento o en silos sin ser despulpados. No despulpar el fruto significa además que no se consume agua en el proceso. Los frutos después de secos se trillan y se obtiene el café almendra para su comercialización, sin pasar por café pergamino seco. Este proceso se realiza en Brasil, entre otros países.

### 1.1.2.2 Beneficio por vía húmeda.

El beneficio por vía húmeda es realizado, entre otros países, en Colombia, Kenya, y Tanzania. En el mercado mundial se clasifican como productores de cafés suaves colombianos, de excelente calidad y reciben un sobreprecio. Existen otros suaves que se producen en otros países como Ecuador, Costa Rica, México, etc. En la tabla 4. Muestra los diferentes beneficios por vía húmeda

**Tabla 3. Tipos de beneficio por vía húmeda**

<b>Beneficio tradicional</b>	<b>Beneficio tanque de fermentación</b>	<b>Beneficio con desmucilagador</b>
Se caracteriza por consumos altos de agua; en promedio 40 litros por kilogramo de café pergamino seco y por la generación de muchos residuos que contaminan aguas.	Se caracteriza por tener un consumo de agua en promedio de 5 litros por kilogramo de café pergamino seco y por la disminución en la contaminación de las aguas hasta en un 80%.	En promedio utiliza en agua un litro por kilogramo de café pergamino seco y por la disminución en la contaminación de las aguas hasta en un 92%.

**Fuente. Aseguramiento de la calidad del café en la finca. Modulo, Benéfico del café. 2013<sup>24</sup>**

#### 1.1.2.2.1 Proceso del beneficio del café por vía húmeda

El conjunto de etapas o labores que se adelantan para transformar los frutos maduros de café (cerezas) en café pergamino seco (o en café en almendra), constituyen el proceso conocido como Beneficio del café.

<sup>24</sup> FUNDACION MANUEL MEJIA. Aseguramiento de la calidad del café en la finca. Modulo, Benéfico del café. 2013



El beneficio del café se puede realizar por métodos tradicionales mediante la fermentación natural o por métodos mecánicos mediante el uso de desmucilagador.

#### 1.1.2.2.1.1 Etapas del beneficio por vía húmeda

El proceso por vía húmeda comprende las siguientes etapas<sup>25</sup>.

- A. **Recolección:** el fruto café se recoge en cereza en estado de madurez y es cuando un fruto se encuentra de color rojo o amarillo o dependiendo de la variedad. Cada cereza tiene una piel exterior (exocarpio) que envuelve una pulpa dulce (mesocarpio).
- B. **Despulpado:** se procede a vaciar los frutos a una máquina a través de una tolva, luego pasa a un cilindro que contiene un rayo de cobre que hace la remoción o separa el grano de la cascara o pulpa.
- C. **Fermentación:** se deja el grano despulpado en un recipiente, donde se procede a experimentar diferentes procesos, anaeróbico o aeróbico y las horas que se requieran, dependiendo de la altitud.
- D. **Lavado:** después del tiempo de fermentación se procede agregar agua para separar el mucilago del grano, el primer lavado es el más cargado de mucilago, generalmente se hacen cuatro lavados para una mejor calidad del fruto.

### 1.1.3 RESIDUOS PROVENIENTES DEL BENEFICIO DEL CAFÉ

En el mundo, el café se procesa siguiendo una de dos vías: húmeda o seca. Por vía húmeda se obtienen los cafés suaves lavados, que tienen características moderadas de amargor, cuerpo, acidez y aromas pronunciados, como el café de Colombia.

Al seguir la vía húmeda, resultan subproductos sólidos (la pulpa) y líquidos (el mucilago, y las aguas residuales del café).

#### 1.1.3.1 Residuos sólidos

La pulpa

Es el primer producto que se genera en el procesamiento del fruto y representa en base húmeda el 43.58 % y la producción de pulpa en el país es de 2,25 millones

---

<sup>25</sup> RODRIGUÉZ, N; ZAMBRANO, D. Los subproductos del café: Fuente de energía renovable. Citado por SOLANO V, Jorge I. Implementación de infraestructura para el beneficio húmedo y seco de café a pequeños caficultores de la vereda Las Yescas, Municipio de Sotará, Departamento del Cauca. 2014. 37, p. Disponible en internet: <http://repository.unad.edu.co/bitstream/10596/2709/1/10535246.pdf>.

de toneladas. La utilización de la pulpa siempre ha constituido un problema tanto en el beneficio en seco como en el húmedo, puesto que los granos secos constituyen sólo la tercera o cuarta parte del peso de los frutos frescos.

Si se descargan directamente al medio ambiente se convierte en una gran fuente de contaminación, transformada en un excelente bio-fertilizante, puesto que la descomposición de la pulpa o cáscara del café permite obtener una materia orgánica de excelente calidad, la cual puede usarse nuevamente en las diferentes etapas del cultivo, como sustrato en los almácigos, en los hoyos para la siembra y como abono en el establecimiento del cultivo. El uso de la materia orgánica mejora las condiciones físicas y biológicas del suelo, contribuyendo con su estabilidad y evitando su pérdida por efecto de la lluvia, retención de humedad, aumenta la flora bacteriana y permite una mejor aireación”.<sup>26 27</sup>

### 1.1.3.2 Residuos líquidos

#### 1.1.3.2.1 El mucilago

Forma parte del mesocarpio del fruto. Es un hidrogel (sistema coloidal líquido liofílico) que posee una carga orgánica, según agua del primer lavado, expresado en DQO de 26,535 mg. oz/litro, equivalente a 3.64 kg. oz/ kilo producido. El mucilago 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,<sup>28</sup> generados a partir del pectado de calcio durante la etapa de maduración del grano de café. El mucilago no contiene taninos ni cafeína, sin embargo, posee enzimas pectinolíticas, las cuales parecen ser de mucha importancia en la fermentación ocurrida durante el procesamiento del café.<sup>29</sup> En la tabla 5 muestra la composición química del mucilago.

---

<sup>26</sup> VALENCIA. Utilización de la pulpa en almácigos. Avance técnico. Citado por SOLANO S, Jorge I. 2014. Op cit 41-42, p.

<sup>27</sup>FEDERACION NACIONAL DE CAFETEROS. Sostenibilidad. Citado por SOLANO SALAZAR, Jorge Isaac. Op cit. 40-41, p.

<sup>28</sup> ASOCIACION NACIONAL DEL CAFÉ (ANACAFE). Op. Cit. 2, p.

<sup>29</sup> WILBAUX. Citado por ARMAS F, Eduardo, *et al.* Propuesta para el aprovechamiento de los subproductos del beneficio del café como una alternativa para la diversificación de la actividad cafetera y aporte de valor a la cadena productiva. Salvador. 2006. 14, p. Disponible en internet: <https://core.ac.uk/download/pdf/11227530.pdf>

**Tabla 4. Composición química del mucilago**

<b>COMPUESTO</b>	<b>%</b>
Materias pécticas totales	33.0
Azucares reductores	30.0
Azucares no reductores	20.0
Celulosa, cenizas, etc.	17.0

**Fuente. Asociación Nacional del Café.**

#### 1.1.3.2.2 El agua miel

El agua utilizada para despulpar y lavar se convierte en residual (agua miel). Su naturaleza química está relacionada con la composición físico-química de la pulpa y el mucílago, debido a que estos dos elementos proporcionan partículas y componentes durante el contacto turbulento e intenso con el agua limpia. Así se origina su aporte como carga orgánica, del primer y segundo lavado, con alrededor en términos de DQO de 43,615 mg. O<sub>2</sub>/litro, equivalente a 6 Kg. de DQO/kilo café. Pero esta agua miel cuando es sometida al procesamiento en los sistemas de plantas de tratamiento de aguas residuales, se logra separar, por un lado el agua clarificada y por otro los lodos orgánicos; estos son un buen aporte de materia orgánica, nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio etc.; se pueden mezclar con la pulpa para hacer un compost.

En cuanto a este residuo líquido, las aguas del despulpado y de lavado, que son las que arrastran la principal proporción de mucílago suelto o fermentado, requieren más atención para realizarles el proceso en las Plantas de Tratamientos de Aguas Residuales (PTAR), para así aprovechar para abono los lodos de origen orgánico en estado semisecos (creados) y también las aguas clarificadas y neutralizadas, previo análisis por el laboratorio, para riegos de pastos e inclusive plantaciones de café adulto, de lo contrario verterlas a afluentes con mínima carga orgánica.<sup>30</sup>

#### 1.1.4 TIPOS DE ENERGÍA

##### 1.1.4.1 Energía renovable

Se denomina energía renovable a la que se obtiene de fuentes que son capaces de regenerarse por medios naturales y, por lo tanto, se consideran inagotables.

Los residuos agrícolas lignocelulosicos se pueden utilizar directamente como combustibles o transformarse en bioetanol o biogás, mediante procesos de

---

<sup>30</sup> ASOCIACION NACIONAL DEL CAFÉ (ANACAFE). Op. Cit, p. 3

fermentación o en biodiesel, y son considerados energías renovables, dado que no se agotaran mientras puedan cultivarse los vegetales que los producen.

La formación de biomasa vegetal se lleva a cabo a través del proceso fotosintético, en donde las plantas captan la energía solar y mediante un mecanismo electroquímico fijan y almacenan carbono contenido en el CO<sub>2</sub> del aire. Una de las principales características de la biomasa es su carácter renovable, puesto que la energía utilizada y las materias primas consumidas (carbono, hidrógeno, nitrógeno, potasio, fósforo) son renovables.<sup>31</sup> Se estima que la fotosíntesis fija 220 millones de toneladas de peso seco de biomasa al año, lo que supone unas diez veces la demanda energética mundial.<sup>32</sup>

#### 1.1.4.2 Energía alternativa

El ser humano, como todo ser vivo, depende del entorno para obtener energía, previo al desarrollo industrial, el hombre utilizaba los animales, los vegetales, la fuerza del viento y del agua para obtener la energía necesaria para sus funciones vitales, para producir calor, luz y transporte. Luego, el hombre para utilizar energías almacenadas en los recursos fósiles, primero fue el carbón y posteriormente el petróleo y el gas natural. Actualmente los combustibles fósiles y la energía nuclear proporcionan cada año alrededor del 90% de la energía que se utiliza en el mundo. Pero las reservas de combustibles fósiles son limitadas y, en mayor o menor grado, son contaminantes. Desde mediados del siglo XX con el crecimiento de la población la extensión de la producción industrial y el uso masivo de tecnologías, comenzó a crecer la preocupación por el agotamiento de las reservas de petróleo y el deterioro ambiental. Desde entonces se impulsó el desarrollo de energías alternativas basadas en recursos naturales renovables y menos contaminantes, como la luz solar, las mareas, el agua, y la bioenergía provenientes de los biocombustibles<sup>33</sup>.

##### 1.1.4.2.1 Biocombustible

Es producido a partir de materias de origen agropecuario, agroindustrial, desechos orgánicos o cualquier forma de biomasa.

Los biocombustibles se utilizan, mayoritariamente, en el sector del transporte como:

---

<sup>31</sup> BALLESTEROS, P. Uso energético de la biomasa. Citado por RODRIGUEZ V, Nelson y ZAMBRANO F, Diego A. Los subproductos de café: fuente de energía renovable. 2010. 1 p.

<sup>32</sup> *Ibíd.*

<sup>33</sup> MONTENEGRO G, Daniel F y ORDOÑEZ, José J. Obtención de alcohol a partir de la fermentación del lixiviado de residuos orgánicos de mango (*Mangifera indica*), papa (*Solanum tuberosum*), pina (*Ananas comosus*), platano (*Musaceae*) y lulo (*Solanum quitoense* Lam) provenientes de la galería La Esmeralda en el Municipio de Popayán. Trabajo de grado (Ingeniero Industrial). Facultad de Ingeniería. 2012. 31 p.

- A. **Biodiesel:** producido a partir de la reacción de los aceites vegetales (palma africana, soya, higuera, jatropha curcas, colza y otras plantas) o grasas animales con alcohol.
- B. **Bioetanol:** Es un alcohol que se fabrica en la mayoría de los casos, siguiendo un procedimiento similar al de la cerveza, en el que los almidones son convertidos en azúcares y estos a su vez por medio de la fermentación en etanol. Su producción se realiza principalmente a partir de la caña de azúcar o maíz (o mezcla de trigo o cebada), cuyos hidratos de carbono son fermentados a etanol por las levaduras del género *Saccharomyces*. La caña de azúcar es la fuente más atractiva para la producción de etanol, ya que los azúcares que contiene son simples y fermentables directamente por las levaduras<sup>34</sup>
- C. **Biogás:** es un compuesto principalmente por metano, formado por la degradación de materia orgánica

#### 1.1.4.2.2 Generaciones de los biocombustibles

Los combustibles de origen biológico, se clasifican en cuatro generaciones de acuerdo a la materia prima con la que se producen, teniendo así que:

- Los de la primera generación son los que provienen de plantaciones agrícolas, como las plantas con alto contenido de azúcares, almidones y aceites. También se puede obtener de grasas de animales, grasas de aceites y desperdicios sólidos orgánicos
- Los de segunda generación provenientes de biomasa lignocelulosa G, residuos agrícolas o forestales.
- Los de tercera, de cultivos energéticos, vegetales no alimenticios de crecimiento rápido
- Los de cuarta generación, producidos a partir de bacterias genéticamente modificadas.<sup>35</sup>

#### 1.1.4.2.3 Obtención de biocombustibles

Según la naturaleza de la biomasa y el tipo de combustible deseado, se pueden utilizar diferentes métodos para obtener biocombustibles:

- Proceso mecánicos (astillado, trituración, compactación)
- Termoquímicos (combustión, pirolisis y gasificación)
- Biotecnológicos (microbacterianos o enzimáticos)
- Extractivos (extracción físico química)<sup>36</sup>.

---

<sup>34</sup> *Ibíd.*, 34 p.

<sup>35</sup> MATAMOROS. Servicios de agua y drenaje de Monterrey. Citado por TORRES C, Lady Tatiana. 2015. 3 p.

### 1.1.5 FERMENTACIÓN

La fermentación alcohólica tiene como finalidad biológica proporcionar energía a los microorganismos unicelulares (levaduras) en ausencia de oxígeno a partir de la glucosa proceso las levaduras obtienen energía disociando las moléculas de glucosa y generando desechos alcohol y dióxido de carbono CO<sub>2</sub>.<sup>37</sup>

#### 1.1.5.1 Factores de la fermentación

Factores de la fermentación. en particular, la velocidad y los compuestos formados en la fermentación del café dependen de la calidad del sustrato, madurez y sanidad del fruto que influyen en la composición química y microbiológica de los granos despulpados; de factores ambientales como la temperatura externa y la higiene de las instalaciones, ambientales y equipos; del tiempo, y del sistema mismo de fermentación.<sup>38</sup>

En el café despulpado se encuentran primordialmente levaduras y bacterias lácticas, pero también otras bacterias y algunos hongos.

El recuento y la clase de microorganismos presentes en un momento dado de la fermentación del café dependen de la población inicial en los frutos y granos despulpados, de las condiciones ambientales como la temperatura, los gases como el CO<sub>2</sub>, la actividad del agua, el pH, el potencial redox, la higiene, del tiempo transcurrido y del sistema y la dilución del sustrato.

Las principales levaduras fermentadoras del mucilago son *Saccharomyces cerevisiae*, *Candida albicans*, *C. tropicalis*, *C. krusei*, *C. lipolytica*, *C. parasitopsis*, y *C. pintolopesii*, que producen etanol y CO<sub>2</sub>, y las no fermentadoras como *Cryptococcus terreus*, *Rhodotorula rubra* y *R. glutinis*. Las bacterias lácticas del mucilago son *Lactobacillus acidophilus*, *L. fermentum*, *L. plantarum* y *Streptococcus faecalis*, entre otras, las cuales producen ácido láctico, alcohol, ácido acético, ácido fórmico y dióxido de carbono.

También pueden hallarse bacterias anaeróbicas facultativas que producen fermentaciones mixtas como *Enterobacter spp*; *E. agglomerans*, *E. aerogenes*, *Erwinia sp*, *Serratia fonticola* y *Citrobacter freundii*. Además bacterias aerobias del género *Staphylococcus*, actinobacterias del género *Streptomyces*,

---

<sup>36</sup> MONTENEGRO G, Daniel F y ORDOÑEZ, José J. Op cit, 33 p.

<sup>37</sup> ECURED, CU. Obtenido de fermentación alcohólica. Citado por TORRES C, Lady Tatiana. 2015. Op cit, 9 p.

<sup>38</sup> AVANCES TECNICOS CENICAFE. Factores, procesos y controles en la fermentación del café. 2012. 2, p. Disponible en internet: [www.cenicafe.org/es/publications/avt0422.pdf](http://www.cenicafe.org/es/publications/avt0422.pdf).

bacterias anaerobias como *Clostridium butyricum*, y hongos de los generos *Trichoderma*, *Alternaria* y en ocasiones *Penicillium* y *Aspergillus*<sup>39</sup>

### 1.1.6 DESTILACIÓN FRACCIONADA

Es una variante de la destilación simple que se utiliza principalmente cuando es necesario separar líquidos con punto de ebullición cercanos. Se realiza por medio de una columna de fraccionamiento, la cual permite un mayor contacto entre los vapores que ascienden con el líquido condensado que desciende, y esto a su vez facilita el intercambio de calor que produce un intercambio de masa, donde los líquidos con menor punto de ebullición se convierten en vapor, y los vapores de sustancias con mayor punto de ebullición pasan al estado líquido.<sup>40</sup>

## 1.2 ÍNDICES DE LA CALIDAD DEL AGUA

Son modelos matemáticos que sirven para tener una idea acerca de la calidad del agua, con base en variables ambientales y poder así evaluar, de manera muy aproximada a la realidad, la condición del medio acuático, las tendencias en sus variaciones, jerarquización en función del tiempo, espacio y los procesos de productividad natural en cuanto al aspecto hidrobiológico.<sup>41</sup>

### 1.2.1 ÍNDICES DE CALIDAD A ANALIZAR EN UN MUESTREO

#### 1.2.1.1 Calidad biológica

En un ecosistema acuático, está determinada por la dominancia de las poblaciones de organismos adaptados, característicos o propios de la calidad de sus aguas, los cuales utilizamos como bioindicadores bien sea cualitativamente o cuantitativamente, según el índice que se aplique.<sup>42</sup>

---

<sup>39</sup> *Ibíd.* 3, p.

<sup>40</sup> TORRES C, Lady T. Obtención de bioetanol a partir del cisco (cascarilla) del café generado como subproducto final en la cadena productiva caficultora. Trabajo de grado (ingeniera industrial), Fundación Universitaria de Popayán. 2015. *Op cit*, 10, p.

<sup>41</sup> VASQUEZ Z, León. "Evaluación de la calidad de aguas naturales", signos y alcances en la determinación fisicoquímica y biológicos fundamentales de recursos hidrológicos continentales. 2001. Citado por CAICEDO C, Karen T. Influencia del vertimiento de las aguas residuales generadas por la rallería Porvenir, sobre la comunidad de macroinvertebrados acuáticos en la Quebrada Matecaña al sur del Municipio de el Tambo-Cauca. 2015. 18 p.

<sup>42</sup> ROLDAN P. Bioindicación de la calidad del agua en Colombia: Uso del método BMWP/Col. 2003. Citado por CAICEDO C, Karen T. 2015. *Op cit*, 10, p.

### 1.2.1.2 Calidad ecológica

Está determinada por el nivel de estabilidad (homeostasis) del ecosistema en un momento determinado, en relación con su estado homeostático normal. Evalúa entonces, los efectos de las sustancias extrañas sobre la estabilidad de los ecosistemas.<sup>43</sup>

### 1.2.1.3 Parámetros fisicoquímicos

La ventaja de los parámetros físico-químicos se basa en que sus análisis suelen ser más rápidos y pueden ser monitoreados con mayor frecuencia los que permiten una evaluación para los diferentes tipos de uso. Los principales parámetros que fundamentalmente requieren especial interés y cuyo análisis integrado permiten ver una visión preliminar y concreta sobre la calidad de agua y las condiciones de un ecosistema acuático en un momento dado.<sup>44</sup>

## 1.2.2 IMPORTANCIA AMBIENTAL DE PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS COMO INDICADORES DE CONTAMINACIÓN

### 1.2.2.1 Parámetros fisicoquímicos

#### 1.2.2.1.1 Olor y sabor

Los problemas estéticos de sabor, olor y color son efectos producidos a causa de compuestos orgánicos que se encuentran en el agua, principalmente orgánicos, en la naturaleza, vegetación en descomposición, algas, compuestos químicos industriales presentes en desechos, sulfuros, metales y sales.

El sabor y el olor están estrechamente relacionados; por eso es común decir que “A lo que huele, sabe el agua”. Por lo tanto la falta de olor es indicio indirecto de la ausencia de contaminantes, tales como compuestos fenólicos. Y la presencia de olor a sulfuro de hidrogeno puede indicar una acción séptica de compuestos orgánicos en el agua.

En el agua se pueden considerar cuatro sabores básicos: ácido, salado, dulce y amargo.<sup>45</sup>

---

<sup>43</sup> ROLDAN. 1997. Citado por CAICEDO C, Karen T. 2015. Op cit, 10, p.

<sup>44</sup> VASQUEZ Z, León. Evaluación de la calidad de aguas naturales”. 2001. Citado por CAICEDO C, Karen T. 2015. Op cit, 10, p.

<sup>45</sup> LONDOÑO, Adela, GIRALDO, Gloria & GUTIERREZ, Adamo. Métodos analíticos para la evaluación de la calidad físico química del agua. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de



#### 1.2.2.1.2 Caudal

Constituye una variable de gran incidencia ambiental pues el volumen del agua que se desplaza en una corriente determina la capacidad de dilución ante contingencias o vertimientos (puntuales y no puntuales), es decir que mide la cantidad de contaminantes que puede recibir una corriente.<sup>46</sup>

#### 1.2.2.1.3 Temperatura

La temperatura está determinada por la cantidad de energía calorífica que es absorbida por un cuerpo de agua y juega un papel importante en todos los procesos biológicos. La temperatura promedio del agua también presenta escasas variaciones que oscilan entre 19°C y 23°C, norma para el piso térmico de estudio y cumple con la norma del decreto 1594/84, indicando que no hay posibles perturbaciones en sus efluentes que cambien drásticamente la temperatura.<sup>47</sup>

#### 1.2.2.1.4 Turbiedad

Incide directamente en la productividad y el flujo de energía dentro del ecosistema<sup>48</sup>. Sirve para determinar el grado de tratamiento requerido por un agua natural, al igual que permite establecer su filtrabilidad, así como la efectividad de procesos de coagulación, sedimentación y filtración.<sup>49</sup>

#### 1.2.2.1.5 Sólidos

Son un parámetro útil para determinar la eficiencia de las unidades de tratamiento y son importantes para determinar la fuerza de las aguas residuales. Producen alteraciones en el desarrollo de los estados tempranos de los peces, al modificar su movimiento natural y migración; igualmente, reducen la abundancia de alimentos e inciden sobre la productividad primaria del sistema.<sup>50</sup>

---

Ingeniería y Arquitectura. Sede Manizales. 2010. 52, p. Disponible en internet: <http://bdigital.unal.edu.co/49658/7/9789588280394.pdf>

<sup>46</sup>ULCHUR O, Andrea. Evaluación de la calidad de agua de la Quebrada Guaicoche como fuente abastecedora de los acueductos veredales Buena Vista, Santa Barbara, Ventanas y Poblado Siberia del Corregimiento de Siberia, Municipio de Caldono-Cauca. Trabajo de grado (ecología). FUP.2015. -- p.

<sup>47</sup>MARTINES G, Nicolás. Macro invertebrados acuáticos como sistema de evaluación de contaminación del Balneario Hurtado, Rio Guatapuri, Valledupar-Cesar. Trabajo de grado para optar al título de especialista, Bucaramanga, Santander.: Universidad Industrial de Santander. 2010. 23 p. Disponible en internet: <https://es.scribd.com/document/314712527/Tesis-Rio-Guatapuri>.

<sup>48</sup> ROLDAN P, G. Fundamentos de Limnología Neo Tropical. 1° Edición.1992. Citado por MARTINEZ G, Nicolás. 2010. Op cit, 23, p.

<sup>49</sup> ROMERO. 1996. Citado por MARTINEZ G, Nicolás. 2010. Op cit, 23, p.

<sup>50</sup>MINISTERIO DE AMBIENTE *et al.* 2001. Citado por MARTINEZ G, Nicolás. 2010. Op cit, 24, p.

#### 1.2.2.1.6 Sólidos Disueltos Totales (SDT)

Corresponden a la cantidad en mg/lm de sustancias tanto de origen orgánico como inorgánico a su importancia radica en poder dimensionar las condiciones edáficas, la salinidad y los niveles de productividad natural del ecosistema puesto que incide en la turbiedad de la columna, en la capacidad de penetración lumínica y procesos bioenergéticas<sup>51</sup>

#### 1.2.2.1.7 Conductividad

Es una medida de la propiedad que poseen las soluciones acuosas para conducir la corriente eléctrica. Esta propiedad depende de la presencia de iones, su concentración, movilidad, valencia y la temperatura de medición<sup>52</sup>. La variación de la conductividad proporciona información acerca de la productividad primaria y descomposición de la materia orgánica, e igualmente contribuye a la detección de fuentes de contaminación.<sup>53</sup>

#### 1.2.2.1.8 pH

El intervalo de concentración adecuado para la proliferación y desarrollo de la vida acuática es bastante estrecho y crítico, la mayoría de animales acuáticos prefieren un rango de 6.5-8.0, fuera de este rango se reduce la diversidad por estrés fisiológico, así como la reproducción.<sup>54</sup> El grado de disociación de ácidos y bases es afectado por cambios de pH, este efecto es importante debido a que la toxicidad de muchos compuestos es afectada por el grado de disociación<sup>55</sup>. El valor del pH también debe ser tenido en cuenta en el suministro de aguas con respecto a la coagulación química, la desinfección, el ablandamiento y el control de corrosión o de incrustación<sup>56</sup>.

#### 1.2.2.1.9 Oxígeno disuelto

Constituyen uno de los elementos de mayor importancia en los ecosistemas acuáticos, ya que su presencia y concentración determina las especies, de acuerdo a su tolerancia y rango de adaptación, estableciendo la estructura y funcionamiento biótico de estos sistemas<sup>57</sup>. La baja concentración de oxígeno disuelto en el agua es generalmente una indicación de alta contaminación, ya que

---

<sup>51</sup> ULCHUR O, Andrea. Op cit, p

<sup>52</sup> FAÑA. 2002. Citado por CAICEDO C, Karen T. 2015. Op cit, 20, p.

<sup>53</sup> MINISTERIO DE AMBIENTE *et al.* 2001. Citado por MARTINEZ G, Nicolás. 2010. Op cit, 24 p.

<sup>54</sup> METCALF & HEDDY, 1985; Massachusetts Water Watch Partnership, 2002. Citado por MARTINEZ G, Nicolás. 2010. Op cit, 24, p.

<sup>55</sup> MINISTERIO DE AMBIENTE *et al.* 2001. Citado por MARTINEZ G, Nicolás. 2010. Op cit, 24, p.

<sup>56</sup> BOLAÑOS *et al.*, 2001. Citado por MARTINEZ G, Nicolás. 2010. Op cit, 24, p.

<sup>57</sup> RAMÍREZ & VIÑA, 1989. Citado por MARTINEZ G, Nicolás. 2010. Op cit, 24, p.

sirve para denotar la presencia de organismos que respiran y se multiplican a una tasa superior a la difusión del oxígeno desde la atmosfera al agua.<sup>58</sup>

#### 1.2.2.1.10 Demanda química de oxígeno (DQO)

Permite determinar las condiciones de biodegradabilidad y el contenido de sustancias tóxicas, así como la eficiencia de las unidades de tratamiento. Su determinación permite calcular los efectos de las descargas de los efluentes domésticos e industriales sobre la calidad de las aguas de los cuerpos receptores. El aumento de DQO contribuye a la disminución de la capacidad de depuración de las fuentes hídricas, disminución del oxígeno disuelto, salinización de los suelos, y pérdida de la biodiversidad acuática y calidad del uso.<sup>59</sup>

#### 1.2.2.1.11 Demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>)

Se indica con este término la cantidad de oxígeno requerida por los microorganismos aeróbicos para poder proceder a la asimilación y a la degradación de las sustancias orgánicas presentes en aguas naturales o residuales ya que constituyen el alimento de los microorganismos. Es aún más elevado cuando mayor es la concentración de las sustancias orgánicas presentes en las aguas residuales y cuando mayor es la velocidad de biodegradación microbiana.<sup>60</sup>

#### 1.2.2.1.12 Fosfatos

El fósforo en un cuerpo de agua permite la formación de biomasa, la cual requiere un aumento de la demanda biológica de oxígeno para su oxidación aerobia, además de los procesos de eutrofización y consecuentemente crecimiento del fitoplancton. El fósforo en forma de orto fosfato es nutriente de organismos fotosintetizadores y, por tanto, es un componente limitante para el desarrollo de las comunidades.<sup>61</sup>

#### 1.2.2.1.13 Nitrógeno, Nitritos y Nitratos

El nitrógeno es un elemento esencial para el crecimiento de algas y causa un aumento en la demanda de oxígeno al ser oxidado por bacterias, reduciendo por ende los niveles de este. Las diferentes formas del nitrógeno son importantes de determinar para establecer el tiempo transcurrido desde la polución de un cuerpo de agua. En el tratamiento biológico de aguas residuales, los datos de nitrógeno amoniacal y orgánico son importantes para determinar si el residuo contiene

---

<sup>58</sup> FAÑA, 2000. Citado por MARTINEZ G, Nicolás. 2010. Op cit, 24, p.

<sup>59</sup> BELTRAN & TRUJILLO, 1999. Citado por MARTINEZ G, Nicolás. 2010. Op cit, 25, p.

<sup>60</sup> Ibíd. 26, p

<sup>61</sup> ROMERO, 2001. Citado por MARTINEZ G, Nicolás. 2010. Op cit. 26, p.

suficiente nitrógeno para nutrir a los organismos. Las descargas de aguas residuales ricas en nitrógeno pueden causar problemas de eutrofización y de nitrificación, con la consecuente concentración de nitratos y riesgo de metahemoglobinemia para usuarios de la fuente receptora<sup>62</sup>.

#### 1.2.2.1.14 Coliformes totales y fecales

El análisis bacteriológico es vital en la prevención de epidemias como resultado de la contaminación del agua. El ensayo se basa en que todas las aguas contaminadas por aguas residuales son potencialmente peligrosas, por tanto en control sanitario se realiza para determinar la presencia de contaminación fecal. La determinación de la presencia del grupo coliformes constituye en un indicio de polución, así como la eficiencia de la purificación y potabilización del agua<sup>63</sup>.

#### 1.2.2.2 Los macroinvertebrados en la bioindicación

Los macroinvertebrados acuáticos se definen como aquellos organismos con tamaños superiores a 0.5 mm de longitud es decir, todos aquellos organismos que se pueden ver a simple vista; por lo tanto la palabra macro indica que esos organismos son retenidos por redes de tamaño entre 200-500 mm.<sup>64</sup>

Dentro de los cuerpos de aguas continentales, los macroinvertebrados han recibido una gran atención, tanto por su importancia como eslabones tróficos intermediarios entre los productores primarios y consumidores, como por el papel que desempeñan como transformadores e integradores de la materia orgánica alóctona (hojas, semillas, ramas, troncos caídos, entre otros) principal entrada de energía a los sistemas fluviales.

Dentro de los múltiples índices biológicos de calidad propuestos, señalan que los macroinvertebrados son organismos que se consideran como indicadores biológicos principales. Este planteamiento surge debido a la existencia de una estrecha correlación entre las comunidades de estos organismos y los factores del ambiente donde se desarrollan, de modo que estos cambian, unas especies son reemplazadas por otras adaptadas a las nuevas condiciones. El análisis estructural de las comunidades bénticas se usa a menudo para determinar la calidad del agua, ya que los taxones que las constituyen presentan ciclos largos y escasos, lo cual permite la acción directa y continua de sustancias que alteran

---

<sup>62</sup> Ibíd. 26, p.

<sup>63</sup> MINISTERIO DE SALUD, 1998; ROMERO, 2001. Citado por MARTINEZ G, Nicolás. 2010. Op cit, 26 p.

<sup>64</sup> ROSENBERG, D. M & RESH, V.H. *Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates*. 1993. Chapman Hall Publ. Citado por: GIL G, Julie A. 2014. 20, p.

las condiciones del medio acuático donde viven, de modo que resultan muy afectados.<sup>65</sup>

Al evaluar la calidad del agua mediante el estudio de la composición y la estructura de las comunidades de organismos surge el término de calidad biológica. Se considera que un medio acuático presenta buena calidad biológica cuando se tienen unas características naturales que permiten que en su seno se desarrollen comunidades de invertebrados.<sup>66</sup> Se juzga que un organismo es indicador de la calidad de agua, cuando se encuentre invariablemente en un ecosistema de características definidas y cuando su población es porcentualmente superior al resto de los organismos con los que comparte su hábitat.<sup>67</sup>

### 1.2.2.3 Biología y ecología de los macroinvertebrados acuáticos

Los macroinvertebrados son organismos generalmente bentónicos, sin embargo, se han determinado tres tipos principales: el neuston, incluye aquellos organismos que viven sobre las superficies del agua. Sus uñas, sus patas y su exoesqueleto se encuentran recubiertos por una sustancia cerosa que los hace impermeables<sup>68</sup>; el neuston, está conformado por todos aquellos organismos que nadan libremente en el agua; bentos, se refiere a todos aquellos organismos que viven en el fondo de los ríos y lagos, adheridos a piedras, rocas, troncos, restos de vegetación y sustratos similares<sup>69</sup>.

### 1.2.2.4 Relación de los factores fisicoquímicos del agua con la macrofauna acuática

La composición química del agua está relacionada directamente con la capacidad que tiene esta de mantener elementos y sustancias sólidas y gaseosas en solución, fundamentalmente para el desarrollo de la biota<sup>70</sup>.

Los parámetros fisicoquímicos del agua determinados por factores ambientales influyen de manera directa en la diversidad de las comunidades de los

---

<sup>65</sup> VEGA, E, AGUILAR, C. I, DIEZ, D & GIL, H. Macroinvertebrados acuáticos presentes en algunas corrientes del oriente antioqueño. 1989. Citado por: GIL G, Julie A. 2014. Op cit. 21, p.

<sup>66</sup> TERCEDOR, J, A. macroinvertebrados acuáticos y la calidad de las aguas de los ríos. *IV Simposio del agua en Andalucía*. 1996. Citado por: GIL G, Julie A. 2014 Op cit., 21 p.

<sup>67</sup> ROLDAN, BOHORQUEZ, CASTAÑO, & ARDILLA. Estudio limnológico del embalse del Gauvito. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas y Naturales*. P 24, 25- 33. 2001. Citado por: GIL G, Julie A. 2014. Op cit. 21, p.

<sup>68</sup> ROLDAN. Bioindicación de la calidad del agua en Colombia. 2003. Citado por: GIL G, Julie A. 2014. Op cit. 21, p.

<sup>69</sup> *Ibíd.* P,

<sup>70</sup> MORA A & SOLER, M. Estudio limnológico con énfasis en los macroinvertebrados bentónicos de la parte alta del río Bogotá. 1993. Citado por: GIL G, Julie A. 2014. Op cit. 21, p.

macroinvertebrados. Factores como la profundidad, pH, alcalinidad, dureza, iones de calcio, clase de sedimentos, materia orgánica, contaminantes tanto industriales como domésticos, determinan la abundancia relativa de las comunidades<sup>71</sup>. Adicionalmente la calidad del agua está influida por las interacciones de la vegetación, suelos y tiempo de inundación<sup>72</sup>.

De igual forma la cobertura de la vegetación (macrofitas), no solo influye en la producción de nutrientes en el agua, también influye en la calidad del hábitat para los macroinvertebrados, determinando así el incremento de la abundancia y diversidad de las comunidades<sup>73</sup>. Por otro lado la eutrofización es un factor relevante que se relaciona con la calidad del agua y las comunidades de macroinvertebrados.

Las características de velocidad y el flujo direccional confieren atributos a los cuales las comunidades deben adaptarse, existen evidencias en que los factores físicos y químicos alteran las comunidades de macroinvertebrados.

La turbiedad, el color y los sólidos suspendidos afectan directamente aquellos organismos que la requieren directamente de las plantas para su alimentación, ya que estos factores reducen la entrada de los rayos solares suprimiendo la producción primaria. La turbiedad afecta la relación depredador-presa ya que dificulta la visualización de la presa y los sólidos suspendidos atrofian aquellos organismos que se alimentan de microorganismos.

La temperatura afecta la eclosión de los huevos<sup>74 75</sup> y la colonización y acelera el ciclo de vida de los insectos incrementando la emergencia, aunque algunos son tolerantes a esta, lo que afecta la competencia y la depredación. La salinidad en ciertos grados es una variable de toxicidad, al igual que el pH comportándose como un factor secundario de toxicidad.

---

<sup>71</sup>MORA & SOLER. Estudio limnológico con énfasis en los macroinvertebrados bentónicos de la parte alta del río Bogotá. 1993; PRAT N & RIERADEVAL, M. Criterios de evaluación de la calidad del agua en los lagos y embalses basados en macroinvertebrados bentónicos. 1998; XIE, CAI, TANG, MA LIU & YE. Structure of macrobenthos of the east dongting nature reserve, with emphasis on relationships with environmental variables. 2003; PAUKERT, C & WILLIS, D. Aquatic invertebrate assemblages in shallow prairie lakes: fish and environmental influences. 2003; DUGEL, M & KASANCI, N. Assessment of water quality of the büyük menderes river Turkey by using ordination and classification of macroinvertebrates and environmental variables. 2004. Citado por: GIL G, Julie A. 2014. Op cit. 2, p.

<sup>72</sup> BATLL, J & GOLLADAY, S. Water quality and macroinvertebrate assemblages in three types of seasonally inundated limesink wetland in southwest Georgia. 2001. Citado por: GIL G, Julie A. 2014 Op cit. 21, p.

<sup>74</sup> HAWKER, H. Invertebrates as indicators of river water quality. 1980. Citado por: GIL G, Julie A. 2104. Op cit. 21, p.

<sup>75</sup> ROLDAN, G. Fundamentos de limnología tropical. 1992. Citado por: GIL G, Julie A. 2104. Op cit. 21.

Uno de los factores que más se ha estudiado es la materia orgánica, ya que esta desestabiliza por completo el balance del sistema; la demanda de la respiración microbiana causa un gasto de oxígeno disuelto en el agua, eliminando especies tolerantes a este factor<sup>76</sup>.

Por otro lado existen otros factores del cuerpo de agua que influyen en las comunidades de macroinvertebrados acuáticos como la heterogeneidad de los hábitats, el tamaño del espejo de agua, el tipo de sustrato, el fitoplancton, y la profundidad<sup>77</sup>

#### 1.2.2.5 El método BMWP para Colombia (BMWP/COL) y el ASPT

##### 1.2.2.5.1 Índice BMWP

Índice biológico británico modificado y adaptado a las características geomorfológicas y climáticas de los ríos. Este índice da puntuación a 131 familias de macroinvertebrados que son utilizados como indicadores, de acuerdo con la correspondiente sensibilidad a la contaminación.<sup>78</sup>

El método solo requiere llegar hasta el nivel de familia y los datos son cualitativos (presencia o ausencia). El puntaje va de 1 a 10 de acuerdo con la tolerancia de los diferentes grupos a la contaminación orgánica. Las familias más sensibles como Perlidae y Oligoneuriidae reciben un puntaje de 10; en cambio, las más tolerantes a la contaminación, por ejemplo Tubificidae, reciben una puntuación de 1.<sup>79</sup> La suma de los valores de todas las familias identificadas da un valor final del índice que nos permite clasificar los puntos de control en 5 clases, cada una de las cuales corresponde a un nivel diferente de calidad ecológica de las aguas, y proporciona el puntaje total del BMWP<sup>80</sup>.

##### 1.2.2.5.2 El puntaje ASPT

El puntaje promedio por taxón conocido como ASPT (Average Score per Taxón), es el puntaje total BMWP dividido entre el número de los taxa, es un índice particularmente valioso para la evaluación del sitio.

Los valores ASPT van de 0 a 10; un valor bajo de ASPT asociado a un puntaje bajo de BMWP indicara condiciones graves de contaminación. Los valores de

---

<sup>76</sup> *Ibíd.*

<sup>77</sup> GIL G, Julie A. Determinación de la calidad del agua mediante... Op cit. P, 21.

<sup>78</sup> MARTINES G, Nicolás. 2010. Op cit. 15, p.

<sup>79</sup> ARMITAGE, P *et al.* The performance of a new biological water quality score system based on macroinvertebrates over a wide range of unpolluted running-waters sites. Citado por: CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA. CAR. Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua. 2012. 45, p.

<sup>80</sup> MARTINES G, Nicolás. 2010. Op cit. 15, p.

puntaje para las familias individuales reflejan su tolerancia a la contaminación con base en el conocimiento de la distribución y la abundancia.<sup>81</sup>

Con base en el conocimiento que actualmente se tiene en Colombia sobre los diferentes grupos de macroinvertebrados hasta el nivel de familia, se propone utilizar el método BMWP/Col como una primera aproximación para evaluar los ecosistemas acuáticos de montaña. Se hace énfasis en este punto, pues en esta región donde se ha trabajado más intensamente y por tanto, la información se considera confiable. En la tabla 6 se presenta la adaptación realizada del BMWP/Col para los macroinvertebrados existentes en Colombia.<sup>82</sup>

**Tabla 5. Puntajes de las familias de macroinvertebrados acuáticos para el índice BMWP/COL**

Familias	Puntajes
Anomalopsychidae, Atriplectididae, Blepharoceridae, Calamoceratidae, Ptilodactylidae, Chordodiidae, Gomphidae, Hidridae, Lampyridae, Lymnessiidae, Odontoceridae, Oligoneuridae, Perlidae, Polythoridae, Psephenidae.	10
Ampullariidae, Dytiscidae, Ephemeridae, Euthyplociidae, Gyrinidae, Hydrobiosidae, Leptophlebiidae, Philopotamidae, Polycentropodidae, Xiphocentronidae.	9
Gerridae, Hebridae, Helicopsychidae, Hydrobiidae, Leptoceridae, Lestidae, Palaemonidae, Pleidae, Pseudothelphusidae, Saldidae, Simuliidae, Veliidae.	8
Baetidae, Caenidae, Calopterygidae, Coenagrionidae, Corixidae, Dixidae, Dryopidae, Glossossomatidae, Hyalellidae, Hydroptilidae, Hydropsychidae, Leptohiphidae, Naucoridae, Notonectidae, Planariidae, Psychodidae, Scirtidae.	7
Aeshnidae, Ancylidae, Corydalidae, Elmidae, Libellulidae, Limnichidae, Lutrochidae, Megapodagrionidae, Sialidae, Staphylinidae.	6
Belostomatidae, Gelastocoridae, Hydropsychidae, Mesoveliidae, Nepidae, Planorbidae, Pyralidae, Tabanidae, Thiaridae.	5
Chrysomelidae, Stratiomyidae, Haliplidae, Empididae, Dolycopodidae, Sphaeridae, Lymnaeidae, Hydraenidae, Hydrometridae, Noteridae.	4
Ceratopogonidae, Glossiphoniidae, Cyclobdellidae, Hydrophilidae, Physidae, Tipulidae.	3
Culicidae, Chironomidae, Muscidae, Sciomyzidae,	2
Tubificidae	1

**Fuente. Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca. CAR. Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua. 2012**

<sup>81</sup> ZAMORA-MUÑOZ Y ALBA-TERCEDOR. "Bioassessment of organically polluted spanish river, using a biotic index and multivariate methods". 1996. Citado por: CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA. CAR. 2012. Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua. Op cit. 45, p.

<sup>82</sup> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA. CAR. Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua. Roldan P, Gabriel. ISBN: 978-958-8188-19-5. 2012. 45, p. Disponible en internet: [http://www.academia.edu/15459713/Los\\_Macroinvertebrados\\_omo\\_Bioindicadores\\_de\\_la\\_Calidad\\_Del\\_Agua](http://www.academia.edu/15459713/Los_Macroinvertebrados_omo_Bioindicadores_de_la_Calidad_Del_Agua)



De acuerdo a la anterior tabla se obtienen unos resultados, los cuales se comparan con los asignados en la tabla 7 y se obtiene un valor determinado por un color y una especificación del mismo.

**Tabla 6. Clasificación de las aguas y su significado ecológico de acuerdo al índice BMWP**

Clase	Calidad	Valor del BMWP	Significado	Color
I	Buena	>= 150	Aguas muy limpias	Blue
		123-149	Aguas no contaminadas	Light Blue
II	Aceptable	71-122	Ligeramente contaminadas: se evidencian efectos de contaminación	Green
III	Dudosa	46-70	Aguas moderadamente contaminadas	Yellow
IV	Crítica	21-45	Aguas muy contaminadas	Orange
V	Muy crítica	<20	Aguas fuertemente contaminadas, situación crítica	Red

**Fuente. Metodología para la utilización de los macroinvertebrados.2005**

Luego de obtener los valores del BMWP/COL se promedia tomando el total del valor anterior mencionado dividido entre el número de familias, obteniendo otro valor que se compara con los valores asignados. Ver tabla 8

**Tabla 7. Clasificación de las aguas y su significado ecológico de acuerdo al índice ASPT**

Clase	Calidad	Valor del ASPT	Significado	Color
I	Buena	> 9 -10	Aguas muy limpias	Blue
		>8 - 9	Aguas no contaminadas	Light Blue
II	Aceptable	>6.5 - 8	Ligeramente contaminadas: se evidencian efectos de contaminación	Green
III	Dudosa	>4.5-6.5	Aguas moderadamente contaminadas	Yellow
IV	Crítica	>3 – 4.5	Aguas muy contaminadas	Orange
V	Muy crítica	1 - 3	Aguas fuertemente contaminadas, situación crítica	Red

**Fuente. Metodología para la utilización de los macroinvertebrados. 2005**

Aunque este índice presenta ventajas, al basarse solamente en el nivel sistemático de familia, en unos pocos casos existen géneros dentro de una misma familia, con un valor de indicación diferente, debido a que tienen representantes tanto de aguas limpias como de aguas con algún grado de contaminación y se les asigna el mismo valor de la familia. La dominancia de un género puede hacer variar el valor de la familia.<sup>83</sup>

Se ha demostrado que algunas familias no tienen ningún valor como organismos indicadores de la calidad del agua y fueron excluidas, a otras se les ha modificado su valor de bioindicación y se han agregado otras familias. Adicionalmente, se incluyen los valores de indicación para algunas familias de moluscos, asignados por Gómez, et al. 2003 Y los valores determinados por Posada (2002) para algunas familias del orden Trichoptera. También es importante aclarar que algunas familias no se les han asignado puntuación, debido a que se conoce poco sobre su ecología. A continuación se mencionan algunas familias no buenas indicadoras.

**Chironomidae:** esta familia de dípteros incluye géneros y especies que cubren todo tipo de ecosistemas acuáticos dulceacuícolas, así como todo el rango de calidad de agua, desde zonas de aguas frías y muy limpias hasta zonas muy contaminadas y anóxicas, como en el caso de *Chironomus sp*, que puede captar oxígeno en condiciones de falta casi total de oxígeno disuelto en el medio acuático.

**Dytiscidae:** esta familia no tiene valor como bioindicadora, ya que pueden respirar aire atmosférico y tienen la capacidad para volar fuera del agua y desplazarse a un sitio más adecuado.

**Gerridae:** los gerridos son muy tolerantes a diferentes tipos de contaminación antrópica, aunque no puedan vivir si hay cualquier agente tenso activo que reduzca la tensión superficial del agua, por estas razones no se les considera como buenos indicadores de la calidad del agua.

**Veliidae:** igual que la familia Gerridae.

---

<sup>83</sup> GOMEZ *et al.* Determinación de los valores de bioindicación de los moluscos de agua dulce y taxonomía de la familia Hydrobiidae (Gastropoda: Rissoidea) en Colombia. Convenio Colciencias-Universidad Católica de Oriente. 2003. Citado por: ALVAREZ A, Luisa F. 2005. Op cit. 20, p.

**Hidracarina (acaros acuáticas):** en conjunto, las familias de ácaros acuáticas no son buenas indicadoras de la calidad de las aguas, ya que tienen una amplia distribución y son muy tolerantes a una gran variedad de condiciones.<sup>84</sup>

---

<sup>84</sup> ALVAREZ A, Luisa F. 2005. Op cit. 20-21 p.

## 1.3 NORMATIVIDAD

### 1.3.1 VERTIMIENTOS

- COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Decreto 2667 de 2012: Los artículos 79 y 80 establece. Es deber del estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación ambiental para garantizar del derecho de todas las personas a gozar de un ambiente sano y planificar el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales.<sup>85</sup>
- COLOMBIA. ARTÍCULO 211 DE LA LEY 1450 DE 2011, MODIFICÓ Y ADICIONÓ EL ARTÍCULO 42 DE LA LEY 99 DE 1993 ASÍ: Párrafo 1°. Las tasas retributivas y compensatorias se aplicaran incluso a la contaminación causada por encima de los límites permisibles sin perjuicio de la imposición de las medidas preventivas y sancionatorias a que haya lugar.

Párrafo 2°. Lo recursos provenientes del recaudo de las tasas retributivas se destinaran a proyectos de inversión en descomposición y monitoreo de la calidad del recurso respectivo.

Artículo 4°. Autoridades ambientales competentes. Son las Corporaciones Autónomas Regionales, las Corporaciones para el Desarrollo Sostenible, los Grandes Centros Urbanos a los que se refiere el artículo 66 de la Ley 99 de 1993.<sup>86</sup>

- COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Decreto 3100 de 2003. Reglamenta la Tasa Retributiva para vertimientos puntuales y establece el Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos (PSMV). Determina que las sustancias objeto de cobro son la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) y los Sólidos Suspendidos Totales (SST). Las tarifas mínimas para el cobro de la Tasa Retributiva están contenidas en la Resolución 372 de 1998 del MAVDT.<sup>87</sup>

---

<sup>85</sup> COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Decreto 2667 de 2012. Disponible en internet: <http://www.emserchia.gov.co/PDF/Decreto2667.pdf>

<sup>86</sup> COLOMBIA. CORPORACION AUTONOMA REGIONAL (CRC). DECRETO 2667 de 2012. Citado por: SOLANO, Jorge I. Implementación de infraestructura para el beneficio húmedo y seco del café a pequeños caficultores de la Vereda las Yescas, Municipio de Sotará Departamento del Cauca. 2014. 45-47, p

<sup>87</sup> COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Decreto 3100 de 2003. Disponible en internet: <https://parquearvi.org/wp-content/uploads/2016/11/Decreto-3100-de-2003.pdf>

- COLOMBIA.  
MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA. Ley 812 de 2003. Establece el Programa “Manejo Integral del Agua”, con énfasis en la prevención y control de la contaminación hídrica, basada en la formulación e implementación del plan de manejo de aguas residuales, de acuerdo con los lineamientos del CONPES 3177 de 2002.<sup>88</sup>
- COLOMBIA.  
MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. Decreto 1729 de 2002. (Ordenamiento y Manejo de Cuencas Hidrográficas) Reglamenta el ordenamiento y manejo de las cuencas hidrográficas y establece la obligatoriedad de desarrollar los correspondientes planes, como instrumentos de planeación del uso sostenible de los recursos naturales. En este sentido hay un disentimiento, por cuanto una forma de control es, justamente, la implementación de medidas de prevención, las cuales, entre otras cosas, son las que hoy día se deben privilegiar en el contexto de la gestión y manejo ambiental.<sup>89</sup>
- COLOMBIA.  
MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. RESOLUCIÓN 372 DE 1998. Actualiza las tarifas mínimas para el cobro de la tasa retributiva, tanto para la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), como para los Sólidos Suspendidos Totales (SST).<sup>90</sup>
- COLOMBIA.  
MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Ley 373 de 1997 Establece el Programa de Uso Eficiente y Ahorro del agua, para reducir con criterio preventivo, las cantidades de aguas residuales vertidas, promoviendo el re uso de aguas servidas, en cuanto ello sea posible.<sup>91</sup>
- COLOMBIA.  
DECRETO 1594 DE 1984. Establece criterios de calidad de los cuerpos de agua en función de sus usos potenciales y determina límites máximos permisibles de sustancias de interés sanitario y ambiental, contenidas en

---

<sup>88</sup> COLOMBIA. MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA. Ley 812 de 2003 disponible en internet: [https://www.minminas.gov.co/documents/10180//23517//22684-Ley\\_812\\_de\\_2003.pdf](https://www.minminas.gov.co/documents/10180//23517//22684-Ley_812_de_2003.pdf)

<sup>89</sup> COLOMBIA. MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. Decreto 1729 de 2002. Disponible en internet: [http://www.medellin.unal.edu.co/~poboyca/documentos/documentos1/documentos-Juan%20Diego/Plnaifi\\_Cuencas\\_Pregrado/decreto%201729%202002%20\(1\).pdf](http://www.medellin.unal.edu.co/~poboyca/documentos/documentos1/documentos-Juan%20Diego/Plnaifi_Cuencas_Pregrado/decreto%201729%202002%20(1).pdf)

<sup>90</sup> COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE. RESOLUCIÓN 372 DE 1998. Disponible en internet: [http://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/normativa/Res\\_372\\_1998.pdf](http://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/normativa/Res_372_1998.pdf)

<sup>91</sup> COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Ley 373. Disponible en internet: [http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/leyes/1997/ley\\_0373\\_1997.pdf](http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/leyes/1997/ley_0373_1997.pdf)

los vertimientos. Amplifica el concepto de Tasa Retributiva y reglamenta los permisos de vertimientos.<sup>92</sup>

- LOS BENEFICIADEROS DE CAFÉ Y LA LEGISLACIÓN AMBIENTAL COLOMBIANA. Se plantea el cobro por las descargas de aguas contaminadas teniendo en cuenta dos parámetros indicadores de contaminación en Colombia que son la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) y los Sólidos Suspendidos Totales (SST). Con el fin de proteger los recursos hídricos del ecosistema cafetero y disminuir el pago de la tasa retributiva.<sup>93</sup>

### 1.3.2 BIOCOMBUSTIBLES

- COLOMBIA. RESOLUCIÓN 0631/ 2015. Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado públicos y se dictan otras disposiciones.
- COLOMBIA. LEY 1715 DE 2014. ENERGÍAS RENOVABLES: Capítulo 1. Artículo 1. La presente ley tiene por objeto promover el desarrollo y la utilización de las fuentes no convencionales de energía, principalmente aquellas de carácter renovable, en el sistema energético nacional, mediante su integración al mercado eléctrico, su participación en las zonas no interconectadas y en otros usos energéticos como medio necesario para el desarrollo económico sostenible, la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y la seguridad del abastecimiento energético. Con los mismos propósitos se busca promover la gestión eficiente de la energía, que comprende tanto la eficiencia energética como la respuesta de la demanda.<sup>94</sup>

---

<sup>92</sup> COLOMBIA. Decreto 1594 de 1984. Disponible en internet: [http://www.ideam.gov.co/documents/24024/36843/Dec\\_1594\\_1984.pdf/aacbcd5d-fed8-4273-9db7-221d291b657f](http://www.ideam.gov.co/documents/24024/36843/Dec_1594_1984.pdf/aacbcd5d-fed8-4273-9db7-221d291b657f)

<sup>93</sup> COLOMBIA. CORPORACION AUTONOMA REGIONAL (CRC). DECRETO 2667 de 2012. Citado por: SOLANO, Jorge I. Implementación de infraestructura para el beneficio húmedo y seco del café a pequeños caficultores de la Vereda las Yescas, Municipio de Sotará Departamento del Cauca. 2014. 45-47, p

<sup>94</sup> COLOMBIA. LEY 1715 DE 2014. Energías renovables. Disponible en internet: <http://www.fedebiocombustibles.com/files/1715.pdf>

- COLOMBIA. MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA. DECRETO 4892 DE 2011. Por el cual se dictan disposiciones aplicables al uso de alcoholes carburantes y biocombustibles para vehículos automotores.<sup>95</sup>
- COLOMBIA. DECRETO 2629/2007: por medio del cual se dictan disposiciones para promover el uso de biocombustibles en el país, así como medidas aplicables a los vehículos y demás artefactos a motor que utilicen combustibles para su funcionamiento.
- Establece cronograma para ampliar la mezcla obligatoria de biocombustibles en 10% a partir de 1° de enero del año 2010, y 20% a partir de 2012, así como la obligación de que a partir de 1° de enero de 2012 el parque automotor nuevo y demás artefactos nuevos a motor deben ser Alex-fuel como mínimo al 20% tanto para mezcla E-20 (80% de gasolina básica de origen fósil con 20% de alcohol carburante) como para B-20 (80% de diésel de origen fósil con 20% de biocombustibles).<sup>96</sup>
- COLOMBIA. RESOLUCIÓN 180782/2007: por la cual se modifican los criterios de la calidad de los biocombustibles para su uso en motores diésel como componente de la mezcla con el combustible diésel de origen fósil en procesos de combustión.
- COLOMBIA. RESOLUCIÓN 69182087/2007. Por la cual se modifican los criterios de calidad de los biocombustibles para su uso en motores diésel como componente de la mezcla con el combustible de origen fósil en procesos de combustión.<sup>97</sup>
- COLOMBIA. RESOLUCIÓN 1289/2005: establece los criterios de calidad de los biocombustibles para su uso en motores diésel, impone la fecha del 1 de enero de 2008, como inicio de la mezcla del 5% de biodiesel con el ACPM.
- COLOMBIA. LEY 939/2004: por medio del cual se estimula la producción y comercialización de biocombustibles de origen vegetal o animal para uso en Motores diésel y se dictan otras disposiciones.

---

<sup>95</sup> COLOMBIA. MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA. DECRETO 4892 DE 2011. Disponible en internet: <http://www.fedebiocombustibles.com/files/4892.pdf>

<sup>96</sup> CORTES M, Elkin; SUAREZ M, Héctor y PARDO C, Sandra. Biocombustibles y autosuficiencia energética. Medellín. 2008. 107, 108, p. Disponible en internet: <http://www.scielo.org.co/pdf/dyna/v76n158/a10v76n158.pdf>

<sup>97</sup> COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL Y MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA. RESOLUCION 182087 DE 2007. Disponible en internet: <http://www.fedebiocombustibles.com/files/RESOLUCI%C3%93N%2018%202087%20DE%202007.pdf>

- COLOMBIA. LEY 788/2002: reforma tributaria donde se introdujeron las exenciones de IVA, impuesto global y sobretasa, al componente de alcohol de los combustibles oxigenados.
- COLOMBIA. LEY 693/ 2001. Por la cual se dictan normas sobre el uso de alcoholes carburantes, se crean estímulos para su producción, comercialización y consumo, y se dictan otras disposiciones<sup>98</sup>
- CONPES 3510. 2008. Es una política orientada a promover la producción sostenible de biocombustibles en Colombia, aprovechando las oportunidades de desarrollo económico y social que ofrecen los mercados emergentes de los biocombustibles. De esta manera, se busca expandir los cultivos de biomasa conocidas en el país y diversificar la canasta energética, dentro de un marco de producción eficiente y sostenible económica, social y ambientalmente, que permitan competir en el mercado nacional e internacional<sup>99</sup>

---

<sup>98</sup> COLOMBIA. LEY 693 DE 2001. Disponible en internet:  
<http://www.fedebiocombustibles.com/files/Ley%20693%20de%202001.pdf>

<sup>99</sup> COLOMBIA. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. CONPES 3510. 2008. Biocombustible 2008. Disponible en internet:  
[http://www.fedebiocombustibles.com/files/Conpes\\_3510.pdf](http://www.fedebiocombustibles.com/files/Conpes_3510.pdf)



## 2 MARCO REFERENCIAL

### 2.1 GENERALIDADES DE LOS MUNICIPIOS TIMBIO Y PIENDAMO

#### 2.1.1 EL MUNICIPIO DE TIMBIO

Se encuentra localizado en la región andina, altiplano de la zona centro del Departamento del Cauca, conocido como meseta de Popayán, en medio de las cordilleras central y occidental, al suroccidente de la República de Colombia. La mayor parte del territorio del municipio es de superficie ondulada, al oriente en límites con el municipio de Sotará y la zona más baja sobre el nivel del mar comprende la Vereda Pan de Azúcar al occidente en límites con el municipio del Tambo. En general la altura promedio sobre el nivel del mar es de 1850 m. La formación del suelo es de cenizas volcánicas. Son suelo en general de textura mediana con un buen porcentaje de materia orgánica, estructura granular, buena profundidad y presencia de abundante krotivinas. Los suelos deben tener un manejo adecuado para evitar la pérdida de productividad por erosión. Los factores geológicos están influenciados por la cadena volcánica de la cordillera central, de los cuales hacen parte volcanes Purace, Sotará y Coconuco. La parte baja del río Timbio zona de pan de azúcar se encuentra influenciadas por el río Quilcase y La Fosa Patiana. El Municipio de Timbio no posee cordilleras, sino pequeñas colinas. Una de las características químicas de los suelos de Timbio es que son ácidos.<sup>100</sup>

##### 2.1.1.1 Vereda los Robles

Se encuentra ubicada hacia la parte media de la cuenca entre unos 1700 a 2000 msnm. Se caracteriza por presentar un clima templado-húmedo con temperaturas promedio de 18°C y 2100 mm de pluviosidad media anual; presenta una vegetación propia de los bosques subandinos.<sup>101</sup>

---

<sup>100</sup> MUNICIPIO DE TIMBIO (Plan de Desarrollo Municipal 2016-2019).

<sup>101</sup> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL CAUCA. Alcaldía Municipal del Tambo, Convenio 0753 de 2008. Plan de ordenamiento y manejo de la subcuenca hidrográfica del Río Hondo Departamento del Cauca. Fase: Aprestamiento y diagnóstico. Popayán 2009. 295, p. Disponible en internet: [http://crc.gov.co/files/ConocimientoAmbiental/POMCH/rio\\_hondo/rio\\_hondo.pdf](http://crc.gov.co/files/ConocimientoAmbiental/POMCH/rio_hondo/rio_hondo.pdf)

## 2.1.2 EL MUNICIPIO DE PIENDAMO

EL municipio se localiza en la zona centro del Departamento del Cauca a 2°38" latitud norte y 76°30" longitud oeste, parte media de la región montañosa de la subcuenca del ríos Piendamó, sobre la vértice occidental de la cordillera central, su cabecera municipal está ubicada sobre la carretera panamericana a 100 km de la ciudad de Cali y 25 kms de la ciudad de Popayán.

El Municipio de Piendamó es el segundo Municipio productor de café a nivel departamental, contribuye con la economía nacional con la exportación de flores, características de sus paisajes, aptitud del uso de sus tierras y presencia institucional<sup>102</sup>

## 2.2 EL CAFÉ COLOMBIANO

El café de Colombia se ha destacado en el comercio internacional por su calidad. La calidad del café de Colombia es el resultado de muchos factores naturales, biológicos, climáticos, botánicos, humanos, culturales y también consecuencia de los procesos y operaciones que se realizan en toda cadena productiva en la finca hasta la exportación y consumo.<sup>103</sup>

La zona cafetera colombiana se encuentra localizada en el complejo orográfico entre los 1.000 y los 2.000 m de altitud, y está comprendida entre 1° y 10° de latitud Norte, con temperaturas templadas que oscilan entre los 17 y los 23 grados centígrados y con precipitaciones cercanas a los 2.000 milímetros anuales, bien distribuidos a lo largo del año.

Con una extensión de 914.000 hectáreas. Del área sembrada, el 75% se encuentra localizado en los departamentos de Caldas, Antioquia, Tolima, Cundinamarca, Quindío y Risaralda (zona central cafetera), los cuales proporcionan aproximadamente el 85% de la producción cafetera nacional.<sup>104</sup>

En Colombia, tradicionalmente se dejan los granos de café después de despulpados en tanques durante 12 a 14 horas para la fermentación. Actualmente, en varias fincas, el mucilago se retira del grano de café por fricción utilizando desmucilaginosos o tecnología Belcosub.

---

<sup>102</sup> PLAN BASICO DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL DEL MUNICIPIO DE POPAYAN. 2010.

<sup>103</sup> FUNDACIÓN MANUEL MEJÍA. Aseguramiento de la calidad del café en la finca. Módulo, Aseguramiento ¿Cómo mejoro la competitividad del café que produzco en mi finca? 2016. 10, p.

<sup>104</sup> SUAREZ A, Jesús M. 2012. Aprovechamiento de los residuos sólidos provenientes del beneficio del café, en el Municipio de Betania Antioquia: Usos y aplicaciones. 2012. 36, p. Disponible en internet:

[http://repository.lasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/627/1/APROVECHAMIENTO\\_RESIDUOS\\_SOLIDOS\\_BENEFICIO\\_CAFE-pdf](http://repository.lasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/627/1/APROVECHAMIENTO_RESIDUOS_SOLIDOS_BENEFICIO_CAFE-pdf)

La operación de lavado del café con agua limpia es fundamental para retirar los residuos e impurezas de los granos, de hecho, el café de Colombia se clasifica en el mercado internacional como SUAVE LAVADO, debido a la especie cultivada, arábica, y al proceso de postcosecha, beneficio húmedo.<sup>105</sup>

## 2.2.1 EL CAFÉ EN PIENDAMO

El Municipio de Piendamó cuenta con 55 veredas. De las cuales todas en grandes y pequeñas cantidades aportan a la producción cafetera. El municipio cuenta con 8.463 ha sembradas de café, 6.259 caficultores. Actualmente debido a la invasión del hongo *Hemileia vastatrix* (roya) que afectó los cafetales en el 2011, causó la renovación de estos mismos por variedades resistentes como la variedad castillo, abarcando gran parte de este cultivo con 5.558 ha, sin embargo existen otras variedades como Caturra con 1.342 ha, Colombia 1.471 ha, Tabi 3.03 ha, Típica 1, aportando una producción estimada de 780.000 @ de cps, sin contar con otras variedades que el Comité de Cafeteros del municipio no cuenta.<sup>106</sup>

### 2.2.1.1 El café en la Finca la Cristalina

La finca se halla localizada hacia el centro de la vereda Los Uvales, cuenta aproximadamente con 15 ha, donde las que producen café son 13 ha. El café con mayor cantidad es de la variedad Castillo con 12 ha, y 0.5 ha de Geisha, y 0.5 de variedad F5.

El beneficio se realiza con desmucilagador mecánico y tradicional con fermentación.

---

<sup>105</sup> FUNDACIÓN MANUEL MEJÍA. Aseguramiento de la calidad del café en la finca. Módulo, Aseguramiento. ¿Cómo mejorar la competitividad... Op cit.11, p.

<sup>106</sup> Sistema de Información Cafetera (SICA), Federación Nacional de Cafeteros. 2017

**Figura 2. Localización de la finca la Cristalina y La Quebrada La Chorrera, Vereda Los Uvales**



Fuente. Google Earth. <https://earthmaps-co.com/co/>

## 2.2.2 EL CAFÉ EN TIMBIO

El Municipio de Timbio cuenta con 4.362 caficultores y 4.525 ha y una producción estimada de 428.234 @ de cps. Entre sus variedades de café sembradas se encuentran: Castillo con 2.870 ha, Colombia 933 ha, Tabí 10.53 ha, Caturra 697 ha, Típica 11 ha, Costa Rica 3.73 ha.<sup>107</sup>

### 2.2.2.1 EL café en la finca en Las Violetas

Se halla ubicada en el km 8 hacia el sur de la ciudad de Popayán. Su área de sembrado es de 8 ha, con variedades de café común, castillo, tabi.

El beneficiado es de manera tradicional con fermentación.

---

<sup>107</sup> Ibid.

**Figura 3. Localización Finca Las Violetas y El Rio Los Robles, Vereda Los Robles**



Fuente. Google Maps. <https://www.google.com/maps/>

### 3 ANTECEDENTES

#### MANEJO DE RESIDUOS EN LA AGROINDUSTRIA CAFETERA

El Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé, como investigador y generador de las metodologías apropiadas para el cultivo y beneficio del fruto, ha desarrollado una tecnología para el beneficio ecológico del café, vía húmeda, con el fin de controlar la contaminación potencial de las fuentes de agua ocasionada por la inadecuada disposición de los subproductos del proceso de beneficio (pulpa y mucilago principalmente), manteniendo o aumentando los ingresos del caficultor, además de obtener cafés de alta calidad, tanto física como en taza.

Esta tecnología involucra el despulpado del café sin agua, la remoción mecánica del mucilago y el tratamiento biológico de los residuos líquidos generados, utilizando reactores anaerobios.

Para el aprovechamiento de los residuos sólidos generados durante el proceso de cultivo y beneficio del fruto, se están utilizando hongos de los géneros *Pleurotus*, *Lentinula*, *Ganoderma* e *H ypsizygyus*, los cuales son muy apreciados por su gran valor nutritivo y medicinal, la lombricultura, los procesos de ensilaje y la obtención de pectinas, entre otros, permitiendo obtener productos de un alto valor agregado, valorizando los subproductos del proceso e impidiendo que se conviertan en fuentes de contaminación de recursos naturales.<sup>108</sup>.

#### PRODUCCIÓN DE BIOETANOL A PARTIR DEL MUCILAGO DE CAFÉ (*Coffea arabica*. l). CURC. UNAH. COMAYAGUA. HONDURAS. 2011.

El estudio detalla acerca del aprovechamiento de mucilago generado durante el proceso de beneficiado del fruto, siendo los lugares de estudio La Libertad, en el Departamento de Comayagua y Marcala, en el Departamento de La Paz. Los dos métodos de fermentación utilizado son: en el método controlado se inocularon tres muestras, cada una con diferentes °Brix de 2000 mililitros de mucilago+2%Peso/Peso, 2000 mililitros de mucilago+4%Peso/Peso y 2000 mililitros de mucilago+6%Peso/Peso de *Saccharomyces cerevisiae* y el método no controlado sin inoculación de levadura, en el cual se utilizaron tres muestras de

---

<sup>108</sup> RODRIGUEZ V, Nelson. Manejo de residuos en la agroindustria cafetera. Seminario internacional: Gestión integral de residuos sólidos y peligrosos siglo XXI. 2009. N° p. 10. Disponible en internet : [www.bvsde.paho.org/bvsacd/acodal/xxx.pdf](http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/acodal/xxx.pdf)

2000 mililitros con diferentes °Brix. Para cada uno de los métodos se destilaron 800 mililitros haciendo dos repeticiones de cada una de las muestras.

Los análisis realizados demuestran que existen factores que influyen para obtener rendimientos satisfactorios: la altura, concentración de azúcar, beneficiado del café y métodos de inoculación, entre otros. Con esto también se pretende sensibilizar a instituciones involucradas en la extensión rural y a los productores de café, en la implementación del bioetanol como fuente de energía alterna, como combustible de automóviles y otros usos de beneficio humano, y al mismo tiempo dar respuesta al problema ambiental que representan las aguas mieles de café (mucilago) en las distintas zonas de nuestro país.<sup>109</sup>

### MEJORAMIENTO DEL BALANCE DE ENERGIA EN LA PRODUCCION DE ETANOL DE AGUAS MIELES DEL CAFÉ

Esta investigación se realizó en base en un estudio desarrollado en abril de 2011 con la finalidad de obtención de etanol a partir de las aguas mieles del café de la Cooperativa San José limitada COCASJOL, ubicada en San José Colinas Santa Bárbara, Honduras. Donde se determinó producir etanol utilizando 4.5 veces más energía que la que este alcohol puede producir. Bajo una metodología con un enfoque mixto paralelo, se desarrolló una investigación experimental donde se manipularon variables con la finalidad de incrementar los °Brix por medio de fermentación de las aguas mieles en pila anaeróbica a una profundidad de 6 metros por espacio de 24 horas, para lograr de esta manera que se reduzca la energía necesaria y eficientizar el proceso de destilación del etanol, resultando un rendimiento de 3% de etanol. A nivel de laboratorio la destilación solar proporciono datos para llevar el balance de energía a cero a consumo, pues se aprovechó la energía que proporciona el sol dejando libre la energía del etanol. Se recomienda desarrollar la destilación solar a nivel industrial, así como también hacer un estudio de factibilidad económica del mismo.<sup>110</sup>

---

<sup>109</sup> FUNES *et al.* Producción de bioetanol a partir del mucilago de café (*Coffea arabica*. l). CURC. UNAH. Comayagua. Honduras. 2011. 15, p. Disponible en internet: <http://www.lamjol.info/index.php/RCT/article/viewFile/1068/899>

<sup>110</sup> PAREDES H, Juan J. Mejoramiento del balance de energía en la producción de etanol de aguas mieles del café. Honduras. 2012. 18-30, p. Disponible en internet: [www.unitec.edu/innovare/?wpdmact=process&did=MTAuaG90bGluaw==](http://www.unitec.edu/innovare/?wpdmact=process&did=MTAuaG90bGluaw==)



## OBTENCION DE BIOETANOL A PARTIR DEL CISCO (CASCARILLA) DEL CAFÉ GENERADO COMO SUBPRODUCTO FINAL EN LA CADENA PRODUCTIVA CAFICULTORA.

Se realizaron experimentos previos para el pretratamiento e hidrolisis enzimática con el fin de determinar las condiciones óptimas para la obtención de bioetanol a partir de la cascarilla del café. Con los resultados obtenidos se reprodujeron los proceso en mención obteniéndose que para el pretratamiento las variables seleccionadas fueron: una solución de hidróxido de sodio (NaOH) al 1%(w/w), una relación solido/liquido de 1:17 y una temperatura de 100°C durante 2 horas; para la hidrolisis enzimática: una concentración de la enzima de 1%, una temperatura de 50°C, 180 rpm, durante 9 horas controlando un pH de 4.8,. Posteriormente se estableció el mejor tiempo de fermentación evaluando la concentración de etanol a cinco y diez días, una vez realizada una destilación fraccionada al fermentado, con lo que se evidencio que el tiempo óptimo fue este último. El bioetanol fue caracterizado por un densímetro y pruebas cualitativas para identificación de alcoholes como: el índice de refracción, la oxidación y esterificación de alcoholes.<sup>111</sup>

## OBTENCIÓN DE ALCOHOL A PARTIR DE LA FERMENTACIÓN DEL LIXIVIADO DE RESIDUOS ORGÁNICOS DE MANGO (*MANGIFERA INDICAL*), PAPA (*SOLANUM TUBEROSUM*), PINA (*ANANAS COMOSUS*), PLATANO (*MUSACEAE*) Y LULO (*SOLALUM QUITOENSE LAM*) PROVENIENTES DE LA GALERÍA LA ESMERALDA EN EL MUNICIPIO DE POPAYÁN.<sup>112</sup>

Se pretendió dar a conocer un mecanismo de aprovechamiento a través de la obtención de alcohol a partir de la fermentación del lixiviado de residuos orgánicos provenientes de la galería "La Esmeralda", Municipio de Popayán.

Para el desarrollo del proyecto se realizó una encuesta aplicada hacia las plazas de mercado, con el fin de tener información del manejo de los residuos orgánicos e inorgánicos que se generan y la separación en la fuente.

Se utilizaron los residuos orgánicos como la cascara de mango (*Mangifera indica*), papa (*Solanum tuberosum*), piña (*Ananas comosus*), plátano (*Musaceae*) y lulo (*Solalum quitoense lam*), las cuales se depositaron en un recipiente plástico que contenía una malla que hacía de filtro separando el lixiviado de la materia orgánica, eliminando partículas sólidas. En la fase de fermentación se manejan variables de temperatura del compost de 40-55° C y humedad del compost oscila entre 60-60%. En la fase de maduración se tiene en cuenta la temperatura de 20-30°C. En la fase de tamizado o cosecha, se recolecta los lixiviados y la materia restante se tamiza y pasa a compostaje. En la fermentación se utilizó levadura comercial (*Saccharomyces cerevisae*) y microorganismos eficientes que se

---

<sup>111</sup> TORRES C, Ladi T. 2015. Op cit, 1, p.

<sup>112</sup> MONTENEGRO G, Daniel F y ORDOÑEZ M, José Felipe. 2012. Op cit, 97, p.



diluyeron y se agregaron al compost. A los lixiviados se hicieron pruebas de destilación simple, a las cuales se le realizaron pruebas físicas en el laboratorio de la Licorera del Cauca y químicas en el Laboratorio de La Fundación Universitaria de Popayán.

#### ESTANDARIZACIÓN DE PRODUCCIÓN DE BIOETANOL A BASE DE MUCILAGO DE CAFÉ EN LA PLANTA DE BIOCOMBUSTIBLES DEL TECNO-PARQUE YAMBORO DEL SENA PITALITO HUILA.

El agotamiento de los recursos fósiles y el deterioro del ecosistema a causa de estos materiales y la contaminación por su transformación y uso, se busca alternativas para la producción de energías limpias con menos contaminación, permitiendo el aprovechamiento de otros recursos, así reducir el impacto negativo a los ecosistemas; fue así como inicio la producción de combustibles a base de vegetales como: caña, bore, yuca, arracachá, maíz entre otros y de subproductos de otros materiales como: bagazo, la cascara de plátano, el mucilago de café y otros; por eso y contribuyendo con esa iniciativa y solucionar los problemas de contaminación en las cuencas hídricas de la región, debido al vertimiento de las aguas mieles del café, resultado del beneficio del fruto, se planteó en el Tecnoparque Yamboro del SENA en el Municipio de Pitalito, el proyecto de construcción de una planta artesanal donde se produjera etanol a partir del mucilago de café, proyecto que tuvo impacto a nivel regional. Este proyecto se realizó para dar la estandarización de los procesos de tratamiento, pasteurización, fermentación y destilación del mucilago de café para la producción de etanol en la planta de biocombustibles y aceites esenciales, del tecno-parque Yamboro, del SENA en Pitalito Huila.<sup>113</sup>

#### OBTENCION DE ETANOL GRADO INDUSTRIAL A PARTIR DEL MUCILAGO DE CAFÉ (*Coffea arabica sp*)

Se determinó el uso potencial de azúcares obtenidos del bagazo de café (*Coffea arabica sp*) para la extracción de etanol grado industrial mediante la fermentación alcohólica empleando la levadura *Saccharomyces cerevisiae* como catalizador de la reacción. El etanol obtenido podría emplearse como oxigenador de las gasolinas en la industria energética. O bien podría emplearse directamente como biocombustibles en motores híbridos de vehículos ecológicos que utilizan mezclas de etanol y gasolina como combustible.

En el municipio de Bella Vista, Chiapas, México, el cultivo de café representa la principal actividad económica, donde el bagazo y el mucilago de café resultan

---

<sup>113</sup> GUZMAN M, Carlos D. Estandarización de producción de bio-etanol a base de mucilago de café en la planta de biocombustibles del tecno-parque Yamboro del SENA Pitalito Huila. Trabajo de grado (Ingeniero Industrial). UNAD. Escuela de ciencias básicas, tecnología e ingeniería. 2014. 7, p. En internet: <https://repository.unad.edu.co/retrieve/4119/83258559.pdf>

como un subproducto durante el proceso de beneficio del grano después de despulpado. El mucilago se libera junto con las aguas del lavado del grano contaminando los ríos dado a su elevado contenido de óxidos fenólicos, es por ello que resulta viable el uso de estos subproductos en la obtención de etanol grado industrial, lo cual daría un valor agregado a la producción de café, rentabilidad al cultivo y mejoraría la economía de la región.<sup>114</sup>

## PRODUCCION DE ALCOHOL A PARTIR DEL MUCILAGO DE CAFÉ

Para conocer los rendimientos de la obtención de alcohol a partir del mucilago de café y determinar la factibilidad técnica y económica del proceso productivo, se caracterizó el mucilago proveniente de un desmucilagador mecánico, operado con un flujo de agua de 550ml.min<sup>-1</sup>. Se evaluaron 16 tratamientos, en su diseño completamente aleatorio en arreglo factorial 4x4, con cuatro tipos de hidrolisis (natural, acida, alcalina y enzimática) y cuatro inóculos de la levadura *Saccharomyces cerevisiae* (presente de forma natural en el mucilago, dos levaduras prensadas comerciales y una levadura seca comercial), para favorecer los procesos de hidrolisis y fermentación del mucilago de café. El mucilago se utilizó con menos de dos horas de generado; la hidrolisis acida se realizó con ácido sulfúrico 0,2 mol.L<sup>-1</sup>, la hidrolisis alcalina con hidróxido de sodio 0,25 % y la hidrolisis enzimática con una enzima pectinolítica a una concentración de 1.200 ppm. La hidrolisis del mucilago no mejoro los rendimientos del proceso de producción de alcohol. No hubo diferencias significativas entre los rendimientos de alcohol con las levaduras comerciales evaluadas en los tratamientos sin hidrolisis, que mostraron el mayor promedio de rendimiento. La solución mucilago-agua represento el 25,24% del peso del fruto fresco, obteniendo para el tratamiento mucilago sin hidrolizar e inoculando con levaduras comerciales, un valor de 57,90 ml de alcohol por kilogramo de mucilago sin diluir, con 98,60% de etanol en promedio. Los residuos de la destilación representaron el 44,42% del volumen inicial puesto a destilar, con una DQO media de 119,689 ppm, generándose 11 L de vinazas pos cada litro de etanol obtenido.<sup>115</sup>

## PRODUCCION DE LACOHOL A PARTIR DE LA PULPA DE CAFÉ

Para evaluar el aprovechamiento de la pulpa del café Variedad Castillo en la producción de alcohol, se evaluaron 25 tratamientos, en un diseño completamente aleatorio en arreglo factorial 5x5, con cinco tipos de hidrolisis (natural, acida, alcalina, enzimática con celulasas y pectinasas) y cinco inóculos de levadura *Saccharomyces cerevisiae* (natural, dos levaduras prensadas comerciales y dos

---

<sup>114</sup> VASQUEZ L, Samuel. Obtención de etanol grado industrial a partir del mucilago de café. (*Coffea arabica sp*). Tesis (Ingeniero Agrícola y Ambiental). Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Satillo, Coahuila, México. 2016.

<sup>115</sup> RODRIGUEZ V, Nelson & ZAMBRANO F, Diego A. Producción de alcohol a partir del mucilago de café. Revista Cenicafe 62(1): 56-69. 2011.

levaduras secas comerciales). Se utilizó pulpa proveniente del despulpado sin agua, con menos de 1 hora de obtención, la hidrólisis ácida se realizó con ácido sulfúrico concentrado, la hidrólisis alcalina con hidróxido de sodio al 32%, la hidrólisis enzimática con celulasas y pectinasas comerciales. Se evaluó el pH, porcentaje de humedad y °Brix, en la pulpa y en las muestras finales de alcohol rectificado y deshidratado se determinaron los contenidos de alcohol y congéneres. El análisis de vinazas mostro efecto de la interacción hidrólisis-inocuo en los rendimientos de alcohol y en el pH, °Brix y gravedad específica. La prueba de constrate al 5% mostro que los tratamientos con mayor rendimiento en la producción de alcohol fueron aquellos que involucraron la hidrólisis enzimática con celulasas (22,12mL.Kg<sup>-1</sup> de pulpa fresca), seguida de la hidrólisis enzimática con celulasas-pectinasas (20,96mL.Kg<sup>-1</sup> de pulpa fresca) y los tratamientos sin hidrólisis con levaduras comerciales (18,30mL.Kg<sup>-1</sup> de pulpa fresca). Los mayores contenidos de etanol se alcanzaron en los tratamientos: con hidrólisis enzimática con celulasas (97,78%), sin hidrólisis (96,92%), con hidrólisis enzimática utilizando celulasas y pectinasas (95,76%), con hidrólisis alcalina (95,59%), y con hidrólisis ácida (93,97%).<sup>116</sup>

#### OBTENCION DE BIOETANOL A PARTIR DE L APULPA DE CAFÉ VARIEDAD CATURRA (*Coffea arabica*), CULTIVADA EN EL CORREGIMIENTO DE SAN JOSE DE ORIENTE, MUNICIPIO DE LA PAZ- CESAR

Se pretende darle valor a este subproducto del café, pues será utilizado como materia prima para la obtención de bioetanol, de esta manera se dará solución a determinados problemas como lo son la contaminación ambiental, el calentamiento global y el abaratamiento de costos con respecto a otra fuente de producción de alcohol. Este proyecto se ejecutó a escala de laboratorio y de tipo explorativo en las instalaciones de la Universidad Popular del Cesar (CIDI) de la siguiente manera:

En la primera fase se observara una pre-hidrólisis e hidrólisis que se hace a la muestra en donde se convierte la lignocelulosa en azúcares ya que la celulosa no se puede fermentar directamente, por medio de un método económico llamado hidrólisis ácida en la cual se someten las muestras a diferentes concentraciones de ácido sulfúrico diluido, evitando así aumentar el costo de la producción y a su vez facilitar la fermentación.

En la segunda fase se observara la fermentación de los azúcares utilizando un método llamado fermentación anaerobia mediante la adición de levaduras teniendo en cuenta variables tales como pH, temperatura, cantidad de levadura a adicionar, etc. Las cuales se consumen todos los azúcares y producen el alcohol requerido. Y en últimas este mosto obtenido de la fermentación se someterá a un

---

<sup>116</sup> RODRIGUEZ V, Nelson. Producción de alcohol a partir de la pulpa de café. Revista Cenicafe 64 (2): n 78-93. 2013

proceso de destilación a nivel de laboratorio, a presión atmosférica con rectificación con el objetivo de obtener el alcohol a una mayor concentración y realizarles así algunas de sus pruebas fisicoquímicas.<sup>117</sup>

## PRODUCCION DE BIO-ALCOHOLES, A PARTIR DE MUCILAGO OBTENIDO CON TRES TECNOLOGIAS UTILIZADAS EN EL BENEFICIO ECOLOGICO DEL CAFÉ

El mucilago como uno de los dos más importantes subproductos del beneficio del café, por su composición se considera como residuo energético relevante en la obtención de biocombustibles. Con el progresivo desarrollo de diferentes tecnologías para el beneficio ecológico del café, se ve la necesidad de indagar sobre el potencial que pudieran tener estos sustratos (mucilagos procesados de Belcolsub, Ecomil (20 y 16 h de fermentación), Ecomil con enzima y tanque tina, primera y segunda cabeza de lavado), en la producción de bio-alcoholes. En cuanto a la producción de bio-etanol, se logró estandarizar tanto las técnicas de detección de azúcares por HPLC, como la detección de alcoholes por CG, las cuales resultan ser técnicas fiables para la repetitividad y por ende en la confiabilidad de los resultados. El efecto de la esterilización en autoclave (15 min a 120°C Y 15 psi) de los diferentes sustratos, no causa reducción drástica en la concentración de azúcares disponibles para su uso por la levadura *Saccharomyces cerevisiae*, lo que permite un mayor entendimiento de los procesos fermentativos y dinámicas ocurridas en el consumo de glucosa, fructosa y sacarosa presentes en estos sustratos; sin embargo la disponibilidad de azúcares varia, dependiendo del origen del sustrato, al igual que la dinámica de su consumo en el tiempo, viéndose afectada la producción final de etanol. Durante los procesos de fermentación para cada uno de los sustratos, se logró establecer relación entre el crecimiento vegetativo de la levadura dado por UFC, la absorbancia (660 nm), el consumo de azúcares (g/día) y la producción de etanol (mL) durante 36 horas de fermentación. La implementación de alternativas como biotransformación de la biomasa energética proveniente del beneficio ecológico del café, permitirá que además de reducir el impacto al suelo y fuentes de agua por su inadecuada disposición, aumenten los ingresos a la cadena productiva del café y colaborar con la mitigación de necesidades energéticas que tienden muchas familias cafeteras de Colombia. El conocimiento generado, tendrá aplicabilidad relevante dentro de las iniciativas lideradas por la FNC, como el de las centrales de beneficio comunitarias.<sup>118</sup>

---

<sup>117</sup> BRAVO M, Carlos Mario. Obtención de bioetanol a partir de la pulpa de café variedad caturra (*coffea arabica*), cultivada en el corregimiento de San Jose de Oriente, Municipio de la Paz- Cesar.

<sup>118</sup> LOPEZ N, Juan C. Producción de bio-alcoholes, a partir de mucilago obtenido con tres tecnologías utilizadas en el beneficio ecológico del café. Tesis grado (Mg. Desarrollo sostenible y Medio Ambiente). Universidad de Manizales. Manizales, Caldas. 2017.

## ELABORACION DE UNA BEBIDA ALCOHOLICA USANDO SUBPRODUCTOS DEL PROCESO DE BENEFICIO DEL CAFÉ (PULPA DE CAFE)

Se buscó el desarrollo de una bebida alcohólica fermentada usando la pulpa del café, para lograr un producto con características sensoriales agradables que al ser consumido evidencie el origen. Se usa la pulpa de café como materia prima teniendo en cuenta el alto impacto ambiental que este subproducto genera en los ecosistemas cafeteros; se sabe que durante el proceso de beneficio del café se obtiene gran cantidad de subproductos que no son aprovechados, que superan el 60% del peso del grano y que en un alto porcentaje corresponden a la pulpa.

Para el desarrollo del producto se partió de la caracterización de la materia prima, tanto fisicoquímica como microbiológica, se desarrollaron tres prototipos de bebidas usando diversas mezclas pulpa-mucilago, se evaluaron los resultados de los prototipos teniendo en cuenta el perfil sensorial arrojado y proceso productivo del mismo, se escogió el prototipo de mejor comportamiento y finalmente se hizo estandarización del proceso de producción del mismo.

Se obtuvo una bebida que sensorialmente conserva características a café y que de acuerdo a su proceso productivo es de fácil implementación y producción.<sup>119</sup>

## EVALUACION DE LA PRODUCCION DE BIOETANOL A PARTIR DE LA DEGRADACION DE LA PULPA DE CAFÉ

Se evalúa la alternativa de la degradación de energía mediante la producción de etanol a partir de uno de los residuos del beneficio del café, la pulpa. La pulpa es la capa que rodea el grano de café, y contiene azúcares reductores que pueden ser asimilados por microorganismos denominados levaduras con el fin de lograr su degradación y a su vez producir etanol. Se hicieron pruebas donde se evaluó el mejor proceso de producción de etanol a partir de la pulpa de café. Se realizaron una serie de procesos donde se recogió la pulpa, se deshidrató, evitando su degradación por microorganismos presentes en ella. Luego molida y diluida con agua.

Los procesos de producción evaluados fueron: hidrólisis ácida simple, hidrólisis ácida con reflujo, delignificación con hidróxido de sodio y molienda seca. A partir de estos procesos se realizaron 2 pruebas de cada uno con pulpa de café tratada, es decir, deshidratada, molida y diluida, una de las pruebas fue mezclada con miel y la otra no. La mezcla se realizó con el fin de aumentar un poco la eficiencia en la producción de etanol.

---

<sup>119</sup> CORTES R, Martha E & LADINO S, Olga B. Elaboración de una bebida alcohólica usando subproductos del proceso de beneficio del café (pulpa de café). Revista NOVA (Colombia) 2. 2016. Disponible en internet: [revistas.sena.edu.co/index.php/rnova/article/download/619/683](http://revistas.sena.edu.co/index.php/rnova/article/download/619/683)

Con el propósito de comprobar la buena condición de los procesos se evaluó la concentración de azúcares reductores durante la etapa de fermentación, con una frecuencia de 2 días. La medida de azúcares empleada permitió determinar el tiempo efectivo de degradación de los mismos y la conversión en etanol, mediante la aplicación del Método DNS. De allí se pudo establecer que la etapa de fermentación dura 15 días para los procesos evaluados, momento en el cual se observó un comportamiento constante.

En los resultados obtenidos en las pruebas mezcladas con miel se encontró una eficiencia de producción más alta respecto a las otras pruebas sin miel. Por otro lado se obtuvo la mayor eficiencia para el proceso de hidrólisis ácida con reflujo, sin embargo cabe resaltar que el producto final obtenido no se ajusta al resultado esperado de etanol puro, ya que corresponde a una mezcla azeótropa.

Adicionalmente, se elaboró la evaluación de los diferentes residuos generados en las etapas del proceso para su disposición y se identificó la distribución de la planta de producción de etanol con base a la producción mensual de una finca cafetera de tamaño mediano, sin dejar de lado las recomendaciones de aspecto ambiental en el momento de implementación.<sup>120</sup>

#### OBTENCION Y EVALUACION DE ETANOL A PARTIR DE LOS SUBPRODUCTOS DEL BENEFICIO DE CAFÉ.

En la actualidad se desarrolla numerosas investigaciones para la producción de alcohol a partir de biomasa lignocelulósica. Es este estudio, se evaluó el etanol producido a partir de pulpa y mucilago de café, levadura comercial y panela (jugo de caña solidificado y deshidratado). La pulpa y el mucilago del café se hidrolizaron vía ácida y el mosto (jugo de pulpa y mucilago) se fermentó con un inóculo de *Saccharomyces cerevisiae* en fase exponencial, elaborado con panela entera comercial. El producto fermentado se destiló y su análisis mediante cromatografía de gases se arrojó un resultado de 25,44 kg/m<sup>3</sup> de etanol a partir de 64,40 kg/m<sup>3</sup> de azúcares totales, lo que equivale a un rendimiento del 77,29% respecto al teórico; mostrando que es posible su obtención en pequeñas fincas cafeteras con materias primas de fácil acceso. Se analizaron las vinazas resultantes del proceso, reportando valores de 0,40 ppm (Hierro), 0,97 ppm (Magnesio), 1,54 ppm (Calcio), y 4,40 ppm (Fósforo), lo que las hace particularmente útiles como complementos en el desarrollo de biofertilizantes para la lombricultura.<sup>121</sup>

---

<sup>120</sup> RODRIGUEZ J, Erika A & CARDENAS H, Víctor A. Evaluación de la producción de bioetanol a partir de la degradación de la pulpa de café. Trabajo de grado (Ingeniero Ambiental y Sanitario). Universidad de la Salle. Bogotá D.C. 2009.

<sup>121</sup> VITAE, REVISTA DE LA FACULTAD DE QUIMICA FARMACEUTICA. ISSN 0121-4004/ ISSNe 2145-2660. Volumen 18 numero 3. Año 2011. Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia. 287-294, p.

## VALIDACION DEL MUCILAGO DE CAFÉ PARA LA PRODUCCION DE ETANOL Y ABONO ORGANICO.

La investigación conto con el apoyo técnico y financiero de la Fundación para el Desarrollo Tecnológico Agropecuario y Forestal de Nicaragua (FUNICA) y su finalidad fue validar el mucilago de café para la obtención de etanol y abono orgánico, como una alternativa para disminuir la contaminación de fuentes de agua en la zona norte de Nicaragua. La elaboración de etanol se efectuó en el laboratorio de agroindustria de la UNI, sede Regional del Norte en dos periodos, enero a marzo del 2011 y enero a abril del 2012, respectivamente. Para la validación del etanol se realizó recolección del mucilago fresco y fermentado aplicando la técnica del lavado manual, utilizando 1 litro de agua para 10 libras de café. En el primer periodo del estudio se obtuvieron valores de 3 y 5 °Brix y en el segundo periodo de 8y10 °Brix<sup>122</sup>.

## CARACTERIZACIÓN FISCOQUÍMICA Y BIOLÓGICA DE LA QUEBRADA LA PUERQUERA EN ÉPOCA DE COSECHA Y POSTCOSECHA DE CAFÉ EN EL MUNICIPIO DE MORALES DEPARTAMENTO DEL CAUCA.

Durante el periodo comprendido entre marzo y noviembre de 1999, en el Municipio de Morales, Cauca, se efectuó el estudio “Caracterización fisicoquímica y biológica de la quebrada La Puerquera en época de cosecha y postcosecha de café”, con el objetivo primordial de comparar la calidad del agua bajo el punto de vista fisicoquímico y biológico, para establecer sus posibles variaciones durante los periodos de cosecha y postcosecha de café. La longitud de la quebrada es de 12 km, en su recorrido se detectaron problemas como vertimientos de aguas mieles, productos del beneficio del café, lavado de ropa y actividades recreativas y de aseo personal.<sup>123</sup>

## EVALUACION DE LA CALIDAD DE AGUA DE LAS FUENTES HIDRICAS QUE ABASTECEN LAS VEREDAS EL CAMPO, EL DIVISO Y LAS CUCHILLAS DEL MUNICIPIO DE FLORENCIA CAUCA –COLOMBIA.

Este estudio se determinó la calidad de agua de las fuentes hídricas que abastecen las veredas El Campo, El Diviso y Las Cuchillas del Municipio de Florencia Cauca, mediante parámetros fisicoquímicos, microbiológicos (Coliformes totales y fecales) y biológicos. Los puntos de muestreo se tomaron en las quebradas tributarias, bocatomas, desarenadores, tanques de abastecimiento y

---

<sup>122</sup> BLANDON, Sandra; CASTILLO, Bayardo; LÓPEZ, Ana LL. Validación del mucilago de café para la producción de etanol y abono orgánico. Tesis (Ingeniería Agrícola). Universidad Nacional de Ingeniería.

<sup>123</sup> ORTEGA C, Jackeline & PEREZ L, Gladis E. Caracterización fisicoquímica y biológica de la quebrada La Puerquera en época de cosecha y postcosecha de café en el Municipio de Morales Departamento del Cauca. Trabajo de grado (Título de Ecólogo). Fundación universitaria de Popayán. 2000. 1, p.

una enda por vereda; se realizaron cuatro muestreos fisicoquímicos y nueve muestreos microbiológicos con el fin de determinar el Índice de Riesgo de la Calidad del Agua para consumo humano (IRCA). Para la colecta de macroinvertebrados acuáticos se establecieron cuatro muestreos en donde se encontraron 1892 individuos, distribuidos en 11 ordenes, 50 familias y 104 géneros. Los resultados obtenidos evidenciaron que las muestras tomadas sobrepasan los niveles de color, turbidez y los niveles permitidos de *Escherichia coli* y Coliformes totales establecidos en la resolución 2115 de 2007. Por lo tanto, según el IRCA son clasificadas como no apta para consumo humano, probablemente por el mal manejo de desechos y por la presencia de materia fecal proveniente de animales y excretas humanas. En cuanto al índice BMWP/Col los cuerpos de agua presentaron una calidad de agua muy buena con características de agua muy limpia.<sup>124</sup>

#### DETERMINACION DE LA CALIDAD DEL AGUA MEDIANTE VARIABLES FISICO QUIMICAS Y LA COMUNIDAD DE MACROINVERTEBRADOS COMO BIOINDICADORES DE CALIDAD DEL AGUA EN LA QUEBRADA DEL RIO GARAGOA.

Se realizó un análisis integral de la calidad de las aguas en la cuenca hidrográfica del Rio Garagoa, Departamento de Boyacá, Colombia. Se utilizó macroinvertebrados bentónicos como indicadores biológicos, complementados con parámetros físico químicos y microbiológicos, con el fin de aportar metodológicamente en la evaluación y monitoreo de los sistemas fluviales del país. En la cuenca se establecieron 12 estaciones de muestreo, las cuales fueron seleccionadas considerando distinto grado de intervención, discutiendo la relación entre la estructura de la comunidad y la calidad del agua. Se midieron 11 variables ambientales y la fauna bentónica fue recolectada cuantitativamente utilizando red Surber, identificando los invertebrados acuáticos hasta nivel taxonómico de familia. Para estudiar la relación entre las variables ambientales se realizaron los análisis estadísticos que permitieron determinar cuáles son las presiones que más afectan a la comunidad bentónica. Los resultados obtenidos muestran que la distribución y composición de la comunidad bentónica es determinada por el gradiente de estrés de la cuenca.<sup>125</sup>

---

<sup>124</sup> MENESES L, Jennifer A & MELENJE O, Paula A. Evaluación de la calidad de agua de las fuentes hídricas que abastecen las veredas El Campo, El Diviso y Las Cuchillas del Municipio de Florencia Cauca –Colombia. Tesis de grado (Ecología). Fundación Universitaria de Popayán. 2017.

<sup>125</sup> GIL G, Julie A. Determinación de la calidad del agua mediante variables físico químicas y la comunidad de macroinvertebrados como bioindicadores de calidad del agua en la del Rio Garagoa. Trabajo de investigación como requisito al título de Magister en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente. Universidad de Manizales, Facultad de Ciencias Contables Económicas y Administrativas. 2014. 1, p.



## EVALUACION AMBIENTAL DE LA QUEBRADA LA HONDA DEL MUNICIPIO DEL SOCORRO MEDIANTE LOS INDICES BMWP Y QBR.

El análisis de la problemática de la contaminación del agua de la quebrada La Honda del Municipio del Socorro comúnmente analizado a través de los tradicionalistas análisis fisicoquímicos, limitando el conocimiento que pueden arrojar otros métodos como los que se plantea en esta investigación y es el uso de bioindicadores y el índice de calidad de la ribera. Estos métodos biológicos de evaluación de calidad son de amplio uso en países desarrollados como Europa y América, pero debido a que la fauna acuática es diferente, no se pueden aplicar en el trópico sin antes conocer que tipos de organismos viven y cuáles son sus exigencias ecológicas. Con base en estudios limnológicos de Gabriel Roldan y Tito Antonio Machado Cartagena, en Antioquia, se inicia el análisis de los macroinvertebrados (BMWP), indicadores de calidad del agua, adoptándose este método para evaluar los ecosistemas de montaña, adicionando el conocimiento de la cuenca con su perfil geomorfológico, de cobertura vegetal y de impacto antrópico.<sup>126</sup>

## MACROINVERTEBRADOS ACUATICOS COMO SISTEMA DE EVALUACION DE CONTAMINACION DEL BALNEARIO HURTADO, RIO GUATAPURI, VALLEDUPAR- CESAR

Se realizó un estudio limnológico en el Balneario Hurtado, Rio Guatapuri de la Ciudad de Valledupar, en épocas secas y lluviosas en siete estaciones con el objetivo de evaluar la calidad del agua, utilizando macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores de la calidad del agua; revalidar los resultados a través del análisis fisicoquímicos, microbiológicos, aplicando índices de contaminación ICO/Col, que posteriormente permitirá concluir si el Balneario cumple con criterios de calidad estipulados ( Decreto 1594 de 1984) para destinación como recurso recreativo de contacto primario y secundario. La colecta se llevó a cabo según el método Kick Sampling (Fide, 1989), con los datos registrados se aplicó el índice BMWP/Col, según Roldan, 2003. Para los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos se tomaron una muestra simple en cada estación.<sup>127</sup>

---

<sup>126</sup> CAMARGO D, Alberto. Evaluación ambiental de la quebrada La Honda del Municipio del Socorro mediante los índices BMWP y QBR. Trabajo de investigación, Monografía para optar el título de Especialista en Química Ambiental. Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ciencias, Escuela de Química. Bucaramanga, Santander. 2004. 1, p

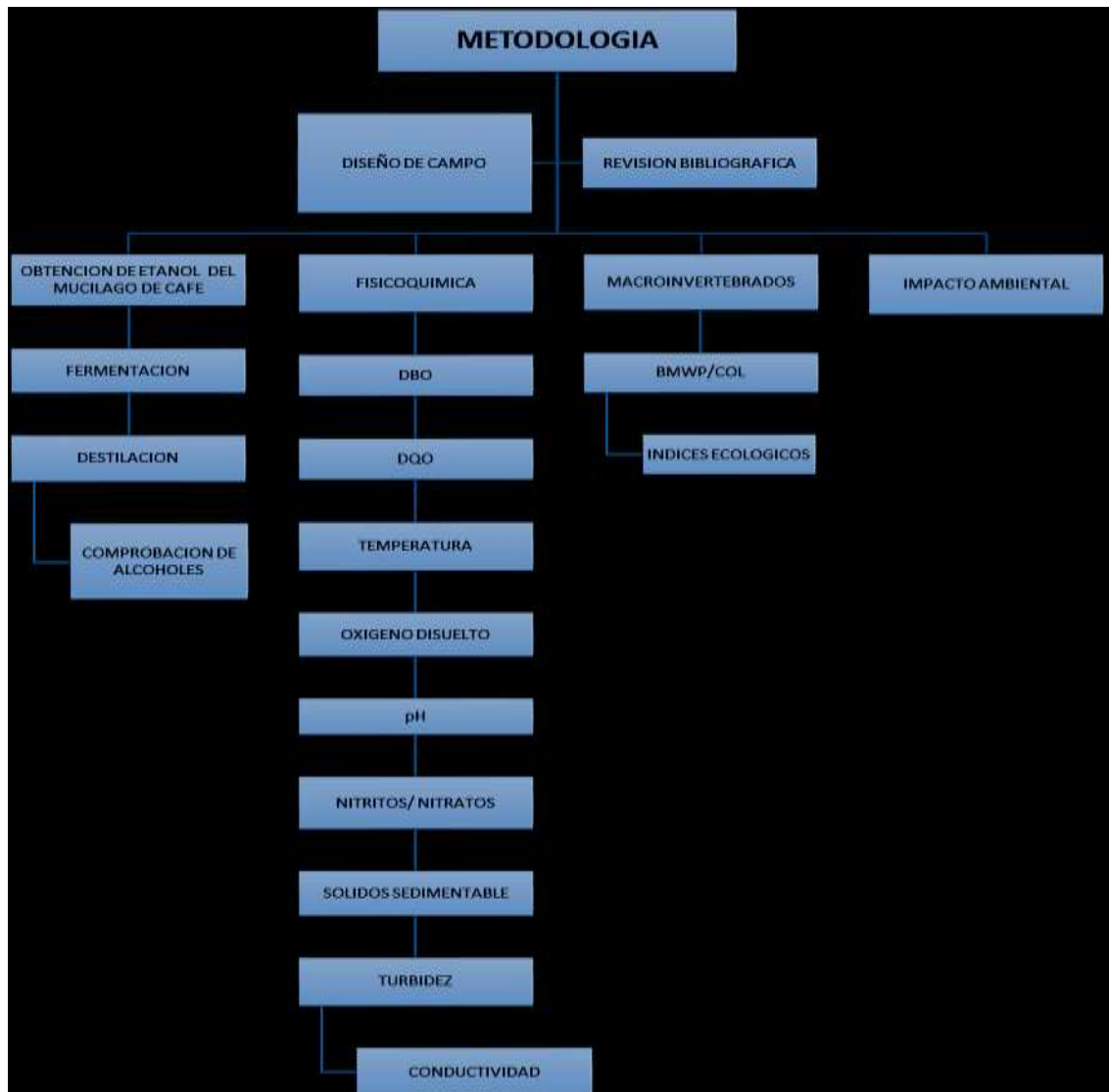
<sup>127</sup> MARTINEZ G, Nicolás. 2010. Op cit, 1, p.

## 4 MATERIALES Y METODOS

La metodología asociada a este estudio es la investigación descriptiva, pues se pretende describir, medir y correlacionar los datos obtenidos. Demandó un diseño de campo y laboratorio que permitió la obtención de estos datos y un diseño documental que ayudó a corroborar dicha información.

Para tener un orden en el proceso se llevó a cabo unos pasos para el seguimiento del proyecto.

Figura 4. Procedimientos a realizar en campo y laboratorio



Fuente propia

Figura 5. Análisis de los procedimientos realizados en campo y laboratorio



Fuente propia

#### 4.1 FASE 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

En este paso se tuvo en cuenta información primaria como fue el trabajo en campo para las diferentes actividades que se debieron realizar, como lo fue: toma de datos de las fincas, muestreo de macroinvertebrados, toma de muestras de aguas, recolección de mucilago, fermentación y laboratorio; y la información secundaria es la que orienta para realizar la investigación.

#### 4.2 FASE 2. RECONOCIMIENTO DEL ÁREA DE ESTUDIO

El estudio se realizó en dos fincas: La cristalina, en la Vereda Los Uvales en el Municipio de Piendamó, ubicada a 13 km del Municipio de Piendamó a una altura de 1670 msnm, cuenta con un área de 16 ha, donde 14 ha tienen cultivos de café, de variedad castillo, con una producción anual de 2300 @ en café pergamino y 143.750 kg en cereza. Tiene un beneficiadero tradicional y con sistema de Belcosub.

La Finca Las Violetas en la Vereda Los Robles en el Municipio de Timbio se encuentra en el km 8 Popayán -Timbio a 1780 msnm<sup>128</sup>, cuenta con un área de 5 ha de café, con una producción anual de 78 @.cuenta variedad castillo, tiene un beneficiadero tradicional.

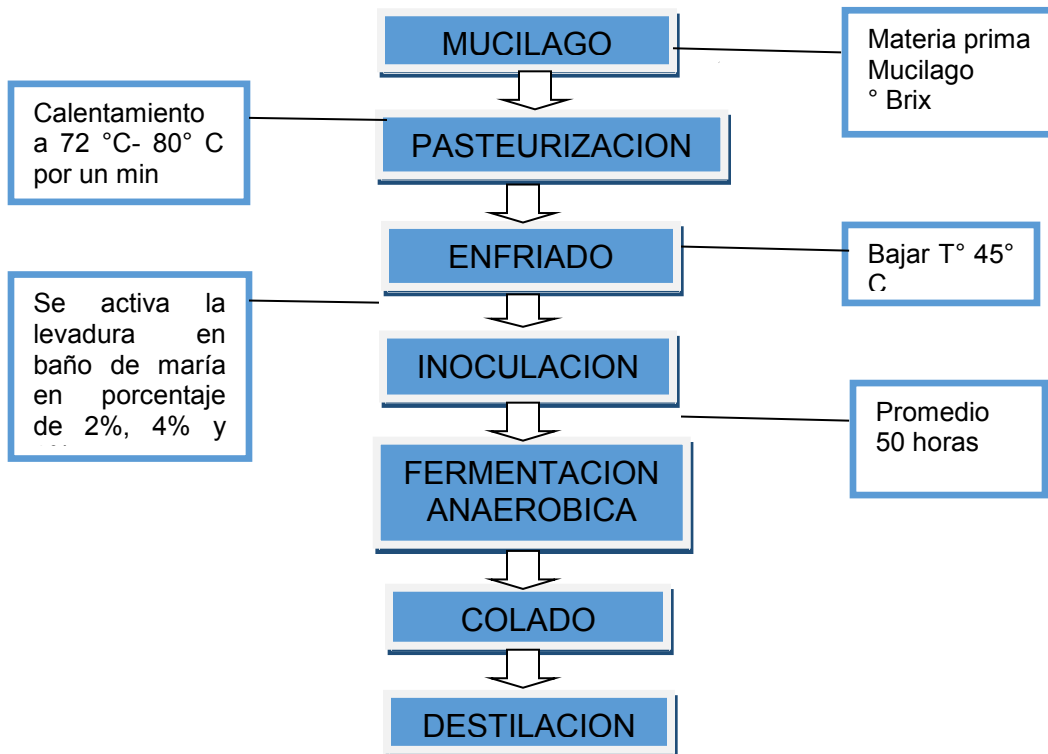
#### 4.3 FASE 3. TRABAJO DE CAMPO Y PRUEBAS DE LABORATORIO

Para llevar a cabo este paso se tuvo en cuenta los objetivos específicos.

##### 4.3.1 DESARROLLO DEL PRIMER OBJETIVO

Dentro del primer objetivo se pretende establecer diferencias del tiempo de fermentación y porcentaje de alcohol. Para ello se tiene en cuenta la fermentación controlada.

**Figura 6. Diagrama de flujo para la fermentación y destilación**



**Fuente. Adaptación de diagrama de flujo del proceso de fermentación, método controlado. Laboratorio de Ingeniería Agroindustrial. CURC. UNAH. Comayagua. Honduras. 2011<sup>129</sup>**

<sup>128</sup> INFORME DE LA CLASE DE P.O.T. 2014

<sup>129</sup> Funes C *et al.* Op cit, 153, 154, p.

A continuación se describen los materiales y equipos utilizados en las diferentes actividades para la realización del proyecto.

**Tabla 8. Materiales y Equipos para la fermentación del mucilago de café**

<b>Materiales</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>
Recipientes plásticos 12 Lt	unidad	6
Manguera	unidad	6
Envases vacíos	unidad	6
Mucilago	L	12
Levadura ( <i>Saccharomyces Cerevisae</i> )	g	2000
Azúcar	g	2000
Beacker	unidad	6
Embudo	unidad	1
varilla	unidad	1
Olla	unidad	1
<b>Equipos</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>
Refractómetro marca Brixco 0-32 ATC	Grados Brix a 20°C	1
Termómetro 100 °C	°C	1
Estufa	unidad	1
Papel tomasol	unidad	1
Balanza	unidad	1
Equipo del oxitop	unidad	1
Incubadora Memmert – 854 Schuabach W- GERMANY	220 °C	1
Horno	unidad	1
GPS Marca Garmin	unidad	1
Higrómetro	unidad	1

**Fuente propia**

**Tabla 9. Equipos para el pre inicio del destilado**

Material	Unidad	Cantidad
Picnometro 5 ml BRIXCO	ml	1
Beaker	unidad	6
Tamix	unidad	2000
Papel tornasol	unidad	1
Termometro 100	unidad	1
Probeta 250 ml	unidad	1
Varilla	unidad	1
Erlenmeyer 50 ml	unidad	2
Equipos	Unidad	Método
Refractómetro marca Brixco 0-32 ATC	Grados Brix a 20°C	1
Termómetro 100 °C	°C	1
Equipo de filtrado al vacío Marca Rocker 4000	unidad	1
Equipo de destilación	unidad	1
Balanza analítica Precisa 40SM-200	unidad	1
Refrigerador	unidad	1
pH-Metro Mettler Toledo- LE409	unidad	1

**Fuente propia**

#### 4.3.1.1 Fermentación

Para la fermentación se hicieron dos pruebas bajo diferentes metodologías, donde la primera se hizo con materiales fáciles de adquirir y muy artesanal, casera y la segunda mediante equipos y materiales e insumos de laboratorio.

- **Primer ensayo**

Para este proceso se obtuvo mucilago espeso del módulo Belcosub en la finca La Cristalina, en el que seguidamente se tomaron y se pesaron tres litros, los cuales se colaron, se dividieron en tres recipientes, y luego se les agrego levadura *Sacharomyces Cereviceae* activada en diferentes proporciones que fueron 2%, 4 % 6%, para observar su mejor reacción y resultado de fermentación. Estos recipientes fueron conectados a otro frasco con agua mediante una manguera, es decir una trampa de gases, la cual evidenciaría el funcionamiento del proceso.

Este proceso se demoró aproximadamente 60 horas, solo cuando se observó que ya no hacia burbujas el envase conectado al recipiente con el mucilago por medio de una manguera, entonces se procedió a llevarlo al laboratorio FUP.

En la finca las Violetas se realizó el proceso pero con aguas mieles del lavado del café, pues utilizan el beneficiado tradicional, en el cual se despulpa con agua, se deja fermentar por 24 horas y luego se lava. Ese líquido de lavado se tomó y se

llevó para hacer el mismo proceso de pesado dividido y fermentado con la levadura en sus diferentes proporciones. Se dejó por 30 horas en fermentación. Ambos tratamientos estuvieron en tres recipientes, ósea, 6 recipientes con su respectivo porcentaje de levadura en cada sitio.

**Figura 7. Proceso para fermentación al 2, 4 y 6 % de levadura *Saccharomyces Cereviceae***

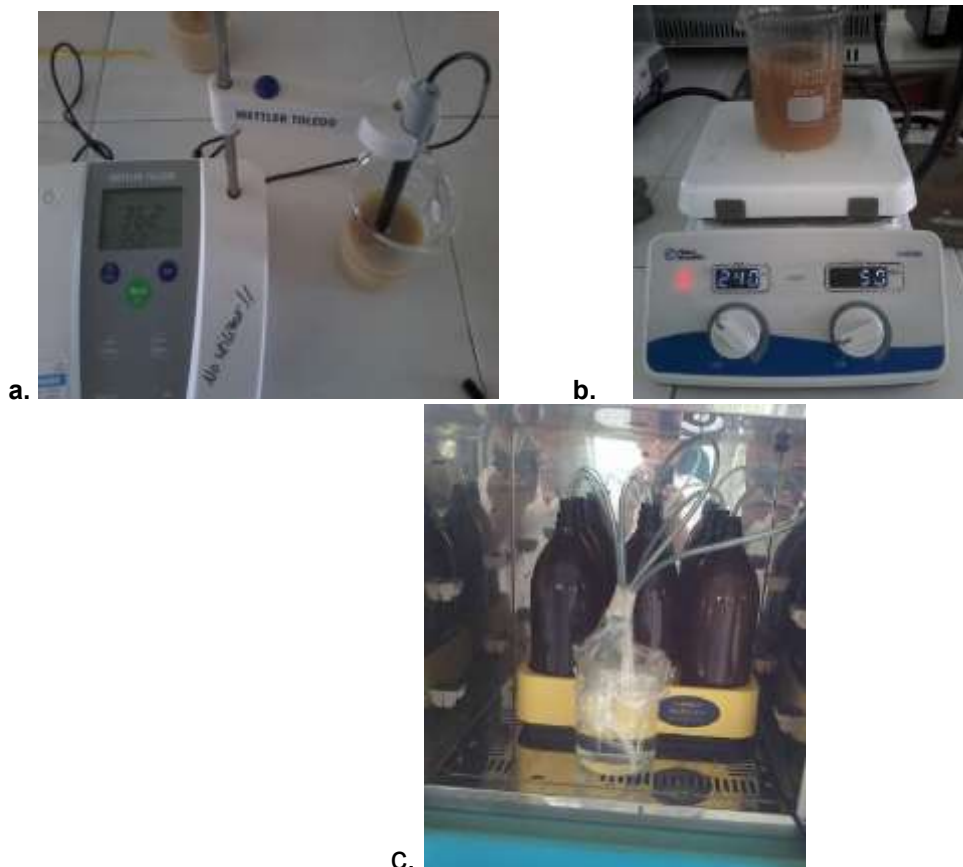


Fuente propia. Mucilago para fermentar

- **Segundo ensayo**

Las muestras de mucilago de café de ambas fincas fueron llevadas al laboratorio de la FUP Los Robles, fueron analizadas mediante el pH-metro TOLEDO –LE409, para observar que acidez tenían y dependiendo si tenían un pH menor a 4 se corregía adicionando NaOH al 10%, luego de esto se pasteurizó un litro de mucilago uno de cada finca, se dejó enfriar, se dividió en tres cantidades de 250 ml ambas muestras, después fueron llevadas a la incubadora precalentada a 80°C y se inoculo la levadura con sus respectivos porcentajes de 2%, 4% y 6%, seguidamente se dispusieron los frascos del oxitop los cuales llevarían agitación magnético y conectados con una manguera a un becker con agua para observar su reacción, se guardaron en el horno a 30°C por 4 días. El tiempo de agitación también evidenciaría el tiempo de fermentación.

**Figura 8. Procedimiento para fermentación**



**Fuente propia: a)Medicion de pH, b) Pasteurización y c) Fermentación controlada con agitador a 30 °C**

#### 4.3.1.2 Destilación

Luego de pasar el tiempo de fermentado de mucilago de ambas fincas se lleva al laboratorio de química de la Fundación Universitaria de Popayán, donde se realizaron varias actividades como el filtrado para eliminar toda clase de partículas, para ello se utilizó un tamiz en tela de 7.55 micras el cual se puso al equipo de filtrado al vacío marca Rocker 4000. Ver figura 9.



**Figura 9. Filtrado al vacío**



**Fuente propia**

Estos líquidos limpios se introdujeron a los balones de 250 ml, marcado con su respectivo porcentaje de levadura y se colocaron sobre la plancha calentadora, y todo el equipo respectivo para el proceso de destilación fraccionada. Para destilar alcohol se requiere que estén las temperaturas por encima de 70°C, pues inferiores a esta se destila metanol, y por encima se destila etanol, considerando que la temperatura de ebullición del etanol es de 78°C,<sup>130</sup> sin embargo otros estudios dicen que pueden llegar hasta 85°C<sup>131</sup>.

**Figura 10. Equipo de destilación**



**Fuente propia.**



De la destilación salió un producto al que luego se le realizará las pruebas cualitativas para observar si hay presencia de alcohol. En la figura 11 se observa una de resultados del destilado.

---

<sup>130</sup> FUNES *et al.* 2011. Op cit. 163, p.

<sup>131</sup> GUZMAN, 2014. Op cit. 75, p.

**Figura 11. Liquido destilado**



**Fuente propia**

#### 4.3.2 DESARROLLO DEL SEGUNDO OBJETIVO

Para la determinación del tipo y la cantidad de alcohol producido se tendrá en cuenta los procedimientos hechos en estudios realizados por torres<sup>132</sup>

Luego con este resultado se hacen pruebas cualitativas para determinar la presencia de alcohol como:

##### 4.3.2.1 Prueba de densidad

Mediante el uso del picnómetro se mide la densidad, inicialmente se pesa el picnómetro de 5 ml limpio, seco y vacío, se pesa en la balanza analítica PRECISA 40SM-200A, luego mediante una probeta de 5 ml se mide una muestra del alcohol y se pesa. Estos dos pesos se restan y se dividen por el volumen del picnómetro como lo indica la formula.

**Ecuación 1. Densidad.**

$$D=m/v$$

<sup>132</sup> TORRES C, Ladi T. Op cit, 22, p

**Figura 12. Midiendo densidad con picnómetro**



**Fuente propia**

#### 4.3.2.2 Índice de refracción

Esta prueba permite determinar el tipo de solución de la muestra a tratar con base en la desviación de la luz en la misma, tomando como referencia valores ya establecidos. Es así, que el etanol presenta un índice de refracción de 1,361 a 20°C.<sup>133</sup>

**Figura 13. Medición de grados Brix**



**Fuente propia**

---

<sup>133</sup> TORRES C, Ladi T. Op cit, 22, p.

#### 4.3.2.3 Oxidación

Este procedimiento se hace bajo la guía número tres de laboratorio de química orgánica: Práctica: Pruebas químicas para haluros de Alquilo, Alcoholes y Fenoles.

Se hacen dos reacciones de oxidación, una con permanganato de potasio ( $\text{KMnO}_4$ ) y otra con dicromato de potasio ( $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ) donde se da la formación de ácido acético ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) por la oxidación del etanol durante la reacción.<sup>134</sup>

#### 4.3.3 DESARROLLO DEL TERCER OBJETIVO

Se realizó una comparación mediante una caracterización cualitativa de los efectos causados por vertimientos de aguas mieles a los ecosistemas y efectos en la obtención de bioetanol analizando los impactos que se generan.

##### 4.3.3.1 Análisis físico químico

Para este objetivo se dio prioridad al recurso hídrico. Para esto se tuvo en cuenta los vertimientos y el cuerpo receptor. A estos se les hizo análisis físico, químico teniendo en cuenta los parámetros establecidos por la resolución 0631 de 2015, que son pH, Demanda Química de Oxígeno (DQO), Demanda Biológica de Oxígeno (DBO),<sup>135</sup> conductividad, coliformes totales de las zonas donde se vierten las aguas mieles y el vertimiento. Esto permitió establecer los porcentajes de remoción de la carga contaminante como también se realizó un análisis microbiológico con el fin de determinar la presencia o ausencia de microorganismos que se generan en el cuerpo receptor<sup>136</sup>. Se realizaron dos muestreos en ambas fincas que fueron antes de cosecha y después de esta, para determinar su carga contaminante. Las muestras fueron evaluadas en el laboratorio La Fundación Universitaria de Popayán y una muestra de DQO en el laboratorio de la Corporación Autónoma Regional del Cauca. CRC.

A continuación en la tabla 11 se describen los equipos y materiales utilizados en las pruebas de laboratorio.

---

<sup>134</sup> *Ibíd.*

<sup>135</sup> COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. RESOLUCION 0631 de 2015. Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público. Disponible en internet: [http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/resoluciones/d1-res\\_631\\_marz\\_2015.pdf](http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/resoluciones/d1-res_631_marz_2015.pdf)

<sup>136</sup> RED DE FORMACION DEL TALENTO HUMANO PARA LA INNOVACIÓN SOCIAL Y PRODUCTIVA EN EL DEPARTAMENTO DEL CAUCA. 2016.

**Tabla 10. Equipos y métodos para análisis de agua**

<b>ANALISIS</b>	<b>PARAMETROS</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>METODO</b>
<b>FISICO- QUIMICOS</b>	Turbidez	NTU	Turbidimetro
	Temperatura	°C	Sonda multiparametrica ABAXYS Serie: 13K100179
	Oxígeno Disuelto	mg/l	Sonda multiparametrica ABAXYS Serie: 13K100179
	Solidos Disueltos Totales	mg/l	Sonda multiparametrica ABAXYS Serie: 13K100179
	Solidos Sedimentales	mg/l	Cono inhoff
	Conductividad	US/CM	Sonda multiparametrica ABAXYS Serie: 13K100179
	Nitritos- Nitratos	mg/l	Colorimétrico
	Amonio	mg/l	Colorimétrico
	pH		Colorimétrico
	DBO	mg/l	Oxitop
DQO	mg/l	SM5220 D	
<b>MICROBIOLOGICO</b>	Presencia- Ausencia de Coliformes	NMP	Cultivo de Agar E.M.B

**Fuente propia**

Este estudio se llevó a cabo en fuentes receptoras cercanas a las fincas. En este caso son la Quebrada la Chorrera en la finca La Cristalina y el Rio Los Robles en la finca Las Violetas. Para lo cual se siguió el procedimiento descrito por director del laboratorio de la CRC, en ambas fincas se usó la misma metodología sugerida por el IDEAM de tomar las muestras con recipientes limpios, los cuales se sumergieron en el cuerpo receptor, luego tapar bajo el agua y guardarlo en una nevera de icopor hasta llegar al laboratorio para analizarla con los métodos mencionados anteriormente. Ver figura 14.

**Figura 14. Análisis fisicoquímico**

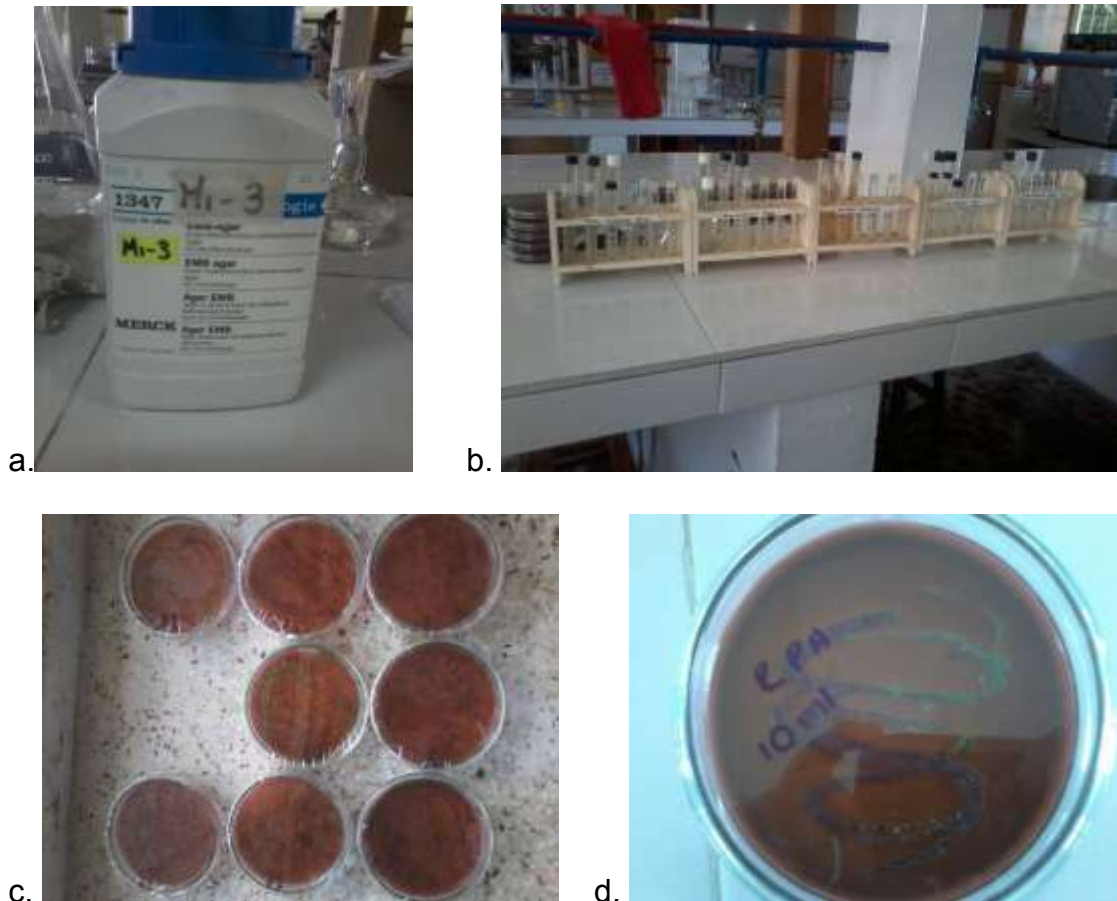


**Fuente propia. a) Equipo de aquamerck, b) análisis de fosfatos, c) conos de Inhoff y medición de parámetros fisicoquímicos con la sonda multiparamétrica**

#### 4.3.3.2 Microbiología

Para el análisis microbiológico del agua, de presencia-ausencia se usó la guía N°1 del laboratorio de microbiología (Examen bacteriológico del agua), elaborado por el docente Arnol Arias Hoyos. Donde se toman las muestras en frascos previamente esterilizados, se llevan al laboratorio, se realizan las pruebas presuntivas y confirmativas con el caldo lactosado y Agar E.M.B.

**Figura 15. Análisis fisicoquímico**



**Fuente propia: a) Agar, b) Prueba presuntiva, c) Prueba confirmativa d) Prueba con presencia de *E. Coli* correspondiente al Rio Los Robles parte alta.**

#### 4.3.3.3 Análisis biológico

##### 4.3.3.3.1 Método de recolección cualitativa e identificación de macroinvertebrados

Para la prueba biológica se tuvo en cuenta la obtención de macro invertebrados de las fuentes o zonas afectadas. Se realiza un método de recolección cualitativo, donde se usan principalmente la red de mano o pantalla de 1 m<sup>2</sup> con un ojo de malla de 500 um, sujeta a dos mangos de madera o aluminio; la red tipo D-net: esta red se usa para hacer barrido a lo largo de las orillas y recodos y la recolección manual, levantando piedras, rocas, ramas sumergidas y troncos en cuya superficie se adhieren numerosos organismos<sup>137</sup>. Figura 16

<sup>137</sup> Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua. 2012. Op cit, 51-52, p.

**Figura 16. Mallas para muestreo cualitativo**



a.



b.

Fuente. a) Trampa D-Net, b) Red de pantalla<sup>138</sup>

Los macroinvertebrados son almacenados en recipientes plásticos con alcohol al 70% debidamente rotulado, para su separación, identificación y conteo.<sup>139</sup> Figura 17.

**Figura 17. Modelo de rotulo para la conservación de macroinvertebrados acuáticos**



- Nombre de la quebrada o fuente.
- Lugar- Vereda, Municipio
- Fecha de colecta
- Identificador o colector

Fuente. CORANTIOQUIA. Manual Piragueño. 2014<sup>140</sup>.

<sup>138</sup> UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS. MUSEO DE HISTORIA NATURAL. Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos, (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú. DEPARTAMENTO DE LIMNOLOGIA E ICTIOLOGIA- LIMA: Ministerio del Ambiente. 2014. 38, p.

<sup>139</sup> ALVAREZ A, Luisa F. Metodología para la utilización de los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua. 2005. Op cit, 17, p.

<sup>140</sup> CORANTIOQUIA, Manual Piragueño. Calidad hidrobiológica del agua. programa integral – Red Agua. Primera edición. Medellin, Colombia. 2014.



Los macroinvertebrados se describieron mediante el libro de Bioindicación de la calidad del agua en Colombia: uso del método BMWP/COL por Gabriel Roldan y otros estudios como: Metodología para la utilización de los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua, por Álvarez A Luisa F y Los Macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua, por Roldan P, Gabriel.

#### 4.3.3.4 Índices ecológicos para el análisis de los macroinvertebrados

Para el análisis de las muestras de organismos acuáticos se calcularon el índice de riqueza de Margalef, el índice de diversidad de Shannon y Wiener y el índice de similitud de Sorensen.<sup>141</sup>

❖ Índice de Margalef

$$DMg = \frac{S - 1}{\ln N}$$

❖ Índice de Shannon – Weaver

Ecuación: Índice de Diversidad

$$H' = - \sum \left( \frac{ni}{N} \right) \ln \left( \frac{ni}{N} \right)$$

Dónde: **ni**: Número de individuos por género.

**N**: Número total de individuos.

**Ln**: Logaritmo natural.

El resultado de la aplicación de esta ecuación se confronta con los siguientes valores de diversidad: 0.0-1.5 baja diversidad; 1.6-3.0 mediana diversidad y de 3.1-5.0 alta diversidad.

❖ Índice de Sorensen

$$S = \frac{2C}{A + B} \times 100$$

---

<sup>141</sup> Instituto de Investigación de Recursos biológicos Alexander Von Humboldt. Métodos para el Análisis de datos: Una aplicación para Resultados provenientes de Caracterizaciones de Biodiversidad. Citado por MELENJE O, Paula A y MENESES L, Jennifer L. Evaluación de la calidad de agua de las fuentes hídricas que abastecen las Veredas Barbillas, Guachicono Centro y Juanchito, Resguardo Indígena de Guachicono, Municipio de la Vega Cauca, Colombia. 2015. Trabajo de grado (ecóloga). Facultad de Ciencias Naturales.

Dónde: S = Índice de Sorensen

A = número de especies encontradas en la comunidad A

B = número de especies encontradas en la comunidad B

C = número de especies comunes en ambas localidades.

El resultado de la aplicación de esta ecuación se confronta con los siguientes valores: 80% Similitud alta, 60% similitud media, <50% similitud baja

Por otro lado la determinación del grado de bioindicación de los organismos estará basada en el índice BMWP adaptado para Colombia. Para ello se realizó un inventario de la fauna en cada punto de muestreo y con base en ello se asignó un puntaje correspondiente a cada género, teniendo en cuenta la tabla de puntajes para cada familia; y mediante la sumatoria se obtiene el índice BMWP.

Al obtener el índice BMWP se establecerá la clase a la cual corresponde, y por ende se identificará la calidad.

Además se puede calcular el puntaje promedio por taxón conocido como ASPT (Average Score Per Taxón), que es el puntaje total BMWP dividido entre el número de los taxa, y es un índice particularmente valioso para la evaluación del sitio.

#### 4.3.3.5 Identificación, valoración y evaluación de los impactos ambientales en la obtención del etanol a partir del mucilago de café

La identificación de los impactos que se generan en las actividades del proceso del beneficio del café, se tienen cuenta cada componente ambiental, describiendo los impactos y la magnitud en función a cada componente.

A continuación en la cuadro 1 se describen las actividades realizadas en el proceso del beneficio del café.

**Cuadro 1. Componentes ambientales influenciados por las actividades para la obtención de alcohol a partir del mucilago**

Componente Físicos	Elementos ambientales	Atmosfera	Emisión de gases de combustión.
			Olores.
			Material particulado.
			Ruido por vibraciones
Suelo		Suelo (Contaminación)	
		Agua	Aguas Superficiales.(contaminación)
Aguas subterráneas (contaminación)			
Componente Bióticos		Flora	Cobertura vegetal (perdida)
			Vegetación terrestre
			Vegetación acuática
Fauna		Fauna terrestre	
		Fauna acuática	
Componente Socioeconómicos y culturales	Nivel cultural	Salud y seguridad	
		Empleo	
		Riesgo a la población	
		Actividades comerciales	
	Servicios	Servicios básicos	
	Estéticos	Valor escénico	

**Fuente propia**

En el cuadro 2, se describen las actividades que se desarrollan en las diferentes etapas para antes, durante y después de realizar el destilado para la obtención de alcohol.

**Cuadro 2. Actividades para la obtención del alcohol a partir del mucilago del café.**

ETAPAS	ACTIVIDADES
1. Etapa de cosecha de café. proceso en campo	Recolección de café. Presencia de personal, residuos de plásticos y costales, vidrios, colillas, erosión del suelo, ruido, fuerza física.
	Transporte. Recoge los bultos de café, emisión de gases, erosión suelo, ruido.
	Beneficio del café. Fuerza física, uso de energía eléctrica, uso de agua, salida de residuos líquidos (mucilago) y sólidos (pulpa) y otros como plásticos, generación de gases, ruido.
	Fermentación. (beneficio tradicional) Generación de gases, presencia de microorganismos
	Lavado. . (beneficio tradicional) Gasto de agua, contaminación al suelo, agua y fauna terrestre y acuática.
	Secado. No afecta el proceso
	Lavado con desmucilagador (Beneficio mecánico). gasto de agua, ruido, electricidad
2. Etapa de proceso para destilación en laboratorio	Fermentación. Inoculación de levadura activada tiene gasto de energía, luego se adiciona al mucilago y se deposita en un recipiente se mantiene anaeróbicamente con un agujero para emisión de gases, mantenimiento de temperatura hay gasto de electricidad.
	Filtración. Uso del equipo de filtración eléctrico, hay ruido, presencia de gases.
	Destilador fraccionado. Uso de la plancha eléctrica por varias horas, desperdicio de agua, emisión de calor y gases, residuos líquidos sobrantes
3. Comprobación de resultados en laboratorio.	Pruebas cualitativas. Uso de $KMnO_4$ , $K_2Cr_2O_7$ , $H_2SO_4$ , ácido acético, residuos peligrosos, emisión de gases tóxicos.
	Eliminación de residuos. Se drenan por el desagüe.

Fuente propia

#### 4.3.3.5.1 Naturaleza de los impactos ambientales

Esta naturaleza de impactos ambientales se da desde la afectación que puede ocurrir en el proceso de la obtención del mucilago de café hasta la destilación y comprobación del alcohol, lo cual puede ser de forma negativa o positiva. El cuadro 3 muestra de forma cualitativa la naturaleza de los impactos ambientales.

**Cuadro 3. Naturaleza del impacto ambiental**

Alteración negativa importante	
Alteración negativa poco importante	
Alteración positiva	

#### 4.3.3.5.2 Metodología de evaluación y valorización de los impactos ambientales en la obtención y proceso de destilación de las aguas mieles y el mucilago

El análisis se realiza evaluando los factores ambientales que son afectados por cada actividad.

Sobre cada recuadro de la matriz de Leopold donde se interceptan las actividades del proyecto con los componentes ambientales, se incluyen dos números:

- ❖ En el superior izquierdo se indica “magnitud” del impacto
- ❖ En el inferior derecho, se indica la “importancia” del impacto ambiental.

La magnitud: es la medida de la escala o la extensión del impacto. La asignación es subjetiva y expresa la medida del grado de impacto ambiental, debe predecirse en función de las características ambientales del área considerando su intensidad propiamente dicha, la extensión espacial a la que afecta y su tiempo de duración. Como medida del grado de alteración ambiental, se lo representa numéricamente en una escala del 1 al 10 para todos los impactos. El 1 representa la magnitud de menor impacto y 10 la magnitud de máximo impacto.

La importancia expresa un orden de jerarquía que se asigna al impacto considerado; constituye una síntesis de la magnitud del impacto, del riesgo de su ocurrencia y la posibilidad de anular los efectos de la acción (reversibilidad). Se la considera como el peso relativo de cada impacto con relación al resto. El grado de la importancia es determinado mediante una escala de valoración de 1 a 10, indicando 1 la menor importancia y 10 la mayor.

#### 4.3.3.5.3 Parámetros de evaluación y criterios de valoración de los impactos ambientales

A continuación se muestran los parámetros y criterios de evaluación de los impactos ambientales.

**Cuadro 4. Parámetros y criterios de los impactos ambientales identificados**

	PARAMETRO DE EVALUACION		CRITERIO DE VALORACION
	<b>MAGNITUD</b>	Influencia (INF)	Puntual
Local			4-6
Regional			7-10
Duración (D)		Momentáneo	1-3
		Temporal	4-6
		Permanente	7-10
		Baja	1-3
		Media	4-6
		Alta	7-10
<b>IMPORTANCIA</b>	Reversibilidad (REV)	Reversible	1-3
		Poco reversible	4-6
		Irreversible	7-10
	Recuperabilidad (REC)	Recuperable	1-3
		Poco recuperable	4-6
		Irrecuperable	7-10
Carácter genérico	Positivo (Beneficioso)	(+)	
	Negativo (Adverso)	(-)	

**Fuente. Matriz causa- efecto**

Las características consideradas para evaluar la magnitud del impacto ambiental se las define de la manera siguiente:

a) **Influencia:** es el territorio que contiene el impacto ambiental y que no necesariamente coincide con la localización de la acción propuesta.

Informa sobre la dilución de la intensidad del impacto, lo que no es lineal a la distancia de la fuente que lo provoca. Donde las características ambientales sean más proclives aumentara la gravedad del impacto. Puede ser puntual, local o regional.

b) **Duración:** se refiere al tiempo que dura la afectación y que puede ser momentáneo, temporal o permanente; considerando las implicaciones futuras o indirectas.

c) **Intensidad:** representa el grado de alteración a las que ha sido sometida el entorno ambiental por efectos antropogénicos.

Aquel cuyo efecto manifiesta como una modificación de los recursos naturales o de sus procesos fundamentales de funcionamiento, que pueda o produzca repercusiones apreciables en los mismos. Puede ser de lata, media o baja intensidad.

Los criterios de ponderación para valorar la magnitud del impacto ambiental se las define de la manera siguiente:

**Cuadro 5. Peso de ponderación de los parámetros de magnitud**

Peso de ponderación de la influencia	= winf	0,3
Peso de ponderación de la duración	= wd	0,4
Peso de ponderación de la intensidad	= wint	0,3

Se debe cumplir que:  $winf + wd + wint = 1$

Para el cálculo del valor de la magnitud de cada impacto ambiental de la empresa, se debe utilizar la ecuación:

$$\text{Ecuación 2} \quad \text{Mag.} = (\text{INF} \times \text{winf}) + (\text{D} \times \text{wd}) + (\text{INT} \times \text{wint})$$

Las características consideradas para evaluar la importancia del impacto ambiental se las define de la manera siguiente:

- a) **Reversibilidad:** La reversibilidad del impacto tiene en cuenta la posibilidad, dificultad o imposibilidad de retornar a la situación anterior a la acción. Se habla de impactos reversibles, de impactos poco reversibles o irreversibles.
- b) **Recuperabilidad:** Aquel en que la alteración puede ser asimilada por el entorno de forma medible, a corto, medio o largo plazo, debido al funcionamiento de los procesos naturales de la sucesión ecológica y de los mecanismos de auto depuración del ambiente. Puede ser recuperable, poco recuperable e irrecuperable.
- c) **Carácter genérico:** Se refiere a que el impacto ambiental evaluado puede ser beneficioso o adverso para el entorno.

Los criterios de ponderación para valorar la importancia del impacto ambiental se las define de la manera siguiente:

**Cuadro 6. Peso de ponderación de los parámetros de importancia**

Peso de ponderación de la recuperabilidad	= wrec	0,5
Peso de ponderación de la reversibilidad	= wrev	0,5

Se debe cumplir que:  $w_{rec} + w_{rev} = 1$

Para calcular el valor de la importancia de cada impacto ambiental en cada etapa del proyecto, se debe utilizar la ecuación:

$$\text{Ecuación 3. } \text{Imp.} = (\text{REV} \times w_{rec}) + (\text{REC} \times w_{rev})$$

Un impacto ambiental se categoriza de acuerdo a sus niveles de importancia y magnitud. Para globalizar estos criterios se ha decidido realizar la media geométrica de la multiplicación de los valores de importancia y magnitud, respetando el signo de su carácter. El resultado de esta operación se denomina “valor del impacto ambiental” y responde a la ecuación:

$$\text{Ecuación 4. } \text{Valor del impacto} = \pm (\text{Imp.} \times \text{Mag.})^{0,5}$$

En virtud de la metodología utilizada, un impacto ambiental puede alcanzar un valor del impacto de máximo de 10 y de mínimo de 1. Los valores cercanos a 1, denotan impactos intrascendentes y de poca influencia en el entorno, por el contrario, valores mayor a 6,5 corresponden a impactos de elevada incidencia en el medio, sean estos positivos o negativos.

#### 4.3.3.5.4 Categorización de impactos ambientales

La Categorización de los impactos ambientales identificados y evaluados, se realizan en base al Valor del Impacto Ambiental VIA, determinado en el proceso de predicción, y comprende cuatro categorías de impactos, que son:

- Altamente Significativos
- Significativos
- Despreciables
- Benéficos.



Esta categorización de impactos, es fundamentada de la siguiente forma:

- a) **Impactos Altamente Significativos:** Son aquellos de carácter negativo, cuyo Valor del Impacto es mayor o igual a 6.5 y corresponden a las afecciones de elevada incidencia sobre el factor ambiental, difícil de corregir, de extensión generalizada, con afección de tipo irreversible y de duración permanente.
- b) **Impactos Significativos:** Son aquellos de carácter negativo, cuyo Valor del Impacto es menor a 6.5 pero mayor o igual a 4.5, cuyas características son: factibles de corrección, de extensión local y duración temporal.
- c) **Despreciables:** Corresponden a todos los aquellos impactos de carácter negativo, con Valor del Impacto menor a 4.5. Pertenecen a esta categoría los impactos capaces plenamente de corrección y por ende compensados durante la ejecución del Plan de Manejo Ambiental. Son reversibles, de duración esporádica y con influencia puntual.
- d) **Benéficos:** Aquellos de carácter positivo que son benéficos para el proyecto.

142

## 5 RESULTADOS Y ANALISIS

### 5.1 FERMENTACIÓN.

Se presentan a continuación los resultados del primer experimento de fermentación, de manera artesanal que se realizó con las diferentes inoculaciones de 2%, 4% y 6% de peso /peso de levadura activada. Este proceso se dio en promedio de 50 horas. En ambas fincas

**Tabla 11. Registro de resultado de la primera prueba de fermentación y destilación en las Fincas La Cristalina y Las Violetas**

Tratamiento <i>Saccharomyces Cerevisae</i> en 250 ml	Densidad g/cm <sup>3</sup> (Picnómetro de 5ml)		°Brix		Refracción		Producto destilado en ml	
	La Cristalina	Las Violetas	La Cristalina	Las Violetas	La Cristalina	Las Violetas	La Cristalina	Las Violetas
2%	0.98	0.98	15.8	14.1	1.35696	1.35424	17	15
4%	1.15	0.98	16.2	16	1.35744	1.35728	25	14
6%	0.73	0.98	20.5	15.9	1.36468	1.35712	22.1	18

**Fuente propia**

En este primer experimento se obtuvo mucilago de ambas fincas, donde la densidad obtenida del destilado se considera alta con un promedio de 0.96 g/cm<sup>3</sup> considerando que la del etanol que es de 0.789 g/ cm<sup>3</sup>. Sin embargo el valor que más se aproximó a este resultado fue el de la finca La Cristalina con inoculación de 6% de levadura que dio 0.73 g/ cm<sup>3</sup>.

Este resultado aproximado al valor estimado para el etanol, se obtuvo con el mucilago el beneficio de café en la finca la Cristalina y se debió a que este mucilago es más concentrado pues se realizó con menos cantidad de agua en el desmucilagador, por lo que sus azúcares son más concentrados a diferencia del que se obtuvo en la finca Las Violetas, que durante el beneficio se le agrega agua y luego más en el lavado. Sin embargo no está muy lejos de igualar este valor, pues si se tiene un mejor control en los procesos de fermentación y destilación, podrían ser iguales hasta en rendimiento de destilado.

En cuanto al líquido destilado al que se le llamara alcohol, se encontró que con el 4 % de levadura se obtuvo mayor rendimiento de destilado, pero si se toma en cuenta la densidad no es tan cercana a la densidad del etanol, pudiendo haber destilado agua.

El segundo ensayo se realizó en el laboratorio donde se controlaron variables como pH y temperatura tanto en la fermentación como en la destilación.

**Tabla 12. Registro de resultado de la segunda prueba de fermentación y destilación Finca La Cristalina**

Tratamiento <i>Saccharomyces Cerevisae</i> en 250 ml	Densidad g/cm <sup>3</sup> (Picnómetro de 5ml)		°Brix		Refracción		Producto destilado en ml	
	La Cristalina	Las Violetas	La Cristalina	Las Violetas	La Cristalina	Las Violetas	La Cristalina	Las Violetas
2%	0.95	1	18.5	6	1.36136	1.34781	34	26
4%	0.95	0.97	19	7	1.36217	1.34781	45	24.7
6%	0.97	0.97	17	7.1	1.35890	1.34781	25	21

**Fuente propia**

Al igual que en el primer experimento el mucilago tomado de la Finca la Cristalina fue el que más se aproximó a la densidad del etanol, esta vez con el menor valor de concentración de levadura al 2% y 4% con densidades de 0.95 g/cm<sup>3</sup> para ambos casos. Y al igual que en el anterior ensayo se observa que hay mayor concentración de azúcares debido al tipo de maquinaria que se utiliza con desmucilaginado inmediato con poco uso de agua, al comparado al de las Violetas con beneficio tradicional y lavado después del fermentado. Aquí variaron muchos los procedimientos en el momento del beneficio y lavado realizado por los propietarios.

Sin embargo teniendo en cuenta ambos experimentos y los promedios de densidad fueron en: la Cristalina de 0,95 y Las Violetas de 0.98 en ambos casos, y aunque relativamente son valores altos muestran en su índice de refracción valores significativamente cercanos, lo que indicaría que con cualquiera de los métodos puede llegar a obtener alcohol, pero en cantidades variadas.

Las altas densidades en cada una de las medias de los tratamientos con respecto a la densidad real del etanol difiere significativa mente, debido a que el mucilago fresco estaba diluido con agua y esto provoca que el contenido de azúcares disminuya. Por haber poca glucosa, el proceso del fermentado por medio de la glucolisis produce poco alcohol. Al momento de realizar la destilación fraccionada se comienza a evaporar el agua y se volatiliza el etanol, y estos la mezclarse comienzan a equilibrar sus densidades del agua<sup>143</sup>.

## 5.2 IDENTIFICACIÓN CUALITATIVA DEL DESTILADO

Al final se llevó a cabo dos pruebas cualitativas; las de refracción y de oxidación y que permitió determinar la presencia de alcohol en la muestra.

<sup>143</sup> FUNES C. Producción de bioetanol a partir del mucilago de café (*Coffea arabica.L.*). 2011

### 5.2.1 ÍNDICE DE REFRACCIÓN.

Este índice se permite determinar mediante el principio de refracción o desviación de luz en una muestra, toma como referencia valores ya establecidos y mediante la siguiente fórmula (válida en el intervalo de 15 a 25 grados Brix): se puede obtener el grado de alcohol probable en la muestra <sup>144</sup>.

$$\text{Ecuación 5. } \% \text{ vol} = (0.6757 \times \text{°Brix}) - 2,0839$$

En el primer ensayo de la Finca La Cristalina con inoculación de levadura *Saccharomyces Cerevisae* al 2%, 4% y 6%, se obtuvo en °Brix: 15.8, 16.2 y 20.5 y presentan índices de refracción de 1.35696, 1.35744, 1.36468 a 20°C respectivamente, de los cuales el valor que más se aproxima al índice de refracción del etanol es el de inoculación al 6% con 1.361.

En el segundo ensayo con inoculación de 2%, 4% y 6% se obtuvieron 18.5 °Brix, 19 °Brix y 17 °Brix los cuales presentan índices de refracción de: 1.36136, 1.36217, y 1.35890 respectivamente, y con rangos semejantes a los de concentración con 2% y 4% de levadura.

En la Finca Las Violetas con inoculación de 2%, 4% y 6% se obtuvo 14.1 °Brix, 16 °Brix, 15.9 °Brix y se presentan índices de refracción de: 1.35424, 1.35728 y 1.35712 respectivamente.

En el segundo ensayo con inoculación de 2%, 4% y 6% se obtuvo 6, 7, y 7.1 °Brix y se presentan índices de refracción aproximados de 1.34781 para los tres ensayos. Estos índices se tomaron de la tabla de conversión del manual de instrucciones PCE-Oe<sup>145</sup>.

Según el grado de alcohol volumétrico obtenidos mediante la tabla de índices de refracción, se considera el grado de alcohol como el número de volúmenes de alcohol (etanol) contenidos en 100 volúmenes del producto, medidos a temperatura de 20°C. Se considera como un porcentaje en volumen. A cada unidad de porcentaje de alcohol en el volumen total le corresponde un grado de graduación alcohólica.<sup>146</sup> Así se puede considerar por ejemplo que con 18.5 °Brix se obtuvo una refracción de 1.36136 y según la tabla de valores con un grado alcohólico de 10.39, dato que se convierte en 10.39 % de alcohol o también 10.3 ml de etanol por litro lo que reflejan los datos de las tablas 14 y 15.

<sup>144</sup> Manual de instrucciones PCE-Oe. P 4. Disponible en internet: <https://www.pce-instruments.com/french/slot/4/download/92648/manual-pce-oe.pdf>

<sup>145</sup> *Ibid.* P 5

<sup>146</sup> GRADUACION ALCOHOLICA. Disponible en internet: [https://es.wikipedia.org/wiki/Graduaci%C3%B3n\\_alcoh%C3%B3lica](https://es.wikipedia.org/wiki/Graduaci%C3%B3n_alcoh%C3%B3lica)

**Tabla 13. Valores de alcohol obtenidos del mucilago de café en la finca La Cristalina y Las Violetas.**

Muestra (Tratamiento)	Grado de alcohol % Vol. a 20 °C según manual PCE-Ibérica		Grado de alcohol % Vol. a 20 °C según manual PCE-Ibérica	
	La Cristalina	Las Violetas	La Cristalina	Las Violetas
<b>Saccharomyces Cerevisae</b>				
2%	8.60	7.50	<b>10.39</b>	<b>1.97</b>
4%	8.86	8.73	<b>10.72</b>	<b>2.64</b>
6%	11.75	8.67	<b>9.39</b>	<b>2.71</b>

Fuente propia

**Tabla 14. Volumen de alcohol obtenido del mucilago de café**

Muestra (Tratamiento)	Vol / alcohol (ml)			
	Primer ensayo		Segundo ensayo	
	La Cristalina	Las Violetas	La Cristalina	Las Violetas
<b>Saccharomyces Cerevisae</b>				
2%	8.60	7.50	<b>10.39</b>	<b>1.97</b>
4%	8.86	8.73	<b>10.72</b>	<b>2.64</b>
6%	11.75	8.67	<b>9.39</b>	<b>2.71</b>

Fuente propia.

## 5.2.2 PRUEBA DE OXIDACIÓN

Las reacciones de oxidación implican la pérdida de uno o más hidrógenos del carbono que está unido al grupo OH. En caso de alcoholes primarios esta pérdida produce la formación de un aldehído para luego formar un ácido carboxílico.<sup>147</sup>

Estas pruebas de oxidación de alcoholes, se realizaron con permanganato de potasio (KMnO), el cual se adicionó al resultado del destilado, dando como resultado un color café. Lo que demuestra que hay una formación de ácido acético y la presencia de etanol. Los alcoholes primarios son fáciles en oxidarse, como el etanol perdiendo un hidrogeno, formando acetaldehído y posteriormente ácido etanoico.<sup>148</sup>

<sup>147</sup> TORRES C, Lady T. Op cit, 25 p.

<sup>148</sup> Ibid

**Figura 18. Prueba de oxidación con  $\text{KMnO}_4$**



Fuente propia

Para la segunda prueba de oxidación, se adicióno dicromato de potasio ( $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ) al destilado final, donde tomo un color verde oscuro, color que se da debido a la oxidacion y reduccion del Cr a cromo y que permite continuar con la oxidacion, pasando por aldehidos hasta convertirse en acido carboxilico, caso que se da en los alcoholes primarios.<sup>149</sup>

**Figura 19. Prueba de oxidación con  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  al 5%**



Fuente propia

<sup>149</sup> Química Orgánica. Tema 3. Alcoholes. Disponible en internet: <http://www.sinorg.uji.es/Docencia/QO/tema3QO.pdf>

Respondiendo a los objetivos se obtuvo como resultado que:

**El tiempo.** En ambos casos el tiempo de fermentación no se pudo determinar específicamente para cada tratamiento de inoculación con diferente porcentaje de peso/peso de levadura, debido a que sometieron a un tratamiento en iguales condiciones. Esto se debió a variables externas, donde los propietarios de las fincas incidían significativamente por la entrega del mucilago y por ocupación de los equipos de laboratorio durante la semana. Por lo que se realizó este proceso durante el fin de semana de viernes a lunes a una temperatura a 30°C.

**Producto destilado:** la cantidad varió, sin importar su concentración de levadura, la mayor cantidad se obtuvo con el mucilago de la Finca La Cristalina con los porcentajes de levadura de 2 y 4 % y con fermentación controlada del segundo ensayo, donde se obtuvo 34 y 45 ml respectivamente.

**Porcentaje de alcohol:** el mejor porcentaje se encontró en el destilado del primer ensayo con la concentración de levadura al 6 %, con 11.75 ml encontrados en 250 ml de mucilago puesto a destilar.

**Tipo de alcohol:** prueba cualitativa de oxidación con permanganato de potasio y dicromato de potasio, arrojó, que es un alcohol primario por que reaccionaron rápido al contacto con ellos, formando aldehídos.

### 5.3 CARACTERIZACIÓN FÍSICO QUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DE LA QUEBRADA LA CHORRERA EN LA FINCA LA CRISTALINA Y RIO LOS ROBLES EN LA FINCA LAS VIOLETAS.

El muestreo se llevó a cabo en dos jornadas en las cuencas hídricas cercanas a cada finca, una antes de la cosecha de café en marzo y la segunda después de esta en agosto de 2017. Ambas estuvieron influenciadas por días de lluvia. Estos dos muestreos se hicieron con el fin de observar que cambios ocurrirían en el recurso hídrico cercano al beneficiadero de café, en este caso La Quebrada La Chorrera en la Finca la Cristalina y un tramo del Rio Robles en La Finca Las Violetas. Además se tomó dos partes en cada cuenca a la que llamamos parte alta y baja, teniendo como referencia una mitad donde posiblemente llegue lixiviados o aguas residuales del café y otros.

Se debe tener en cuenta que los resultados pueden ser afectados por cultivos de café cercanos, poco flujo de agua y materia orgánica en descomposición.

#### 5.3.1 PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS EN LAS FINCAS LA CRISTALINA Y LAS VIOLETAS

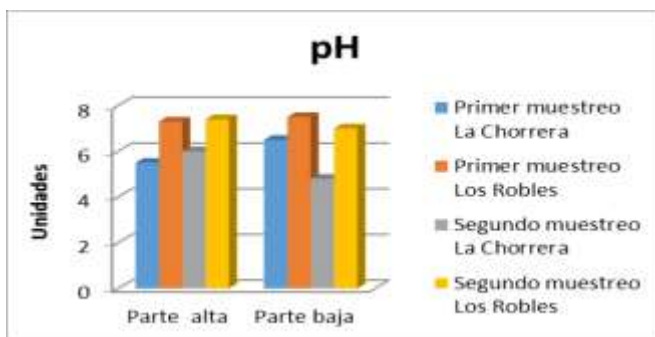
**Tabla 15. Parámetros físico químicos Finca La Cristalina**

MEDICION FISICO QUIMICA		1er Muestreo Antes de cosecha				2do Muestreo Después de cosecha			
PARAMETRO	UNI	La Chorrera		Los Robles		La Chorrera		Los Robles	
		PARTE ALTA	PARTE BAJA	PARTE ALTA	PARTE BAJA	PARTE ALTA	PARTE BAJA	PARTE ALTA	PARTE BAJA
pH		5.5	6.5	7.3	7.5	6.0	4.8	7.4	7.0
AMONIO	mg /L	0	0	0	0.2	0	0	0	0
NITRATOS	mg /L	10	10	10	10	10	10	10	10
NITRITOS	mg /L	0	0	0.2	0	0	0	0	0
FOSFATOS	mg /L	0.25	0.25	0	0.25	0	0.25	0.25	0.25
TURBIEDAD	NTU	1.62	1.02	32.3	37.1	4.42	1.80	16.2	14.7
OXIGENO	mg /L	0.7	3.3	0.6	1.03	4.8	4.8	4.8	4.8
TEMPERATURA	°C	15	16	17.1	17.1	19.3	19.3	18.2	18.3
SATURACIÓN DE DO	%	46	70	67	64	86	79	86	87
CONCENTRACIÓN DE DO	mg /L	4.6	6.8	6.5	6.2	7.9	7.3	8.1	8.1
CONDUCTIVIDAD	μ S/ cm	50.1	47.2	100.9	100.4	59.79	50.56	108.9	109.8
SDT	mg /L	39.65	37.05	77.35	76.70	42.9	37.05	81.25	81.90
SALINIDAD		0.03	0.03	0.06	0.06	0.03	0.03	0.06	0.06
SOLIDOS SEDIM	mg /L	0.1	0.3	0.5	0.4	0.1	0.1	0.1	0.1
DBO	mg /L	0	0	0	0	3.5	0	3.5	0
DQO	mg /L	17.3	17.9	18.3	32.1	22.4	20.2	34.8	18.1
COLIFORMES	N.M.P	2	14	1100	1100	39	75	1100	1100

**Fuente propia**



**Grafica 1. pH**



**Fuente propia**

Los valores de pH fueron en la Quebrada la Chorrera, antes de cosecha de café: parte alta de 5.5, la parte baja 6.5; después de cosecha parte alta 6 y baja de 4.8 con un promedio de 5.7, tendiendo a ser aguas un poco acidas. Los valores más altos se ven reflejados en los puntos de muestreos de las partes altas, y después de cosecha obtiene un valor menor porque puede ser alcanzado por escorrentía o lixiviación de los subproductos del beneficio del café que alcanzan a rebosarse de los tanques de tratamiento SMTA, además del poco cauce que se hallaba en ese momento y mucha materia orgánica en descomposición en todo el recorrido.

En la Finca Las Violetas, Rio Los Robles los valores fueron: antes de cosecha, parte alta 7.3 y baja 7.5: después de cosecha parte alta 7.4 y baja 7.0. Promedio de 7.3, valores que se encuentran en rangos normales debido a que así como se encuentra afectado por vertimientos, tiene buen caudal que le permite oxigenarse. Los valores de pH obtenidos en el Rio los Robles son los que se encuentran en los rangos permisibles para agua potable de 6 a 9 unidades<sup>150</sup> o dentro del rango admisible para vida acuática, pues fuera de este rango se reduce la diversidad por estrés fisiológico, así como la reproducción<sup>151</sup> y para aguas naturales los valores de 4.5 se encuentran en cauces lentos y con abundante materia orgánica en descomposición<sup>152</sup> como ocurre en la Quebrada la Chorrera. Además hay que tener en cuenta que en este tiempo hubo lluvias lo que hace que varíe sus valores por el fenómeno de dilución, pues tiene una concentración de hidrogeniones es acida y altera el pH de las corrientes superficiales, además de factores edáficos propios del suelo, formación de ácidos húmicos por descomposición vegetal de desechos orgánicos y la mineralización de la materia orgánica.<sup>153</sup>

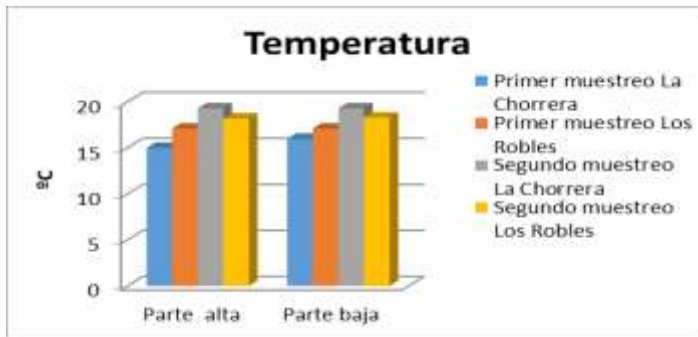
<sup>150</sup> COLOMBIA. RESOLUCIÓN 0631 de 2015.

<sup>151</sup> METCALF Y HEDDY, 1985; MASSCHUSSETS WATER WATCH PARTHERSHIP, 2002. Citado por, MARTINEZ G, Nicolas. Macroinvertebrados acuaticos como Sistema de evaluacion...2010. Op cit, 24, p.

<sup>152</sup> ROLDAN P, Gabriel & RAMIREZ R, Jhon J. Fundamentos de limnología neotropical. 2ª edición. Editorial Universidad de Antioquia, 2008. ISBN 978-958-714-144-3. 206 p.

<sup>153</sup> CAMARGO D, Alberto. Evaluación ambiental de la Quebrada de la Honda...2004. Op cit, 22, p.

**Grafica 2. Temperatura**



Fuente propia

La temperatura se encontro en condicones normales debido a la temporada de lluvias en el primer muestreo antes de cosecha que estuvo entre 15- 16 °C, en comparacion con el segundo muestreo a pesar que hubo lluvias se encontro con temperaturas con promedios a 19 °C.

El Rio Los Robles presento en ambos muestreos rangos entre 17- 18°C, en el primer muestreo se presentaron lluvias antes y durante la cosecha de café y despues de esta disminuyo.

No se evidencio alteraciones al sistema lóxico por descargas directas con altas o bajas temperaturas que lo alteraran.

Sin embargo en la finca Las Violetas se realiza otra actividad que es la canalizacion de pollos y gallinas, donde utilizan agua a altas temperaturas, que podrian ser vertidas en el suelo afectando los organismos y microorganismos del sitio.

**Grafica 3. Turbiedad**



Fuente propia

La turbiedad en la Quebrada La Chorrera en la primera jornada antes de cosecha de café en la parte alta y la parte baja estuvo dentro del rango, y después de cosecha el resultado fue más alto en parte alta con un valor de 4.42 NTU, comparado con el de la parte baja 1,80 NTU y que igualmente se encuentra dentro del rango. Este resultado alto pudo ser porque esta época era poca lluvia y bajó el

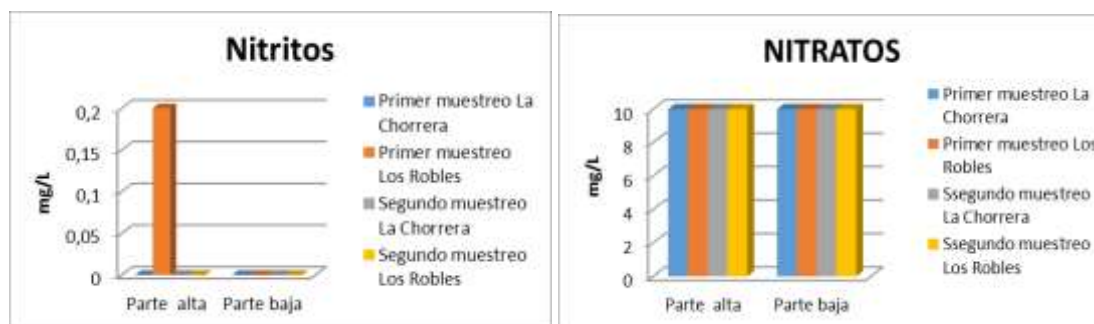
flujo impidiendo obtener correctamente la muestra y se evidencio la poca productividad y así mismo poca presencia de macroinvertebrados.

Al contrario en el Rio Los Robles, en el primer muestreo antes de cosecha realizado en época de lluvias se obtuvo resultados de 32.3 NTU parte alta y 37.1 NTU parte baja y después de cosecha de 16.2 y 14.1, parte alta y baja respectivamente, bajó la turbiedad debido a la poca influencia de lluvia en este mes. Estos resultados sobrepasan los 2 NTU en el rango permisible en la norma.<sup>154</sup>

Los valores encontrados en ambas sitios son valores que describen aguas que van de calidad aceptable en la Quebrada La Chorrera y a deficiente en el Rio Los Robles.<sup>155</sup>

Esta turbiedad en la Quebrada La Chorrera más que todo a materia orgánica en descomposición, en cuanto a la de los Robles se debe al arrastre de material o cantos rodados y las diferentes actividades que se desarrollan cómo la ganadería, al extracción de arena entre otros, además de presencia de lluvias en esos días.

**Grafica 4. Nitritos y Nitratos**



**Fuente propia**

El nitrógeno es un elemento esencial para el crecimiento de algas y causa un aumento en la demanda de oxígeno al ser oxidado por bacterias, reduciendo por ende los niveles de este.<sup>156</sup>

En este caso los nitratos no variaron en ninguno de los sitios, ni en ninguna temporada, permaneciendo en los niveles correspondientes para optar a una buena calidad o entre los rangos favorables para ello, los cuales están; nitritos 0.1 mg/L y nitratos 10 mg/L<sup>157</sup>.

Los nitritos fueron igual a cero, indicando la no presencia de contaminantes o por lo menos poca influencia tanto en el Rio los Robles como en La Quebrada La

<sup>154</sup> RESOLUCION 0631 de 2015. Op cit -

<sup>155</sup> TITULO C RAS 2000, Clases de fuentes de agua según su calidad. Citado por Corporación Autónoma Regional del Cauca, Alcaldía Municipal de El Tambo. Plan de ordenamiento y manejo de la subcuena hidrográfica Rio Hondo Departamento del Cauca. 2009. 251 p.

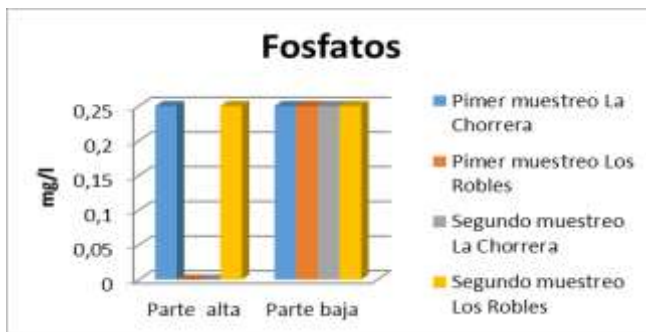
<sup>156</sup> Macroinvertebrados acuáticos. Op cit, 26, p.

<sup>157</sup> COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. RESOLUCION 2115 DE 2017. Citado por: Corporación Autónoma Regional del Cauca, Alcaldía Municipal del Tambo. Op cit, 215 p.

Chorrera. Esto ocurre cuando hay aguas oxigenadas<sup>158</sup>. En caso contrario la concentración de nitritos afectaría la potabilidad del agua y su presencia indica una contaminación y existencia de microorganismos patógenos<sup>159</sup>.

Los nitritos se presentan en valores de cero en ambos sitios, tanto antes como después de cosecha al igual que los nitratos presentan un valor similar en ambos sitios con valores de 10 mg/l, a pesar que en ambos hay influencia agrícola y por ende hay escorrentía de fertilizantes y agroquímicos, además que en el caso de Los Robles recibe vertimientos de aguas grises y otras actividades, su caudal le favorece para que se oxigene.

**Grafica 5. Fosfatos**



Fuente propia

Los fosfatos presentan rangos de 0 - 0.25 mg/l indicando lo que hace presencia de detergentes, fertilizantes u otros químicos, que se vierten a lo largo de la rívera del Río Los Robles como las actividades del cultivo de café, y descargas de aguas servidas de viviendas aledañas en este. En el caso de la Quebrada La Chorrera se debería a la cercanía del cultivo de café al cuerpo de agua y los lixiviados de fertilizantes y agroquímicos para control de arvenses o por procesos naturales del ecosistema.

<sup>158</sup> ROLDAN P, Gabriel & RAMIREZ R, Jhon J. Fundamentos de Limnología Neotropical. 2008. Op cit. 241, p.

<sup>159</sup> OJEDA C, Manuel O. Caracterización físico químicas y parámetros de calidad del agua de la planta de tratamientos de agua potable de Barrancabermeja. Trabajo de grado (Ingeniero Químico). Facultad de ingenierías físicoquímicas. Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga. 2012. 18, p. Disponible en internet: <https://studylib.es/doc/5121592/caracterizaci%C3%B3n-fisicoqu%C3%ADmica-y-par%C3%A1metros-de-calidad-del...>

**Grafica 6. Conductividad y Sólidos**



Fuente propia

La conductividad en el primer muestreo en la Quebrada La Chorrera, Finca La Cristalina, se encuentra con parámetros casi normales para aguas superficiales tropicales de montaña que tiene rangos de  $(10 \text{ a } 50 \mu\text{s/cm})^{160}$  y donde los obtenidos fueron de  $50.1 \mu\text{s/cm}$  parte alta y  $47.2 \mu\text{s/cm}$  en la parte baja considerando que hubo lluvias cercanas.

En el segundo muestreo se hallaron  $59.79 \mu\text{s/cm}$  parte alta y  $50.56 \mu\text{s/cm}$ , sobrepasando el rango establecido, se debe a que disminuyó el nivel de la quebrada y se halla más concentración de materia orgánica en descomposición.

El río Los Robles es el cauce cercano a la finca Las Violetas y que recibe las aguas residuales de café y de otras actividades de fincas aledañas, su conductividad en los dos muestreos fue alta, pues en el primer muestreo en la parte alta dio un valor de  $100.9 \mu\text{s/cm}$  y en la parte baja  $100.4 \mu\text{s/cm}$ .

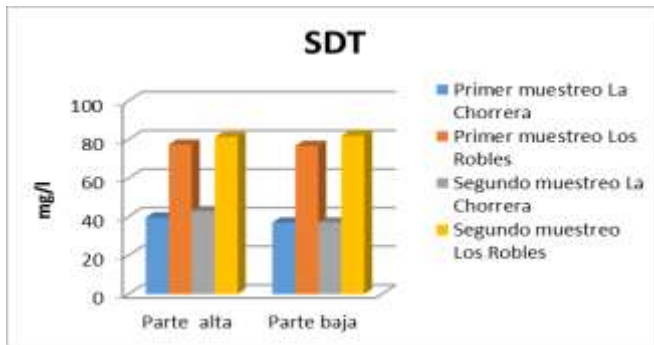
En el segundo muestreo fue de  $108.9 \mu\text{s/cm}$  en la parte alta y en la baja de  $109.8 \mu\text{s/cm}$ , valores que superaron el doble del rango establecido para ríos de montaña. Como ya se mencionó este río se ve afectado por mucha interferencia antrópica, cultivos de café a lado y lado, bebedero de vacas, descargas de residuos sólidos y líquidos y otras actividades como: excavación para arena, lavado de costales entre otros. Además la mineralización de la materia orgánica trae como consecuencia un incremento de la conductividad eléctrica.

Lo anterior explica la evidencia de mayor concentración de sólidos disueltos totales debido al material de arrastre que se halla, presentando en el primer muestreo, parte alta un valor de  $76.70 \text{ mg/L}$ , parte baja  $76.70 \text{ mg/L}$ ; segundo muestreo parte alta  $81.25 \text{ mg/L}$ , parte baja  $81.90 \text{ mg/L}$ . En promedio de  $79.3 \text{ mg/L}$ . En la Quebrada la chorrera se encontraron los valores de: primer muestreo parte alta de  $39.65 \text{ mg/L}$ , parte baja  $37.05 \text{ mg/L}$ ; segundo muestreo parte alta  $42.9 \text{ mg/L}$ , parte baja  $37.05 \text{ mg/L}$ . En promedio se halló en sólidos disueltos totales  $39.1 \text{ mg/L}$ , la mitad de los valores encontrados en los Robles, como se dijo

<sup>160</sup> ROLDAN, 2003. Citado por: MARTINEZ G, Nicolás. 2010.Op cit. 60 p

anteriormente, este río se ve afectado por la actividad de remoción de arena encontrándose, parte lodosa o arena, poca piedra en algunos sitios.

**Grafica 7. Solidos**



**Fuente propia**

Los sólidos disueltos totales no son altamente significativos, aunque se evidencia que en el primer y segundo muestreo se encontraron más sólidos en la parte alta, esto se debe a que en la parte alta se encuentra muy superficial el caudal y altera la muestra. La parte baja aunque aumento de caudal se encuentran mucha materia orgánica debido a la hojarasca y madera en descomposición.

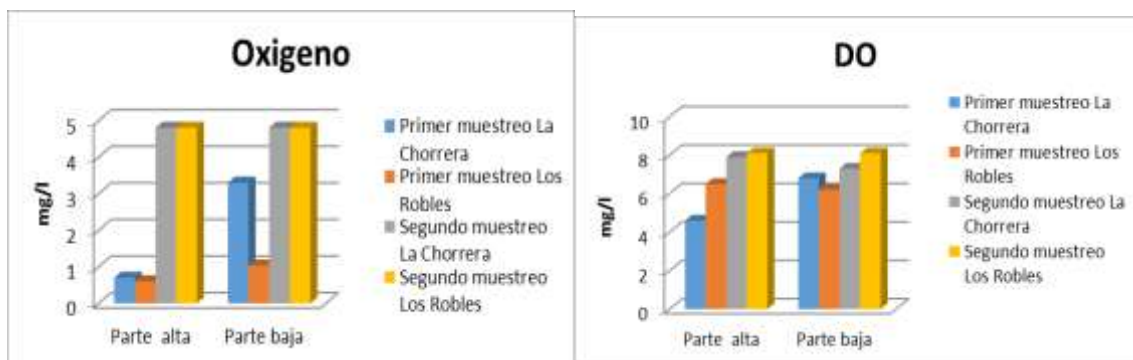
En el río Los Robles en el primer muestreo se encontraron menor cantidad de sólidos que en el segundo, aunque no fue mucha la diferencia si se evidenciaron presencia de mucha materia en descomposición, tanto orgánica como biológica.

La presencia de sólidos agrupa todos los iones encontrados en el agua como: cloruros, sulfatos, bicarbonatos, nitratos, fosfatos y sílice<sup>161</sup> los cuales alteran significativamente la productividad primaria. La determinación de la conductividad eléctrica es medida por los sólidos disueltos, por lo que su medición es de suma utilidad cuando se evalúa la calidad de un ambiente acuático. Los valores normales de conductividad están entre 30 y 60  $\mu\text{scm}^{-1}$ . Resultados por debajo de estos valores indican oligotrofia o baja producción. Y valores por encima indican eutrofia o alta producción.<sup>162</sup>

<sup>161</sup> ROLDAN P, Gabriel & RAMIREZ R Jhon J. 2008. Op cit. 33 p.

<sup>162</sup> *Ibid.*

**Grafica 8. Oxígeno Disuelto**



Fuente propia

El oxígeno disuelto es un factor importante después de la temperatura y tiene valor si se mide con esta. Las fuentes de oxígeno son la precipitación pluvial, la difusión del aire en el agua, la fotosíntesis, los afluentes y la agitación moderada<sup>163</sup>.

Se observa en el primer muestreo que la parte alta hay menos oxígeno disuelto que en la parte baja, esto se debe a que la parte alta como ya se ha mencionado tiene poco caudal en comparación con el muestreo de la parte baja donde hay más corriente y se oxigena en el recorrido. En el segundo muestreo ocurre lo contrario con el oxígeno en la parte baja, debido a que se encontró más hojarasca y madera en descomposición, eutrofizando el ecosistema y más consumo de oxígeno utilizado por los microorganismos para descomponer y transformar la materia orgánica<sup>164</sup>.

En el río Los Robles en el primer muestreo se evidencia menor el oxígeno disuelto que en el segundo muestreo, pero aun así está entre los parámetros posiblemente buenos considerando 9 mg/l como un rango adecuado para concentrar en su seno vida y menor a 4 mg/L un rango no apto para la misma<sup>165</sup>. Esto indica que aunque hay presencia de sustancias ajenas al sistema lotico puede oxigenarse y mejorar su condición, debido a su caudal. Teniendo en cuenta que los resultados anteriores se consideran ambos sistemas loticos

<sup>163</sup> ROLDAN P, Gabriel & RAMIREZ R. Jhon J. 2008. Op cit. 181 p.

<sup>164</sup> Ibíd.

<sup>165</sup> AZNAR J, Antonio. Determinación de los parámetros fisicoquímicos de calidad de las aguas. Instituto tecnológico de química y materiales "Álvaro Alonso Barba". Universidad Carlos III. Madrid, España. Aparecido en Gestión Ambiental 2000, vol. 2 (23). 4,p. Disponible en internet: <http://ocw.uc3m.es/ingenieria-quimica/ingenieria-ambiental/otros-recursos-1/OR-F-001.pdf>



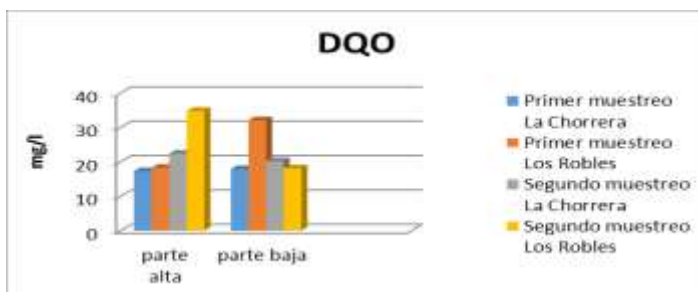
**Grafica 9. Demanda Bioquímica de Oxígeno**



Fuente propia

La demanda biológica de oxígeno presento valores similares en ambos sitios, tanto antes de la cosecha como después de ella, se presentaron valores igual a cero en el primer muestreo con presencia de lluvias, ya para el segundo muestreo después de cosecha disminuyeron las lluvias por lo que varió el resultado para la parte alta en ambos sitios dio un valor de 3.5 mg/l y la parte baja igual a cero. Esto debe ser porque disminuyó el caudal, y aumenta la cantidad de oxígeno requeridas por las bacterias para descomponer la materia orgánica en condiciones aeróbicas. Y en el momento de tomar la muestra se altera con rose de sustancias orgánicas.

**Grafica 10. Demanda Química de Oxígeno**



Fuente propia

La demanda química de oxígeno en el primer muestreo, en ambas estaciones de la Quebrada la Chorrera, mostro un valor igual en la parte alta y baja de 17,3 y 17,9 mg/l, a diferencia del segundo muestreo que se realizo despues de cosecha, donde el mayor puntaje de DQO fue en la parte alta con 22.4 mg/l, y en la parte baja de 20.2 mg/l en la parte baja, teniendo en cuenta que no se vio afectada en gran manera por descargas de mucilago de café, pero que debido a la gran cantidad de materia organica en descomposicion debido a la hojarasca que cae de la vegetacion adyacente a la quebrada.

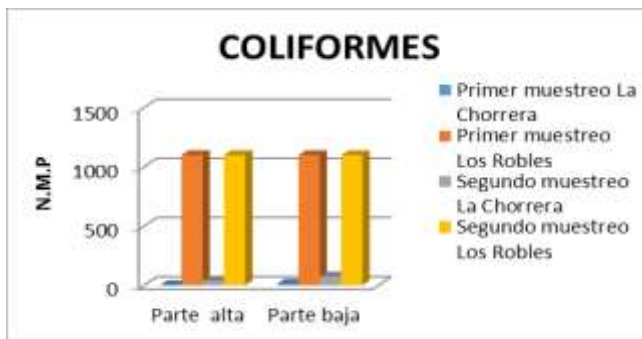
La demanda química de oxígeno en el primer muestreo en el Rio Los Robles, fue 18,3 mg/l, parte alta y 32,1 en la baja, a diferencia del segundo muestreo que también resulto con mayor DQO en la parte alta con 34.8 mg/l y en la parte baja con 18.1 mg/l. Estos resultados varían debido a que en este rio se efectúan



actividades de extracción de arena vertimientos de las fincas aledañas entre otros y la misma orografía.

Teniendo en cuenta la DQO del mucilago obtenido en el beneficio ecológico obtenido en La Finca la Cristalina fue de 35470 mg/L y mirando la DQO de la quebrada más cercana se puede considerar que disminuye un alto valor, esto se debe a que se implementó el sistema modular de tratamiento anaerobio SMTA, que no es totalmente eficiente para la cantidad de café que se procesa, pero que mejoró la calidad de las aguas.

**Grafica 11. Parámetros microbiológicos**



**Fuente propia**

En cuanto al parámetros encontrados en la Chorrera el número de coliformes evidencio en el primer muestreo en la parte alta un bajo nivel de contaminación, según el análisis microbiológico el NMP fue de 2; en la parte baja se encontraron una mayor concentración de coliformes con 14 NMP.

En el segundo muestreo aumentaron los coliformes para ambos sitios que fueron de 39 y 75 parte alta y baja según corresponda. Donde teniendo en cuenta las características la mayoría fueron colonias de en el primer muestreo de *A. aerogenes*, indicando presencia de materia fecal de animales, y en el segundo muestreo se evidencio presencia de *E. Coli*.

El NMP de coliformes en el río los Robles fue de 1100 en ambos muestreos, en la parte alta y baja, en todas se evidencio grandes colonias de *E. Coli*, debido a presencia de desperdicios de material orgánico y biológico que suelen encontrarse.

Al final de ambos muestreos se considera no apta para consumo humano, teniendo en cuenta que para esto debe ser igual a cero, pero sirve para otras actividades en la agricultura.

#### 5.4 ANALISIS BIOLOGICO MEDIANTE MACROINVERTEBRADOS

Este análisis se hizo en los sitios ya establecidos, en la Q. La Chorrera, Finca La Cristalina y el Rio Los Robles, que pasa cerca al a finca Las Violetas. Se hizo una recopilación de los individuos encontrados y un análisis mediante los índices de Margaleft, Shannon y Wiener y Sorensen.

En la Quebrada La Chorrera, La Cristalina se hallaron 9 órdenes, 18 familias y 24 géneros. Ver tabla 17

En el Rio Los Robles se hallaron 9 órdenes, 20 familias y 26 géneros. Ver tabla 18.

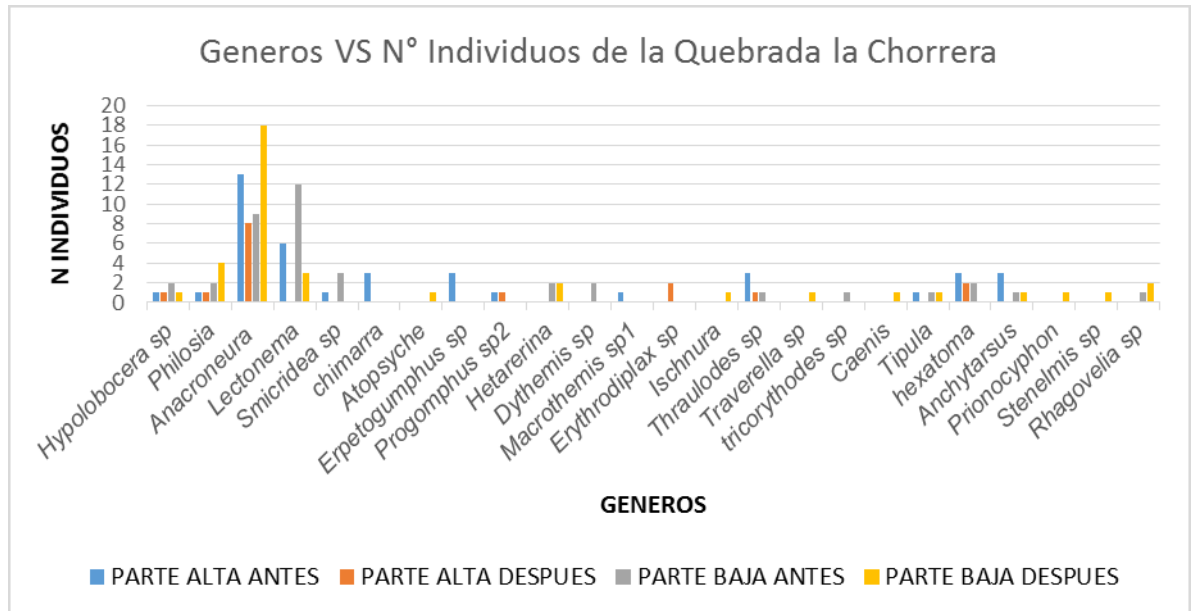
**Tabla 16. Macroinvertebrados de la Quebrada L a Chorrera**

FILO	CLASE	ORDEN	FAMILIA	GENERO	PARTE ALTA MUESTREO		TOT	PARTE BAJA MUESTREO		TOT	TOT DEF
					ANT	DES		ANT	DES		
Artrópoda	Crustácea	Decápoda	Pseudothelpusidae	<i>Hypotobocera sp</i>	1	1	2	2	1	3	5
	Meloscostraca	Isópoda	Onycidae	<i>Phlosia</i>	1	1	2	2	4	6	8
	Insecta	Plecoptera	Perlidae	<i>Anacroneura</i>	13	8	21	9	18	27	48
		Trichoptera	Hidropsychidae	<i>Lectonema</i>	6	0	6	12	3	15	21
				<i>Smicridea sp</i>	1	0	1	3	0	3	4
			Phlopotamidae	<i>Chimarra</i>	3	0	3	0	0	0	3
			Hydrobiosidae	<i>Atopsyche</i>	0	0	0	0	1	1	1
		Odonata.	Gomphiade	<i>Eretogomphus sp</i>	3	0	3	0	0	0	3
				<i>Progomphus sp2</i>	1	1	2	0	0	0	2
			Calopterygidae	<i>Hetaerina</i>	0	0	0	2	2	4	4
			Libellulidae	<i>Dythemis sp</i>	0	0	0	2	0	2	2
				<i>Macrothemis sp1</i>	1	0	1	0	0	0	1
			<i>Erythrodiplax sp</i>	0	2	2	0	0	0	2	
		Coenagrionidae	<i>Ischnura</i>	0	0	0	0	1	1	1	
		Ephemeroptera	Leptophlebiidae	<i>Thraulodes sp</i>	3	1	4	1	0	1	5
				<i>Traverella sp</i>	0	0	0	0	1	1	1
			Leptohyphidae	<i>Tricorythodes sp</i>	0	0	0	1	0	1	1
			Caenidae	<i>Caenis</i>	0	0	0	0	1	1	1
		Diptera	Tipulidae	<i>Tipula</i>	1	0	1	1	1	2	3
				<i>Hexatoma</i>	3	2	5	2	0	2	7
		Coleoptera	Ptilodactylidae	<i>Anchytarsus</i>	3	0	3	1	1	2	5
	Scirtidae		<i>Pronocyphon</i>	0	0	0	0	1	1	1	
	Elmidae		<i>Stenelmis sp</i>	0	0	0	0	1	1	1	
Hemiptera	Vellidae	<i>Rhagovella sp</i>	0	0	0	1	2	3	3		
<b>Total</b>					<b>40</b>	<b>16</b>	<b>56</b>	<b>39</b>	<b>38</b>	<b>77</b>	<b>133</b>

Fuente propia

En la siguiente grafica se observa de igual manera el número de individuos encontrados en los diferentes géneros y variación en cuanto a cada sitio y muestreo.

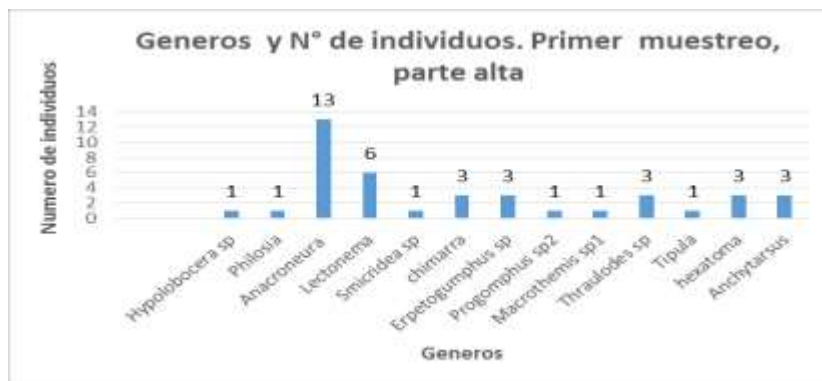
**Grafica 12. Géneros vs individuos encontrados en la Q. La Chorrera**



Fuente propia

En el primer muestreo, parte alta, se encuentra con predominancia en número, el orden Plecóptera con la familia Perlidae y el género *Anacroneura* con un total de 13 individuos. Las familias Hidropsychidae, Gomphidae y Tipulidae son quienes cuentan con mayor número de géneros. El orden con mayor representación en familias es el Trichoptera contando con *Lectonema* (6), *Smicridea* (1) y *Chimarra* (3) grafica 13. En la gráfica vemos semejanzas en número de individuos entre algunos géneros de diferentes familias y órdenes.

**Grafica 13. Géneros encontrados en el primer muestreo, parte alta Q. La Chorrera**



Fuente propia

En la parte baja también predominó el género *Anacroneura* (8), seguido de *Hexatoma*(2) de la familia Tipulidae y orden Díptera y *Eritrodiplax* (2) de la familia Libellulidae y orden Odonata. Con menos representación el género *Hypolobocera* (1), *Progomphus*(1), *Thraulodes*(1). Grafica 14.

**Grafica 14. Géneros encontrados en el primer muestreo, parte baja Q. La Chorrera**



Fuente propia

En el segundo muestreo varió y dominó el orden Trichoptera que predominó en individuos con los géneros *Lectonema* (12) y *Smicridea* (3), pero seguido el orden Plecóptera con el género *Anacroneura* (9), los órdenes con menos representación fueron: el orden Coleóptera con *Anchytarsus* (1) y Hemiptera con *Veliidae* (1), aunque estos últimos no se consideran buenos indicadores de calidad, puesto que son resistentes a diferentes tipos de contaminación antrópica.<sup>166</sup> Grafica 15.

**Grafica 15. Géneros encontrados en el segundo muestreo, parte alta Q. La Chorrera**

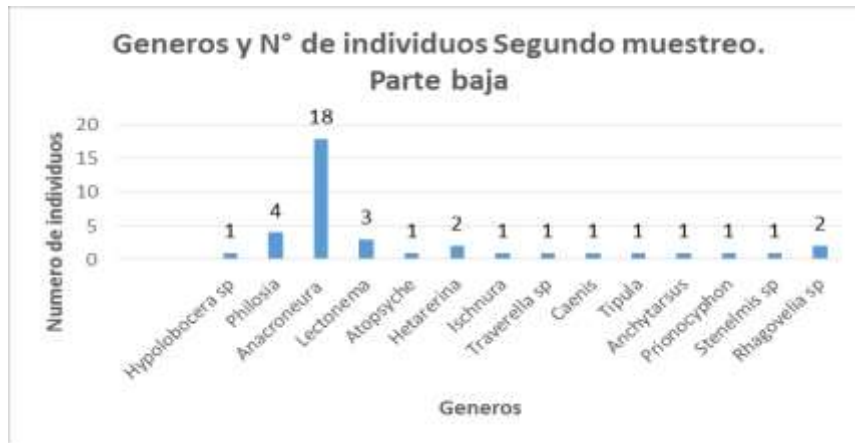


Fuente propia

<sup>166</sup> Corporación Autónoma Regional del Cauca. CRC. Los Macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua. 2012.Op cit. ---p

En la parte baja con predominancia el género *Anacroneura*(18), el orden con mayor representación en generos fue el coleoptera con *Anchytarsus*, *Prionocyphon* y *Stenelmis* con un individuo cada uno y el orden con menor representación fue: diptera con el genero *Tipula* (1), el orden decapoda con un individuo de *Hypolobocera*. Ver grafica 16.

**Grafica 16. Géneros encontrados en el segundo muestreo, parte baja Q. La Chorrera**



Fuente propia

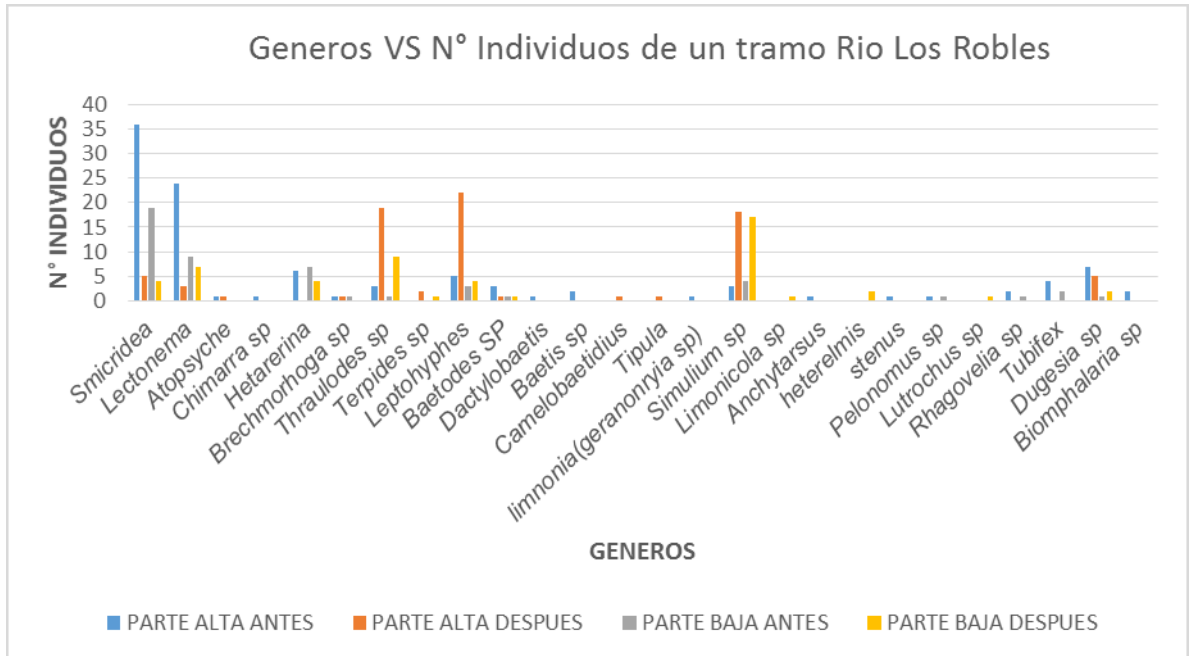
Tabla 17. Macroinvertebrados del Rio Los Robles

FILO	CLASE	ORDEN	FAMILIA	GENERO	PARTE ALTA			PARTE BAJA			TOT DEF
					MUESTREO	T	T	MUESTREO	T	T	
					1	3		1	3		
Artrópoda	Insecta	Trichoptera	Hidropsychidae	<i>Smicridea</i>	36	5	41	19	4	23	64
				<i>Lectonema</i>	24	3	27	9	7	16	43
			Hydrobiosidae	<i>Atopsyche</i>	1	1	2	0	0	0	2
			Phylopotamidae	<i>Chimarra sp</i>	1	0	1	0	0	0	1
		Odonata	Calopterygidae	<i>Hetererina</i>	6	0	6	7	4	11	17
			Libellulidae	<i>Brechmorhoga sp</i>	1	1	2	1	0	1	3
		Ephemeroptera	Leptophlebiidae	<i>Thraulodes sp</i>	3	19	22	1	9	10	32
				<i>Terpides sp</i>	0	2	2	0	1	1	3
			Leptohyphidae	<i>Leptohyphes</i>	5	22	27	3	4	7	34
			Baetidae	<i>Baetodes SP</i>	3	1	4	1	1	2	6
				<i>Dactylobaetis</i>	1	0	1	0	0	0	1
				<i>Baetis sp</i>	2	0	2	0	0	0	2
				<i>Camelobaetidius</i>	0	1	1	0	0	0	1
		Diptera	Tipulidae	<i>Tipula</i>	0	1	1	0	0	0	1
				<i>limonia (geranonryla sp)</i>	1	0	1	0	0	0	1
			Simuliidae	<i>Simulium sp</i>	3	18	21	4	17	21	42
			Blepharoceridae	<i>Limnicola sp</i>	0	0	0	0	1	1	1
		Coleoptera	Ptilodactylidae	<i>Anchytarsus</i>	1	0	1	0	0	0	1
			Elmidae	<i>Heterelmis</i>	0	0	0	0	2	2	2
			Staphylinidae	<i>Stenus</i>	1	0	1	0	0	0	1
Dryopidae	<i>Pelonomus sp</i>		1	0	1	1	0	1	2		
Lutrochidae	<i>Lutrochus sp</i>		0	0	0	0	1	1	1		
Hemiptera	Velidae	<i>Rhagovella sp</i>	2	0	2	1	0	1	3		
Annelida	Oligochaeta	Haplotaxida	Tubificidae	<i>Tubifex</i>	4	0	4	2	0	2	6
Platyhelminthe	Turbellaria	Tricladida	Dugesidae	<i>Dugesia sp</i>	7	5	12	1	2	3	15
Mollusca	Gastropoda	Pulmonata	Planorbidae	<i>Blomphalaria sp</i>	2	0	2	0	0	0	2
<b>TOTAL</b>					<b>105</b>	<b>79</b>	<b>184</b>	<b>50</b>	<b>53</b>	<b>103</b>	<b>287</b>

Fuente propia

Así mismo la gráfica 17 se describe la cantidad de individuos con respecto a cada género.

**Grafica 17. Géneros vs individuos encontrados en el Rio Los Robles**



**Fuente propia**

En el Rio Los Robles en el primer muestreo se encontro una gran variedad de ordenes y generos siendo en este el que mayor numero de individuos que se recolecto. El orden trichoptera estuvo representado por tres familias que fueron: Hidropsychidae, Hydribiosidae y Phylopotamidae; cuatro generos que fueron: *Smicridea*, *Lectonema*, *Atopsyche* y *Chimarra*, este orden obtuvo el mayor numero de individuos (62 ind), seguido se encuentra con mayor representacion el orden Ephemeroptera con tres familias Leptophlebiidae, Leptohyphidae y Baetidae, estos se distribuyen en cinco generos que fueron: *Thraulodes*, *Leptohyphes*, *Beatodes*, *Dactylobaetis* y *Baetis*, pero cuentan con con menor numero de individuos (14 ind). Los ordenes con menos representacion en familias y generos fueron: Hemiptera, Haplotaaxida, Tricladida y Pulmonata con una familia y un genero. Ver grafica 18

**Grafica 18. Géneros encontrados en el primer muestreo, parte alta Rio Los Robles**



Fuente propia

En la parte baja del segundo muestreo se encontró seis órdenes, con mayor representación el orden Ephemeroptera con tres familias representantes y cuatro géneros que fueron *Thraulodes*, *Terpides*, *Leptohyphes* y *Beatodes* con pocos individuos cada uno, pero el género que predominó con mayor número de individuos fue el *Similium* del orden Díptera. Ver grafica 19.

**Grafica 19. Géneros encontrados en el primer muestreo, parte baja, Rio Los Robles**



Fuente propia

En el segundo muestreo se hallaron ocho órdenes cada uno con pocos representantes en familias y generos, siendo así el que mejor representación tiene es el Ephemeroptera con tres familias y tres generos *Thraulodes*, *Leptohyphes* y *Beatodes*, contando con 1,3,1 individuos respectivamente. Los órdenes con menor representación fueron Díptera, Coleoptera, Hemiptera, Haplotaenidia y Tricladida, con una familia y un genero en representación. Los géneros con mayor cantidad de individuos fueron *Smicridea* y *lectonema*, seguido del *Hetaerina*. Ver grafica 20.



**Grafica 20. Géneros encontrados en el segundo muestreo, parte alta Rio Los Robles**



Fuente propia

En la parte baja los Ephemeropteros siguen teniendo mayor representación en géneros, pero con pocos individuos. El género *Simulium*, de los dípteros es el que tiene mayor número de individuos. En general no varían las familias y géneros en gran significancia. Pero teniendo en cuenta el género.

**Grafica 21. Géneros encontrados en el segundo muestreo, parte baja Rio Los Robles**



Fuente propia

En la quebrada La Chorrera, ubicada en la Finca La Cristalina se encontró que tuvo gran participación el orden Plecoptera con la familia Perlidae y el género *Anacroneuria*, con gran participación en número de individuos, en comparación con otras familias y es indicador de aguas muy limpias,<sup>167</sup> seguido a esta estuvo la familia Hydropsichidae con el género *Lectonema* indicador de aguas poco contaminadas.<sup>168</sup> Se encontraron otras familias como la ptilodactilidae, philopotamidae, Gomphidae, Leptophlebiidae, entre otras indicadoras de aguas limpias<sup>169</sup> que se encontraron en todos los muestreos, pero con una mínima

<sup>167</sup> Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, CAR. Los Macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua. 2012. Op cit, 62, p

<sup>168</sup> Op cit, 89 p.

<sup>169</sup> Op cit, 67 p.

representacion de individuos. Ademas se encontro un valor muy bajo según la puntuacion o indice BMWO/Col, con la familia Tipulidae, en todo el recorrido indicadoras de aguas contaminadas a muy contaminadas<sup>170</sup>.

Según este indice se encuentran en condiciones de dudosa calidad, como se muestra en la tabla 19. Este valor se debe a que es una quebrada con poco cauce, lodosa y mucha materia organica que altera su contenido.

Según el indice ASPT, que retifica el valor del indice BMWP, considera esta quebrada con valor ecologico de aguas de calidad aceptable.

**Tabla 18. Clasificacion de las aguas y su significado ecologico de acuerdo al indice BMWP y según el indice ASPT. Para la Quebrada La Chorrera, Finca La Cristalina**

INDICE BMWP	MUESTREO PARTE ALTA		MUESTREO PARTE BAJA	
	ANTES DE COSECHA	DESPUES DE COSECHA	ANTES DE COSECHA	DESPUES DE COSECHA
Perlidae	10	10	10	10
Pseudothelpusidae	8	8	8	8
Onycidae	0	0	0	0
Hidrobiosidae	0	0	0	9
Hydropsychidae	7	0	7	7
Philopotamidae	9	0	0	0
Gomphiade	9	9	0	0
Calopterygidae	0	0	7	7
Libellulidae	5	5	5	0
Coenagrionidae	0	0	0	7
Leptohyphidae	0	0	7	0
Leptophlebiidae	9	9	9	9
Caenidae	0	0	0	6
Tipulidae	3	3	3	3
Ptilodactilidae	10	0	10	10
Scirtidae	0	0	0	4
Elmidae	0	0	0	7
Veliidae	0	0	0	0
	<b>70</b>	<b>44</b>	<b>66</b>	<b>87</b>
<b>CLASE</b>	III	IV	III	II
<b>CALIDAD</b>	Dudosa	Crítica	Dudosa	Aceptable
<b>BMWP</b>	46-70	21-45	46-70	61-100
<b>SIGNIFICADO</b>	Aguas moderadamente contaminadas	Aguas muy contaminadas	Aguas moderadamente contaminadas	Aguas ligeramente contaminadas
<b>COLOR</b>				
<b>ASPT</b>	7.7	7.3	7.3	7.2
<b>CLASE</b>	II	II	II	II
<b>VALOR DEL ASPT</b>	>6.5-8	>6.5-8	>6.5-8	>6.5-8
<b>CALIDAD</b>	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable
<b>COLOR</b>				

Fuente propia

<sup>170</sup> Op cit, 116 p.

Un tramo del Rio Los Robles que pasa por la Finca Las Violetas, en el que se encontro pocas familias representantes de aguas limpias,<sup>171</sup> entre ellas estuvieron: ptilodactilidae, Blephariceridae, Hydrobiosidae, Phylopotamidae, Leptophlebiidae entre otros. Se encuentran familias de todas las categorias pues se evidencias familias de aguas moderadamente contaminadas como Leptohyphidae y la Baetidae<sup>172</sup> hasta aguas contaminadas como Tipulidae, y altamente contaminadas como Tubificidae<sup>173</sup>

En cuanto al indice BMWP/Col se encuentra en condiciones de dudosa calidad, lo que indica no apta para consumo, ademas de tener en cuenta la coloracion y olor que se percibio en el momento del muestreo.

Según el indice ASPT rectifica lo dicho anteriormente, que son aguas moderadamente contaminadas y de dudosa calidad. Ver tabla 20.

---

<sup>171</sup> Op cit, 71 p.

<sup>172</sup> Op cit, 85- 86 p.

<sup>173</sup> Op cit, 116- 121 p.

**Tabla 19. Clasificación de las aguas y su significado ecológico de acuerdo al índice BMWP. Y según el índice ASPT. Para el Río Los Robles e influencia de la finca Las Violetas.**

INDICE BMWP	MUESTREO PARTE ALTA		MUESTREO PARTE BAJA	
	ANTES DE COSECHA	DESPUES DE COSECHA	ANTES DE COSECHA	DESPUES DE COSECHA
Hidropsychidae	7	7	7	7
Hydrobiosidae	9	9	0	0
Phylopótamidae	9	0	0	0
Calopterygidae	7	0	7	7
Libellulidae	5	5	5	0
Leptophlebiidae	9	9	9	9
Leptohyphidae	7	7	7	7
Baetidae	7	7	7	7
Tipulidae	3	3	0	0
Simuliidae	5	5	5	5
Blephariceridae	0	0	0	10
Ptilodactilidae	10	0	0	0
Elmidae	0	0	0	7
Staphylinidae	6	0	0	0
Dryopidae	6	0	6	0
Lutrochidae	0	0	0	6
Tubificidae	1	0	1	0
Dugesiiidae	6	6	6	6
Planorbidae	5	0	0	0
	<b>102</b>	<b>58</b>	<b>60</b>	<b>71</b>
CLASE	II	III	III	II
CALIDAD	Aceptable	Dudosa	Dudosa	Aceptable
BMWP	71-122	46-70	36-60	61-100
SIGNIFICADO	Aguas ligeramente contaminadas	Aguas moderadamente contaminadas	Aguas ligeramente contaminadas	Aguas ligeramente contaminadas
COLOR				
ASPT	6.3	6.4	6.0	7.1
CLASE	III	III	III	II
VALOR DEL ASPT	>4.5-6.5	>4.5-6.5	>4.5-6.5	>6.5-8
CALIDAD	Dudosa	Dudosa	Dudosa	Aceptable
COLOR				

**Fuente propia**

## 5.5 INDICES ECOLOGICOS

Los indices ecologicos en la Quebrada La Chorrera muestran que se hallaron 8 taxas en la parte alta antes de cosecha y que disminuyeron a 6 despues de cosecha debido a que en esta area se encontro una corriente intermitente. En la parte baja 9 taxones, en ambas muestreos antes y despues de cosecha, donde los ordenes mas representativos fueron: Plecoptera, Trichoptera, Diptera, Odonata.

En cuanto al rio Los robles hubo cambios en los dos muestreos y en los dos sitios disminuyendo el antes y despues de cosecha debido a la corriente del rio pues en ocasiones en la parte baja se hallo mucho barro y arena impidiendo encontrar individuos.

El indice de Margalet tiene como rango de alta diversidad el numero 5. En este caso se hallo una baja a mediana diversidad, teniendo que los valores encontrados en este muestreo fueron de 2 a 4, donde el menor valor se hayo en la parte baja antes de cosecha de cafe en la chorrera e igualmente en los Robles y 4 se halló en la parte alta de rio los robles, donde el sustrato fue pedregoso.

El indice de Shannon indica que los valores inferiores a 2 son bajos en diversidad y superiores a estos son altos. En el muestreo se halló similitud en la abundancia de las especies, aunque pobreza en uno de ellos, claro esta que puede haber diversas especies con pocos representantes como ocurrio en la parte baja antes de cosecha en la Chorrera.

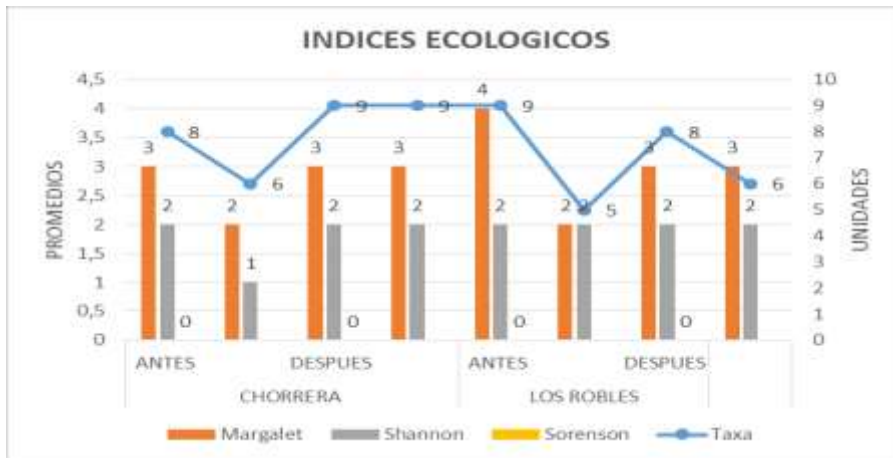
Cualitativamente los dos sitios muestrados se encontraron con poca similitud, pues se halló un valor menor a 50 %. Como se observa en la tabla 21 y en la grafica 22.

**Tabla 20. Índices ecológicos de la Quebrada La Chorrera, Finca La Cristalina y el Rio Robles tramo en la finca Las Violetas**

INDICES	CHORRERA				LOS ROBLES			
	ANTES		DESPUES		ANTES		DESPUES	
	PARTE ALTA	PARTE BAJA	PARTE ALTA	PARTE BAJA	PARTE ALTA	PARTE BAJA	PARTE ALTA	PARTE BAJA
<b>Taxa</b>	8	6	9	9	9	5	8	6
<b>Margalet</b>	3	2	3	3	4	2	3	3
<b>Shannon</b>	2	1	2	2	2	2	2	2
<b>Sorensen</b>	0.39		0.41		0.27		0.46	

Fuente propia

**Grafica 22. Índices ecológicos**



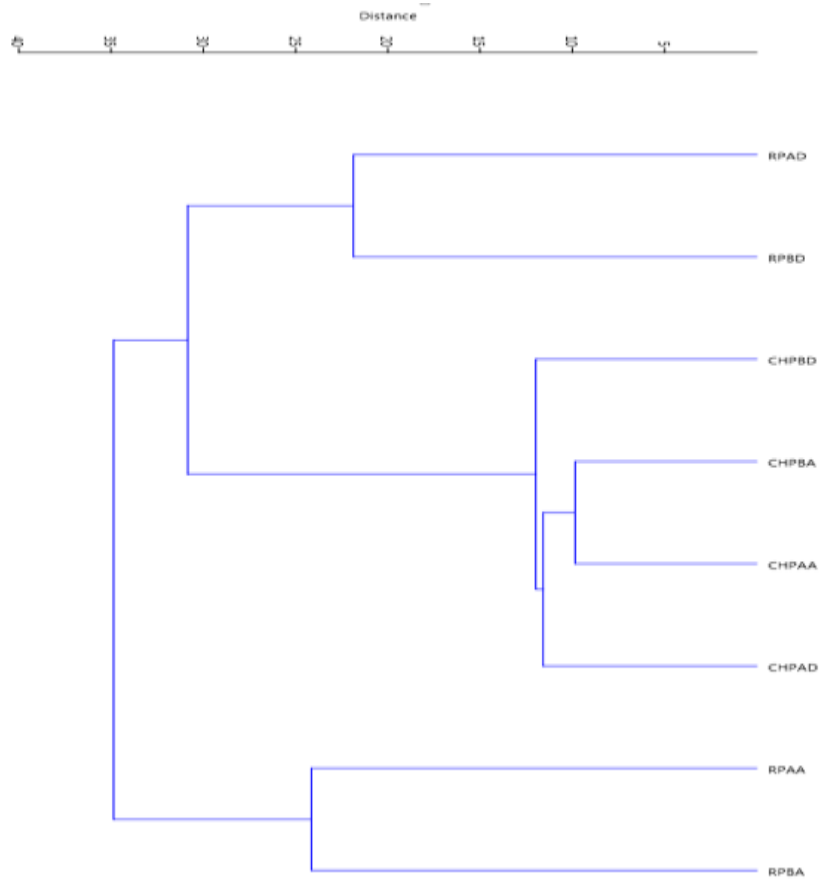
Fuente propia

### 5.5.1 Analisis de agrupamiento

El cluster de agrupamiento mostro un dendrograma, donde se observa la formacion de tres grupos, el primer grupo se halla integrado por los muestreos realizados en La Quebrada La Chorrera antes y despues de cosecha de café en dos sitios que se les llamo parte alta y baja, dentro de este grupo se halló un subgrupo que fue el realizado antes de cosecha, en esta temporada se hallaron mas individuos por presencia de un mejor caudal.

En el segundo y tercer grupo se observa la separacion de dos muestreos en el Rio Los Robles por un lado estan los de la parte alta y baja despues de cosecha en el que se halló menor numero de individuos debido a que hubo presencia de sustratos lodosos y arenosos y los de la parte alta y baja antes de cosecha, donde hubo una buena densidad de organismos, ya que hubo buena presencia de detritos, sutrato rocoso.

Figura 20. Dendrograma de agrupamiento de La Quebrada La Chorrera y el Rio Los Robles.



Fuente propia

## 5.6 MATRIZ DE IMPACTOS EN LA OBTENCION DE ETANOL A PARTIR DEL MUCILAGO DE CAFÉ

Para el análisis las actividades realizadas en el proyecto se tuvo en cuenta la matriz causa-efecto de Leopold, que determinara que impactos se generaron las diferentes actividades.

Para ello se tiene en cuenta los aspectos que se mencionaron en la metodología. A continuación en el cuadro 2, se representa los impactos ambientales y su naturaleza.





**Fuente propia**

A continuación se valoran los criterios de magnitud en las actividades del proyecto.  
Ecuación:

$$\text{Mag.} = (\text{INF} \times \text{winf}) + (\text{D} \times \text{wd}) + (\text{INT} \times \text{wint})$$

**Cuadro 9. Resultados de peso de ponderación de magnitud**

Actividad	Peso ponderación de influencia	Peso ponderación de duración	Peso ponderación de intensidad	Total
Beneficiado	1.8	2.4	1.8	6
Fermentación	0.3	0.4	0.3	1
Destilación	0.3	0.4	0.3	1
Comprobación	0.6	0.4	0.3	1.3
Total				9.3

**Fuente propia**

Evaluación de los criterios de importancia en las actividades del proyecto  
Ecuación:

$$\text{Imp.} = (\text{REV} \times \text{wrec}) + (\text{REC} \times \text{wrev})$$

**Cuadro 10. Resultado de peso de ponderación de impactos**

Actividad	Peso ponderación de recuperabilidad	Peso ponderación de reversibilidad	Total
Beneficiado	2.5	2.5	5
Fermentación	0.5	0.5	1
Destilación	0.5	0.5	1
Comprobación	0.5	0.5	1
Total			8

**Fuente propia**

A continuación se relacionan los valores encontrados en los niveles de magnitud e importancia, dando como resultado un valor de impacto.

Ecuación:

$$\text{Valor del impacto} = \pm (\text{Imp.} \times \text{Mag.})^{0,5}$$

**Cuadro 11. Resultado valor del impacto**

<b>Ecuación</b>	<b>Operación</b>	<b>Resultado</b>
Valor de impacto	$(8 \times 9.3) * 0.5$	8.6

**Fuente propia**

Teniendo en cuenta los rangos a usar en esta metodología, un impacto ambiental puede tener un valor máximo de 10 y mínimo de 1. Los cercanos a 1 serán los valores intrascendente y poca influencia en el entorno, más los valores mayores a 6,5 serán impactos de elevada incidencia en el medio sean positivos o negativos. En este caso el impacto ambiental tuvo un valor de 8.6 lo que indica una incidencia alta y negativa.

Sin embargo no hay que escatimar esta actividad caficultora pues es de gran importancia para los colombianos, ya que a través de ella se generan gran cantidad de empleos directos e indirectos, en todos los procesos que van desde el arreglo de terreno para el sembrado, el alistamiento del germinador de la semilla de café, pasando por otros procesos entre los que se encuentra el beneficio del café hasta que llega a una taza en cualquier lugar del mundo u otro uso en la industria.

Además mediante adecuadas disposiciones, usos y manejos de los subproductos se puede minimizar los impactos negativos que alteran los componentes físicos y bióticos, generando un valor agregado a los mismos.

## 5.6.2 EVALUACION DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES IDENTIFICADOS

Se analizaron los posibles impactos que se generan en el momento del beneficio de café, recolección del mucilago, fermentación, destilación y comprobación del producto destilado (etanol).

### 5.6.2.1 Impactos a los componentes físicos

#### 5.6.2.1.1 Atmosfera.

La atmosfera es la envoltura o capa gaseosa que rodea la tierra.

Se consideran contaminantes todo efecto donde se generen gases causantes del deterioro de la salud pública y la capa de ozono.

##### 5.6.2.1.1.1 Calidad del aire.

El aire forma la atmosfera o capa gaseosa que envuelve la tierra, es un recurso agotable.

Se observa afectación al aire no significativas en el proceso de fermentación por la liberación de CO<sub>2</sub>, mientras se obtiene alcohol.

Impacto es de forma negativa, de influencia global por que se suma a los contaminantes de la atmosfera.

#### 5.6.2.1.1.2 Olores

La presencia de olores se da en el beneficiado, donde se presentan diferentes olores como olor a miel del fruto del café, a fermentado, y los olores fuertes cuando se realiza la inoculación de la levadura, en el momento de fermentar el mucilago, en el proceso de destilación y cuando se realiza la comprobación utilizando sustancias químicas del laboratorio como: H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, KMnO<sub>4</sub>, K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>, entre otros.

El impacto es de carácter negativo, pero de influencia local, entre momentánea a temporal en el caso de los residuos del café y de baja a media intensidad, de efecto reversible y recuperable.

#### 5.6.2.1.1.3 Material particulado

No se observa en el proceso material particulado volátil.

#### 5.6.2.1.2 Suelo

Es la parte superficial de la corteza terrestre (hasta 2 metros) contienen propiedades que la diferencian del material rocoso subyacente.

Es el sostén de la vida vegetal y animal. Y es el producto resultante de la descomposición de materiales inorgánicos (roca madre) y orgánicos de la superficie terrestre, donde los agentes implicados en este proceso general son: el clima, los organismos, el relieve, el tiempo y el material parental.<sup>174</sup>

#### 5.6.2.1.2.1 Suelo

El suelo se ve afectado por escorrentía de aguas mieles y la pulpa de café en el proceso de beneficiado, que a mediano plazo reseca el suelo.

El impacto ambiental se ve debido a la pérdida de cobertura vegetal, erosionando el área de influencia, por lo que se considera de influencia local, de duración temporal e intensidad media con efectos posibles de reversible y recuperable.

---

<sup>174</sup> CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA. C.R.C. Subdirección de defensa del patrimonio. Programa de seguimiento, protección y control de los recursos naturales y el ambiente. 11, p.

### 5.6.2.1.3 Agua

Elemento y sustancia vital para la vida, regula el equilibrio del sistema global.

#### 5.6.2.1.3.1 Aguas superficiales

Se ven afectadas en el proceso del beneficiado por los subproductos como las aguas mieles, mucilago y pulpa de café cuando se vierten directamente sobre los recursos naturales, además en el proceso de comprobación cualitativa de la destilación, por los químicos que pueden ser echados por el sifón y se vierten igualmente sobre los recursos.

Otra forma de alteración es el gasto en general del recurso hídrico en todo el proceso, el cual se utiliza en la limpieza de los equipos y en la destilación fraccionada cuando entra al condensador para enfriar el líquido que ha pasado por la columna fraccionada.

El impacto es de carácter negativo que va desde local la finca hasta regional afectada por todas las fincas con un mismo problema de inadecuada disposición de los subproductos del café, termino temporal a permanente e influencia media, con algo de reversibilidad y recuperabilidad dependiendo del pronto proceso que se haga , pero que sigue siendo de aspecto negativo.

#### 5.6.2.1.3.2 Aguas subterráneas

No se conoce con certeza que tan impactante puede ser para las aguas subterráneas.

### 5.6.2.2 Impacto al componente biótico

#### 5.6.2.2.1 Flora

Son individuos importantes para la conservación de los Recursos Naturales, especialmente por su producción de oxígeno; evitan a erosión de los hábitat y albergan una gran variedad de fauna silvestre<sup>175</sup>.

Las siguientes son aspectos que se ven influenciados por las actividades dentro de la caficultura y los análisis en el laboratorio para la obtención del etanol.

---

<sup>175</sup> Op cit, 5, p.

#### 5.6.2.2.1.1 Cobertura vegetal

Se ve afectado por el cambio o adecuación del entorno para infraestructura en el proceso de beneficio del café y en casos por subproductos sólidos y líquidos vertidos directamente.

Impacto es negativo, debido a que cualquier alteración al ecosistema trae consigo importantes respuestas, es de influencia local, de duración temporal a permanente e intensidad media, poco reversible y recuperable.

#### 5.6.2.2.1.2 Vegetación terrestre

Es afectada por la escorrentía o disposición directa de los subproductos como aguas mieles del café o pulpa de café, que a mediano a largo plazo puede secar la vegetación y erosionar el suelo. Impacto generado es negativo que puede ir desde influencia puntual a regional, temporal, de intensidad media a alta y dependiendo del trabajo que se haga con cada subproducto, puede ser reversible y recuperable.

#### 5.6.2.2.1.3 Vegetación acuática

Es afectada por escorrentía o lixiviados de los subproductos del beneficio de café que llegan al ecosistema hídrico disminuyendo el oxígeno y afectando la vida.

Es un impacto adverso tanto para el ecosistema hídrico, la fauna por alteración a los componentes del agua consiguiendo la muerte de los organismos allí encontrados.

#### 5.6.2.2.2 Fauna

Incluye todo organismo vivo que se mueve sobre la superficie terrestre, subterránea y acuática

##### 5.6.2.2.2.1 Fauna terrestre

Afectada por contacto directo con los subproductos del café al verter o arrojar los residuos sólidos y líquidos en el suelo, minimizando su capacidad de vivir.

La influencia estaría relacionada por las practicas e infraestructura que tenga cada finca, esto mismo genera como resultado que duración podría tener e intensidad y si tiene una importancia que forje unas medidas que den como resultado si son recuperables y reversibles.

#### 5.6.2.2.2 Fauna acuática

La disposición final en cualquier sistema de tratamiento para aguas mieles es regresarla a su cauce, pero no se sabe que calidad de agua se devuelve. Como respuesta está la baja diversidad de especies que se pueden encontrar en un recurso hídrico. El impacto es negativo que podría ser desde magnitud local a regional por ser un río o quebrada afectada, duración temporal, intensidad media, poco reversible y recuperable.

#### 5.6.2.3 Impacto al componente social y económico

Influencia toda la población cafetera y la población beneficiada por los trabajos directos e indirectos.

##### 5.6.2.3.1 Nivel cultural

Afectada por regionalismo en las fincas, campos y pueblos, donde aparecen las costumbres de los jornaleros que se reúnen en diferentes lugares del país.

##### 5.6.2.3.1.1 Salud

Suele aparecer por no tener ergonomía en las labores del lugar de trabajo o sea esforzarse más de lo que se puede. También por picazón o mordidas de algún animal en el campo.

Además influyen los hábitos de algunos trabajadores que consumen drogas

##### 5.6.2.3.1.2 Empleo

A nivel nacional se hallan sembradas 877.000 ha de café, donde hay 541.180 caficultores, en el Cauca hay 90 mil caficultores y 93 ha de café sembrado y se generan 60 mil empleos directos <sup>176</sup>, a este número se le agregan otra cantidad de trabajadores que se benefician realizando las múltiples labores de campo, administración y comercialización del grano, generando trabajos directos e indirectos. Por lo cual es de impacto positivo para la población que tiene los sembrados como la aledaña.

##### 5.6.2.3.1.3 Riesgo

Como se mencionó puede ser por no requerir el equipo necesario para las diferentes actividades y la seguridad en el trabajo como en maquinaria

---

176

#### 5.6.2.3.1.4 Actividad comercial

Es de impacto positivo pues además de generar empleo en el campo en las diferentes labores agrícolas, se crea la necesidad de adquirir nuevos equipos, maquinaria, insumos fomentando el comercio en los pueblos, además de actividades y lugares de ocio y recreación, entre otras. En los meses de cosecha es donde se fomenta más la actividad comercial.

#### 5.6.2.3.2 Servicios públicos

Son los generados en el proceso del beneficio, obtención del mucilago, fermentación, destilación y comprobación del etanol como el uso de agua y energía.

##### 5.6.2.3.2.1 Servicio público

Impacto negativo, pues hay gasto de agua potable para el beneficio del café, limpieza de equipos, destilación. Igualmente gasto de energía para el funcionamiento de los equipos como la despulpadora, la estufa, la báscula, filtro al vacío, la plancha calentadora, servicio sanitario.

#### 5.6.2.3.3 Escenario

El espacio modificado para la realización del proyecto

##### 5.6.2.3.3.1 Valor escenario

El impacto es poco significativo, pues aunque hay cambio del entorno, se generan empleos para el mejoramiento de la infraestructura y condiciones de los subproductos contaminantes.

### 5.6.3 VALORACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES

Los impactos generados dentro del proyecto que va desde la obtención del mucilago, fermentación, destilación y comprobación cualitativa y que afectan a los componentes físicos bióticos y socioeconómicos, se describen a continuación en una matriz de identificación y valoración de impactos ambientales de Leopold.

#### **Cuadro 12. Matriz de identificación y evaluación de impactos**

Actividades	Factores ambientales		COMPONENTE FÍSICO						COMPONENTE BIÓTICOS				COMPONENTE. SOCIOECONÓMICOS Y CULTURALES					Afectaciones positivas	Afectaciones negativas	Agregación de impactos
			Elementos ambientales									Elementos ambientales								
			Atmosfera			Tierra	Agua		Flora		Fauna		Nivel cultural			Serv	Estético			
			Calidad del aire	olores	Material particulado	Suelo (Contaminación)	Aguas superficiales	Aguas subterráneas (contaminación)	Cobertura vegetal (retiro)	Vegetación terrestre	Vegetación acuática	Fauna terrestre	Fauna acuática	Salud y seguridad	Empleo	Riesgo a la población	A ctividades comerciales			
Beneficio	-2	-2	-2	-6	-6	4	-6	-6	-6	-6	-6	-3	9	-3	10	-6	-6	3	14	
Fermentación	2	2	2																0	2
Destilación					-2			-2		-2			3	-2	3	-6			2	5
Comprobación		-3			-6	1		-2		-2	-4			-2	1				0	6
Afectaciones positivas	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2	0	2	0	0				
Afectaciones negativas	2	3	1	1	3	0	1	1	3	1	3	2	0	3	0	2	1			
Agregaciones de impactos																				
Valor de los impactos más representativos																				

Fuente propia

Cuadro 13. Valores de factores y acciones del proyecto

Actividades	Factores ambientales		COMPONENTE FÍSICO						COMPONENTE BIÓTICOS				COMPONENTE. SOCIOECONÓMICOS Y CULTURALES					Afectaciones positivas	Afectaciones negativas	Agregación de impactos
			Elementos ambientales									Elementos ambientales								
			Atmosfera			Tierra	Agua		Flora		Fauna		Nivel cultural			Serv	Estético			
			Calidad del aire	olores	Material particulado	Suelo (Contaminación)	Aguas superficiales	Aguas subterráneas (contaminación)	Cobertura vegetal	Vegetación terrestre	Vegetación acuática	Fauna terrestre	Fauna acuática	Salud y seguridad	Empleo	Riesgo a la población	A ctividades comerciales			
Beneficio	-4	-4	-4	-36	-48	20	-30	-48	-48	-48	-15	72	-15	90	-36	-30	3	14	-232	
Fermentación	-4	-4																0	2	-8
Destilación					-2			-2		-2		3	-2	3	-30			2	5	-32
Comprobación		-3			-30			-2		-2	-4		-2					0	6	-43
Afectaciones positivas	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2	0	2	0	0				
Afectaciones negativas	2	3	0	1	3	0	1	1	3	1	3	2	0	3	0	2	1			-315
Agregaciones de impactos	-8	-11	-4	-36	-80	20	-30	-48	-52	-48	-52	-19	75	-19	93	-66	-30			-315
RESUMEN FACTORES AMBIENTALES			RESUMEN FACTORES AMBIENTALES			RESUMEN FACTORES AMBIENTALES			RESUMEN FACTORES AMBIENTALES			RESUMEN FACTORES AMBIENTALES			RESUMEN FACTORES AMBIENTALES			RESUMEN FACTORES AMBIENTALES		
IMPACTOS POSITIVOS			IMPACTOS POSITIVOS			IMPACTOS POSITIVOS			IMPACTOS POSITIVOS			IMPACTOS POSITIVOS			IMPACTOS POSITIVOS			IMPACTOS POSITIVOS		
7			7			7			7			7			7			7		
16%			16%			16%			16%			16%			16%			16%		
IMPACTOS NEGATIVOS			IMPACTOS NEGATIVOS			IMPACTOS NEGATIVOS			IMPACTOS NEGATIVOS			IMPACTOS NEGATIVOS			IMPACTOS NEGATIVOS			IMPACTOS NEGATIVOS		
27			27			27			27			27			27			27		
84%			84%			84%			84%			84%			84%			84%		
TOTAL DE IMPACTOS			TOTAL DE IMPACTOS			TOTAL DE IMPACTOS			TOTAL DE IMPACTOS			TOTAL DE IMPACTOS			TOTAL DE IMPACTOS			TOTAL DE IMPACTOS		
32			32			32			32			32			32			32		
100%			100%			100%			100%			100%			100%			100%		

Fuente propia

### 5.6.4 ANÁLISIS DE LA MATRIZ DE IMPACTOS AMBIENTALES EN LA OBTENCIÓN DE ETANOL A PARTIR DEL MUCILAGO DE CAFÉ Y AGUAS MIELES

Analizando los impactos generados en el proceso desde la recolección del mucilago hasta la obtención de alcohol y comprobación se considera que, los



impactos negativos se daban en el beneficiado pues se encontró que se gastaba gran cantidad de agua en este proceso de limpieza del grano, y en muchos casos eran vertidos directamente a fuentes hídricas y suelos, afectando la fauna y microfauna y macrofauna encontrada en estos, afectando la cuantificación de la demanda química de oxígeno, constituidos en la pulpa y el mucilago, ya que se encontró, que por cada kilogramo de fruto se producen en promedio 115,1 g de DQO, de los cuales el 73,7% (85 g) proviene de la pulpa y 26,3%(30 g) provienen del mucilago<sup>177</sup>. En la destilación al obtener el etanol, queda otro residuo con vinazas que podían contener carga orgánica las cuales deben ser tratadas por digestión anaerobia<sup>178</sup>.

La comprobación cualitativa presenta una posible contaminación por el uso de sustancias químicas como el  $K_2Cr_2O_7$  Y  $KMnO_4$  que después del análisis pueden verse a algún recurso. En las demás actividades no se hallan impactos negativos altamente significativos, pues es una afectación local, como lo es el ruido que se puede manejar utilizando protección en los oídos, las emisiones de  $CO_2$  generadas en la fermentación se utiliza medidas como ventilación y chimeneas para la extracción de gas y control de olores<sup>179</sup>.

Entre los impactos positivos se hallan, la generación de empleos directos e indirectos en la recolección de café y procesamiento del mismo y por ende el movimiento del comercio no solo a nivel local, sino nacional e internacional. Además con la utilización y transformación de los subproductos se da un enfoque sostenible a la caficultura y una generación de ingresos por la creación de empresas.

En el anexo K se mencionan algunas alternativas, usos y manejos que serían de gran importancia para el caficultor, donde se aprovechan estos subproductos dando un valor agregado a estos.

En los demás procesos del proyecto no se evidencian grandes impactos a menos que se haga a gran escala, lo cual ser positivos o negativos dependiendo del control que se lleve a proceso.

---

<sup>177</sup> ZAMBRANO;D.A.; RODRIGUEZ V,N; LOPEZ P,U; ZAMBRANO G,A J. Construya y opere su sistema modular de tratamiento anaerobio para las aguas mieles (cd rom). Chinchina. CENICAFE, 2010.36 p. Citado por: RODRIGUEZ V, Nelson. Beneficio del café en Colombia. Prácticas y estrategias para el ahorro, uso eficiente del agua y el control de la contaminación hídrica en el proceso de beneficio húmedo del café. 2015. 18, p.

<sup>178</sup> RODRIGUEZ V, Nelson; ZAMBRANO F, Diego A. Producción de alcohol a partir del mucilago de café. Revista Cenicafe 62(1): 2011. 56-69, p. Op cit, 68, p.

<sup>179</sup> RODRIGUEZ J, Erika A; CARDENAS H, Víctor A. Evaluación de la producción de bioetanol a partir de la degradación de la pulpa de café. Tesis de grado (Ingeniero Ambiental y Sanitario). Universidad de la Salle. Bogotá D.C. 2009. 140, p.

## CONCLUSIONES

Como conclusión en este trabajo se tiene que es posible obtener alcohol a partir del mucilago y las aguas mieles del café mediante la fermentación y destilación y de ser posible es una alternativa sostenible y sustentable a nivel local, regional global.

Se considera viable porque se reutiliza un residuo que es considerado desecho por uno de aprovechamiento, que además podría ser ayudante en los biocombustibles, disminuyendo efectos adversos en la atmosfera.

Es necesario contar con el apoyo de los propietarios de las fincas abastecedoras del mucilago, para emplear mejores tiempos de trabajo y mejores resultados.

Respecto a los objetivos propuestos no se llevó a cabo control de los tiempos de fermentación, para cada tratamiento en este caso con 2%, 4% y 6% de levadura *Sacharomyces Cerviaceae* activada, y sin duda se considera que se obtendrían mejores resultados del mucilago donde se usó menor cantidad de agua para su lavado.

Se debe tener en cuenta el pH contenido en el mucilago y la cantidad de levadura que se debe utilizar para la fermentación e igualmente su tiempo en este proceso.

En la destilación es importante tener en cuenta la temperatura, ya que por debajo de 70°C se destila metanol y por encima de 70°C etanol.

Para este caso no se evidencio diferencias significativas entre la fermentación con temperatura controlada de 30°C a una temperatura ambiente.

El análisis cualitativo que se hizo al líquido destilado mediante la guía de oxidación de alcoholes con permanganato de potasio y dicromato de potasio se determinó por su reacción que hay presencia de alcoholes primarios.

Se considera que la maduración del fruto de café y la cantidad de agua contenida en el mucilago cuando se hace el lavado afecta la concentración de azúcares favorables para la obtención de alcohol, igualmente otras características importante a tener en cuenta son la variedad y la altitud de siembra de cultivo.

Cada vez se generan más aprovechamientos de los subproductos del café aumentando y valorizando la cadena productiva del café.

Cada causa nueva en pro del mejoramiento de la calidad del proceso productivo del café no solo mejora la calidad de vida del caficultor sino del medio, donde se ve afectado positivamente el ámbito social, ambiental y económico.

En la caracterización cualitativa realizada se obtuvo resultados fisicoquímicos, microbiológicos y de macroinvertebrados que indican que las aguas de La Quebrada La Chorrera y el Rio Los Robles son de aceptable a dudosa calidad, por lo que son no recomendadas para consumo humano, donde se evidenció presencia *E. coli* bacteria presente en la heces humanas y macroinvertebrados del genero *Dugesia* y *Tubifex* indicadoras de aguas contaminadas a muy contaminadas.

Las de Rio Los Robles son afectadas solo por la presencia de lixiviados de los subproductos del beneficio del café, sino, además, por otras actividades como por el beneficio de pollos, extracción de material del rio, material orgánico en descomposición y efluentes contaminadas de las casa o fincas aledañas en este caso al Rio Los Robles. De hecho si se tomaran estas aguas para lavado de café afectaría su calidad organoléptica.

La quebrada La Chorrera, se vio afectada por la corriente que era escasa y que varió en los dos muestreos por presencia de días de lluvias en el primer muestreo y poca en el segundo muestreo, lo que afectó, pues había mucha vegetación en la rivera la cual arrojaba mucha materia orgánica en la cuenca, además de poca luz solar, que no favorecía la presencia de individuos ni el muestreo de estos.

La quebrada La Chorrera fue representada con una riqueza de individuos del genero *Anacronura sp.* Indicadora de aguas limpias y en su deficiencia con genero *Lectonema sp* resistentes a aguas contaminadas.

En cuanto a la diversidad se encontró que aunque es escasa el mejor sitio muestreado y representado fue el Rio Los Robles contando con individuos resistentes a alta contaminación como Tubificidae y Tipulidae, como a la de aguas moderadamente limpias como Ptilodactilidae.

Por otra parte la matriz de impactos de Leopold muestra que dentro de las actividades para la obtención de alcohol por fermentación y destilación a nivel de laboratorio no se hallaron impactos altamente significativos, solo se observa que el impacto significativo positivo que se da mediante el beneficio por los subproductos resultantes y que no tienen ningún post tratamiento.

En diferentes estudios realizados en varios países donde se pretende obtener etanol a partir del mucilago de café y derivados del café, se observó que los realizados en Colombia por CENICAFE están entre los más referenciados por sus buenos logros con esta práctica.

## RECOMENDACIONES

- Es necesario seguir estudiando estos subproductos ya que son recursos disponibles a nuestro alcance, pero que son valorados como una gran fuente de investigación.
- Los mejores resultados se darían si se pudiera tener control en la recolección del fruto maduro el cual contiene mejor concentración de azúcares
- Tener mejor concentración en la fermentación y sus tiempos e igualmente utilizando siempre inoculación de levaduras.
- Para mejores resultados en la destilación, es necesario concentrarse en cada tratamiento de peso/peso de 2%, 4% y 6% de *Sacharomyces Cerviacea*, debido a que cada plancha calentadora que se utilizó no funcionaba de la misma manera lo que afectaba comportamiento en la destilación.
- Es necesario contar en el laboratorio con más implementos para esta clase de actividades y así lograr mejores resultados o resultados verídicos.
- Se recomienda hacer más análisis fisicoquímicos, microbiológicos y de macroinvertebrados en estos sistemas loticos, y conocer su condición debido a que cuando falte el servicio del acueducto será necesario recurrir a ellos.
- La muestra para análisis de macroinvertebrados es mejor realizarla en época seca, debido que con las lluvias puede haber arrastre de ellos, perdiendo individuos indicadores, como también atrayendo a otros.
- Al final del documento en anexos se hallan otras alternativas de manejo y tratamientos para aguas mieles, mucilago y pulpa de café, para tener en cuenta.

- En la finca Las Violetas se recomienda hacer tratamiento a las aguas con sangre del beneficio de pollos y desperdicios del mismo como plumas y viseras para evitar el mal olor en el ambiente.

## BIBLIOGRAFÍA

- ABARRATALDEA. Manual práctico de técnicas de compostaje. Citado por, SUAREZ A, Jesús M. Aprovechamiento de los residuos sólidos provenientes del beneficio de café, en el municipio de Betania Antioquia: Usos y aplicaciones. 2012. 46, p.
- ALVAREZ A, Luisa F. Metodología para la utilización de los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt. Bogotá, D.C; 2005. 9, p. Disponible en internet: <http://repository.humboldt.org.co/handle/20.500.11761/31357>
- ARIAS Z, Mario *et al.* Producción de ácido láctico por fermentación de mucilago de café con *Lactobacillus Bulgaricus* NRRL-B548. Artículo 76, n° 158. 147-153, p. Medellín. 2009. ISSN 0012-7353. disponible en internet: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/dyna/article/view/10254/13479>
- ARIAS & RUIZ. *Fermentación alcohólica de mucilago de café con levadura Saccharomyces Cerevisiae*. 2001; GÓMEZ & MORALES. Producción de alcohol etílico a partir del mucilago de café. 2006; RODRÍGUEZ. Producción de etanol a partir de los subproductos del café. 2009. Citado por PAREDES H, Juan Jacobo. Mejoramiento del balance de energía en la producción de etanol de aguas mieles del café. (Revista digital INNOVARE). Laureate International Universities Unitec. 2012. 19, p. Disponible en internet: <http://innovare.unitec.edu/wp-content/uploads/2013/08/Articulo2.pdf>.
- ARMAS F, Eduardo A; CORNEJO M, Nubia C & MURCIA Z, Karina M. Propuesta para el aprovechamiento de los subproductos del beneficiado del café como una alternativa para la diversificación de la actividad cafetalera y aporte de valor a la cadena productiva. Título de grado (Ingeniero Industrial). Universidad de el Salvador. 2008. 70 p.
- ARMITAGE, P *et al.* The performance of a new biological water quality score system based on macroinvertebrates over a wide range of unpolluted running-waters sites. Citado por: Corporación Autónoma Regional de

Cundinamarca. CAR. Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua. 2012. 45, p.

- ASOCIACION NACIONAL DEL CAFÉ (ANACAFE). Los subproductos del café. Guatemala. Disponible en internet: [https://www.anacafe.org/glifos/index.php/BeneficioHumedo\\_Subproductos](https://www.anacafe.org/glifos/index.php/BeneficioHumedo_Subproductos)
- AVANCES TECNICOS CENICAFE. Factores, procesos y controles en la fermentación del café. 2012. 2, p. Disponible en internet: [www.cenicafe.org/es/publications/avt0422.pdf](http://www.cenicafe.org/es/publications/avt0422.pdf).
- AZNAR J, Antonio. Determinación de los parámetros fisicoquímicos de calidad de las aguas. Instituto tecnológico de química y materiales “Álvaro Alonso Barba”. Universidad Carlos III. Madrid, España. Disponible en internet: <http://ocw.uc3m.es/ingenieria-quimica/ingenieria-ambiental/otros-recursos-1/OR-F-001.pdf>
- BALLESTEROS, P. Uso energético de la biomasa. Citado por RODRIGUEZ V, Nelson y ZAMBRANO F, Diego A. Los subproductos de café: fuente de energía renovable. 2010. 1, p. Disponible en internet: <http://www.jotagallos.com/agricola/assets/cenicafe-avance-tecnico-393-subproductos-del-cafe.pdf>
- BATLL, J & GOLLADAY, S. Water quality and macroinvertebrate assemblages in three types of seasonally inundated limestone wetland in southwest Georgia. 2001. Citado por: GIL G, Julie A. Determinación de la calidad del agua mediante variables físico químicas y la comunidad de macroinvertebrados como bioindicadores de calidad del agua en la del Rio Garagoa. 2014. 21, p.
- BELTRAN & TRUJILLO, 1999. Citado por MARTINES G, Nicolás. Macro invertebrados acuáticos como sistema de evaluación de contaminación del Balneario Hurtado, Rio Guatapuri, Valledupar-Cesar. Trabajo de grado (Título de especialista), Bucaramanga, Santander.: Universidad Industrial de Santander. 2010. 25, p. Disponible en internet: <https://es.scribd.com/document/314712527/Tesis-Rio-Guatapuri>
- BIOLOGICAL MONITORING WORKING PARTY (BMWP). (Diapositivas).

- BLANDON, Gladis *et al.* Caracterización microbiológica y fisicoquímica de la pulpa de café solo y con mucilago, en proceso de lombricompostaje. Chinchina. CENICAFE, 1999, 5, p. Citado por SARASTY Z, Dan J. Alternativas de tratamiento del mucilago residual producto del beneficiado del café. 2012. Op cit, 36, p.
- BLANDON, Sandra; CASTILLO, Bayardo; LÓPEZ, Ana LL. Validación del mucilago de café para la producción de etanol y abono orgánico. Tesis (Ingeniería Agrícola). Universidad Nacional de Ingeniería. Nicaragua.
- BOLAÑOS *et al*, 2001. Citado por MARTINES G, Nicolás. Macro invertebrados acuáticos como sistema de evaluación de contaminación del Balneario Hurtado, Rio Guatapuri, Valledupar-Cesar. Trabajo de grado para optar al título de especialista, Bucaramanga, Santander. Universidad Industrial de Santander. 2010. 24, p.
- BRAVO M, Carlos Mario. Obtención de bioetanol a partir de la pulpa de café variedad caturra (*coffea arabica*), cultivada en el corregimiento de San José de Oriente, Municipio de la Paz- Cesar
- CALLE, H. Subproductos del café. Chinchina. Citado por RODRIGUEZ, Nelson. Manejo de residuos en la agroindustria cafetera. Seminario internacional gestión integral de residuos sólidos y peligrosos, siglo XXI. 7, p. Disponible en internet: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/acodal/xxx.pdf>
- CAMARGO D, Alberto. Evaluación ambiental de la quebrada La Honda del Municipio del Socorro mediante los índices BMWP y QBR. Trabajo de investigación, Monografía, (Título de Especialista en Química Ambiental). Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ciencias, Escuela de Química. Bucaramanga, Santander. 2004. Disponible en internet: <https://docplayer.es/46897526-Evaluacion-ambiental-de-la-quebrada-de-la-honda-del-municipio-del-socorro-mediante-los-indices-bmwp-y-qbr-alberto-camargo-diaz.html>.
- CAPACITACIÓN. EMPRENEDORES EN TRANSFORMACIÓN Y COMERCIALIZACIÓN DE PRODUCTOS DERIVADOS DEL CAFÉ. SENA.2015.



- CERQUERA R, M. E. Evaluación de desempeño del reactor hidrolítico ácido génico de flujo descendente como tratamiento primario de las aguas mieles del café en el departamento del Valle del Cauca. (Tesis de maestría). Universidad de Manizales. Colombia. 2017.
- COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. RESOLUCION 0631 de 2015. Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones. En internet: [https://docs.supersalud.gov.co/PortalWeb/Juridica/OtraNormativa/R\\_MADS\\_0631\\_2015.pdf](https://docs.supersalud.gov.co/PortalWeb/Juridica/OtraNormativa/R_MADS_0631_2015.pdf)
- COLOMBIA. LEY 1715 DE 2014. Energías renovables. Disponible en internet: <http://www.fedebiocombustibles.com/files/1715.pdf>
- COLOMBIA. LEY 1715 DE 2014. Energías renovables. Disponible en internet: <http://www.fedebiocombustibles.com/files/1715.pdf>
- COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Decreto 2667 de 2012. Disponible en internet: <http://www.emserchia.gov.co/PDF/Decreto2667.pdf>
- COLOMBIA. CORPORACION AUTONOMA REGIONAL (CRC). DECRETO 2667 de 2012. Citado por: SOLANO, Jorge I. Implementación de infraestructura para el beneficio húmedo y seco del café a pequeños caficultores de la Vereda las Yescas, Municipio de Sotará Departamento del Cauca. 2014. 45-47, p.
- COLOMBIA. CORPORACION AUTONOMA REGIONAL (CRC). DECRETO 2667 de 2012. Citado por: SOLANO, Jorge I. Implementación de infraestructura para el beneficio húmedo y seco del café a pequeños caficultores de la Vereda las Yescas, Municipio de Sotará Departamento del Cauca. 2014. 45-47, p.
- COLOMBIA. MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA. DECRETO 4892 DE 2011. Por el cual se dictan disposiciones aplicables al uso de alcoholes carburantes y biocombustibles para vehículos automotores. Disponible en internet: <http://www.fedebiocombustibles.com/files/4892.pdf>

- COLOMBIA. MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA. DECRETO 4892 DE 2011. Disponible en internet: <http://www.fedebiocombustibles.com/files/4892.pdf>
- COLOMBIA. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. CONPES 3510. 2008. Biocombustible 2008. Disponible en internet: [http://www.fedebiocombustibles.com/files/Conpes\\_3510.pdf](http://www.fedebiocombustibles.com/files/Conpes_3510.pdf)
- COLOMBIA. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. CONPES 3510. Biocombustible.2008. Disponible en internet: [http://www.fedebiocombustibles.com/files/Conpes\\_3510.pdf](http://www.fedebiocombustibles.com/files/Conpes_3510.pdf)
- COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL Y MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA. RESOLUCION 182087 DE 2007. Por la cual se modifican los criterios de calidad de los biocombustibles para su uso en motores diésel como componente de la mezcla con el combustible diésel de origen fósil en procesos de combustión. Disponible en internet: <http://www.fedebiocombustibles.com/files/RESOLUCI%C3%93N%2018%202087%20DE%202007.pdf>
- COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. RESOLUCION 2115 DE 2007. Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano Citado por: Corporación Autónoma Regional del Cauca, Alcaldía Municipal de El Tambo. Disponible en internet: [http://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/normativa/Res\\_2115\\_de\\_2007.pdf](http://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/normativa/Res_2115_de_2007.pdf)
- COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL Y MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA. RESOLUCION 182087 DE 2007. Por la cual se modifican los criterios de calidad de los biocombustibles para su uso en motores diésel como componente de la mezcla con el combustible diésel de origen fósil en procesos de combustión Disponible en internet: <http://www.fedebiocombustibles.com/files/RESOLUCI%C3%93N%2018%202087%20DE%202007.pdf>
- COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Decreto 3100 de 2003. Disponible en internet: <https://parquearvi.org/wp-content/uploads/2016/11/Decreto-3100-de-2003.pdf>

- COLOMBIA. MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA. Ley 812 de 2003 disponible en internet: [https://www.minminas.gov.co/documents/10180//23517//22684-Ley\\_812\\_de\\_2003.pdf](https://www.minminas.gov.co/documents/10180//23517//22684-Ley_812_de_2003.pdf)
- COLOMBIA. MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. Decreto 1729 de 2002. Disponible en internet: [http://www.medellin.unal.edu.co/~poboyca/documentos/documentos1/documentos-Juan%20Diego/PInaifi\\_Cuencas\\_Pregrado/decreto%201729%202002%20\(1\).pdf](http://www.medellin.unal.edu.co/~poboyca/documentos/documentos1/documentos-Juan%20Diego/PInaifi_Cuencas_Pregrado/decreto%201729%202002%20(1).pdf)
- COLOMBIA. LEY 693 DE 2001. Disponible en internet: <http://www.fedebiocombustibles.com/files/Ley%20693%20de%202001.pdf>
- COLOMBIA. LEY 693 DE 2001. Por la cual se dictan normas sobre el uso de alcoholes carburantes, se crean estímulos para su producción, comercialización y consumo, y se dictan otras disposiciones. Disponible en internet: <http://www.fedebiocombustibles.com/files/Ley%20693%20de%202001.pdf>
- COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE *et al.* 2001. Citado por MARTINES G, Nicolás. Macroinvertebrados acuáticos como sistema de evaluación de contaminación del Balneario Hurtado, Rio Guatapuri, Valledupar-Cesar. Trabajo de grado. (Título de especialista). Bucaramanga, Santander.: Universidad Industrial de Santander. 2010.
- COLOMBIA. MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. RESOLUCIÓN 372 DE 1998. Disponible en internet: [http://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/normativa/Res\\_372\\_1998.pdf](http://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/normativa/Res_372_1998.pdf)
- COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Ley 373/97. Disponible en internet: [http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/leyes/1997/ley\\_0373\\_1997.pdf](http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/leyes/1997/ley_0373_1997.pdf)
- COLOMBIA. Decreto 1594 de 1984 Disponible en internet: [http://www.ideam.gov.co/documents/24024/36843/Dec\\_1594\\_1984.pdf/aacbcd5d-fed8-4273-9db7-221d291b657fcom/files/Ley%20693%20de%202001.pdf](http://www.ideam.gov.co/documents/24024/36843/Dec_1594_1984.pdf/aacbcd5d-fed8-4273-9db7-221d291b657fcom/files/Ley%20693%20de%202001.pdf)

- CORANTIOQUIA, MANUAL PIRAGUEÑO. CALIDAD HIDROBIOLÓGICA DEL AGUA. PROGRAMA INTEGRAL – RED AGUA. PRIMERA EDICIÓN. MEDELLIN, COLOMBIA. 2014.
- CORBET (1980). Citado por: CAMARGO D, Alberto. Evaluación ambiental de la quebrada La Honda del Municipio del Socorro mediante los índices BMWP y QBR. 2004. 107, p.
- CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA (CRC). Decreto 2667 de 2012. Citado por: SOLANO, Jorge I. Implementación de infraestructura para el beneficio húmedo y seco del café a pequeños caficultores de la Vereda las Yescas, Municipio de Sotaró Departamento del Cauca. Trabajo de grado (Agrónomo). Universidad Nacional Abierta y a Distancia. Escuela de Ciencias Agrarias. 2014. 45-47, p. Disponible en internet:  
<https://stadium.unad.edu.co/preview/UNAD.php?url=/bitstream/10596/2709/1/10535246.pdf>.
- CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL CAUCA (CRC). Alcaldía Municipal del Tambo, Convenio 0753 de 2008. Plan de ordenamiento y manejo de la subcuenca hidrográfica del Rio Hondo Departamento del Cauca. Fase: Aprestamiento y diagnóstico. Popayán 2009. 295, p. en internet:  
[http://crc.gov.co/files/ConocimientoAmbiental/POMCH/rio\\_hondo/rio\\_hondo.pdf](http://crc.gov.co/files/ConocimientoAmbiental/POMCH/rio_hondo/rio_hondo.pdf)
- CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA. C.R.C. Subdirección de defensa del patrimonio. Programa de seguimiento, protección y control de los recursos naturales y el ambiente. 11, p
- CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA. CAR. Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua. 2012. 45, p. Disponible en internet:  
[http://www.academia.edu/15459713/Los\\_Macroinvertebrados\\_omo\\_Bioindicadores\\_de\\_la\\_Calidad\\_Del\\_Agua](http://www.academia.edu/15459713/Los_Macroinvertebrados_omo_Bioindicadores_de_la_Calidad_Del_Agua).
- CORREDOR AVELLA, German. “Tablero de comando” para la promoción de los biocombustibles en Colombia”. CEPAL. 7, p. En internet:  
[http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/3649/1/S2009074\\_es.pdf](http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/3649/1/S2009074_es.pdf)
- CORTES M, Elkin; SUAREZ M, Héctor y PARDO C, Sandra. Biocombustibles y autosuficiencia energética. Medellín. 2008. 107, 108, p.

Disponible en internet:  
<http://www.scielo.org.co/pdf/dyna/v76n158/a10v76n158.pdf>

- CORTES R, Martha E & LADINO S, Olga B. Elaboración de una bebida alcohólica usando subproductos del proceso de beneficio del café (pulpa de café). Revista NOVA (Colombia) 2. 2016. Disponible en internet: [revistas.sena.edu.co/index.php/rnova/article/download/619/683](http://revistas.sena.edu.co/index.php/rnova/article/download/619/683)
- D GALLEGO, J JIMÉNEZ y Otros, Funcionamiento Hidráulico de un Filtro Anaeróbico de Flujo Ascendente. Citado por, SUAREZ A, Jesús M. Aprovechamiento de los residuos sólidos provenientes del beneficio de café, en el municipio de Betania Antioquia: Usos y aplicaciones. 2012. 44, p.
- ECURED, CU. Obtenido de fermentación alcohólica. Citado por Torres C, Lady T. Obtención de bioetanol a partir del cisco (cascarilla) del café generado como subproducto final en la cadena productiva caficultora. Trabajo de grado (Ingeniera industrial). 2015. 9, p.
- FAÑA, B. J. evaluación rápida de la contaminación hídrica. Ediciones G.H.e.N. Citado por CAICEDO C, Karen T. Influencia del vertimiento de las aguas residuales generadas por la rayandería porvenir, sobre la comunidad de macroinvertebrados acuáticos en la quebrada Matecaña al sur del Municipio del Tambo-Cauca. 2015. Trabajo de grado. (Ecología). FUP.
- FAÑA, 2000. Citado por MARTINES G, Nicolás. Macro invertebrados acuáticos como sistema de evaluación de contaminación del Balneario Hurtado, Rio Guatapuri, Valledupar-Cesar. 2010. 24, p.
- FEDERACIÓN NACIONAL DE CAFETEROS. Manejo Integral de las Aguas y los residuos Sólidos en las Fincas Cafeteras. Citado por SUAREZ A, Jesús M. Aprovechamiento de los residuos sólidos provenientes del beneficio de café, en el municipio de Betania Antioquia: Usos y aplicaciones. 2012. 43, p.
- FEDERACION NACIONAL DE CAFETEROS. Sostenibilidad. Citado por SOLANO S, Jorge I. Implementación de infraestructura para el beneficio húmedo y seco de café a pequeños caficultores de la vereda Las Yescas, Municipio de Sotará, Departamento del Cauca. 40, 41 p.

- FIGUEROA, R; VALDOVINOS, E; ARAYA, E & PARRA, O. 2003. Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de calidad de agua de ríos del sur de Chile. 2003. Citado por: GIL G, Julie A. Determinación de la calidad del agua mediante variables físico químicas y la comunidad de macroinvertebrados como bioindicadores de calidad del agua en la del Rio Garagoa. 2014. 21, p.
- FRANCO, Carlos J; FLOREZ, Ana M y OCHOA, María C. Análisis de la cadena de suministros de biocombustibles en Colombia. Revista de dinámica de sistemas Vol. 4 N°. 2 (octubre 2008). 2, 3, p. Disponible en internet:  
263816420\_Analisis\_de\_la\_cadena\_de\_suministro\_de\_biocombustibles\_en\_Colombia
- FUNDACIÓN MANUEL MEJÍA. Aseguramiento de la calidad del café en la finca. Modulo, Aseguramiento ¿Cómo mejoro la competitividad del café que produzco en mi finca? 2016. 10, p.
- FUNES *et al.* Producción de bioetanol a partir del mucilago de café (*Coffea arabica*. I). CURC. UNAH. Comayagua. Honduras. 2011. 15, p. Disponible en internet: <http://www.lamjol.info/index.php/RCT/article/viewFile/1068/899>
- GARCIA P, Jessica I. Evaluación del rendimiento de extracción de pectinas en aguas mieles del beneficiado de café procedentes de desmucilaginado mecánico. Título de grado (Ingeniero Químico). Universidad del Salvador, Centro América. 2009. 43, p. Disponible en internet: [http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/2033/1/Evaluaci%C3%B3n\\_del\\_rendimiento\\_de\\_extracci%C3%B3n\\_de\\_pectina\\_en\\_aguas\\_mieles\\_del\\_beneficiado\\_de\\_caf%C3%A9\\_procedentes\\_de\\_desmucilaginado\\_mec%C3%A1nico.pdf](http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/2033/1/Evaluaci%C3%B3n_del_rendimiento_de_extracci%C3%B3n_de_pectina_en_aguas_mieles_del_beneficiado_de_caf%C3%A9_procedentes_de_desmucilaginado_mec%C3%A1nico.pdf)
- GIL G, Julie A. Determinación de la calidad del agua mediante variables físico químicas y la comunidad de macroinvertebrados como bioindicadores de calidad del agua en la del Rio Garagoa. Trabajo de investigación. (Título de Magister en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente). Universidad de Manizales, Facultad de Ciencias Contables Económicas y Administrativas. 2014. Disponible en internet: [http://ridum.umanizales.edu.co:8080/xmlui/bitstream/handle/6789/1803/tesis\\_JAGG.pdf](http://ridum.umanizales.edu.co:8080/xmlui/bitstream/handle/6789/1803/tesis_JAGG.pdf)

- GOMEZ *et al.* Determinación de los valores de bioindicación de los moluscos de agua dulce y taxonomía de la familia Hydrobiidae (Gastropoda: Rissoidea) en Colombia. Convenio Colciencias- Universidad Católica de Oriente. 2003. Citado por: ALVAREZ, A Luisa F. Metodología para la utilización de los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt. Bogotá, D.C; 2005. 20, p.
- GONZALES E. Temas selectos sobre el aprovechamiento de los residuos del beneficiado húmedo del café. 1982. Citado por RODRIGUEZ, Nelson. Manejo de residuos en la agroindustria cafetera. 7, p. En internet: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/acodal/xxx.pdf>.
- GRADUACION ALCOHOLICA. Disponible en internet: [https://es.wikipedia.org/wiki/Graduaci%C3%B3n\\_alcoh%C3%B3lica](https://es.wikipedia.org/wiki/Graduaci%C3%B3n_alcoh%C3%B3lica)
- GUZMAN M, Carlos D. Estandarización de producción de bio-etanol a base de mucilago de café en la planta de biocombustibles del tecno-parque Yamboro del SENA Pitalito Huila. Trabajo de grado (Ingeniero Industrial). UNAD. Escuela de ciencias básicas, tecnología e ingeniería. 2014. 7, p. Disponible en internet: <https://repository.unad.edu.co/retrieve/41119/83258559.pdf>
- HAWKES.1979. Citado por: ALVAREZ, A Luisa F. Metodología para la utilización de los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt. Bogotá, D.C; 2005. 9, p.
- HAWKER, H. Invertebrates as indicators of river water quality.1980. Citado por: GIL G, Julie A. Determinación de la calidad del agua mediante variables físico químicas y la comunidad de macroinvertebrados como bioindicadores de calidad del agua en la del Rio Garagoa. Trabajo de investigación. (Título de Magister en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente). Universidad de Manizales, Facultad de Ciencias Contables Económicas y Administrativas. 2014. 21, p.

- HIGUERA C, Oscar Fabián; TRISTANCHO R, José Luis y FLOREZ G, Luis Carlos. BIOCMBUSTIBLES Y SU APLICACION EN COLOMBIA. Scientia et Technica año XIII, N° 34, mayo de 2007. 171, p. Universidad Tecnológica de Pereira. ISSN 0122-1701. Disponible en internet: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4807993.pdf>
- INBIO (Instituto Nacional de Biodiversidad, 1997). citado por POLO, Yenny Melissa. Análisis de factibilidad técnica, ambiental y financiera para la producción y comercialización de café sostenible por el grupo asociativo Robles del Macizo- Corregimiento de Bruselas (Municipio de Pitalito, Huila). Pereira. Trabajo de grado (Administradora Ambiental). Universidad Tecnológica de Pereira (U.T.P). 2013. Disponible en internet: <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/11059/3077/3/57755P778.pdf>
- INFORME DE LA CLASE DE P.O.T. 2014.
- INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN DE RECURSOS BIOLÓGICOS ALEXANDER VON HUMBOLDT. Métodos para el Análisis de datos: Una aplicación para Resultados provenientes de Caracterizaciones de Biodiversidad. Citado por MELENJE O, Paula A y MENESES L, Jennifer L. Evaluación de la calidad de agua de las fuentes hídricas que abastecen las Veredas Barbillas, Guachicono Centro y Juanchito, Resguardo Indígena de Guachicono, Municipio de la Vega Cauca, Colombia. Trabajo de grado (ecóloga). Facultad de Ciencias Naturales. 2015.
- LONDOÑO, Adela, GIRALDO, Gloria & GUTIERREZ, Adamo. Métodos analíticos para la evaluación de la calidad físico química del agua. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Sede Manizales. 2010. 52, p. Disponible en internet: <http://bdigital.unal.edu.co/49658/7/9789588280394.pdf>
- LONDOÑO P, Rubén Darío y MARTINEZ, Yaneth P. Manejo de vertimientos y desechos en Colombia. Una visión general. Revista Épsilon N° 9: 89-104. 2007. 102, 102, p. Disponible en internet: [revistas.lasalle.edu.co/index.php/ep/article/download/1957/1823](http://revistas.lasalle.edu.co/index.php/ep/article/download/1957/1823)



- LOPEZ NUÑEZ, Juan Carlos. Producción de bio-alcoholes, a partir de mucilago obtenido con tres tecnologías utilizadas en el beneficio ecológico del café. Tesis de grado (Magister en desarrollo sostenible y medio ambiente). Universidad de Manizales, Caldas. 2017. 31, p.
- LUGO C, C. I.; MEJIA G, C.A.; ORTIZ B, S. P. Control de contaminación de las aguas mieles del café a partir de la obtención de gas y bioabono por medio de biodigestores. (Tesis de especialización). Universidad Santiago de Cali. 2009.
- MANUAL DE INSTRUCCIONES PCE-Oe. 4, p. En internet: <https://www.pce-instruments.com/french/slot/4/download/92648/manual-pce-oe.pdf>
- MARTINES G, Nicolás. Macroinvertebrados acuáticos como sistema de evaluación de contaminación del Balneario Hurtado, Rio Guatapuri, Valledupar-Cesar. Trabajo de grado. (Título de especialista). Bucaramanga, Santander.: Universidad Industrial de Santander. 2010. 23, p. Disponible en internet: <https://es.scribd.com/document/314712527/Tesis-Rio-Guatapuri>.
- MATAMOROS. Servicios de agua y drenaje de Monterrey. Citado por TORRES C, Lady Tatiana. Obtención de bioetanol a partir del cisco (cascarilla) del café generado como subproducto final en la cadena productiva caficultora. Trabajo de grado (ingeniera industrial). 2015. 3, p.
- MATRICES CAUSA –EFECTO. LA MATRIZ DE LEOPOLD. 3, p. Disponible en internet: [s81c843597189ba68.jimcontent.com/download/version/.../matrizdeleopold.pdf](https://s81c843597189ba68.jimcontent.com/download/version/.../matrizdeleopold.pdf)
- MATUK V, Vivian; PUERTA Q, Gloria I & RODRÍGUEZ V, Nelson. Impacto biológico de los efluentes del beneficio húmedo del café. Cenicafé 48(4): 234-252. 1997. 235, p. En internet: [http://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/67/1/arc048\(04\)234-252.pdf](http://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/67/1/arc048(04)234-252.pdf)
- MENESES L, Jennifer A & MELENJE O, Paula A. Evaluación de la calidad de agua de las fuentes hídricas que abastecen las veredas El Campo, El

Diviso y Las Cuchillas del Municipio de Florencia Cauca –Colombia. Tesis de grado (Ecología). Fundacion Universitaria de Popayán. 2017.

- METCALF & HEDDY, 1985; Massachussets Water Watch Partnership, 2002. Citado por MARTINES G, Nicolás. Macroinvertebrados acuáticos como sistema de evaluación de contaminación del Balneario Hurtado, Rio Guatapuri, Valledupar-Cesar. Trabajo de grado. (Título de especialista). Bucaramanga, Santander.: Universidad Industrial de Santander. 2010. 24, p.
- METODOLOGÍA PARA LOS ESTUDIOS DE IMPACTO AMBIENTAL. 10, 13, p. En internet:
- MINISTERIO DE SALUD, 1998; ROMERO, 2001. Citado por MARTINES G, Nicolás. Macroinvertebrados acuáticos como sistema de evaluación de contaminación del Balneario Hurtado, Rio Guatapuri, Valledupar-Cesar. Trabajo de grado. (Título de especialista). Bucaramanga, Santander.: Universidad Industrial de Santander. 2010. 21, p.
- MINGA S, Liliana L. análisis e investigación del café de la Perla, Nanegal y sus aplicaciones en la gastronomía. Escuela de gastronomía Udl. Título de grado (Tecnologa en alimentos y bebidas). 2017. 38, 50, p. Disponible en internet: <http://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/7012/1/UDLA-EC-TTAB-2017-01.pdf>
- MONTENEGRO G, Daniel F y ORDOÑEZ, José J. Obtención de alcohol a partir de la fermentación del lixiviado de residuos orgánicos de mango (*Mangifera indica*), papa (*Solanum tuberosum*), piña (*Ananas comosus*), platano (*Musaceae*) y lulo (*Solanum quitoense* Lam) provenientes de la galería La Esmeralda en el Municipio de Popayán. Trabajo de grado (Ingeniero Industrial). Facultad de Ingeniería. 2012. 31, 97, p.
- MORA A & SOLER, M. Estudio limnológico con énfasis en los macroinvertebrados bentónicos de la parte alta del rio Bogota. 1993. Citado por: GIL G, Julie A. Determinación de la calidad del agua mediante variables físico químicas y la comunidad de macroinvertebrados como bioindicadores de calidad del agua en la del Rio Garagoa. Trabajo de

investigación. (Título de Magister en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente). Universidad de Manizales, Facultad de Ciencias Contables Económicas y Administrativas. 2014. 21, p.

- MORA & SOLER. *Estudio limnológico con énfasis en los macroinvertebrados bentónicos de la parte alta del río Bogotá*. 1993; PRAT N & RIERADEVAl, M. Criterios de evaluación de la calidad del agua en los lagos y embalses basados en macroinvertebrados bentónicos. 1998; XIE, CAI, TANG, MA LIU & YE. Structure of macrobenthos of the east dongting nature reserve, with emphasis on relationships with environmental variables. 2003; PAUKERT, C & WILLIS, D. Aquatic invertebrate assemblages in shallow prairie lakes: fish and environmental influences. 2003; DUGEL, M & KASANCI, N. Assessment of water quality of the buyuk menderes river Turkey by using ordination and classification of macroinvertebrates and environmental variables. 2004. Citado por: GIL G, Julie A. Determinación de la calidad del agua mediante variables físico químicas y la comunidad de macroinvertebrados como bioindicadores de calidad del agua en la del Río Garagoa. Trabajo de investigación. (Título de Magister en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente). Universidad de Manizales, Facultad de Ciencias Contables Económicas y Administrativas. 2014. 21, p.
- MUNICIPIO DE TIMBIO (Plan de Desarrollo Municipal 2016-2019). Disponible en internet: [http://alcaldia-municipio-de-timbio.micolombiadigital.gov.co/sites/alcaldia-municipio-de-timbio/content/files/000002/62\\_1plan\\_de\\_desarrollounetealprogreso20162019.pdf](http://alcaldia-municipio-de-timbio.micolombiadigital.gov.co/sites/alcaldia-municipio-de-timbio/content/files/000002/62_1plan_de_desarrollounetealprogreso20162019.pdf)
- OCDE- FAO. Perspectiva de la agricultura. Citado por PAREDES H, Juan Jacobo. Mejoramiento del balance de energía en la producción de etanol de aguas mieles del café. Honduras. 2012. 18, p.
- OJEDA C, Manuel O. Caracterización físico químicas y parámetros de calidad del agua de la planta de tratamientos de agua potable de Barrancabermeja. Trabajo de grado (Ingeniero Químico). Facultad de ingenierías fisicoquímicas. Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga. 2012. 18, p. Disponible en:

<https://studylib.es/doc/5121592/caracterizaci%C3%B3n-fisicoqu%C3%ADmica-y-par%C3%A1metros-de-calidad-del...>

- ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD. Guía de Orientación en Saneamiento Básico Para Alcaldías y Pequeñas Comunidades. Citado por, SUAREZ A, Jesús M. Aprovechamiento de los residuos sólidos provenientes del beneficio de café, en el municipio de Betania Antioquia: Usos y aplicaciones. 2012. 45, p.
- ORTEGA C, Jackeline & PEREZ L, Gladis E. Caracterización fisicoquímica y biológica de la quebrada La Puerquera en época de cosecha y postcosecha de café en el Municipio de Morales Departamento del Cauca. Trabajo de grado (Título de Ecólogo). Fundación universitaria de Popayán, Cauca. 2000. 1, p.
- PAREDES H, Juan Jacobo. Mejoramiento del balance de energía en la producción de etanol de aguas mieles del café. Honduras. 2012. 18, 30, p. Disponible en internet: [www.unitec.edu/innovare/?wpdmact=process&did=MTAuaG90bGluaw==](http://www.unitec.edu/innovare/?wpdmact=process&did=MTAuaG90bGluaw==)
- PASTEUR, Louis. La fermentación es consecuencia del metabolismo de la levadura. 1857. Siglo XIX. Citado por. BOULTON, N.J & QUAIN, D. *Brewingyeast and fermentation* (Blackwell science Ltd, Oxford, 2001)
- PLAN BÁSICO DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL DEL MUNICIPIO DE PIENDAMO. Cobertura y uso actual. 2010. 235, 236, p.
- POLO, Yenny Melissa. Análisis de factibilidad técnica, ambiental y financiera para la producción y comercialización de café sostenible por el grupo asociativo Robles del Macizo- Corregimiento de Bruselas (Municipio de Pitalito, Huila). Pereira. Trabajo de grado (Administradora Ambiental). Universidad Tecnológica de Pereira (U.T.P). 2013. 12, 14, p. Disponible en internet: <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/11059/3077/3/57755P778.pdf>
- QUÍMICA ORGÁNICA. TEMA 3. ALCOHOLES. Disponible en internet: <http://www.sinorg.uji.es/Docencia/QO/tema3QO.pdf>

- RAMÍREZ & VIÑA, 1989. Citado por MARTINES G, Nicolás. Macroinvertebrados acuáticos como sistema de evaluación de contaminación del Balneario Hurtado, Rio Guatapuri, Valledupar-Cesar. Trabajo de grado. (Título de especialista). Bucaramanga, Santander.: Universidad Industrial de Santander. 2010. 24, p.
- RATHINAVELU R & GRAZIOSI G. Posibles usos alternativos de los residuos y subproductos del café. Universidad de Trieste (Italia).
- RODRIGUEZ V, Nelson; ZAMBRANO F Diego A. Producción de alcohol a partir del mucilago de café. Revista Cenicafe 62 (I): 56-69. 2011. 57, p. Disponible en internet: [http://www.cenicafe.org/es/documents/Rev.\\_62\(1\).\\_art\\_5.\\_Produccion\\_de\\_alcohol.pdf](http://www.cenicafe.org/es/documents/Rev._62(1)._art_5._Produccion_de_alcohol.pdf)
- RODRIGUEZ, Nelson. Manejo de residuos en la agroindustria cafetera. Colombia: memorias del seminario internacional gestión integral de residuos sólidos y peligrosos, siglo XXI. Citado por SARASTY ZAMBRANO, Dan J. Alternativas de tratamiento del mucilago residual producto del beneficiadero del café. 2012. 37, p.
- RODRIGUÉZ, N; ZAMBRANO, D. Los subproductos del café: Fuente de energía renovable. Citado por SOLANO V, Jorge I. Implementación de infraestructura para el beneficio húmedo y seco de café a pequeños caficultores de la vereda Las Yescas, Municipio de Sotará, Departamento del Cauca. 2014. 37, p. Disponible en internet: <http://repository.unad.edu.co/bitstream/10596/2709/1/10535246.pdf>.
- RODRIGUEZ V, Nelson. Manejo de residuos en la agroindustria cafetera. Seminario internacional: Gestión integral de residuos sólidos y peligrosos siglo XXI. 2009. 10, p. Disponible en internet [www.bvsde.paho.org/bvsacd/acodal/xxx.pdf](http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/acodal/xxx.pdf)
- RODRIGUEZ V, Nelson. Producción de alcohol a partir de la pulpa de café. Revista Cenicafe 64 (2):n 78-93. 2013.
- RODRIGUEZ J, Erika A & CARDENAS H, Víctor A. Evaluación de la producción de bioetanol a partir de la degradación de la pulpa de café.

Trabajo de grado (Ingeniero Ambiental y Sanitario). Universidad de la Salle. Bogotá D.C. 2009.

- ROLDAN P. Bioindicación de la calidad del agua en Colombia: Uso del método BMWP/Col. 2003. Citado por CAICEDO C, Karen T. Influencia del vertimiento de las aguas residuales generadas por la rayandería porvenir, sobre la comunidad de macroinvertebrados acuáticos en la quebrada Matecaña al sur del Municipio del Tambo-Cauca. 2015. Trabajo de grado. (Ecología). FUP.
- ROLDAN. 1997. Citado por CAICEDO C, Karen T. Influencia del vertimiento de las aguas residuales generadas por la rayandería porvenir, sobre la comunidad de macroinvertebrados acuáticos en la quebrada Matecaña al sur del Municipio del Tambo-Cauca. 2015. Trabajo de grado. (Ecología). FUP.
- ROLDAN P, G. Fundamentos de Limnología Neo Tropical. 1° Edición.1992. Citado por MARTINES G, Nicolás. Macroinvertebrados acuáticos como sistema de evaluación de contaminación del Balneario Hurtado, Rio Guatapuri, Valledupar-Cesar. Trabajo de grado. (Título de especialista). Bucaramanga, Santander. Universidad Industrial de Santander. 2010. 23, p.
- ROLDAN, BOHORQUEZ, CASTAÑO,& ARDILLA. Estudio limnológico del embalse del Gauvito. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas y Naturales*. 2001. Citado por: GIL G, Julie A. Determinación de la calidad del agua mediante variables físico químicas y la comunidad de macroinvertebrados como bioindicadores de calidad del agua en la del Rio Garagoa. Trabajo de investigación. (Título de Magister en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente). Universidad de Manizales, Facultad de Ciencias Contables Económicas y Administrativas. 2014. 21, p.
- ROLDAN. Bioindicación de la calidad del agua en Colombia. 2003. Citado por: GIL G, Julie A. Determinación de la calidad del agua mediante variables físico químicas y la comunidad de macroinvertebrados como bioindicadores de calidad del agua en la del Rio Garagoa. Trabajo de investigación (Título de Magister en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente). Universidad de Manizales, Facultad de Ciencias Contables Económicas y Administrativas. 2014. 21, p.

- ROLDAN, G. Fundamentos de limnología tropical. 1992. Citado por: GIL G, Julie A. Determinación de la calidad del agua mediante variables físico químicas y la comunidad de macroinvertebrados como bioindicadores de calidad del agua en la del Rio Garagoa. Trabajo de investigación. (Título de Magister en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente). Universidad de Manizales, Facultad de Ciencias Contables Económicas y Administrativas. 2014. 21, p.
- ROLDAN P, Gabriel. Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia. Universidad de Antioquia. Editorial Presencia Ltda. 1988. Citado por: CAMARGO D, Alberto. Evaluación ambiental de la Quebrada de la Honda del Municipio del Socorro mediante los índices BMWP Y QBR. Monografía. (Título de Especialista). Universidad industrial de Santander. 2004. 91, 98, p.
- ROLDAN P, Gabriel & RAMIREZ R, Jhon J. Fundamentos de limnología neotropical. 2ª edición. Editorial Universidad de Antioquia. 2008. 206, p. ISBN 978-958-714-144-3. Disponibles en internet: <http://www.ianas.com/docs/books/wbp14.pdf>
- ROLDAN, 2003. Citado por: MARTINES G, Nicolás. Macroinvertebrados acuáticos como sistema de evaluación de contaminación del Balneario Hurtado, Rio Guatapuri, Valledupar-Cesar. Trabajo de grado. (Título de especialista). Bucaramanga, Santander. Universidad Industrial de Santander. 2010. 60, p.
- ROMERO. 1996. MARTINES G, Nicolás. Macroinvertebrados acuáticos como sistema de evaluación de contaminación del Balneario Hurtado, Rio Guatapuri, Valledupar-Cesar. Trabajo de grado. (Título de especialista). Bucaramanga, Santander.: Universidad Industrial de Santander. 2010. 23, p.
- ROMERO, 2001. Citado por MARTINES G, Nicolás. Macroinvertebrados acuáticos como sistema de evaluación de contaminación del Balneario Hurtado, Rio Guatapuri, Valledupar-Cesar. Trabajo de grado. (Título de

especialista). Bucaramanga, Santander. Universidad Industrial de Santander. 2010. 26, p.

- ROSENBERT, D. M & RESH, V.H. *Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates*. 1993. Chapman Hall Publ. Citado por: GIL G, Julie A. Determinación de la calidad del agua mediante variables físico químicas y la comunidad de macroinvertebrados como bioindicadores de calidad del agua en la del Rio Garagoa. Trabajo de investigación. (Título de Magister en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente). Universidad de Manizales, Facultad de Ciencias Contables Económicas y Administrativas. 2014. 20, p.
- SARASTY ZAMBRANO, Dan J. Alternativas de tratamiento del mucilago residual producto del beneficiadero del café. Trabajo de grado (Título de especialista en química ambiental). Bucaramanga (Santander). Universidad Industrial de Santander. Facultad de ciencias. Escuela de Química. 2012. 22, p. Disponible en internet: <http://repositorio.uis.edu.co/jspui/bitstream/123456789/7015/2/145122.pdf>
- SISTEMA DE INFORMACIÓN CAFETERA (SICA), Federación Nacional de Cafeteros. 2017
- SUAREZ A, Jesús M. 2012. Aprovechamiento de los residuos sólidos provenientes del beneficio del café, en el Municipio de Betania Antioquia: Usos y aplicaciones. 2012. 36, p. Disponible en internet: [http://repository.lasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/627/1/APROVECHAMIENTO\\_RESIDUOS\\_SOLIDOS\\_BENEFICIO\\_CAFE-pdf](http://repository.lasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/627/1/APROVECHAMIENTO_RESIDUOS_SOLIDOS_BENEFICIO_CAFE-pdf)
- TERCEDOR, J, A. macroinvertebrados acuáticos y la calidad de las aguas de los ríos. *IV Simposio del agua en Andalucía*.1996. Citado por: GIL G, Julie A. Determinación de la calidad del agua mediante variables físico químicas y la comunidad de macroinvertebrados como bioindicadores de calidad del agua en la del Rio Garagoa. Trabajo de investigación. (Título de Magister en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente). Universidad de Manizales, Facultad de Ciencias Contables Económicas y Administrativas. 2014. 21, p.



- TITULO C RAS 2000, Clases de fuentes de agua según su calidad. Citado por Corporación Autónoma Regional del Cauca, Alcaldía Municipal de El Tambo. Plan de ordenamiento y manejo de la subcuenca hidrográfica Rio Hondo Departamento del Cauca. 2009. 251, p. Disponible en internet: [http://crc.gov.co/files/ConocimientoAmbiental/POMCH/rio\\_hondo/rio\\_hondo.pdf](http://crc.gov.co/files/ConocimientoAmbiental/POMCH/rio_hondo/rio_hondo.pdf)
- TORRES CASTRO, Lady Tatiana. Obtención de bioetanol a partir del cisco (cascarilla) del café generado como subproducto final en la cadena productiva caficultora. Trabajo de grado (ingeniera industrial). 2015. 35, p.
- ULCHUR O, Andrea. Evaluación de la calidad de agua de la Quebrada Guaicoche como fuente abastecedora de los acueductos veredales Buena Vista, Santa Bárbara, Ventanas y Poblado Siberia del Corregimiento de Siberia, Municipio de Caldono-Cauca. Trabajo de grado (ecología). Fundación Universitaria de Popayán. 2015. 77, p.
- UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS. MUSEO DE HISTORIA NATURAL. Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos, (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú. DEPARTAMENTO DE LIMNOLOGIA E ICTIOLOGIA- LIMA: Ministerio del Ambiente. 2014. 38, p.
- VALENCIA. Utilización de la pulpa en almácigos. Avance técnico. Citado por SOLANO S, Jorge I. Implementación de infraestructura para el beneficio húmedo y seco de café a pequeños caficultores de la vereda Las Yescas, Municipio de Sotará, Departamento del Cauca. 2014. 41-42, p. Disponible en internet: <https://stadium.unad.edu.co/preview/UNAD.php?url=/bitstream/10596/2709/1/10535246.pdf>
- VASQUEZ Z, León. “Evaluación de la calidad de aguas naturales”, signos y alcances en la determinación fisicoquímica y biológicos fundamentales de recursos hidrológicos continentales. 2001. Citado por CAICEDO C, Karen Tatiana. Influencia del vertimiento de las aguas residuales generadas por la rallería Porvenir, sobre la comunidad de macroinvertebrados acuáticos




en la Quebrada Matecaña al sur del Municipio de el Tambo-Cauca. Trabajo de grado (Ecología). FUP. 2015. 10, 18, p.

- VASQUEZ L, Samuel. Obtención de etanol grado industrial a partir del mucilago de café. (*Coffea arabica sp*). Tesis (Ingeniero Agrícola y Ambiental). Universidad Autónoma Agraria Antrnio Narro. Buenavista, Satillo, Coahuila, México. 2016.
- VEGA, E, AGUILAR, C. I, DIEZ, D & GIL, H. Macroinvertebrados acuáticos presentes en algunas corrientes del oriente antioqueño. 1989. Citado por: GIL G, Julie A. Determinación de la calidad del agua mediante variables físico químicas y la comunidad de macroinvertebrados como bioindicadores de calidad del agua en la del Rio Garagoa. Trabajo de investigación. (Título de Magister en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente). Universidad de Manizales, Facultad de Ciencias Contables Económicas y Administrativas. 2014. 21, p.
- VITAE, REVISTA DE LA FACULTAD DE QUIMICA FARMACEUTICA. ISSN 0121-4004/ ISSNe 2145-2660. Volumen 18 numero 3. Año 2011. Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia. 287-294, p.
- WILBAUX. 1956. Citado por ARMAS F, Eduardo, *et al*. Propuesta para el aprovechamiento de los subproductos del beneficio del café como una alternativa para la diversificación de la actividad cafetera y aporte de valor a la cadena productiva. Salvador. 2006. 14, p. En internet: <https://core.ac.uk/download/pdf/11227530.pdf>
- ZAMBRANO,;D.A.; RODRIGUEZ V,N; LOPEZ P,U; ZAMBRANO G,A J. Construya y opere su sistema modular de tratamiento anaerobio para las aguas mieles (cd rom). Chinchina. CENICAFE, 2010.36 p. Citado por: RODRIGUEZ V, Nelson. Beneficio del café en Colombia. Prácticas y estrategias para el ahorro, uso eficiente del agua y el control de la contaminación hídrica en el proceso de beneficio húmedo del café. 2015. 18, p.
- ZAMORA-MUÑOZ Y ALBA-TERCEDOR. “Bioassessment of organically polluted spanish river, using a biotic index and multivariate methods”. 1996. Citado por: Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca. CAR. 2102. 45, p. En internet:

[http://www.academia.edu/15459713/Los\\_Macroinvertebrados\\_omo\\_Bioindicadores\\_de\\_la\\_Calidad\\_Del\\_Agua](http://www.academia.edu/15459713/Los_Macroinvertebrados_omo_Bioindicadores_de_la_Calidad_Del_Agua).


# Anexos

**Anexo 1. Primer reporte de resultado de la Quebrada La Chorrera, Finca la Cristalina**

		CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL CAUCA LABORATORIO AMBIENTAL		Código: FT-ADPA-LA027 Fecha: 13/02/2013 Versión: 3 Página 1 de 1	
<b>REPORTE DE RESULTADOS - MUESTRA DE AGUA-</b>					
Fecha: Marzo 14 de 2017					
Cliente: Mirley Sarria Samboni		Dirección: Vereda Los Uvales, Piendamó		Teléfono: 3117789438	
Municipio de muestreo: Piendamó		Fecha de Recepción: Marzo 9 de 2017.		Fecha de Análisis: Marzo 9 a marzo 13.	
Muestreo:					
Plan de Muestreo N°	N/A				
Fecha de Muestreo	N/A				
Lugar de Muestreo	Vereda Los Uvales				
Procedimiento de muestreo	N/A				
Condiciones ambientales	N/A				
Identificación de la muestra					
Código Muestra	Sitio de Muestreo				
0151	Finca La Cristalina, aguas arriba				
0152	Finca La Cristalina, aguas abajo				
Resultados laboratorio:					
Variable	Método	Unidad	Resultados		
DQO	SM5220D, modificado	mg/L	0151	0152	
			17.3	17.8	
Observaciones:					
-Los resultados que se relacionan en este informe hacen referencia únicamente a las muestras analizadas. -Este documento no puede ser reproducido parcial o totalmente sin la debida autorización del Laboratorio Ambiental.					
 DIEGO ZULUAGA VERA Responsable Laboratorio Ambiental					
Carrera 7 #1N - 28 Edificio Edgar Negret Queñas Pte. 8200232 fax: 02 - 6200231 Línea verde: 01800992033 www.crc.gov.co					
Laboratorio Ambiental - Vivero CRC, Vereda González, Popayán Telefax: 8245600					
					

Fuente. Laboratorio de la Corporación Autónoma del Cauca, CRC

## Anexo 2. Primer reporte de resultados del Rio Los Robles

Reporte N° 075	 <b>CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA</b> <b>LABORATORIO AMBIENTAL</b>	Código: FT-PDPA-LA027
		Fecha: 13/02/2013
		Versión: 3
	<b>REPORTE DE RESULTADOS – MUESTRA DE AGUA-</b>	Página 1 de 1

Fecha: Marzo 14 de 2017.

Cliente: Mirley Sarria Samboni	Solicitud N°: 054
Dirección: Vereda Los Uvales, Piendamó	Teléfono: 3117789438
Municipio de muestreo: Timbío	Fecha de Recepción: Marzo 9 de 2017.
	Fecha de Análisis: Marzo 9 a marzo 13.

Muestreo:

Plan de Muestreo N°	N/A
Fecha de Muestreo	N/A
Lugar de Muestreo	Finca Los Robles
Procedimiento de muestreo	N/A
Condiciones ambientales	N/A

Identificación de la muestra

Código Muestra	Sitio de Muestreo
0153	Finca Las Violetas, aguas arriba
0154	Finca Las Violetas, aguas abajo

Resultados laboratorio:

Variable	Método	Unidad	Resultados	
			0153	0154
DQO	SM5220D, modificado	mg/L	16.3	32.1

Observaciones:

-Los resultados que se relacionan en este informe hacen referencia únicamente a las muestras analizadas.  
 -Este documento no puede ser reproducido parcial o totalmente sin la debida autorización del Laboratorio Ambiental.



**DIEGO ZULUAGA VERA**  
 Responsable Laboratorio Ambiental

Canera 7 # 1N - 28 Edificio Edgar Negret Ouelas  
 Pbx: 8203202 fax: 092 - 8203251  
 Línea Verde: 018000932055  
 www.crc.gov.co

Laboratorio Ambiental: Vivero CRC, Vereda González, Popayán Telefax: 8245602



### Anexo 3. Segundo reporte de resultado muestra de agua Rio Los Robles, Finca Las Violetas

Reporte N° 269		Código: FT-PDPA-LA027
	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA LABORATORIO AMBIENTAL	Fecha: 13/02/2013
	<b>REPORTE DE RESULTADOS – MUESTRA DE AGUA-</b>	Versión: 3 Página 1 de 1

Fecha: Julio 11 de 2017.

Cliente: Mirley Sarria Samboni	Solicitud N°: 196
Dirección: Vereda Los Uvales, Piendamó	Teléfono: 3117789438
Municipio de muestreo: Timbio	Fecha de Recepción: Junio 27 de 2017.
	Fecha de Análisis: junio 27 a julio 10.

Muestreo:

Plan de Muestreo N°	N/A
Fecha de Muestreo	N/A
Lugar de Muestreo	Finca Los Robles
Procedimiento de muestreo	N/A
Condiciones ambientales	N/A

Identificación de la muestra

Código Muestra	Sitio de Muestreo
0594	Finca Las Violetas, parte baja
0595	Finca Las Violetas, parte alta

Resultados laboratorio:

Variable	Método	Unidad	Resultados	
			0594	0595
DQO	SM5220D, modificado	mg/L	18.1	34.8

Observaciones:

<p>-Los resultados que se relacionan en este informe hacen referencia únicamente a las muestras analizadas. -Este documento no puede ser reproducido parcial o totalmente sin la debida autorización del Laboratorio Ambiental.</p>
---

DIEGO ZULUAGA VERA  
Responsable Laboratorio Ambiental

Carrera 7 # 1N - 28 Edificio Edgar Negret Dueñas  
 Pbx: 8203232 fax: 052 - 6203251  
 Línea verde: 0 18000832855  
 www.crc.gov.co

Laboratorio Ambiental: Vivero CRC, Vereda González, Popayán Telefax: 8245602



**Anexo 4. Segundo reporte de resultado muestra de agua quebrada La Chorrera, Finca La Cristalina**

Reporte N° 270		Código: FT-PDPA-LA027
	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA LABORATORIO AMBIENTAL	Fecha: 13/02/2013
	REPORTE DE RESULTADOS – MUESTRA DE AGUA-	Versión: 3 Página 1 de 1

Fecha: Julio 11 de 2017.		
Cliente: Mirley Sarria Samboni	Solicitud N°: 196	
Dirección: Vereda Los Uvales, Piendamó	Teléfono: 3117789438	
Municipio de muestreo: Piendamó	Fecha de Recepción: Junio 27 de 2017.	
	Fecha de Análisis: junio 27 a julio 10.	

**Muestreo:**

Plan de Muestreo N°	N/A
Fecha de Muestreo	N/A
Lugar de Muestreo	Finca La Cristalina, Vereda Los Uvales
Procedimiento de muestreo	N/A
Condiciones ambientales	N/A

**Identificación de la muestra**

Código Muestra	Sitio de Muestreo
0596	Finca La Cristalina, parte baja
0597	Finca La Cristalina, parte alta
0598	Mucilago Finca La Cristalina

**Resultados laboratorio:**

Variable	Método	Unidad	Resultados		
			0596	0597	0598
DQO	SM5220D, modificado	mg/L	20.2	22.4	35470

**Observaciones:**

-Los resultados que se relacionan en este informe hacen referencia únicamente a las muestras analizadas. -Este documento no puede ser reproducido parcial o totalmente sin la debida autorización del Laboratorio Ambiental.
---

**DIEGO ZULUAGA VERA**  
 Responsable Laboratorio Ambiental

Camera 7 # 1N - 28 Edificio Edger Negret Dueñas  
 Pbx: 8203232 fax: 062 - 8203251  
 Línea verde: 018000932855  
 www.crc.gov.co

Laboratorio Ambiental: Vivero CRC, Vereda González, Popayán Teléfono: 8245602





**Anexo 5. Macroinvertebrados de la Quebrada La Cristalina**

CLASE	ORDEN	FAMILIA	GENERO	ESPECIE	PARTE ALTA			PARTE BAJA			0	0	0			
					MUESTREO		TOTAL	MUESTREO		TOTAL				ANTES	DESPUES	TOTAL
					ANTES1	DESPUES		ANTES	DESPUES							
	Plecoptera	Perlidae	Anacroneura	Anacroneuria sp	13	8	21	9	18	27	48	22	26	48		
Crustacea	Decapoda	Pseudothelphusidae	Hypolobocera	sp	1	1	2	2	1	3	5	3	2	5		
meloscostraca	Isopoda	Onycidae	Philosia	Philosia moscorum	1	1	2	2	4	6	8	3	5	8		
	Tricoptera	Hidropsichidae	Lectonema		6	0	6	12	3	15	21	18	3	21		
	Tricoptera	Hidropsichidae	Smicridea	sp	1	0	1	3	0	3	4	4	0	4		
	Tricoptera	Philopotamidae	chimarra		3	0	3	0	0	3	3	3	0	3		
	Trichoptera	Hydrobiosidae	Atopsyche		0	0	0	0	1	1	1	0	1	1		
	odonata. Suborden. anisoptera	Gomphiade	Erpetogomphus	sp	3	0	3	0	0	0	3	3	0	3		
	Odonata	Gomphidae	Progomphus	sp2	1	1	2	0	0	0	2	1	1	2		
	Odonata	Calopterygidae	Hetarerina		0	0	0	2	2	4	4	2	2	4		
	Odonata	Libellulidae	Dythemis	sp	0	0	0	2	0	2	2	2	0	2		
	Odonata	Libellulidae	Macrothemis	sp1	1	0	1	0	0	0	1	1	0	1		
	Odonata	Libellulidae	Erythrodiplax	sp	0	2	2	0	0	0	2	0	2	2		
	Odonata	Coenagrionidae	Ischnura		0	0	0	0	1	1	1	0	1	1		
	Ephemeroptera	Leptophlebiidae	Thraulodes	sp	3	1	4	1	0	1	5	4	1	5		
	Ephemeroptera	Leptohyphidae	tricorythodes	sp	0	0	0	1	0	1	1	1	0	1		
	Ephemeroptera	Leptophlebiidae	Traverella	sp	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1		
	Ephemeroptera	Caenidae	Caenis		0	0	0	0	1	1	1	0	1	1		
	Diptera	Tipulidae	Tipula		1	0	1	1	1	2	3	2	1	3		
	diptera	tipulidae	hexatoma	hexatoma catreille	3	2	5	2	0	2	7	5	2	7		
	Coleoptera	Ptilodactylidae	Anchytarsus		3	0	3	1	1	2	5	4	1	5		
	Coleoptera	Scirtidae	Prionocyphon		0	0	0	0	1	1	1	0	1	1		
	Coleoptera	Elmidae	Stenelmis	sp	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1		
	Hemiptera	Vellidae	Rhagovelia	sp	0	0	0	1	2	3	3	1	2	3		
					40	16	56	39	38	77	133	79	54	133		

Anexo 5. Índices de diversidad Quebrada La Chorrera, Finca La Cristalina. (Continuación)

INDICE MARGALET				INDICE SHANNON WIENER				INDICE DE SORENSEN CUANTITAT		INDICE DE SIMPSON					
ANTES		DESPUES		ANTES		DESPUES		ANTES	DESPUES	ANTES		DESPUES		TOTAL ALTA	TOTAL BAJA
PARTE ALTA	PARTE BAJA	PARTE ALTA	PARTE BAJA	PARTE ALTA	PARTE BAJA	PARTE ALTA	PARTE BAJA			PARTE ALTA	PARTE BAJA	PARTE ALTA	PARTE BAJA		
3,25302037	2,16404256	3,27550104	3,57379851	-0,36527728	-0,34657359	-0,33838548	-0,35394366	0,39285714	0,41558442	0,105625	0,25	0,05325444	0,22437673	0,140625	0,122954967
				-0,09222199	-0,1732868	-0,15232895	-0,09572595			0,000625	0,00390625	0,00262985	0,00069252	0,00127551	0,001517963
				-0,09222199	-0,1732868	-0,15232895	-0,23697808			0,000625	0,00390625	0,00262985	0,01108033	0,00127551	0,00607185
				-0,284568	0	-0,36266308	-0,20044531			0,0225	0	0,09467456	0,00623269	0,011479592	0,037949064
				-0,09222199	0	-0,1973038	0			0,000625	0	0,00591716	0	0,000318878	0,001517963
				-0,19427004	0	0	0			0,005625	0	0	0	0,002869898	0
				0	0	0	0			0	0	0	0	0	0
				-0,19427004	0	0	-0,09572595			0,005625	0	0	0,00069252	0	0,000168663
				-0,09222199	-0,1732868	0	0			0,000625	0,00390625	0	0	0,00127551	0
				0	0	-0,15232895	-0,15497047			0	0	0,00262985	0,00277008	0	0,0026986
				0	0	-0,15232895	0			0	0	0,00262985	0	0	0,00067465
				-0,09222199	0	0	0			0,000625	0	0	0	0,000318878	0
				0	-0,25993019	0	0			0	0,015625	0	0	0,00127551	0
				0	0	0	-0,09572595			0	0	0	0,00069252	0	0,000168663
				-0,19427004	-0,1732868	-0,09393748	0			0,005625	0,00390625	0,00065746	0	0,005102041	0,000168663
				0	0	-0,09393748	0			0	0	0,00065746	0	0	0,000168663
				0	0	0	-0,09572595			0	0	0	0,00069252	0	0,000168663
				0	0	0	-0,09572595			0	0	0	0,00069252	0	0,000168663
				-0,09222199	0	-0,09393748	-0,09572595			0,000625	0	0,00065746	0,00069252	0,000318878	0,00067465
				-0,19427004	-0,25993019	-0,15232895	0			0,005625	0,015625	0,00262985	0	0,007971939	0,00067465
				-0,19427004	0	-0,09393748	-0,09572595			0,005625	0	0,00065746	0,00069252	0,002869898	0,00067465
				0	0	0	-0,09572595			0	0	0	0,00069252	0	0,000168663
				0	0	0	-0,09572595			0	0	0	0,00069252	0	0,000168663
				0	0	-0,09393748	-0,15497047			0	0	0,00065746	0,00277008	0	0,001517963
3,25302037	2,16404256	3,27550104	3,57379851	-2,17452738	-1,55958116	-2,12968448	-1,96284156	0,39285714	0,41558442	0,16	0,296875	0,17028271	0,2534626	0,179846939	0,178276269

Anexo 6. Índices de diversidad Río Los Robles, Finca Las Violetas

FILO	CLASE	ORDEN	FAMILIA	GENERO	ESPECIE	PARTE ALTA MUESTREO		TOTAL	PARTE BAJA MUESTREO		TOTAL		ANTES	DESPUES	TOTAL
						ANTES	DESPUES		ANTES	DESPUES					
		Trichoptera	Hidropsychidae	<i>Smicridea</i>		36	5	41	19	4	23	64	55	9	64
		Trichoptera	Hydrobiosidae	<i>Atopsyche</i>		1	1	2	0	0	0	2	1	1	2
		Tricoptera	Hidropsychidae	<i>Lectonema</i>		24	3	27	9	7	16	43	33	10	43
		Trichoptera	Phylopotamidae	<i>Chimarra sp</i>		1	0	1	0	0	0	1	1	0	1
		Odonata	Calopterygidae	<i>Hetarerina</i>		6	0	6	7	4	11	17	13	4	17
		Odonata	Libellulidae	<i>Brechmorhoga sp</i>		1	1	2	1	0	1	3	2	1	3
		Ephemeroptera	Leptophlebiidae	<i>Thraulodes sp</i>		3	19	22	1	9	10	32	4	28	32
		Ephemeroptera	Leptohyphidae	<i>Leptohyphes</i>		5	22	27	3	4	7	34	8	26	34
		Ephemeroptera	Baetidae	<i>Baetodes SP</i>		3	1	4	1	1	2	6	4	2	6
		Ephemeroptera	Baetidae	<i>Dactylobaetis</i>		1	0	1	0	0	0	1	1	0	1
		Ephemeroptera	Baetidae	<i>Baetis sp</i>		2	0	2	0	0	0	2	2	0	2
		Ephemeroptera	Beatidae	<i>Camelobaetidius</i>		0	1	1	0	0	0	1	0	1	1
		Ephemeroptera	Leptophlebiidae	<i>Terpides sp</i>		0	2	2	0	1	1	3	0	3	3
		Diptera	Tipulidae	<i>Tipula</i>		0	1	1	0	0	0	1	0	1	1
		Diptera	Tipulidae	<i>limnonia(geranonyxia sp)</i>		1	0	1	0	0	0	1	1	0	1
		Diptera	Simuliidae	<i>Simulium sp</i>		3	18	21	4	17	21	42	7	35	42
		Diptera	Blephariceridae	<i>Limonicola sp</i>		0	0	0	0	1	1	1	0	1	1
		Coleoptera	Ptilodactylidae	<i>Anchytarsus</i>		1	0	1	0	0	0	1	1	0	1
		Coleoptera	Elmidae	<i>heterelmis</i>		0	0	0	0	2	2	2	0	2	2
		Coleoptera	Staphylinidae	<i>stenus</i>		1	0	1	0	0	0	1	1	0	1
		Coleoptera	Dryopidae	<i>Pelonomus sp</i>		1	0	1	1	0	1	2	2	0	2
		Coleoptera	Lutrochidae	<i>Lutrochus sp</i>		0	0	0	0	1	1	1	0	1	1
		Hemiptera	Veliidae	<i>Rhagovelia sp</i>		2	0	2	1	0	1	3	3	0	3
Annelida	Oligochaeta	Haplotaenidae	Tubificidae			4	0	4	2	0	2	6	6	0	6
Platyhelminthes	Turbellaria	Tricladida	Dugesidae	<i>Dugesia sp</i>		7	5	12	1	2	3	15	8	7	15
Mollusca	Gastropoda	Pulmonata	Planorbidae	<i>Biomphalaria sp</i>		2	0	2	0	0	0	2	2	0	2
						105	79	184	50	53	103	287	155	132	287

Anexo 6. Índices de diversidad Rio Los Robles, Finca Las Violetas. (Continuación)

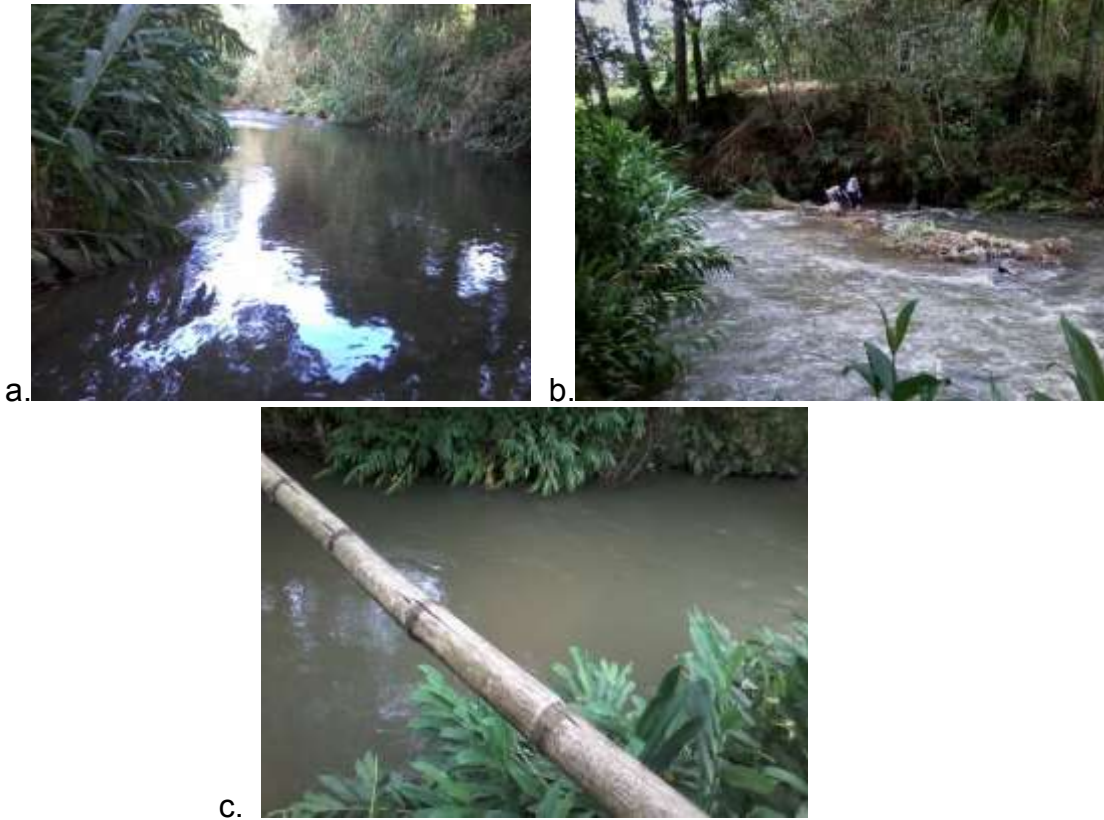
INDICE MARGALET				INDICE SHANNON WIENER				INDICE DE SORENSEN CUANTITATIVO		INDICE DE SIMPSON					
ANTES		DESPUES		ANTES		DESPUES		ANTES	DESPUES	ANTES		DESPUES		TOTAL ALTA	TOTAL BAJA
PARTE ALTA	PARTE BAJA	PARTE ALTA	PARTE BAJA	PARTE ALTA	PARTE BAJA	PARTE ALTA	PARTE BAJA			PARTE ALTA	PARTE BAJA	PARTE ALTA	PARTE BAJA		
4,08254445	2,51748055	2,8118444	2,77057714	-0,36700848	-0,17468417	0,36768193	-0,19501868	0,27173913	0,46601942	0,11755102	0,00400577	0,1444	0,00569598	0,049651465	0,049863324
				-0,04432343	-0,05530947	0	0			9,07029E-05	0,00016023	0	0	0,000118147	0
				-0,33735006	-0,12420895	0,30866372	-0,26737118			0,052244898	0,00144208	0,0324	0,01744393	0,021532372	0,024130455
				-0,04432343	0	0	0			9,07029E-05	0	0	0	2,95369E-05	0
				-0,16355434	0	-0,2752558	-0,19501868			0,003265306	0	0,0196	0,00569598	0,001063327	0,011405411
				-0,04432343	-0,05530947	0,07824046	0			9,07029E-05	0,00016023	0,0004	0	0,000118147	9,42596E-05
				-0,10158137	-0,34272365	0,07824046	-0,30108691			0,000816327	0,05784329	0,0004	0,02883588	0,014295841	0,009425959
				-0,14497728	-0,35601163	0,16880464	-0,19501868			0,002267574	0,07755167	0,0036	0,00569598	0,021532372	0,00461872
				-0,10158137	-0,05530947	0,07824046	-0,07491117			0,000816327	0,00016023	0,0004	0,000356	0,00047259	0,000377038
				-0,04432343	0	0	0			9,07029E-05	0	0	0	2,95369E-05	0
				-0,07544406	0	0	0			0,000362812	0	0	0	0,000118147	0
				0	-0,05530947	0	0			0	0,00016023	0	0	2,95369E-05	0
				0	-0,0930709	0	-0,07491117			0	0,00064092	0	0,000356	0,000118147	9,42596E-05
				0	-0,05530947	0	0			0	0,00016023	0	0	2,95369E-05	0
				-0,04432343	0	0	0			9,07029E-05	0	0	0	2,95369E-05	0
				-0,10158137	-0,33700468	0,20205829	-0,36472331			0,000816327	0,05191476	0,0064	0,10288359	0,013025756	0,04156848
				0	0	0	-0,07491117			0	0	0	0,000356	0	9,42596E-05
				-0,04432343	0	0	0			9,07029E-05	0	0	0	2,95369E-05	0
				0	0	0	-0,12366584			0	0	0	0,00142399	0	0,000377038
				-0,04432343	0	0	0			9,07029E-05	0	0	0	2,95369E-05	0
				-0,04432343	0	0,07824046	0			9,07029E-05	0	0,0004	0	2,95369E-05	9,42596E-05
				0	0	0	-0,07491117			0	0	0	0,000356	0	9,42596E-05
				-0,07544406	0	0,07824046	0			0,000362812	0	0,0004	0	0,000118147	9,42596E-05
				-0,12448251	0	0,12875503	0			0,001451247	0	0,0016	0	0,00047259	0,000377038
				-0,18053668	-0,17468417	0,07824046	-0,12366584			0,004444444	0,00400577	0,0004	0,00142399	0,004253308	0,000848336
				-0,07544406	0	0	0			0,000362812	0	0	0	0,000118147	0
4,08254445	2,51748055	2,8118444	2,77057714	-2,20357309	-1,87893549	1,92066218	-2,0652138	0,27173913	0,46601942	0,185487528	0,19820542	0,2104	0,17052332	0,127244802	0,143557357

**Anexo 7. Registro fotográfico de lugares de muestreo Quebrada La Chorrera**



**Fuente propia. Quebrada La Chorrera a) Parte media, b) parte alta y c) baja**

**Anexo 8. Registro fotográfico de lugares de muestreo Rio Los Robles**



**Fuente propia: Rio Los Robles a) parte media, b) alta y c) baja.**

Anexo 9. Registro fotográfico de algunos macroinvertebrados acuáticos



Fuente propia  
***Hypolobocera sp***



Fuente propia  
***Lectonema***



Fuente propia

***Anacroneuria sp***



Fuente propia

***Rhagovelia sp***



Fuente propia

***Anchytarsus***



Fuente propia

***Tipula***



***Ischura***



Fuente propia

***Limonicola sp***



Fuente propia

**Anexo 10. Diferentes tratamientos y usos del mucilago, aguas mieles y la pulpa de café**  
**SISTEMAS DE TRATAMIENTO PARA EL APROVECHAMIENTO DE EL MUCILAGO Y LA PULPA DE CAFÉ.**  
**SISTEMA MODULAR DE TRATAMIENTO ANAEROBIO (SMTA)**

Es una planta modular de tratamiento compuesta por cuatro etapas, en la primera etapa se atrapan los materiales gruesos que salen de los tanques tina de un dispositivo denominado trampa pulpa. Luego el agua miel pasa al reactor hidrolítico acidogénico, donde la carga contaminante se hidroliza, posteriormente pasa a la recámara dosificadora, que además de ser un filtro, alimenta alrededor de 550 ml por minuto al reactor metanogénico, que corresponde a la última etapa del sistema del tratamiento donde la carga contaminante se remueve en un alto porcentaje.

**Ventajas**

- Alcanza remociones superiores al 80% de la contaminación presente en aguas residuales del beneficio del café
- Permite cumplir la norma ambiental vigente
- Tiene larga vida útil

**Desventajas**

- Responde lentamente ante una sobrecarga de aguas residuales.
- Se presenta taponamiento en varios de los componentes de un sistema.
- El flujo de aguas mieles desde el beneficiadero provoca una resuspensión de los lodos decantados.
- Requiere inspección y mantenimiento frecuente.
- Requiere un terreno pendiente, para ubicación de los módulos
- El metano producido en el reactor metanogénico es liberado y se convierte en un gas efecto invernadero<sup>180</sup>.

**LAGUNAS DE OXIDACIÓN**

Las lagunas de oxidación utilizan microorganismos aerobios para la degradación de la materia orgánica presente en las aguas residuales. Como ventajas se tienen la facilidad de operación y mantenimiento, los bajos costos de operación ya que no requieren energía y su baja producción de lodos. Como desventajas pueden citarse que requieren de grandes áreas para el tratamiento y que se pueden generar procesos de eutrofización.

En Costa Rica, reportan la factibilidad técnica de utilizar sedimentadores primarios y a continuación lagunas de oxidación como sistemas para el tratamiento de las aguas residuales provenientes de los beneficiaderos en este país. Reportan que el lagunaje es apropiado como tratamiento secundario de aguas mieles y que en

---

<sup>180</sup> CERQUERA R, M. E. Evaluación de desempeño del reactor hidrolítico ácido génico de flujo descendente como tratamiento primario de las aguas mieles del café en el departamento del Valle del Cauca. (Tesis de maestría). Universidad de Manizales. Colombia. 2017.

estos sistemas de tratamiento se puede remover entre el 40 y 46% de la carga orgánica, para afluentes con pH de 4,0 y concentraciones de DBO en el rango 10000 a 15000 ppm. <sup>181</sup>

En El Salvador, evaluaron la infiltración y evaporación de las aguas residuales del café utilizando lagunas de estabilización, excavadas en tierra, con el fin de encontrar mejoras en el diseño y funcionamiento de las mismas. Utilizaron aguas de beneficio con una concentración de sólidos totales de 20800 ppm y encontraron una tasa de infiltración media de 0,28 cm/d y de evaporación media de 0,6 cm/día, concluyendo que se presenta un alto riesgo de contaminación del manto freático por la utilización de éste tipo de lagunas.

Para nuestra zona cafetera, considerando la pendiente y la concentración de carga orgánica de las aguas mieles (mayores a 20000 ppm) no resultan ni técnica ni económicamente apropiada, Además no se está haciendo tratamiento a los residuos sólidos como lo es la pulpa, ciscos y borras.

## **FILTROS ANAERÓBICOS DE FLUJOS ASCENDENTES**

El filtro anaerobio de flujo ascendente constituye un equipo de eliminación de materia orgánica soluble utilizado frecuentemente para el tratamiento de aguas residuales domésticas. Los filtros anaerobios de flujo ascendente (FAFA) son reactores de lecho de relleno utilizados en la reducción de materia orgánica disuelta con la ayuda de microorganismos anaerobios, que se encuentran adheridos sobre la superficie del material de relleno. Son el sistema denominado tanque séptico o pozo sépticos Los principales inconvenientes que se presentan en este tipo de reactores son: inundación por colmatación del lecho de relleno y baja eficacia de reducción de la DBO soluble, su eficiencia oscila entre el 60 y el 80 por ciento.. Su alto costo para los pequeños y medianos caficultores además este sistema colapsaría en la época de pico de cosecha. <sup>182</sup>

## **FILTROS ANAERÓBICOS DE FLUJOS DESCENDENTES**

Este tipo de filtro es similar al filtro anaeróbico de flujo ascendente pero invertido, los lechos filtrantes son la antracita y el granate donde el granate se mantiene en el fondo.

---

<sup>181</sup> FEDERACIÓN NACIONAL DE CAFETEROS. Manejo Integral de las Aguas y los residuos Sólidos en las Fincas Cafeteras. Citado por SUAREZ A, Jesús M. Aprovechamiento de los residuos sólidos provenientes del beneficio de café, en el municipio de Betania Antioquia: Usos y aplicaciones. 2012. 43, p.

<sup>182</sup> D GALLEGGO, J JIMÉNEZ y Otros, Funcionamiento Hidráulico de un Filtro Anaeróbico de Flujo Ascendente. Citado por, SUAREZ A, Jesús M. Aprovechamiento de los residuos sólidos provenientes del beneficio de café, en el municipio de Betania Antioquia: Usos y aplicaciones. 2012. 44, p.

### **Filtros de tierra diatomácea (TD)**

La tierra diatomácea (TD) es esencialmente sílice puro, formado por plantas marinas unicelulares fosilizadas. Se alimenta una suspensión de TD dentro del filtro, y la TD forma una torta filtrante sobre la membrana de sostén. La operación del filtro continúa hasta que la caída de presión llega a 35 psi o 240 kPa, los filtros de tierra diatomácea son los más complicados de todos los filtros usados en los sistemas por su operación, mantenimiento, ciclo de vida corta, problema logística de suministro y la disposición final del material contaminado.

### **COMPOST**

El compost es un proceso biológico más utilizado para transformar los residuos orgánicos sólidos por medio de la descomposición en un material estable donde no se distingue ninguno de sus compuestos y es conocido como abono natural, Tiene las características de tierra humus y es rico en minerales fertilizadores. El proceso del compostaje se puede acelerar con medidas mecánicas mezcla, revuelta, aireación, riego<sup>183</sup>

### **COMPOSTAJE**

El compostaje es una biotécnica donde es posible ejercer un control sobre los procesos de biodegradación de la materia orgánica, esta biodegradación es consecuencia de la actividad de los microorganismos que crecen y se reproducen en los materiales orgánicos en descomposición mediante un proceso aerobio controlando el oxígeno como principal elemento, dado que los microorganismos consumen oxígeno para descomponer la materia orgánica. La consecuencia final de estas actividades vitales es la transformación de los materiales orgánicos originales en otras formas químicas. Es por estas razones los controles que se puedan ejercer, siempre estarán enfocados a favorecer el predominio de los microorganismos vivos presentes en los sustratos.<sup>184</sup> Imita a la naturaleza para transformar de forma más acelerada los residuos, en lo que se denomina compost o mantillo, que tras su aplicación en la superficie de nuestra tierra se ira asociando al humus, que es la esencia del buen vivir de un suelo saludable, fértil y equilibrado en la naturaleza.

Esta técnica se basa en un proceso biológico (lleno de vida), que se realiza en condiciones de fermentación aerobia (con aire), con suficiente humedad y que asegura una transformación higiénica de los restos orgánicos en un alimento homogéneo y altamente asimilable por nuestros suelos. En este proceso biológico intervienen la población microbiana como son las Bacterias, Actinomicetos, y

---

<sup>183</sup> ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD. Guía de Orientación en Saneamiento Básico Para Alcaldías y Pequeñas Comunidades. Citado por, SUAREZ A, Jesús M. Aprovechamiento de los residuos sólidos provenientes del beneficio de café, en el municipio de Betania Antioquia: Usos y aplicaciones. 2012. 45, p.

<sup>184</sup> Ibid., p 45-46, p.

Hongos que son los responsables del 95% de la actividad del compostaje y también las algas, protozoos y cianofíceas. Además en la fase final de este proceso intervienen también macro organismos como colémbolos, ácaros, lombrices y otras especies<sup>185</sup>.

## **Proceso de compostaje**

El proceso de compostaje puede dividirse en cuatro períodos importantes, según la evolución, de la temperatura:

### **Mesolítico**

La masa vegetal está a temperatura ambiente y los microorganismos mesófilos se multiplican rápidamente. Como consecuencia de la actividad metabólica la temperatura se eleva y se producen ácidos orgánicos que hacen bajar el pH.

### **Termófilo**

Cuando se alcanza una temperatura de 40°C, los microorganismos termófilos actúan transformando el nitrógeno en amoníaco y el pH del medio se hace alcalino. A los 60°C estos hongos termófilos desaparecen y aparecen las bacterias esporígenas y actinomicetos. Estos microorganismos son los encargados de descomponer las ceras, proteínas y hemicelulosas.

- **De enfriamiento**

Cuando la temperatura es menor de 60°C, reaparecen los hongos termófilos que reinviden el mantillo y descomponen la celulosa. Al bajar de 40°C los mesófilos también reinician su actividad y el pH del medio desciende ligeramente.

- **De maduración**

Es un periodo que requiere meses a temperatura ambiente, durante los cuales se producen reacciones secundarias de condensación y polimerización del humus.

Se observa como el compostaje es un proceso dinámico, debido a la actividad combinada de una amplia gama de poblaciones de bacterias y hongos, ligados a una sucesión de ambientes definidos por la temperatura, humedad, características de los residuos. Cada población bacteriana tiene unas condiciones ambientales más adecuadas para su desarrollo así como unos tipos de materiales que puede descomponer más fácilmente; por esta razón, una población empieza a aparecer

---

<sup>185</sup> ABARRATALDEA. Manual práctico de técnicas de compostaje. Citado por, SUAREZ A, Jesús M. Aprovechamiento de los residuos sólidos provenientes del beneficio de café, en el municipio de Betania Antioquia: Usos y aplicaciones. 2012. 46, p.

mientras que otras se encuentran en el momento más elevado de su desarrollo y otras empiezan a desaparecer. De esta forma se complementan las actividades de los diferentes grupos. Conseguir un buen compost se reduce por lo tanto a proveer a los microorganismos de un buen entorno para que desarrollen su actividad a continuación enunciare los tipos de aireación más comunes para el compostaje.

- **Tipos de aireación a emplear**

Aireación dinámica: consiste en el volteo de las pilas, generando una mezcla más homogénea de los materiales orgánicos a compostar, una mejor aireación, un mejor intercambio de gases y no se crea zonas anaerobias. Es el proceso más eficiente y rápido pero implica mayores costos.

Aireación estática: consiste en el flujo de aire a través de la pila. Este se genera por un compresor o una turbina (blowuer) que conectados a una red de tubos internos en las pilas, generan un intercambio gaseoso forzado.

- **Relación carbono nitrógeno**

Dentro del proceso del compostaje es muy importante la relación Carbono/Nitrógeno por lo tanto se deben conservar las siguientes proporciones:

Peso (de la materia prima) X (1-%Humedad/100)= MP base seca.

Luego calculamos el Carbono y el Nitrógeno con base en Materia Seca.

Carbono C= MP base seca X (% de carbono de la MP/100)

Nitrógeno N = MP base seca X (% de Nitrógeno de la MP/100)

Posteriormente sumamos por separado el carbono y el nitrógeno de cada uno de los componentes de la mezclas y obtenemos un consolidado, luego el total del carbono se divide por el total del nitrógeno para obtener la relación final. Para realizar un balance adecuado se aumenta o disminuye la materia prima que más aporte Carbono o Nitrógeno según sea el caso, para obtener un resultado entre 20:1C/N a 25:1 C/N relación ideal para iniciar un proceso de compostaje. Es importante que las materias primas que se emplean en la mezcla además de la variable C/N también se tengan en cuenta la humedad ya que no debe exceder del 55 % al iniciar el proceso.

### **Modelos de compostaje**

De acuerdo con la bibliografía revisada los modelos más óptimos que se pueden emplear en la caficultura son los siguientes:

- **Sistemas de compostaje artesanal**

Este del proceso no cuenta con ninguna tecnología, herramienta mecánica o eléctrica en ninguno de las actividades del compostaje y la capacidad de producción generalmente es a baja o mediana escala en este sistema serán

incluidos los pequeños y algunos medianos productores solo se utiliza como herramientas una pala y un carretilla para transporte de material compostado.

- **Sistemas de compostaje semi industrial**

Son aquellos en los cuales el sistema de descomposición cuenta con algunos equipos mecánicos o eléctricos para una o varias actividades del proceso es un sistema propio para los medianos y algunos grandes productores.

- **Sistemas de compostaje industrial**

Son aquellos procesos para la elaboración de compost completamente mecanizados en los cuales la tecnología cuenta un papel muy importante para la realización del proceso. Para este proceso de compostaje es propio para los grandes productores el cual estará acorde a su producción de café en cereza. La disposición de los residuos se hace en pilas de 2m de ancho por 10m de largo y 2m de alto, las cuales deben ser volteadas la primer semana dos veces al día para continuar hasta la semana 12 una vez diaria época para la cual estará estabilizado y maduro apto para continuar con el proceso de empacado con el fin de asegurar la no presencia de objetos extraños en el producto final y posterior incorporación al cultivo. No utilizaremos tromel por que este producto no requiere de clasificación de tamaño, la cereza del café es homogénea y la desviación estándar no es significativa por lo tanto es un producto que sale uniforme; se realizara el volteo con una volteadora acondicionada al toma fuerza de un tractor pequeño de 25 hp, una báscula con capacidad de 1000 kilogramos, una cosedora, coche y estivas para su almacenamiento el cuales por un periodo muy corto. Este es un producto que será incorporado a los cultivos propios de la finca como lo es el mismo café, pastos, jardines a la elaboración de almácigos.

## **BIODIGESTOR**

Es una planta de tratamiento de aguas residuales como las provenientes del proceso del lavado de café y cocheras o establos y está compuesta por una caja de entrada, una de salida y un compartimiento hermético en medio de ellas. El funcionamiento de la planta es anaeróbico y puede llegar a remover más del 90% de la DBO<sub>5</sub> y de los sólidos suspendidos totales, con la ventaja que de este proceso depurativo se puede almacenar y aprovechar gas metano que se produce en procesos de este tipo.

En todo proceso depurativo de aguas residuales ocurren básicamente tres procesos, una hidrólisis, la acidificación y la metanogénesis, al igual en el SMTA. Dentro del biodigestor ocurren de manera anaeróbica estos tres procesos en los cuales se produce principalmente gas metano (CH<sub>4</sub>) dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y como efluente se obtiene el biol el cual es abono líquido rico principalmente en Nitrógeno, Fosforo y Potasio y puede aplicarse en fertirriego o por gravedad a los cultivos perennes.

## Ventajas

- Alcanza remociones superiores al 90% de la contaminación presente en aguas residuales del beneficio del café y de la producción pecuaria de la finca.
- Produce gas metano que puede ser aprovechado en las cocinas de las fincas cafeteras y así se evita que al no quemarse se convierta en un gas efecto invernadero.
- Produce abono líquido el cual es rico en nutrientes para los cultivos.
- Disminuye los malos olores por la disposición a la intemperie de la miel y los excrementos animales.
- No requiere mantenimientos frecuentes.
- Responde eficazmente frente a sobrecargas ocasionales de aguas residuales.

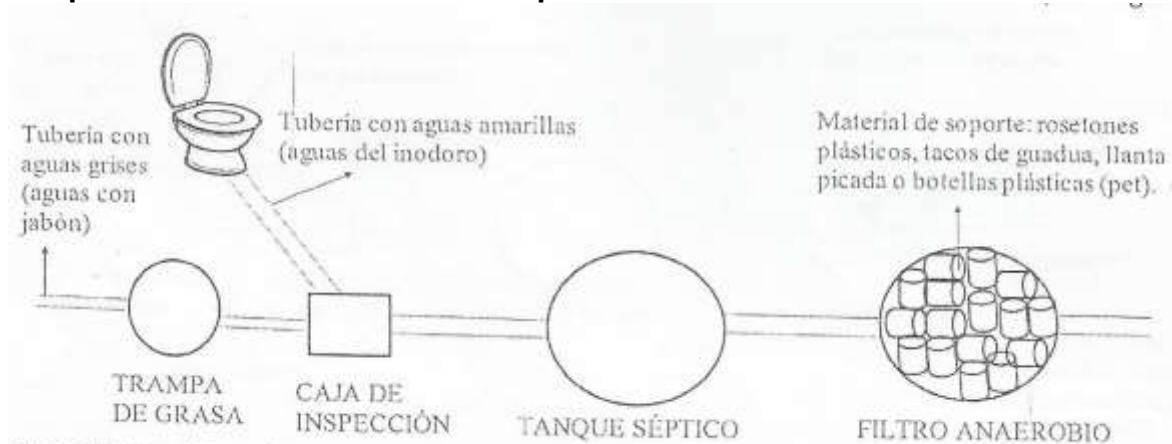
## Desventajas

- El abono orgánico producido por el sistema es líquido
- Al momento de aplicar el abono líquido al suelo, este debe estar húmedo para evitar volatización del Nitrógeno
- La vida útil del compartimiento hermético está en función del material y es aproximadamente 8 años.
- Al procesar dos tipos de aguas residuales la normatividad ambiental es más exigente.

## SISTEMA MIXTO PARA EL MANEJO DE AGUAS RESIDUALES Y AGUAS MIELES

Existen también experiencias aprobadas por la Corporación Autónoma del Valle del Cauca (CVC) en las que, en las fincas pequeñas, el agua efluente de un reactor hidrolítico de flujo descendente se lleva a una etapa final de procesos en un filtro anaerobio de un sistema séptico. Con esta estrategia se estaría minimizando los costos de los sistemas de tratamiento que requeriría una finca cafetera pequeña.

### Esquema básico de un sistema séptico

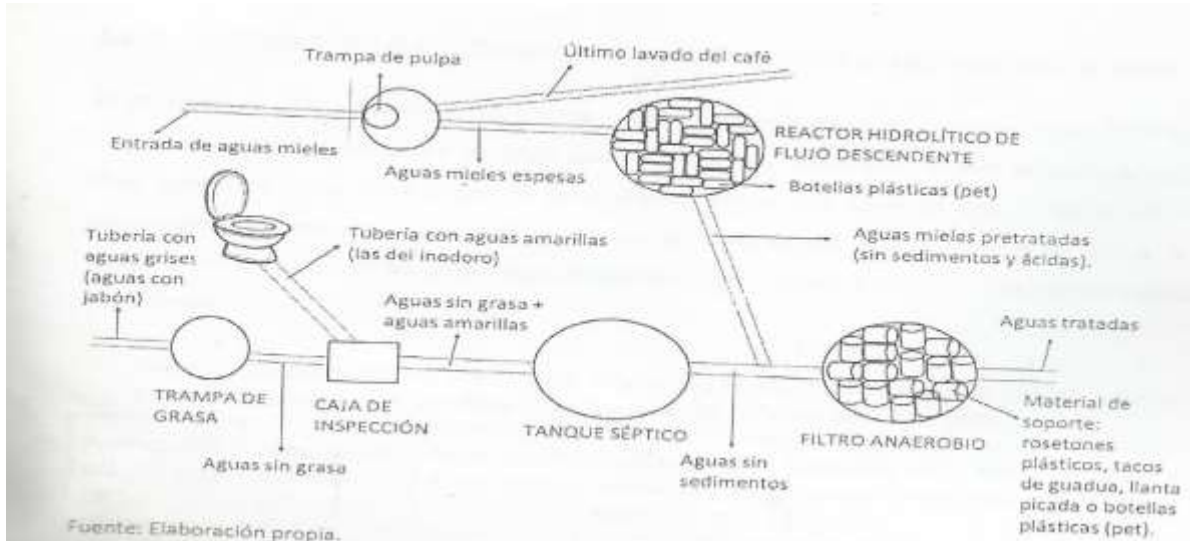


Fuente: Elaboración propia.

Fuente. Copias Sistemas de aguas residuales en las fincas cafeteras.



## Esquema básico de un sistema mixto



Fuente. Copias Sistemas de aguas residuales en las fincas cafeteras.

Cuando se tiene un sistema mixto, el filtro anaerobio del sistema séptico debe ser de 2000 litros. Con esta característica el sistema logra dar cumplimiento al Decreto 1594 DE 1984 y la Resolución 0631 de 2015 en la medida que alcanza a remover más del 80% en lo que respecta a los SST y DBO<sub>5</sub> en la primera normatividad y la DQO y los SST en la segunda<sup>186</sup>.

## Caracterización a la entrada y a la salida de un sistema mixto

Parámetro	Entrada	Salida	% Remoción	Decreto 1594 de 1984	Resolución 0631 de 2015	Cumplimiento
pH (Unidades)	4,05	6,27		5-9	5-9	Si / Si
Temperatura (°C)	20	22		< 40	< 40	Si / Si
DQO (mg/l)	5987	549	90,8		3000	- / Si
DBO <sub>5</sub> (mg/l)	3577	98,7	97,2	>80	-	Si / -
SST (mg/l)	500	75	85	>80	800	Si / Si
Caudal (l/s)	0,544	0,544				

<sup>186</sup> LUGO C, C. I.; MEJIA G, C.A.; ORTIZ B, S. P. Control de contaminación de las aguas mieles del café a partir de la obtención de gas y bioabono por medio de biodigestores. (Tesis de especialización). Universidad Santiago de Cali. 2009.

## MUCILAGO COMO COMPLEMENTO EN LA DIETA DE CERDOS

Investigaciones realizadas por CENICAFE utilizaron el mucilago como fuente de alimento para cerdos, gracias a las propiedades fisicoquímicas que tiene el mucilago y a la ausencia que este tiene de factores antifisiológicos.

En tratamientos se suministró concentrado en un 100% y otra de solo mucilago fresco y fermentado como alimento y otra con mezclas al 20 y 30% de mucilago de café en base seca, tanto en estado fresco como fermentado. Durante la investigación se llevaron registros de peso y conversión alimentaria y las características y composición de los materiales utilizados para la alimentación, además se determinó la calidad nutritiva de la carne.

Como conclusión es recomendado que el mucilago de café no debe emplearse como única fuente de alimento en la dieta de los cerdos, porque no contiene los elementos nutritivos ni energía requerida por el animal.

Al suplir hasta el 20% de concentrado por mucilago, no se afectan los requerimientos de nutrición del cerdo ni su rendimiento en producción de carne.

Al emplearse el mucilago de café como complemento a la dieta porcina, se está contribuyendo a evitar parcialmente el problema de la contaminación ocasionada por este subproducto.<sup>187</sup>

## LOMBRICOMPOSTAJE.

En este caso se utilizó la lombriz *Eisenia foetida*, con el fin de conocer su valor potencial como fertilizante biológico. Por otra parte la pulpa y el mucilago presentan alta riqueza microbiana, principalmente en bacterias y levaduras.

En la identificación los microorganismos identificados a nivel de género comunes en los sustratos fueron: *Enterobacter*, *Staphylococo*, *serratia*, *Candida*, *Torulopsis*, *Rhodotorula*, *Escherechia* y *Citrobacter*.

En CENICAFE se realizaron investigaciones en las cuales se utiliza el cultivo de la lombriz roja *Eisenia foetida* para acelerar la transformación del mucilago y de la pulpa en abono orgánico, se encontró que mediante este sistema se puede acelerar la descomposición de la pulpa hasta en un 61%, basándose en sistemas de volteo, en promedio de cada 15 días.

“Las lombrices permiten crear unas condiciones de humedad, ventilación y Ph favorables a los microorganismos, principalmente hongos y bacterias, que descomponen los residuos orgánicos. Las lombrices actúan como descomponedores pero su efecto no se puede aislar de la acción de los microorganismos, ya que algunos de estos viven tanto en el suelo como en el tubo digestivo de las lombrices”<sup>188</sup>

En el estudio se tomó pulpa sola y mezclada con mucilago para caracterizar la flora microbiana a nivel de género presente en los lombricompostos obtenidos a

---

<sup>187</sup> SARASTY Z, Dan J. Alternativas de tratamiento del mucilago residual producto del beneficiado del café. 2012. Op cit, 34, p.

<sup>188</sup> BLANDON, Gladis *et al.* Caracterización microbiológica y fisicoquímica de la pulpa de café solo y con mucilago, en proceso de lombricompostaje. Chinchina. CENICAFE, 1999, 5,p. Citado por SARASTY Z, Dan J. Alternativas de tratamiento del mucilago residual producto del beneficiado del café. 2012. Op cit, 36, p.

partir de estos dos agentes. Después de realizar los procedimientos los investigadores encontraron que debido a las características físico-químicas de la pulpa y el mucilago del café, se observa una buena variedad de microorganismos en la fase de transformación y estabilización de la materia orgánica que los constituye.

Al estudiar la composición química del lombricompuesto obtenido a partir de pulpa sola se observaron diferencias significativas al 5%, en las variables N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, B, Zn, cenizas, proteínas y pH (en las cuales se presentó un incremento); materia orgánica, relación C/N, grasas y carbohidratos solubles (decremento), con respecto al sustrato fresco.

Para el caso de la pulpa mezclada con mucilago en la composición química de este sustrato se puede observar que se presentaron diferencias significativas, en las variables N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, B, cenizas, proteína, y pH (en la que presento un incremento); humedad, materia orgánica, relación C/N, grasas y carbohidratos solubles (se presentó un decremento), con respecto al sustrato fresco.<sup>189</sup>

La pulpa y el mucilago son dos subproductos con una alta riqueza microbiana en los que se identifican bacterias y levaduras principalmente.

Hay que tener en cuenta que la clase y la cantidad de los microorganismos presentes en los sustratos dependen de los nutrientes disponibles, el contenido de la humedad, la aireación de la masa, su temperatura y pH, estas variables los hace adecuados para ser utilizados como fertilizantes biológicos en una agricultura orgánica.<sup>190</sup>

## **OBTENCIÓN DE PECTINAS A PARTIR DEL MUCILAGO Y LA PULPA DE CAFÉ**

Generalmente, las pectinas se extraen de residuos cítricos y de manzanas mediante un proceso fisicoquímico en múltiples etapas, caracterizado por una extracción con ácido mineral en caliente y se recupera con una precipitación con alcohol. Se obtuvo pectina de las aguas mieles del desmucilaginado mecánico del café mediante la adaptación del método utilizado para la producción a partir de materiales vegetales tradicionales, pero considerando que se conoce poco acerca de esta extracción, se investigó la influencia de los parámetros pH, temperatura y tiempo en el rendimiento<sup>191</sup>

---

<sup>189</sup> SARASTY Z, Dan J. Op cit, 38, p.

<sup>190</sup> SARASTY Z, Dan J. Alternativas de tratamiento del mucilago residual producto del beneficiado del café. 2012. Op cit, 38, p.

<sup>191</sup> GARCIA P, Jessica I. Evaluación del rendimiento de extracción de pectinas en aguas mieles del beneficiado de café procedentes de desmucilaginado mecánico. Título de grado (Ingeniero Químico). Universidad del Salvador, Centro América. 2009. 43, p. Disponible en internet: [http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/2033/1/Evaluaci%C3%B3n\\_del\\_rendimiento\\_de\\_extracci%C3%B3n\\_de\\_pectina\\_en\\_aguas\\_mieles\\_del\\_beneficiado\\_de\\_caf%C3%A9\\_procedentes\\_de\\_desmucilaginado\\_mec%C3%A1nico.pdf](http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/2033/1/Evaluaci%C3%B3n_del_rendimiento_de_extracci%C3%B3n_de_pectina_en_aguas_mieles_del_beneficiado_de_caf%C3%A9_procedentes_de_desmucilaginado_mec%C3%A1nico.pdf)

## OBTENCIÓN DE ÁCIDO LÁCTICO POR FERMENTACIÓN DEL MUCILAGO DE CAFÉ POR *LACTOBACILLUS BULGARICUS* NRRL-B548

El ácido láctico (AL) es un químico valioso, ampliamente usado en las industrias de alimentos, farmacéutica, de cueros, textil y cosmética. Por su excelente reactividad y que tiene un grupo hidroxilo como uno carboxilo en su estructura, el AL puede sufrir una serie de conversiones químicas en productos potencialmente útiles como oxido de propileno, propilen glicol, 2,3-pentane-diona, ester de lactato, alanina y los acidos acrílicos, propionico, acético y pirúvico.

El mucilago está constituido por una capa gruesa de tejido esponjoso de 0.4 a 2.0 mm de espesor. Contiene 15% de sólidos en la forma de un hidrogel coloidal insoluble en agua, sin estructura celular; estos solidos tienen 80% de ácidos pécticos y 20 % de azúcar.

Para esta investigación el departamento de agricultura de los estados Unidos dono a *Lactobacillus Bulgaricus* NRRL-B548, y el estudio se basa en el comportamiento de este sobre el mucilago. Se realizan nueve fermentaciones completamente al azar en el que se tienen dos factores (concentraciones del inoculo y concentración de azucares reductores totales, ART) y tres niveles para cada factor.

### Diseño experimental de las fermentaciones

Factor	Niveles
Concentraciones de inóculo (g/l)	5 10 15
Concentración de ART (g/l)	27 35 60

Tomado de Arias **PRODUCCION DE ACIDO LACTICO POR FERMNETACION DE MUCILAGO DE CAFÉ CON LACTOBACILLUS BULGARICUS NRRL-B548**

El método de análisis se basó por el método de peso seco, para lo cual se resuspendió el precipitado resultante de la centrifugación de la muestra, con 10 ml de agua destilada y se centrifugo nuevamente. Este procedimiento se realizó tres veces. El precipitado de biomasa lavado se secó en estufa a 65°C durante 24 horas, tiempo en que se obtuvo peso constante, y se pesó con precisión de 0.1 mg. La determinación de los azucares reductores totales (ART) se hizo siguiendo el método de Lane-Eynon. El ácido láctico (AL) se determinó por colorimetría, utilizando un espectrofotómetro<sup>192</sup>.

### CAFEINA

La cafeína es el principal alcaloide de la coffea, planta típica del café y del Cacahuatl o cacao, de cuyos granos se elabora el chocolate. Es una sustancia inodora y amarga, con baja solubilidad en agua fría y de rápida absorción,

---

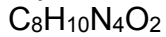
<sup>192</sup> ARIAS Z, Mario *et al.* Producción de ácido láctico por fermentación de mucilago de café con *Lactobacillus Bulgaricus* NRRL-B548. Artículo 76, n° 158. 147-153, p. Medellín. 2009. ISSN 0012-7353. disponible en internet: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/dyna/article/view/10254/13479>

especialmente por el tracto gastrointestinal. La cafeína es utilizada como estimulante cardiaco y del sistema nervioso central.

- 

### **Composición química**

Cafeína es el nombre común de la trimetilxantina, cuya composición química se representa de acuerdo a la siguiente formula:



- 

### **Proceso de obtención**

En el Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP), se evaluó la posibilidad de producir cafeína a partir de la pulpa de café, con su contenido original de humedad (80-85%) y secada mecánicamente al sol. Para dicho efecto, se utilizaron diversos solventes y métodos para extraer la cafeína de la pulpa de café fresca y seca, los cuales se listan a continuación:

- 

Percolación

- 

Extracción con agua a 25°C

- 

Extracción con agua a 25°C y alcohol

- 

Extracción con alcohol

En pruebas realizadas por el INCAP, con el proceso de percolación se logró extraer la mayor cantidad de cafeína de la pulpa que con los métodos de extracción con agua a 25°C, extracción con agua a 25°C y alcohol y la extracción solamente con alcohol. Según los datos obtenidos, el proceso de percolación remueve casi el total de la cafeína de la pulpa de café, con 29 % de extracción de solidos totales.

- 

### **Características de la materia prima para su procesamiento**

Para lograr una extracción eficiente de alcaloide es preferible usar pulpa seca, por lo que para obtener el estado idóneo de utilización el contenido original de humedad (80-85%) debe pasar por el proceso de secado ya sea mecánicamente o al sol.

### **SUSTRATO PARA HONGOS COMESTIBLES**

Se llama sustrato al material que degradan los hongos para su alimentación y crecimiento. Es necesario que el sustrato este acondicionado de manera adecuada para que se desarrolle el micelio.

- 

### **Características y propiedades**

Hay dos grandes clases de hongos cultivados: aquellos que prefieren crecer sobre compost y aquellos que prefieren crecer sobre materiales leñosos (madera). El hongo botón común (Champignon) y otras especies de Agaricus pertenecen a la primera clase, cultivándose en compost, pero tambien pueden crecer en paja. Los hongos ostra (orellanas), shiitake, reishi, maitake, y melena de león, todos

prefieren materiales lignocelulolíticos, tales como aserrín, las virutas de madera y a veces la paja.

Algunas de las características que debe presentar el sustrato para que puedan cultivarse los hongos sobre la pulpa de café, es que esta debe ser fresca, de un día, es decir, no debe estar fermentada. De acuerdo a ciertas investigaciones, el tiempo óptimo de fermentación de la pulpa de café es de 3 a 5 días.

Otro factor importante es el pH del sustrato, el cual deberá estar en un intervalo de 5.5 a 6.5. Además se requiere que el sustrato tenga una humedad del 70%.

- 

## **Proceso de obtención**

1.

### **Preparación de la pulpa de café**

Una vez finalizado el proceso de despulpado del café, la pulpa se apila piramidalmente de 3 a 5 días para que se fermente, cubriéndola con plástico para evitar la deshidratación y favorecer la fermentación. Luego, la pulpa se somete al proceso de pasteurización. Posteriormente se deja escurrir hasta alcanzar una humedad de 70-80 %. Debe enfriarse a 30°C para que esta pueda ser inoculada.

2.

### **Inoculación del hongo en el sustrato.**

El hongo consiste en una masa algodonosa llamada micelio, el cual ha sido desarrollado sobre semillas de trigo. Dicha masa con la semilla de trigo, deberá mezclarse con la pulpa de café, en bolsas de plástico, cerrándolas para la deshidratación o contaminación.

3.

### **Obtención de hongos.**

Dependiendo de las condiciones ambientales y de la cepa empleada, unos 14 a 25 días después de la inoculación, aparecerán los primordios de los hongos, estos quedaran completamente desarrollados en unos 4 a 6 días después.

- 

## **Características de la materia prima para su procesamiento**

Una vez finalizado el proceso de despulpado del café, la pulpa se apila piramidalmente de 3 a 5 días para que se lleve a cabo el proceso de fermentación aeróbica, cubriéndola con plástico para evitar la deshidratación y favorecer la fermentación.

Luego, la pulpa se somete al proceso de pasteurización sumergiéndola en agua caliente a una temperatura de 70°C durante 30 minutos aproximadamente. Posteriormente se deja escurrir hasta alcanzar una humedad de 70.80%. Debe enfriarse a 30°C para que esta pueda ser inoculada.<sup>193</sup>

---

<sup>193</sup> ARMAS F, Eduardo A; CORNEJO M, Nubia C & MURCIA Z, Karina M. Propuesta para el aprovechamiento de los subproductos del beneficiado del café como una alternativa para la diversificación de la actividad cafetalera y aporte de valor a la cadena productiva. Título de grado (ingeniero industrial). Universidad de el Salvador. 2008. 70-74, p.

## ASPECTOS RELATIVOS A LA SALUD

Los subproductos del café tienen muchas propiedades medicinales. Se enumeran a continuación algunas de ellas:

- **Fibra soluble dietética:** La aterosclerosis surge cuando se cargan las arterias con depósitos de colesterol (esto es, lipoproteínas de baja densidad). De suma importancia a ese respecto son las arterias coronarias y el peligro de un ataque cardíaco. Las pectinas del café también elevan el nivel de las lipoproteínas de alta densidad, que son las beneficiosas. Es bien sabido que las pectinas encierran los ácidos de la bilis (de donde proceden esos colesterol) y los llevan a través del intestino delgado hasta el intestino grueso o el colon, donde algunos de ellos se convierten en alimento para las bacterias, que a su vez protegen contra el cáncer de colon.

- **Propiedades de intercambio de cationes**

Las pectinas, en forma de oligosacáridos galacturónicos, son un poco como resinas de intercambio de iones. Son capaces de formar complejos con calcio puro, hierro y otros iones de carácter divalente en la dieta y llevarlos fuera del cuerpo, reduciendo considerablemente el nivel de esos importantes elementos nutritivos.

- **Antioxidante:**

El mucilago de café, pero más en especial la pulpa, no es todo pectina o protopectinas. Contiene también una serie de azúcares eslabonados y las sustancias químicas polifenólicas, antocianinas, proantocianinas, y cianuros, bioflavonoides y taninos, además, por supuesto, de cafeína y ácidos clorogénicos<sup>194</sup>.

## USO DE LA PULPA Y EL MUCILAGO DE CAFÉ EN LA GASTRONOMIA.

- **Pistiños con miel de café**

Para la realización de esta receta se ha utilizado los métodos del amasado y fritura.

Se debe mezclar, harina, mantequilla, agua, sal y azúcar. En un recipiente hasta incorporar todos los ingredientes formando una masa suave y homogénea.

Dejar reposar por 5 min.

Para finalizar se calienta a fuego medio el aceite hasta 170°C a 200°C el aceite para proceder a freír la masa.

---

<sup>194</sup> RATHINAVELU R & GRAZIOSI G. Posibles usos alternativos de los residuos y subproductos del café. Universidad de Trieste (Italia)

Servir los pistiños con miel elaborada a base del mucilago de café.<sup>195</sup>

•

### **Galletas de harina de cerezo de café.**

En esta experimentación se utiliza las técnicas de amasado y horneado de los subproductos del café.

Para la realización de la harina de café se procede a despulpar el café previamente lavado.

Se coloca en una bandeja o lata de horno de manera homogénea tratando de no sobreponer las cascara unas sobre otras. Se calienta el horno a temperatura de 170°C a 190°C y se procede al horneado durante aproximadamente 1 min. Tratando de mover cada 5 min. Las cáscaras para que se tuesten de manera homogénea y observando que no se quema, terminando el tueste se retira del fuego y se deja enfriar.

Seguido se procede a moler la pulpa deshidratada, obteniendo de esta manera una harina que presenta gránulos de fibra.

Para las galletas se utiliza  $\frac{3}{4}$  de harina de cerezo de café que permite brindarle el sabor y la textura que se desea, esta harina posee una característica de gránulos por la presencia de fibra que el cerezo posee y adicionalmente añadimos harina de uso múltiple, coca para brindarle un sabor más apetitoso, cabe rescatar que la cascara de café posee un sabor u aroma achocolatados.

Seguido se procede a mezclar los ingredientes mezclando primero la mantequilla con azúcar hasta diluir el azúcar, añadir un huevo y finalmente la mezcla de las dos harinas y de la cocoa o chocolate, mezclar hasta que se incorporen todos los ingredientes y dejar reposar la masa por aproximadamente 5 min o 10 min.

Seguido se calienta el horno a temperatura de 190°C, mientras tanto se coloca en una boquilla la masa y se coloca sobre las latas realizando las figuras que se deseen.

Colocar las galletas en el horno y dejarlas aproximadamente de 16 a 19 min. Retirar y dejar enfriar<sup>196</sup>.

•

### **Panacota de cerezo de café**

En la realización de esta receta se usaron los métodos y técnicas de hervido y reducciones, utilizando el cerezo y el mucilago de café los cuales poseen pectina que ayudan a la reducción y obtención de coulis, para lo cual se realizan los siguientes pasos.

Coulis de cereza de café: se procede a colocar en una olla agua hasta que hierva, se coloca la pulpa de café, se revuelve por unos minutos y se procede a sacar del fuego para cernir y lavar adecuadamente el cerezo, se vuelve al fuego

---

<sup>195</sup> MINGA S, Liliana L. análisis e investigación del café de la Perla, Nanegal y sus aplicaciones en la gastronomía. Escuela de gastronomía Udl. Título de grado (Tecnología en alimentos y bebidas). 2017. 38, 50, p. disponible en internet: <http://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/7012/1/UDLA-EC-TTAB-2017-01.pdf>

<sup>196</sup> Op cit, 42, 52, p.



con la mitad de agua de la cantidad de pulpa que se usara, se deja que hierva y se reduce hasta que las cascara se ablanden.

Se incorpora la misma cantidad de azúcar y cantidad de cereza de café, añadir una estilla de canela y dejar que se reduzca por aproximadamente 45 min. Retirar y dejar enfriar.

Para la Panacota: Hervimos la leche con el azúcar sin dejar hervir. Disolver una cantidad pequeña de gelatina sin sabor a la leche sin dejar que hacer grumos, adicionar crema de leche y revolver. Dejar a fuego lento por 5 min revolviendo para que se incorporen todos los ingredientes.

Reposar y llevarlo al refrigerador.

Luego que la panacota este consistente, se procede a colocar el coulis de cereza de café y servir<sup>197</sup>.

### **Vino de cascara de café**

Recepción de la cascara de café

Seleccionar y lavar

Disolución – pulpa 20% agua 80%

Licuado

Filtro

Adicionar azúcar

Disolución

Pasteurización –

Adicionar levadura previamente activada- 7 gr por 10 litros

Fermentación

---6 días y cese el burbujeo

Adicionar azúcar

Refrigeración –24 horas 5°C

Sedimentación

Clarificación del filtrado

Centrifugación

Embotellado<sup>198</sup>

•

### **Trufas de cascara de café**

Recepción de cereza de café fresca

Selección

Desinfección

Trituración o despulpado

Tratamiento térmico de las cascara de café —80°C cocción 15 min d0s desagües

Ecurrir

---

<sup>197</sup> Op cit, 39, 53-54, p.

<sup>198</sup> Capacitación en emprendedores en transformación y comercialización de productos derivados del café. SENA.2014

Moler la cascara  
Calentar el agua  
Adicción de azúcar, panela, mani triturado, uvas pasas molidas  
Calentar hasta que seque  
Moldear  
Dejar madurar<sup>199</sup>

•

### **Almíbar de cascara de café**

Recolección de la cereza de café  
Clasificación  
Desinfección  
Despulpado  
Selección  
Cocinar y hacer un desaguado mínimo  
Preparar un jarabe--- 50% azúcar 50%agua  
Calentar a 85°C  
Adicionar canela y anís  
Enfriar  
Empacar---empacado al vacío en baño de maría

•

### **café**

### **Salsas para carnes de mucilago de**

Formulación  
Ingredientes:  
Mucilago 200g  
Azúcar o panela 220 g  
Ácido cítrico 5 g  
Fécula de maíz 4 g  
Especias condimentadas 2 g  
CMC 2 g  
Benzoato 0.3 g

Preparación:  
Poner en un recipiente todos los ingredientes y cocer a fuego lento hasta que de mezcle todo y espese, luego bajar y reposar<sup>200</sup>

---

<sup>199</sup> Ibíd.

<sup>200</sup> Ibíd.

•

### **Mermelada de mucilago de café**

Recepción de la cereza de café

Desinfección

Despulpado

Filtrado y obtención del jugo o mucilago (300 g)

Adicionar azúcar (200) y revolver siempre con el estabilizante CMC (10g)

Adicionar 5 g ácido cítrico

Concentrar hasta que de espesor y obtenga 65 °Brix

Bajar y reposar<sup>201</sup>

•

### **Bocadillos con mucilago de café**

Ingredientes:

Mucilago 300 g

Panela 300 g

CMC 3 g

Ácido cítrico 8 g

Gelatina sin sabor 6

Preparación:

Con el flujograma de la mermelada, iniciar la concentración de 90 a 100 °C y obtener un punto de 80 °Brix.

Bajar dejar reposar y cortar<sup>202</sup>

•

### **Gomas de mucilago de café**

Ingredientes:

Mucilago de café

Azúcar

Gelatina sin sabor

Ácido cítrico

Saborizante

Colorante

Su preparación es parecida a la mermelada o bocadillos, donde se agregan todos los insumos se cocina y se revuele contantemente, hasta que espese. Se moldea y se deja enfriar.<sup>203</sup>

---

<sup>201</sup> Ibíd.

<sup>202</sup> Ibíd.

<sup>203</sup> Ibíd.

## BIBLIOGRAFIA

- ABARRATALDEA. Manual práctico de técnicas de compostaje. Citado por, SUAREZ A, Jesús M. Aprovechamiento de los residuos sólidos provenientes del beneficio de café, en el municipio de Betania Antioquia: Usos y aplicaciones. 2012. 46, p.
- ARIAS Z, Mario *et al.* Producción de ácido láctico por fermentación de mucilago de café con *Lactobacillus Bulgaricus* NRRL-B548. Artículo 76, n° 158. 147-153, p. Medellín. 2009. ISSN 0012-7353. disponible en internet: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/dyna/article/view/10254/13479>
- ARMAS F, Eduardo A; CORNEJO M, Nubia C & MURCIA Z, Karina M. Propuesta para el aprovechamiento de los subproductos del beneficiado del café como una alternativa para la diversificación de la actividad cafetalera y aporte de valor a la cadena productiva. Título de grado (ingeniero industrial). Universidad de el Salvador. 2008. 70-74, p.
- BLANDON, Gladis *et al.* Caracterización microbiológica y fisicoquímica de la pulpa de café solo y con mucilago, en proceso de lombricompostaje. Chinchina. CENICAFE, 1999, 5,p. Citado por SARASTY Z, Dan J. Alternativas de tratamiento del mucilago residual producto del beneficiado del café. 2012. Op cit, 36, p.
- Capacitación en emprendedores en transformación y comercialización de productos derivados del café. SENA.2014
- CERQUERA R, M. E. Evaluación de desempeño del reactor hidrolítico ácido génico de flujo descendente como tratamiento primario de las aguas mieles del café en el departamento del Valle del Cauca. (Tesis de maestría). Universidad de Manizales. Colombia. 2017.
- D GALLEGO, J JIMÉNEZ y Otros, Funcionamiento Hidráulico de un Filtro Anaeróbico de Flujo Ascendente. Citado por, SUAREZ A, Jesús M. Aprovechamiento de los residuos sólidos provenientes del beneficio de café, en el municipio de Betania Antioquia: Usos y aplicaciones. 2012. 44, p.
- GARCIA P, Jessica I. Evaluación del rendimiento de extracción de pectinas en aguas mieles del beneficiado de café procedentes de desmucilaginado mecánico. Título de grado (Ingeniero Químico).
- FEDERACIÓN NACIONAL DE CAFETEROS. Manejo Integral de las Aguas y los residuos Sólidos en las Fincas Cafeteras. Citado por SUAREZ A, Jesús M. Aprovechamiento de los residuos sólidos provenientes del beneficio de café, en el municipio de Betania Antioquia: Usos y aplicaciones. 2012. 43, p.

- LUGO C, C. I.; MEJIA G, C.A.; ORTIZ B, S. P. Control de contaminación de las aguas mieles del café a partir de la obtención de gas y bioabono por medio de biodigestores. (Tesis de especialización). Universidad Santiago de Cali. 2009.
- MINGA S, Liliana L. análisis e investigación del café de la Perla, Nanegal y sus aplicaciones en la gastronomía. Escuela de gastronomía Udlá. Título de grado (Tecnóloga en alimentos y bebidas). 2017. 38, 50, p. disponible en internet: <http://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/7012/1/UDLA-EC-TTAB-2017-01.pdf>
- ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD. Guía de Orientación en Saneamiento Básico Para Alcaldías y Pequeñas Comunidades. Citado por, SUAREZ A, Jesús M. Aprovechamiento de los residuos sólidos provenientes del beneficio de café, en el municipio de Betania Antioquia: Usos y aplicaciones. 2012. 45, p.
- RATHINAVELU R & GRAZIOSI G. Posibles usos alternativos de los residuos y subproductos del café. Universidad de Trieste (Italia)
- SARASTY Z, Dan J. Alternativas de tratamiento del mucilago residual producto del beneficiado del café. 2012. Op cit, 34, p.
- Universidad del Salvador, Centro América. 2009. 43, p. Disponible en internet:  
[http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/2033/1/Evaluaci%C3%B3n\\_del\\_rendimiento\\_de\\_extracci%C3%B3n\\_de\\_pectina\\_en\\_aguas\\_mieles\\_del\\_beneficiado\\_de\\_caf%C3%A9\\_procedentes\\_de\\_desmucilaginado\\_mec%C3%A1nico.pdf](http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/2033/1/Evaluaci%C3%B3n_del_rendimiento_de_extracci%C3%B3n_de_pectina_en_aguas_mieles_del_beneficiado_de_caf%C3%A9_procedentes_de_desmucilaginado_mec%C3%A1nico.pdf)