

**MANEJO DE AGUAS RESIDUALES PROVENIENTES DEL BENEFICIO HUMEDO  
DEL CAFÉ EN LA ZONA CAFETERA CENTRAL DE COLOMBIA**

**Silvia Zuleyma Mejía Zuluaga**

**UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA UNAD**

**Escuela De Ciencias Agrícolas Pecuaria y Del Medio Ambiente CEAD Medellín**

**Agronomía**

**Colombia**

**Septiembre 25 del 2018**

**MANEJO DE AGUAS RESIDUALES PROVENIENTES DEL BENEFICIO HUMEDO  
DEL CAFÉ EN LA ZONA CAFETERA CENTRAL DE COLOMBIA**

**Silvia Zuleyma Mejía Zuluaga**

**Monografía presentada para optar al título de agrónomo**

**Asesor**

**Catalina Muñoz Monsalve**

**Ingeniera Agroindustrial**

**Especialista en alimentación y nutrición**

.

**UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA UNAD**

**Escuela De Ciencias Agrícolas Pecuarias y Del Medio Ambiente**

**Medellín**

**Septiembre 25 del 2018**

## **Agradecimiento**

Agradezco a Dios que no me ha dejado desfallecer bajo ninguna circunstancia, a mis hijos María Antonia y Santiago a los que prive de compartir con ellos en reiteradas ocasiones, y siempre fueron solidarios conmigo.

A mis padres que siempre han estado orgullosos de cada uno de mis logros. Amigos y tutores que siempre estuvieron cuando los necesite

Al Comité De Cafeteros De Antioquia que me apoyo de manera integral para poder culminar este proceso formativo.

Como no agradecer a esas personas que aun sin conocerme estuvieron prestas a colaborar con tiempo e información para lograr la recopilación que dio vida a este documento

A través de estas letras rindo un homenaje a mi padre quien falleció sin ver como su hija culminaba este reto. Gracias papa por tu confianza y donde quiera que te encuentres gracias por hacerme sentir importante cada vez que me mirabas y me escuchabas.

Gracias infinitas

## Tabla de Contenido

|  |    |
|--|----|
| Lista de tablas .....  | 8  |
| Lista de figuras.....  | 10 |
| Introducción .....   | 12 |
| 2. Descripción del problema .....  | 13 |
| 3.Objetivos.....   | 15 |
| 3.1 Objetivo General .....   | 15 |
| 3.2 Objetivos Específicos.....   | 15 |
| 4. Justificación .....   | 16 |
| 5. Marco teórico .....   | 17 |
| 5.1 Disponibilidad de agua dulce en el planeta .....   | 17 |
| 5.1.1. Huella hídrica .....  | 18 |
| 5.1.2. Huella hídrica de producción agrícola en Colombia .....                               | 19 |
| 5.1.3 El Agua En Colombia.....   | 20 |
| 5.1.4 Distribución del recurso hídrico en Colombia según estudios del IDEAM 2015. ....       | 21 |
| 5.2.Generalidades del café .....   | 22 |
| 5.2.1. El mercado mundial y nacional del café en el siglo xxi .....                          | 22 |
| 5.2.2. Exportaciones de café de Colombia en miles de sacos de 60 kg de café verde .....      | 23 |
| 5.3 El café en Colombia.....   | 24 |
| 5.4. Taxonomía y fisiología del café .....   | 25 |
| 5.5. Agronomía del café .....  | 26 |
| 5.6. Consumos de agua en el beneficio .....  | 27 |
| 5.6.1. Índice de manejo del agua en el beneficio del café (IMAPBHC) .....                    | 27 |
| 5.7. Generación de subproductos .....  | 29 |
| 5.8. Manejo de los residuos sólidos generados en el proceso de beneficio húmedo de café..... | 30 |

|   |    |
|---|----|
| 5.8.1. Alimento animal a través de Vermicultura Larvicultura. ....  | 30 |
| 5.8.2. Producción de Hongos.....  | 32 |
| 5.8.3. Ensilaje de pulpa de café para la dieta alimenticia en bovinos.....  | 33 |
| 5.8.4. Alternativas de nueva generación para la alimentación y salud humana.....  | 34 |
| 5.8.5. Producción de biogás.....  | 35 |
| 5.8.6. Producción de alcohol. ....  | 38 |
| 5.9. Efecto de las aguas, mieles y pulpa.....   | 38 |
| 5.10. Características físico- químicas y microbiológicas de las aguas residuales del beneficio del café.....                  | 40 |
| 5.11. Disposición final de aguas residuales y subproductos.....   | 43 |
| 5.11.1. Tecnologías para el tratamiento de aguas residuales provenientes del café. ....                                       | 44 |
| .....   | 45 |
| 5.11.2. Sistema modular de tratamiento anaerobio (SMTA).....  | 45 |
| 5.12. Prototipos evaluados por Cenicafé.....  | 47 |
| .....   | 48 |
| 5.13. Plantas de tratamiento de aguas residuales de lavado del café recomendadas por el comité de cafeteros de Antioquia..... | 48 |
| 5.13.1. Tanque Séptico o reactor hidrológico ácido génico. ....   | 49 |
| 5.13.2 Filtro Anaeróbico de flujo descendente: FAFLUDE.....   | 49 |
| 5.13.3. Detalles de instalación de la planta de tratamiento.....  | 50 |
| 5.14. Plantas de tratamiento para altas producciones de café.....   | 50 |
| 5.14.1. Manejo de la planta de tratamiento.....   | 51 |
| 5.15. Dimensionamiento de las plantas de tratamientos de aguas de lavado del café.....  | 52 |
| 5.16. Sistemas de pos tratamiento de los efluentes resultantes .....  | 53 |

|  |    |
|--|----|
| 5.17. Fosas para el manejo de aguas residuales con tratamiento Físico + Biológico .....  | 55 |
| 5.17.1.Fosas para las dos primeras cabezas de lavado .....   | 55 |
| 5.18.Tratamiento Químico con Cales y Sales. ....   | 57 |
| 5.19. Tratamiento natural con extractos vegetales .....  | 58 |
| 6. Metodología .....   | 59 |
| 6.1 Revisión de información secundaria. ....   | 59 |
| 6.2 Apoyo de expertos.....   | 59 |
| 6.3 Visitas de campo .....   | 59 |
| 6.4 Trabajo interinstitucional .....   | 60 |
| 6.5 Capacitaciones en campo .....  | 60 |
| 6.6 Sistematización de la información .....  | 60 |
| 7. Resultados .....  | 61 |
| 7.1. Metodologías desarrolladas e implementadas en Antioquia por el comité de cafeteros, la empresa privada y la Universidad nacional de Medellín..... | 61 |
| 7.2. Ejercicio realizado en el 2014 sobre la producción de carga contaminante producido en la cosecha del 2014 en Antioquia .....                      | 62 |
| 7.3. Consumo de agua basado en el grado de tecnología adoptada.....  | 63 |
| 7.4. Estudio de campo efectuado por el Comité de Cafeteros de Antioquia .....  | 63 |
| .....  | 64 |
| 7.4.1. Análisis porcentual generado en beneficio según su tipificación. ....   | 64 |
| 7.4.2 . Aporte porcentual en sólidos suspendidos totales por tipo de beneficio. ....   | 65 |
| 7.5 Investigación de la empresa privada en el manejo industrial de los subproductos .....  | 66 |
| 7.5.1. Natucafé.....   | 66 |
| 7.5.2. Multidynamic-Marketing.....   | 66 |
| 7.5.3. Naox. ....  | 67 |

|   |     |
|---|-----|
| 7.6. Estrategias y equipos empleadas para el uso eficiente del agua y el control de la contaminación hídrica en el proceso de beneficio del café..... | 67  |
| 7.6.1 Clasificación del beneficio húmedo del café en Colombia.....  | 68  |
| 7.6.2 Beneficio ecológico del café.....   | 70  |
| 7.6.3. Tipificación de los beneficiaderos con cero vertimientos .....   | 73  |
| 7.7 Origen de la contaminación generada en el proceso de beneficio húmedo.....  | 75  |
| 7.7.1 Parámetros físico-químicos de las aguas residuales del café. ....   | 75  |
| 7.8 Impactos Generados por el modelo del beneficio húmedo de la zona central Colombiana .....   | 76  |
| 7.9 Alternativas de adecuación, implementación de equipos y manejo de aguas .....   | 78  |
| 7.9.1 Adecuación de equipos.....  | 79  |
| 7.9.2 Equipos diseñados y Tecnologías aplicadas para ahorrar agua y aprovechar subproductos .   | 83  |
| 7.10. Métodos, y equipos utilizados en Antioquia.....   | 89  |
| 7.10.1 . Evolución generada gracias a los cafés especiales.....   | 89  |
| 7.11 Impacto Ambiental y social generada a través de reconversión tecnológica .....   | 91  |
| 7.12 Diseños aplicados en Antioquia .....   | 92  |
| 8. Normatividad ambiental nacional.....   | 95  |
| 8.1 Inventario de normatividad ambiental vigente en recurso hídrico en el ámbito nacional Colombiano .....  | 95  |
| 8.2. Normatividad vigente de usos y vertimientos de agua aplicada al sector cafetero en Colombia.....   | 98  |
| 8.3 Marco Jurídico de la guía ambiental cafetera segunda edición .....  | 99  |
| 8.4 Implicaciones de la agricultura orgánica desde la normatividad legal en Colombia .....  | 99  |
| 8.5 Contaminación por Producción de residuos sólidos.....   | 100 |
| 8.5.1 Contaminación por mucilago.....   | 100 |
| 8.6. Requerimientos normativos aplicados a los vertimientos del café.....   | 101 |
| 8.7. Normatividad de uso del agua en el mundo .....   | 101 |

|   |     |
|---|-----|
| 8.7.1 Mecanismos internacionales para la vigilancia y control de los niveles de contaminación en temas orgánicos .....              | 103 |
| 8.8 Experiencias de manejo y aplicación de la normatividad en Antioquia.....  | 104 |
| 8.8.1 Aporte al manejo hídrico liderado por Nutresa .....   | 104 |
| 8.8.2 Implicación de Corantioquia y Cornare en seguimiento y control en el tema de vertimientos de aguas provenientes del café..... | 104 |
| 9. Resultados .....   | 107 |
| 10. Conclusión .....  | 108 |
| 11 Recomendaciones .....  | 109 |

## Lista de Tablas

|  |    |
|--|----|
| TABLA 1. ESTUDIO NACIONAL DE HUELLA HÍDRICA AGRÍCOLA EN COLOMBIA.....  | 19 |
| TABLA 2 PRODUCCIÓN DE CAFÉ EN EL MUNDO Y EN COLOMBIA EN SACOS DE 60 KG DE CP .....   | 23 |
| TABLA 3. ÍNDICE EN EL MANEJO DE AGUA SEGÚN EL SUB PROCESO DEL BENEFICIO .....  | 28 |
| TABLA 4. CONSUMO Y DQO DE LAS AGUAS MIELES VERSUS LIXIVIADOS .....   | 38 |
| TABLA 5. MICRORGANISMOS EN AGUAS CONTAMINADAS POR SUB PRODUCTOS DE CAFÉ .....  | 40 |
| TABLA 6. CARACTERIZACIÓN DE AGUAS DE RESIDUALES .....  | 41 |
| TABLA 7. INDICADORES DE CALIDAD EN AGUAS RESIDUALES DEL LAVADO DEL CAFÉ .....  | 42 |
| TABLA 8. DESEMPEÑO DE LOS DIFERENTES PROTOTIPOS EVALUADOS .....  | 47 |
| TABLA 9. CÁLCULOS PARA EL TAMAÑO DE LOS TANQUES.....   | 52 |
| TABLA 10. TRATAMIENTO PRIMARIO CON CALES.....  | 57 |
| TABLA 11. ANTIOQUIA CAFETERA.....  | 61 |
| TABLA 12. CONSUMO DE AGUA Y CARGA CONTAMINANTE DEL BENEFICIO DE CAFÉ ANUAL EN ANTIOQUIA.....   | 62 |
| TABLA 13 APOORTE DE DQO Y SST, SEGÚN TIPO DE BENEFICIADERO.....  | 64 |
| TABLA 14. PORTE EN DQO SEGÚN TIPO DE BENEFICIADERO .....   | 65 |
| TABLA 15 APOORTE EN SST SEGÚN TIPO DE BENEFICIADERO .....  | 65 |
| TABLA 16 TIPOS DE BENEFICIADEROS CONVENCIONALES .....  | 69 |
| TABLA 17. BENEFICIADEROS ECOLÓGICOS .....  | 72 |
| TABLA 18. BENEFICIADEROS CON CERO CONTAMINACIONES .....  | 74 |
| TABLA 19 IMPACTO AMBIENTAL SEGÚN EL PROCESO O LA ETAPA DEL CULTIVO .....   | 76 |
| TABLA 20 PROBLEMAS AMBIENTALES, CAUSAS Y SOLUCIONES .....  | 77 |
| TABLA 21 DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO) Y PH DE LOS EFLUENTES DEL BENEFICIO HÚMEDO DEL CAFÉ .....  | 78 |
| TABLA 22 TECNOLOGÍAS AVALADAS POR CENICAFÉ EN EL LAVADO DEL GRANO DEL CAFE .....   | 87 |
| TABLA 23 CAUDAL DE AGUA RECOMENDADO PARA LOS DIFERENTES MÓDULOS BECOLSUB.....  | 91 |
| TABLA 24. AVANCE REPORTADO ENTRE EL 2012 Y 2014 EN MITIGACIÓN AMBIENTAL POR CONSTRUCCIÓN DE BENÉFICOS ECOLÓGICOS Y SU APOORTE AMBIENTAL..... | 93 |

|  |     |
|--|-----|
| TABLA 25 OPERATIVIDAD CENTRAL DE BENEFICIO SECCIONAL ANDES .....   | 96  |
| TABLA 26 CRONOLOGÍA DE LA NORMATIVIDAD AMBIENTAL DE COLOMBIA ..... | 98  |
| TABLA 27. DECRETO 1076 DE 2015 Y RESOLUCIÓN 631 .....              | 101 |

## Lista de Figuras

|  |    |
|--|----|
| <b>FIGURA 1.</b> RELACIÓN SOBRE LA DISPONIBILIDAD DE AGUA VERSUS POBLACIÓN DEL PLANETA .....       | 17 |
| <b>FIGURA 2.</b> HUELLA VERDE, AZUL Y GRIS .....   | 18 |
| <b>FIGURA 3.</b> DISTRIBUCION DE L RECURSO A HIDRCO EN COLOMBIA .....                              | 21 |
| <b>FIGURA 4.</b> CINTURÓN DEL CAFÉ EN EL MUNDO .....   | 22 |
| <b>FIGURA 5.</b> .EXPORTACIONES DE CAFÉ ÚLTIMOS 13 AÑOS .....                                      | 24 |
| <b>FIGURA 6.</b> .VARIEDADES DE CAFÉ Y AÑO DE INGRESO AL PAÍS.....                                 | 25 |
| <b>FIGURA 7.</b> CICLOS EN LA PRODUCCIÓN DEL CAFÉ.....   | 26 |
| <b>FIGURA 8.</b> PORCENTAJE DE RESIDUOS OBTENIDOS EN EL PROCESO E INDUSTRIALIZACIÓN DEL CAFÉ ..... | 29 |
| <b>FIGURA 9</b> LOMBRIZ ROJA CALIFORNIANA (EISENIA FOETIDA).....                                   | 30 |
| <b>FIGURA 10.</b> CICLO DE VIDA DE LA MOSCA SOLDADO ( <i>HERMETIA ILLUCENS</i> ).....              | 31 |
| <b>FIGURA 11.</b> CULTIVO DE HONGOS ( <i>P. ORELLANA, SHITAKE</i> ) EN SUSTRATOS DE CAFÉ .....     | 32 |
| <b>FIGURA 12.</b> PRODUCTOS DE CONSUMO HUMANO .....  | 34 |
| <b>FIGURA 13.</b> PRODUCTO MÁS VITAL A BASE DE PULPA Y MUCILAGO DEL CAFÉ.....                      | 35 |
| <b>FIGURA 14.</b> BIODIGESTOR EN LONA .....  | 36 |
| <b>FIGURA 15.</b> AGUAS RESIDUALES DEL LAVADO DE CAFÉ.....   | 39 |
| <b>FIGURA 16.</b> . RIO LEMPA EN HONDURAS CONTAMINADO CON AGUAS DE BENEFICIO DEL CAFÉ.....         | 43 |
| <b>FIGURA 17</b> TECNOLOGÍAS EVALUADAS DE 1984 AL 2011 POR CENICAFÉ .....                          | 44 |
| <b>FIGURA 18.</b> .COMPONENTE SMTA CENICAFÉ, REACTORES HIDROLÍTICOS ACIDO GÉNICOS .....            | 45 |
| <b>FIGURA 19</b> DISEÑO E INSTALACIÓN DEL SMTA.....  | 46 |
| <b>FIGURA 20.</b> DISEÑO MODIFICADO EN ANTIOQUIA PARA TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES .....        | 48 |
| <b>FIGURA 21</b> .POZO DE DESNATADO Y UBICACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO .....                  | 49 |
| <b>FIGURA 22.</b> DETALLE DE INSTALACIÓN DE ACCESORIOS.....  | 50 |
| <b>FIGURA 23.</b> .POZOS EN TIERRA QUE REPLAZAN LOS SISTEMAS EN PVC .....                          | 51 |
| <b>FIGURA 24.</b> POS TRATAMIENTO DE AGUAS MIELES .....  | 53 |

|  |     |
|--|-----|
| FIGURA 25. SISTEMA ACUATICO DE TRATAMIENTO CON PLATAS FLOTANTES.....   | 54  |
| FIGURA 26. fosas para el manejo de aguas residuales.....   | 55  |
| FIGURA 27. MEDICIÓN DE EFICIENCIA EN FOSAS DE RETENCION EN LA PRIMERA CABEZA DE LAVADO .....                 | 55  |
| FIGURA 28. FOSAS PARA LAS 4 CABEZAS DE LAVADO DEL TANQUE TINA .....  | 56  |
| FIGURA 29. TRATAMIENTO QUÍMICO PRIMARIO.....   | 57  |
| FIGURA 30. COAGULANTE BIOLÓGICOS .....   | 58  |
| FIGURA 31. ANTIOQUIA CAFETERA .....  | 61  |
| FIGURA 32. DIAGRAMA DE PROCESOS DEL BENÉFICO HÚMEDO.....   | 67  |
| <b>FIGURA 33.</b> DIAGRAMA DE PROCESOS DEL BENEFICIO CONVENCIONAL .....                                      | 68  |
| FIGURA 34. BENÉFICO CONVENCIONAL Y CANAL DE CORRETEO .....   | 69  |
| FIGURA 35. DIAGRAMA DE PROCESOS DEL BENEFICIO ECOLÓGICO .....  | 71  |
| FIGURA 36. ADAPTACIÓN DE FLOTADOR Y BOMBA SUMERGIBLE .....   | 80  |
| . FIGURA 37. SUMINISTRO DE AGUA POR GRAVEDAD – PLACA DE ORIFICIO .....                                       | 81  |
| <b>FIGURA 38.</b> ROTÁMETRO INSTALADO SOBRE TUBERÍA.....   | 82  |
| FIGURA 39. TECNOLOGÍAS EN EL PROCESO DE RECIBO Y FERMENTACIÓN DEL CAFÉ .....                                 | 83  |
| FIGURA 40. . ECOPLUS CON TANQUE CANAL. MÓDULO INTEGRAL .....   | 84  |
| FIGURA 41. ESQUEMA DE TRAMPA PARA PIEDRA SHTS Y ALIMENTACIÓN DOSIFICADORA DE LA TOLVA .....                  | 85  |
| FIGURA 42 .ALTERNATIVAS PARA PEQUEÑOS CAFICULTORES.....  | 86  |
| FIGURA 43. EQUIPOS CON CONSUMO DE 1/DE AGUA POR. KM CPS BENEFICIADO.....                                     | 87  |
| FIGURA 44 <b>E</b> COMILL DESCARGANDO CAFÉ DESMIELADO Y PROCESO DEL DESMUCILAGINADO .....                    | 88  |
| FIGURA 45. MULADA CAFETERA DE ANTIOQUIA .....  | 89  |
| FIGURA 46. <b>P</b> LANTA LA ARBOLEDA EN JARDÍN ANTIOQUIA Y TRATAMIENTO DE AGUAS EN ANORÍ.....               | 94  |
| FIGURA 47. VERTIMIENTOS A CIELO ABIERTO .....  | 96  |
| FIGURA 48. ESTIMACIÓN DE LAS CONCENTRACIONES DE BACTERIAS COLIFORMES FECALES (CF) EN LOS CURSOS DE AGUA..... | 102 |

## **Introducción**

Las tecnologías que giran en torno al negocio del café y la mejora continua en los sistemas de conservación convocan a los actores que forman parte del gremio cafetero a buscar alternativas que reestructuren los modelos productivos y a la implementación de protocolos que garanticen la reducción de la contaminación causada por los subproductos que genera el café en el proceso de beneficio.

La disminución del recurso hídrico en el país por los efectos de la variabilidad climática. Y las políticas implementadas para generar estrategias de cobros por el uso y contaminación de las aguas revertidas en tasa retributiva, requiere la aplicación de tecnologías apropiadas para nuestro país en el sector rural cafetero, de tal forma que garanticen el futuro y la continuidad de la empresa del pequeño, mediano y grande caficultor en Colombia.

A partir del Plan Nacional de Desarrollo 2006-2010, en el cual se plantea el reto de garantizar la sostenibilidad del recurso, entendiendo que su gestión se deriva del ciclo hidrológico que vincula una cadena de interrelaciones entre diferentes componentes naturales y antrópicos (VICIMINISTERIO DE AMBIENTE, 2010)

Colombia cuenta con El Centro Nacional de Investigaciones de café “Cenicafé” allí a través de la investigación científica y desarrollo tecnológico para el sector cafetero, con una estructura temática organizada por disciplinas; se ha logrado a portar en la reducción de cargas contaminantes entregadas a través de vertimientos puntuales a cielo abierto, apuntando de esta manera a los requerimientos exigidos en la legislación ambiental que rige al sector cafetero.

Antioquia cafetera al 31 de enero del 2017 contaba con 82,667 familias productoras en 126,326 hectáreas de café, donde el 20 % de los cafeteros están utilizando beneficiaderos ecológicos y el 80% restante aún continúan beneficiando el café de manera convencional o tradicional en procesos que requieren del uso abundante de recursos hídrico y que para las condiciones actuales en materia ambiental han alterado el ambiente de manera negativa. (Comite De Cafeteros De Antioquia, 2018)

## 2. Descripción del problema

La trazabilidad del manejo del agua utilizada por el sector caficultor de Colombia está en marcada por los lineamientos del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, quien establece los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales, y que se enmarcan en los decretos 3930 de 2010, entre otros y la resolución 631 de 2015 (MINMINAS, 2018)

Con base en la cosecha del 2014, en Antioquia, la carga de DBO5 se estimó en 25.109 Ton y de SST 23.830, esta carga contaminante represento un pago de Tasa retributiva de aproximadamente 4.000 millones de pesos en un año; lo que represento \$38/Kg CPS, en cuanto a las tasas por uso al consumo de agua, represento un costo de tasa por uso de aproximadamente 2 millones seis cientos mil pesos, lo que equivale a 0,024 \$/Kg CPS (CORANTIOQUIA, 2016)

Estudios de [CENICAFE]. (2011). Construyendo el modelo para la gestión integrada del recurso hídrico en la caficultura página 14. Revela que las aguas residuales del lavado del mucílago fermentado, provenientes de una producción de 1.000 @ de café, pergamino, seco., generan una contaminación equivalente a la generada en aguas negras por una población de 14.400 habitantes en un día; Para esta misma producción de café y con remoción mecánica de mucílago, los lixiviados que escurren de la mezcla pulpa mucílago, generan la mitad de la contaminación anterior, en concentraciones que superan 200 veces las de aguas residuales de una alcantarilla doméstica.

El problema ambiental planteado hasta el momento ha generado una gran cantidad de investigaciones, dando origen a conocimientos y tecnologías que pueden ser empleadas para lograr una producción amigable con el ambiente, y con particular preferencia en el aprovechamiento de subproductos y la optimización del consumo de agua.

Sin embargo, el beneficio tradicional del café sigue realizándose de manera generalizada y gran parte de estos aportes científicos no han sido adoptados por el caficultor colombiano dado los costos derivados de estas tecnologías, la falta de conciencia ambiental del productor y su dificultad al cambio.

La implementación de la normatividad ambiental para café a partir del 2016 implica una afectación al bolsillo del caficultor, a causa de las sanciones por el incumplimiento de los parámetros exigidos

para la producción cafetera. La disponibilidad del agua, eficiencia en la producción, costos de beneficio, calidad del café, ambiente sano, regulaciones ambientales, entre otras, así como una conciencia naciente por los problemas de contaminación ambiental generados por la inadecuada disposición o utilización de los subproductos, han generado la necesidad de revisar y optimizar cada una de las etapas involucradas en el proceso de beneficio húmedo del café, con el fin de realizar acciones tendientes a prevenir, reducir o tratar la contaminación que se genere en cualquiera de ellas. (Mejia, 2017)

### **3.Objetivos**

#### **3.1 Objetivo General**

Reconocer los avances realizados por entidades privadas y públicas en materia de manejo de aguas residuales y subproductos provenientes del café en la zona central de Colombia, para identificar las soluciones que pueden aportar a la continuidad de la empresa cafetera.

#### **3.2 Objetivos Específicos**

- Visualizar las metodologías implementadas por Cenicafé y algunos comités departamentales, universidades y expertos del tema sobre el manejo y la disposición final de aguas residuales y subproductos provenientes del café para ampliar conceptos y poder entregar esta información al caficultor que así lo requiera.
- . Identificar los equipos existentes para procesar café en beneficio húmedo y su evolución en la minimización de carga contaminante.
- Identificar las normatividades legales en el tema de contaminación de aguas en el sector cafetero para conocer los alcances económicos que deben pagar por el incumplimiento de las normas.

#### **4. Justificación**

En Antioquia cafetera el 80 % de la infraestructura para el benéfico húmedo es tradicional, registrando consumos de agua entre 20 y 40 L por kg de café pergamino seco (Zambrano e Isaza, 1994). que en su gran mayoría son arrojados directamente a las fuentes de agua o a campo abierto sin ningún tipo de tratamiento con altas carga de Demanda Química de Oxígeno (DQO), Solidos Solubles Totales (SST) y pH con disoluciones hasta de 3 unidades de iones de hidrogeno en su escala de acidez (Cenicafe- FNC, 2012).

Decretos como el 1594 de 1984 y 4328 del 2012 del Ministerio de Salud y Ambiente reglamentan el uso del agua y residuos líquidos generados y, establece metodologías para análisis y seguimiento de calidad de fuentes, obligación de permisos de vertimiento, requerimiento de tratamiento de efluentes, planes de cumplimiento, control, sanciones, y normas de calidad para diferentes usos.

Con la presente recopilación y estudio bibliográfico se presentan acciones, métodos, y avances tecnológicos disponibles en el mercado Colombiano con respaldo científico, análisis cuantitativo y cualitativo para el beneficio húmedo del café adoptado en la zona cafetera de Antioquia, que permiten fortalecer la industria cafetera en el campo ambiental y que aporta a la masa de caficultores de Antioquia y demás departamentos que trabajan activamente por propender un modelo que apunte a una mejora reduciendo la carga contaminante arrojada a las fuentes de agua.

El enfoque de este trabajo de investigación bibliográfica y experiencias obtenidas en campo a través del contacto directo con más 3000 caficultores de diferentes municipios de Antioquia estos son: Alejandría, Barbosa Antioquia, Don Matías, Santa Rosa de Osos, Girardota, Santo domingo, Angelopolis, Amaga, Fredonia, Concepción, Santa Bárbara, Caldas Monte Bello, Venecia, Amalfi y San Roque. Permiten recopilar las experiencias del trabajo en campo y desde allí identificar el grado de adopción, por parte del caficultor entendiendo que se puede desarrollar una propuesta integral alcanzable, dentro de un sistema sostenible en el manejo del recurso hídrico desde la región, que podría implementarse en otras zonas del país generando un impacto positivo, tanto en aspectos ambientales como sociales y económicos.

## 5. Marco teórico

La Directiva Marco del Agua de la Comunidad Europea define el concepto de calidad del agua como: condiciones que deben darse en el agua para que ésta mantenga un ecosistema equilibrado y cumpla unos determinados objetivos de calidad ecológica, que van más allá de evaluar los requerimientos para un uso determinado. (IDEAM, 2015)

### 5.1 Disponibilidad de agua dulce en el planeta



**Figura 1.** Relación sobre la disponibilidad de agua versus población del planeta  
Fuente: (Naciones Unidas, 2003)

El agua dulce disponible se distribuye regionalmente tal como se indica en la ilustración 1. Según la UNESCO (2003) el 70% de la extracción anual de agua para el uso humano se destina a la agricultura (principalmente riego); para la industria el 22% y para el consumo doméstico representa un 8% (Naciones Unidas, 2003). La claridad en las tendencias de consumo frente a la disponibilidad presente y futura del recurso hídrico, son alternativas que aseguran el desarrollo sostenible. (Water footprints, 2005)

Seguimientos realizados al agua virtual del café demuestran que cuesta alrededor de 21,000 litros de agua producir 1 kg de café tostado. Para una taza normal de café, se requieren 7 gramos

de café tostado, por lo que una taza de café cuesta 140 litros de agua. Suponiendo que una taza normal de café tenga 125 ml, necesitamos entonces más de 1,100 gotas de agua para producir una gota de café (Water footprints, 2005)

Para tener un panorama claro frente a la dinámica del agua en el planeta, se relacionan las tendencias de consumo frente a la disponibilidad futura del recurso hídrico, enmarcado en el desarrollo sostenible, lo cual nos lleva a tener en cuenta y definir claramente los siguientes conceptos:

El Agua virtual (av.) se refiere al volumen de agua requerida o contaminada para la producción de un producto o servicio, medida a lo largo de su cadena de suministro. (IDEAM, 2015)

### 5.1.1. Huella hídrica

La Huella hídrica ( $HH$ ) =  $HH\ verde + HH\ azul + HH\ gris$



**FIGURA 2.** Huella verde, azul y gris

Fuente: (Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), 2016)

Es un indicador que permite identificar las relaciones socio-ambientales respecto al agua; orientado especialmente hacia las actividades socioeconómicas, por lo cual se identifica como un factor de presión e impacto sobre los recursos naturales, así se puede visualizar el uso oculto del agua de diferentes productos y comprender los efectos del consumo y su disponibilidad a lo largo de la cadena de producción, detallando los volúmenes de consumo de agua, según su origen, y los volúmenes de contaminación (WWF, 2012) en el siguiente orden:

5.1.1.2 . Huella hídrica verde .Volumen de agua lluvia que no se convierte en escorrentía, por lo que se almacena en los estratos permeables superficiales y así satisface la demanda de la vegetación. Esta agua subterránea poco profunda es la que permite la existencia de la vegetación natural y vuelve a la atmósfera por procesos de evapotranspiración. (Arebalo Uribe & Lozano Arango, 2011)

5.1.1.3 huella hídrica azul.Volumen de agua dulce extraído de una fuente superficial o subterránea, consumido para producción de bienes y servicios, cubriendo una demanda de agua no satisfecha a causa de un déficit en la disponibilidad de agua procedente de la lluvia. (Arebalo Uribe & Lozano Arango, 2011)

5.1.1.4 Huella hidrica gris . Volumen de agua necesaria para que el cuerpo receptor reciba el vertido contaminante asociado a la cadena de producción y/o suministro sin que la calidad del agua supere los límites permitidos por la legislación vigente. Se calcula como el volumen de agua adicional teórica necesaria en el cuerpo receptor, por lo que no se refiere a generar un nuevo consumo, sino a reducir el volumen de contaminante. (Arebalo Uribe & Lozano Arango, 2011)

## **5.1.2. Huella hídrica de producción agrícola en Colombia**

En el país, el café es el producto agrícola con mayor consumo hídrico (22%), seguido del maíz (13%), arroz (12%), plátano (11%) y caña de azúcar (11%) (Arévalo et al., 2012). La estimación de la Huella Hídrica nacional comienza por la definición de la escala temporal a estudiar. El uso y consumo de agua está asociado a actividades específicas como riego, fertilización, manejo de plagas y enfermedades, lavado de equipos y procesos de pos cosecha. Sin embargo, en un contexto de gestión integral del agua, no es suficiente solo identificar usos directos del agua, sino además caracterizar la cadena de suministro completa (CIAT, 2016)

En la tabla 1 se observa que el café, plátano, maíz, caña de azúcar suman más del 50% de la Huella hídrica verde por año del cultivo. Mientras que en la huella hídrica gris el café solo supera todos lo demás cultivos año

Tabla 1.

*Estudio nacional de huella hídrica agrícola en Colombia*

| <b>Producto</b> | <b>HH Verde<br/>(Mm<sup>3</sup>/año)</b> | <b>% total</b> | <b>Producto</b> | <b>HH Gris<br/>(Mm<sup>3</sup>/año)</b> | <b>%<br/>total</b> |
|-----------------|--|----------------|-----------------|---|--------------------|
| Café            | 7458                                     | 22%            | Café            | 1151                                    | 54.9%              |
| Plátano         | 4377                                     | 11 %           | Arroz           | 400                                     | 19.1%              |
| Maíz            | 4359                                     | 13 %           | Maíz            | 237                                     | 11.3%              |
| Caña de azúcar  | 4181                                     | 11 %           | Papa            | 151                                     | 7.2%               |
| Arroz           | 3212                                     | 12 %           | Cacao           | 45                                      | 2.2%               |
| Palma Africana  | 2803                                     | 8.2%           | Palma Africana  | 33                                      | 1.6%               |
| Cacao           | 1207                                     | 3.5%           | Caña de azúcar  | 20                                      | 0.9%               |
| Papa            | 1090                                     | 3.2%           | Tomate          | 16                                      | 0.8%               |
| Banano          | 822                                      | 2.4%           | Zanahoria       | 9                                       | 0.4%               |

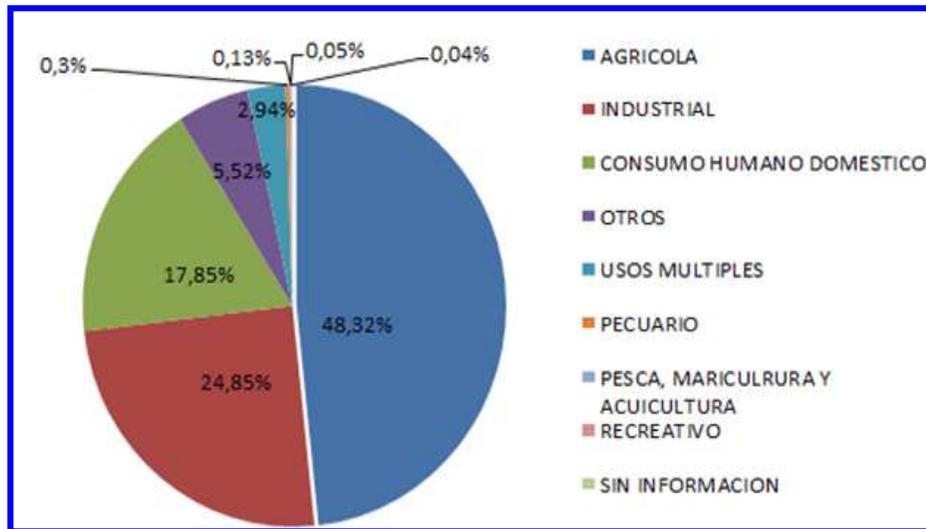
Fuente (WWF, 2012)

### 5.1.3 El Agua En Colombia

A nivel mundial Colombia frente al recurso hídrico, ocupa el séptimo puesto en el ranking de los países con mayor disponibilidad de recursos hídricos renovables tras Brasil, Rusia, USA, Canadá, Indonesia y China. (IDEAN, 2010). Sin embargo, los sistemas de aprovechamiento y distribución geográfica no son suficientes. Entre el 61% y 62 % de la precipitación se convierte en escorrentía superficial generando un caudal medio de 67000 m<sup>3</sup>/s, equivalente a un volumen anual de 2084 km<sup>3</sup> que escurren por las cinco grandes regiones hidrológicas en el territorio nacional.

El reto para establecido en el Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2006-2010 garantizar la sostenibilidad del recurso, entendiendo que su gestión se deriva del ciclo hidrológico que vincula una cadena de interrelaciones entre diferentes componentes naturales y antrópicos. El PND establece abordar el manejo del agua desde una perspectiva ambiental e integral que recoja las particularidades de la diversidad regional y las potencialidades de la participación (Colombia. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA YDESARROLLO TERRITORIAL, 2010)

### 5.1.4 Distribución del recurso hídrico en Colombia según estudios del IDEAM 2015.



**Figura 3.** Distribución del recurso hídrico en Colombia  
Fuente: (IDEAM 2015).

En la figura 3 se puede observar el gasto discriminado por cada uno de los sectores más representativo para el caso de Colombia

El uso total del agua para Colombia es cercano a los 36 mil millones de m<sup>3</sup>, de los cuales un 48,32% se destinan a la agricultura, siendo el sector que más agua consume frente al sector industrial (24,8). Mientras que el consumo humano y doméstico representa el (17,8) (IDEAM, 2015)

En Colombia la oferta natural no se distribuye homogéneamente entre regiones, al analizar el mapa de escorrentía promedio anual, se observan láminas de escorrentía que como es el caso de la región Pacífica van desde los 2000 mm hasta los 6000 mm al año, mientras que en la región Caribe se presentan valores desde 0 mm hasta los 1.500 mm. La región Andina, representa el 75 por ciento del total nacional, el agua disponible es del 19 por ciento, es decir, se presenta una relación de presión muy alta, como igual sucede con la región Caribe. (IDEAM, 2015)

## 5.2.Generalidades del café

### 5.2.1. El mercado mundial y nacional del café en el siglo xxi

El 68% de la producción de café verde se origina en Brasil, Vietnam, Colombia, Indonesia, Etiopía e India. Sobresalen: Vietnam, principal productor de café Robusta y Brasil países que juntos dominan la mitad de la producción influyendo en la oferta mundial de café (Fundación Manuel Mejía, 2015)



**Figura 4.** Cinturón del Café en el Mundo  
Fuente. (COFEE IQ, 2017)

Del total de café producido en el mundo, cerca del 80% se destina al mercado internacional y tan sólo el restante 20% es consumido internamente en los países productores; hasta 1960, el consumo de café se concentraba en Europa y Norteamérica, más tarde se incrementó en Asia, especialmente en Japón y Corea. (Federación Nacional De Cafeteros, 2015).

Con respecto al consumo per cápita, Colombia se ubican en la cuarta posición, con un consumo de café de 1,87 kilogramos por individuo, por debajo de Brasil, con 6 Kg, Costa Rica y República

Dominicana, con 4 Kg. (Pérez, 2017). Con una distribución de 80% por parte del mercado del café tostado y del 20% por parte del café soluble (Federación Nacional De Cafeteros, 2015).

Tabla 2

*Producción de café en el mundo y en Colombia en sacos de 60 Kg de cps*

| Unidad millones                                 | 2013    | 2014     | 2015    | 2016    |
|---|---------|----------|---------|---------|
| Producción año en el mundo en millones de sacos | 150.858 | 152.105. | 146.648 | 151.624 |
| Producción año, en Colombia millones de sacos   | 9. 927  | 12.140   | 14.175  | 14.551  |

Fuente:(OIC-ORGANIZATION, 2016)

### **5.2.2. Exportaciones de café de Colombia en miles de sacos de 60 kg de café verde**

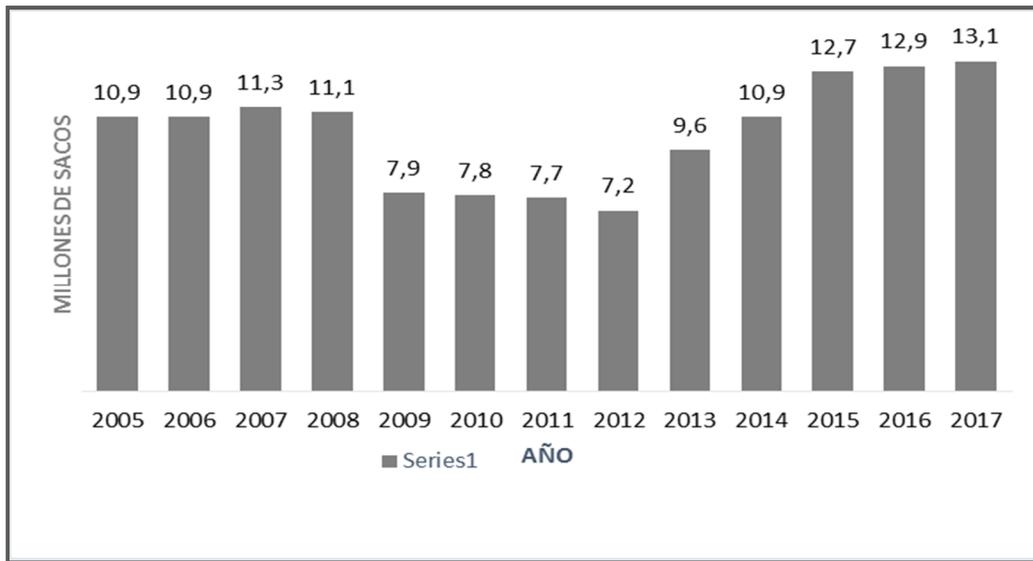
La actual situación del sector cafetero colombiano, se encuentra en crecimiento en cuanto a producción y productividad, empero, se enfrenta el sector con altos costos de producción por cuenta del menor rendimiento por hectárea, ligados a precios bases de compra volátiles, situación que contrasta con las posibilidades crecientes que ofrece la coyuntura internacional, por un consumo mayor al crecimiento de la producción en algunos casos (CONGRESO DE LA REPUBLICA DE COLOMBIA, 2016)

En las últimas dos décadas 1995 al 2005-2015 la flexibilidad por parte de la FNC en la comercialización de pequeñas cantidades y el valor dado a los cafés diferenciados ha permitido maximizar las exportaciones, siendo el principal destino; Estados Unidos, seguido por Japón y Alemania (Federación Nacional De Cafeteros, 2011).

En los últimos 12 meses (febrero de 2016-enero de 2017), las exportaciones alcanzaron 12,9 millones de sacos, 0,9% más frente a los casi 12,8 millones puestos en el exterior en igual lapso anterior.

En lo corrido del año cafetero (octubre 2016-enero 2017), las exportaciones superaron los 5,1 millones de sacos, 12% más frente a los casi 4,6 millones de sacos exportados en igual lapso anterior. (Federación Nacional de Cafeteros, 2017)

El sector cafetero a nivel internacional ha experimentado en los últimos años, aumentos importantes en producción, exportaciones y consumos



**Figura 5.** Exportaciones de café últimos 13 años

Fuente: (CONGRESO DE LA REPUBLICA DE COLOMBIA, 2016).

Recuperado de :

<http://leyes.senado.gov.co/proyectos/images/documentos/Textos%20Radicados/proyectos%20de%20ley/2016%20-%202017/PL%20029-16%20FONDO%20ESTABILIZACION%20CAFE.pdf>

### 5.3 El café en Colombia

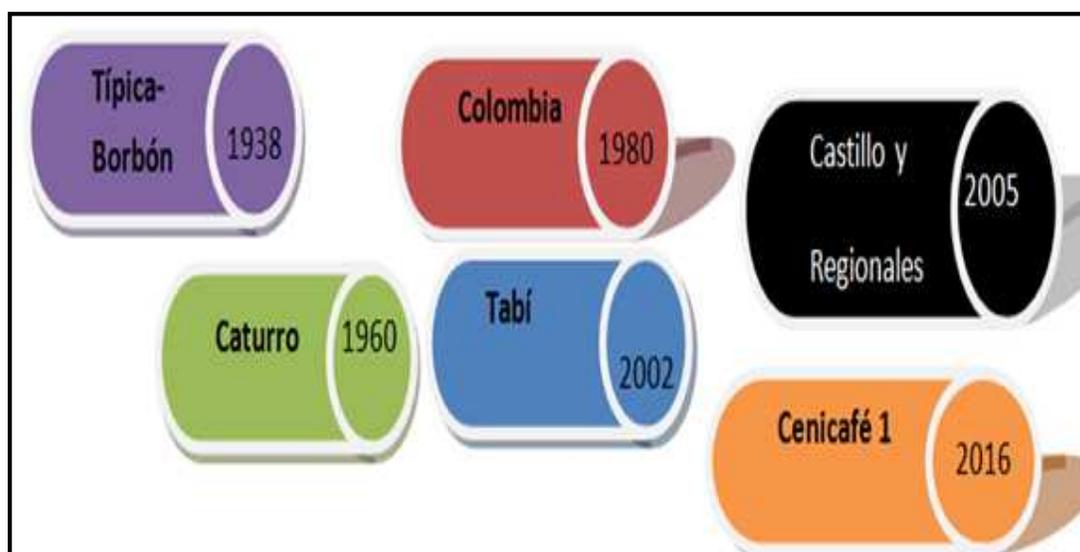
555,692 familias caficultoras colombianas, distribuidas en 20 departamentos y 588, municipios son los encargados del negocio cafetero, estos hombres y mujeres a través de la cultura cafetera, la combinación de factores correspondientes a la latitud y altitud de la tierra, suelos, el origen botánico de la especie y variedades de café producidas. El clima, la luminosidad, rango favorable de temperaturas, una adecuada cantidad y distribución de las lluvias durante el año, unas prácticas culturales comunes que incluyen procesos de recolección selectiva y de transformación del fruto mediante su beneficio, lavado y secado, son los responsables de la producción de café sobresaliente, suave, de taza limpia con acidez relativamente alta, cuerpo balanceado, aroma pronunciado y un perfil sensorial de excelente calidad reconocido en el planeta. (© Federación Nacional de Cafeteros de Colombia 2010) Recuperado de: [http://www.cafedecolombia.com/particulares/es/el\\_cafe\\_de\\_colombia/](http://www.cafedecolombia.com/particulares/es/el_cafe_de_colombia/)

Según el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE, 2011). La caficultura genera cerca de 800 mil empleos directos en el sector rural, es decir, 32% del empleo que generan

las actividades agrícolas (2.5 millones de empleos). Además del empleo directo, la caficultura ocupa a personas en toda la cadena de valor (comercialización, trilla, transporte, industrialización y exportación), lo que se traduce en cerca de 1,6 millones de empleos indirectos (FNC, 2013)

De las 4,7 millones de hectáreas destinadas a actividades agrícolas en el país, 931 mil has (20%) corresponden a café, siendo 1,5 veces mayor al área de cultivo de maíz (610 mil has), 4,2 veces lo sembrado en caña de azúcar (224 mil has) y el doble de lo sembrado en arroz (487 mil) y palma africana (452 mil), (DANE, 2011)

#### 5.4. Taxonomía y fisiología del café



**Figura 6.** Variedades de café y año de ingreso al país.

Fuente: (CENICAFE, 2017)

El café, cuyo nombre científico es *Coffea arabia* Linneo (conocida como Arábica o Arábica) y *Coffea canephora* Pierre Ex Froehner (conocida como Robusta), es el género más importante de la familia de las rubiáceas, de más de 6 mil especies solo estas son de importancia económica.

Es indispensable elegir la variedad de café adecuada para la zona de cultivo, con base en las recomendaciones técnicas. Así mismo, deben adoptarse las prácticas de cultivo tendiente a reducir el empleo de productos fitosanitarios y a hacer un uso racional de los fertilizantes

Las variedades de café arábigo que se siembran en Colombia son: Típica, Borbón, Maragogipe, Tabí, Caturra y la Variedad En el 2016 sale al mercado la variedad Cenicafé 1; proveniente de la mejora genética del castillo, Semillas Certificadas. Castillo. (fundación Manuel Mejía, 2015)

## 5.5. Agronomía del café



*Figura 7.* Ciclos en la producción del café

Fuente:(FNC-Cenicafe, 2014)

Recuperado de [https://www.cepal.org/sites/default/files/events/files/presentacion\\_juan\\_roajs\\_cenicafe.pdf](https://www.cepal.org/sites/default/files/events/files/presentacion_juan_roajs_cenicafe.pdf)

Cada proceso del cultivo requiere de tiempos y labores específicos que son tratados de manera independiente y que contempla entradas y salidas, permitiendo detallar requerimientos

agronómicos, ambientales y económicos durante la vida del cultivo. Y cuantificar los impactos ambientales derivados de la vida del café y sus procesos.

Las BPA dentro del paquete agronómico se revierten en sostenibilidad ambiental, económica y social de las explotaciones agropecuarias, lo cual se traduce en la obtención de productos alimenticios inocuos para el autoconsumo y para los consumidores en la cadena de comercialización. (FAO, 2003). A dichas normas, además se le introducen especificaciones relativas al cuidado de los recursos naturales y especificaciones vinculadas a la seguridad sanitaria de los trabajadores rurales involucrados en la producción en la finca. Se reconoce que al igual que en el proceso industrial, la producción agropecuaria genera algunos subproductos inconvenientes para la salud y que contaminan el medio ambiente. Específicamente los cauces de agua a donde van a parar luego de haber cumplido la función en los diferentes subprocesos de la empresa cafetera. (Valencia F. F., 2015)

## **5.6. Consumos de agua en el beneficio**

Circunstancias actuales de la producción cafetera, entre las que se encuentran la disponibilidad de agua, eficiencia en la producción, costos de beneficio, calidad del café, ambiente sano, regulaciones ambientales, entre otras, así como una conciencia naciente por los problemas de contaminación ambiental generados por la inadecuada disposición o utilización de los subproductos, han generado la necesidad de revisar y optimizar cada una de las etapas involucradas en el proceso de beneficio húmedo del café, con el fin de realizar acciones tendientes a prevenir, reducir o tratar la contaminación que se genere en cualquiera de ellas. (Cenicafe- FNC, 2011)

### **5.6.1. Índice de manejo del agua en el beneficio del café (IMAPBHC)**

El Centro Nacional de Investigaciones de Café - Cenicafé, Para cuantificar el consumo de agua y determinar su ahorro y uso eficiente, generó un indicador que considera cada una de las etapas del proceso de beneficio en las cuales se ha utilizado agua, asignándole una ponderación de acuerdo al consumo. (Índice de manejo del agua en el proceso de beneficio húmedo del café)-IMAPBHC. (FNC, 2015)

En la tabla 3 se presenta la ponderación para cada una de las prácticas realizadas en las diferentes etapas de beneficio, La escala del indicador se mueve en el rango entre cero (0) y uno

(1), en la cual un valor de cero (0) es indicador de gran consumo de agua (mayor a 40 L.kg-1 cps), en este no se presenta ahorro de agua y se interpreta como una acción de presión sobre el recurso de agua superficial, mientras que un valor de uno (1) es indicador de no uso de agua en el beneficio.

Tabla 3.

*Índice en el manejo de agua según el sub proceso del beneficio*

| Sub proceso                | dispositivo                                      | ponderación | Valor máximo por sub proceso |
|----------------------------|--|-------------|------------------------------|
| <b>Recibo</b>              | Tolva seca                                       | 0,125       | 0,125                        |
|                            | Separador Hidráulico de Tolva y tornillo sin fin | 0,124       |                              |
|                            | Tanque sifón sin recirculación                   | 0,008       |                              |
|                            | Tanque sifón con recirculación                   | 0,075       |                              |
|                            | Bomba sumergibles                                | 0,075       |                              |
|                            | <b>Despulpado</b>                                | Con agua    |                              |
|                            | Sin agua   | 0,125       |                              |
| <b>Transporte de pulpa</b> | Con agua   | 0,000       | 0,125                        |
|                            | Sin agua   | 0,125       |                              |
| <b>Lavado</b>              | Lavador mecánico Tecnología Ecomill              | 0,490       | 0,500                        |
|                            | Otros desmucilaginosos                           | 0,418-0,463 |                              |
|                            | Técnica enjuagues en tanque                      | 0,375-0,400 |                              |
|                            | Canal semisumergido                              | 0,319       |                              |
|                            | Bomba sumergible                                 | 0,306       |                              |
|                            | Canal de correteo                                | 0,000       |                              |
|                            | <b>TOTAL</b>                                     |             |                              |

Fuente: (Cenicafé, 2010)

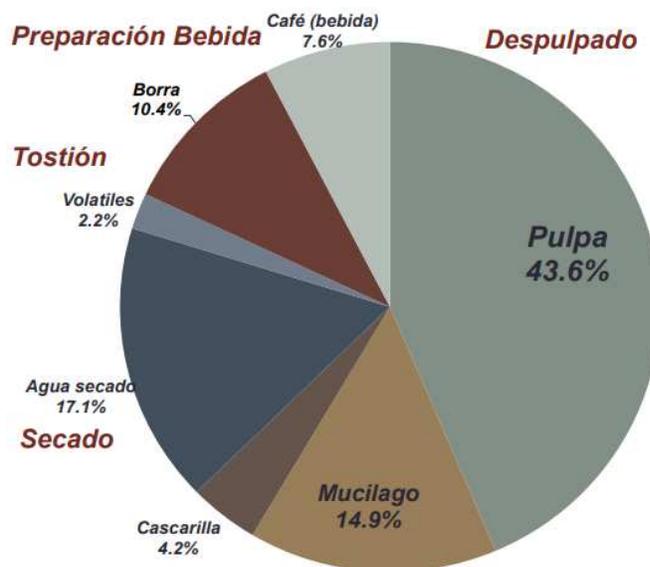
Para beneficiar el café en Colombia por métodos convencionales, se requieren entre 40 y 50 L.kg- cps, de los cuales aproximadamente la mitad se utiliza en la clasificación del fruto, el despulpado y transporte de la pulpa a las fosas y el transporte de café despulpado a los tanques de fermentación. Los canales de correteo, típicos en Colombia, para la clasificación y el lavado del café tienen consumos de agua entre 20 y 25 L.kg-1 cps. (FNC, 2015)

En la etapa de recibo de café es tradicional la utilización de 5 L de agua para el proceso de 1 Kg de cps, lo que representa el 12,5% del valor total de agua en el proceso convencional. El empleo

de la tolva seca o de dispositivos de bajo consumo (separador hidráulico de tolva y tornillo sinfín, tolvas húmedas con recirculación, tanque sifón con recirculación), permiten ahorrar casi la totalidad de este consumo, por lo que se les asigna el valor proporcional al ahorro de agua, expresado en forma de fracción. (FNC, 2015)

### 5.7. Generación de subproductos

El mucilago y la pulpa del café por su composición química, rica en poli fenoles (antioxidantes) los hacen interesantes para la industria; de esta materia prima se generan mieles, concentrado, extractos farmacéuticos y productos de belleza; que ya se encuentran en almacenes de cadena en presentaciones como te, vinos y cervezas, y que se representan ganancias económicas y ambientales (Ospina, 2015).



**Figura 8.** Porcentaje de residuos obtenidos en el proceso e industrialización del café

Fuente: (Rodríguez Valencia, 2009)

La disponibilidad de estos subproductos, podría convertirse en una fortaleza para las zonas cafeteras siendo estas generadoras de emprendimientos innovadores agroindustriales; La pulpa de café representa, en base húmeda, alrededor del 43,58% del peso del fruto fresco. Su producción

media es de 2,25 toneladas frescas/ha-año y se constituye en el principal subproducto del proceso de beneficio. (Rodríguez Valencia, 2009)

Para el aprovechamiento y valorización de la pulpa de café y evitar su impacto ambiental negativo, entidades como Cenicafé entre otras ha investigado diferentes tipos de aprovechamiento, los cuales se detallan a continuación

### **5.8. Manejo de los residuos sólidos generados en el proceso de beneficio húmedo de café**



**Figura 9.** Lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*)

Fuente: (Paco, Muguia Loza, & Mamani, 2011)

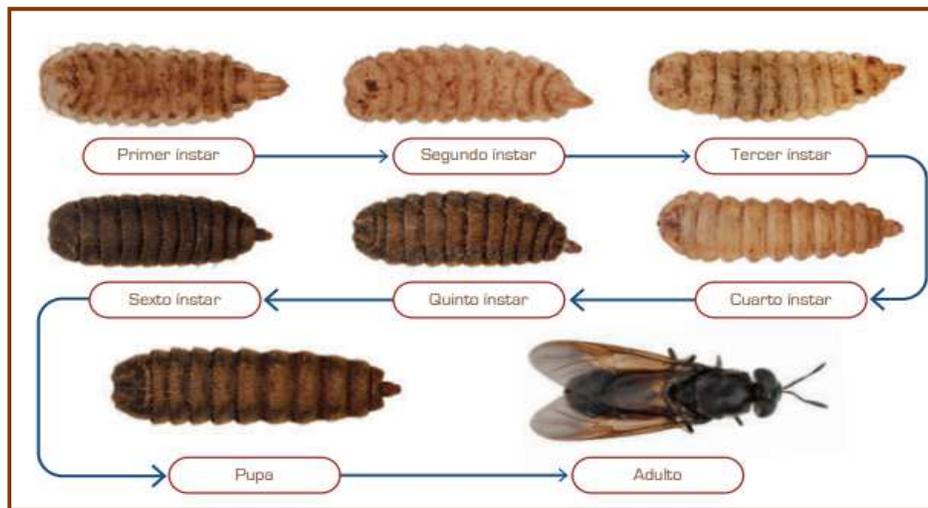
Recuperado de: <https://www.manualdelombricultura.com/manual/imagenes.html>

#### **5.8.1. Alimento animal a través de Vermicultura Larvicultura.**

La lombriz roja (*Eisenia foetida*.) forma parte de las herramientas biotecnológicas actuales para el reciclaje de desechos orgánicos, obteniéndose como beneficio el vermicompost (abono orgánico) y carne, fuente óptima para la alimentación animal (peces y gallinas). El vermicompost, es un proceso de bio-oxidación y estabilización de la materia orgánica, incluyendo la pulpa del café mediado por la acción metabólica, de lombrices y microorganismos, obteniendo un producto denominado vermicompost (Paco, Muguia Loza, & Mamani, 2011)

### 5.8.1.1 Larvicultura

Por cada 10 toneladas de pulpa fresca se puede generar una tonelada de lombricomposto seco, el cual se puede manejar en 10 metros cuadrados de lombricultivo. Como ejemplo, una finca que produzca 1.000 arrobas de café pergamino seco (alrededor de 25 toneladas de pulpa fresca) se puede manejar en un área de 25 metros cuadrados. (AGRONEGOCIOS, 2016)



**Figura 10.** Ciclo de vida de la mosca soldado (*HERMETIA ILLUCENS*)

Fuente: (CENICAFE- FNC, 2018)

Recuperada de: <http://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/658/1/39286.pdf>

La Transformación de la pulpa de café mediante larvas de la mosca *Hermetia illucens*. Mediante procesos de transformación biológica, evita que éstos se conviertan en fuentes de contaminación de los recursos naturales (aire, agua y suelo), a la vez que permite obtener un material estable, con unas características Sico-químicas y microbiológicas, que lo hacen apropiado para formar parte en los programas de agricultura orgánica y en los programas de seguridad alimentaria en la producción hortícola. (CENICAFE- FNC, 2018)

Las larvas pueden digerir más de 15 kilogramos por día de residuos alimenticios por metro cuadrado de superficie de alimentación, o aproximadamente 3 libras por pie cuadrado al día.

Las larvas son un nutritivo alimento para sus gallinas o pescados y la composta funciona como un abono rico en nutrientes. La larva de MSN se come las larvas y huevecillos de moscas,

moscardones y otras especies de moscas que transmiten enfermedades a los animales y seres humanos. El estado adulto de la mosca soldado negra vive en condiciones similares a las avispas, ya que se alimenta del néctar de las flores. (Via Organica, 2016). El ciclo de vida completo de la mosca *Hermetia illucens*, sobre la pulpa de café, es de 45 días pasando por siete instares que van desde huevo, larva, pupa y adulto (CENICAFE- FNC, 2018)

### 5.8.2. Producción de Hongos.

La pulpa de café se utiliza como sustrato en la producción de hongos; estos transforman en pocos días la materia orgánica, en elementos útiles como proteínas, abono y polímeros.

Cenicafé inicio investigaciones relacionadas al cultivo de hongos comestibles desde 1990 con cepas de *Pleurotus pulmonarius*, *P. sajor-caju*, *P. ostreatus* y *P. florida*. (Orellanas) con el propósito de buscar alternativas en el manejo ecológico de la pulpa de café y una alternativa como fuente proteica. Entre 1998 y 2003 Cenicafé exploró con hongos medicinales; *Shiitake*

*Lentinula edodes* y *Ganoderma lucidum* como hongo promisorio para exportación por sus, cualidades medicinales.



**Figura 11.** Cultivo de hongos (*P. Orellana*, *Shiitake*) en sustratos de café  
Fuente: (SENA, 2006).

Recuperado de: <https://es.scribd.com/doc/106614318/Cartilla-Cultivo-de-Hongos-Comestibles>

#### 5.8.2.1. El hongo *Ganoderma lucidum*

Se cultiva en los residuos del café. En China se conoce como Ling shi y en Japón como Reishi, allí es el rey de los hongos y de la longevidad desde hace miles de años, el interés por esta variedad surgió por sus propiedades medicinales, ya que es potenciador del sistema inmunológico, se utiliza como coadyuvante en la quimioterapia, y equilibra todo el cuerpo (Giraldo,2013)

#### **5.8.3. Ensilaje de pulpa de café para la dieta alimenticia en bovinos.**

El ensilaje es un método que sirve para prolongar la vida útil de del forraje húmedo mediante la fermentación anaeróbica y su objetivo es la conservación del valor nutritivo del alimento durante el almacenamiento. Conservando calidad y palatabilidad a bajo costo, permitiendo aumentar el número de animales por hectárea o la sustitución o complementación de los concentrados. (Garcés et al.,2004).Según Rathinavelu y Graziosi (2005), la pulpa del café puede reemplazar hasta un 20 % de los concentrados comerciales en la alimentación del ganado lechero, sin efectos perjudiciales y con un ahorro del 30 %. Este tipo de alimento se emplea para manejar ganado en forma intensiva, semi-intensiva o estabulada. .

La pulpa de café fresca tiene cantidades de proteínas comparables con el maíz amarillo, aunque difiere en cuanto al contenido de fibra y extraído libre de nitrógeno. Su uso como parte de ración alimenticia de bovinos se puede establecer en combinación con melaza y tubérculos. El ensilaje de la pulpa de café fresca con 3% y con 4% de melaza es un proceso efectivo para preservarlo de una degradación microbiológica inadecuada. (Ferrer,et al.,1995)

#### 5.8.3.1 Vacas Lecheras y Novillos

La pulpa de café ha sido empleada ensilada o deshidratada en los concentrados normalmente utilizados para suplementar los forrajes que sirven de base para la alimentación de vacas lecheras, aunque la pulpa de café presenta alguna limitaciones , esta puede ser importante en los sistemas de alimentación en ganado estabulado su uso en novillos puede alcanzar entre el 20% y 30 % en bovinos de carne (Cabezas et al., 1977). Por otra parte, la pulpa de café puede ser incorporada a niveles que van de 20 a 40% del concentrado y de 10 a 20% de materia seca de una ración completa

sin que produzca disminución en la producción de leche. La pulpa de café deshidratada y molida puede ser suministrada hasta un 20% como suplemento en vacas lecheras, sin causar efectos detrimentillos (Noriega SalazaR, silva Acuña , & GARCIA De Salcedo, 2008).[https://www.researchgate.net/publication/260769817\\_Revision\\_Utilizacion\\_de\\_la\\_pulpa\\_de\\_cafe\\_en\\_la\\_alimentacion\\_animal](https://www.researchgate.net/publication/260769817_Revision_Utilizacion_de_la_pulpa_de_cafe_en_la_alimentacion_animal) [accessed Jul 29 2018].

#### **5.8.4. Alternativas de nueva generación para la alimentación y salud humana**

##### 5.8.4.1 NAOX- jugo del mucilago y la pulpa del café

Naox, abreviatura de natural y antioxidante, que es una bebida de nueva generación, libre de azúcar y ciento por ciento natural, y de la a la harina, de la pulpa se procesa alimentación animal y como exfoliante en productos de belleza. (EL TIEMPO, 2014)



*Figura 12.* productos de consumo humano

Fuente : (Naox Chichina, 2016)

Recuperado de:[https://naoxchinchina.blogspot.com/2016/11/construccion-nueva-planta-produccion\\_35.html](https://naoxchinchina.blogspot.com/2016/11/construccion-nueva-planta-produccion_35.html)

#### 5.8.4.2 Natucafé

Natucafé S.A.S nace en el municipio de Andes. Con el propósito de generar valor agregado al producto del café, ha utilizado la investigación y el desarrollo para crear, fabricar y comercializar productos innovadores y saludables para el consumo humano y animal, a partir del tratamiento de los subproductos del café como el mucílago y la pulpa. Para generar procesos de producción limpios, reducir la contaminación ambiental y generar productos saludables (NATUCAFE, 2016)



**Figura 13.** Producto más vital a base de pulpa y mucílago del café

Fuente (NATUCAFE, 2016)

Recuperado de: <http://natucafe.co/lo-mejor-del-cafe.html>

La miel de café o concentrado de mucílago de café es una materia prima que contiene una alta concentración de fructosa, glucosa, pectina, ácido clorogénico y poli-fenoles, componentes que contribuyen a la salud y el bienestar. Su principal atributo es el gran aporte de antioxidantes, los cuales se miden por Unidades ORAC. El concentrado de mucílago de café o miel de café contiene siete veces más antioxidantes que la uva y cinco veces más que el té verde.

#### 5.8.5. Producción de biogás.

En Cenicafé, en estudios iniciados por Calle en 1974 y continuados por Arcila, relacionados con la producción de biogás a partir de la pulpa de café, se reportan rendimientos de 25 litros de

biogás/kg de pulpa fresca alimentada a los digestores (Arcila, 1979). De acuerdo con Sasse, 1984, el poder calorífico del biogás es de 21,456 KJ/litro, obteniéndose un valor, para la pulpa fresca, de 0,54 MJ/kg. (Rodríguez Valencia, 2009)

La producción de biogás producida a través de biodigestores con miel de café y estiércol de cerdos o vacas Permiten que la materia orgánica se fermente naturalmente en ausencia de oxígeno.



**Figura 14.** Biodigestor en lona

Fuente: (Cenicafé- FNC, 2012)

En el biodigestor ocurre un tratamiento biológico anaeróbico del agua residual con producción de biogás. La acción de varios grupos de bacterias anaerobias que hidrolizan, acidifican y producen biogás, además de un efluente líquido neutro rico en nutrientes y materia orgánica estabilizada (Correa Piedrahita & Lopez, 2017)

#### 5.8.5.1 Descripción del proceso de producción de biogás

Según Mang y Li (2010) la digestión anaeróbica es un proceso físico-químico-biológico muy complejo que se puede llevar a cabo en presencia de nitratos y ausencia de oxígeno. Las sustancias orgánicas son divididas por las bacterias, los componentes resultantes son “reorganizados” para formar otras sustancias. En este proceso se pueden identificar tres pasos principales:

**Hidrólisis:** La materia orgánica es hidrolizada por enzimas extracelulares. Las bacterias rompen las cadenas largas de sustancias complejas convirtiéndolas en sustancias más simples, por ejemplo, polisacáridos en monosacáridos.

**Acidificación:** Las bacterias acetogénicas convierten productos que están en fermentación intermedia en acetatos, H<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub>. Estas bacterias crean una condición anaeróbica para que en el siguiente paso las bacterias metanogénicas puedan crear CH<sub>4</sub>

**Formación de metano:** Las bacterias metanogénicas reducen componentes de bajo peso molecular en alcoholes, ácidos orgánicos y aminoácidos, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S y CH<sub>4</sub>. En la siguiente figura se explica de forma gráfica el proceso de fermentación y descomposición anaeróbica de la materia orgánica (Mang, H; Li, Z, 210)

#### 5.8.5.2 Formación de gases durante las fermentaciones de materia orgánica en ausencia de oxígeno o anaeróbicas

- Metano, CH<sub>4</sub>, aproximadamente el 65 % del volumen total, gas sin olor.
- Bióxido de Carbono, CO<sub>2</sub>, aproximadamente el 30 %, gas sin olor.
- Nitrógeno, N<sub>2</sub>, aproximadamente al 3 %, gas sin olor.
- Hidrógeno, H<sub>2</sub>, aproximadamente al 1 %, gas sin olor, y
- Sulfuro de Hidrógeno, H<sub>2</sub>S, aproximadamente al 1 %, este gas genera un olor desagradable, conocido como el gas de los pantanos o gas grisú. El Sulfuro es una sal ácida del ácido sulfúrico, de alta corrosión y mal olor.

Para retirar el Sulfuro de Hidrógeno (H<sub>2</sub>S) se debe usar un filtro por donde pasan los gases. Este contiene limadura de hierro, trozos de madera; el filtro se construye con tubo de PVC de 2 pulgadas y 50 cm de longitud. (Correa Piedrahita & Lopez, 2017)

Las reacciones químicas que ocurren en el proceso son:



El sulfuro de Hidrogeno ( $\text{H}_2\text{S}$ ) con el óxido de hierro ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) forman sulfuro de hierro  $\text{Fe}_2\text{S}_3$  y agua lo que permite controlar el mal olor.

### 5.8.6. Producción de alcohol.

Calle, en Cenicafé, 1977, estudió las condiciones para la obtención de alcohol a partir de la pulpa y el mucílago de café, encontrando que “de 100 Kg de café cereza se pueden obtener un 6% de melaza, por extracción y concentración del jugo de la pulpa y del mucílago, con un contenido del 35% de azúcares totales y 6,19% de cenizas y por fermentación alcohólica obtener, en promedio, 1,2 litros de alcohol etílico de 85° equivalentes a obtener 500 litros de etanol/1000@ de cps La fermentación alcohólica, alcanza un valor promedio de 58,37 ml de etanol a partir de 1 kg de mucílago fresco equivalente a 1,25MJ/kg de mucílago. . (Rodríguez 2007).

### 5.9. Efecto de las aguas, mieles y pulpa

Tabla 4.  
*Consumo y DQO de las Aguas mieles versus lixiviados*

| Parametro                    | Aguas mieles | lixiviados |
|------------------------------|--------------|------------|
| Agua utilizada por 1Kg/fruto | 4,2-5        | 0,5-1      |
| DQO total (ppm)              | 27400        | 11000      |

Fuente:(Nelson Rodriguez Valencia- Cenicafe, 2017)

Las aguas residuales provenientes del proceso de beneficio húmedo del fruto del café, son biodegradables, y poseen características fisicoquímicas agresivas con el medio ambiente (Zambrano et Al.,1998). La descarga de pulpa, mucilago y aguas de lavado del café sobre cuerpos receptores de aguas superficiales, afectan drásticamente la acidez natural del agua (pH 2.5- 3), 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. (Anacafe, s,f)

El agua en su estado natural posee cierto grado de contaminación, pero al ser vertidas las aguas asociadas con la pulpa de café a un cuerpo receptor, suministran grandes cantidades de materia orgánica que las bacterias metabolizan o descomponen. Esas bacterias, para poder degradarla, consumen grandes cantidades de oxígeno disuelto (OD). En consecuencia, cuando la demanda de oxígeno, por parte de las bacterias, es mayor que el oxígeno disuelto en el agua, la vida bacteriana comienza a morir. (Anacafe, s.f).

En la ilustración 15 se presentan los grados de contaminación de las aguas de lavado del café fermentado y las cargas contaminantes de cada uno de los enjugues del café fermentado. (Oliveros Tascon, et



**Figura 15.** Aguas residuales del lavado de café

Fuente: (Oliveros Tascon, et At., Cenicafé 2011)

Recuperado de: <http://studylib.es/doc/5822048/enzimas---ingredientes-y-productos-funcionales>

El efecto perjudicial para el cuerpo receptor se produce cuando 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 ( $\text{NO}_3^-$ ) y los sulfatos ( $\text{SO}_4^-$ ) presentes, dando como resultado, en las últimas etapas de transformación química, la formación de compuestos, como el bisulfuro de hidrógeno ( $\text{SH}_2$ ), el cual es el responsable del mal olor que producen estas aguas, y se incrementa

de la turbidez del agua (coloración oscura), como consecuencia de la gran cantidad de sólidos suspendidos (Anacafe, s,f)

#### 5.10. Características físico- químicas y microbiológicas de las aguas residuales del beneficio del café.

La tabla 5 y 6 detalla los parámetros que caracterizan las aguas residuales

Los contenidos de contaminantes orgánicos y minerales presentes en las aguas residuales del beneficio del café están directamente relacionados con el tipo de beneficiadero, la cantidad y calidad del agua usada en el proceso (Rodríguez, 2009).

Tabla 5.

*Microorganismos en aguas contaminadas por sub productos de café*

| Microorganismo         | Recuento (UFC/ml)     |
|------------------------|-----------------------|
| Aerobios mesófilos     | 5,2 x 10 <sup>7</sup> |
| Coliformes totales     | 1,9 x 10 <sup>5</sup> |
| Coliformes fecales     | 1,2x10 <sup>3</sup>   |
| Enterococos            | 8,5x10 <sup>2</sup>   |
| Mohos y Levaduras      | 3,1x10 <sup>6</sup>   |
| Salmonella - Shiguella | < 10                  |

(SÁENZ, 2014)

El 72% de la carga contaminante generada por el Proceso de Beneficio Húmedo del Café (PBHC), correspondientes a un valor de DQO de 82.080 mg.kg-1 de café cereza (cc), se ocasionan al despulpar y transportar la pulpa con agua, y el 28% restante de la contaminación corresponden a un valor de DQO 31.920 mg.kg-1 de cc, y es ocasionada por las mieles de lavado. El menor consumo específico de agua en fermentación natural, de 4,17 L.kg-1 de café pergamino seco (cps), se obtiene lavando el café en el tanque con cuatro enjuagues, generando efluentes con un promedio de contaminación cercana a 26.500 ppm de DQO por kilogramo de cps. (Ramírez Gómez, Oliveros Tascón, & Sanz Uribe, 2015)

Los porcentajes de contaminación orgánica generados en las diferentes instalaciones requeridas para el beneficio húmedo del café en Colombia son evaluados en función de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5), DQO y de los Sólidos Suspendidos Totales (SST), parámetros utilizados para cobrar la tasa retributiva a las fincas cafeteras. El 100% de la contaminación corresponde a los (Zambrano, 1997).

**TABLA 6.**  
*Caracterización de aguas de residuales*

| DETERMINACION                             | Tipos de agua residuales |                |
|---|--------------------------|----------------|
|   | Aguas de despulpado      | Agua de lavado |
| pH unidades                               | 4,72                     | 3,92           |
| Conductividad ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) | 593                      | 232            |
| Solidos totales (ppm)                     | 12334                    | 9393           |
| Solidos disueltos (ppm)                   | 10991                    | 4938           |
| Solidos suspendidos (ppm)                 | 1373                     | 4455           |
| Cenizas (ppm)                             | 389                      | 400            |
| Materia Orgánica (ppm)                    | 11946                    | 8993           |
| DQO (ppm)                                 | 12390                    | 9484           |
| NTK (ppm)                                 | 59,5                     | 65,6           |
| Oxígeno disuelto(ppm)                     | 4,25                     | 3,85           |
| Pectinas (ppm)                            | 1225                     | 3855           |
| Fructuosa (ppm)                           | 2052                     | 207            |
| Galactosa (ppm)                           | 306                      | 64             |
| Glucosa (ppm)                             | 531                      | 125            |
| Sacarosa (ppm)                            | 200                      | 511            |
| Azucares (suma) (ppm)                     | 3088                     | 904            |
| Ácido láctico (ppm)                       | 316                      | 687            |
| Ácido aséptico (ppm)                      | 59                       | 54             |
| Ácido cítrico (ppm)                       | 1137                     | 1512           |
| Ácido propiónico (ppm)                    | 0                        | 0              |
| Ácido Tartárico (ppm)                     | 21                       | 0              |
| Ácido fórmico (ppm)                       | 126                      | 0              |
| Ácido málico (ppm)                        | 144                      |                |
| Ácido galacturónico                       | 528                      | 90             |
| Acido carboxílicos (suma) (ppm)           | 2003                     | 2297           |
| Cafeína (ppm)                             | 39,9                     | 26,7           |
| Ácido cloro génico (ppm)                  | 3,113                    | 4,47           |
| Ca (ppm)                                  | 8                        | 11,6           |

|                      |      |       |
|----------------------|------|-------|
| Na (ppm)             | 3,9  | 3,5   |
| K (ppm)              | 81,7 | 92,5  |
| Mg (ppm)             | 2,1  | 4,5   |
| Fe (ppm)             | 0,7  | 1,2   |
| Metales (suma) (ppm) | 96,4 | 113,3 |

Fuente:(Sanez, 2014)

**TABLA 7.**  
*Indicadores de calidad en aguas residuales del lavado del café*

| <b>Indicador</b>                          | <b>Valores de referencia</b> | <b>Fermentación natural</b> | <b>Valores obtenidos (enzimas)</b> |
|---|------------------------------|-----------------------------|------------------------------------|
| <b>Solidos suspendidos totales (mg/L)</b> | 4.000 mg/L                   | 3.480                       | 3.040 mg/L                         |
| <b>Solidos totales (m/g)</b>              | 30.000                       | 23.751                      | 21.295 mg/L                        |
| <b>DQO (mg/L)</b>                         | 27000                        | 27561                       | 27.700 mg/L                        |
| <b>pH</b>                                 | 3,5- 4,0                     | 3,83                        | 5,64- 5,96                         |

Fuente: (Cenicafe-, Oliveros Tascon, Peñuela Martínez, & Pabón Usaquén, 2011)

(Matuk, et Al.,- Cenicafe 1997) evaluó el impacto biológico que generan los efluentes del beneficio húmedo de café tratados y sin tratar anaerobiamente, mediante pruebas de toxicidad en tres organismos pertenecientes a diferentes niveles tróficos dentro de una cadena alimenticia: el pez *Lebistes reticulatus*, el micro crustáceo *Daphnia pulex* y el alga *Chlorella vulgaris*.

El diagnóstico involucra los componentes tanto abióticos como bióticos reuniendo un conocimiento general y real sobre el efecto e impacto que se genera por el vertimiento de las aguas y subproductos del café en el ecosistema acuático

Encontrando en el estudio que los efluentes sin tratamiento generaron efectos drásticos sobre las tres especies, la concentración letal media de demanda química de oxígeno (DQO) de los efluentes del beneficio húmedo del café para las tres especies se encuentra entre 200 y 1200 ppm, en una fluctuación de tiempo de 24 a 96 horas, se presentaron quemaduras en los epitelios internos de *Daphnia pulex* y la dureza de las aguas reportados por los efluentes del beneficio de café

generaron efectos en las membranas celulares y en la actividad muscular y, los sólidos suspendidos también afectaron la respiratorio de los bio-indicadores pudiéndose generar un efecto de obstrucción de las vías respiratorias (Matuk, Velasco, Puerta Quintero, & Rodríguez Valencia, 1997)

La problemática con la contaminación de las aguas por sub productos del café no es solo para Colombia, la figura 17 muestra la mortandad de peces ocurrida en Honduras, esta foto es recuperada de una publicación del diario Prensa Libre publicada en enero del 2018. Donde los campesinos atribuyen esta tragedia a los cultivadores del café



**Figura 16.** Rio lempa en Honduras contaminado con aguas de beneficio del café

Fuente: (PRENSA LIBRE , 2018)

Recuperado de: <https://www.prensalibre.com/guatemala/comunitario/culpan-a-beneficios-de-cafe-guatemalteco-por-mortandad-de-peces-en-rio-lempa>

### **5.11. Disposición final de aguas residuales y subproductos**

Cenicafé desde 1984 ha estudiado diferentes tecnologías para el manejo adecuado de las aguas que han sido contaminadas en el proceso del beneficio húmedo del café. La depuración de las aguas residuales a partir de la implementación de sistemas de tratamiento, se caracteriza por integrar procesos físicos, químicos y biológicos. (Valencia,- Cenicafe, 2017)

Las plantas de tratamiento de aguas de lavado deben remover como mínimo el 80 % de la contaminación medida en DBO5 y en SST y el resto en sistemas de Pos tratamiento, para dar cumplimiento a la normatividad Colombiana (CENICAFE, 2011)

### 5.11.1. Tecnologías para el tratamiento de aguas residuales provenientes del café.

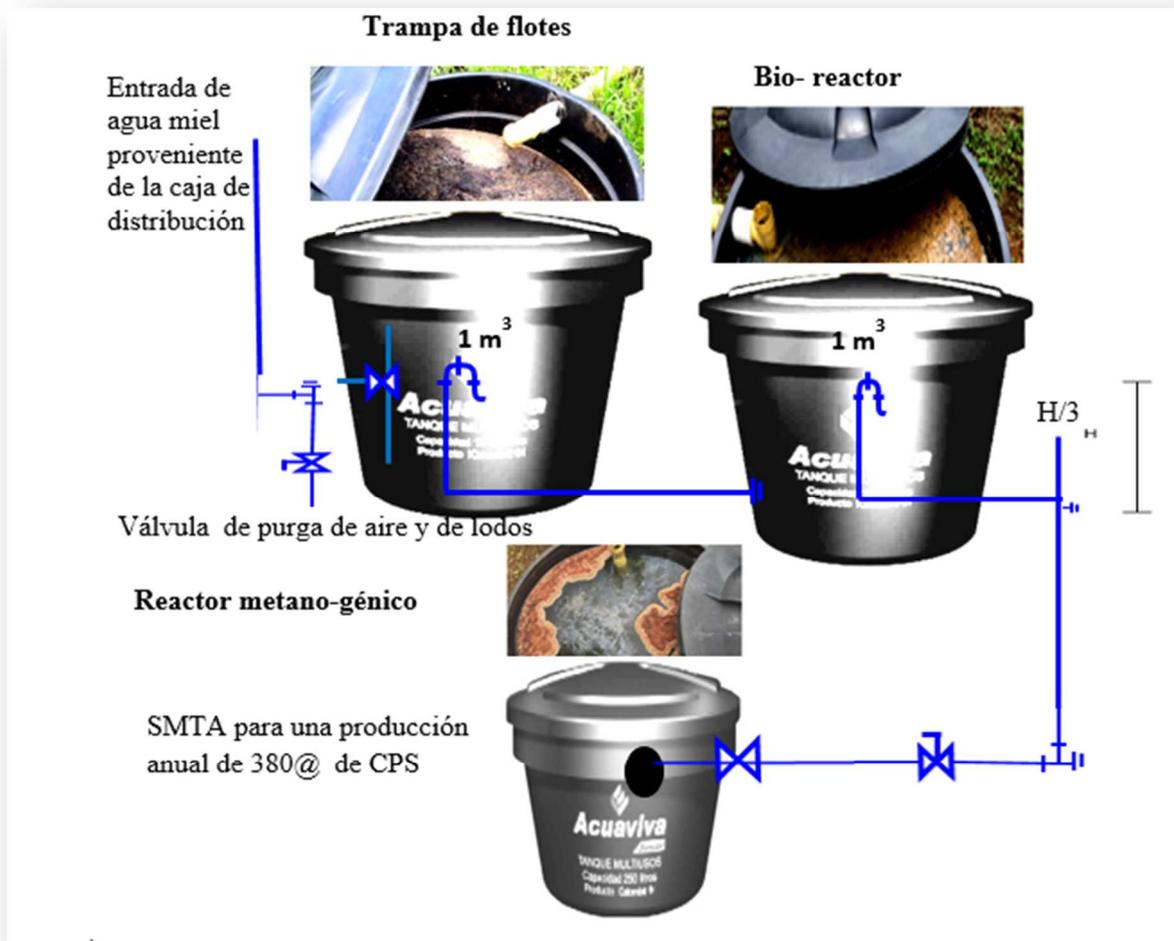


**Figura 17** Tecnologías evaluadas de 1984 al 2011 por Cenicafé (FNC-Cenicafe, 2017)

Los procesos aeróbicos para el tratamiento de las aguas residuales de café como lodos activados de alta o de baja carga, filtros biológicos, lagunas de oxidación aireadas e irrigación son soluciones que están drásticamente limitadas por la topografía de la zona cafetera colombiana. Mientras que

con la ozonización, de un estudio preliminar, se concluyó que ésta tenía capacidad de reducir la carga orgánica a un costo excesivo (Cenicafe- FNC, 2011)

### 5.11.2. Sistema modular de tratamiento anaerobio (SMTA).



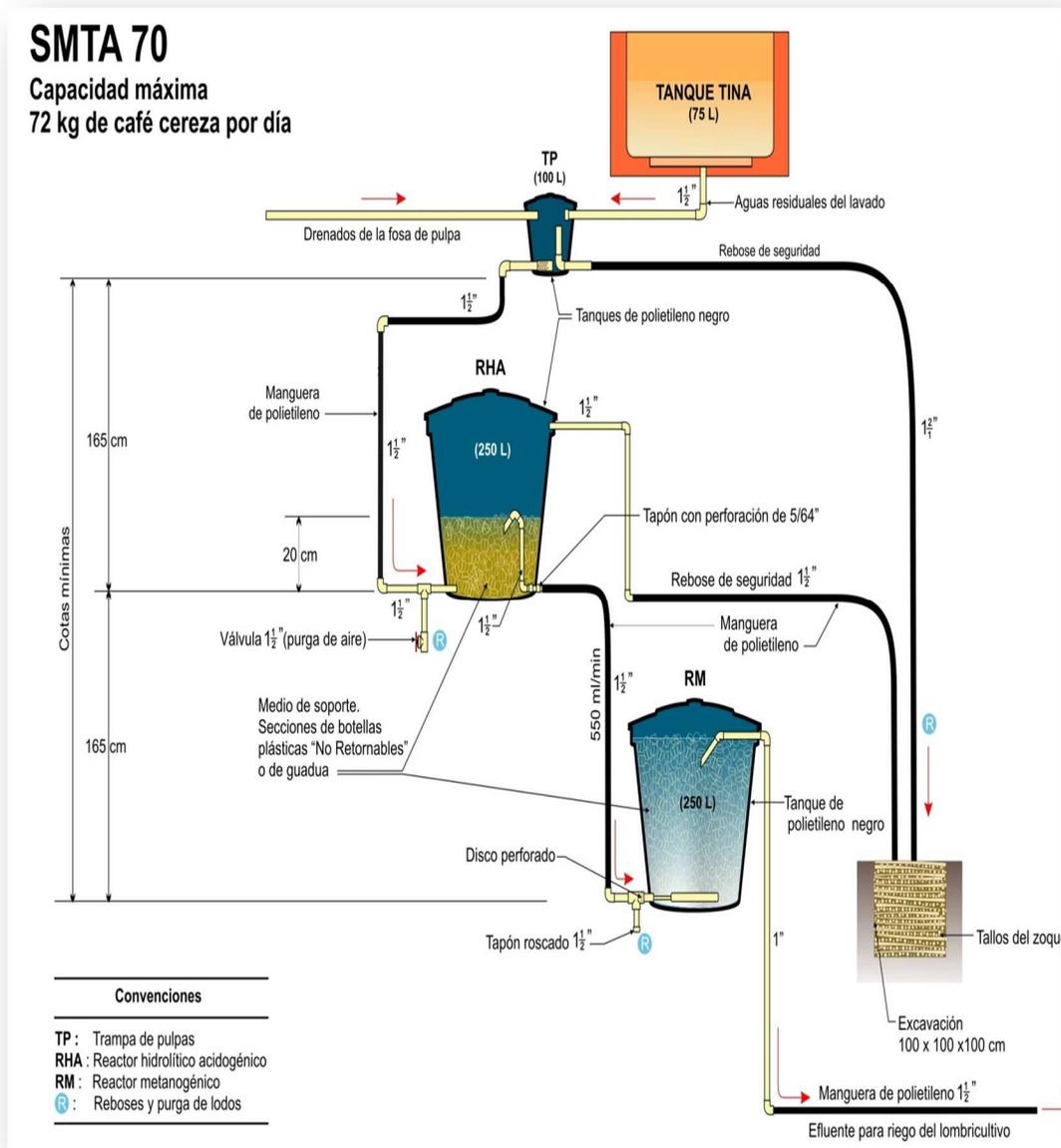
**Figura 18.** .componente SMTA Cenicafé, reactores hidrolíticos ácido génicos

Fuente: (Comité Departamental de Cafeteros de Antioquia, 2011)

Los Sistemas Modulares de Tratamiento Anaerobio SMTA, han sido desarrollados en Cenicafé para reducir más del 80% de la contaminación presente en las aguas residuales de lavado del grano o “mieles de café, alcanzando remociones de Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO acordes con lo exigido por la legislación colombiana en el Decreto 1594 de 1984. Un SMTA utiliza principios

bioquímicos anaerobios para metabolizar o biodegradar, aún moléculas orgánicas grandes de polímeros que hacen parte de la composición de las mieles del café y que generan la contaminación de las quebradas (Zambrano Franco, Rodriguez Valencia, & Posada Lopez, 2010)

En la figura 19 se detalla paso a paso, el proceso para el montaje, instalación, arranque y operación de un SMTA.



**Figura 19** Diseño e instalación del SMTA (FNC-Cenicafe, 2017)

Los SMTA involucran tecnología de tratamiento biológico con separación de fases hidrolítica-acido génica de la metano-génica, apta para alcanzar alta eficiencia en remoción de carga orgánica y la recámara dosificadora; no utiliza energía eléctrica para bombeo del agua residual, el flujo se hace por gravedad, utiliza unidades prefabricadas de polietileno negro con tapa, que permiten elevar hasta 30°C la temperatura interna de los tanques y controlar la presencia de malos olores, utiliza microorganismos metano-génicos presentes en el estiércol vacuno o porcino. Los tanques requieren estructuras como pets, y trozos de guadua que favorecen la permanencia de los microorganismos en el sistema. En los SMTA, la carga aplicada es de cerca de 8 kg DQO/m<sup>3</sup>, y los porcentajes de remoción de la DQO oscilan entre el 80 y el 85%. (Fuente: Zambrano y Col., 1999)

El diseño modular de tratamiento anaerobio SMTA se basa en la producción de la finca en sus días pico, el parque cafetal existente y sus proyecciones a futuro. (Corantioquia 2016).

## 5.12. Prototipos evaluados por Cenicafé

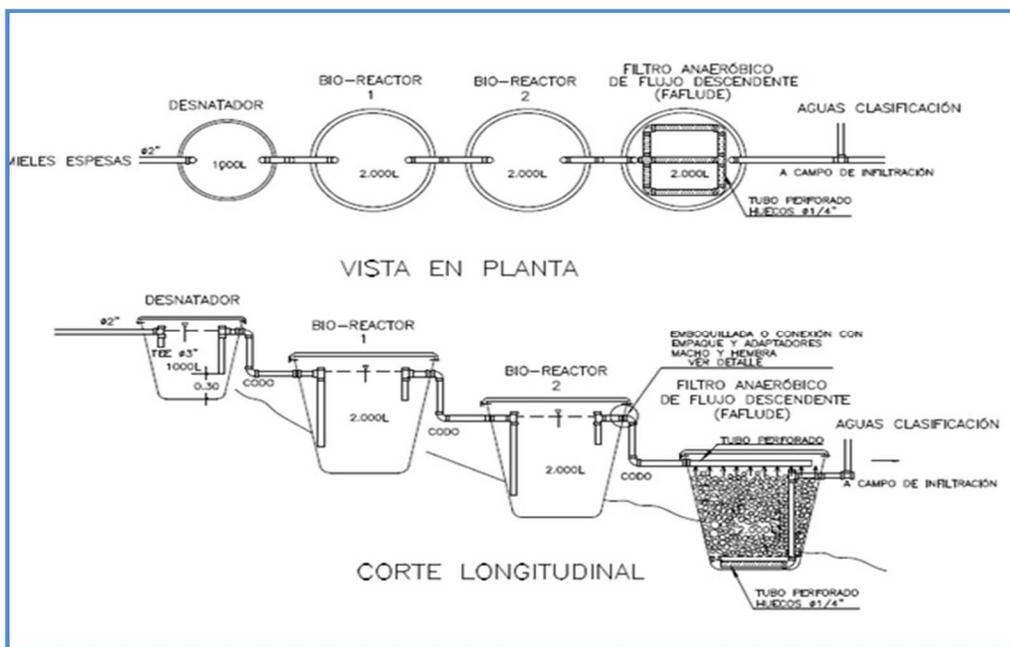
Tabla 8.  
*Desempeño de los diferentes prototipos evaluados*

| Prototipo           | Condiciones de evaluación | Valor parcial del desempeño | Factor de ponderación | Valor global de desempeño | Desempeño % |
|---------------------|---------------------------|-----------------------------|-----------------------|---------------------------|-------------|
| SMTA                | Flujo continuo            | 1,89                        | 0,90                  | 1,70                      | 78%         |
|                     | Flujo igual               | 0,89                        |                       | 0,80                      |             |
|                     | Concentraciones la salida | 1,30                        |                       | 1,17                      |             |
| Biodigestor         | Flujo continuo            | 1,67                        | 0,56                  | 0,94                      | 37%         |
|                     | Flujo igual               | 1,30                        |                       | 0,73                      |             |
|                     | Concentraciones la salida | 1,59                        |                       | 0,89                      |             |
| Desnatador y filtro | Flujo continuo            | 1,69                        | 0,34                  | 0,57                      | 46%         |
|                     | Flujo igual               | 1,23                        |                       | 0,42                      |             |
|                     | Concentraciones la salida | 1,38                        |                       | 0,47                      |             |
| RHA                 | Flujo continuo            | 0,44                        | 0,56                  | 0,25                      | 6%          |
|                     | Flujo igual               | 1,31                        |                       | 0,17                      |             |

|                                  |                           |      |      |
|----------------------------------|---------------------------|------|------|
| (Reactor hidrolítico anaeróbico) | Concentraciones la salida | 0,75 | 0,42 |
|----------------------------------|---------------------------|------|------|

Fuente: (FNC-Cenicafe, 2017)

### 5.13. Plantas de tratamiento de aguas residuales de lavado del café recomendadas por el comité de cafeteros de Antioquia



**Figura 20.** Diseño modificado en Antioquia Para Tratamiento de Aguas Residuales

Fuente: (Comité Departamental de Cafeteros de Antioquia, 2011)

Diferentes Comités departamentales de cafeteros han incorporado la tecnología SMTA en su proceso de descontaminación de aguas provenientes del beneficio húmedo, Antioquia, ha modificado los modelos buscando ser más eficientes y económicos.

El filtro anaeróbico no debe llevar arena ya que no es un filtro físico como en las plantas de purificación de agua, en este caso, de altas cargas de materia orgánica, lo que se usa es un filtro biológico o de bacterias que se comen la materia orgánica y la transformar en gases y biabono. (Correa Piedrahita & Lopez, 2017)

En este tanque flotan todos los materiales livianos que tiene una densidad menor a la del agua, esto es fibras, pulpas, granos de café pergamino vano, pedazos de pergaminos y en general lo que se conoce como sólidos suspendidos totales. En las plantas de tratamiento de 100 y 200 @CPS/año el desnatado se realiza en el reactor hidrológico acido-génico. Se está usando el sistema (RAFA). Reactor Anaeróbico de Flujo Ascendente. (Correa Piedrahita & Lopez, 2017)

### **5.13.1. Tanque Séptico o reactor hidrológico acido génico.**

En este tanque se presentan procesos físicos y biológicos que transforman la materia orgánica mediante procesos anaeróbicos en gases, sólidos y líquidos formando tres capas bien definidas, las cuales son: Natas en la superficie, lodos en el fondo (conformados por microorganismos muertos y vivos de la planta de tratamiento y una capa intermedia líquida que es la que pasa al filtro anaeróbico. Se está usando el sistema (UASB O RAFA). Reactor Anaeróbico de Flujo Ascendente. Para que este tanque funcione apropiadamente el tubo de la entrada es más largo que el de salida (Correa Piedrahita & Lopez, 2017)

### **5.13.2 Filtro Anaeróbico de flujo descendente: FAFLUDE.**



**Figura 21** .Pozo de desnatado y ubicación de la planta de tratamiento

Fuente: (Mejia 2017)

En la figura 21, se detalla el pozo desnatador cumpliendo su función de manera correcta.

A la derecha se visualiza la utilización de la pendiente y desnatador y Fafa o Faflude

El agua que viene del tanque séptico entra al filtro FAFLUDE por encima y baja a través de un filtro de anillos de PVC o piedras gruesas o triturado  $\frac{3}{4}$  pulgada. Este tanque debe llenarse de una material que soporte las bacterias, es decir un material que aumente la superficie específica, el material puede ser en su orden de eficiencia: carbón coque, materiales plásticos, trozos de guadua o piedras de 5 cm de diámetro. (Correa Piedrahita & Lopez, 2017).

### 5.13.3. Detalles de instalación de la planta de tratamiento.

En el desnatador y tanques recuperadores de pH, el tubo de la entrada baja un  $\frac{2}{3}$  de la altura para remover las bacterias muertas y mantener los lodos activos. Dentro de los tanques se usan accesorios tipo te para que los gases salgan y facilitar el flujo del agua. (Correa Piedrahita & López, 2017)

Instalación del pvc entre tanques con adaptadores



**Figura 22.** Detalle de instalación de accesorios

Fuente: (Correa Piedrahita & Lopez, 2017)

### 5.14. Plantas de tratamiento para altas producciones de café.

Cuando las producciones de las fincas son abundantes y las dimensiones de la planta superan más de 2. m<sup>3</sup> el costo es muy alto, por lo cual se recomienda una técnica que resulte igualmente eficiente y económica, en este caso tras realizar estudios del suelo se recomienda realizar

excavaciones tipo bóvedas (huecos) en la tierra, con las dimensiones requeridas estas bóvedas se recubren con lonas termo-selladas de geo membranas impermeables. Estas plantas funcionan con los mismos criterios de diseño, desempeño y manejo de las pequeñas. (Departamento de extensión rural aseguramiento a la calidad, 2017)



**Figura 23.** pozos en tierra que remplazan los sistemas en pvc

FUENTE: (Correa Piedrahita & Lopez, 2017)

#### **5.14.1. Manejo de la planta de tratamiento.**

Las plantas de tratamiento de aguas residuales de beneficio deben ser inoculadas antes del inicio de la cosecha y la travesía. El inóculo se deposita a los sistemas FAFA o FAFLUDES o tanques metano génicos, a razón de 10 litros de estiércol vacuno mezclados con agua. (Correa Piedrahita & Lopez, 2017)

Para controlar la acidez, del agua residual que entra en el reactor metano génico, se utiliza cal agrícola o urea, para mejorar la relación carbono nitrógeno.

Las desnatadoras o primer tanque se deben limpiar diariamente con un colador o cedazo y llevar estos sólidos que flotan a la compostera o fosa para pulpas.

Las tapas de los tanques plásticos deben quedar herméticamente cerradas para evitar zancudos, ya que esto ocasiona que los usuarios abandonen estos sistemas de tratamiento. (Correa Piedrahita & Lopez, 2017)

### 5.15. Dimensionamiento de las plantas de tratamientos de aguas de lavado del café.

En la tabla 8: Las plantas se agruparon en producciones de 100, 200, 300, 400, 500, 600,700, 800, 900, 1.000, 1.200 y 1.500 @CPS/año, de acuerdo a la producción, el día pico y la semana pico

Tabla 9.

*Cálculos para el tamaño de los tanques*

| @C<br>PS/año | Volumen de los tanques en litros |      |      | Distribución de tanques |                       |                           |                |                |
|--------------|----------------------------------|------|------|-------------------------|-----------------------|---------------------------|----------------|----------------|
|              | 500                              | 1000 | 2000 | Volumen<br>Total, L     | Desnatador,<br>litros | Bio-<br>reactor<br>litros | FAFA<br>litros | Soporte,<br>m3 |
| <b>100</b>   | 3                                |      |      | 1500                    | 500                   | 500                       | 500            | 0.45           |
| <b>200</b>   | 2                                | 1    |      | 2000                    | 500                   | 500                       | 1000           | 0.90           |
| <b>300</b>   | 1                                | 2    |      | 2500                    | 500                   | 1000                      | 1000           | 0.90           |
| <b>400</b>   | 1                                | 3    |      | 3500                    | 500                   | 2000                      | 1000           | 0.90           |
| <b>500</b>   |                                  | 1    | 2    | 5000                    | 1000                  | 2000                      | 2000           | 1.80           |
| <b>600</b>   |                                  | 2    | 2    | 6000                    | 1000                  | 3000                      | 2000           | 1.80           |
| <b>700</b>   |                                  | 1    | 3    | 7000                    | 1000                  | 4000                      | 2000           | 1.80           |
| <b>800</b>   |                                  |      | 4    | 8000                    | 2000                  | 2000                      | 4000           | 3.60           |
| <b>900</b>   |                                  | 1    | 4    | 9000                    | 1000                  | 4000                      | 4000           | 3.60           |
| <b>1000</b>  |                                  |      | 5    | 10000                   | 2000                  | 4000                      | 4000           | 3.60           |
| <b>1200</b>  |                                  |      | 6    | 12000                   | 2000                  | 6000                      | 4000           | 3.60           |
| <b>1500</b>  |                                  | 1    | 7    | 15000                   | 1000                  | 8000                      | 6000           | 5.40           |

Fuente (Nelson Rodríguez. 2010)

Ejemplo para el cálculo del día pico según la distribución de la cosecha:

Se calcula teniendo en cuenta la altura sobre el nivel del mar así: Para un cultivo de café a 1.700 msnm el cálculo es de 2.5% de día.

Por 100 m de incremento sobre el nivel del mar rebaja 0.25% en el valor del día pico y por cada 100 m que baje el cultivo en altura se aumenta en 0.25% en el valor del día pico. Así cultivos a 1900 msnm tienen un día pico de 2.0%. Para el cálculo de la semana pico se usó cuatro veces el valor del día pico.

Los consumos de agua calculado para la tabla 8 son de 6.0 litros por kg de café seco procesado; las dos primeras cabezas de lavado van a la planta de tratamiento. Para el caso de las desmieladoras se usó un consumo de 2.5 litros de agua por kg de café pergamino seco al día. (Correa Piedrahita & Lopez, 2017)

### 5.16. Sistemas de pos tratamiento de los efluentes resultantes



**Figura 24.** Pos tratamiento de aguas mieles

Fuente: (Programa Aseguramiento de la Calidad ANTQ, 2016)

El efluente que sale del Fafa debe llevarse a un sumidero, o curvas de infiltración si la pendiente lo permite, la pendiente recomendada es del % de tal manera que las aguas se infiltren

sin ocasionar erosión. Las lagunas de oxidación y las curvas de infiltración se preparan con drenajes adecuados (filtros de piedra) y plantas saprofitas, que toleran aguas pesadas e incrementan el proceso de filtración, lo que permite conducir nuevamente estas aguas a, quebradas y ríos. Cumpliendo con la normatividad de aguas residuales del café. (Correa Piedrahita & Lopez, 2017).

La figura 25, detalla algunas plantas saprofitas evaluadas en Cenicafé.

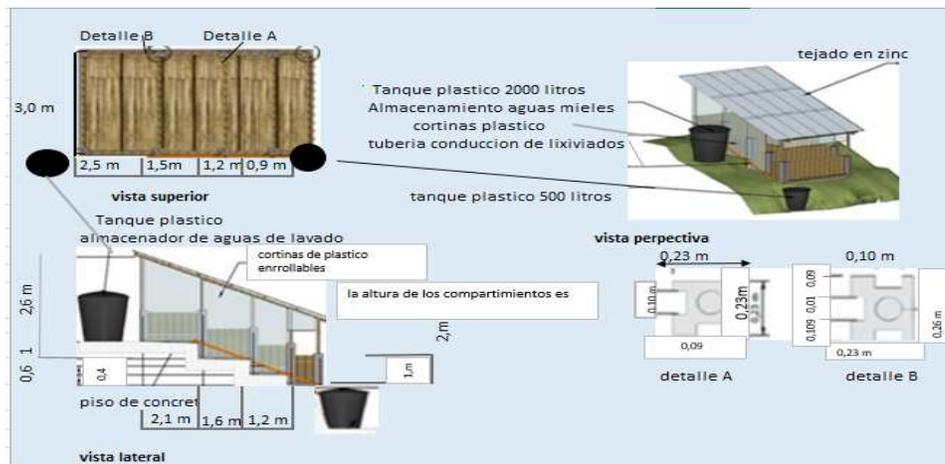


**Figura 25.** Sistema acuatico de tratamiento con plantas flotantes  
Fuente(Rodriguez valencia, 2009)

los pos tratamientos se hacen en humedales artificiales construidos en huecos en la tierra forrados en las mismas geo membranas y llenos de abajo hacia arriba de piedras, triturado, arena y tierra en la superficie y donde se siembra plantas de papiros; de esta manera se alimenta el grupo más grande de tróficos que hay en la naturaleza que son las bacterias metano-génicas y las nitrificantes y logra el ciclo del nitrógeno, generando nitritos y nitratos que es la forma como se alimentan las plantas

### 5.17. Fosas para el manejo de aguas residuales con tratamiento Físico + Biológico

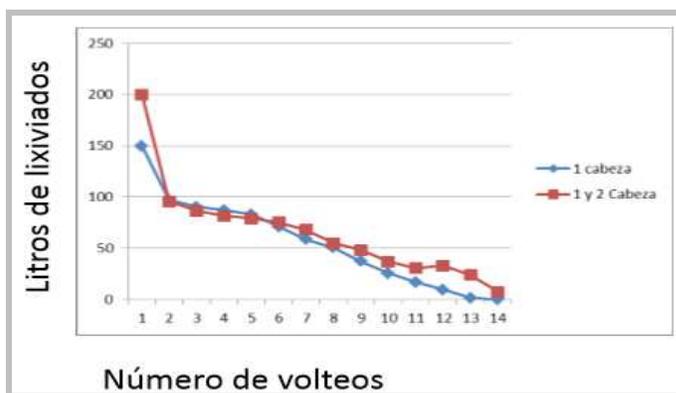
Se basan en la adición y recirculación permanente de las aguas residuales del café sobre la pulpa de café en la fosa (a través de un buen sistema de riego que permita una distribución homogénea y mediante un diseño de fosa que favorezca el efecto invernadero en su interior) y favorecida por la adsorción de las mieles y lixiviados utilizando materiales secos presentes en la finca (cascarilla de café, viruta de madera, residuos de las limpias, etc) y el compostaje de estos materiales.



**Figura 26.** Fosas para el manejo de aguas residuales

Fuente: (Rodríguez valencia, 2009)

#### 5.17.1. Fosas para las dos primeras cabezas de lavado



La figura 27 detalla el rendimiento del tratamiento realizado con la primera cabeza de lavado, teniendo en cuenta la cantidad en litros de lixiviado versus el número de volteos. (La pulpa se mezcla de manera manual con el lixiviado)

**Figura 27.** Medición de eficiencia en fosas de retención en la primera cabeza de lavado  
Fuente: (FNC-Cenicafe, 2017)

Para el ensayo se utilizó una fosa (compartimiento cerrado en guadua) de 3m de ancho por 5,5 m de largo y 1,5m de alto. Con una eficiencia del 100% para La primera cabeza: de lavado. En otros ensayos utilizando la segunda y tercera cabeza de lavado el rendimiento fue de 96%. (FNC-Cenicafe, 2017)

Cenicafe en el 2017, entregó resultados de pruebas realizadas con fosas irigadas, que reciben los 4 enjuagues del tanque tina este sistema aplica para fincas inferiores a 200@ de CPS por año.



**Figura 28.** Fosas para las 4 cabezas de lavado del tanque tina  
Fuente: (FNC-Cenicafe, 2017)

Los diferentes ensayos mostraron, en promedio, valores de retención de las aguas mieles de café del 90%, en 2 meses de proceso.

- La cantidad y el tipo de material orgánico utilizado tiene influencia sobre la retención de las aguas mieles.
- Se espera que la retención de las aguas mieles aumente si se realiza el proceso en fosas tipo invernadero.
- El sistema de riego por goteo “espina de pescado” presentó mejores resultados en comparación con la cinta de goteo (utilizada en invernaderos). (FNC-Cenicafe, 2017)

## 5.18. Tratamiento Químico con Calces y Sales.



**Figura 29.** Tratamiento químico primario  
Fuente: (FNC-Cenicafe, 2017)

La aplicación de elementos químicos se realiza en tratamiento primario (dos primeros enjuagues) y tratamiento secundario (últimos 2 enjuagues). Las dosis óptimas de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  está entre 3g/L (AR a 12500 ppm como DQO) y 4g/L (AR a 25000 ppm como DQO).

Resultados Tratamiento secundario. CA: 1,5 g/L y SA: 3 g/

Tabla 10.

*Tratamiento Primario con Calces*

| Concentracion de hidrxidi de calcio | DQO inicia (pp) | DQO fina (ppm) | Remocion DQO(%) |
|-------------------------------------|-----------------|----------------|-----------------|
| 2800                                | 1250            | 6304           | 496             |
| 3000                                | 1250            | 6230           | 50,2            |
| 3200                                | 1250            | 6337           | 49,3            |

Fuente: (FNC-Cenicafe, 2017)

### 5.19. Tratamiento natural con extractos vegetales

Son una alternativa que al igual que los tratamientos con químicos han demostrado ser una alternativa más económica que la química



**Figura 30.** Coagulante biológicos

Fuente: (Cenicafe, 2018)

- A Moringa (*Moringa oleífera*)
- B. Cadillo (*Triumpheta lappula*)
- C. Balso (*Heliocarpus popayanesis*)
- D. Jatropha (*Jatropha curcas*)
- E. Astromelio (*Hibiscus rosa sinensis*)

Las dosis óptimas encontradas en los ensayos realizados por Cenicafé arrojan que de Moringa *oleífera* están entre 5000 y 6000 ppm (5,0 g/L para agua con DQO de 25000 ppm y 6,0 g/L para agua con DQO de 12500 ppm). Reducción de DQO entre un 65 y un 72% a partir del efluente del tratamiento primario. (Cenicafe, 2018)

El extracto de *Jatropha* se puede aplicar, al agua residual del beneficio del café con pH ácido, logrando remociones medias en la carga orgánica del 70%. La dosis óptima de *Jatropha* se encuentran entre 1500 y 2500 ppm (1,5 g/L para agua con DQO de 12500 ppm y 2,5 g/L para agua con DQO de 25000 ppm)

Cuando se aplica la *Jatropha* mezclada con el Hidróxido de calcio el material suspendido de la cal, aún sin disolver, favorece el proceso de floculación, logrando mayores eficiencias en el tratamiento de las aguas residuales. (Cenicafe, 2018)

## **6. Metodología**

Para el desarrollo de la presente monografía se utilizó la investigación descriptiva, ya que esta permite; describir la realidad de situaciones, eventos, personas, y comunidades objeto de la investigación, de igual manera permiten analizar y examinar las características del tema investigado (Manejo de aguas residuales provenientes del beneficio húmedo del café en la zona cafetera central de Colombia), a definirlo, y seleccionar la técnica para la recolección de datos y las fuentes a consultar. (universia.net, 2017)

Las herramientas metodológicas utilizadas se describen a continuación:

### **6.1 Revisión de información secundaria.**

El material recopilado para esta monografía se obtuvo tras un periodo investigativo realizado durante 2 (2016-2018) años, y para la cual fue fundamental material bibliográfico con base científica publicado por Cenicafé, tales como informes anuales de Cenicafé, y los comités departamentales, Manual del cafetero publicado en el 2015, Mas agronomía más productividad, publicación del Comité De Cafeteros; diversidad de avances técnicos, el Anuario cafetero y artículos científicos de diferentes autores de Colombia y fuera del país. La bibliografía que no hace parte de investigación de Cenicafé, fue analizada de manera exhaustiva, tratando siempre de tener información acertada y no engañosa.

### **6.2 Apoyo de expertos**

Se trabajó mancomunadamente con personas idóneas: del Comité de Cafeteros de Antioquia, contando con la asesoría permanente de Jorge Luis López Ingeniero del área de calidades de café y el área extensión rural, estos permitieron el acceso de primera mano a información reservada y compartida solo para usos didácticos e ilustrativos en la ejecución de esta monografía., apoyo constante del ingeniero Carlos Mario Ospina investigador de Cenicafé y director de la Granja Subestación el Rosario en Venecia Antioquia

### **6.3 Visitas de campo**

se realizaron visitas de campo que permitieron constatar la eficiencia de los equipos en

campo, el grado de adopción y la intervención de la empresa que impone la norma. Corantioquia y Cornare. Durante 13 años de labores al lado de los caficultores de Antioquia, he podido corroborar el ejercicio requerido en el proceso de pos cosecha y los aciertos y desaciertos en los que incurren los caficultores y las empresas que los respaldan.

#### **6.4 Trabajo interinstitucional**

Se trabajó de manera mancomunada con el Comité de Cafeteros De Antioquia, Cenicafé, con la Cooperativa de caficultores de Antioquia, y la administración municipal de Venecia Antioquia. Finalmente y muy valiosa estuvieron presente las asesorías de los tutores de la universidad, UNAD quienes han estado prestos a resolver inquietudes y fortalecer las falencias encontradas, durante el desarrollo de esta monografía

#### **6.5 Capacitaciones en campo**

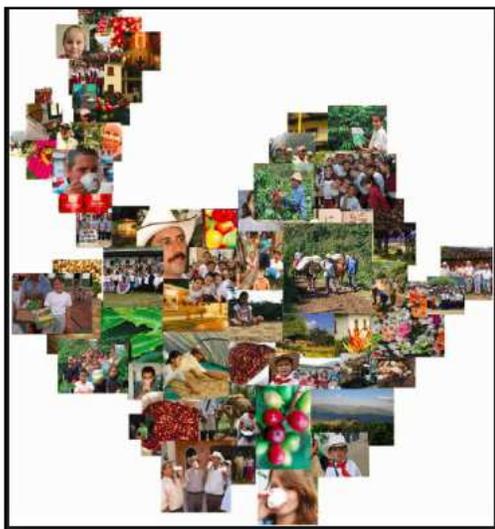
En el desarrollo de este trabajo también se realizaron capacitaciones con comunidad específicamente, caficultores de la Vereda el Vergel de Venecia Antioquia, donde se obtuvo datos de los cobros ambientales versus la producción de sus parcelas. y se logró obtener la línea base para la ejecución de un proyecto llamado (Manejo de aguas mieles del beneficio) para 30 usuarios en convenios inter institucionales, con Comité de cafeteros, municipio y comunidad. Para el tema normativo aplicado en finca se contó con acompañamiento de personal de Corantioquia en capacitaciones presenciales

#### **6.6 Sistematización de la información**

La tabulación de los datos estadísticos obtenidos en campo por el servicio de extensión durante el periodo comprendido 2015 al 2018 Se trabajó a través de tablas en Excel, de tal forma que a través de gráficos se pudiese comparar los porcentajes en Demanda química de Oxígeno y los sólidos solubles totales en el departamento de Antioquia. esto permito tipificar la carga contaminante expresada en cada uno de los ítems requeridos y de esta forma plasmarlo en resultados obtenidos en el desarrollo de la monografía. Adicional se integró en el documento toda la bibliografía desacuerdo a los objetivos planteados.

## 7. Resultados

### 7.1. Metodologías desarrolladas e implementadas en Antioquia por el comité de cafeteros, la empresa privada y la universidad nacional de Medellín



*Figura 31.* Antioquia Cafetera

Fuente: (Corantioquia, 2016)

El 49% del suelo agrícola en Antioquia se destina a la producción de café; y se registra en la base de datos del comité de cafeteros de este departamento, para marzo del 2018. 2070 veredas donde se cultiva café, en 103.000 fincas con 1.5 hectáreas en promedio por finca, distribuidas así: 96.9% son pequeños caficultores, 2.4 % medianos y caficultores grandes 0.8%, La productividad por hectárea es de 17 sacos de café verde de 60 kilogramos.

.La tabla 11 detalla la Distribución de áreas y producción de café en Antioquia

Tabla 11.  
*Antioquia cafetera*

| Departamento | Municipios totales | Municipios cafeteros | Aporte nacional en % | caficultores | Área en café |
|--------------|--------------------|----------------------|----------------------|--------------|--------------|
| Antioquia    | 125                | 94                   | 44,3                 | 79529        | 123000       |

Fuente (Comite De Cafeteros De Antioquia, 2018)

## 7.2. Ejercicio realizado en el 2014 sobre la producción de carga contaminante producido en la cosecha del 2014 en Antioquia

La carga contaminante versus la producción de CPS producida en Antioquia para el 2014 representada por la DBO5 se calculó en 25.109 Ton y de SST 23.830, esta carga contaminante representa un pago de Tasa retributiva de aproximadamente 4.000 mil millones de pesos en un año lo que equivale a \$38/Kg CPS, en cuanto a las tasas por uso el consumo de agua representa un costo de tasa por uso de aproximadamente 2 millones seis cientos mil pesos lo que equivale a 0,024 \$/Kg CPS. (Corantioquia, 2016)

Basándose en la cantidad de kilos producido por año y en tipificación de los consumo de agua de acuerdo al tipo de beneficiadero en la tabla 12 se realizan los cálculos en consumos de agua y cargas producidas de contaminación., en 4 años

Tabla 12.

*Consumo de agua y carga contaminante del beneficio de café anual en Antioquia*

| Unidad  | 2012        |           | 2013        |            | 2014        |            |
|---|-------------|-----------|-------------|------------|-------------|------------|
|   | tradicional | ecológico | tradicional | ecológico  | tradicional | ecológico  |
| Producción<br>CPS/año agua  | 103.659.240 | 8.164.080 | 97.595.262  | 17.484.738 | 84.844.742  | 25.195.258 |
| Consumo de agua<br>m <sup>3</sup> /Kg CPS   | 0.04        | 0.001     | 0.04        | 0.01       | 0.04        | 0.01       |
| Consumo de<br>agua de los<br>beneficiaderos<br>tradicionales<br>(m <sup>3</sup> /año) | 4.146.370   | 8.164     | 3.903.810   | 17.485     | 3.393.790   | 25.195     |
| DBO /Kg CPS   | 0.29        | 0.02      | 0.29        | 0.02       | 0.29        | 0.02       |
| SST/Kg CPS  | 0.28        | 0.003     | 0.28        | 0.003      | 0.28        | 0.003      |
| Carga de DBO  | 30.061.180  | 163.282   | 28.302.626  | 349.695    | 24.604.975  | 503.905    |
| Carga de SST  | 29.024.587  | 24.492    | 27.326.673  | 52.454     | 23.756.528  | 75.586     |

(CORANTIOQUIA, 2016)

### **7.3. Consumo de agua basado en el grado de tecnología adoptada**

En Antioquia aún se beneficia el 38% del café producido mediante beneficio tradicional. Las cifras actuales en consumos de agua y carga contaminante del beneficio de café en Antioquia muestran que para el 2015, alcanzo una reducción del 18% en los consumos de agua y un 17 % la carga de contaminación, lo que indica que se deben continuar aunando esfuerzos para mejorar el desempeño ambiental. (Corantioquia, 2016)

Entre el 2012 y 2014 la reconversión de beneficios tradicionales a ecológicos paso del 7% al 23%.en el 2014, con esta reconversión el consumo de agua paso de 4.154.354 m<sup>3</sup> de agua (37,2 litros/kg CPS) a 3.418.985 (31,1 litros/kg CPS), lo que representa una reducción del 18% del consumo de agua, siendo este un porcentaje bajo frente a la disponibilidad de tecnologías de bajo consumo, implementadas para la producción de cafés especiales. (Corantioquia, 2016)

### **7.4. Estudio de campo efectuado por el Comité de Cafeteros de Antioquia**

Entre el año 2016 y 2017 se realizaron 4980 encuestas en el departamento de Antioquia cafetera, con las cuales se ha podido identificar el tipo de beneficiadero que predomina entre los caficultores, de este departamento, permitiendo tener una estadística de los consumos de agua de acuerdo al tipo de beneficio y la contaminación que presenta cada uno de los modelos utilizados por los productores.

Esta información fue aportada por el comité de cafeteros de Antioquia, explícitamente por el área del servicio de Extensión y de manera solamente académica para este trabajo “Manejo de aguas residuales provenientes del beneficio húmedo del café en Antioquia” las encuestas se realizaron en todo el departamento a todo tipo de caficultor grandes, medianos y pequeño, lo que permite que la muestra sea heterogénea

En la tabla número 13 se observa el resultado en % de la demanda química de oxígeno (DQO) y los sólidos solubles totales (SST), expresando su participación arrojada en carga contaminante, a adicional se identifica una columna con la tipificación dada a cada una de las unidades de beneficio evaluadas.

Tabla 13  
 . Aporte de DQO Y SST, según tipo de beneficiadero

| Encuestados | Tipificación   | DQO         | SST               |
|-------------|--|-------------|-------------------|
| 1312        | En transición con reducción de agua                    | 3,58        | 3,47              |
| 1067        | En transición con reducción de agua y de contaminación | 2,87-0,67   | 0,7-0,03          |
| 721         | En transición con alta reducción de agua               | 3,58-1,39   | 3,47-0,21         |
| 62          | En transición con reducción de contaminación entre     | 2,51 y 1,79 | entre 0,24 y 0,5  |
| 557         | Ecológico 1 Entre                                      | 1,39 y 1,36 | 0,21              |
| 28          | Ecológico 2 Entre                                      | 1,03 y 1,01 | 0,12              |
| 481         | Ecológico 3  | 1,03-1,01   | 0,12              |
| 156         | Ecológico 4  | 0,67-0      | 0,03-0            |
| 150         | Ecológico 5  | 0,67 y 0,00 | entre 0,03 y ,0,0 |
| 8           | Ecológico 6  | 0           | 0                 |
| 68          | Ecológico 7  | 0           | 0                 |
| 3           | Ecológico 8  | 0           | 0                 |
| 230         | convencional 1   | 3,59        | 3,5               |
| 22          | convencional 3   | 2,51        | 0,24              |
| 5           | Convencional 4   | 1,79        | 0,05              |
| 110         | sin clasificar   | 0           | 0                 |

Fuente: ( Comité De Antioquia 2018)

#### **.7.4.1. Análisis porcentual generado en beneficio según su tipificación.**

En la tabla 14 El impacto del DQO se genera de manera sobresaliente en los beneficiaderos en transición: con reducción de agua 16%, convencional (1.) 16% y en transición con reducción de agua 10 %. También se detalla que los beneficiadero con 0 carga contaminante son los Ecológico 6, 7, y 8 cuya característica es cero contaminación.

Los beneficiaderos sin clasificar también tienen un peso porcentual para el caso es del 8 % y que se denominan sin clasificar porque realizan las labores de adopción de tecnología de manera intermitente

**TABLA 14.***Aporte en DQO según tipo de Beneficiadero*

| <b>Aporte en DQO</b>                                   | <b>%</b> |
|--|----------|
| En transición con reducción de contaminación           | 10       |
| En transición con reducción de agua                    | 16       |
| En transición con reducción de agua y de contaminación | 8        |
| En transición con alta reducción de agua               | 11       |
| Ecológico 1  | 6        |
| Ecologico2   | 5        |
| Ecológico 3  | 5        |
| Ecológico 4  | 3        |
| Ecológico 5  | 1        |
| Ecológico 6  | 0        |
| Ecológico 7  | 0        |
| Ecológico 8  | 0        |
| Convencional 1   | 16       |
| Convencional 3   | 11       |
| Convencional 4   | 3        |
| Sin clasificar   | 8        |

Fuente: (Comité De Antioquia 2018)

**7.4.2 . Aporte porcentual en sólidos suspendidos totales por tipo de beneficio.**

En la tabla 15 se observa la participación porcentual de los sólidos solubles totales (SST) queda claro que los beneficiaderos convencionales, en transición con reducción de agua son los mayores aportantes con el 34% de los SST y los que predominan en el departamento de Antioquia, justamente por la dinámica del tamaño de las fincas (96.9% de cafeteros pequeños con menos poder adquisitivo en dispositivos para manejo de las aguas y sub-productos del café.

Tabla 15

*Aporte en SST según tipo de Beneficiadero*

| <b>solidos solubles totales aportados según el tipo de beneficio encuestado</b> | <b>Valoración porcentual %</b> |
|---|--------------------------------|
| en transición con reducción de contaminación                                    | 1                              |
| En transición con reducción de agua   | 34                             |
| En transición con reducción de agua y de contaminación                          | 4                              |
| en transición con alta reducción de agua  | 19                             |
| Ecológico 1   | 2                              |
| Ecológico 2   | 1                              |
| Ecológico3  | 0                              |
| Ecológico 4   | 0                              |
| Ecológico 5   | 0                              |
| Ecológico 6   | 0                              |
| Convencional 1  | 34                             |
| Convencional 3  | 2                              |
| Convencional 4  | 0                              |
| Sin clasifica   | 0                              |

Fuente: (Comité De Antioquia 2018)

## **7.5 Investigación de la empresa privada en el manejo industrial de los subproductos**

### **7.5.1. Natucafé.**

“Natucafé nace motivado por el deseo de descontaminar, ya que en el proceso de beneficio del café generamos grandes cantidades de mucílago que contamina las fuentes de agua de la zona. En ese momento y a partir de los análisis de la miel de café que presentaron tan alta cantidad de antioxidantes decidimos desarrollar bebidas saludables a base de concentrado de mucílago de café.” Indica Rigoberto Franco fundador de Natucafé S.A.S. (NATUCAFE, 2016)

### **7.5.2. Multidynamic-Marketing.**

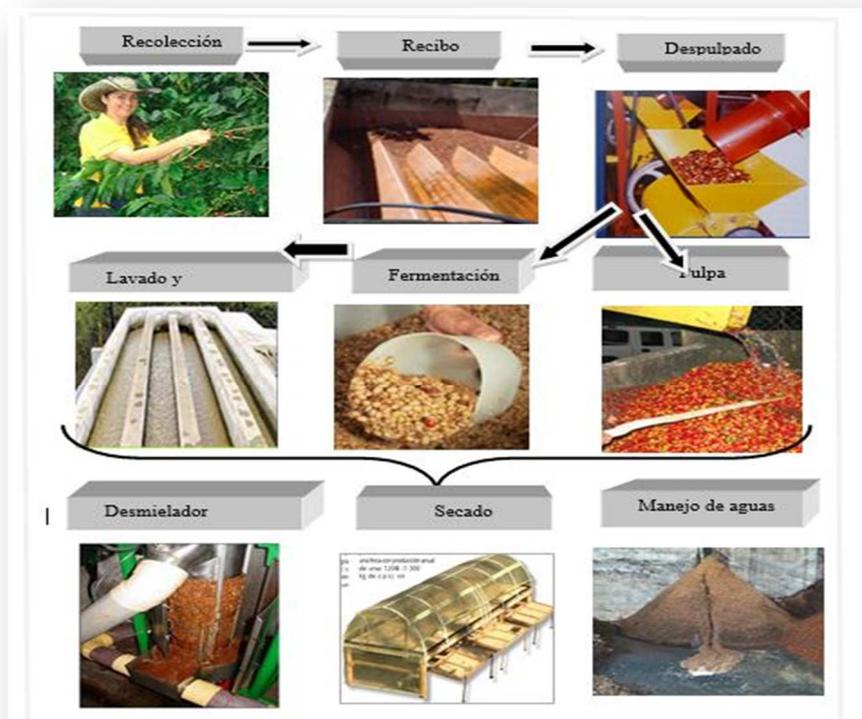
Desarrolló una fórmula exclusiva, rica en poli fenoles (antioxidantes exógenos) provenientes de la miel de café (descafeinada), del *Ganoderma lucidum* del resveratrol de la uva y del té negro.

La bebida cuenta con aproximadamente 700% más contenido de antioxidantes que la uva, 600% más que el arándano y 500% más que el té verde. No contiene azúcar-sacarosa y posee gran cantidad de minerales esenciales. (Productos que sanan, s,f)

### 7.5.3. Naox.

En Salgar Antioquia, La compañía Sanadores Ambientales, artífice de esta innovación en el sector de la agroindustria, fue fundada en 2008 por el ingeniero de alimentos Juan Carlos Jaramillo Andrés Ramírez, esta empresa en 2013 facturó 12.000 dólares con la venta de productos derivados del mucilago y la pulpa del café. La planta tiene capacidad para procesar 50 toneladas mensuales de concentrado de café producto antioxidante y 100 % innovador, (EL TIEMPO, 2014)

### 7.6. Estrategias y equipos empleadas para el uso eficiente del agua y el control de la contaminación hídrica en el proceso de beneficio del café



*Figura 32. diagrama de procesos del beneficio húmedo*  
Fuente (Mejía, 2017)

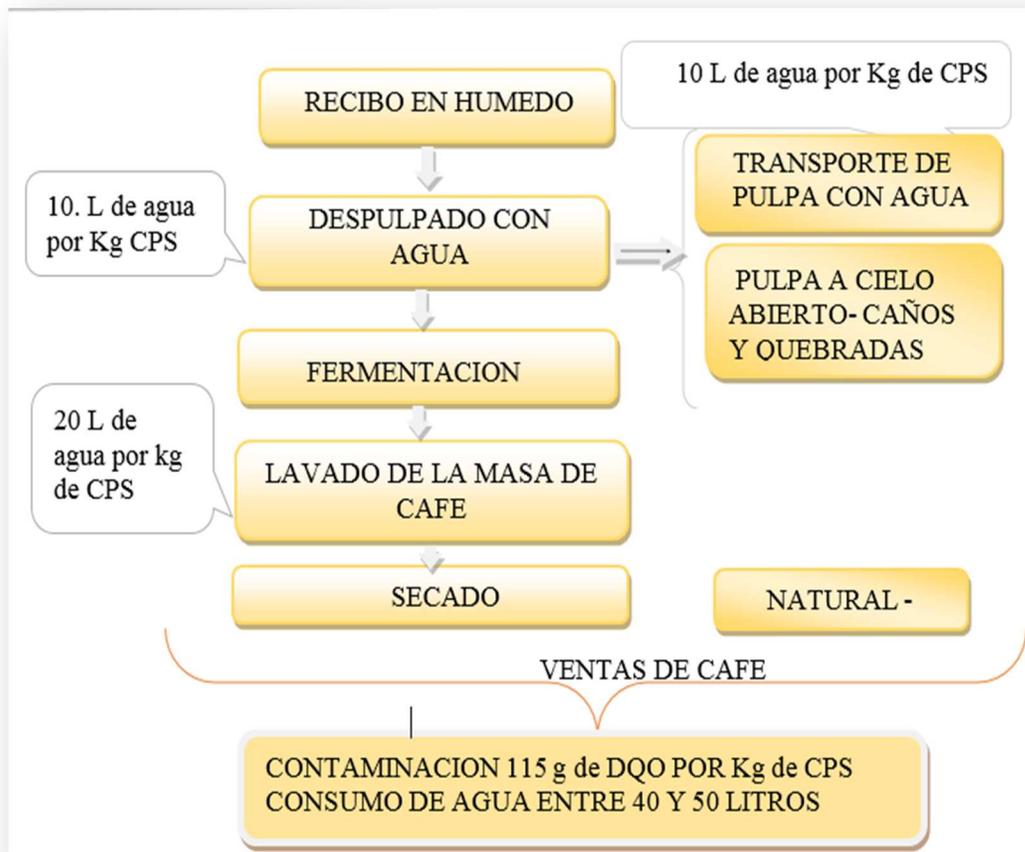
### 7.6.1 Clasificación del beneficio húmedo del café en Colombia.

En Colombia se utilizan tres tipos de beneficio húmedo: Beneficiadero convencional, ecológico y ecológico sin vertimientos para separar la pulpa, y el mucilago del café (Rodríguez Valencia, Sans Uribe, Oliveros Tascon, & Ramírez Gómez, 2015).

#### 7.6.1.1 Características del beneficiadero convencional

- Que el consumo global de agua usado sea  $\geq 10$  L/kg de café pergamino seco
- Que los subproductos generados (pulpa y mucílago) no tengan manejo adecuado

#### 7.6.1.2. Diagrama de procesos de un beneficiadero convencional y sus consumos de agua.



**Figura 33.**Diagrama de procesos del beneficio convencional

(Mejia, 2017)

En el beneficio convencional se utiliza agua en las etapas de despulpado, lavado y transporte (del fruto, del café despulpado y del café lavado), Consumo global cercano a los 40 litros de agua por cada kilogramo de café pergamino seco (CPS), y en el cual no se realiza manejo a los subproductos obtenidos, genera una contaminación orgánica (115 g de DQO por kilogramo de café cereza), Requiere infraestructura especializada para medianas y grandes producciones (Rodríguez et al., 2015)



**FIGURA 34.** Benéfico convencional y Canal de correteo  
 . (Mejía 2018)

Tabla 16  
 .Tipos de beneficiaderos convencionales

| Tipo de beneficio | Operación  | Características  | DBO5 SST |     | Observaciones  |
|-------------------|------------|--|----------|-----|--|
|                   |            |  | kg/@cps  |     |  |
| Convencional 1    | Recibo     | más de 4,7 L/kg cps  | 3,6      | 3,5 | Consumo de agua mayor a 10 L.kg-1.                   |
|                   | Despulpado | Despulpa y Transporta pulpa con agua.<br>Sin fosa                                |          |     | Cps, sin manejo de subproductos.<br>IMAPBHC = 0,000. |
|                   | Lavado     | Consume más de 5 L/kg cps<br>Transporte despulpado y lavado, sin manejo de aguas |          |     | ICAPBHC = 0,000                                      |
| Convencional 2    | Recibo     | Igual a Convencional 1   |          |     | Consumo > de 10 litros de agua                       |

|  |            |  |       |                 |  |
|--|------------|--|-------|-----------------|--|
| <b>Convencional 3</b>                      | Despulpado | Igual a Convencional 1   | 2,8   | 0,7             | IMAPBHC = 0,000.   |
|  | Lavado     | Igual a Convencional 1   |       |                 | ICAPBHC = 0,200  |
|  |            | Realiza tratamiento a las aguas residuales generadas.  |       |                 |  |
|  | Recibo     | Consume 4,7 L/kg cps. Ej. Tanque sifón sin recirculación (TSSR).   |       |                 | Consumo > de 10 litros de agua/kg cps, y sí maneja los subproductos.     |
|  |            | Igual a Convencional 1   |       |                 | IMAPBHC = 0,008.   |
|  | Despulpado | Dispone la pulpa en fosa techada y la descompone   | 2,5   | 0,2             | ICAPBHC = 0,300  |
|  | Lavado     | Igual a Convencional 1.  |       |                 |  |
| <b>Convencional 4</b>                      | Recibo     | Igual al convencional 3  |       |                 | Consumo > de 10 litros de agua /kg cps, sí maneja los subproductos       |
|  |            |  | 1,7-9 | 0,05            |  |
|  | Despulpado | Igual a Convencional 3.  |       |                 |  |
|  | Lavado     | Igual a Convencional 3.  |       |                 | IMAPBHC = 0,008  |
|  |            | Realiza tratamiento a las aguas residuales   |       | ICAPBHC = 0,500 |  |
| <b>En transición con reducción de agua</b> | Recibo     | Consume entre 4,7 y 2L/kg cps Ej. Separador hidráulico de tolva y tornillo sinfín (SHTTS), Tanque sifón recirculación (TSCR), tolva con recirculación (TCR) o no consume agua (Tolva seca) | 3,58  | 3,47            | Consume menos de 10 litros de agua /kg cps y no maneja los subproductos. |
|  | Despulpado | Despulpa con agua<br>Transporta pulpa con agua.<br>Sin fosa o la tiene sin techo.  |       |                 | IMAPBHC = Entre 0,433 y 0,550  |
|  | Lavado     | Consume menos de 3 L/kg cps Ej. Desmucilaginosos y lavadores mecánicos.  |       |                 | CAPBHC = 0,001   |
|  |            | No realiza tratamiento a las aguas residuales generadas.   |       |                 |  |

(FNC, 2015)

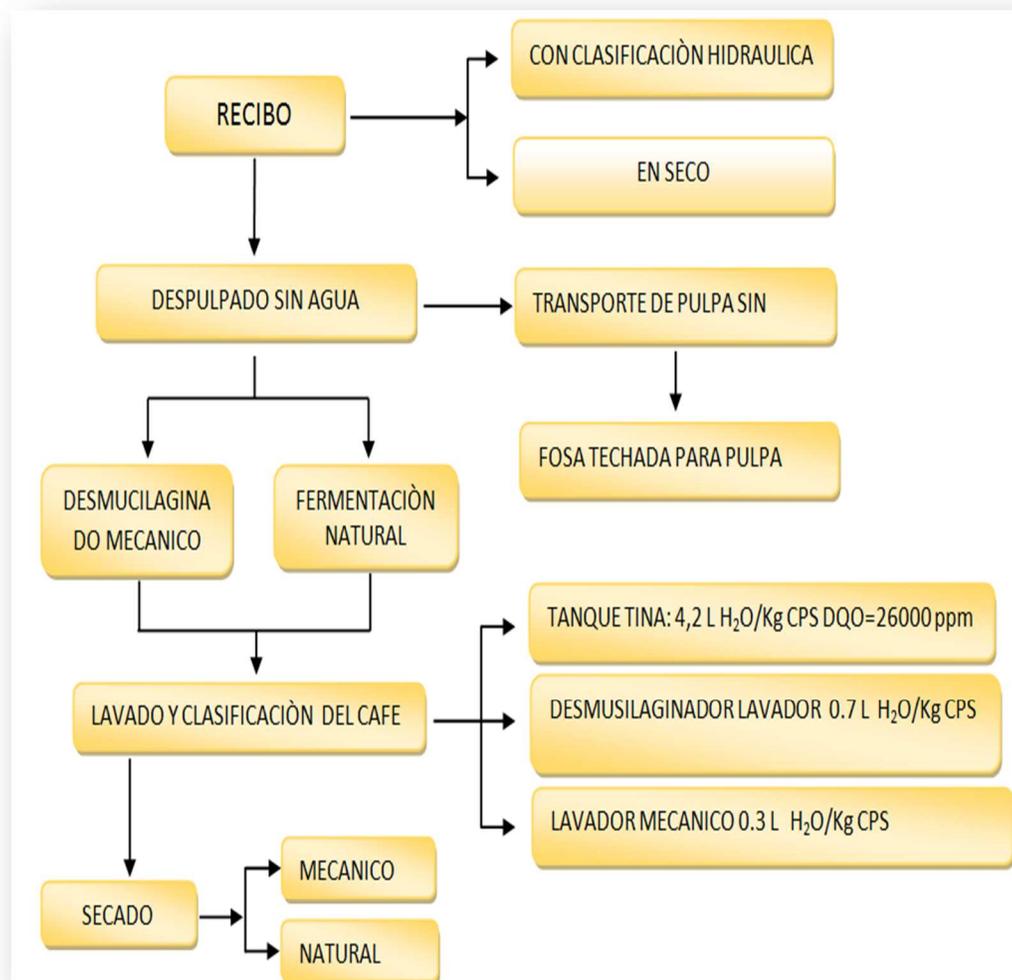
### 7.6.2 Beneficio ecológico del café.

Al despulpar y transportar la pulpa sin agua se evita el 74% de la contaminación del proceso. La remoción del mucílago se realiza por medio del proceso de fermentación natural o mecánicamente,

eliminando procesos innecesarios, lográndose además el aprovechamiento de los subproductos, (pulpas, mucilago), (Zambrano-Franco & Isaza Hinestroza, 1998).

7.6.2.1. Tipificación de los beneficiaderos ecológicos de café.

- Que el consumo global de agua  $\leq 10$  L/kg de cps y
- Que se realice manejo parcial o total a los subproductos (pulpa y mucílago)



**Figura 35.** Diagrama de procesos del beneficio ecológico  
Fuente (Manual el Cafetero Colombiano 2015).

En la tabla 17 se presenta las características, para cada uno de los tipos de beneficio ecológico discriminando las etapas del proceso y se calculan los valores de DBO5 y SST generados y los valores de Índice de Manejo del Agua y de Índice de Calidad Ambiental en cada uno de los subprocesos

Tabla 17.  
*Beneficiaderos ecológicos*

| Tipo de Beneficio  | Operación  | Características  | DBO               | SST  | Observaciones   |
|--------------------|------------|--|-------------------|------|---|
|                    |            |  | <b>Kg/@c.p.s.</b> |      |   |
| <b>Ecológico 1</b> | Recibo     | Tolva seca o tolva húmeda con consumo < a 2 L de agua por/ kg de cps. Ej. Separador hidráulico de tolva y tornillo sin-fin, tanque sifón con recirculación, tolva con recirculación. | Entre 1,39 y 1,36 | 1,21 | Consumo menos de 10 L de agua/kg cps. No realiza tratamiento a las aguas residuales generadas |
|                    | Despulpado | Despulpa Sin agua.<br>Transporta la pulpa sin agua.<br>Fosa techada  |                   |      | IMAPBHC =<br>Entre 0,825 y 0,875.<br>ICAPBHC =<br>Entre 0,612 y 0,620.                        |
|                    | Lavado     | Consumo menos de 5. L/ agua/kg cps. Lavado en tanque tina con la técnica de los 4 enjuagues  |                   |      |   |
| <b>Ecológico 2</b> | Recibo     | Igual a Ecológico 1.   | Entre 1,03 y 1,01 | 0,12 | Consumo < 10 L de agua/kg cps. Si maneja los subproductos pulpa e insolubles de mucilago      |
|                    | Despulpado | Igual a Ecológico 1.   |                   |      | IMAPBHC =<br>Entre 0,825 y 0,875.   |
|                    | Lavado     | Consumo < de 5 L/kg<br>Remoja la pulpa con los insolubles del mucílago   |                   |      | ICAPBHC =<br>Entre 0,712 y 0,720.   |
| <b>Ecológico 3</b> | Recibo     | Igual a Ecológico 1.   |                   |      | Consumo < de 10 L de agua/kg cps,   |
|                    | Despulpado | Igual a Ecológico 1.   | Entre 1,03 y 1,01 | 0,12 | IMAPBHC =   |
|                    | Lavado     | Consumo < de 3 L/kg cps. Ej. Lavadores mecánicos.  |                   |      |   |

|             |            |  |                   |                   |  |
|-------------|------------|--|-------------------|-------------------|--|
|             |            | Remoja la pulpa con los insolubles del mucílago o de las aguas mieles.   |                   |                   | Entre 0,875 y 0,993.<br>ICAPBHC = Entre 0,712 y 0,720  |
| Ecológico 4 | Recibo     | Igual a Ecológico 1.   | Entre 0,67 y 0,00 | Entre 0,03 y 0,00 | Consume menos de 10 L de agua/kg cps maneja (pulpa y mucílago)<br>IMAPBHC = Entre 0,825 y 0,875. |
|             | Despulpado | Igual a Ecológico 1.   | Entre 0,67 y 0,00 | entre 0,03 y 0,00 |  |
|             | Lavado     | Consume menos de 5 L/kg cps.<br>Reúsa o realiza tratamiento a todas las aguas residuales generadas (aguas mieles y lixiviados) |                   |                   | ICAPBHC = Entre 0,812 y 1,00.  |
| Ecológico 5 | Recibo     | Igual a Ecológico 1.   | Entre 0,67 y 0,00 | Entre 0,03 y 0,00 | Consume menos de 10 L de agua/kg cps maneja (pulpa e y mucílago).                                |
|             | Despulpado | Igual a Ecológico 1.<br>Consume menos de 3 L/kg cps.   |                   |                   | IMAPBHC = Entre 0,875 y 0,993.   |
|             | Lavado     | Reúsa o realiza tratamiento a todas las aguas residuales generadas (aguas mieles y lixiviados).                                |                   |                   | ICAPBHC = Entre 0,812 y 1,00   |

Fuente: (FNC, 2015)

### 7.6.3. Tipificación de los beneficiaderos con cero vertimientos

Que el consumo global de agua en el beneficio sea menor a 10 litros/kg de CPS -Que se realice manejo parcial o total a los subproductos (pulpa y mucílago) generados en el proceso de beneficio con la aplicación de buenas prácticas. -Que se recirculen o reúsen las mieles o las aguas residuales tratadas, sin generación de vertimientos. (FNC, 2015)

La Tabla 18 presenta las características para cada uno de los tipos de beneficio, con cero vertimientos detallando las etapas del proceso y se calculan los valores de DBO5 y SST.

La información de DBO5 y SST presentada en las Tablas 16, 17 y 18, se obtuvo del procesamiento de datos registrados en publicaciones de Cenicafé 2015.

Tabla 18.  
Beneficiaderos con cero contaminaciones

| Tipo de Beneficiadero | Operación   | Características   | DBO5    | SST  | Observaciones  |
|-----------------------|---|---|---------|------|--|
|                       |   |   | kg/@cps |      |  |
| Ecológico 6           | Recibo  | Tolva seca o tolva húmeda que consume menos de 2 L/kg cps. Ej. SHTTS, TSCR, TCR.  | 00,00   | 0,00 | Consumo de agua menor a 10 L.kg-1 de cps, con manejo de subproductos (pulpa, mucílago, aguas residuales) y reúso de las aguas residuales sin generación de vertimientos.<br>IMAPBHC = Entre 0,825 y 0,875.<br>ICAPBHC = 1,00 |
|                       | Despulpado  | Despulpa sin agua.  |         |      |  |
|                       |   | Transporta pulpa sin agua. fosa techada y descompone la pulpa   |         |      |  |
|                       | Lavado  | Consume menos de 5 L/kg cps Ej. Lavado en tanque con la técnica de los enjuagues. tratamiento de las aguas residuales generadas (aguas mieles y lixiviados), con reúso de las aguas tratadas sin generación de vertimientos |         |      |  |
| Ecológico 7           | Recibo  | Igual a Ecológico 6.  | 0,00    | 0,00 | Consumo menos de 10 L/kg cps, y sí maneja los subproductos y reúsa todas las aguas residuales<br>IMAPBHC = Entre 0,875 y 0,990<br>ICAPBHC = 1,00   |
|                       | Despulpado  | Igual a Ecológico 6.  |         |      |  |
|                       |   | Consumo < de 3 L/kg   |         |      |  |
| Lavado                | Reúsa o realiza tratamiento a todas las aguas residuales generadas (aguas mieles y lixiviados), no genera vertimientos. |   |         |      |  |
| Ecológico 8           | Recibo  | Igual a Ecológico 6.  | 0,00    | 0,00 | Consumo < de 10 L/kg cps, sin generación de vertimientos, seca las mieles del lavado<br>IMAPBHC = 0,99<br>ICAPBHC = 1,0  |
|                       | Despulpado  | Igual a Ecológico 6.  |         |      |  |
|                       | Lavado  | Consumo de agua < que 0,5 L/kg de cps (Ecomill®)<br><br>Remoja la pulpa con las mieles  |         |      |  |

Fuente: (FNC, 2015)

## **7.7 Origen de la contaminación generada en el proceso de beneficio húmedo**

El proceso de beneficio tradicional, es el principal origen de la presión sobre el recurso hídrico en la cadena productiva del café, la mayor carga de contaminación es aportada en el proceso de fermentación, lavado y transporte del grano para la eliminación del mucilago que es el componente que más aporta carga orgánica en el agua residual, en esta etapa se consume el 37,5% del agua, el 12,5% en el proceso de despulpado y el 50% en el transporte de la pulpa. (CORANTIOQUIA, 2016).

En Colombia se utilizan la fermentación natural y la tecnología Becolsub para el beneficio ecológico del café con manejo de los subproductos, (Roa et al. 1999). Cuando se utiliza la fermentación natural se deja el café en tanques por periodos entre 16 y 20 horas, con el fin de permitir la degradación del mucílago por efecto de la actividad de microorganismos y enzimas del grano. El mucílago degradado es posteriormente retirado utilizando diferentes dispositivos con consumos específicos de agua que varían desde 4,2 L a más de 20 L/kg de café seco procesado. Los efluentes resultantes presentan una carga orgánica, expresada en Demanda Química de Oxígeno-DQO de 5.867 a 25.946 mg/L (ppm), según la tecnología y el consumo específico de agua utilizados, los cuales deben ser tratados antes de descargarlos a las fuentes de agua para evitar contaminarlas y cumplir con la legislación actual (Decreto 1594). Cenicafé desarrolló una tecnología para el tratamiento anaerobio de aguas residuales del beneficio, que permite retirar entre el 75% y el 90% de la carga orgánica presente (Zambrano Franco, Rodriguez Valencia, & Posada Lopèz, 2010)

### **7.7.1 Parámetros físico-químicos de las aguas residuales del café.**

Los sólidos en el agua representan los materiales suspendidos o disueltos que afectan su calidad y para su caracterización estos se pueden clasificar en sólidos suspendidos, sólidos sedimentables y sólidos totales (Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente, 1996)

La demanda bioquímica de oxígeno (DBO) corresponde a la cantidad de oxígeno consumido para la degradación bioquímica de la materia orgánica contenida en la muestra, durante un intervalo de tiempo específico y a una temperatura determinada..(Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente, 1996)

Tabla 19

*Demanda química de oxígeno (DQO) y pH de los efluentes del beneficio húmedo del café*

| Efluente   | Proceso  | DQO<br>(ppm)   | pH   |
|--|--|----------------|------|
| Drenados de pulpa y mucilago                     | BECOLSUB   | 100.000<br>ppm | 3,88 |
| Mucilago del café                                | Desmucilagador 0.185 L/H <sub>2</sub> O por 1Kg de café baba                         | 12.000 ppm     | 4,84 |
| Aguas del lavado del café                        | Tanque tina (4 L/H <sub>2</sub> O por 1Kg de café CPS)                               | 28.000 ppm     | 3,09 |
| Aguas del lavado del café                        | Tanque tradicional (20 L/H <sub>2</sub> O por 1Kg de café CPS)                       | 5.600 ppm      | **   |
| Aguas del lavado del café                        | Tanque tradicional (50 L/H <sub>2</sub> O por 1Kg de café CPS)                       | 2.500 ppm      | 5,46 |
| Aguas de lavado de café tratadas anaeróbicamente | sistema modular para tratamiento anaerobio de aguas residuales del café Reactor SMTA | 5.600 ppm      | 7,27 |

Fuente: (Matuk, Velasco, Puerta Quintero, & Rodríguez Valencia, 1997)

La demanda química de oxígeno (DQO) es la medida del equivalente de oxígeno del contenido de materia orgánica que es susceptible a ser oxidada por un oxidante químico fuerte, en condiciones específicas de temperatura y tiempo. (Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente, 1996)

Tipos de beneficiadero, y drenado aportado para llegar a la calificación cuantitativa generada en DQO y concentración de hidrógenos en el agua en la tabla 21 se da el detalle.

### **7.8 Impactos Generados por el modelo del benéfico húmedo de la zona central Colombiana**

La zona cafetera colombiana está enmarcada dentro de paisajes montañosos, entre los cuales nacen cientos de pequeños afluentes que han auspiciado el cultivo del café producido en 931.746 hectáreas que abastecen a más de 563 mil familias productoras del grano, que por el número y área que ocupan, poseen una gran influencia y responsabilidad en el manejo y conservación de las fuentes hídricas. . (Federación Nacional De Cafeteros, 2017)

Del área sembrada con café en Colombia el 75% se encuentra localizado en los departamentos de Caldas, Antioquia, Tolima, Zona norte de Cundinamarca, Quindío y Risaralda (zona central cafetera), los cuales proporcionan aproximadamente el 85% de la producción cafetera nacional. (FNC, 2014). Esta caficultura está en marcada por cafeteros, donde el 96% de los productores poseen áreas en cultivos de menos de 5 hectáreas; dentro del global el 50% tiene menos de 1 hectárea en café Y donde predomina el beneficio tradicional con uso de aguas y descargues a afluentes con el mínimo de tratamiento generando una huella gris significativa (Federación Nacional De Cafeteros De Colombia, 2014).

Hoy 143 años después de haberse iniciado la caficultura comercial en Antioquia el impacto ambiental negativo en el paisaje cafetero ha obligado a los caficultores a emprender retos en el manejo de toda la cadena del cultivo, específicamente en el manejo de los subproductos que genera el negocio cafetero, en el beneficio húmedo. ( Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, 2010)

Tabla 20

*Impacto ambiental según el proceso o la etapa del cultivo.*

| Etapa del Cultivo/y o proceso | Recurso afectado | causa   | Impacto ambiental  |
|-------------------------------|------------------|---|--|
| Uso del agua                  | agua             | Mal uso del agua  | Contaminación del recurso hídrico                            |
| Beneficio                     | agua             | Mal uso de los subproductos (miel y pulpa) en el beneficio. | Contaminación del recurso hídrico con subproductos del café. |

Fuente (FNC, 2002)

La guía Ambiental del sub sector cafetero define los impactos ambientales que se relacionan fundamentalmente con los recursos Agua y Suelo, generados en el beneficio del grano y, cuando se realizan labores que pueden afectar la conservación y preservación del recurso hídrico en las etapas de establecimiento, crecimiento y desarrollo del cultivo. (FNC, 2002)

Tabla 21  
*Problemas ambientales, causas y soluciones*

| Afectaciones al agua           | causas  | Soluciones  |
|--------------------------------|---|---|
| Contaminación de fuentes agua. | Baja adopción   | Educación ambiental   |
|                                | Beneficio del café con alto consumo de agua.                              | Implementar el beneficio ecológico del café.<br>Recircular aguas de lavado del café                   |
|                                | Uso irracional de productos químicos                                      | Implementación del MIPE. y de barreras naturales que protejan las fuentes de agua                     |
|                                | Uso irracional de los subproductos (miel y pulpa) del beneficio del café. | Transportar la pulpa sin agua<br>sistemas de tratamiento de aguas y lixiviados del beneficio del café |

Fuente (FNC, 2002)

### 7.9 Alternativas de adecuación, implementación de equipos y manejo de aguas

Los caficultores de Antioquia apoyados por el comité de Cafeteros, Cenicafé, Cooperativas de Caficultores y empresas privadas han mutado a tecnologías y metodologías amigables en el proceso de pos cosecha, de tal forma han pasado de ser un problema a convertirse en fuente de ingreso superiores al mismo grano en algunas experiencias. La reconversión a tecnologías permite el cumplimiento de la normatividad requerida por las diferentes corporaciones autónomas y ministerio del ambiente. (Correa Piedrahita & Lopez, 2017)

Para valorar el impacto ambiental ocasionado por el manejo, disposición y tratamiento de los subproductos del café sobre los recursos naturales, en términos de DBO5, generados en el proceso de beneficio del café y determinar las estrategias y acciones necesarias para disminuir su impacto sobre el medio ambiente, se generó el Índice de Calidad Ambiental en el Proceso de Beneficio Húmedo del Café - ICAPBHC (24). Este indicador se generó considerando cada una de las etapas del proceso de beneficio en las cuales se genera contaminación orgánica, asignándole una ponderación de acuerdo al impacto contaminante generado.

A continuación se describen las principales prácticas y estrategias para el ahorro y el uso eficiente del agua, con el fin de disminuir o evitar la contaminación potencial sobre los recursos naturales, por la inadecuada disposición de los subproductos del café. Con su aplicación puede transformarse un beneficiadero convencional a ecológico y un beneficiadero ecológico a ecológico sin vertimientos. ((FNC, 2015)

### **.7.9.1 Adecuación de equipos**

Hay tres opciones para el control del flujo de agua en los desmucilaginosos mecánicos:

- Utilizar una bomba sumergible de baja potencia
- Sistema de flotador y placa de orificio
- Medidor de flujo de agua en línea

Para la operación de módulos de beneficio ecológico la regulación del caudal de agua mediante el uso de un tanque elevado, con una válvula de flotador para mantener su nivel constante y una obstrucción graduable en la tubería de conducción, para calibrar con frecuencia la(s) entrada(s) de agua al desmucilaginoso. (CORANTIOQUIA, 2016)

Otro factor que influye en el desbalance mencionado es el flujo másico de café en cereza, pues, aunque se tenga el caudal calibrado para la capacidad del equipo, el consumo específico de agua se incrementa cuando las despulpadoras procesan menor cantidad de café en cereza que la nominal, para las que fue diseñado. (CORANTIOQUIA, 2016)

La figura 36 muestra como suministrar el agua al desmucilaginoso usando motobomba, la diferencia de diámetros de las mangueras permite que por la parte superior entre un caudal mayor que por la inferior y así se logra obtener el caudal requerido en el desmucilaginoso de 0,75 Litros/min, que es el caudal recomendado, la altura entre el nivel del agua en la botella y la entrada superior depende de la potencia de la bomba;

Existen motobombas de baja potencia diseñadas para trabajar sumergidas en agua las cual se usan para mover el líquido dentro de peceras o tanques de distribución. (CORANTIOQUIA, 2016)

#### 7.9.1.1 . Suministro de agua con bomba sumergible

Arreglo con flotador y motobomba sumergible para suministrar constantemente agua a desmucilaginosos de 300 kg/h de café cereza

Este sistema consiste en un tanque con una válvula de flotador para mantener el nivel de agua constante (presión constante) y una tubería de salida de ½” de diámetro, que lleva el agua hasta el desmucilaginoso mecánico, la placa de orificio tiene un diámetro calibrado para suministrar el caudal requerido y, posteriormente, se instala una “T” de la misma tubería, cuya perpendicular se deja abierta a la atmósfera, orientada hacia arriba, con el fin de permitir que el flujo de ahí en adelante sea a presión atmosférica y por gravedad, como en un canal. (CORANTIOQUIA, 2016)



**Figura 36.** Adaptación de flotador y bomba sumergible

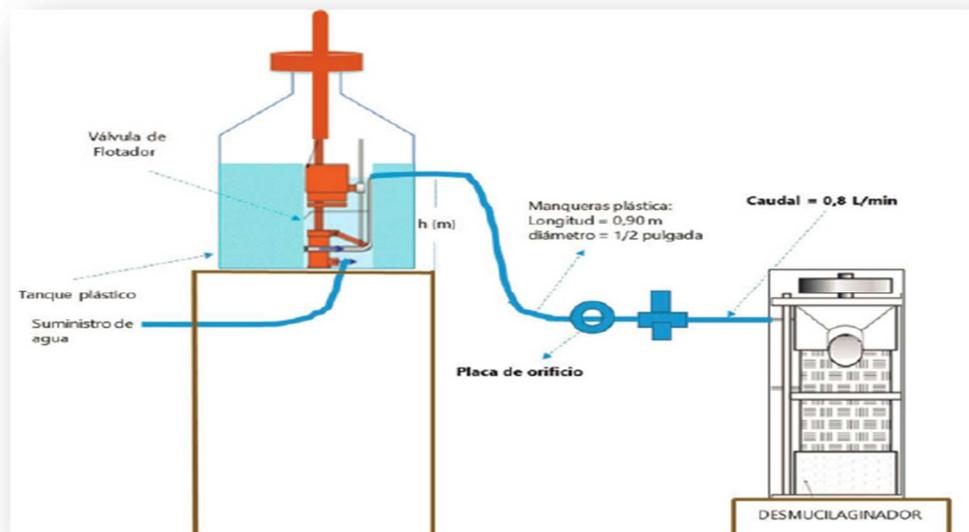
Fuente: (CORANTIOQUIA, 2016)

#### 7.9.1.2. Suministro de agua con placa de orificio

El suministro de agua también puede hacerse por gravedad, se muestra en la figura 37 el arreglo, la altura del tanque de plástico y el nivel del agua permiten dar la cabeza requerida para que el agua entre al desmucilaginoso, en este sistema para regular el flujo se instala una placa de orificio. El sistema de placa de orificio funciona muy bien con el desmucilaginoso de 300 kg/h, porque tiene una sola entrada de agua. Para equipos de mayor capacidad no son recomendables por la

dificultad de entrada de un flujo de agua por gravedad dentro de una masa granular en movimiento. (CORANTIOQUIA, 2016)

El sistema de placa de orificio funciona muy bien con el desmucilaginador de 300 kg/h, porque tiene una sola entrada de agua. Para equipos de mayor capacidad no son recomendables por la dificultad de entrada de un flujo de agua por gravedad dentro de una masa granular en movimiento



. **Figura 37.** Suministro de agua por gravedad – placa de orificio (CORANTIOQUIA, 2016)

#### 7.9.1.3 Suministro de agua con medidor de flujo en línea

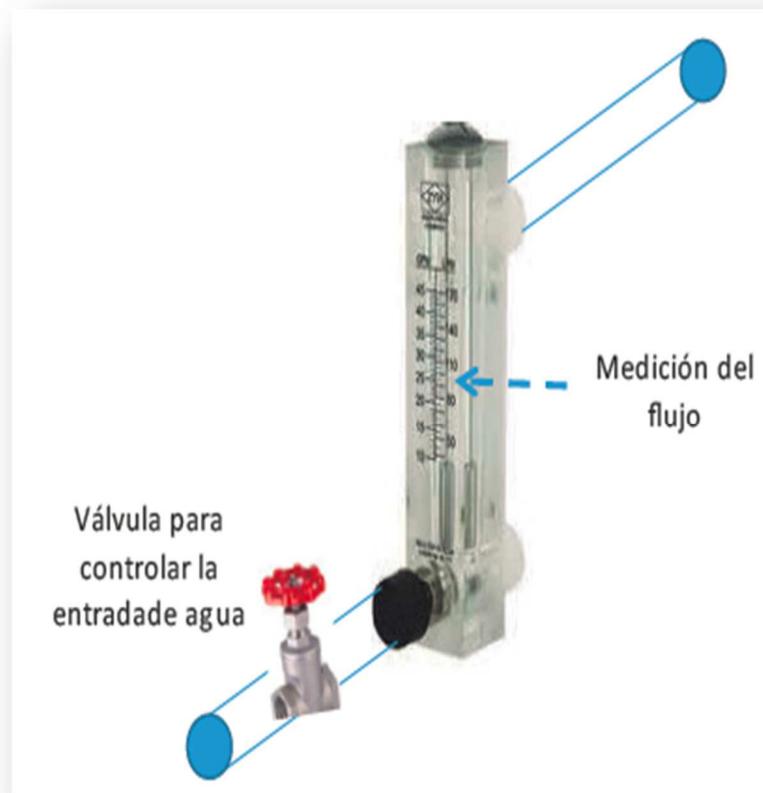
No es un sistema de control o regulación, pero hay dispositivos de medición que muestran el valor del caudal de agua en tiempo real, los cuales pueden ser usados para regular el flujo de agua, complementados con una válvula, en lugares donde la presión del agua es muy constante.

El sistema que se recomienda, por su facilidad de instalación y bajo costo, es un rotámetro y se basa en el desplazamiento que experimenta un objeto (pistón) fijo a un resorte, cuando aumenta o disminuye la velocidad del fluido dentro de una tubería. La forma del elemento y el resorte están calibrados de fábrica y se encuentran dentro de una tubería transparente con escala de medición,

También calibrada. Tiene como ventaja que se puede saber, con errores aceptables, el caudal de agua que entra a los equipos en cualquier momento y tomar una decisión para corregir, en caso que el caudal no sea el adecuado.

Los desmucilaginosos de 600 y 1.200 kilos por hora, necesitarían un rotámetro y dos válvulas para regular los caudales a 0,7 L/min en cada una de las dos entradas. Para el caso de los desmieladoras con dos se requiere implementar el sistema por entrada.

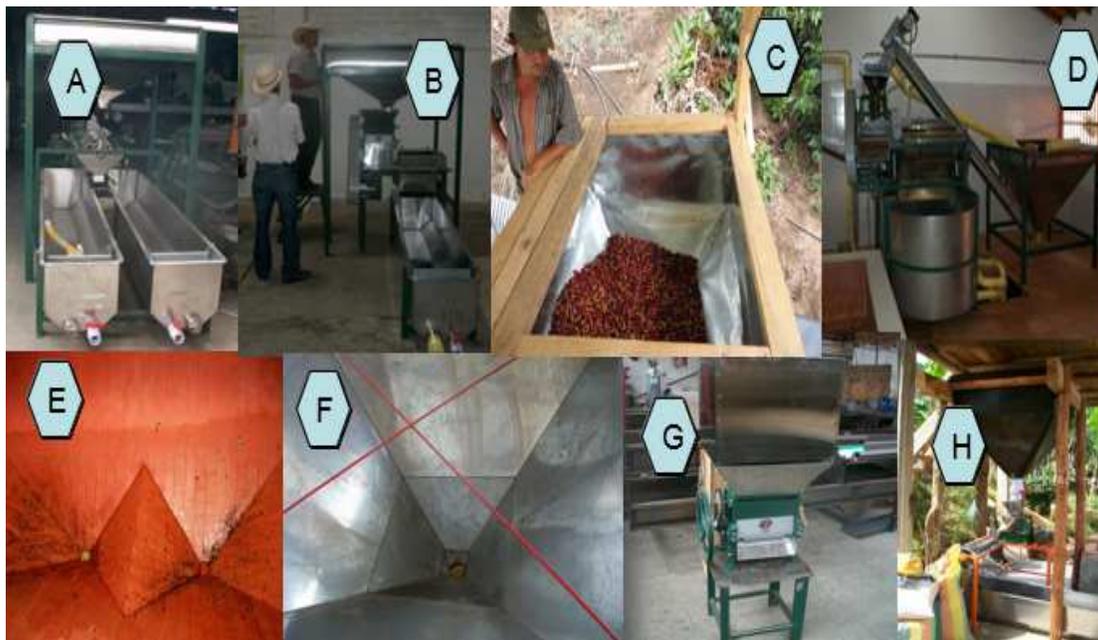
A un desmucilaginoso de 2.500, por el hecho de tener tres entradas de agua, se recomienda disponer de un rotámetro y tres válvulas para la regulación de caudal en aproximadamente 2,0 L/min en cada una de las entradas. (CORANTIOQUIA, 2016)



**Figura 38.** Rotámetro instalado sobre tubería

Fuente (CORANTIOQUIA, 2016)

## 7.9.2 Equipos diseñados y Tecnologías aplicadas para ahorrar agua y aprovechar subproductos



**Figura 39.** Tecnologías en el proceso de recibo y fermentación del café  
Fuente. (Correa Piedrahita & Lopez, 2017)

En la figura 39. Se aprecia algunos equipos: A, B Y C corresponden a canales de fermentación y clasificación, La imagen D. Corresponde a módulo Becolfer con tolva de flotes, tornillo sinfín, y tanque de fermentación cilíndrico, imagen E y F son tolvas de recibo por gravedad. Imagen G-H son tolvas elevadas de recibo.

### 7.9.2.1 Equipos para fincas con pequeñas producciones

Tecnologías Cenicafé: Despulpadora con zaranda cilíndrica, clasificador de cerezas de mala calidad y tanque canal, para fermentación y selección del pergamino

Este tipo de beneficiadero permite adecuar las salidas del agua de fermentación, para realizar los 4 enjuagues que por su contenido de DQO Y SST son depositadas en las plantas de tratamiento

anerobico , las aguas del lavado de los equipos son depositados en la trampa grasa y finalmente seran llevadas a campos de infiltracion con plantas saprofitas y filtros de piedra



**Figura 40.** . Ecoplus con tanque canal. Módulo integral

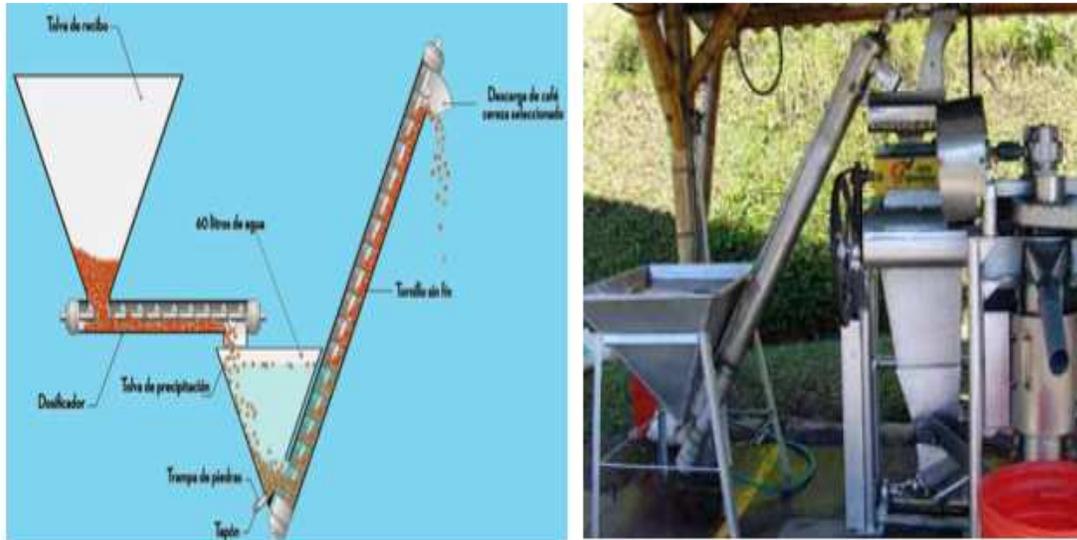
Fuente. (Correa Piedrahita & Lopez, 2017)

#### .7.9.2.2 Separador Hidráulico de Tolva y Tornillo Sinfín (SHTS),

Este sistema combina en forma eficiente las ventajas de la separación hidráulica y el transporte con tornillo sinfín, con bajo consumo específico de agua, bajo requerimiento de potencia, adaptable a las condiciones de los beneficiaderos, en un amplio rango de necesidades de procesamiento (desde 300 kg cereza/h) y de relativo bajo costo.

Para disminuir el consumo de agua en la clasificación del café en cereza, en Cenicafé se desarrolló el separador hidráulico de tolva y tornillo sinfín (SHTTS), para combinar, en forma eficiente, la separación hidráulica y el transporte con tornillo sinfín, con bajo consumo específico de agua, permitiendo disminuir el 99,5% del consumo de agua, con respecto al dispositivo

tradicional, el tanque sifón (Olivero Tascon, Sanz Uribe , Ramirez Gomez, & Mejua Gonzalez, 2007)



**Figura 41.** Esquema de trampa para piedra SHTS y alimentación dosificadora de la tolva Fuente (Olivero Tascon, Sanz Uribe , Ramirez Gomez, & Mejua Gonzalez, 2007)

#### 7.9.2.2. Tecnología de bajo impacto ambiental para el lavado del café

El beneficio húmedo del café es un proceso en el cual se retiran dos estructuras que cubren las semillas, la pulpa y el mucílago, las cuales en la variedad Colombia representan el 43,58% y 14,85% del peso fresco del fruto, para el lavado se requiere agua limpia. con fermentación natural, el volumen específico de agua empleado varía de 4,17 a 20 L.kg<sup>-1</sup> por cada Kg de café pergamino seco

Las aguas residuales de lavado (ARL), presentan alta carga orgánica, por lo cual se requiere tratarlas para disminuir el impacto ambiental. Cenicafé lanzó en el 2017 la tecnología Ecomill para cafeteros de fincas inferiores a 7000 Kg de café pergamino seco por año, que permite ahorrar agua ya que el consumo puede llegar hasta 0.7 L/kg. Por cada kilo de café pergamino seco procesado. (OLIVEROS T., SANZ U., RAMIREZ G., & TIBADUIZA V., 2013)

#### 7.9.2.3 Tecnologías aplicadas a fincas con grandes volúmenes de producción

La tecnología BECOLSUB (Beneficio Ecológico del café y de los Subproductos) se desarrolló en CENICAFE, para obtener cafés de alta calidad física y de la bebida y además controlar la

contaminación potencial de las fuentes de agua ocasionada por la pulpa y el mucílago, manteniendo o aumentando los ingresos del caficultor. Este equipo permite el control de más del 90% de la contaminación, consumo específico de agua inferior a 1,0 L/kg de c.p.s. y excelente calidad física del café.



Figura 1. Ecomill® LH300, nuevo equipo para el lavado del café.

**Figura 42** .Alternativas para pequeños caficultores  
Fuente (López, 2018)

El módulo BECOLSUB consta de un ensamblaje, en una misma estructura y con un mismo sistema motor, de una máquina despulpadora que despulpa sin agua, un desmucilagador mecánico de flujo ascendente DESLIM y un sistema de tornillo sinfín, dispuesto de tal forma que permite transportar y simultáneamente, mezclar la pulpa y el mucílago resultantes del proceso. con capacidades de 600, 1.000 y 3.000 kg de café cereza por hora (c.c./h), con zaranda para café despulpado, o sin ésta (Roa Mejia, y otros, 1997)



**Figura 43.** Equipos con consumo de 1/de agua por. Km CPS beneficiado  
 Fuente (OLIVEROS T., SANZ U., RAMIREZ G., & TIBADUIZA V., 2013)

En esta tecnología las Aguas residuales del lavado - ARL se mezclan con la pulpa del café, logrando retener del 60% al 65% de volumen adicionado, y controlar del 90% al 91% de la contaminación generada en el proceso. Esta tecnología se utiliza exitosamente en Colombia y en otros países productores de café suaves lavados, siendo amigable con el medio ambiente. (Oliveros T, Sanz U., Ramírez G, & Tibaduiza V, 2013)

Tabla 22  
 Caudal de agua recomendado para los diferentes módulos BECOLSUB

| Capacidad Desmucilagador/h café en cereza | Caudal de agua litros /minuto |                 |
|---|-------------------------------|-----------------|
|   | Límite inferior               | Límite superior |
| 300                                       | 0,70                          | 1,00            |
| 600                                       | 1,40                          | 2,00            |
| 1200                                      | 2,80                          | 4,00            |
| 1500                                      | 5,83                          | 8,33            |

Fuente:(Cenicefe, 2011)

En la Tabla 22 se muestran los límites en que se deben mover los caudales de agua de acuerdo a la capacidad del desmucilagador para que se cumpla con el consumo específico de agua entre 0,7 y 1 Litro/kg de CPS

Al usar la tecnología Becolsub (beneficio ecológico del café y aprovechamiento de los subproductos, en la que se usa el DESLIM (desmucilagador-lavador-limpiador), con un consumo específico de agua entre 0,7 y 1,0 L. por kg de cps, y la mezcla de la pulpa y el mucílago en un transportador de tornillo sinfín, se logra controlar la contaminación de los recursos hídricos en cerca de un 20% adicional (Rodríguez et al., 2015).

#### 7.9.2.4. Tecnología ECOMILL para caficultores de altas producciones



**FIGURA 44.** Ecomill descargando café desmielado y proceso del desmucilagado

Fuente: (FNC, 2015)

La tecnología Ecomill. Despulpa, transporte el café despulpado y la pulpa sin agua, proceso de fermentación natural en tanques cilíndricos que no necesitan agua para el vaciado del café, ya que se aprovecha la gravedad, sistema mecánico de lavado, con dosificador y con mínima cantidad de agua (Menos de 0,5 L.kg-1 de cps) y manejo de las aguas resultantes con cero vertimientos, controlando hasta el 100% de la contaminación generada en el proceso. (Rodríguez et al 2015)

## 7.10. Métodos, y equipos utilizados en Antioquia



**Figura 45.** Mulada cafetera de Antioquia  
Fuente (CORANTIOQUIA, 2016)

El sector cafetero es un renglón muy importante de la economía y teniendo en cuenta que la tendencia del precio del café en los mercados internacionales no es por cantidad sino por la oferta de cafés certificados en sistemas de producción sostenibles, los productores deben continuar el proceso de reconversión tecnológica en la cadena productiva, desde los cultivos hasta la venta del producto terminado al consumidor final

El fortalecimiento del tejido social ha sido clave a la hora de la destinación de los recursos es por eso que entre el 2015 y 2017 se invirtieron más de 69.000 en proyectos de infraestructura productiva (secadoras, marquesina y módulos de beneficio) y en proyectos educativos de los cuales el 47% son recursos provenientes de otras fuentes (apalancamiento). (CAFETEROS, 2017)

### 7.10.1 . Evolución generada gracias a los cafés especiales

Los cafés sostenibles: en el departamento de Antioquia hacen parte de la estrategia que vincula a 18 mil 489 caficultores con 48.675 ha de café atendidos por medio de programas de cafés sostenibles (FLO, CP, RAIZ, Rainforest y 4C). Y que en alianza con las Cooperativas de caficultores asesoran y estimulan la producción sostenible en toda la cadena de valor que implica

el negocio cafetero; Sus normas ambientales garantizan que no se degradarán los sistemas ecológicos naturales y que se usará la tierra cultivada de forma sostenible. Como es el caso del comercio justo FLO.

Café orgánico este cello también invita a “entre otras cosas, la conservación de la naturaleza mediante la prohibición de despejar sistemas ecológicos primarios, la conservación de la biodiversidad, la conservación del suelo y el agua”, Los sellos Rainforest Alliance, Smbc “Favorable a las Aves ” Certificación UTZ ; exigen de los caficultores compromisos inquebrantables con el manejo de cualquier producto contaminante. (CORANTIOQUIA, 2016)

Los programas amigables con el ambiente generan un acercamiento con el caficultor a nivel nacional para algunos departamentos el impacto generado a través de programas como él (GIA) Gestión Inteligente del Agua busca integrar las variables clave que inciden en la protección y conservación de los recursos hídricos en los departamentos de Antioquia, Caldas, Cauca, Nariño y Valle del Cauca, y así contribuir al desarrollo sostenible mediante cuatro componentes: i) Agua responsabilidad de todos, ii) Agua para una caficultura sostenible, iii) Ecosistemas hídricos estratégicos, y iv) Decisiones responsables frente al agua. Para lo cual se desarrollara un sistema de monitoreo de agua y clima (Colombia. & Federacion Naciona, 2014).

El programa de Gestión Inteligente del Agua - Manos al Agua, liderado por la Federación Nacional de Cafeteros, obtuvo el primer puesto en la categoría empresarial, del Premio Nacional de Ecología Planeta Azul del Banco de Occidente. En Antioquia este programa se desarrolla en los municipios de Andes, Jardín, Pueblo rico, Salgar y Abejorral ( Comité Departamental de Cafeteros de Antioquia, s,f)

En la tabla 24 se resume las familias impactadas con la construcción y adecuación de beneficiadero ecológico durante el periodo 2012 al 2014, a la vez las cifras aquí mencionadas hacen referencia al potencial en @ de los beneficiadero instalados, al ahorro de agua expresado en millones de litros de agua que dejo de contaminarse y al aprovechamiento de pulpa expresado en millones de kilos

## 7.11 Impacto Ambiental y social generada a través de reconversión tecnológica

Tabla 23

*Avance reportado entre el 2012 y 2014 en mitigación ambiental por construcción de beneficios ecológicos y su aporte ambiental*

| Años  | # de beneficios ecológicos<br>construido y /o<br>transformados | Capacidad<br>en @ | Ahorro de agua<br>en millones de L <sup>3</sup> | Pulpa aprovechada<br>en millones<br>de k/g |
|-------|--|-------------------|---|--|
| 2012  | 680  | 720,000           | 7,8   | 18   |
| 2013  | 821  | 822,000           | 8,993   | 4,113s                                     |
| 2014  | 491  | 680,000           | 7,493   | 3,401                                      |
| total | 1992   | 222,2000          | 24,28   | 7,532                                      |

Fuente (Federacion Nacional De Cafeteros, 2013)

Durante 2012, se transformaron 680 beneficiaderos tradicionales a ecológicos, con capacidad para procesar más de 720 mil arrobas de café anualmente. De este modo, se generó un ahorro de agua de 7,8 millones de litros y se aprovecharon 18 millones de kg, de pulpa, que actualmente están siendo utilizadas en la producción de tres millones de kg, de abono orgánico usado en las fincas cafeteras del departamento. (Federacion Nacional De Cafeteros, 2012)

Durante 2013, se diseñó, presupuestó y brindó asesoría en la construcción de 821 beneficiaderos ecológicos, con capacidad para procesar más de 822 mil arrobas de café al año. De este modo, se redujo la huella hídrica al evitar el uso de 8.997 metros cúbicos de agua y a partir del procesamiento de la pulpa se generaron 4.113 toneladas de abono orgánico. (Federacion Nacional De Cafeteros, 2013)

Beneficiaderos ecológicos individuales: durante 2014 se atendieron 491 caficultores a través del diseño, presupuesto y asesoría en la construcción de sus beneficiaderos ecológicos, por un valor de \$7.100 millones y con una capacidad de procesamiento de 680 mil arrobas de café pergamino seco al año, como resultado de este proceso se generan 3.401 toneladas de abono orgánico. Además se contribuye a la disminución de la huella hídrica, al evitar el uso de 7.439

metros cúbicos de agua, lo cual les permite cumplir con la ley ambiental. Con este programa se ahorraron \$338 millones en pagos de tasas retributivas a Corporaciones Ambientales. (FNC, 2014)

## **7.12 Diseños aplicados en Antioquia**

En el departamento de Antioquia funcionan en la actualidad seis centrales de beneficio las cuales procesan al año un promedio de 9 millones de kilos de café cereza, es decir, 150 mil arrobas de café pergamino seco. Este proceso involucra a unas 900 familias.

La construcción de infraestructura comunitaria para el beneficio ecológico de la cereza, es una propuesta para sustituir el beneficio tradicional individual en las fincas, la mayoría de fermentación natural y lavado con uso de grandes cantidades de agua, por máquinas de desmucilaginado con la tecnología Ecomill® que reducen el consumo de energía y agua en un 98%.: (Comie De Cafeteros De Antioquia, 2017)

En Antioquia la implementación de centrales de café cereza o Puntos de Compra de café cereza, son operados por las Cooperativas de caficultores generando una puesta efectiva que viene ampliándose en diferentes zonas del departamento. : (Comie De Cafeteros De Antioquia, 2017)

Las ventajas de esta nueva alternativa en el proceso de beneficio del café y el aseguramiento de la Calidad son:

- Control de Calidad del Café,
- La central de café cereza de Jardín a Procesado 80,000 @/año.  
100% Tazas limpias y perfil Nespresso.
- Mayor Rendimiento Cereza – Café Seco,
- Se logra el mayor volumen posible,
- Mejora la Inocuidad del Café,
- Mejor Precio de Venta del Café,
- Total control de la contaminación a través de un proceso ecológico,
- La Pulpa se maneja en una planta de compostaje para a su vez hacer almácigos para todos,
- Se logró el fortalecimiento gremial, al unir varias empresas del gremio, en pro del desarrollo comunitario, en un proyecto productivo.
- Se aumentó la cantidad de café que compran las instituciones cafeteras

## Ventajas para los caficultores

- Pago por la café cereza de inmediato.
- Pago justo al usar el método de compra CERPER de CENICAFÉ.
- Les queda tiempo libre para otras labores y para la familia.
- No tiene costos ni riegos por el mantenimiento de los equipos.
- Se garantizan los incentivos por los compradores de café.
- No tienen problemas por contaminación del agua. Mejor salud para todos
- Se evitan la construcción de beneficiadero costosos.
- Les garantizan la compra del café y de las pasillas

### 7.12.1 Central de cerezas de Ciudad Bolívar y Jardín

Tabla 24.

*Operatividad central de beneficio seccional andes*

| Alcance de la planta                        | a Arboleda Jardín       | Farallones Bolívar |
|---|-------------------------|--------------------|
| Costo estimado de la inversión, millones \$ | 1.500                   | 9.000              |
| Familias que utilizaron el servicio         | 115                     | 162                |
| Familias potenciales al servicio            | 259                     | 612                |
| Has café zona de influencia                 | 639                     | 1.013              |
| kilos cereza comprados                      | 2.091.032               | 4.667.262          |
| kilos cps producido                         | 410.851                 | 944.698            |
| Conversión compra                           | 63,3                    | 62,1               |
| Inicio labores                              | 10-dic-10               | 01-jul-16          |
| % rechazo en el recibo cps                  | 5% de café de segundas. |                    |
| Cliente                                     | NESPRESSO               | COLCAFE            |

Fuente: (Comie De Cafeteros De Antioquia, 2017)

La planta comunitarias ubicadas en Ciudad Bolívar y Jardín Antioquia proyecto liderado por la Cooperativa de Caficultores de Andes, por un valor estimado de \$4 mil millones y una capacidad de 60 mil @/año que beneficiará 400 familias

Se cuenta con una planta de aguas de 256 m<sup>3</sup> anaeróbica, la cual cumple las normas ambientales

Consumo de agua 0.34 L/ kilo de C.P.S



**FIGURA 46.** Planta la arboleda en jardín Antioquia y tratamiento de aguas en Anorí  
Fuente: (Comie De Cafeteros De Antioquia, 2017)

#### 7.12.2. Central de cerezas la Chaparrala

La Chaparrala en -Andes Antioquia. Con una capacidad de 60.000 @/año. Costo estimado 10 mil millones de pesos, cofinanciado por: Tostado Cubano en USA: (Comie De Cafeteros De Antioquia, 2017)

#### 7.12.3..Central de cerezas La Promesa en Anorí

En la vereda El Retiro del municipio de Anorí se inauguró en el 2017 la Central de Beneficio de Café Cereza “La Promesa”, una moderna obra que les permitirá a los campesinos de la zona procesar el producto con mayores estándares de calidad. La obra fue apoyada por Colombia Responde. Con un costo de 1000. Millones de pesos que benefician 10 veredas del municipio con 250 familias.

Ejecutada por la asociación de paneleros del municipio de Anorí (APANOR) Financiada por USAID, Gobernación el municipio de Anorí, y EPM. (Comie De Cafeteros De Antioquia, 2017)

#### 7.12.4. Central de beneficio Cañasgordas (Antioquia):

Eestá central entró en operación en junio de 2015, ha beneficiado a cerca de 120 familias de pequeños productores del municipio y cuenta con una capacidad instalada de 10 mil @cps/año.

## **8. Normatividad ambiental nacional**

La gestión integrada del recurso hídrico en la caficultura colombiana hace referencia a la conservación y uso racional del agua superficial y subterránea en la zona cafetera, involucrando aspectos cuantitativos, cualitativos y ecológicos e incorporando prácticas sostenibles para el uso y aprovechamiento eficiente del agua y la prevención y el control de la contaminación hídrica (IDEAM, 2015).

Las autoridades ambientales requieren de los productores permisos de vertimientos, de acuerdo a lo establecido en el decreto 3930 de 2010, y planes de saneamiento, manejo de vertimientos y de reconversión a tecnologías limpias en gestión de vertimientos, con el fin de determinar metas quinquenales de reducción de contaminación de acuerdo a los establecido en el decreto 2667 de 2012.

Irrigación y ferti-irrigación: Las aguas residuales no deben usarse para riego. Así mismo, es necesario evaluar anualmente el potencial de contaminación del agua y mantener los registros para probar las acciones tomadas. El agua de irrigación debe extraerse de fuentes sostenibles (IDEAM, 2015)

La Política Nacional colombiana para la Gestión Integral del Recurso Hídrico se formuló en marzo del 2010, con un horizonte a 12 años (hasta el 2022) para garantizar la sostenibilidad del recurso hídrico, mediante una gestión y un uso eficiente y eficaz, articulados al ordenamiento territorial y a la conservación de los ecosistemas que regulan la oferta hídrica, considerando el agua como factor de desarrollo económico y de bienestar social, implementando procesos de participación equitativa e incluyente. (Mamos al agua, 2015)

### **8.1 Inventario de normatividad ambiental vigente en recurso hídrico en el ámbito nacional Colombiano**

La constitución política de Colombia - 1991, marco legal de carácter supremo y global que recoge gran parte de los enunciados sobre el manejo y conservación del medio. Señala responsabilidades al Estado en materia de prevención y control de los factores de deterioro ambiental, a través de la imposición de sanciones legales y de la exigencia de la reparación de los daños causados al

medioambiente. Los vertimientos de aguas residuales y los aspectos institucionales para su manejo están fundamentados en las políticas nacionales y normas específicas referidas desde los años 70. (IDEAM, 2015)



**Figura 47.** Vertimientos a cielo abierto

Fuente: (Cenicafe- FNC, 2012)

La tabla 26. Realiza un recorrido cronológico que abarca decretos, leyes y resoluciones que hacen parte del marco jurídico Colombiano sobre el cual se debe suscribir la gestión ambiental de las actividades agrícolas, y en particular los cultivos de Café.

Tabla 25

*Cronología de la normatividad ambiental de Colombia*

| NORMA | RELACIÓN CON EL MANEJO |
|-------|------------------------|
|-------|------------------------|

|  |   |
|--|---|
| Ley 2811 de 1974 (Código de Recursos Naturales )               | Establece acciones de prevención y control de la contaminación del recurso hídrico, para garantizar la calidad del agua para su uso posterior, e inserta el concepto de Tasa Retributiva como tributo por la afectación de los recursos hídricos.   |
| <b>Ley 9 de 1979</b>   | (Código Sanitario Nacional). Fija los procedimientos y las medidas para la regulación y control de los vertimientos.  |
| <b>Decreto 1594 de 1984</b>                                    | 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 los vertimientos. Amplifica el concepto de Tasa Retributiva y reglamenta los permisos de vertimientos. |
| <b>Ley 99 de 1993</b>  | Delega a las autoridades ambientales regionales, la responsabilidad de evaluar, controlar y hacer seguimiento ambiental del uso del agua y de los vertimientos que puedan realizarse tanto al agua, como al aire y al suelo.  |
| <b>Decreto 901 de 1997. el que contamina Paga</b>              | tiene como fin transmitir el costo de las medidas correctivas y compensatorias a quienes se benefician de las fuentes hídricas con la generación de vertimientos (CORANTIOQUIA, 2016)   |
| <b>Resolución 372 de 1998</b>                                  | 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).   |
| <b>Decreto 1729 de 2002</b>                                    | (Ordenamiento y Manejo de Cuencas Hidrográficas). Reglamenta el ordenamiento y manejo de las cuencas hidrográficas y establece el desarrollo planes, como instrumentos de planeación del uso sostenible de los recursos naturales.  |
| <b>Ley 812 de 2003 (Plan Nacional de Desarrollo 2002-2006)</b> | 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.                                      |
| <b>Decreto 3440 del 2004</b>                                   | Determina que las autoridades ambientales cobren tasa retributiva por los vertimientos puntuales a cuerpos de agua en área de su jurisdicción   |
| <b>Decreto 2667 y 4328 del 2012</b>                            | Fija la norma de vertimientos y vigila el protocolo para el monitoreo, planes y plazos de cumplimiento, plan de reconversión a tecnologías limpias en   |

gestión de vertimientos entre otros, (Pérez, Londoño Pérez, & Parra Martínez, 2007)

**Resolución 1207 del 2014** Agua residual tratada: aquella que se ha sometido a procesos de tratamiento y que cumplen con parámetros de calidad para su reuso  
 Sil la totalidad del agua se reúsan no se requiere permiso de vertimientos y no habrá lugar a pago de tasa retributiva

(Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial, 2010)

## 8.2. Normatividad vigente de usos y vertimientos de agua aplicada al sector cafetero en Colombia

Tabla 26  
 . Decreto 1076 de 2015 y resolución 631

| NORMA   | OBJETO  | NORMAS DEROGADAS   |
|---|---|--|
| Decreto 1076 de 2015 capítulo 4. Registro de usuarios del recurso hídrico | Establece todo lo relativo a permiso para aprovechamiento o concesión de aguas, normas específicas para los diferentes usos dados al recurso hídrico.   | Deroga el decreto 1541 de 1978, el 303 de 2012 que reglamento parcialmente el artículo 64 del Decreto - Ley 2811 de 1974., en relación con el Registro de Usuarios del Recurso hídrico |
| <b>VERTIMIENTOS</b>   |   |  |
| Decreto 1076 de 2015: capítulo 3  | Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9ª de 1979, así como el Capítulo II del Título VI -Parte III- Libro II del Decreto-ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones. | Deroga el decreto 3930 de 2010. Deroga partes del decreto 1594 de 1984   |
| Ordenamiento del recurso hídrico y vertimientos                           | II del Decreto-ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones.  |  |
| Resolución 631 de 2015  | Por la cual se establecen los Parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas   |  |

Fuente (CORANTIOQUIA, 2016)

### **8.3 Marco Jurídico de la guía ambiental cafetera segunda edición**

Además del Decreto de Ley 2811 de 1974 y la Ley 99 de 1993 la Guía ambiental cafetea hace uso de todo el marco jurídico mencionado en la tabla 26 incorporándolo en cada una de las actividades y momento relacionados en el cultivo del café y las obras de desarrollo ejecutadas en cada una de las comunidades donde tiene presencia la Federación Nacional de Cafeteros.

De esta manera el gremio acata los deberes ambientales establecidos por el estado, donde afirma que las instituciones y los particulares deben propender y defender el desarrollo sostenible de recursos naturales renovables, medio ambiente y relativos al sector cafetero.

En caso de violación de lo dispuesto en las citadas normas y en la demás normatividad ambiental vigente dará lugar a la imposición de las medidas preventivas y sancionatorias previstas en el Artículo 85 de la Ley 99 de 1993. (FNC, 2002). \* La guía Ambiental Para el sector cafetero fue modificada hasta el 2007 para su segunda edición En lo adelante la tabla 27 se mencionan cambios por derogaciones y emergencia de nuevos decretos y resoluciones alusivos a la normatividad ambiental del país.

### **8.4 Implicaciones de la agricultura orgánica desde la normatividad legal en Colombia**

El ministerio De Agricultura y Desarrollo Rural (Dirección de Desarrollo Tecnológico y Protección Sanitaria), desarrollo el documento: “Reglamento para la producción primaria, procesamiento, empaçado, etiquetado, almacenamiento, certificación, importación, comercialización de Productos Agropecuarios Ecológicos” teniendo en cuenta que los sistemas de producción ecológica tienen como objetivo garantizar la sostenibilidad y renovabilidad de la base natural, mejorar la calidad del ambiente mediante limitaciones en la utilización de tecnologías, fertilizantes o plaguicidas, antibióticos y otros de origen químico sintético, que puedan tener efectos nocivos para el medio ambiente y la salud humana. Así mismo, y teniendo presente que existe una demanda nacional e internacional cada vez mayor de productos agropecuarios primarios y elaborados, obtenidos por sistemas de producción ecológica, se desarrolló el presente marco reglamentario, con la participación de representantes de productores, entidades del estado, el sector académico, las entidades certificadoras, cooperación internacional y en general con el sector productivo ecológico, con el fin de obtener un documento equivalente con las normas

internacionales sobre la materia y a la vez aplicable a nuestras condiciones de país. (MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL, 2018).

Donde se define la Agricultura Ecológica como: Todos los sistemas agrícolas que promueven la producción ambiental, social y económicamente sostenible de alimentos, los cuales debe ocurrir sin la utilización de insumos de síntesis química y tomando la fertilidad del suelo como un elemento fundamental para la producción exitosa, respetando la capacidad natural de las plantas, los animales y los suelos, para optimizar la calidad en todos los aspectos de la agricultura y el ambiente

La aplicación normativa para lo citado en el párrafo anterior se desprende del Decreto 1076 de 2015: capítulo 3 Ordenamiento del recurso hídrico y vertimientos. El cual fue Derogado del decreto 3930 de 2010. Que a su vez deroga partes del decreto 1594 de 1984. (MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL, 2018).

## **8.5 Contaminación por Producción de residuos sólidos**

El despulpado y transporte de la pulpa con agua y su disposición a cielo abierto o en fosas no techadas, es responsable del 74% del potencial contaminante de los subproductos del café. Mediante el despulpado y el transporte de la pulpa sin agua y su descomposición en fosas techadas, con recirculación o tratamiento de lixiviados, se puede evitar este 74% . (Zambrano y Cárdenas, 2000)

### **8.5.1 Contaminación por mucilago**

El mucilago representa cerca del 20-25 % de la semilla y el 14,85% del peso del fruto. Químicamente el mucilago de café está constituido por agua, azúcares, sustancias pépticas, celulosa y la hemiscelulosa. La pulpa y el mucílago frescos, cuando no son utilizados en forma adecuada, representan el 73.7 % y el 26.3%, de contaminación generado en el proceso de beneficio húmedo del café, Su producción media es de 2,25 toneladas frescas/ha-año (Rodríguez, 2007 ).

De la operación de remoción de mucílago se generan aguas residuales y lixiviados, con una carga orgánica, en términos de la DQO, que oscila entre 25.000 y 110.000 ppm (Zambrano y Cárdenas, 2000)

por cada millón de sacos de 60 kg de café almendra que Colombia exporta, se generan aproximadamente 55.500 toneladas de mucílago fresco, el cual 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 (Rodríguez, 2009).

### 8.6. Requerimientos normativos aplicados a los vertimientos del café

Esta medida permite evaluar la cantidad de oxígeno en mg/l, que se debe proporcionar a un cultivo bacteriano natural para que se consuma los contaminantes orgánicos en cinco días.

Tabla 27.

*Parámetros exigidos por el decreto 3930 del 2010*

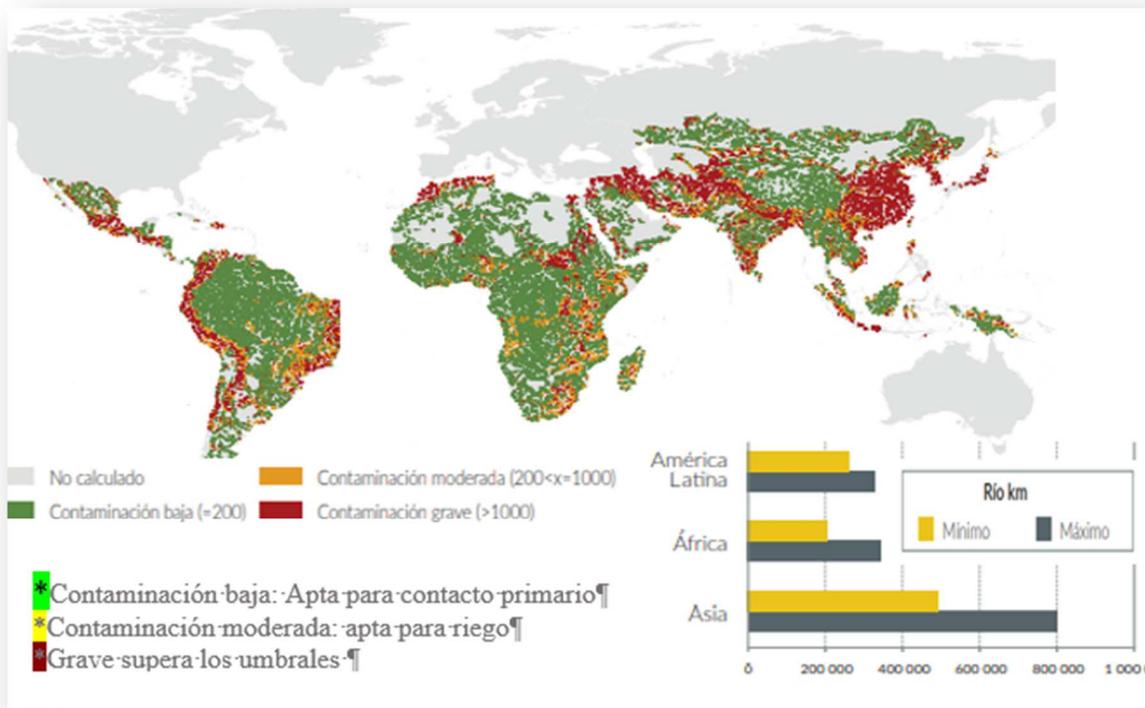
| PARÁMETRO                   | TIPO DE USUARIO         |                         |
|-----------------------------|-------------------------|-------------------------|
|                             | EXISTENTE               | NUEVO                   |
| Ph                          | 5 a 9 unidades          | 5 a 9 unidades          |
| Temperatura                 | < 40°C                  | < 40°C                  |
| Material Flotante           | Ausente                 | Ausente                 |
| Grasas y Aceites            | Remoción > 80% en carga | Remoción > 80% en carga |
| Sólidos Suspendidos         | Remoción > 50% en carga | Remoción > 80% en carga |
| DBO <sub>5</sub> Doméstica  | Remoción > 30% en carga | Remoción > 80% en carga |
| DBO <sub>5</sub> Industrial | Remoción > 20% en carga | Remoción > 80% en carga |

Fuente: (encolombia, s,f)

### 8.7. Normatividad de uso del agua en el mundo

La vida en el planeta depende de la calidad y cantidad de agua, factores que cada vez representan un reto mayor en relación con su acceso, uso y conservación. Además del incremento en la demanda, se acentúan los conflictos por el agua y se fortalecen las regulaciones hacia su consumo y la calidad de las descargas de vertimientos para reducir los impactos sobre el capital natural (NUTRESA, 2017)

La UNESCO, cuenta con un total de 193 estados miembros y 7 miembros asociados los cuales son apoyados a la hora de enfrentar los desafíos que presenta la calidad del agua. En esta dirección se cuenta con el Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos de la UNESCO, el Programa Hidrológico Internacional, el Instituto UNESCO-IHE para la Educación relativa al Agua y los numerosos Centros Categoría II y Cátedras alrededor del mundo. ( UNESCO , 2017)



**Figura 48.** Estimación de las concentraciones de bacterias Coliformes fecales (CF) en los cursos de agua

Fuente ( UNESCO , 2017)

\* \* El gráfico de barras de la figura 49 detalla las estimaciones mensuales mínimas y máximas de tramos de ríos en la categoría de contaminación grave por continente en el período de 2008 a 2010

Los marcos de políticas mundiales para las aguas residuales incluyen la Agenda 2030 (AGNU, 2015a), la cual parte de otros instrumentos de política mundial para el agua, el medio ambiente y

el desarrollo, así como principios ambientales como los principios de prevención y precaución y el principio de quien contamina paga ( UNESCO , 2017) .

La Directiva marco sobre residuos utiliza el método de las «3R» –reducir, reciclar, reutilizar–,El Protocolo sobre Agua y Salud del Convenio sobre el Agua (CEPE/OMS, 1999, que entró en vigor en 2005) exige que las Partes fijen objetivos nacionales y locales que cubran todo el ciclo del agua, incluido el saneamiento, con el fin de proteger la salud y el bienestar humano mediante una mejor gestión del agua; la protección de los ecosistemas hídricos y la prevención, el control y la reducción de las enfermedades relacionadas con el agua ( UNESCO , 2017)

.Sin embargo, la gran diversidad de legislaciones relacionada con los recursos hídricos, incide en la confusión de campos de acción y en la definición de responsabilidades. ( Fundación Nacional para el Desarrollo FUNDE, 2019)

### **8.7.1 Mecanismos internacionales para la vigilancia y control de los niveles de contaminación en temas orgánicos**

Con la aprobación de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible y el lanzamiento de la iniciativa Seguimiento Integrado de las Metas ODS Relacionadas con el Agua y el Saneamiento (GEMI, por sus siglas en inglés) en el marco de ONU-Agua, se espera que los controles periódicos de la calidad del agua ambiental y del tratamiento de aguas residuales sirvan de guía a los mecanismos nacionales de presentación de informes para poder, a largo plazo, realizar comparaciones a nivel mundial.

Los requisitos para la certificación de los productos orgánicos son de particular interés, ya que una disminución en el uso de pesticidas reduce la contaminación química de las aguas residuales. Otros sistemas de certificación, como las etiquetas ecológicas de la ISO 14024 tipo 111 (p. ej. la etiqueta europea «European Ecolabel», la nórdica «Nordic Swan» o la alemana «Blue Angel»), generalmente incluyen criterios en materia de aguas residuales para los productos correspondientes, ya que tienden a considerar las consecuencias más importantes en todo el ciclo de vida del producto. Como implican un proceso voluntario, estos sistemas de información de producto incentivan a las empresas a mejorar su competitividad, porque hoy en día los mercados tienden a defender la producción libre de químicos y los envases reciclados, entre otras prácticas ecológicas ( UNESCO , 2017)

## **8.8** Experiencias de manejo y aplicación de la normatividad en Antioquia

### **8.8.1 Aporte al manejo hídrico liderado por Nutresa**

Central de Beneficio Húmedo Farallones Apoyando una iniciativa de la Cooperativa de Caficultores de Andes (Cooper-Andes), Colcafé se vinculó a la construcción de la Central de Beneficio Farallones, una instalación que se enfoca en la compra de café cereza a los pequeños caficultores. Este proyecto libera a los caficultores de las actividades de despulpado y lavado del café que cada caficultor realiza en su finca y la centraliza en una instalación de carácter industrial. Al unificar el proceso de despulpado, lavado y secado, se reduce la cantidad de agua para el proceso de beneficio al contar con equipos con mejores rendimientos por kilogramo procesado. Adicionalmente mejora la calidad de las aguas vertidas al contar con una planta de tratamiento de aguas residuales.

. El consumo de agua para el beneficio pasa de 30-40 Litros por kilogramo hasta 3-5 Litros por kilogramo de café pergamino seco procesado. (NUTRESA, 2017)

### **8.8.2 Implicación de Corantioquia y Cornare en seguimiento y control en el tema de vertimientos de aguas provenientes del café**

Las corporaciones autónomas de Antioquia, son aliadas estratégicas para el seguimiento, cumplimiento y sanciones normativas, Corantioquia hace presencia en 80 municipios de Antioquia lo que permite una cobertura amplia en la zona cafetera. Esta corporación a través del trabajo mancomunado con El departamento de café especial y departamento de calidades de café del comité de Antioquia; realizan acercamiento con lo caficultores a través de mesas de trabajo donde se socializa toda la normatividad vigente que incluye la implementación de la norma a través de la transformación y o adecuación de los tipos de beneficiadero, proyección de la producción de las fincas y la implicación de estas productividades en el tema de la utilización del recurso hídrico en los procesos de transformación y las descargas de esta agua nuevamente a las fuentes hídricas (CORANTIOQUIA, 2016)

A través de la aplicación del normatividad vertimientos – Resolución 631 DE 2015

Por el cual se establece y modifica el sistema de medición de los factores contaminantes que pueden presentarse en las aguas residuales; se definen límites máximos de las concentraciones de cada uno de los parámetros contaminantes, clasificándolos por las diversas actividades económicas desarrolladas por las empresas cafeteras lo cual vuelve más exigente los requerimientos para obtener los permisos de vertimientos. (Comite De Antioquia, 2018)

Realizando un seguimiento en cada una de las etapas del café y apoyados en la tipificación de los beneficiaderos, Corantioquia realiza el análisis de consumos) aplicando la siguiente encuesta a los caficultores (Comite De Antioquia, 2018)

¿Conoce el proceso productivo?

¿Cuál es el consumo de agua (se realiza un seguimiento, cual es la fuente)?

¿Cómo es el proceso de beneficio?

¿En qué etapas del proceso se consume agua, cual es la calidad del agua de consumo?

¿Cuál es la calidad del agua ver vertimiento en cada etapa del proceso?

¿Cuáles son los insumos que se consumen en el proceso?

¿Cuál es la calidad del efluente final del proceso? (Ver vertimiento

Los cobros se efectúan con base a los cálculos de la tasa retributiva

Carga contaminante diaria (Cc): Es el resultado de multiplicar el caudal promedio por la concentración de una sustancia, elemento o parámetro contaminante por el factor de conversión de unidades y por el tiempo diario de vertimiento del usuario, medido en horas por día, es decir:

$$Cc = Q \times C \times 0,0036 \times t$$

Cc = Carga contaminante en Kg/día,

Q = Caudal (Litros/s)

C = Concentración del contaminante (mg/l)

t = Tiempo de vertimiento 0,0036 factor de conversión de mg/s a kg/día

CORANTIOQUIA en el acuerdo 441 de 2013 define la meta global, metas individuales y grupales de carga contaminante para los parámetros DBO5 y SST, en los cuerpos de aguas o tramos de los mismos en su jurisdicción, para el periodo 2014-2018". Para el cálculo del Factor regional para años 2 a 5 del Quinquenio (2014 - 2018) se sigue el siguiente procedimiento: (Comite De Antioquia, 2018)

La norma también contempla un plan de transición que oscila entre 2 y 5 años según el modelo que presente en usuario en su empresa cafetera; Para aquellas empresas que actualmente cuentan con los permisos de vertimientos, cumplen con la normatividad actual y adicionalmente optan por implementar un plan de reconversión a tecnologías limpias.

La fecha de esta reconversión dependiendo del punto de partida esta entre marzo del 2017 y marzo del 2020. (Corantioquia 20 años)

En lo corrido de este año Corantioquia tiene establecido 50 cobros a 50 caficultores del sur oeste antioqueño, denominados grandes aportantes a la contaminación hídrica por la cantidad de árboles que oscilan entre cincuenta mil y un millón de árboles.

Estos caficultores cuentan con el acompañamiento del departamento de calidades de café del comité de Antioquia para revisar sus procesos dentro del beneficio y las proyecciones en producción para los próximos 5 años de manera gratuita (Comite De Antioquia, 2018)

## 9. Resultados

Antioquia es un referente para Colombia cafetera con una participación en el país del 44,3 % y un grueso de familias cafeteras de 79.529 de las cuales el: 96.9% son pequeños caficultores en un departamento líder en propuestas de manejo y trabajo interinstitucional para hacer frente a la reducción de contaminación generada en el benéfico del café Fuente (Comite De Cafeteros De Antioquia, 2018)

La carga contaminante versus la producción de CPS en el 2014 del de DBO5 se estima en 25.109 Ton y de SST 23.830, esta carga contaminante representa un pago de Tasa retributiva de aproximadamente 4.000 mil millones de pesos en un año lo que equivale a \$38/Kg CPS, en cuanto a las tasas por uso el consumo de agua representa un costo de tasa por uso de aproximadamente 2 millones seis cientos mil pesos lo que equivale a 0,024 \$/Kg CPS. (Corantioquia, 2016)

Los consumos de agua logrados apenas se han reducido en un 18% y un 17 % la carga de contaminación, lo que indica que el grado de adopción es muy baja, frente a la disponibilidad de tecnologías amigables con el ambiente, desarrolladas por Cenicafe, probadas con éxito para la producción de cafés especiales. (Corantioquia, 2016).

Del 2012 al 2014 la reconversión de beneficios tradicionales a ecológicos pasaron del 7% al 23% en el 2014, con esta reconversión el consumo de agua paso de 4.154.354 m<sup>3</sup> de agua (37,2 litros/kg CPS) a 3.418.985 (31,1 litros/kg CPS), Antioquia ha logrado reducir el beneficio de café tradicional en un 53% en los últimos años a través del diseño, presupuesto y asesoría en la construcción de beneficiaderos ecológicos.

La implementación de centrales de Beneficio es una solución que ha demostrado ser eficiente ya que condensa todo el manejo de los sub productos y son manejados con tecnologías de punta, manejado por las Cooperativas y los mismos caficultores en acompañamiento del Comité departamental de cafeteros de Antioquia.

La empresa privada ha dado pasos agigantados siendo pioneros en el mundo, procesando mucilago y pulpa para sacar productos saludables e innovadores para la alimentación humana

Colombia cuenta con el centro de Investigación para los caficultores (CENICAFE), la asesoría es totalmente gratuita y está al alcance de todos es hora entonces del cambio

## 10. Conclusión

Esta monografía plasma los aciertos y desaciertos que hacen parte del proceso húmedo del beneficio de café en Colombia, documentando los consumos de agua de acuerdo al tipo, y proceso del beneficio húmedo.

De igual manera se realiza una recopilación de literatura que ilustra los tipos de tratamiento de aguas residuales provenientes del café estudiado por Cenicafé, aplicado en la zona cafetera de Antioquia. Se hace una mención resaltando el trabajo investigativo y aplicado de la empresa privada, de manera ordenada se identifican los sistemas utilizados para el recibo, despulpado, desmucilaginado y lavado del grano, los principales avances tecnológicos que se han logrado desarrollar en el país basadas en la investigación científica.

Este trabajo sirve de guía a cafeteros, que se suman al trabajo por una caficultura sostenible y rentable, potenciando la calidad de vida de los productores y consumidores.

El establecimiento de sistemas apropiados de producción, y del manejo en pos cosecha; acordes con las disponibilidades técnicas y económicas de los agricultores, permite minimizar y prevenir la degradación de los suelos y conservar la cantidad y calidad del agua, mediante prácticas integrales de conservación de suelos y aguas, que a la vez mantengan o incrementen la productividad de los cultivos, y cultivadores con sistemas de manejo técnicos, apropiados, oportunos y de bajo costo.

Para lograr que el caficultor implemente en forma adecuada y permanente estas prácticas, se requiere de un trabajo conjunto entre empresas gubernamentales, privadas, investigadores, extensionistas y comunidad, de tal manera que estas acciones propendan en una mejor calidad de vida de los agricultores y que permitan aportar a la producción sostenible del café

El conocimiento de la normatividad Colombia en el tema de manejo de vertimientos y todos los temas relacionados con los mecanismos legales del uso de las aguas permitirán, mitigar y evitar cobros que pueden superar el poder adquisitivo de los caficultores si no lo hacen de manera adecuada.

## 11 Recomendaciones

Velar por la protección de los recursos naturales no renovables, sin perder el objetivo económico que es el éxito del negocio cafetero son elementos que deben ser trabajados de manera simultánea, pues la caficultura del momento está siendo monitoreada por la normatividad que regula, la producción limpia y responsable. . La zona cafetera, presenta deficiencia de agua, tema que choca con los requerimientos actuales para el proceso de pos cosecha del café, que requiere volúmenes altos del preciado líquido. (Cenicafe- FNC, 2011)

El conocimiento de las normas ambientales van ligadas a la implementación de tecnologías apropiadas y que están al alcance de todos los caficultores del país, pues el desacato a las normas ambientales repercute en cobros que en algunas ocasiones pueden superar el valor de la cosecha de las parcelas. Se requiere entonces de adquirir conciencia sobre los problemas de contaminación, manejo responsable del agua y de los subproductos en el proceso de beneficio húmedo de café. (Mejia, 2017)

El conocimiento detallado sobre los consumos de agua en cada uno de los subprocesos en la pos cosecha, la adopción de tecnologías, el apoyo de entes investigativos en toda la cadena del café son las herramientas para superar los daños ambientales, dar valor agregado a los sub productos y hacer del café un negocio rentable

Desde el cambio de hábitos, como es el despulpar sin agua, mezcla de la pulpa con el mucilago, uso de la gravedad para transporte de cerezas, el lombri compuesto, lavado en tanque tina hasta la utilización de equipos más modernos y costosos aportan para minimizar el uso del agua de 40 litros a menos de un litro de agua para lavar el café fermentado proveniente de un kilogramo de café en cereza. (Cenicafe- FNC, 2011)

La solución para la mitigación de impactos ambientales está en primera instancia en la reconversión tecnológica, y la sustitución del beneficio tradicional por beneficio de bajo consumo de agua que reduce el consumo en un 97%. (CORANTIOQUIA, 2016)

En la zona centro de Colombia, la reconversión por sí sola no ha dado los beneficios esperados en cuánto al vertimiento de aguas residuales debido que al reducir el consumo de agua en una cantidad considerable, la concentración de materia orgánica se aumenta; por ende hay que

## Bibliografía

- Comité Departamental de Cafeteros de Antioquia. (s,f). Reconocimiento al programa de Gestión Inteligente del Agua. *Cafe Paisa*, págs.  
[http://www.cafepaisa.org/index.php?option=com\\_content&view=article&id=3515:2017-05-26-14-56-44&catid=8:municipios-cafeteros&Itemid=16](http://www.cafepaisa.org/index.php?option=com_content&view=article&id=3515:2017-05-26-14-56-44&catid=8:municipios-cafeteros&Itemid=16).
- Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. ( 2010). *Una bonita historia*. Obtenido de [http://www.cafedecolombia.com/particulares/es/el\\_cafe\\_de\\_colombia/una\\_bonita\\_historia](http://www.cafedecolombia.com/particulares/es/el_cafe_de_colombia/una_bonita_historia)
- Federacion Nacional De Cafeteros, Comite De Antioquia. (2017). *El Beneficio Del Cafe alternativas para hacerlo ecologico*. Medellin: Aseguramiento de la Calidad Antioquia.
- Fundación Nacional para el Desarrollo FUNDE. (2019). *Politica del agua*. San Salvador.
- UNESCO . (2017). *Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2017*. Francia: , place de Fontenoy, 75352 París 07 SP.
- © Federación Nacional de Cafeteros de Colombia 2010. (19 de julio de 2018). *El Cafe DE Colombia*. Obtenido de [http://www.cafedecolombia.com/particulares/es/el\\_cafe\\_de\\_colombia/](http://www.cafedecolombia.com/particulares/es/el_cafe_de_colombia/)
- ACODAL. (01 de 02 de 2017). *CURSO – TALLER MODELACIÓN DE FLUJOS Y CONTAMINANTES EN ECOSISTEMAS ACUÁTICOS SUPERFICIALES Y SUBTERRÁNEOS – 8, 9 Y 10 DE FEBRERO 2017*. Obtenido de <http://www.acodal.org.co/curso-taller-modelacion-de-flujos-y-contaminantes-en-ecosistemas-acuaticos-superficiales-y-subterraneos-8-9-y-10-de-febrero-2017/>
- AGRONEGOCIOS. (9 de agosto de 2016). *LA PULPA DEL CAFÉ REPRESENTA CERCA DEL 44% DEL PESO FRESCO DEL FRUTO*. Obtenido de [www.agronegocios.co/aprenda/la-pulpa-del-cafe-2622103](http://www.agronegocios.co/aprenda/la-pulpa-del-cafe-2622103)
- Al Grano FNC. (2016). *Why does Colombia have fresh coffee all year round?* Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=rIwyXYmWSFs>
- AL GRANO-Edición Nro 32. (30 de 03 de 2016). *Compromiso con Antioquia cafetera en 2015 superó inversión de 37 mil millones de pesos*. págs. [https://www.federaciondecafeteros.org/algrano-fnc-es/index.php/comments/compromiso\\_con\\_antioquia\\_cafetera\\_en\\_2015\\_supero\\_inversion\\_de\\_37\\_mil\\_millon](https://www.federaciondecafeteros.org/algrano-fnc-es/index.php/comments/compromiso_con_antioquia_cafetera_en_2015_supero_inversion_de_37_mil_millon).
- Anacafe. (s,f). *Manejo de los subproductos*. Obtenido de [https://www.anacafe.org/glifos/index.php?title=Caficultura\\_ManejoSubproductos](https://www.anacafe.org/glifos/index.php?title=Caficultura_ManejoSubproductos)

- Arebalo Uribe, D., & Lozano Arango, J. G. (2011). Estudio Nacional de Huella Hídrica Colombia. *Revista internacional de Sostenibilidad, Tecnología y Humanismo*, 106.
- CAFETEROS, F. N. (2017). *85 Congreso Nacional De cafeteros*. Manizales: Federacion NAcional De Cafeteros .
- Cardena Garzon, R. C., & Ortiz Prieto, J. (2014). *MANEJO INTEGRADO DEL RECURSO AGUA, EN EL PROCESO DE BENEFICIO HÚMEDO DEL CAFÉ, PARA LA ASOCIACIÓN DE PRODUCTORES DE CAFÉ ESPECIAL "ACAFETO" EN EL MUNICIPIO DE FRESNO, DEPARTAMENTO DEL TOLIMA*.
- CENICAFE. (marzo de 1975). *La composición de los granos de café verde y tostado*. Obtenido de <http://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/740/2/1%20Composici3n%20granos%20caf3%20verde%20y%20tostado.p>
- Cenicaf3. (1993). MANEJO DEL AGUA EN EL PROCESODEL BENEFICIO HUMEDO DEL CAFE PARA EL CONTROL DE LA CONTAMINACI3N. *AVANCES T3CNICOS 187*, 1-4.
- CENICAFE. (2015). Fermentaci3n controlada del caf3: Tecnolog3a para agregar valor a la calidad. *Avance tecnico Cenicafe 454*, 12.
- Cenicafe. (2018). Evaluacion de Coagulantes de Extractos Naturalesde Moringa oleifera y Jatropha Curcas en aguas residuales del cafe. *Cenicafe*, 69(1 del 2018), <https://www.cenicafe.org/es/publications/Revista69%281%29-Web1.pdf>.
- Cenicafe- FNC. (2011). *Construyendo el modelo para la gesti3n integrada del recurso h3drico en la caficultura Colombiana*. Chinchina: Cenicafe.
- CENICAFE- FNC. (2018). *Informa Anual Cenicafe 2015*. Chinchina: FNC.
- CENICAFE, C. N. (2017). (avt0476) Gu3a para la caracterizaci3n de las variedades de caf3: Claves para su identificaci3n. *Avances Tecnicos Cenicafe*, 1-6.
- Cenicafe-, Oliveros Tascon, C., Peñuela Mart3nez, A., & Pab3n Usaqu3n, J. (2011). ENZIMAS: una alternativa para emover r3pida y eficazmente el muc3lago del cafe. *Avances Tecnicos Cenicafe*. *Avance 406*, 1-8.
- Cenicefe. (2011). CONTROLE LOS FLUJO DE CAFE Y AGUA EN EL MODULO BECOLSUB. *Avances tecnicos Cenicafe*, 405, 1-6.
- Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). (2016). Elementos T3cnicos para la Medici3n de Huella H3drica en Sistemas Agr3colas. En M. Q. Miguel Romero. Cali: Colombia.
- COFEE IQ. (2017). *SABIAS QUE #3 EL CINTUR3N DEL CAF3*. Obtenido de <http://www.coffeeiq.co/wp-content/uploads/2015/08/sabias-que-3.png>

Colombia. (2013). *Crean en Antioquia la primera planta de miel y harina de café en el mundo*. Obtenido de <http://colombia-inn.com.co/crean-en-antioquia-la-primera-planta-de-miel-y-harina-de-cafe-en-el-mundo/>

Colombia. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. (2010). *Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico*. Bogotá: Nuevas Ediciones Ltda.

Colombia., I. D., & Federación Nacional. (2014). *Ensayo Sobre Economía Cafetera*. Bogotá: Caficultura sostenible, moderna y competitiva.

Comité De Cafeteros De Antioquia. (2017). Puntos de compra de café cereza de Antioquia. Medellín.

Comité Departamental de Cafeteros de Antioquia. (Septiembre de 2011). Manejo de Aguas residuales, pulpa decafe y basuras en finca cafetera. Medellín, Colombia.

Comité De Antioquia. (21 de Agosto de 2018). Reunión tasa retributiva Corantioquia, Comité De cafeteros y caficultores. Medellín.

Comité De Cafeteros De Antioquia. (2018). sistema de información cafetera Sica. Medellín, Antioquia.

Comité Departamental de Cafeteros de Antioquia- Aseguramiento a la calidad. (2013). *Plan de acción para el asesoramiento y capacitación en el manejo del recurso hídrico de fincas cafeteras*. Medellín: Comité de antioquia.

COMITÉ DEPARTAL. DE CAFETEROS DE ANTIOQUIA-Aseguramiento de la Calidad. (s,f). *Sistemas de Tratamiento de aguas en la finca cafetera*. Medellín: Comité De Cafeteros De Antioquia.

CONGRESO DE LA REPUBLICA DE COLOMBIA. (20 de Julio de 2016). *Radicación Proyecto de Ley*. Obtenido de <http://leyes.senado.gov.co/proyectos/images/documentos/Textos%20Radicados/proyectos%20de%20ley/2016%20-%202017/PL%20029-16%20FONDO%20ESTABILIZACION%20CAFE.pdf>

Corantioquia 20 años. (s.f.). *Presentación tasa retributiva*. [http://www.cnpml.org/images/stories/Corantioquia/GESTION\\_AGUA\\_\\_BENEFICIO\\_DE\\_CAFE.pdf](http://www.cnpml.org/images/stories/Corantioquia/GESTION_AGUA__BENEFICIO_DE_CAFE.pdf).

CORANTIOQUIA. (3 de febrero de 2016). Cronograma de facturación.

CORANTIOQUIA. (2016). *Manual de Producción y Consumo Sostenible Gestión del Recurso Hídrico Sector Cafetero*. Medellín: Corantioquia.

Correa Piedrahita, A., & Lopez, J. L. (2017). *Características de plantas de tratamiento de aguas provenientes del beneficio húmedo del café*. Medellín: Comité Departamental De Cafeteros De antioquia.

Cortés, J. (s,f). *El Agua en el Mundo: Cooperación y Conflicto*. Obtenido de <http://www.solidaritat.ub.edu/observatori/esp/itinerarios/agua/agua.htm>

- DANE. (septiembre de 2011). *MATRIZ DE EMPLEO EN LA BASE 2005 DE LAS CUENTAS NACIONALES*. Obtenido de [https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/pib/especiales/Documento\\_matriz\\_empleo.pdf](https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/pib/especiales/Documento_matriz_empleo.pdf)
- DEPARTAMENTO DE EXTENSION RURAL ASEGURAMIENTO A LA CALIDAD. (2017). *CARACTERISTICAS DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LAVADO DURANTE EL BENEFICIO DEL CAFÉ*. Medellín: Comité De Antioquia.
- DINERO. (11 de 3 de 2017). *Producción de café colombiano cayó 23% en octubre de 2017*. Obtenido de <http://www.dinero.com/empresas/articulo/apple-resultados-primer-trimestre-del-ano-fiscal-2018/254988>
- Echavarría, J., Esguerra, P., Allister, D., & Robayo, C. (15 de enero de 2015). *INFORME DE LA MISIÓN DE ESTUDIOS PARA LA COMPETITIVIDAD DE LA CAFICULTURA EN COLOMBIA*. Obtenido de <http://www.urosario.edu.co/Mision-Cafetera/Archivos/Resumen-Ejecutivo-version-definitiva/>
- El diario.es. (12 de Diciembre de 2014). *Cómo funciona la química del café*. Obtenido de [http://www.eldiario.es/turing/ciencia/cafe-mucha-quimica\\_0\\_340166579.html](http://www.eldiario.es/turing/ciencia/cafe-mucha-quimica_0_340166579.html)
- EL TIEMPO. (14 de julio de 2014). *Con desperdicios del café producen jugo antioxidante en Antioquia*. Obtenido de <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-14686735>
- encolombia. (s,f). *Usos del Agua y Residuos Líquidos – Decreto 1594 84*. Obtenido de <https://encolombia.com/medio-ambiente/normas-a/hume-decreto159484/3/>
- ENTO SUR. (S,F). *Hermetia illucens (Mosca soldado negra o Larvas Fenix)*. Obtenido de <http://www.entosur.com/producto/hermetia-illucens-o-mosca-soldado-o-fenix/>
- Federación Nacional De Cafeteros. (2011). *CERRÓ AÑO CAFETERO EN COLOMBIA CON CRECIMIENTO EN NIVELES DE PRODUCCIÓN Y EXPORTACIONES*. Obtenido de [https://www.federaciondecafeteros.org/clientes/es/sala\\_de\\_prensa/detalle/cerro\\_ano\\_cafetero\\_en\\_colombia\\_con\\_crecimiento\\_en\\_niveles\\_de\\_produccion\\_y\\_e/](https://www.federaciondecafeteros.org/clientes/es/sala_de_prensa/detalle/cerro_ano_cafetero_en_colombia_con_crecimiento_en_niveles_de_produccion_y_e/)
- Federación Nacional De Cafeteros. (2012). *Caficultura sostenible LXXVII Congreso Nacional De Cafeteros*. Bogotá: FNC.
- Federación Nacional De Cafeteros. (2013). *LXXIX Congreso Nacional 2013-caficultura competitiva*. Bogotá: FNC.
- Federación Nacional De Cafeteros. (2015). *Comportamiento reciente y tendencias de los fundamentales. Curso diseñado por LA Fundación Manuel Mejía*. Chinchina, Caldas, Colombia: Fundación Manuel Mejía.
- Federación Nacional De Cafeteros. (2017). *Congreso Cafetero*. Bogotá: FNC.

Federación Nacional de Cafeteros. (17 de abril de 2017). *Información de estadística cafetera*.

Federación Nacional De Cafeteros De Colombia. (2014). *Ensayo SOBRE ECONOMÍA CAFETERA*.  
Bogota: Caficultura sostenible, moderna.

Ferrer, J. R., Paez, G., Chirinos, M., & Marrol, Z. (1995). *Ensilaje de la Pulpa de café*. Obtenido de  
file:///D:/Documentos/bd/Documentos/CAFE/ensilage%20de%20pulpa%20de%20cafe.pdf

FNC. (2002). *Guía ambiental para el sector cafetero*. Federación Nacional De Cafeteros De Colombia.

FNC. (11 de 2013). *El sector cafetero es motor de la economía y garantía de estabilidad y paz social*. *AL GRANO*, pág. 2.

FNC. (2014). *Por la Caficultura que queremos, Informes de comité departamentales. L X X X congreso cafetero*. Bogota: FNC.

FNC. (2015). *Beneficio Del Café En Colombia*. Chinchina: FNC.

FNC de Colombia. (26 de 5 de 2018). *Guía ambiental Para El Sector Cafetero*. Obtenido de  
[https://www.federaciondecafeteros.org/clientes/es/servicios\\_para\\_el\\_cafetero/documentacion/](https://www.federaciondecafeteros.org/clientes/es/servicios_para_el_cafetero/documentacion/)

FNC-CENICAFE . (2006). *Cultivo de hongos medicinales en residuos agrícolas de la zona cafetera*.  
Chinchina: Centro nacional de investigaciones de café Pedro Uribe Mejía.

FNC-Cenicafe. (2014). *Cálculo y Gestión de la Huella de Carbono Avances en Huella Hídrica- Avances en Huella Hídrica*. Chinchina: Cenicafe.

FNC-Cenicafe. (28 de Julio de 2017). "Estrategias de articulación de tecnologías para el tratamiento de aguas residuales de las fincas cafeteras y su influencia en la calidad del agua superficial en las microcuencas". *Tecnologías para manejo de aguas residuales*. Chinchina, Chinchina, Colombia: Cenicafe.

fundación Manuel Mejía. (2015). © 2015 - Federación Nacional de Cafeteros de Colombia  
Curso diseñado y desarrollado por la Fundación Manuel Mejía. Chinchina.

Garcés Molina, A., Berrio Roa, L., Ruiz Alzate, S., Serna de León, J., & Builes Arango, A. (2004).  
Ensilaje como fuente de alimentación. *Revista Lasallista de Investigación*. Vol.1, núm. 1. 66 p.

Giraldo, B. E. (6 de octubre de 2013). *Carmenza Jaramillo, la manizaleña de los champiñones*. *LA PATRIA.COM*.

IDEAM. (2015). *Estudio Nacional De Agua 2014*. Bogota: Panamericana Formas e Impresos S.A.

IDEAN. (2010). *Estudio Nacional del Agua*. Bogota: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.

Mamos al agua. (02 de 2015). *SÍNTESIS DE LA POLÍTICA NACIONAL PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DEL EL RECURSO HIDRICO EN COLOMBIA*.

- Mang, H; Li, Z. (210). Biogas sanitation for blackwater, brown water, or for excreta treatment and reuse in developing countries. Germany: Eschborn.
- Martinez Anaya, C., Balcazar Lopez, E., Dantán González, E., & Folch Mallo, J. (2008). Celulasas fúngicas: Aspectos biológicos y aplicaciones. *Latinoamericana de microbiologia*, 2.
- Matuk, Velasco, V., Puerta Quintero, G. I., & Rodríguez Valencia, N. (1997). *IMPACTO BIOLOGICO DE LOS EFLUENTES DEL BENEFICIO -Cenicafé 48(4): 234-252. 1997.* Obtenido de <http://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/67/1/arc048%2804%29234-252.pdf>
- Mejia, S. Z. (2017). *Beneficiadero convencional*. Venecia, Colombia.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL. (22 de mayo de 2018). *REGLAMENTO modificado Complemento RESOLUCI323N 187 2006 AE AGO 25.* Obtenido de [https://www.minagricultura.gov.co/tramites-servicios/Documents/Reglamento\\_para\\_la\\_produccion\\_Organica.pdf](https://www.minagricultura.gov.co/tramites-servicios/Documents/Reglamento_para_la_produccion_Organica.pdf)
- MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. (11 de octubre de 2010). *RESOLUCIÓN 2086.* Obtenido de [http://www.minambiente.gov.co/images/BosquesBiodiversidadyServiciosEcosistemicos/pdf/Regimen-Sancionatorio-Ambiental/res\\_2086\\_251010.pdf](http://www.minambiente.gov.co/images/BosquesBiodiversidadyServiciosEcosistemicos/pdf/Regimen-Sancionatorio-Ambiental/res_2086_251010.pdf)
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010). *Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico*. Bogota: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.
- Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente. (1996). *MANUAL DE PROCEDIMIENTOS ANALITICOS PARA AGUAS Y EFLUENTES*. Dinama.
- MINMINAS. (18 de JULIO de 2018). *RESOLUCIÓN 631 DE 2015.* Obtenido de [http://servicios.minminas.gov.co/compilacionnormativa/docs/resolucion\\_minambientes\\_0631\\_2015.htm](http://servicios.minminas.gov.co/compilacionnormativa/docs/resolucion_minambientes_0631_2015.htm)
- Naciones Unidas. (2003). *Agua para todos agua para la vida; Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos (WWAP)*. Francia: Mundi prensa libros s.a.
- NACIONES UNIDAS. (2005). *El AGUA FUENTE DE VIDA 2005-2015*. NUEVA YORK: ONU.
- Naos Chichina. (1 de noviembre de 2016). *Construccion nueva planta- produccion harina de cafe.* Obtenido de [https://naoxchinchina.blogspot.com/2016/11/construccion-nueva-planta-produccion\\_35.html](https://naoxchinchina.blogspot.com/2016/11/construccion-nueva-planta-produccion_35.html)
- Narda Ardila. (2016). Asi va la norma de vertimiento ambiental 2015. *Revista ambiental 14 6, 1.*
- NATUCAFE. (2016). Obtenido de <http://natucafe.co/natucafe.html>

- Nelson Rodriguez Valencia- Cenicafe. (2017). *Estrategia de articulacion de tecnologias para el tratamiento de aguas residuales de las finca cafeteras y su influencia en la calidad del agua en las fincas cafeteras*. chinchina: Cenicafe.
- Noriega Salazar, A., Silva Acuña, R., & Garcia De Salcedo, M. (2008). *Utilización de la pulpa de café en la alimentación animal*. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/260769817\\_Revision\\_Utilizacion\\_de\\_la\\_pulpa\\_de\\_cafe\\_en\\_la\\_alimentacion\\_animal](https://www.researchgate.net/publication/260769817_Revision_Utilizacion_de_la_pulpa_de_cafe_en_la_alimentacion_animal)
- NUTRESA. (2017). *CEO WATER MANDATE- Comunicacion en Progreso 2015/2016*. Obtenido de <https://www.gruponutresa.com/wp-content/uploads/2016/10/ceo-water-mandate-comunicacion-en-progreso-2015-16-grupo-nutresa.pdf>
- Olivero Tascon, C., Sanz Uribe, J., Ramirez Gomez, C., & Mejua Gonzalez, C. (2007). SEPARADOR HIDRAULICO DE TOLVA Y TORNILLO SIN FIN. *Avances Técnicos Cenicafe* 360, 8.
- Oliveros T, C., Sanz U., J., Ramírez G, C., & Tibaduiza V, C. (2013). ECOMILL® Tecnología de bajo impacto ambiental para el lavado del café. *Avances Tecnicos Cenicafe*, 2-3.
- Ospina, C. A. (8 de mayo de 2015). *MULTIDYNAMIC-MARKETING*. Obtenido de <https://es-la.facebook.com/saludfacilísimo/posts/844293765605805>
- Paco, G., Muguia Loza, M., & Mamani, F. (2011). Efecto de la Lombriz Roja Californiana (*Eisenia foetida*) durante el composteo y vermicomposteo en. *Journal of the Selva Andina Research Society vol. 2, núm. 2,* 24-39.
- PAISAJE CULTURAL CAFETERO. (2011). *Cultura cafetera*. Obtenido de <http://paisajeculturalcafetero.org.co/contenido/colonizacion-antioquena>
- PATRIMONIO NATURAL. (22 de 7 de 2016). *Colombia es el tercer país más vulnerable ante el cambio climático ante el cambio climático*. Obtenido de <http://especialespatrimon.wixsite.com/patrimonionaturalcol/single-post/2016/07/22/Colombia-es-el-tercer-pa%C3%ADs-m%C3%A1s-vulnerable-ante-el-cambio-clim%C3%A1tico>
- Pérez, R. D., Londoño Pérez, R., & Parra Martínez, Y. (2007). Manejo de vertimientos y desechos en Colombia. *Revista Épsilon N° 9: 89-104 /*, 16.
- PNUD. (2002). *INFORME SOBRESOBRE DESARROLLO HUMANO 2002*. Barcelona: mundi prensa.
- PRENSA LIBRE . (22 de enero de 2018). La mortandad de peces en el río Lempa enciende alarmas en Centroamérica. págs. <https://www.prensalibre.com/guatemala/comunitario/culpan-a-beneficios-de-cafe-guatemalteco-por-mortandad-de-peces-en-rio-lempa>.
- Productos que sanan. (s,f). *Multydrink bebida antioxidante*. Obtenido de <http://www.productosquesanan.com/multydrink-medellin/>

- Ramírez Gómez, C., Oliveros Tascón, C., & Sanz Uribe, J. (2015). MANEJO DE LIXIVIADOS Y AGUAS DE LAVADO EN EL PROCESO DE BENEFICIO HÚMEDO DEL CAFÉ. *Cenicafe*, 14.
- Redacción Economía y Negocios. (3 de enero de 2017). Producción cafetera colombiana fue de 14,2 millones de sacos en 2016. *EL ESPECTADOR*, pág. 1.
- Roa Mejia, G., Oliveros Tascón, C., Zans Uribe, J., Alvarez Gallo, J., Ramirez Gomez, C., & Alvarez Hernandez, J. (1997). Desarrollo De la tecnologia BECOLSUB para el beneficio ecologicodel cafe. *Avance tecnicos 238 Cenicafe*, 7.
- Rodriguez Valencia, N. (2009). PRODUCCIÓN DE BIOCOMBUSTIBLES A PARTIR DE LOS SUBPRODUCTOS DEL CAFÉ. *IV SIMPOSIO DE QUÍMICA APLICADA* (pág. 11). Armenia: Cenicafe.
- Rodriguez valencia, N. (2009). *PRODUCCIÓN DE ETANOL A PARTIR DE LOS SUBPRODUCTOS DEL CAFE*. Obtenido de [http://www.olade.org/wp-content/uploads/2015/11/S4-B2009-Nelson\\_Rodriguez-Colombia.pdf](http://www.olade.org/wp-content/uploads/2015/11/S4-B2009-Nelson_Rodriguez-Colombia.pdf)
- Rugama, P. A., Arauz Rugama, P., Tercero Reyes, J., & Rivas, M. (s,f). *ABONO ORGANICO DE PULPA DE CAFÈ CON LOMBRIZ ROJA CALIFORNIANA (Eisenia Foetida)*. Obtenido de <http://www.lombricultura.cl/lombricultura.cl/userfiles/file/biblioteca/humus/ABONO%20ORGANICO%20DE%20PULPA%20DECAFE.pdf>
- Sáenz, J. R. (2014). *Implemetacion y Evaluaciòn de Estrategias Para El Manejo integrado del Agua en la estacion Naranjal*. Obtenido de [http://ridum.umanizales.edu.co:8080/jspui/bitstream/6789/1695/1/Rendon\\_Saenz\\_Jose\\_Raul\\_2014.pdf](http://ridum.umanizales.edu.co:8080/jspui/bitstream/6789/1695/1/Rendon_Saenz_Jose_Raul_2014.pdf)
- Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable. (1992). Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo. *Agenda 21*. Río de Janeiro, República Federativa del Brasil : acuerdos internacionales.
- Secretaria General De la Alcaldia mayo de BÓgota. D.C. (21 de Diciembre de 2012). *DECRETO 2667 DEL 2012*. Obtenido de <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=51042>
- SENA. (2006). *PRODUCCION DE LOS HONGOS COMESTIBLES ORELLANAS Y SHIITAKE*. CHINCHINA: Copyright © FNC - Cenicafé - 2006.
- SENA. (26 de abril de 2013). Toda una vida dedicada a los hongos. *Periodico Sena*.
- Tricas, J. M. (12 de enero de 2015). *CAFÉ: ORIGEN, QUÍMICA Y EFECTOS*. Obtenido de <http://www.info-farmacia.com/historia/el-cafe-origen-quimica-y-efectos>
- Valencia, F. F. (2015). Las buenas practica agricolas en la caficultura. Chinchina: Cenicafe.

Valencia, N. R. (s,f). *MANEJO DE RESIDUOS EN LA AGROINDUSRIA CAFETERA*. Obtenido de <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/acodal/xxx.pdf>

Via Organica. (4 de 11 de 2016). *Composta con Moscas Soldado Negras (Hermetia illucens) para Alimento de Gallina*. Obtenido de <https://viaorganica.org/composta-con-moscas-soldado-negras-hermetia-illucens-para-alimento-de-gallina/>

VICIMINISTERIO DE AMBIENTE. (2010). *Política Nacional Para La Gestión Integral Del Recurso Hídrico*. Bogotá: Nueva ediciones limitadas.

de © 2017 Red de Huella de Agua: <http://temp.waterfootprint.org/?page=files/CoffeeTea>

Water footprints. (18 de junio de 2005). *Water footprints of nations: Water use by people as a function of their consumption pattern*. Obtenido de [http://waterfootprint.org/media/downloads/Hoekstra\\_and\\_Chapagain\\_2007.pdf](http://waterfootprint.org/media/downloads/Hoekstra_and_Chapagain_2007.pdf)

WWF. (2012). *Una mirada a la agricultura de Colombia desde su Huella hídrica*. Bogotá. Uribe, *Huella Hídrica Colombia* (pág. 48).

www . Manual de lombricultura.com. (s,f). *Eisenia Foetida, Eisenia Fetida, Lombriz roja, Lombriz californiana:*. Obtenido de <https://www.manualdelombricultura.com/glosario/pal/37.html>

Zambrano Franco, D. A., Rodríguez Valencia, N., & Posada Lopèz, U. (2010). *Construya y opere su sistema modular para tratamiento anaerobio de aguas mieles*. Chinchina: Cenicafe.

Zambrano Franco, D., & Isaza Hinestroza, J. (1998). *DEMANDA QUIMICA DE OXÍGENO Y NITRÓGENO TOTAL, DE LOS SUBPRODUCTOS DEL PROCESO DEL TRADICIONAL DEL BNEFICIO HUMEDO*. Obtenido de [http://www.cenicafe.org/es/publications/arc049\(04\)279-289.pdf](http://www.cenicafe.org/es/publications/arc049(04)279-289.pdf)