

**Análisis de los impactos generados por los vertimientos líquidos, subproducto de la
beneficiación de café, sobre la microcuenca La Luisa, corregimiento Pardo Alto, del
municipio Andalucía-Valle del Cauca**

Juliana Montoya Villegas
Jorge Andrés Giraldo Zuleta

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD - CEAD Palmira
Escuela De Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente
Programa de Ingeniería Ambiental
Mayo 2021

Nota de aceptación

Aprobado en fecha

Firma del presidente del Jurado

Firma del Orientador

Palmira, mayo de 2021

Dedicatoria

El presente trabajo está dedicado a,

A Dios, a mis padres, por su amor, comprensión y motivación, por creer en mí, a los tutores que estuvieron constantemente en mi proceso de retroalimentación y mejora continua del proyecto, alentándome a seguir adelante en este largo proceso, quiero dedicarles a todos ellos, este momento y darles gracias por sus aportes.

Atentamente,
Juliana Montoya Villegas

A Dios, a mis padres, mi abuela y mi familia, por creer en mí, por su nobleza y colaboración, por sus ánimos que me alentaron a seguir en este largo proceso, a los tutores que hicieron parte del del acompañamiento y guía para sacar el proyecto adelante, quiero dedicarles a ellos todos mis éxitos y este momento de felicidad.

Atentamente,
Jorge Andrés Giraldo Zuleta

Agradecimientos

Se precisa agradecer a todas aquellas personas que me brindaron su ayuda, sus conocimientos y su apoyo para que este proyecto saliera adelante de la mejor manera posible.

Quedamos especialmente agradecidos con el director del proyecto Julián Eduardo Mejía Ballesteros, Ing. Ambiental de la Universidad Nacional, PhD. Ingeniera y Ciencias de los Materiales, quien ha asesorado el proyecto y ha contribuido con sus recomendaciones y constante acompañamiento para culminarlo los tiempos estipulados.

A los docentes demás docentes de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD CEAD PALMIRA por su aporte dándonos la posibilidad de agradecer sus comentarios, direcciones y sugerencias, a su gran conocimiento y experiencia se ha podido elaborar una adecuada memoria de todo lo aprendido en el transcurso de la carrera y a cada uno de los docentes por brindar la oportunidad de aprender y de encaminar a los estudiantes en un nuevo mundo profesional, entregando su tiempo y sus conocimientos académicos, motivándonos cada día para alcanzar la meta y de paso, el título como profesional en el programa de formación superior como Ingenieros ambientales.

Resumen

El agua es un elemento imprescindible para la vida en el planeta, sin este recurso la vida no podría efectuarse, desde el origen de los tiempos ha sido el pilar principal para el desarrollo de civilizaciones y asentamientos poblacionales. En la actualidad, las diversas actividades antrópicas están ejerciendo gran presión sobre este recurso, al contaminar y modificar sus características naturales, causando daños irreparables en el medio ambiente. La agricultura es uno de los sectores económicos que más daño ocasiona en el recurso hídrico, en donde la caficultura representa un alto porcentaje, debido a los vertimientos producidos en el proceso de beneficiación de café. El presente documento es el resultado del análisis de evaluación del impacto Ambiental, generado por la inadecuada disposición de estos vertimientos líquidos sobre la microcuenca La Luisa, ubicada en el corregimiento de Pardo Alto, municipio de Andalucía. Para llevar a cabo la valoración se empleó el método Leopold, realizando la identificación de actividades generadoras de impactos ambientales, determinación de aspectos e impactos y valoración de estos, la cual permite determinar de forma cuantitativa y descriptiva los impactos ambientales generados por la disposición inadecuada de los residuos líquidos producto del beneficio del café sobre la microcuenca La Luisa. Una vez realizada la evaluación de impactos por medio de la matriz de Leopold se determinaron las actividades que tienen mayor influencia de impacto sobre las aguas de la quebrada la Luisa, y donde se pudo identificar que la actividad que mayor repercusión tiene en los problemas de contaminación hídrica corresponde a actividades de despulpado y eliminación de mucilago, esta afectación se genera por los altos volúmenes de agua que son vertidos en estos procesos, como también los altos niveles de contaminación que presentan las aguas, debido a los procesos de fermentación que sufren las aguas y la alta cantidad de materia orgánica, que modifican los parámetros fisicoquímicos naturales del agua en la quebrada la Luisa. En este sentido, se realizó la caracterización fisicoquímica de las aguas antes y después de ser afectadas por los vertimientos líquidos, identificándose los cambios que sufrieron al mezclarse con las aguas de lavado provenientes el beneficio de café.

Palabras clave: Caficultores, campesinos, lixiviados, economía, contaminación hídrica, microcuenca, impactos ambientales, medio ambiente.

Abstract

Water is an essential element for life on the planet, without this resource life could not be carried out since the beginning of time it has been the main pillar for the development of civilizations and population settlements. At present, the different anthropic activities are performing great pressure on this resource, by polluting and modifying its natural characteristics, causing irreparable damage to the environment. Agriculture is one of the economic sectors that causes the most damage to water resources, where coffee farming represents a high percentage, due to the discharges produced in the coffee develop process. This document is the result of the environmental impact assessment analysis, generated by the inadequate disposal of these liquid discharges on the La Luisa micro-basin, located in the Pardo Alto district, municipality of Andalucía.

To carry out the appreciation, the Leopold method was used, carrying out the identification of activities that generate environmental impacts, determination of aspects and impacts and their valuation, which allows the quantitative and descriptive determination of the environmental impacts generated by the inappropriate disposal of the liquid waste product of the coffee processing on the La Luisa micro-basin. Once the impact assessment was carried out through the Leopold matrix, the activities that have the greatest impact influence on the waters of the La Luisa stream were determined, and this way, was possible to identify that the activity that has the greatest impact on pollution problems related with water belongs to pulping and mucilage removal activities, this affectation is generated by the high volumes of water that are discharged in these processes, as well as the high levels of contamination that the waters present, due to the fermentation processes that the waters undergo and the high amount of organic matter, which modifies the natural physicochemical parameters of the water in the La Luisa stream. In this sense, the physicochemical characterization of the waters was carried out before and after being affected by the liquid discharges, identifying the changes that they suffered when mixing with the washing waters from the coffee mill.

Keywords: Coffee growers, peasants, leachates, economy, water pollution, micro-basin, environmental impacts, environment.

Contenido

	Pág.
Dedicatoria.....	3
Agradecimientos	4
Resumen.....	5
Lista de tablas	10
Lista de imágenes.....	11
Lista de figuras.....	12
Introducción	13
Planteamiento del problema.....	15
Justificación	17
Objetivos.....	18
Objetivo general	18
Objetivos específicos.....	18
Marco teórico	19
Café en Colombia.....	19
Especies y características del café variedad.....	21
Proceso de beneficiado de café	21
Aguas residuales procedentes del beneficio del café	23
Lixiviados generados en el proceso de beneficio de café	24
Características fisicoquímicas de aguas de lavado provenientes del beneficio de café	24
Medida de la contaminación por lixiviados	25
Fuentes de aguas superficial.....	26
Aspectos e impactos ambientales.....	26
Matriz de evaluación de impactos Ambientales - Metodología Leopold.....	27
Parámetros fisicoquímicos	28
Fosfatos.....	28
Nitratos	29
Nitritos.....	29
Potencial de Hidrogeno (pH).....	30

Amonio	30
Alcalinidad.....	31
Dureza Total	31
Conductividad.....	32
Oxígeno disuelto.....	33
Turbidez.....	33
Marco legal	34
Metodología	37
Trabajo de campo	37
Localización de la zona de estudio y los puntos de muestreo.....	37
Recolección de muestras	38
Registro fotográfico de los muestreos.....	39
Análisis de laboratorio y equipos utilizados	41
Instrucciones para análisis de amonio - Kit Visocolor Eco	42
Instrucciones de uso para análisis de dureza total – Kit Visocolor Eco.....	42
Instrucciones para análisis de Nitrato - Kit Visocolor Eco	43
Instrucciones para análisis de Nitrito - Kit Visocolor Eco.....	43
Instrucciones para análisis de Fosfatos - Kit Visocolor Eco.....	44
Resultados y análisis.....	49
Caracterización fisicoquímica de las aguas.....	49
Análisis de muestras del día 15/02/2021	50
Análisis de muestras del día 22/02/2021	53
Análisis de muestras del día 01/03/2021.....	57
Análisis de los resultados obtenidos.....	61
Comportamiento del pH.....	61
Comportamiento de los Nitritos en microcuenca la Luisa	62
Comportamiento de Nitratos en microcuenca la Luisa	63
Comportamiento de Dureza total en microcuenca la Luisa	64
Comportamiento de Alcalinidad en microcuenca La Luisa	65
Comportamiento de Fosfatos en microcuenca La Luisa	66
Comportamiento del Amonio en microcuenca La Luisa	67
Comportamiento del Oxígeno disuelto en microcuenca la Luisa	68

Comportamiento de la conductividad en microcuenca la Luisa	69
Comportamiento de la turbiedad en microcuenca la luisa	70
Evaluación de impactos ambientales mediante matriz de Leopold.....	71
Conclusiones	76
Bibliografía	77

Lista de tablas

Tabla 1. Tiempos de cosecha de café en las diferentes regiones de Colombia	20
Tabla 2. Parámetros de muestreo de lixiviados	25
Tabla 3. Límites máximos permisibles para vertimientos puntuales del beneficio de Café.....	35
Tabla 4. Criterios de calificación de magnitud e importancia en la matriz de Leopold	45
Tabla 5. Ejemplo de cuantificación de valores de la matriz de Leopold	47
Tabla 6. Valoración de impactos (matriz de Leopold)	48
Tabla 7. Muestras recolectadas en la quebrada La Luisa, toma del día 15/02/2021.....	50
Tabla 8. Muestras recolectadas en la quebrada La Luisa, toma del día 22/02/2021.....	53
Tabla 9. Muestras recolectadas en la quebrada La Luisa, toma del día 01/03/2021.....	57
Tabla 10. Matriz de Evaluación de Impactos metodología Leopold	72

Lista de imágenes

Imagen 1. Localización del punto de muestreo	38
Imagen 2. Muestreo 1 – 15/02/2021, Quebrada La Luisa, toma de fotos aguas arriba.	39
Imagen 3. Muestreo 1 - 15/02/2021, Quebrada La Luisa, toma de fotos aguas abajo.....	39
Imagen 4. Muestreo 2 – 22/02/2021, Quebrada La Luisa, toma de fotos aguas arriba.	40
Imagen 5. Muestreo 2 – 22/02/2021, Quebrada La Luisa, toma de fotos aguas abajo.	40
Imagen 6. Muestreo 3 – 01/03/2021, Quebrada La Luisa, toma de fotos aguas arriba.	41
Imagen 7. Muestreo 3 – 01/03/2021, Quebrada La Luisa, toma de fotos aguas abajo.	41
Imagen 8. Descripción gráfica del diligenciamiento de las celdas en la matriz Leopold.	46

Lista de figuras

Figura 1. Comportamiento del pH, aguas arriba y aguas abajo del punto de descarga de vertimientos.....	61
Figura 2. Comportamiento de nitritos en aguas arriba y aguas abajo del punto de descarga.	62
Figura 3. Comportamiento de nitratos en aguas arriba y aguas abajo del sitio de descarga del vertimiento.	63
Figura 4. Comportamiento de la Dureza Total en aguas arriba y aguas abajo del sitio de descarga del vertimiento	64
Figura 5. Comportamiento de la Alcalinidad en aguas arriba y aguas abajo del punto de descarga.	65
Figura 6. Comportamiento de los Fosfatos en aguas arriba y aguas abajo del punto de descarga	66
Figura 7. Comportamiento del Amonio en aguas arriba y aguas abajo del punto de descarga	67
Figura 8. Comportamiento de oxígeno disuelto en aguas arriba y aguas abajo del punto de descarga.....	68
Figura 9. Comportamiento de la conductividad en aguas arriba y aguas abajo del punto de descarga.....	69
Figura 10. Comportamiento de la turbiedad en aguas arriba y aguas abajo del sitio de descarga	70
Figura 11. Proceso de beneficio de café con mayor incidencia de impacto ambiental sobre la microcuenca la Luisa	73

Introducción

La caficultura es una de las actividades económicas que cuentan con una gran acogida en el país, las condiciones ambientales, topográficas del territorio lo hacen un lugar propicio para el cultivo en masa de estas Rubiáceas, no obstante, las características mismas de la planta garantizan la adaptabilidad al territorio colombiano. El cultivo de café en Colombia se extiende en gran parte del país, y de acuerdo con (Finagro, 2014) dinamiza la economía de más de 600 municipios y genera más de 2 millones de puestos de trabajo de tipo directo e indirecto, representando un porcentaje del 25% del Producto Interno Bruto (PIB) del sector agropecuario colombiano, por lo cual se establece como uno de los productos de mayor exportación en el país.

El café por ser un producto agrícola tiene una relación constante y directa con el agua, que se mantiene durante todo el proceso productivo, desde la siembra de los árboles, mantenimiento, fertilización, recolección y lavado del fruto, actividades que tienden a generar cargas de contaminación elevadas, donde el proceso de beneficiado, en el cual se ejecuta la clasificación, despulpado, fermentación, lavado y secado, es considerada como una de las etapas que ejerce mayor impacto debido a la abundante la cantidad de agua que se emplea, por lo tanto, las aguas residuales producto del beneficio del café húmedo, son directamente las fuentes contaminantes del agua por el alto contenido de parásitos, bacterias y virus perjudiciales para la salud de las personas pertenecientes al corregimiento de Pardo Alto y a los animales que la consumen, minimizando también el recurso hídrico (Zambrano et al 2015).

Así, las diferentes alteraciones ambientales negativas que pueden ser identificadas se presentan principalmente por la contaminación de cuerpos de agua, ya que la pulpa y mucílago resultante del beneficio, se filtran por escorrentía e infiltración en estos, sin ningún tratamiento; ocasionando aumento de la demanda bio química de oxígeno, aumento en el contenido de sólidos totales, olores y desequilibrio del recurso hídrico de la zona. (Urquijo. E, 2016). En este orden de ideas, los impactos más sobresalientes ocasionados por la contaminación hídrica en las zonas cafeteras son la alteración de la flora y fauna debido a la pérdida de oxígeno disuelto en el agua, dificultando la capacidad de supervivencia de la fauna acuática y de las plantas, lo que produce en las últimas, pérdida de su capacidad de absorción de nutrientes y acumulación de toxinas (Quest climate, 2018).

Finalmente, el exceso de sólidos suspendidos totales puede generar grandes depósitos de lodo que dan lugar a condiciones anaerobias, medio en el cual pueden desarrollarse bacterias que causan graves infecciones en los seres vivos, generando también malos olores. Cabe anotar el beneficio del café no sólo afecta los ecosistemas loticos de la región, sino que también causa una gran afectación a nivel social, teniendo en cuenta que la quebrada “La Luisa” es uno de los afluentes de agua superficial con mayor caudal, que alimenta al río Bugalagrande con 170 L/s aproximadamente, y de la cual se abastecen cerca de 25 familias del corregimiento de Pardo alto y veredas contiguas. Por esta razón, es de considerar que el presente estudio enfocado en la caracterización del cuerpo de agua y evaluación de los impactos ambientales que se generan en este tipo de actividad agrícola puedan servir de evidencia de la contaminación ocurrente y como una iniciativa para la adopción de nuevas prácticas agrícolas sostenibles.

Planteamiento del problema

La industria del café se establece como uno de los pilares fundamentales de desarrollo del departamento del Valle del Cauca, convirtiéndose a su vez en una actividad que desata una problemática ambiental causada por el inadecuado aprovechamiento y disposición final de la pulpa y mucilago del café producidas en su beneficio. Las descargas de estos desechos en vertederos a cielo abierto, cercano a fincas de beneficio dispuestas en terrenos y a cuerpos de agua es la alternativa de solución actual hacia este subproducto que aún es considerado tanto en el corregimiento de Pardo Alto, como en otros municipios de la región y del país entero como un residuo especial y de complejo manejo (Suarez Agudelo, 2012).

Sumado a lo anterior, el bajo nivel de escolaridad de los campesinos que cultivan y procesan el café, genera un desconocimiento que les impide identificar la contaminación que están generando sobre las aguas de la microcuenca La Luisa, debido al manejo inadecuado de los vertimientos líquidos y desechos orgánicos resultantes en el proceso de beneficio del Café húmedo, empleado tradicionalmente en Colombia para convertir el fruto (cereza) en semilla. En el proceso convencional de beneficio descrito anteriormente, se utiliza abundante agua, para llevar a cabo las diferentes etapas del beneficio como lo son la extracción de la pulpa, el lavado del grano y transporte del café despulpado y lavado, en este proceso se estima un consumo general aproximado de 40 litros de agua por kilogramo de café pergamino seco (20,33) del cual, regularmente no se efectúa un manejo de residuos de manera adecuada. (Rodríguez Valencia, Sanz Uribe, Oliveros Tascón, & Ramírez Gómez, 2015). Por otro lado, además de los procesos realizados por los campesinos del corregimiento de Pardo Alto, existe la escasez de recursos económicos que dificultan la adquisición de maquinaria de alta tecnología, siendo los anteriores aspectos una justificación para la aplicación de la toma de muestras en la zona hídrica de la región con el fin de determinar el índice de contaminación que se está provocando en el entorno donde se realiza el beneficio del café y así, poder identificar una forma de reducir los impactos de dichos vertimientos.

La poca gestión ejercida por las autoridades ambientales es una de las causas por la cual los agricultores realizan estas descargas en la quebrada, ya que, al desconocer las exigencias ambientales y la normatividad vigente para este tipo de vertimientos, no se han implementado sistemas o técnicas que contribuyan con la sostenibilidad ambiental. Por ello, es primordial que

se imparta un orden por parte de las diferentes entidades ambientales competentes, con el fin de evitar transformaciones biológicas, perturbación de la flora y fauna acuática, afectación de ecosistemas y alteración de la calidad del agua para uso y consumo humano.

Por lo anterior, con el fin de conocer la afectación y contaminación presentada en la microcuenca La Luisa; se propone la presente investigación, basada en la evaluación de impactos por medio de diversos análisis fisicoquímicos que permitan determinar detalladamente las condiciones del agua; así mismo por medio de una matriz de evaluación de impactos se busca conocer cuáles son los procesos que más influencia de contaminación presentan durante el beneficio del café húmedo, la cual debe ser tratada antes de caer a los afluentes y generar contaminación en los ríos y quebradas de Pardo Alto.

Justificación

La presente investigación se realiza con el fin de identificar los impactos ambientales ocasionados por la inadecuada disposición de residuos líquidos provenientes del proceso de beneficiación de café, los cuales cuentan con altas concentraciones de material orgánico que a largo plazo generan gran contaminación y deterioro de las características naturales de la microcuenca La Luisa, ubicada en el corregimiento de Pardo Alto, municipio de Andalucía Valle del Cauca (Rodríguez et al. 2015).

En la obtención de la cereza del café se cumple por lo general con el proceso tradicional de beneficio que siguen la mayoría de los caficultores, teniendo en cuenta que no todos cuentan con máquinas y tecnología que soporte dicho proceso y en su defecto, se considera que “en el beneficiado húmedo tradicional de los frutos de café, se incluye la práctica en la que es necesario la utilización de agua en grandes cantidades como un componente fundamental del proceso”; siendo que la transformación del café en húmedo es realizada ampliamente en las zonas cafeteras del territorio nacional, demostrando así su amplio impacto ambiental sobre las características fisicoquímicas y biológicas del recurso hídrico, ocasionando una presión sobre el mismo.

De acuerdo con la información recolectada por (Chacón 2001), aproximadamente el 54% de las fuentes hídricas son contaminadas por el proceso del beneficio húmedo del café, y de esta manera afectando la microflora y fauna de las fuentes hídricas, el cual es un alto porcentaje para esta actividad; situación que no es ajena al impacto ocasionado sobre la principal cuenca hidrográfica de la zona de estudio del presente proyecto y de la cual se proveen municipios como Andalucía y Bugalagrande, así como diferentes corregimientos y veredas ubicadas en la zona plana de estos municipios, por ello, mediante los resultados obtenidos en la misma, se pretende reconocer los impactos ocasionados por estos vertimientos y sus efectos en el componente ambiental de la microcuenca La Luisa, dando insumos a la comunidad y las entidades interesadas para la toma de decisiones en pro de mejorar la situación identificada.

Objetivos

Objetivo general

Evaluar los impactos ambientales generados por la inadecuada disposición de residuos líquidos provenientes del proceso de beneficiación de café sobre la microcuenca La Luisa del corregimiento Pardo Alto, municipio de Andalucía – Valle.

Objetivos específicos

- Determinar las concentraciones de los parámetros fisicoquímicos para los lixiviados generados en el proceso de beneficiación del café en la zona de estudio.
- Identificar y evaluar los impactos ambientales generados por la actividad antrópica relacionada al cultivo de café sobre la calidad del agua de la quebrada la Luisa por medio de la metodología de matriz Leopold.

Marco teórico

Café en Colombia

En la página de la historia del café en Colombia (2020), describen que “El café es la segunda bebida más consumida en el mundo, después del agua” y, que, todo surgió hace unos siglos en África, puntualmente en Etiopía, lugar donde el café se consumía en infusión o masticando sus hojas; Sin embargo, fueron los árabes quienes contribuyeron con su expansión, inicialmente por todos los países árabes arribando a Turquía en 1554. En el siglo XVII fue exportado a Europa, entrando por el puerto de Venecia y se difundió por el continente hasta llegar finalmente a América en el siglo XVIII. Los garantes de esta propagación por nuevos territorios y continentes fueron los holandeses quienes querían independizarse de los árabes. De esta manera, Holanda emprendió su propia producción de Café y pasó a liderar la producción mundial de café a principios del siglo XVIII.

Una de las teorías más acertadas sobre la llegada del café a Latinoamérica denota que los holandeses fueron los responsables de introducirlo en el ahora llamado Surinam y después a principios del siglo XVIII, los franceses la transportaron a Colombia y Brasil. En el año 1835 empezó la exportación Café en Colombia y para el año 1870 la cantidad exportada pasó de 60 mil sacos a 600 mil sacos. En 1927 se creó la Federación Nacional de Cafeteros (FNC) y en 1938 el Centro de Investigación Científica sobre el café, Cenicafé; en 1959 crean al personaje representativo conocido como Juan Valdez y en 1984 se crea el logo de Café de Colombia.

Hace aproximadamente 105 años en la historia según el libro «El Orinoco Ilustrado y Defendido» publicado en el año 1730, indica que: Los primeros cultivos de Café en Colombia se dieron en la misión de trabajo realizada por Santa Teresa la cual fue encomendada por el padre Jesuita Joseph Gumilla, a unos pocos metros de la desembocadura del río Meta en el Orinoco. Es legítimo atribuirle a los Jesuitas la propagación del café en su periodo inicial, ya que, después de realizado el bautismo del café en el año 1600 por el papa Clemente VIII, éste empezó a ser de consumo habitual en las noches de vigilia. La primer multiplicación del café fue constatada por el Arzobispo Virrey Caballero y Góngora en 1787, en su retorno a tierras españolas, donde anuncian la llegada del café en San Gil Santander y Muzo en la actual Boyacá (Zedadra et al. 2019). En el año 1835 se exportaron los primeros cargamentos de café procesados en la zona oriental del país, desde la aduana de Cúcuta. Desde entonces, su distribución y consumo se han

expandido en todo el país; las últimas cifras de café en el mes de febrero del año 2021, indican tres puntos importantes: En el mes de enero, la producción fue 1.081 mil sacos, con un incremento del 3,0% respecto al registro obtenido en el mes de enero de 2020 el cual fue de 1.050 mil sacos; la producción acumulada de 12 meses fue de 13.921 miles de sacos (4,0% menos respecto a los 14.506 miles de sacos obtenidos en enero de 2020); el recaudo de la cosecha corriente acumulada por 12 meses a enero de 2021 se elevó a 9,15 billones de pesos colombianos (Ocampo Lopez and Alvarez-Herrera 2017).

La producción de café varía según las condiciones meteorológicas de las zonas de cultivo, factores, tales como niveles de precipitación, altura sobre el nivel del mar, así como temperaturas que infieren directamente en los tiempos de producción de café según las zonas o departamentos en Colombia. A continuación, se muestra la Tabla 1, que da a conocer información de los tiempos de cosecha aproximados de café en 14 departamentos del país.

Tabla 1. Tiempos de cosecha de café en las diferentes regiones de Colombia

Departamento	Cosechas principales	Mitaca
Antioquia	Oct-nov-dic	Marz-abri-may
Boyacá	Oct-nov-dic	Abri-may
Caldas	Oct-nov-dic	Abri-may-jun
Cauca	Abri-mayo-jun	No existe
Cundinamarca	Abri-mayo-jun	Oct-nov-dic
Huila	Abri-mayo-jun	Oct-nov-dic
Magdalena, César y Guajira	Nov-dic-ene	No existe
Nariño	May-jun	Ene-feb
Norte de Santander	Mar-abril-may	Oct-nov-dic
Quindío	Mar-abril-may	Oct-nov-dic
Risaralda	Oct-nov-dic	Abri-may-jun
Santander	Agost-sept-oct	No existe
Tolima	Marz-abril-mayo-jun	Nov-dic-ene
Valle	Marz-abri-may	Nov-dic-ene

Fuente: (García and Olaya-Escobar 2006)

Especies y características del café variedad

En Colombia a lo largo de la historia de la caficultura se han sembrado variedad de plantas de café, entre ellas destacan para diferentes épocas el Caturra, Borbón, Arábico Maragogipe, Tabí, Nacional, entre otras. Cada una presenta características específicas que las posicionan y adecuan de acuerdo a las necesidades de los caficultores, teniendo en cuenta las necesidades de la zona y el productor, tales como condiciones climáticas y mejoras en la economía. Con el tiempo y con el desarrollo e investigación de plantas, los científicos del Centro De Investigación de Café, CENICAFE, crearon la variedad Colombia con el objetivo de controlar la broca y evitar tanto daño y pérdida en la economía del campesino cafetero. Así mismo esta mejora producida en Cenicafé en el año 1982 fue diseñada con características de resistencia a la Roya, que según CropLife Latinoamérica (2015) está catalogada como una de las enfermedades de plantas más desastrosas de toda la historia y se encuentra entre las siete plagas que mayores pérdidas económicas ha causado en los últimos 100 años.

La variedad Colombia es una planta resultado de la introducción de la variedad caturra (arábica) en un cultivo, la cual genera mayor producción y múltiples propiedades fundamentales como la resistencia a la Roya desarrollada por el Híbrido de Timor, es una de las especies de café que han tomado mayor fuerza en el país por su buen desempeño productivo y la resistencia que toma antes plagas que afectan los cultivos, así mismo afectando la economía del gremio cafetero colombiano (Moreno and Alvarado 2001).

Proceso de beneficiado de café

Según la Federación Nacional de Cafeteros (2020), el beneficio del café corresponde a la serie de operaciones efectuadas para convertir la café cereza en pergamino seco. Durante el transcurso de los años, Colombia ha dado un valor agregado al café que produce, llevando a cabo un proceso semi - industrial llamado beneficio de café. Este proceso es determinante para la producción ya que en gran parte es en este dónde ocurren inconvenientes que pueden afectar su calidad; el proceso de beneficio es también una de las principales razones que le dan la calidad que caracteriza al café colombiano, y que lo posiciona como uno de los mejores productores de café a nivel mundial. Un beneficio adecuado genera un margen de ganancia considerable al productor por la venta del producto, así mismo es fundamental un beneficiadero en condiciones apropiadas, en el cual puedan llevar a cabo las actividades de transformación correspondientes tales como el

recibido, eliminación de la pulpa, remoción de mucilago, lavado, diversas clasificaciones y secado (Chacón 2001; Rodríguez et al. 2015).

El proceso de beneficiado inicia en el recibido del café en cereza, que una vez cosechado por los recolectores es transportado hasta los beneficiaderos y por medio de basculas se estima la cantidad recolectada, logrando también tener una apreciación de la producción de la finca. Después del pesaje, es depositado en estructuras llamadas tolvas de recolección de cereza las cuales direccionan el café por canales hasta las maquinas despulpadoras encargadas de la cereza del café; esto, gracias a la presión ejercida por la camisa de la despulpadora. El anterior proceso debe iniciarse de inmediato, una vez que se cosechan los frutos ya que un retraso mayor de 6 horas puede afectar las propiedades de la bebida y producir el defecto denominado: “fermento”. El café maduro cuenta con mucílago, que facilita el despulpado, ya que basta con solo hacer una leve presión a la cereza para eliminar la pulpa.

Por otro lado, la etapa de fermentación se desarrolla en recipientes donde se dispone el grano despulpado, en la descomposición natural, se registra el tiempo para garantizar la calidad final del grano, si se sobre fermenta puede alterarse el sabor y olor de los granos, produciéndose olores similares al del vinagre, piña, cebolla o vino. Estos olores afectan la taza, y a su vez el precio del café en el mercado. “En el beneficiado húmedo tradicional de los frutos de café, abarca la práctica en la que es necesario el provecho y/o la utilización de agua en grandes cantidades como uno de los principales componentes del proceso de lavado del fruto” (Trujillo 2016).

El proceso de lavado a su vez consiste en eliminar en su totalidad el mucílago fermentado del grano por medio del uso de agua limpia, realizando hasta 2 y 3 enjuagues con el fin evitar alteraciones como la aparición de manchas en los granos, suciedad, sabor a fermento y contaminación del producto; este es uno de los procesos más delicados ya que de este depende la calidad de café. En el secado del café se logra conservar la calidad del grano, teniendo en cuenta que este es un procedimiento que requiere de un adecuado manejo de prácticas agrícolas que permitan asegurar la calidad, y así conseguir la mejor rentabilidad posible.

Normalmente, el grano de café después de lavado cuenta con una humedad de 52% a 53%, porcentajes que favorecen la propagación de microorganismos como el moho y las levaduras, debido a la composición química de estos y a las condiciones meteorológicas presentadas en la

zona. Por esta razón se debe realizar un correcto secado, que cumpla con el promedio de humedad exigida para el comercio de café, el cual está fijado entre 10% y 12% (Jurado et al. 2009). Si el grano se encuentra en este rango disminuye el porcentaje de agua a un nivel que imposibilita el desarrollo de microorganismos, ya que y reduce de forma notoria su intensidad metabólica. En este caso, cabe anotar que, la mayoría de caficultores aprovechan la radiación solar como fuente de calor para secar el pergamino y de esta manera minimizar costos de producción. El secado con silos suele generar costos más elevados de producción lo cual hace menos rentable el beneficio del café; sin embargo, los silos pueden evitar que el café se vuelva a humedecer, o sea pisado por personas o mascotas, entre otros factores que determinan su calidad. (Chacón 2001; Rodríguez et al. 2015; Trujillo 2016).

Aguas residuales procedentes del beneficio del café

Las aguas residuales del café son aquellas aguas que se generan tras el proceso de beneficio de este. Son vertimientos con características fisicoquímicas que presentan alteración por un contaminante orgánico o inorgánico, para el caso de las aguas residuales del proceso de beneficio de café corresponden a los efluentes vertidos en el proceso de lavado, aguas que contienen elevadas cantidades de microorganismos de origen orgánico que proporcionan características de contaminación y que generan alteraciones en el medio ambiente (Zambrano et al. 1999).

Para la obtención de una taza de café por beneficio húmedo se requieren diez etapas: cultivo, cosecha y procesamiento de los frutos, secado, trilla, comercialización, captación, tostado, molienda y preparación de la bebida. Se considera, que una de las etapas para la cual se utiliza mayor cantidad de agua es precisamente en el beneficio, proceso en el cual, se realizan el despulpado y lavado, los cuales originan aguas residuales que en la mayoría de casos son vertidas a ríos u otras aguas superficiales generando así problemas de contaminación de alto impacto ambiental, debido a la carga de contaminantes orgánicos que son nocivos para los afluentes hídricos, la salud humana, la flora y fauna acuática (Chacón 2001).

Las aguas residuales provienen de los procesos de lavado contienen mucilago de café y por lo regular son aguas que han estado en un proceso de fermentación hasta por 12 horas, y que llevan consigo olores elevados y con cargas de contaminación altas. Así mismo, los volúmenes de vertimiento dependerán de la cantidad de café que sea lavada por el caficultor, cabe aclarar que

los procesos de lavado se repiten hasta 3 veces, por lo cual el volumen de agua residual que es vertido en el suelo o fuentes de aguas superficial es alto (Rodríguez et al. 2015).

Lixiviados generados en el proceso de beneficio de café

Los lixiviados son producto resultante de un proceso de percolación de un fluido a través de un sólido, son aguas provenientes de un proceso de deshidratación de una sustancia, por lo regular estos residuos llevan consigo gran cantidad de componentes que el sólido contiene. De este modo, los lixiviados de café regularmente provienen de la pulpa que es retirada del grano de café, este subproducto el cual no tiene comercio y no se puede aprovechar económicamente es utilizado por los caficultores como abono sólido orgánico, sin embargo para poder aprovechar este subproducto como fertilizante este debe pasar por un periodo de deshidratación, periodo en el cual se generan residuos líquidos o lixiviados, cuando las mieles entran en contacto con la pulpa arrastran los fenoles presentes en éstas; los fenoles al contacto con el aire toman una coloración negra la cual es característica de los lixiviados de café (Ramirez, Oliveros, and Sanz 2015).

Características fisicoquímicas de aguas de lavado provenientes del beneficio de café

En el procesamiento de café, solo es aprovechado el 5% del producto, el otro 95% es catalogado como subproducto, motivo por el cual cuenta con un bajo o nulo aprovechamiento monetario, como fue mencionado en apartados anteriores, para la obtención de una sola taza de café por beneficio húmedo se requieren 10 etapas, siendo que uno de los procesos donde resulta una alta cantidad de subproductos es en la etapa de despulpado y lavado. En esta etapa, se generan aguas residuales con altas cargas de contaminación, que en muchas ocasiones son vertidas a los suelos, ríos u otras fuentes de agua superficiales generando altos impactos ambientales debido a la contaminación de las mismas, afectando de forma asociada la salud humana, flora y fauna acuática. Estas aguas son denominadas aguas mieles, dado a que en su composición se encuentran diferentes tipos de azúcares, adicionalmente tienen pH ácido que varía entre 4 - 4.5 y una alta cantidad de materia orgánica, por lo tanto, las concentraciones de DQO tienden a ser mayores a 1500 mg/L (Torres-Valenzuela et al. 2019).

Medida de la contaminación por lixiviados

De acuerdo con (Ategrus 2010), quien indica que los lixiviados en aguas superficiales pueden causar grandes problemáticas de contaminación en las aguas, haciendo fundamental el definir parámetros cuantificables relacionados. Para medir las características de los lixiviados se utilizan los mismos parámetros que para las aguas residuales, los cuales pueden ser observados en la Tabla 2. Así mismo, se pueden dividir en cuatro categorías, siendo ellas: físicas, constituyentes orgánicos, constituyentes inorgánicos y biológicas. A continuación, se presenta una tabla con los parámetros de muestreo de lixiviados.

Tabla 2. Parámetros de muestreo de lixiviados

Físicos	Constituyentes orgánicos	Constituyentes inorgánicos	Biológicos
Aspecto	Química orgánica	SS	DBO_3
pH	Fenoles	STD	Bacterias coliformes
Potencial Oxi-reducción	DQO	SVS	Recuento sobre placas
Conductividad	COT	SVD	
Color	Ácidos volátiles	Cloruros	
Turbiedad	Taninos, ligninas	Sulfatos	
Temperatura	N-Orgánicos	Fosfatos	
Olor	Solubles en éter (aceite y grasa)	Alcalinidad y acidez	
	Sustancias activas	N- Nitrato	
	Al azul de metileno	N-Nitrito	
	Grupos funcionales orgánicos	N- Amoniaco	
	Hidrocarburos clorados	Sodio	
		Potasio	
		Calcio	

		Magnesio	
		Dureza	
		Metales pesados	
		Arsenio	
		Cianuro	
		Flúor	
		Selenio	

Fuente: (Ategrus 2010)

Fuentes de aguas superficial

Las aguas superficiales son aquellas que se encuentran en reposo o movimiento en la superficie del suelo. Es agua que corre sobre tierras emergidas (plataforma continental) la cual, es producto de las precipitaciones de cada cuenca; así pues, se puede definir de dos tipos; las aguas lóaticas o lénticas. Las aguas lóaticas o corrientes se definen como: masas de agua que fluyen constantemente en una misma dirección (ejemplo: arroyos, ríos, riachuelos, manantiales, y ramblas, etc.), por otro lado, las aguas lénticas son cuerpos de agua que se encuentran constantemente inmóviles o en reposo (ejemplo: lagunas, charcos, pantanos, lagos y humedales).

Al ser territorios que cubren superficies de hasta 5000 hectáreas, las cuencas hídricas son ecosistemas que abarcan gran extensión de las zonas montañosas, el drenaje de estas desemboca a las subcuencas, estando la anterior dividida en múltiples microcuencas, motivo por el cual son susceptibles a variables tipos de contaminantes derivados de las diversas actividades económicas de las regiones (Sánchez, A. García, R & Palma, A. 2003).

Aspectos e impactos ambientales

Los aspectos ambientales están presentes en cualquier tipo de actividad humana, y están definidos como “elemento de las actividades, productos o servicios de una organización que puede interactuar con el medio ambiente” (Loustaunau, M. 2014). Entre las acciones consideradas como aspectos ambientales se incluyen: vertimientos, emisiones, consumo o la reutilización de un elemento determinado, por otro lado los impactos ambientales son todas las repercusiones ambientales presentadas en el desarrollo de las actividades antrópicas, los impactos ambientales pueden definirse como: “cualquier modificación del medio ambiente, sea

adversa o beneficiosa, como resultado total o parcial de las actividades, productos o servicios de una organización” (Loustaunau, M. 2014).

El reconocimiento de ambos conceptos se torna fundamental puesto que la relación aspectos e impactos va íntimamente ligada; los aspectos por ser las acciones que interactúan con el medio ambiente y que se convierten en las principales actividades para evaluar los posibles impactos ambientales que pueden ocurrir en una determinada actividad antrópica.

Matriz de evaluación de impactos Ambientales - Metodología Leopold

La matriz de evaluación de impactos ambientales, según (Verd, J, 2000), es una herramienta de gran utilidad para la evaluación de impactos ambientales de muy diversos orígenes. Esta matriz permite establecer un diagnóstico ambiental que posibilita la valoración de los impactos ambientales causados por las diversas actividades antrópicas.

Así mismo, la matriz de causa-efecto es un método de valoración de impactos el cual cuenta con cuadros de dos entradas que son: las acciones que pueden causar alteraciones y los elementos naturales que pueden verse afectados. Una de las matrices con mayor uso es la denominada Leopold, que reúne cien acciones las cuales pueden enlazarse con ochenta y ocho factores ambientales, esta matriz puede determinar las acciones de mayor impacto involucradas en cada proyecto, señalando las casillas que cuenten con un mayor importancia (impacto) hacia los elementos del medio, indicando la duración con la que cuenta la interacción en todo el proceso de la actividad económica o industrial, y de esta misma forma se ejecuta una evaluación cuantitativa de la magnitud de los impactos presentados utilizando una escala de sencilla interpretación.

La estructura de la matriz está basada en la interacción de factores antrópicos clasificados en las características físicas y químicas, condiciones biológicas, factores sociales y relaciones ecológicas. En este sentido, las acciones antrópicas suelen referirse a lo concerniente a modificaciones, transformaciones del territorio y construcción, extracción de recursos, procesos, alteraciones del terreno, recursos renovables, cambios en el tráfico, situación tratamiento de residuos y accidentes. De esta manera, las dos anteriores interacciones permiten identificar los impactos ambientales generados en la actividad agrícola del beneficio del café, para determinar la afectación de la quebrada La Luisa.

Parámetros fisicoquímicos

Los parámetros físicos se diferencian de los químicos, siendo el primero el relacionado con lo externo, lo visual y notable y la segunda muestra los niveles y concentraciones de diversos elementos presentes en el agua. De acuerdo con la información dispuesta por (Flores 2017), el análisis de los parámetros físicos permite determinar el olor, sabor, aspecto y calidad del agua de una forma general. En este sentido, las características físicas usualmente analizadas son: color, turbidez, conductividad y resistividad y temperatura.

Los análisis químicos se encuentran entre los requisitos fundamentales para la caracterización del agua. Los contaminantes químicos, que causan singular inquietud son los que cuentan con características tóxicas acumulativas, como los metales pesados y los agentes carcinógenos. Las propiedades físicas usualmente analizadas son: pH, dureza, alcalinidad, coloides, acidez mineral, sólidos, cloruros, sulfatos, nitritos y nitratos, fosfatos, fluoruros, sílice, carbonatos, bicarbonatos y demás componentes aniónicos (Flores 2017).

Fosfatos

El fósforo suele encontrarse comúnmente en aguas naturales, en vertimientos líquidos de múltiples actividades y en aguas residuales tratadas en forma de fosfatos. Éstos son clasificados en diferentes tipos como: orto - fosfatos, fosfatos condensados y compuestos órgano - fosfatados, los compuestos del fósforo son nutrientes de las plantas que promueven el aumento de algas en las aguas superficiales. Según sea el porcentaje concentración de fosfato existente en el agua, puede producirse la eutrofización; es decir, que sólo 1 gramo de fosfato-fósforo $\text{PO}_4 - \text{P}$ puede ocasionar el crecimiento de hasta 100g de algas. Una vez se cumple el ciclo de vida de las algas, los procesos de descomposición causan una demanda de oxígeno equivalente a 150g. Las concentraciones culminante para una eutrofización inicial están situadas entre 0,1-0,2 mg/l $\text{PO}_4 - \text{P}$ en cuerpos en movimiento y entre 0,005-0,01 mg/l $\text{PO}_4 - \text{P}$ en aguas estancadas (Bolaños-Alfaro, Cordero-Castro, and Segura-Araya 2017).

Es importante resaltar que, los compuestos de fosfato presentes en aguas residuales o los vertidos puntualmente en aguas superficiales son procedentes de fertilizantes eliminados del suelo ya sea por acción del agua o el viento, de deposiciones humanas y animales o detergentes y productos de limpieza utilizados

Nitratos

Los nitratos son iones formados por tres átomos de oxígeno, uno de nitrógeno y con una carga negativa (NO_3^-), no tienen color ni sabor y se encuentran en la naturaleza disueltos en el agua. Su presencia natural en las aguas superficiales o subterráneas es consecuencia del ciclo natural del nitrógeno, estos están presentes naturalmente en suelos, agua vegetales y carne, se les encuentra también en pequeñas concentraciones 1-40 microgramos/m³. (Bolaños-Alfaro et al. 2017).

El nitrato es un contaminante común encontrado en el agua, este puede provocar efectos nocivos si se consume en altos niveles, este elemento es inodoro e incoloro. Bajas concentraciones de nitrato son normales, pero altas cantidades pueden contaminar nuestra fuente de agua potable. En áreas con agua pura, como ser las aguas subterráneas poco profundas y que no están afectadas por las actividades antrópicas, las concentraciones son usualmente de menos de 2 miligramos por litro (mg/L) de nitrato. Fuentes de generación de nitrato comúnmente son los fertilizantes o abonos nitrogenados, estiércol o compost. Las cantidades más elevadas de nitrato se encuentran en suelos montañosos y de actividades agrícolas, el nitrato es un elemento que se mueve fácilmente a través del suelo llevado por el agua de lluvia y de riego hasta las aguas subterráneas (Programa Regulatorio Agrícola 2013).

Nitritos

La presencia de nitritos en el agua es un indicativo de contaminación de carácter fecal reciente, en aguas superficiales bien oxidadas el nivel de nitritos no suele superar los 0.1 mg/L, así mismo cabe resaltar que el nitrito se halla en un estado de oxidación intermedio entre el nitrato y el amoníaco, los nitritos en concentraciones elevadas reaccionan dentro del organismo con aminas y amidas secundarias y terciarias formando nitrosaminas de alto poder cancerígeno y tóxico. Valores superiores a 0.1 y 0.9 mg/L pueden presentar problemáticas de toxicidad dependiendo del pH, así mismos valores por encima de 0.1 mg/L presentan impedimento para la vida piscícola y el desarrollo normal de ecosistemas fluviales (Ivonne Gonzalez Lozano 1994)

Potencial de Hidrogeno (pH)

Se define como el logaritmo de la inversa de la concentración de protones: $\text{pH} = \log 1/ [\text{H}^+] = -\log [\text{H}^+]$; este parámetro es de amplia aplicación y es muy común su estudio en aguas naturales y residuales. Es una propiedad, pero de vital importancia porque influye en diversas reacciones químicas y biológicas. Rangos o valores muy altos pueden generar muerte de peces, como también drásticas alteraciones en la flora y fauna acuática, reacciones alternas como, cambios en la solubilidad de los nutrientes, formación de precipitados, entre otros. El pH es un factor de suma importancia en los sistemas químicos y biológicos de las aguas naturales. El valor del pH compatible para la vida piscícola está determinado entre 5 y 9 unidades de pH. Sin embargo, para la mayoría de las especies acuáticas, la zona de pH adecuada se sitúa entre 6.0 y 7.2. Fuera de este rango no es posible la vida como consecuencia de la desnaturalización de las proteínas.

La alcalinidad es la suma total de los componentes en el agua que tienden a elevar el pH del agua por encima de un cierto valor (bases fuertes y sales de bases fuertes y ácidos débiles), y, lógicamente, la acidez corresponde a la suma de componentes que implican un descenso de pH (dióxido de carbono, ácidos minerales, ácidos poco disociados, sales de ácidos fuertes y bases débiles). Ambos, alcalinidad y acidez, controlan la capacidad de taponamiento del agua, es decir, su capacidad para neutralizar variaciones de pH provocadas por la adición de ácidos o bases. El principal sistema regulador del pH en aguas naturales es el sistema carbonato dióxido de carbono, ion bicarbonato y ácido carbónico, (Rodríguez Zamora. 2009).

Amonio

El ion amonio es un elemento proveniente de la degradación de materia orgánica o residuos orgánicos nitrogenados, es un proceso que existe gracias al proceso de amonificación o de la fijación biológica (Fernández 2005). El proceso de fijación biológica de nitrógeno es una acción que puede efectuarse solo por algunas especies de algas y bacterias de vida autónoma y diversos microorganismos que viven en relaciones simbióticas, entre estas, cabe destacar la bacteria *Rhizobium*, la cual se encuentra en los nódulos radiculares de las plantas leguminosas (soja, trébol, alfalfa, entre otras) y es capaz de tomar el nitrógeno atmosférico y convertirlo en amoníaco o ion amonio, como un resultado del proceso de amonificación, el amonio es absorbido por las plantas a través de su sistema radicular.

Una vez digeridos los vegetales, el nitrógeno orgánico se incorporará como proteína a todos los seres vivos a través de la cadena alimentaria, debido a que dicho ion posee una carga positiva en su composición química, éste puede retenerse en las partículas de arcilla del suelo cuya carga es negativa; por lo que es relativamente inmóvil en el suelo como consecuencia de ello y por lo general no se incorpora al agua subterránea (Fernández 2005). Sin embargo, por procesos biogeoquímicos naturales, este ion puede llegar a fuentes de aguas superficiales y generar problemáticas de contaminación que incrementen los valores de amonio y puedan alcanzar niveles tóxicos que alteren la capacidad de los seres vivos para vivir y reproducirse.

Alcalinidad

La alcalinidad o basicidad del agua, es la unidad que mide la capacidad del agua para neutralizar ácidos que tiene la misma. A diferencia del pH, que indica si una solución es un ácido o una base, la alcalinidad del agua representa cuánto ácido puede absorber una solución sin alterar el pH. Es específicamente, la capacidad amortiguadora de una solución. De tal modo, las soluciones con alcalinidades bajas tienen una menor capacidad de amortiguación y tienden a cambiar de pH rápidamente cuando se le es agregada una solución acida

En las fuentes de agua superficiales, la alcalinidad varía y se determinara según la ubicación geográfica. La geología de la zona influye directamente en la alcalinidad del recurso. Los minerales de las rocas y el suelo del área son los responsables, las áreas con una alta frecuencia de piedra caliza tendrán una alcalinidad mucho más alta que las áreas que tienen una alta frecuencia de granito. Para medir la alcalinidad del agua de debe conocer las concentraciones en ppm de carbonato de calcio ($CaCO_3$). Los iones de hidróxido (OH^-), los iones de bicarbonato (HCO_3^-) y los iones de carbonato (CO_3^{2-}) contribuyen a la alcalinidad del agua (Espinoza Altamirano 2005).

Dureza Total

La dureza total en el agua hace referencia a la concentración de iones alcalinotérreos que hay en el agua. Es la cantidad de Ca^{2+} y Mg^{2+} , normalmente es mucho mayor que la del resto de iones alcalinotérreos, la dureza es la suma de las concentraciones de estos dos iones. La dureza generalmente se expresa como el número equivalente de miligramos de carbonato de calcio

(CaCO_3) sobre litro, si la concentración total de Ca^{2+} y Mg^{2+} es 1 mM, se dice que la dureza es 100 mg L⁻¹ de CaCO_3 (= 1 mM de CaCO_3).

Un agua de dureza inferior a 60 mg L⁻¹ de CaCO_3 se considera blanda, estas aguas cuentan con características normales y en sistemas de tratamiento se dejan manejar fácilmente, si por el contrario la dureza es superior a 270 mg L⁻¹ de CaCO_3 , el agua se considera dura. Las variantes concentraciones de dureza no generan una problemática en los ecosistemas ni en la salud humana, pues este parámetro genera afectaciones directas en aguas de uso industrial y otras actividades, las aguas duras regularmente no producen espuma con el jabón y produce una costra en las ollas y en los grifos, algunas veces tienen sabor desagradable. La dureza específica indica la concentración individual de cada ion alcalinotérreo (Rodríguez Zamora. 2009)

Conductividad

La conductividad hace referencia a la capacidad del agua para transportar una corriente eléctrica. Este parámetro está relacionado con la concentración de iones que provienen de sales disueltas y materia inorgánica (alcalinos, carbonatos, cloruros y sulfuros), como también las concentraciones, movilidad y valencia, al igual que la temperatura en la que se encuentra el medio líquido. Estos compuestos disueltos en el agua se convierten en iones a los que también se pueden llamar o definir como electrólitos. Cuando mayor es la concentración de electrólitos en el agua, mayor será también su conductividad (o conductividad electrolítica). Los electrólitos que se pueden encontrar comúnmente en el agua son: Ca^{2+} , Mg^{2+} , N^+ , K^+ Los iones transportan electricidad debido a sus cargas positivas y negativas (cationes y aniones). Sin importar la cantidad de estos en el agua, la conductividad eléctrica se mantiene siempre neutral.

La conductividad del agua es un parámetro muy utilizado en plantas de tratamiento, es determinado como un parámetro común para determinar la calidad del agua, pues este parámetro tiene una relación directa con parámetros como la alcalinidad y dureza en el agua. Al ser un método accesible, y de fácil utilización, este parámetro está ligado a otros parámetros y por medio de este se pueden identificar a conocer indicios del valor de otros parámetros como por ejemplo para la dureza total (Rodríguez Zamora. 2009). Los niveles de conductividad del agua pueden estar en diferentes valores según el tipo de agua, así para agua destilada debe presentar

valores entre 0.5 – 3.0 ($\mu\text{S} / \text{cm}$), el agua potable 30 – 1500 ($\mu\text{S} / \text{cm}$) y el agua de suministro de riego <750 ($\mu\text{S} / \text{cm}$).

Oxígeno disuelto

Este parámetro representa la cantidad de oxígeno disuelto (OD) presente en el agua y que es de vital importancia en las microcuencas, ríos y lagos. El OD es un buen indicador de la calidad del agua, cuanto nivel de contaminación puede haber en ella o por el contrario su calidad y cuál es la capacidad para dar soporte a la vida vegetal y animal de estas, regularmente entre más altos sean los niveles de oxígeno disuelto en el agua mejor será su calidad, si estos niveles son demasiado bajos algunas especies de plantas y animales acuáticos se verían afectados al no poder sobrevivir en las aguas (Peña 2007). El oxígeno disuelto es un parámetro de gran relevancia en la dinámica de las aguas. “Su solubilidad es función de varios factores: temperatura, presión, coeficiente de solubilidad, tensión de vapor, salinidad y composición fisicoquímica del agua. Además, el porcentaje de saturación del oxígeno en agua depende de la turbulencia y de la superficie de contacto entre el gas y el agua (Alvarez et al. 2006)”. Los niveles de oxígeno disuelto puede, tener variaciones entre 0 – 18 partes por millón (ppm), aunque regularmente la mayoría de fuentes hídricas requieren solo porcentajes entre 5 – 6 ppm, es esta cantidad se podrá garantizar una diversidad de vida acuática, los niveles de oxígeno inferiores a 3 ppm son perjudiciales para la mayoría de organismos acuáticos y por debajo de 2 o 1 ppm las especies mueren, lo cual lo hace un nivel muy bajo que imposibilita la vida acuática (Peña 2007).

Turbidez

La turbidez es un parámetro que considera una buen índice de medida de la calidad del agua, es una unidad que mide el grado en el cual una muestra de agua pierde transparencia por la presencia de partículas sólidas en suspensión, esta tiene una gran importancia sanitaria, ya que por medio de esta se refleja un porcentaje del contenido de material coloidal, mineral u orgánica que puede ser sospecha de contaminación, si la cantidad de sólidos en suspensión del agua es alta, más sucia será su apariencia y por tal motivo más alta será tu turbidez. (Villanueva Montealegre and Avila Rojas 2019).

Marco legal

El corregimiento de Pardo Alto – Valle, cuenta con un registro pequeño de beneficiarios a redes de agua, debido a que la mayoría de las fincas productoras no cuentan con acueducto y alcantarillado, sino que se abastecen de diversas quebradas provenientes de nacimientos de agua ubicados en la alta montaña. Las comunidades beneficiadas por el sistema de acueducto se acogen al decreto 1076 de 2015 capítulo 4. Registro de beneficiarios del recurso hídrico, que tiene por objetivo permitir el aprovechamiento de aguas, estipulando normas puntuales para los diversos usos del recurso. Esta norma deroga el decreto 1541 de 1978 y el decreto 303 de 2012 que reglamentó parcialmente el artículo 64 del decreto – Ley 2811 de 1974 en relación con el registro de beneficiarios del recurso hídrico (Con et al. 2020).

Estas pequeñas comunidades que, cuentan con servicio de acueducto, tienen impuesta una tasa retributiva bimensual por el uso del agua, tal como lo estipula el decreto 1076 de 2015 capítulo 4. Registro de beneficiarios del recurso hídrico, por el cual se establece el artículo 43 de la ley 99 de 1993 sobre el costo por aprovechamiento de aguas y se adoptan otras disposiciones; el presente decreto, deroga el decreto 155 de 2004. La tasa retributiva se fija por el servicio brindado en la potabilización del agua, y el acceso a redes de alcantarillado; presentando un incremento de acuerdo con el consumo por metro cúbico de agua utilizado en una finca o propiedad determinada (Gobierno Nacional 1993).

Los beneficiarios del servicio de acueducto en el corregimiento de Pardo Alto tienen acceso a aguas tratadas y red de alcantarillado, pero esto no los exime del deber de priorizar su uso como consumidores. El agua utilizada tanto en el proceso de beneficio de café, como para saneamiento básico en el hogar debe ser administrada correctamente de acuerdo con la ley 373 de 1997, que tiene como objeto fijar obligaciones que contemplen el ahorro y uso eficiente de agua a quienes administrar y hacen uso de esta. En caso de presentarse un gasto elevado de agua, las entidades ambientales realizarán las sanciones pertinentes a las entidades encargadas, a usuarios que desperdicien o a altos mandos administrativos que se encuentren involucrados directamente con estos gastos elevados, según lo establecido por el artículo 85 de esta ley, ejerciendo sus facultades otorgadas por el artículo 83 de la ley 99 de 1993 (Congreso de la República de Colombia 1997a).

En Colombia, a partir del 1 de enero del año 2018, entro a regir la resolución 0631 de 2015 donde se establecen los límites máximos permisibles para diferentes parámetros, que deben obligatoriamente cumplir los vertimientos industriales para no afectar las corrientes de agua que los reciben. No realizar este proceso impactaría negativamente los niveles de oxígeno disuelto en las cuencas hídricas y así mismo aumentarían los niveles de nitrógeno amoniacal en el agua, resultado natural de la descomposición de componentes orgánicos en el agua (País, 2018).

La resolución 631 de 2015 tiene como objetivo establecer “los parámetros y valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de agua superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones”(MADS 2015). La anterior, debe cumplirse a nivel nacional según el tipo de actividad realizada, ya sea industrial, comercial, de servicios o domiciliaria. Los límites máximos permisibles para el proceso de beneficio de Café, se encuentra en la presente resolución dentro de las actividades de agroindustria y ganadería en la cual se encuentran diversas actividades agrícolas, en la Tabla 3, que se presenta a continuación se muestra los valores que establece la resolución para el beneficio del café.

Tabla 3. Límites máximos permisibles para vertimientos puntuales del beneficio de Café

Parámetro	Unidades	Beneficio de café (Clasificación de la federación nacional de cafeteros – FNC/ Cenicafé).	
		Proceso ecológico	Proceso tradicional
Generales			
pH	Unidades de pH	5,00 a 9,00	5,00 a 9,00
DQO	mg/L O ₂	3.000,00	650,00
DBO ₅	mg/L O ₂	400,00	
SST	mg/L	800,00	400,00
SSED	mL/L	10,00	10,00
Grasas y aceites	mg/L	30,00	10,00

Fósforo total	mg/L	Análisis y reporte	Análisis y reporte
Compuestos de nitrógeno	mg/L	Análisis y reporte	Análisis y reporte
Color real	m -1	Análisis y reporte	Análisis y reporte

Fuente: Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible, 2015

Dentro de la normatividad que contribuye al control en los vertimientos puntuales también se encuentra el decreto 1076 de 2015, capítulo 3. Ordenamiento del recurso hídrico y vertimientos, que tiene como objeto reglamentar 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 respecto a usos de agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones. El presente decreto deroga el decreto 3930 de 2010, así como partes del decreto 1594 de 1984 que no fueron derogados por el 3930 (Presidencia de la República Colombia 1974).

Las actividades que componen el proceso de beneficio de Café también cuentan con un aspecto ambiental que puede desencadenar impactos negativos en el medio ambiente, el cual es la disposición inadecuada de residuos sólidos resultantes en este proceso, como: la cáscara y el mucílago. Existe una norma que establece control a los vertimientos de residuos sólidos generados en zonas rurales. Esta es la ley 388 de 1997, que tiene como objeto reglamentar mecanismos que permitan a los municipios, ejercer su autonomía, promoviendo el ordenamiento de su territorio, el uso moderado y racional del suelo, preservación y resguardo del patrimonio ecológico y cultural situado en su ámbito territorial. En este caso, el corregimiento de Pardo Alto está sujeto a las normas ambientales que se estipulen en el municipio de Andalucía (Congreso de la República de Colombia 1997)

Metodología

Trabajo de campo

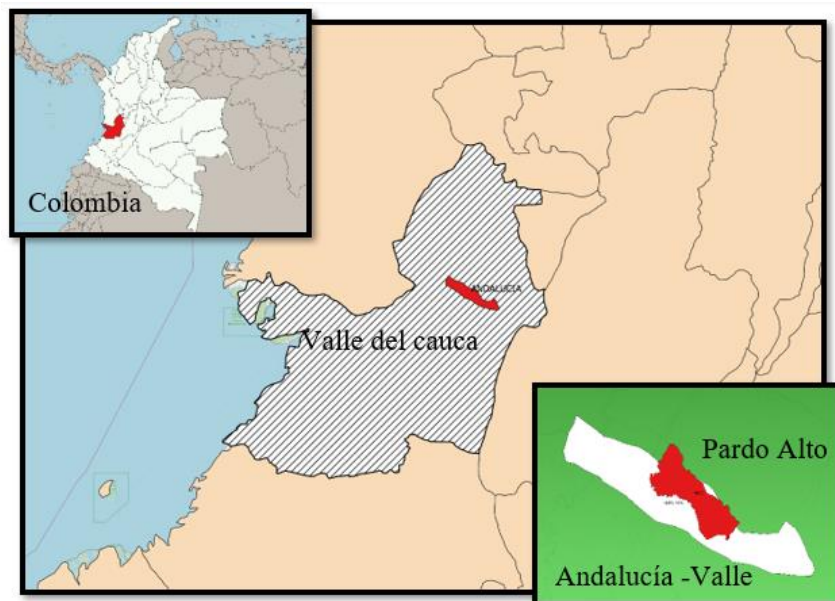
El trabajo de campo se realizaron tres (3) muestreos, estos se efectuaron durante tres (3) semanas consecutivas, una vez cada semana que corresponden a los días 15, 22 y 01 de marzo 2021, en este periodo de tiempo se realizaron las visitas de campo y así mismo se realizaron los muestreos en las fechas anteriormente mencionadas.

Localización de la zona de estudio y los puntos de muestreo

El proceso de muestreo se efectuó en la cuenca La Luisa, ubicada en el corregimiento Pardo Alto del, municipio de Andalucía Valle del Cauca. Con coordenadas 379675.00 m E y 450625.00 m N, temperatura promedio de 22°C y elevación de 1.654 msnm, la zona cuenta con un régimen de lluvia bimodal, las épocas con mayor precipitación corresponden a los meses de mar-jun y de sep-nov, la producción agrícola y uso de suelos es predominantemente basado en sistemas de cultivos como café, plátano, banano, cacao y una pequeña parte con extensión de ganado productor de leche como consecuencia de las condiciones topográficas de la zona con pendientes superiores a 35%, los suelos son de origen Volcánico, proveniente del proceso de erosión de la cordillera central.

La finca “La Aurora” se encuentra ubicada en el corregimiento de Pardo Alto, del municipio de Andalucía – Valle del cauca, ubicada a 32 kilómetros aproximadamente del casco urbano, con coordenadas 4,0845380, -76,0811710, temperatura promedio de 22°C, y elevación de 1.687 msnm. Sus características climáticas la hacen propicia para el cultivo de café. Ésta finca cuenta con 70.000 m² metros cuadrados, de los cuales 50.000 m² metros cuadrados están cultivados con café de diferentes variedades, distribuido en 5 lotes, en los cuales se caracterizan 3 especies de café, Lote 1: especie Catimor, Lote 2: especie Variedad Colombia y Lote 3,4 y 5: especie Variedad Castilla, cultivados de manera tradicional, con aplicación de fertilizantes químicos, fungicidas, entre otros.

Imagen 1. Localización del punto de muestreo



Fuente: Elaboración Propia

Recolección de muestras

Las muestras se tomaron en la fuente de agua superficial microcuenca la Luisa, esta actividad se dividió en tres tomas que se realizaron en días diferentes del mes de marzo (especificado previamente). Para este estudio fue necesario tomar dos muestras, la primera, aguas arriba de la quebrada, antes de ser intervenida por la fuente contaminante y la segunda muestra, aguas abajo después de la intersección del vertimiento; lo anterior con el objetivo de establecer la posible variación en las características del recurso. Para realizar la toma de las muestras se utilizaron dos recipientes tipo botella PET 1000 cm³, que sirvieron de contenedores para ser trasladadas al laboratorio multipropósito de la UNAD CEAD Palmira, donde fueron ejecutados los ensayos. No obstante, es preciso indicar que las condiciones de caudal fueron variables teniendo en cuenta las condiciones climáticas de la temporada.

Para determinar el caudal de la quebrada la Luisa se utilizó el método velocidad/superficie, este método se halla midiendo la velocidad del agua por medio de la corriente de la superficie, y midiendo el área de la sección transversal a la cual se le calculara la velocidad, esta se calcula a partir de la siguiente formula: $Q(m^3/s) = A(m^2) \times V(m/s)$

Para medir la velocidad se cuenta el tiempo en que tarda el recorrido de un objeto flotante sobre una distancia conocida, hallando así la velocidad. La unidad métrica utilizada es m^3/s , por ser una unidad tan grande se hace la conversión a litros por segundo (l/s), teniendo en cuenta el volumen de agua que transporta la microcuenca. En la medición del caudal de la quebrada La Luisa se seleccionaron 3 puntos específicos a distancias mayores a los 400 metros entre puntos de medición, donde los caudales fueron: Punto 1: 166 L/s, Punto 2: 170 L/s y punto 3: 173 L/s, que al promediarse dan como resultado promedio 170 L/s.

Registro fotográfico de los muestreos

Los procesos de recolección de muestras se realizaron los días 15, 22 de febrero y el 01 de marzo del 2021, durante los procesos de toma de muestra se siguieron estrictamente las tomas de las aguas en horas iguales, la toma de muestra aguas arriba fue realizada a las 11:00 am, mientras que para las aguas abajo las tomas se realizaron a las 11:40 am durante los tres muestreos en las diferentes fechas antes mencionadas.

La Imagen 2 presenta los muestreos realizados el 15 de febrero del 2021, donde se tomaron las muestras aguas arriba del estudio realizado.

Imagen 2. Muestreo 1 – 15/02/2021, Quebrada La Luisa, toma de fotos aguas arriba.



Fuente: Elaboración propia

La imagen 3 presenta los muestreos realizados el 15 de febrero del 2021, donde se tomaron las muestras aguas abajo del estudio realizado.

Imagen 3. Muestreo 1 - 15/02/2021, Quebrada La Luisa, toma de fotos aguas abajo.



Fuente: Elaboración propia

La imagen 4 presenta los muestreos realizados el 22 de febrero del 2021, donde se tomaron las muestras aguas arriba del estudio realizado

Imagen 4. Muestreo 2 – 22/02/2021, Quebrada La Luisa, toma de fotos aguas arriba.



Fuente: Elaboración propia.

La Imagen 5 presenta los muestreos realizados el 22 de febrero del 2021, donde se tomaron las muestras aguas abajo del estudio realizado.

Imagen 5. Muestreo 2 – 22/02/2021, Quebrada La Luisa, toma de fotos aguas abajo.



Fuente: Elaboración propia

La Imagen 6 presenta los muestreos realizados el 01 de marzo del 2021, donde se tomaron las muestras aguas arriba del estudio realizado.

Imagen 6. Muestreo 3 – 01/03/2021, Quebrada La Luisa, toma de fotos aguas arriba.



Fuente: Elaboración propia

La Imagen 7 presenta los muestreos realizados el 01 de marzo del 2021, donde se tomaron las muestras aguas abajo del estudio realizado

Imagen 7. Muestreo 3 – 01/03/2021, Quebrada La Luisa, toma de fotos aguas abajo.



Fuente: Elaboración propia

Análisis de laboratorio y equipos utilizados

Para los análisis de laboratorio se utilizaron las instalaciones del laboratorio multipropósito de la UNAD, CEAD Palmira, ubicado en Cr 28 #40-56, Palmira, Valle del Cauca. Para determinar los valores de los parámetros a evaluar se utilizaron equipos de las instalaciones tales como, turbidímetro, conductímetro y Kit de colorimetría Visocolor Eco para determinar amonio, dureza, nitratos, nitritos y fosfatos.

La turbiedad de la muestra fue analizada por medio del turbidímetro marca Martini Instruments MI - 415, en el cual se promedian 3 análisis de la muestra de agua realizada, con el fin de obtener un resultado más acertado. En el caso del pH, se utilizaron tiras indicadoras de papel, las cuales deben sumergirse aproximadamente por 2 segundos en la muestra recolectada, determinando de esta manera la acidez o basicidad del líquido; este ensayo se realizó en las muestras aguas arriba y abajo.

Instrucciones para análisis de amonio - Kit Visocolor Eco

Para la determinación de los niveles de amonio de las muestras aguas arriba y aguas abajo, se utilizó un Kit Visocolor ECO – Amonio. El mismo fue realizado en duplicada y constó de los siguientes pasos:

1. Llenar ambos tubos de medida con 5 ml de muestra.
Adición de reactivos.
2. Añadir 10 gotas de $NH_4 - 1$, cerrar el tubo y mezclar.
3. Añadir una cucharada medidora rasa de $NH_4 - 2$, cerrar el recipiente y agitar hasta que se haya disuelto el polvo. Esperar 5 minutos.
4. Añadir 4 gotas de $NH_4 - 3$, cerrar recipiente y mezclar.
5. Después de 7 minutos, colocarlo en el Pos B del comparador.
6. Desplazar el comparador hasta alcanzar la igualdad de color en la parte transparente.
7. Hacer la lectura del valor de medida en la muesca de la lengüeta del comparador, los valores se pueden interpolar.

Instrucciones de uso para análisis de dureza total – Kit Visocolor Eco

Para la determinación de los niveles de dureza total de las muestras aguas arriba y aguas abajo, se utilizó un Kit Visocolor ECO – Dureza total. El mismo fue realizado en duplicada y constó de los siguientes pasos:

1. Llenar el recipiente de prueba con 5 mL del agua de ensayo.
Adición de reactivos.
2. Añadir 2 gotas de GH-1, mezclar invirtiendo el recipiente. La prueba de agua se colorea roja. La coloración verde indica que no hay formadores de dureza.

3. Mantener perfectamente vertical el frasco cuentagotas GH-2. Añadir gota a gota GH-2, al respecto mezclar la prueba por inversión hasta que se colorea en verde. Contar las gotas. Una gota corresponde a un grado de dureza total ($^{\circ}$ d).
4. Después del uso limpiar detenidamente el frasco de prueba.
5. Los recipientes de medida deberán cerrarse inmediatamente después del uso. No tocar el cuentagotas.

Instrucciones para análisis de Nitrato - Kit Visocolor Eco

Para la determinación de los niveles de Nitrato de las muestras aguas arriba y aguas abajo, se utilizó un Kit Visocolor ECO – Nitrato. El mismo fue realizado en duplicada y constó de los siguientes pasos:

1. Llenar ambos tubos de medida con 5 ml de muestra.
Adición de reactivos.
2. Añadir 5 gotas de $NH_4 - 1$, cerrar el tubo y mezclar.
3. Añadir una cucharada medidora rasa de $NH_4 - 2$, cerrar el recipiente y agitar hasta que se haya disuelto el polvo. Esperar 5 minutos.
4. Añadir 4 gotas de $NO_3 - 1$, cerrar el tubo y mezclar.
5. Añadir 1 cuchara medidora rasa de $NO_3 - 2$, cerrar el tubo, agitar e inmediatamente y fuerte durante 1 min.
6. Después de 5 minutos, abrir el tubo y colocarlo en el comparador.
7. Desplazar el comparador hasta alcanzar la igualdad de color en la parte transparente. Hacer la lectura del valor de medida en la muesca de la lengüeta del comparador, los valores se pueden interpolar.

Instrucciones para análisis de Nitrito - Kit Visocolor Eco

Para la determinación de los niveles de Nitrito de las muestras aguas arriba y aguas abajo, se utilizó un Kit Visocolor ECO – Nitrito. El mismo fue realizado en duplicada y constó de los siguientes pasos:

1. Llenar ambos tubos de medida con 5 ml de muestra.

Adición de reactivos.

2. Añadir 4 gotas de $NO_2 - 1$, cerrar el tubo, mezclar.
3. Añadir 1 cuchara medidora rasa $NO_2 - 2$, cerrar el tubo, agitar hasta que se haya disuelto el polvo.
4. Después de 10 minutos abrir el tubo y colocarlo en el comparador.
5. Desplazar el comparador hasta alcanzar la igualdad de color en la parte transparente.
6. Hacer la lectura del valor de medida en la muesca de la lengüeta del comparador, los valores se pueden interpolar.

Instrucciones para análisis de Fosfatos - Kit Visocolor Eco

Para la determinación de los niveles de Fosfatos de las muestras aguas arriba y aguas abajo, se utilizó un Kit Visocolor ECO – Fosfato. El mismo fue realizado en duplicada y constó de los siguientes pasos:

1. Llenar ambos tubos de medida con 5 ml de muestra.

Adición de reactivos.

2. Añadir 6 gotas de $PO_4 - 1$, cerrar el tubo, mezclar.
3. Añadir 6 gotas de $PO_4 - 2$, cerrar el tubo, mezclar.
4. Después de 10 minutos abrir el tubo y colocarlo en el comparador.
5. Desplazar el comparador hasta alcanzar la igualdad de color en la parte transparente.
6. Hacer la lectura del valor de medida en la muesca de la lengüeta del comparador, los valores se pueden interpolar.

Matriz de Leopold

La matriz de Leopold es denominada una matriz muy amplia y completa que permite medir de manera cualitativa la magnitud e importancia ambiental que posee cada una de las acciones relacionadas al proceso de beneficiación de Café en relación con las condiciones o factores ambientales. Estos últimos se encuentran ubicados en el eje vertical de la matriz, mientras que las acciones se encuentran en el eje horizontal (Ponce 2013). A continuación, se explican a fondo los atributos de magnitud e importancia.

Magnitud: Dimensión del grado, extensión o proporción del impacto (Según las características del entorno). Indica su tamaño o extensión física, si es grande o pequeño, y puede tener signo mayor o menor (+ o -), de acuerdo con su afectación o contribución a los factores ambientales definidos (Toro, Martínez, and Martelo 2016). La magnitud cuenta con una escala de valoración del 1 al 10. Donde 1 es el impacto de mínima magnitud y 10 el Impacto de máxima magnitud.

Importancia: Es la repercusión del impacto, reflejada por medio de una cifra subjetiva (peso correspondiente de cada impacto, con relación con el resto del ambiente). (Toro et al. 2016). La importancia se califica en una escala de 1 al 10, en la cual 1, es el valor de mínima importancia y 10 es el valor de máxima importancia.

Una vez expuestos los conceptos de magnitud e importancia en la matriz de Leopold se dan a conocer los criterios de calificación según la intensidad y alteración de la magnitud y la duración e influencia en la importancia, definidas en cada una de las acciones que hacen parte del proceso de beneficiación del Café, tal como lo muestra la Tabla 4.

Tabla 4. Criterios de calificación de magnitud e importancia en la matriz de Leopold

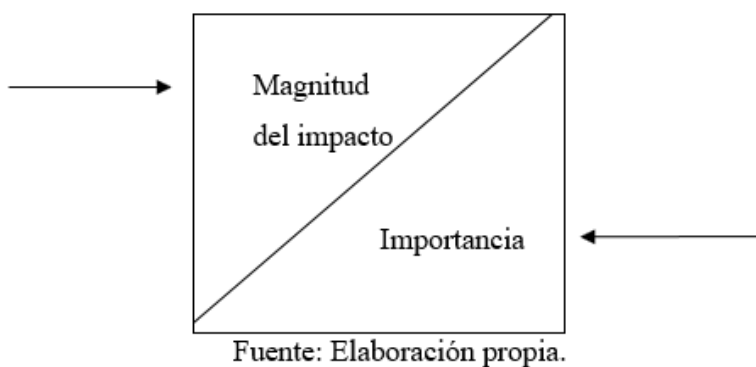
Magnitud			Importancia		
Intensidad	Alteración	Calificación (+) (-)	Duración	Influencia	Calificación
Baja	Baja	1	Temporal	Puntual	1
Baja	Media	2	Media	Puntual	2
Baja	Alta	3	Permanente	Puntual	3
Media	Baja	4	Temporal	Local	4
Media	Media	5	Media	Local	5
Media	Alta	6	Permanente	Local	6
Alta	Baja	7	Temporal	Regional	7
Alta	Media	8	Media	Regional	8
Alta	Alta	9	Permanente	Regional	9
Muy alta	Alta	10	Permanente	Regional	10

Fuente: Recuperado de (GAYOSO 1995)

De acuerdo con los criterios de calificación establecidos para la magnitud e importancia se da la valoración en el recuadro correspondiente, a partir de la duración, intensidad, alteración e influencia de las acciones. Diversas actividades presentes en el proceso de beneficiación del café pueden establecerse con una importancia de duración temporal e influencia puntual, ya que la cosecha del café no es constante, sino que se presenta por lo general dos veces al año, haciendo que este proceso se defina con una duración temporal y de influencia local o puntual, al presentarse en un corregimiento o zona específica.

Teniendo la anterior información, se procede a mostrar el orden de calificación en las casillas. La forma correcta en que debe diligenciarse la magnitud e importancia en cada celda de la matriz Leopold, se puede observar en la Imagen 8 que se presenta a continuación:

Imagen 8. Descripción gráfica del diligenciamiento de las celdas en la matriz Leopold



En la celda, la magnitud (área o volumen afectado) debe diligenciarse en la parte superior con signo positivo o negativo, según la afectación o beneficio de la acción evaluada y la importancia (gravedad del impacto), debe diligenciarse en la parte inferior de la celda. Cabe anotar que por cada acción realizada en el proyecto que influya en uno o más factores ambientales como el agua, la tierra y demás recursos, se debe estimar un valor para la magnitud e importancia y una vez finalizada la evaluación para cada actividad se procede a realizar la sumatoria de valores en sentido vertical y sentido horizontal, con el fin de rectificar el resultado final de todas las sumatorias, tal cual como se observa en la Tabla 5.

Tabla 5. Ejemplo de cuantificación de valores de la matriz de Leopold

FACTORES AMBIENTALES \ ACCIONES DEL PROCESO	ACCIONES DEL PROCESO						Afectaciones positivas	Afectaciones negativas	Agregado de impacto
	Acción 1	Acción 2	Acción 3	Acción 4	Acción 5	Acción 6			
Factor 1		-35		-32			0	2	-67
Factor 2	54			-90		20	2		-16
Factor 3			-36				0	1	-36
Factor 4	-10				56		1		46
Factor 5		24		-50			1		-26
Afectaciones positivas	1	1	0	0	1	1	Comprobación		
Afectaciones negativas	1	1	1	3	0	0			-99
Agregado de impacto	44	-11	-36	-172	56	20		-99	-99

Fuente: (Gómez 2019)

Cada acción es la suma de múltiples actividades que componen un proceso específico. Es decir; en el proceso de beneficio se encuentran actividades como el despulpado, la cual está compuesta por aspectos requeridos como el uso de energía eléctrica para el uso de maquinaria, uso de agua para hidratación de la cereza y, por último, la eliminación de la cáscara. Cada uno de estos aspectos mencionados, tienen una calificación respecto a la magnitud e importancia de los impactos generados en los recursos naturales afectados o requeridos para llevar a cabo estas actividades, los cuales son sumados para definir el valor obtenido en la acción de despulpado.

La suma del agregado de impacto ubicadas al final de las filas y columnas de la matriz, deben ser exactamente iguales con el fin de comprobar que los valores dispuestos en las casillas sean correctos, al contar con el mismo resultado en ambos lados. Si el resultado obtenido globalmente es negativo, indica que el proceso o actividad como tal genera afectación y perjudica al medio

ambiente; pero si los resultados son positivos, tanto en una acción como a nivel global, indica que el proyecto en específico genera un beneficio para el medio ambiente, (Gómez 2019).

Finalmente, para cuantificar realmente el impacto que ocasiona un proceso de acuerdo con el resultado obtenido en la matriz de Leopold, se establece la Tabla 6. Esta tabla cuenta con valores que van desde 1 al 93 más alto, con el fin de estimar la gravedad del impacto generado en una actividad específica, caracterizando el impacto como bajo, medio, severo y crítico de acuerdo con el resultado final obtenido en la matriz.

Tabla 6. Valoración de impactos (matriz de Leopold)

Valoración de impactos	
Impacto bajo	1-30
Impacto medio	31-61
Impacto severo	61-92
Impacto crítico	>93

Fuente: (Ponce 2013)

Resultados y análisis

Los resultados obtenidos en el estudio realizado en la microcuenca la Luisa, donde se evalúan los impactos que genera la inadecuada disposición de los vertimientos líquidos del proceso de beneficio del café, principal actividad económica de las comunidades del corregimiento pardo alto en el municipio de Andalucía – Valle del Cauca se observan a continuación.





Caracterización fisicoquímica de las aguas





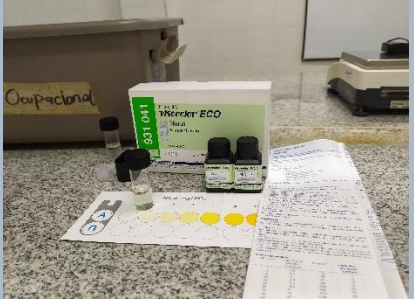
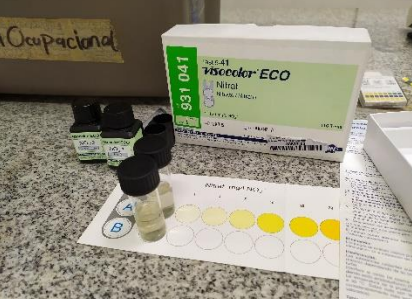
Como primer método de evaluación se realizó un estudio de las aguas de la microcuenca la Luisa, este se hizo durante tres semanas, un muestreo por semana donde se recolectaron aguas de dos puntos, aguas arriba del punto de descarga de vertimientos, con el ideal de conocer las características naturales del agua, evaluar sus parámetros y de esta forma tener como comparar con los resultados hallados en los estudios realizados aguas abajo del punto de descarga, donde se conocieron los cambios y alteraciones que sufren los parámetros fisicoquímicos del agua, al entrar en contacto con aguas derivadas del proceso de beneficio de café.







Análisis de muestras del día 15/02/2021

En la tabla 7, se presentan los valores obtenidos en el estudio de laboratorio y a su vez se presenta un registro fotográfico de los equipos utilizados y los resultados obtenidos para las muestras aguas arriba y aguas abajo.

Tabla 7. Muestras recolectadas en la quebrada La Luisa, toma del día 15/02/2021

Muestras recolectadas en la quebrada la luisa – Toma y análisis 1				
Fecha:15/02/2021	Hora: 11:00 a.m.		Hora: 11:40 a.m.	
Parámetro	Muestra 1 (aguas arriba)		Muestra 2 (aguas abajo)	
	Resultado	Registro fotográfico	Resultado	Registro fotográfico
Temperatura	18 °C		19 °C	
pH	5.5		6.0	

Conductividad	142 mS/cm	-	176 mS/cm	-
Alcalinidad	56.66 mg/L	0.0194 N	65.60 mg/L	0.0194 N
Oxígeno	8.02 mg/L	-	7.20 mg/L	-
Nitrito	0 mg/L NO_2^-		0 mg/L NO_2^-	
Dureza total	54 mg/L $CaCO_3$		71 mg/L $CaCO_3$	
Nitratos	0.5 mg/L NO_3^-		2 mg/L NO_3^-	



Fosfatos	0.7 mg/L $PO_4 - P$		0.7 mg/L $PO_4 - P$	
Amonio	0.15 mg/L NH_4^-		0.1 mg/L NH_4^-	
Turbiedad	17.41 FNU		59.74 FNU	


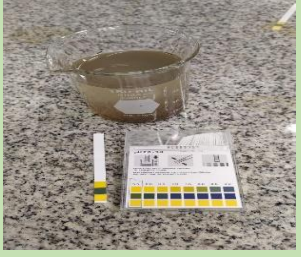




Fuente: Elaboración propia / registro fotográfico propio


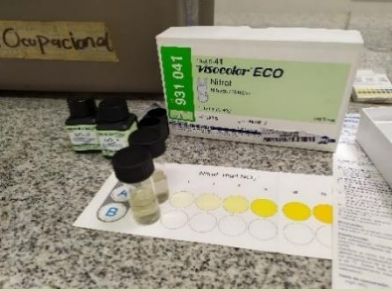




Análisis de muestras del día 22/02/2021



En la tabla 8, se presentan los valores obtenidos en el estudio de laboratorio realizados el 22 de febrero del 2021, y a su vez se presenta un registro fotográfico de los equipos utilizados y los resultados obtenidos para las muestras aguas arriba y aguas abajo.

Tabla 8. Muestras recolectadas en la quebrada La Luisa, toma del día 22/02/2021

Muestras recolectadas en la quebrada la luisa – Toma y análisis 2				
Fecha:22/02/2021	Hora: 11:00 a.m.		Hora: 11:40 a.m.	
Parámetro	Muestra 1 (aguas arriba)		Muestra 2 (aguas abajo)	
	Resultado	Registro fotográfico	Resultado	Registro fotográfico
Temperatura	17 °C		19 °C	
pH	5.5		5.7	

				
Conductividad	152. mS/cm	-	149 mS/cm	-
Alcalinidad	43.74 mg/L	0.0194 N	57.65 mg/L	0.0194 N
Oxígeno	8.33 mg/L	-	7.92 mg/L	-
Nitrito	0 mg/L NO_2^-		0.01 mg/L NO_2^-	
Dureza total	54 mg/L $CaCO_3$		54 mg/L $CaCO_3$	

Nitratos	1 mg/L NO_3^-		1 mg/L NO_3^-	
Fosfatos	1.5 mg/L $PO_4 - P$		1.3 mg/L $PO_4 - P$	
Amonio	0 mg/L NH_4^-		0.05 mg/L NH_4^-	



Turbiedad	27.08 FNU			514 FNU	
-----------	-----------	---	--	---------	---







Fuente: Elaboración propia / registro fotográfico propio







Análisis de muestras del día 01/03/2021

En la tabla 9, se presentan los valores obtenidos en el estudio de laboratorio realizado el 01 de marzo del 2021, y a su vez se presenta un registro fotográfico de los equipos utilizados y los resultados obtenidos para las muestras aguas arriba y aguas abajo.

Tabla 9. Muestras recolectadas en la quebrada La Luisa, toma del día 01/03/2021

Muestras recolectadas en la quebrada la luisa – Toma y análisis 3				
Fecha:01/03/2021	Hora: 11:00 a.m.		Hora: 11:40 a.m.	
Parámetro	muestra 1 (aguas arriba)		muestra 2 (aguas abajo)	
	Resultado	Registro fotográfico	Resultado	Registro fotográfico
Temperatura	18 °C		19 °C	
pH	5.7		5.5	

				
Conductividad	148 mS/cm	-	166 mS/cm	-
Alcalinidad	54.56 mg/L	0.0194 N	63.10 mg/L	0.0194 N
Oxígeno	8.15 mg/L	-	7.70 mg/L	-
Nitrito	0 mg/L NO_2^-		0 mg/L NO_2^-	
Dureza total	54 mg/L $CaCO_3$		54 mg/L $CaCO_3$	

Nitratos	2 mg/L NO_3^-		3 mg/L NO_3^-	
Fosfatos	0.6 mg/L $PO_4 - P$		1.5 mg/L $PO_4 - P$	
Amonio	0.15 mg/L NH_4^-		0.1 mg/L NH_4^-	

Turbiedad	29.74 FNU		97 FNU	
-----------	-----------	--	--------	---

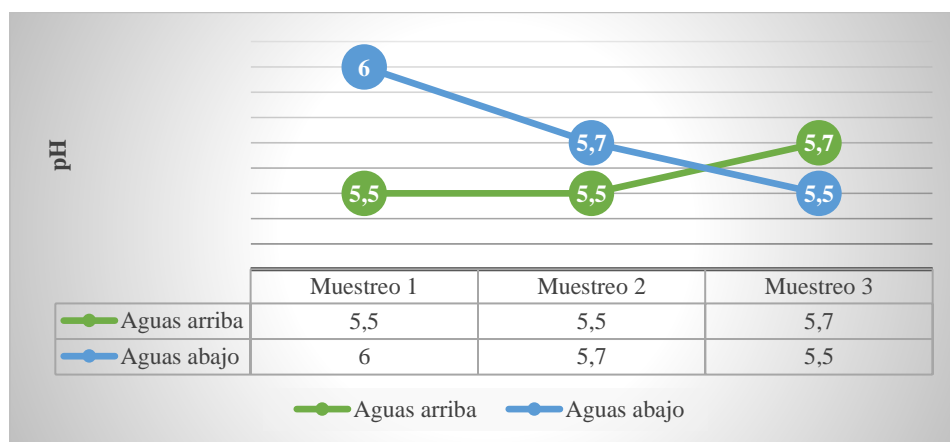
Fuente: Elaboración propia / registro fotográfico propio

Análisis de los resultados obtenidos

Comportamiento del pH

La Figura 1 muestra la variación del parámetro pH cuando comparadas las muestras de aguas arriba y aguas abajo para los 3 momentos de muestreo.

Figura 1. Comportamiento del pH, aguas arriba y aguas abajo del punto de descarga de vertimientos.



Fuente: Elaboración propia

Al analizar la Figura 1 se observa que el pH para las aguas arriba conserva un valor de 5.5 para el muestreo uno y dos del estudio, para el muestreo 3 aumenta su valor en 5.7; cabe notar que estos valores se encuentran entre los rangos de las condiciones normales de pH, encontradas en aguas superficiales (Villanueva Montealegre and Avila Rojas 2019). Sin embargo, la dinámica en función de las aguas abajo varía, ya que una vez a ocurrido la descarga de vertimientos líquidos, se observa que el pH tiende a disminuir, aunque los valores hallados no representan un significativo impacto en las aguas superficiales se puede evidenciar que las aguas del proceso de beneficio de café tienen a acidificar las aguas superficiales cuando se exponen a tiempos de descarga de vertimientos de forma periódica o periodos más largos de descarga.

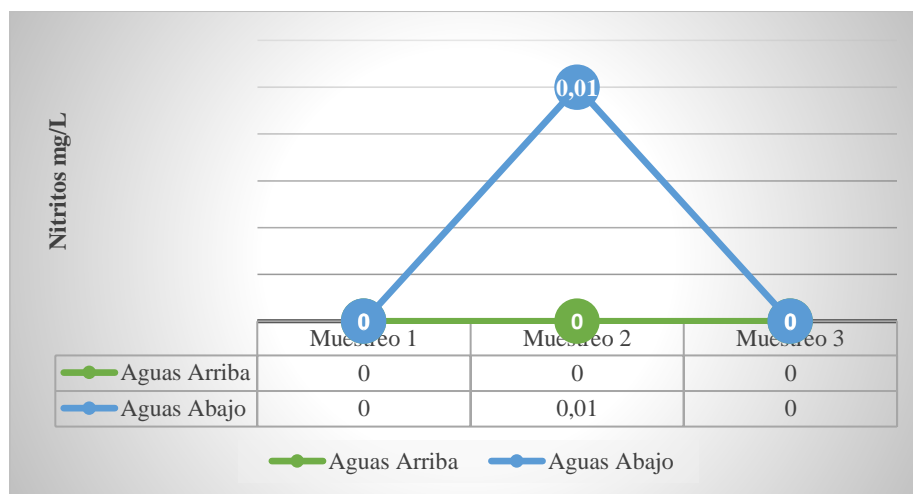
En el caso de la microcuenca la Luisa, se deduce que los valores encontrados son relativamente bajos teniendo en cuenta que la temporada de cosecha de café está iniciando en estas zonas del departamento, motivo por el cual el volumen de descargas de

vertimientos líquidos aún no se encuentra en una dinámica constante, comparado con tiempos donde las cosechas se encuentran normalizadas y la producción de café es mayor en todas las unidades productivas.

Comportamiento de los Nitritos en microcuenca la Luisa

La Figura 2 muestra la variación del parámetro Nitritos y la comparación de las muestras de aguas arriba y aguas abajo para los 3 momentos de muestreo.

Figura 2. Comportamiento de nitritos en aguas arriba y aguas abajo del punto de descarga.



Fuente: Elaboración propia

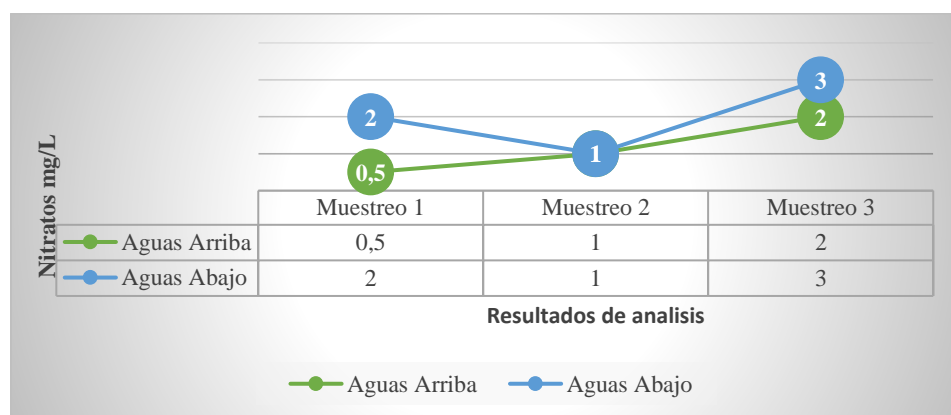
En la Figura 2 se puede observar que las variaciones de nitrito para aguas arriba permanecen en el mismo valor, dando como resultado $0 \frac{mg}{L}$, dato que representa la no alteración de las condiciones naturales del agua; sin embargo, para aguas abajo se puede evidenciar que para el segundo muestreo las concentraciones cambian, donde se encontró $0.01 \frac{mg}{L}$, L de nitritos, valor que representa una alteración en las condiciones normales del agua superficial. Según (Ivonne Gonzalez Lozano 1994), los niveles de nitritos solo se encuentran en bajas concentraciones en aguas superficiales naturales, y esto varía ampliamente dependiendo de las condiciones geoquímicas de la zona, procesos de evacuación de desechos humanos y animales, como también la utilización de agroquímicos, siendo las anteriores circunstancias, las responsables directas de la presencia de este parámetro en el agua.

A partir de lo anterior y de las características de las aguas, es posible establecer que los vertimientos o descargas provenientes del beneficio de café no afectan o tienen poca influencia en la variación del mismo. Para esta zona por lo regular suelen encontrarse valores inferiores a $10 \frac{mg}{L}$, raramente exceden los $3 \frac{mg}{L}$, y normalmente se encuentran por debajo de $1 \frac{mg}{L}$, como lo es en este caso. Teniendo en cuenta las aguas estudiadas de la quebrada la Luisa, se determina que la variación de este parámetro se debe a descargas domésticas que realizan los productores cafeteros de la zona, regularmente estas zonas no cuentan con sistemas de alcantarillado por lo cual todos sus desechos domésticos se direccionan a zonas de drenaje alejadas de las viviendas, residuos líquidos que por las condiciones topográficas se infiltran y contaminan fuentes de aguas superficiales; no obstante, la presencia de ganado en zonas aledañas al nacimiento de la quebrada la Luisa y el uso de productos agroquímicos pueden contribuir para este tipo de alteraciones en el agua.

Comportamiento de Nitratos en microcuenca la Luisa

La Figura 3 muestra la variación del parámetro Nitratos y la comparación de las muestras de aguas arriba y aguas abajo para los 3 momentos de muestreo.

Figura 3. Comportamiento de nitratos en aguas arriba y aguas abajo del sitio de descarga del vertimiento.



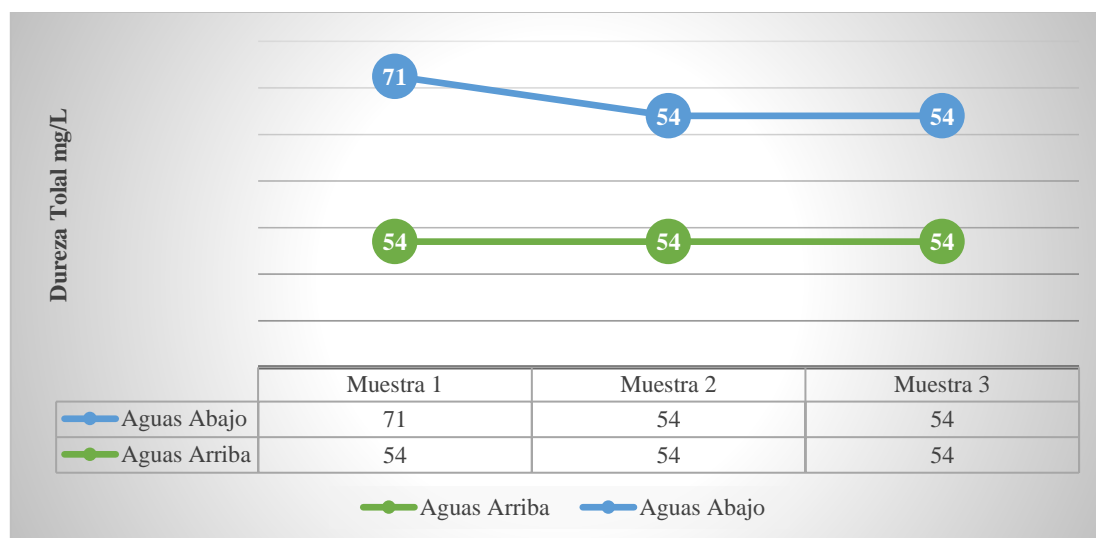
Fuente: Elaboración propia

La Figura 3 muestra que los valores de nitratos para las aguas arriba es de 0.5 mg/L mientras que su valor máximo es de 2 mg/L, datos que no indican un estado de contaminación para aguas superficiales ya que según Gonzales (1994), las aguas superficiales contienen comúnmente concentraciones de nitrato menores a 10mg/L, raramente exceden los 3 mg/L, y a menudo no superan el 1 mg/L. Se observar una variación de este parámetro aguas abajo, variando entre 2 - 3 mg/L; este incremento de los valores del parámetro aguas abajo se debe a la descomposición de material orgánico, en este caso por la descarga de vertimientos líquidos provenientes del proceso de beneficio de café, donde se hacen descargas de aguas en estado de descomposición por la fermentación que ocurre al eliminar el mucilago. Así mismo, el valor presente determinado es bajo, y no indica un impacto significativo, sin embargo, un inadecuado manejo de estos vertimientos puede generar problemas de contaminación graves en esta fuente superficial.

Comportamiento de Dureza total en microcuenca la Luisa

La Figura 4 muestra la variación del parámetro Dureza Total y la comparación de las muestras de aguas arriba y aguas abajo para los 3 momentos de muestreo.

Figura 4. Comportamiento de la Dureza Total en aguas arriba y aguas abajo del sitio de descarga del vertimiento



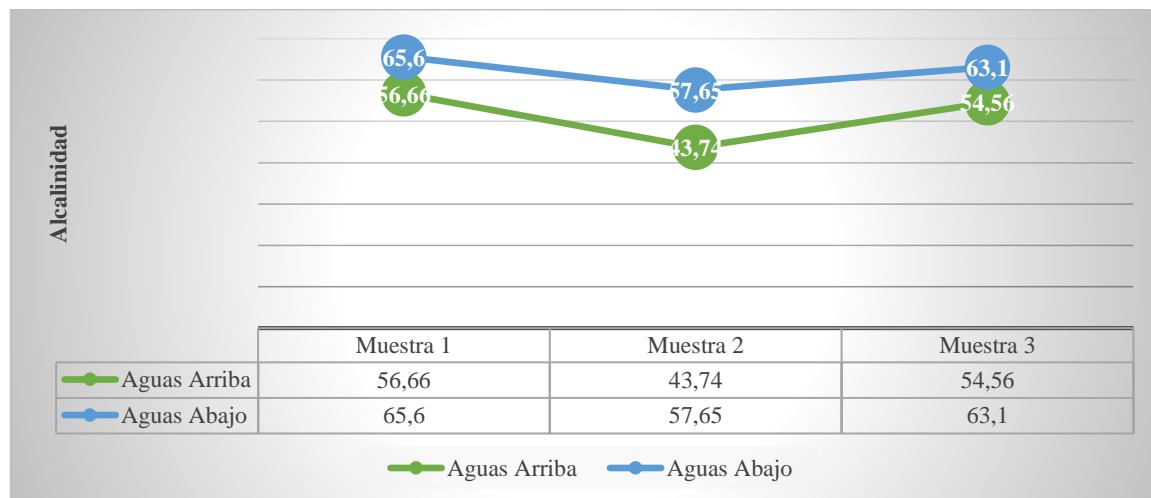
Fuente: Elaboración propia

En la Figura 4 se evidencian los valores para la Dureza total del agua en la microcuenca la Luisa, el análisis realizado tanto para aguas arriba como para aguas abajo muestra que los datos de dureza se encuentran en condiciones normales para un efluente de agua superficial. La dureza en el agua varía según condiciones geológicas de las zonas de estudio, normalmente en Colombia las aguas tienden a tener valores de dureza inferiores a 100 mg/L de carbonato de calcio (Antonio and Gutiérrez 2006), lo que las caracteriza como aguas Semi blandas. La dureza en el agua no genera problemas en la salud, sin embargo, en condiciones elevadas puede generar problemas en sistemas de tratamiento de aguas y puede afectar la producción agrícola en algunos casos.

Comportamiento de Alcalinidad en microcuenca La Luisa

La Figura 5 muestra la variación del parámetro Alcalinidad y la comparación de las muestras de aguas arriba y aguas abajo para los 3 momentos de muestreo.

Figura 5. Comportamiento de la Alcalinidad en aguas arriba y aguas abajo del punto de descarga.



Fuente: Elaboración propia

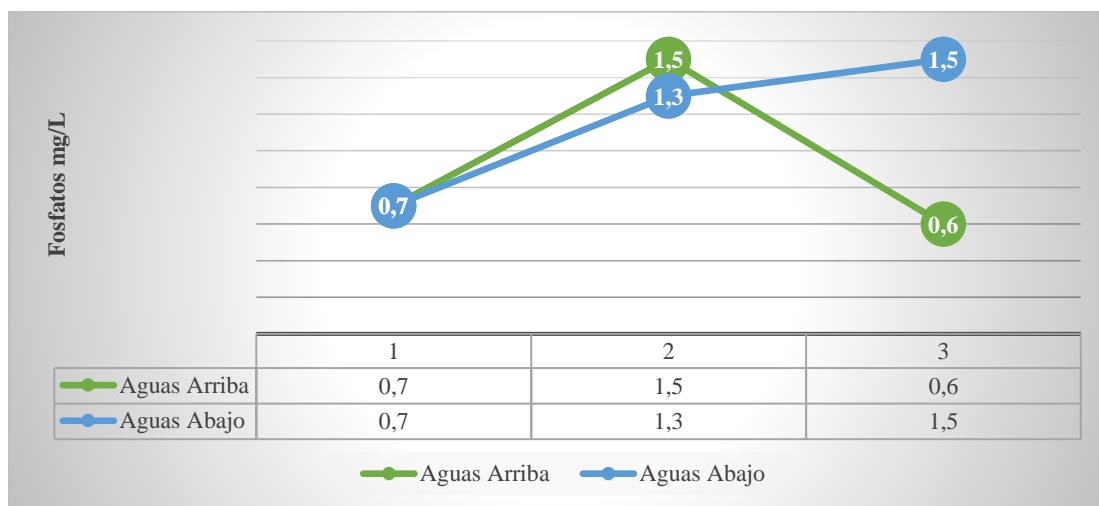
Como se observa en la Figura 5, los valores de alcalinidad para aguas arriba y aguas abajo se encuentran en condiciones normales, los valores ideales para alcalinidad se encuentran entre 100 a 200 mg/L de carbonato de calcio, acción que cumple con las condiciones de las aguas estudiadas. Condiciones altas en los valores de alcalinidad del agua afectan

directamente procesos industriales o en sistemas de potabilización de agua, este parámetro también tiene directa relación con las características geológicas de la zona, topografía y actividades económicas. Para las aguas de la microcuenca estudiada no se presentan alteraciones, sus valores están en los rangos establecidos y normalmente encontrados en aguas naturales (Zedadra et al. 2019).

Comportamiento de Fosfatos en microcuenca La Luisa

La Figura 6 muestra la variación del parámetro Fosfatos y la comparación de las muestras de aguas arriba y aguas abajo para los 3 momentos de muestreo.

Figura 6. Comportamiento de los Fosfatos en aguas arriba y aguas abajo del punto de descarga



Fuente: Elaboración propia

Los fosfatos en el agua son compuestos de fósforo presentes en plantas y otros seres vivos, un incremento de este compuesto puede traer consigo un crecimiento indiscriminado de algas, y puede generar problemáticas de eutrofización que afectan los ecosistemas (Bolaños-Alfaro et al. 2017). En la Figura 6 se puede evidenciar que los valores para fósforo aguas arriba tiene valor que varía desde 0.7 mg/l y 0.6 mg/L, para aguas abajo el valor oscila entre 0 mg/L hasta 1.5 mg/L, estos datos no representan una alteración significativa en las aguas superficiales. Según Bolaños y colaboradores (Bolaños-Alfaro et al. 2017), solo porcentajes de fosfato muy elevados o que sobrepasen los 5 mg/L pueden

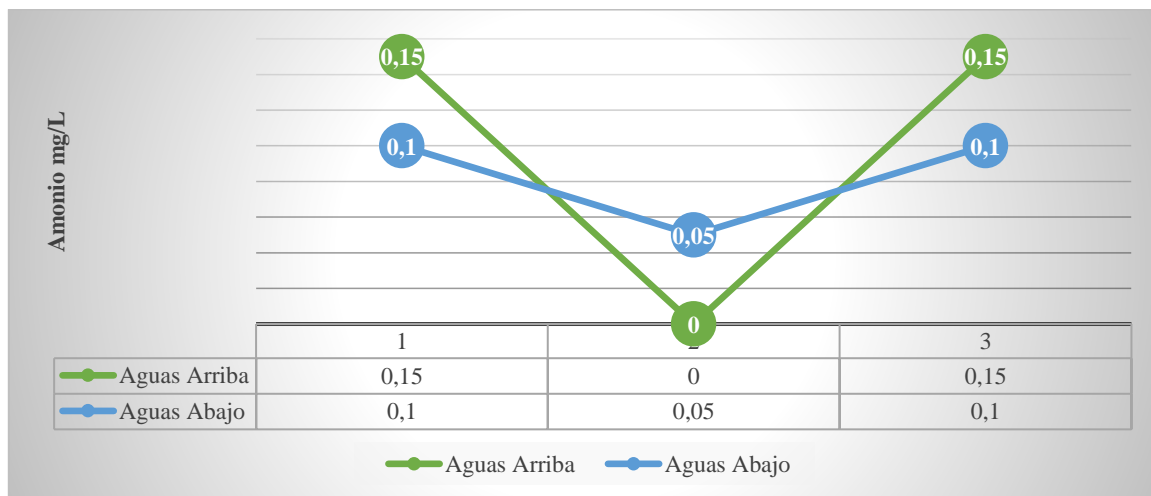
generar alteraciones en los ecosistemas loticos, un incremento de fosfatos puede generar pérdida de biodiversidad, además puede reducir el porcentaje de oxígeno en el agua y afectar a un porcentaje elevado de especies de fauna y flora.

Los fosfatos se encuentran presentes en algunos fertilizantes de síntesis química, motivo por el cual esta zona es susceptible a presentar alteración en este parámetro, teniendo en cuenta que la actividad económica del lugar se basa en la producción agrícola, no obstante, los valores máximos permisibles en la Resolución 2115 para este parámetro especifica un valor máximo permisible de 10 mg/L.

Comportamiento del Amonio en microcuenca La Luisa

La Figura 7 muestra la variación del parámetro Amonio y la comparación de las muestras de aguas arriba y aguas abajo para los 3 momentos de muestreo

Figura 7. Comportamiento del Amonio en aguas arriba y aguas abajo del punto de descarga



Fuente: Elaboración propia.

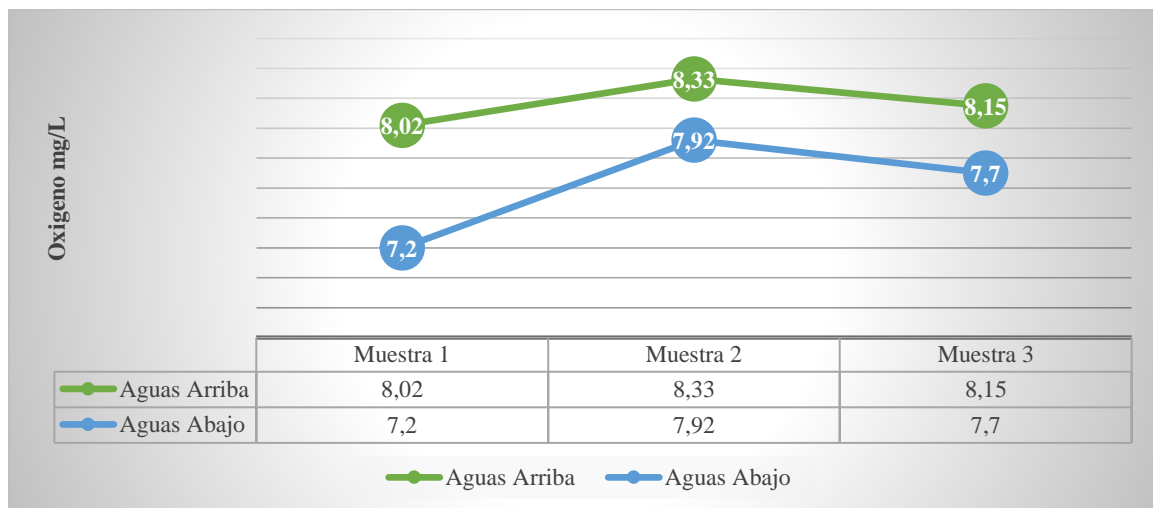
Las descargas de aguas domésticas incrementan las concentraciones de amonio en el agua superficial, y puede afectar la calidad de esta, en ecosistemas naturales las concentraciones de amonio provienen de la degradación natural de materia orgánica presente en la naturaleza, es un componente transitorio en las aguas ya que este hace parte del ciclo biogeoquímico del nitrógeno y se ve influido por la actividad biológica. Como se observa

en la Figura 7, los valores de amonio se ubican por debajo de 1 mg/L, dato que se establece para aguas arriba y aguas abajo, estos valores no representan una alteración significativa en las aguas de la microcuenca la Luisa. La descarga de vertimientos producto del beneficio del café no tienen influencia en las variaciones de este parámetro, ya que el amonio en el agua se presenta por descomposición de animales o plantas, o por la degradación de residuos fecales de proveniencia animal y antrópico; en este sentido y para este parámetro, la materia orgánica que se genera en el proceso de beneficio de café no genera alteraciones en el agua, lo cual se puede evidenciar en los resultados presentados en la Figura 7.

Comportamiento del Oxígeno disuelto en microcuenca la Luisa

La Figura 8 muestra la variación del parámetro Oxígeno disuelto y la comparación de las muestras de aguas arriba y aguas abajo para los 3 momentos de muestreo

Figura 8. Comportamiento de oxígeno disuelto en aguas arriba y aguas abajo del punto de descarga



Fuente: Elaboración propia

En la Figura 8, se evidencian los valores de oxígeno presentes en las aguas de la microcuenca la Luisa; sus valores aguas arriba representan las condiciones ideales de oxígeno para aguas superficiales ya que pueden albergar un gran porcentaje de especies de fauna y flora en sus aguas. Por otro lado, las concentraciones aguas abajo del estudio muestran un valor inferior con un promedio de 7.2 mg/l en el valor más bajo y 7.9 en el

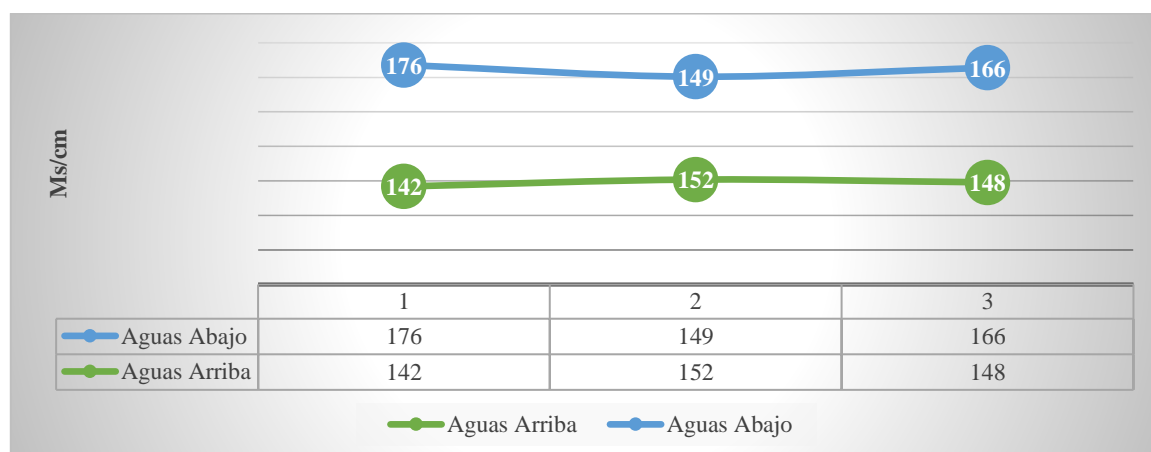
valor más alto, sin embargo, se siguen conservando las condiciones ideales para garantizar una dinámica ecológica adecuada.

Así mismo, se evidencia que los niveles de oxígeno en el agua disminuyen aguas abajo, esta pérdida de oxígeno se debe a la agregación de compuestos orgánicos presentes en las aguas mieles del proceso de beneficio de café. El enriquecimiento de componentes orgánicos tiende a generar y aumentar el crecimiento de algas que minimizan la entrada de luz en algunas zonas de la quebrada, generando consigo pérdida de oxígeno en el agua, aunque sus valores se encuentran dentro de los rangos establecidos por la normatividad legal vigente y actualmente no representan un problema de contaminación. Así mismo, este parámetro si podría verse afectado en temporadas de cosecha, donde la dinámica de las descargas se realizan de forma constante, y de esta manera las condiciones de oxígeno disuelto podrían disminuir considerablemente, afectando las características del agua y perturbando el óptimo desarrollo del ecosistema (Alvarez et al. 2006).

Comportamiento de la conductividad en microcuenca la Luisa

La Figura 9 muestra la variación del parámetro Turbiedad y la comparación de las muestras de aguas arriba y aguas abajo para los 3 momentos de muestreo.

Figura 9. Comportamiento de la conductividad en aguas arriba y aguas abajo del punto de descarga



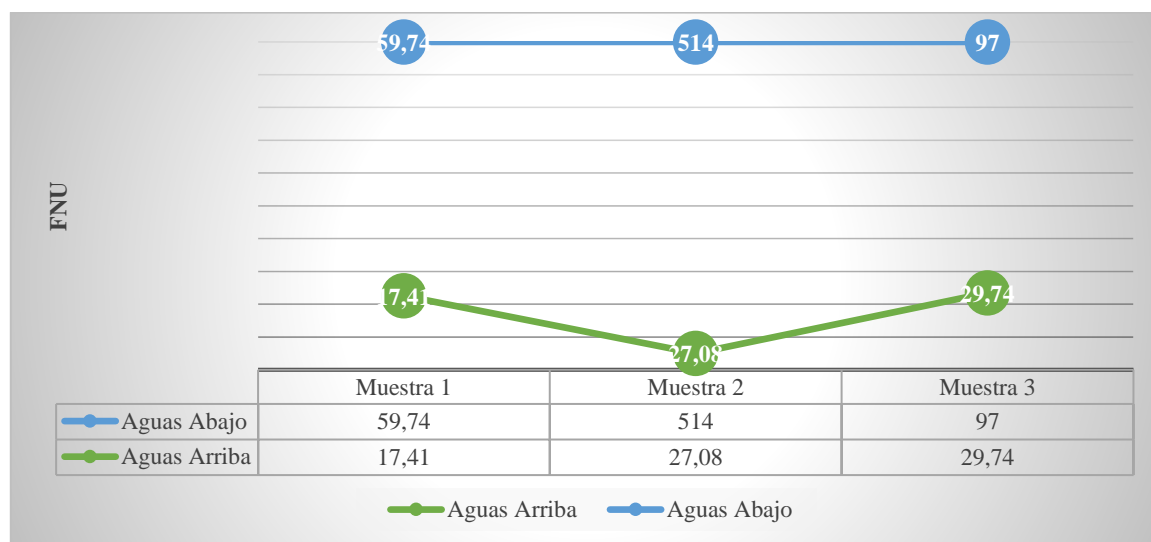
Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la Figura 9, los valores de conductividad aguas arriba y aguas abajo tuvieron una leve diferencia en sus unidades; en la mayoría de las muestras aguas abajo la conductividad obtuvo un valor más alto; sin embargo, la muestra número 2 obtuvo un resultado mayor en la conductividad aguas arriba (3 MS/cm), a diferencia de la muestra número 1 (aguas abajo), que cuenta con una conductividad superior de 34 MS/CM respecto a la muestra 1 (aguas arriba). Esto se debe a los minerales presentes, provenientes de sales disueltas y materia inorgánica. (alcalinos, carbonatos, cloruros y sulfuros) presentes en el agua, (Rodríguez Zamora. 2009). Finalmente, es de destacar que los valores de conductividad obtenidos se encuentran dentro del margen establecido en la normatividad legal vigente.

Comportamiento de la turbiedad en microcuenca la luisa

La Figura 10 muestra la variación del parámetro Turbiedad y la comparación de las muestras de aguas arriba y aguas abajo para los 3 momentos de muestreo.

Figura 10. Comportamiento de la turbiedad en aguas arriba y aguas abajo del sitio de descarga



Fuente: Elaboración propia

La turbiedad en el agua no es un factor determinante de contaminación, sin embargo, niveles elevados de turbiedad pueden generar problemáticas a la hora de potabilizar aguas, para este caso y como se muestra en la Figura 10, los valores de turbiedad para estas aguas

(Aguas arriba y aguas abajo), se encuentran en condiciones normales de turbiedad, considerando acciones como precipitaciones y temperatura de los últimos meses. Para el caso de aguas abajo donde se presenta un valor de 514 FNU, el incremento se debe a la temporada de lluvias que afecta por estos meses la región, motivo por el cual a la hora de recolectar las muestras se evidencia tal incremento, no obstante, en la misma Figura se evidencia el aumento en las turbiedades tanto para aguas arriba como aguas abajo, relacionadas con el mismo factor ambiental antes mencionado.

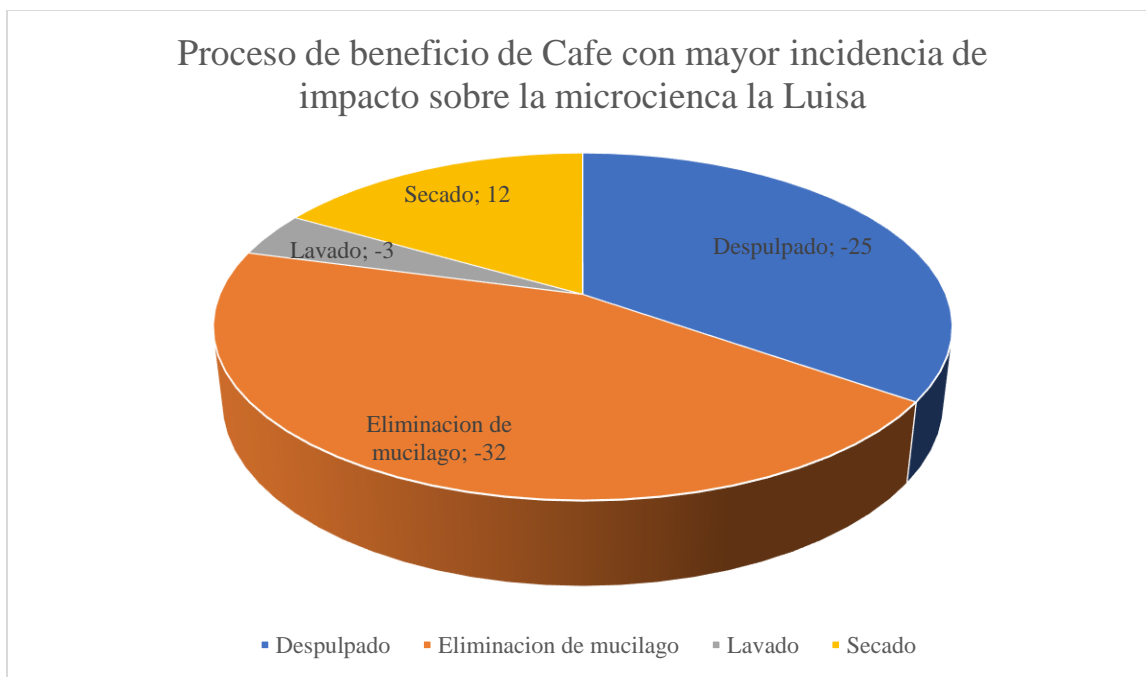
Evaluación de impactos ambientales mediante matriz de Leopold

Al realizar la matriz de evaluación de impactos por medio de la metodología Leopold (Ver Tabla 10), la cual busca conocer cuáles son las actividades del proceso de beneficio del café que tienen mayor potencial para generar impactos en las aguas superficiales de la microcuenca la Luisa. Así mismo, en la Figura 11 se representan los valores de los impactos negativos (-), y Positivos (+) en función del proceso de beneficio de café.

Tabla 10. Matriz de Evaluación de Impactos metodología Leopold

Factores ambientales			Proceso de beneficio del café																	Afectaciones positivas	Afectaciones negativas	Suma total	Suma por cada factor			
			Despulpado				Eliminación de mucilago				Lavado				Secado											
			Energía eléctrica consumida por uso de maquinaria	Uso de agua para hidratación de la cereza	Eliminación de la cáscara	Total acción 1	Adición de agua a la almendra despulpada	Proceso aeróbico de fermentación	Mezclado de los granos	Eliminación del agua fermentada con mucilago	Total acción 2	Uso de agua para lavado del grano	Mezclado de los granos	Enjuague	Eliminación de agua del lavado	Total acción 3	Disposición del grano en la helada de secado	Exposición del grano a la radiación solar	Mezcla del grano para un secado uniforme					Recolección y almacenamiento	Total acción 4	
Físicos	Tierra	Recursos minerales			-2	1	-2													0	0	3	-5	-11		
		Suelo			-3	2	-6														0	1	2		-6	
	Agua	Calidad del agua	-1	3	-1	1	-4														0	0	4	-8	-32	
		Superficial	-1	1	-1	1	-2	-1	2												0	0	6	-17		
		Subterránea			-3	1	-3														0	0	2	-7		
Atmósfera	Calidad del aire (gases, partículas)			-2	1	-2														0	0	3	-5	-5		
Biológicos	Flora	Plantas acuáticas			-1	1	-2													0	1	2	-3	-3		
	Fauna	Peces y moluscos			-2	1	-2													0	0	3	-5	-13		
		Microfauna			-3	1	-3													0	0	3	-8			
Factores culturales	Aspectos culturales	Empleo			4	3	12				2	1	2	2	6	2	2	4	2	12	6	0	32	24		
		Manejo de residuos			-2	1	-2								0					0	0	2	-8			
	Facilidades	Redes de servicio	-2	2	-1	1	-5	-1	1											0	0	5	-8	-8		
Totales							-25					-32					-3					12			-48	-48

Figura 11. Proceso de beneficio de café con mayor incidencia de impacto ambiental sobre la microcuenca la Luisa



Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con la Figura 11, se observa que los valores con mayor incidencia de impactos negativos en el proceso de beneficio de café corresponden a la eliminación de mucilago con un -32%, y despulpado con un -25%, mientras que el proceso que mayor influencia de impacto positivo tiene es el secado del café con un 12%, lo anterior se debe a que en el proceso de despulpado y eliminación de mucilago demandan cantidades importantes de agua, siendo mayores a las utilizadas en los demás procesos de beneficio.

Teniendo en cuenta los resultados arrojados por la matriz de Leopold y donde se analiza el proceso de despulpado que representa un -25% de impacto negativo, se puede determinar que este valor se genera como resultado del uso de la maquina despulpadora, herramienta que para su óptimo funcionamiento debe contar con inyección de agua constante, de esta forma se mantiene el grano hidratado y no se generan daños en la almendra de café; siendo que una malformación en el grano por un despulpado inadecuado podría generar pérdidas económicas a los caficultores, motivo por el cual el agua se utiliza como un método de hidratación del grano en cereza, facilitando la separación de la pulpa y la almendra de café

en el proceso de despulpado. No obstante, es importante aclarar que los volúmenes de agua utilizados en el proceso de despulpado son bajos, pero al contrario de las aguas de lavado en el 80 % de las fincas cafeteras, las aguas procedentes del despulpado no cuentan con ningún control de vertimientos, por lo que las aguas utilizadas se mezclan con la cereza, cereza fresca y cereza en estado de descomposición, generando lixiviados e infiltrándose en los suelos, contaminando aguas subterráneas y superficiales en temporadas donde la dinámica del café es mayor.

El proceso con mayor incidencia de impacto corresponde a la eliminación de mucilago, con un -32% , esto se debe a que es una de las actividades del beneficio de café que cuentan con un mayores concentraciones de consumo de agua, es el proceso donde se elimina el recubrimiento que protege el grano despulpado, y es allí donde se genera el mayor volumen de contaminación, esto se debe a que las aguas que salen de este proceso pasan hasta 18 horas en estado de fermentación, es la manera más eficiente y económica de retirar el mucilago, estas aguas tienden a ser 2 o 3 veces mayores en volumen que la cantidad de café disponible en los tanques de beneficio, y una vez eliminada la primera agua se tiene que hacer enjuagues 2 o 3 veces dependiendo los volúmenes de almendra a beneficiar, las características fisicoquímicas de estas aguas las convierten en vertimientos con una mayor probabilidad de generar impactos ambientales en las aguas, ya que poseen características de acidez altas, olores ofensivos y turbiedad alta, así como variación en otros parámetros los cuales se mencionaron anteriormente. A diferencia de la eliminación de mucilago el lavado del café, que representa un -3% genera un porcentaje menor de impacto, debido a que los volúmenes de agua utilizados y que se eliminan en este proceso son inferiores a los eliminados en la eliminación de mucilago, y a su vez son aguas que enjuagan la almendra y no conllevan un proceso de fermentación, su contribución en materia orgánica es inferior a las aguas que eliminan el mucilago y regularmente se realiza tratamiento para este tipo de vertimientos.

El proceso de secado, es la única actividad con incidencia de impacto positivo en el proceso de beneficio de café corresponde al secado, esto se debe a que los procesos de transporte y secado tienden a generar empleos en el proceso de beneficio de café, y a su vez en el proceso de secado no se utilizan inadecuadamente los recursos, ya que en este punto de las

actividades de beneficio lo único que se necesita es deshidratar los granos hasta un porcentaje determinado, y esta actividad se realiza con la radiación solar por medio de las eldas o marquesinas de secado de café, que son estructuras utilizadas por los pequeños caficultores para el secado del café en almendra (Chacón 2001).

Los impactos anteriormente mencionados y que son generados en el proceso de beneficio de café, tienen una influencia directa con las problemáticas de contaminación de fuentes hídricas de la zona estudiada. Al ser la agricultura, y específicamente la caficultura la actividad que predomina en la región, se tiende a extender por toda la zona esta problemática de contaminación, actualmente los impactos de contaminación hídrica son bajos en la zona, sin embargo cada día la expansión agrícola aumenta y a su vez la producción de café en pequeñas parcelaciones, minoría caficultora que no cuenta con las herramientas necesarias para realizar un proceso de beneficio responsable, que a su vez minimice los volúmenes de contaminantes líquidos que atenten con la calidad del agua de región.

El actual posicionamiento geográfico de la zona estudiada y el valor hídrico que esta zona representa para municipios de la zona plana como Andalucía y Bugalagrande, conllevan a que el control de vertimientos sea una actividad holística que se debe cumplir por los productores de café de la zona, de esta manera se evitara problemáticas futuras de contaminación en las microcuencas de la zona, conservando las condiciones naturales de estas fuentes hídricas, como también al río Bugalagrande, siendo la principal cuenca hídrica de los municipios mencionados.

Conclusiones

A partir de la ejecución del proyecto y los resultados obtenidos, es posible establecer las siguientes conclusiones:

- Según los resultados obtenidos en la matriz de Leopold, se pudo establecer que la eliminación de mucilago es la actividad con mayor incidencia de impacto negativo, debido a la alta cantidad de agua que demanda su proceso y a la generación de vertimientos líquidos que salen sobrecargados de materia orgánica.
- Por medio de la matriz de Leopold se pudo identificar que el secado de café es la única actividad en el proceso de beneficio, que genera un alto grado de impactos positivos en este estudio, ya que no está relacionado con una afectación significativa y promueve la generación de empleo en la actividad de recolección, almacenamiento y transporte del producto procesado.
- La descarga de vertimientos líquidos generados en el proceso de beneficio de café tiende a minimizar las unidades de pH, debido a la acidez que contienen las aguas mieles. La conductividad eléctrica es otro parámetro que cuenta con gran variabilidad en sus resultados, debido a los vertimientos líquidos resultantes no sólo en el beneficio de café, sino también, por el uso de fertilizantes utilizados en los cultivos.
- Los parámetros que mostraron un menor cambio o variabilidad en sus unidades (aguas abajo) fueron: los nitritos, nitratos y amonio, con una diferencia que no supera el valor de 1 mg/L; esto puede presentarse por la disolución de las diversas sustancias provenientes de vertimientos domésticos, agrícolas y demás. Sin embargo, otro factor que contribuye con las bajas unidades de estos parámetros son la escasa población con la que cuenta el corregimiento de Pardo Alto.
- De acuerdo con los resultados obtenidos, se pudo determinar que los vertimientos líquidos dispuestos en la microcuenca La Luisa, alteran las condiciones naturales del agua, generando afectación en los ecosistemas acuáticos de la zona, de la cual dependen diversos tipos de plantas y organismos vivos.

Bibliografía

- Alvarez, Amado, Enrique Rubiños Panta, Francisco Gavi Reyes, Juan José, Alarcón Cabañero, Elizabeth Hernández Acosta, Carlos Ramírez Ayala, Enrique Mejía Saenz, Francisco Pedrero Salcedo, Emilio Nicolas Nicolas, and Enrique Salazar Sosa. 2006. “Índice de Calidad Del Agua En La Cuenca Del Río Amajac , Hidalgo , México : Diagnóstico y Predicción.” *Revista Internacional de Botanica Experimental* (January 2015):72–83.
- Antonio, Marco, and Neira Gutiérrez. 2006. “Facultad De Ciencias Físicas Y Matemáticas Departamento De Ingeniería Civil Dureza En Aguas De Consumo Humano Y Uso Industrial , Impactos Y Medidas De Mitigación . Estudio De Caso : Chile.”
- Ategrus, Curso. 2010. “Curso ATEGRUS Sobre Introducción a La Gestión de Vertederos Unidad Didáctica III: Lixiviados.”
- Bolaños-Alfaro, John Diego, Gloriana Cordero-Castro, and Gloriana Segura-Araya. 2017. “Determinación de Nitritos, Nitratos, Sulfatos y Fosfatos En Agua Potable Como Indicadores de Contaminación Ocasionada Por El Hombre, En Dos Cantones de Alajuela (Costa Rica).” *Revista Tecnología En Marcha* 30(4):15. doi: 10.18845/tm.v30i4.3408.
- Chacón, Ever Onán Cáliz. 2001. “Evaluación de Los Sistemas Tradicional y Ecológico de Beneficio Húmedo de Café.” 52.
- Con, Integrada, S. U. S. Modificaciones, Sector Ambiente, Desarrollo Sostenible, Ltima Fecha D. E. Actualizaci, D. E. Diciembre De, E. L. Presidente, and D. E. L. A. Rep. 2020. “Decreto 1076 de 2015 Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible.” *Decreto 1076 de 2015* 1–648.
- Congreso de la República de Colombia. 1997a. “Ley 373 de 1997.”
- Congreso de la República de Colombia. 1997b. “LEY 388 DE 1997.” *Desarrollo Territorial y Urbano (1997)*.
- Espinoza Altamirano, Maximina. 2005. “Distribución De La Contaminación Natural Por Arsénico En Las Aguas Subterráneas De La Subcuenca Suroeste Del Valle De Sebaco,

- Matagalpa-Nicaragua.” 149.
- Fernández, Natalia Rina. 2005. “Estudio de La Concentración de Nitratos, Nitritos y Amonio En El Agua de Consumo Del Partido de Moreno – Provincia de Buenos Aires.”
- Flores, Franklin. 2017. “Universidad Nacional De San.” 52.
- García, Rafael Guillermo, and Erika Sofía Olaya-Escobar. 2006. “Caracterización de Las Cadenas de Valor y Abastecimiento Del Sector Agroindustrial Del Café.” *Cuadernos de Administracion* 19(31):197–217.
- GAYOSO, Jorge. 1995. “Impacto Ambiental de Las Prácticas de Cosecha Forestal y Construcción de Caminos En Bosques Nativos Siempre Verdes de La X Región de Chile.” *Serie Monografías de Explotación Forestal* (6).
- Gobierno Nacional. 1993. “Ley 99 De 1993.” *Diario Oficial* (41146):44.
- Gómez, Violeta. 2019. “Matriz de Leopold: Para Qué Sirve, Ventajas, Ejemplos.” *Lifeder*.
- Ivonne Gonzalez Lozano, Diana. 1994. “Presencia de Nitratos y Nitritos En El Agua Subterránea Del Sector Noroeste Del Area Metropolitana de Monterrey y Su Relacion Con La Salud de Los Consumidores.” 82.
- Jurado, J. ..., E. .. Montoya, C. .. Oliveros, and J. García. 2009. “Método Para Medir El Contenido de Humedad Del Café Pergamino En El Secado Solar Del Café.” *Revista Cenicafé* 60(2):135–47.
- MADS, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. 2015. “Resolución 631 de 2015.” *Diario Oficial No. 49.486 de 18 de Abril de 2015* 2015(49):73.
- Moreno, Germán, and Gabriel Alvarado. 2001. “La Variedad Colombiana.” *Cenicafe*.
- Ocampo Lopez, Olga Lucía, and Lina Maria Alvarez-Herrera. 2017. “Tendencia de La Producción y El Consumo Del Café En Colombia.” *Apuntes Del Cenes* 36(64):139–66. doi: 10.19053/01203053.v36.n64.2017.5419.
- Peña, Evelin. 2007. “Calidad de Agua- Oxígeno Disuelto.” 6.

- Ponce, Victor M. 2013. "La Matriz de Leopold Para La Evaluación Del Impacto Ambiental." Retrieved (http://ponce.sdsu.edu/la_matriz_de_leopold.html).
- Presidencia de la República Colombia. 1974. "Decreto 2811 de 1974." *Diario Oficial* 1974(diciembre 18):71.
- Programa Regulatorio Agrícola. 2013. "Recursos Para Agricultores: Nitrato En El Agua Potable." *California Water Boards* (3):1–4.
- Ramirez, Cesar, Carlos Oliveros, and Juan Sanz. 2015. "Manejo de Lixiviados y Aguas de Lavado En El Proceso de Beneficio Húmedo Del Café." *Cenicafé* 66(1):46–60.
- Rodríguez, Nelson, Juan Sanz, Carlos Oliveros, and César Ramírez. 2015. *Beneficio de Cafe En Colombia*.
- Rodríguez Zamora., Johel. 2009. "Parámetros Fisicoquímicos de Dureza Total En Calcio y Magnesio, PH, Conductividad y Temperatura Del Agua Potable Analizados En Conjunto Con Las Asociaciones Administradoras Del Acueducto, (ASADAS), de Cada Distrito de Grecia, Cantón de Alajuela, Noviembre." *Revista Pensamiento Actual (San José)* 9(12):125–34.
- Toro, J., L. Martínez, and C. Martelo. 2016. "Metodología Para La Evaluación de Impactos Ambientales de La Universidad Nacional de Colombia–Sede Bogotá." *Recuperado El* 22:14.
- Torres-Valenzuela, Laura Sofía, Alejandra Sanín-Villarrea, Andrea Arango-Ramírez, and Johanna Andrea Serna-Jiménez. 2019. "Caracterización Fisicoquímica y Microbiológica de Aguas Mieles Del Beneficio Del Café." *Revista ION* 32(2):59–66. doi: 10.18273/revion.v32n2-2019006.
- Trujillo, Eliana Yulieth Urquijo. 2016. "Identificación de Impactos Ambientales Relacionados Con El Proceso de Beneficio Húmedo Del Café En La Vereda de Tres Esquinas-Huila-Colombia Estudiante." *La Nacion, «Noticia Regional,» Huila El Primer Productor de Cafe a Nivel Nacional, p. 5, 17 Enero 2015. 2–7.*
- Villanueva Montealegre, Miguel Ángel, and Johann David Avila Rojas. 2019. "Análisis de Calidad Del Agua (Turbiedad y Color) de Un Sistema de Filtración de Flujo

Ascendente Construido Con Materiales Granulares Para Bajantes de Agua Lluvia.”
Journal of Chemical Information and Modeling 53(9):1689–99.

ZAMBRANO, DIEGO, JUAN ISAZA, NELSON RODRIGUEZ, and URIEL LOPEZ.
1999. “Tratamiento de Aguas Residuales Del Lavado Del Café.” *Cenicafe* 30.