

**EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL DEL COMPONENTE HÍDRICO
SUPERFICIAL EN LA PEQUEÑA CENTRAL HIDROELÉCTRICA MORRO AZUL
UBICADA EN EL MUNICIPIO DE BELÉN DE UMBRÍA, RISARALDA**

**DERLY BIBIANA ACEVEDO AGUDELO
DAYANA ANDREA ARROYAVE VÉLEZ**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES
ADMINISTRACIÓN AMBIENTAL
PEREIRA, RISARALDA
2019**

**EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL DEL COMPONENTE HÍDRICO
SUPERFICIAL EN LA PEQUEÑA CENTRAL HIDROELÉCTRICA MORRO AZUL
UBICADA EN EL MUNICIPIO DE BELÉN DE UMBRÍA, RISARALDA**

**DERLY VIVIANA ACEVEDO AGUDELO
DAYANA ANDREA ARROYAVE VÉLEZ**

**Trabajo para optar al título de
Administrador Ambiental**

**Directora
DELIANA CARDOZO PELÁEZ
Geóloga
Especialista en gerencia en prevención y atención de desastres**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES
ADMINISTRACIÓN AMBIENTAL
PEREIRA, RISARALDA
2019**

Nota de aceptación

Firma director

Pereira, 2019.

DEDICATORIA

Agradezco principalmente a Dios por darme las fuerzas necesarias para continuar y llegar hasta este punto, a mi madre y mis hermanos por ser mi apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad, pero ante todo por ser el motor que me impulsa a superarme día a día.

Derly Acevedo

A mi familia que en su momento supo brindarme una palabra de apoyo y toda la comprensión que necesite y principalmente a mi tío que me ha enseñado que el camino es la meta también.

Dayana Arroyave

AGRADECIMIENTOS

A cada uno de los docentes que hicieron parte de nuestro proceso académico y la realización de esta investigación, principalmente a la profesora Deliana que ha demostrado un amor infinito por lo que hace y por la docencia, al profesor Tito que aunque hubieran obstáculos en el camino, con su entusiasmo siempre nos alentó a realizar un excelente trabajo y al profesor Antonio Escobar Zuluaga que aun siendo docente de otra facultad nos recibió con la mejor disposición demostrando un gran interés en nuestro trabajo.

También agradecemos a el Semillero de Evaluación de Impacto Ambiental que hizo posible la visita a la PCH y por supuesto a la comunidad y a los líderes sociales de las veredas La Garrucha, El Diamante, Columbia y Cauayá ubicadas en el municipio de Belén de Umbría que nos brindaron información valiosa para la realización de este trabajo y siempre nos atendieron con gran amabilidad.

TABLA DE CONTENIDO

1 INTRODUCCIÓN	13
2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	14
2.1 Pregunta de Investigación	15
3 JUSTIFICACIÓN	15
4 OBJETIVOS.....	16
4.1 Objetivo General	16
4.2 Objetivos Específicos	16
5 MARCO DE REFERENCIA	17
5.1 Enfoque Conceptual	17
5.1.1 Ambiente	17
5.1.2 Impacto Ambiental	19
5.1.3 Modelo de Simulación.....	21
5.1.4 El Recurso Hídrico como un Bien Común Natural y la GIRH	22
5.1.5 Pequeña Central Hidroeléctrica (PCH).....	24
5.1.6 Plan de Manejo Ambiental	24
5.2 Marco Legislativo	26
6 METODOLOGÍA	28
6.1 Diseño Metodológico	28
6.2 Matriz Metodológica.....	30
6.3 Método	32
6.3.1 Describir de manera precisa la fase de operación de la Pequeña Central Hidroeléctrica Morro Azul.	32
6.3.2 Diagnosticar el componente hídrico superficial de la zona donde opera la PCH.....	32
6.3.3 Aplicar dos metodologías de Evaluación de Impacto Ambiental haciendo énfasis en un modelo de simulación para el componente hídrico	32
6.3.4 Plantear estrategias de manejo para los principales impactos ocasionados por la PCH morro azul sobre el componente hídrico	39
7 RESULTADOS	39
7.1 Descripción de la Fase de Operación de la PCH Morro Azul.....	39
7.2 Caracterización de la Zona de Estudio	41
7.2.1 Área de Estudio	41
7.2.2 Dimensiones Analíticas del Área de Estudio	43
7.3 Diagnóstico del Componente Hídrico	45
7.3.1 Generalidades de la cuenca del río Risaralda	45

7.3.2 Características morfológicas de la cuenca del río Risaralda	46
7.3.3 Oferta y demanda de agua en la cuenca del río Risaralda	46
7.3.4 Oferta y demanda de agua en el área de influencia de la PCH Morro Azul.....	52
7.4 Aplicación de la Metodología de Impacto Ambiental	60
7.4.1 Matriz de Evaluación de Impacto Ambiental	60
7.4.2 Modelo de Simulación.....	62
7.4.3 Resultados del Modelo de Simulación	76
7.5 Disertación	79
8 CONCLUSIONES.....	84
9 BIBLIOGRAFÍA.....	85
10 ANEXOS.....	92
10.1 Entrevistas	92
10.1.1 Entrevista fase de operación de una PCH.....	92
10.1.2 Entrevistas caracterización del área de influencia directa	95
10.2 Dimensiones Analíticas del Área de Estudio	116
10.2.1 Dimensión física.....	116
10.2.2 Dimensión biótica.....	123
10.2.3 Dimensión económica	131
10.2.4 Dimensión cultural	135
10.2.5 Dimensión social	137
10.2.6 Dimensión espacial.....	139
10.2.7 Dimensión política.....	142
10.3 Descripción parámetros morfométricos	142
10.3.1 Área	142
10.3.2 Perímetro	143
10.3.3 Longitud de la cuenca.....	143
10.3.4 Ancho de la cuenca.....	143
10.3.5 Coeficiente de Gravelius o de compacidad	143
10.3.6 Factor de forma.....	144
10.3.7 Índice de alargamiento.....	145
10.3.8 Índice de asimetría.....	145
10.3.9 Elevación media de la cuenca.....	145
10.3.10 Pendiente media de la cuenca.....	145
10.3.11 Pendiente de la corriente principal	146

10.4 Series de caudales promedio mensuales de las estaciones limnigráficas y pluviométricas del IDEAM.....	146
10.5 Series de precipitación promedio mensuales de las estaciones pluviométricas convencionales de CENICAFÉ Ospirma y la estación de la Red Hidroclimatológica de Risaralda El Diamante.....	151

Lista de Figuras

Figura 1 Valoración del potencial de la actividad	33
Figura 2. Matriz cualitativa para el cálculo de la intensidad	33
Figura 3. Calificación de la intensidad	34
Figura 4. Valor de la cobertura del impacto	34
Figura 5. Valor de la acumulación del impacto	34
Figura 6. Valor de la sinergia del impacto	35
Figura 7. Valor de la periodicidad del impacto.....	35
Figura 8. Valor de la reversibilidad	35
Figura 9. Valoración del impacto.....	36
Figura 10. Simbología del Diagrama de Forrester.....	38
Figura 11. Ubicación del municipio de Belén de Umbría, Risaralda	42
Figura 12. Ubicación de la PCH Morro Azul en el área de influencia directa del municipio de Belén de Umbría	43
Figura 13. Localización geográfica del POMCA	45
Figura 14. Ubicación de las estaciones limnigráficas del IDEAM.....	47
Figura 15. Ubicación de las estaciones pluviométricas	50
Figura 16. Modelo de Simulación.....	76
Figura 17. Escenario 1 Comportamiento del río sin la concesión	77
Figura 18. Escenario 2 Comportamiento del río con el 100% de la concesión	78
Figura 19. Escenario 3 Comportamiento del río con el 70% de la concesión	78
Figura 20. Escenario 4 Comportamiento del río con el 50% de la concesión	79
Figura 21. Cultivos presentes en el área de influencia directa.....	134
Figura 22. Relictos de bosque y cultivos presentes en el área de influencia directa	134
Figura 23. Rastrojo y bosque presente en el área de influencia directa.....	135

Lista de Mapas

Mapa 1. Ubicación de las principales estructuras de la PCH Morro Azul	41
Mapa 2. Ubicación y uso de los manantiales del área de influencia directa.....	55
Mapa 3. Ubicación de los nacimientos de la vereda El Diamante.....	60
Mapa 4. Mapa geológico del municipio de Belén de Umbría	117
Mapa 5. Geomorfología del municipio de Belén de Umbría.....	119
Mapa 6. Geomorfología del municipio de Belén de Umbría.....	120
Mapa 7. Usos del suelo del área de influencia directa.....	133

Lista de Tablas

Tabla 1. Parámetros morfométricos de la cuenca del río Risaralda.....	46
---	----

Tabla 2. Escorrentía superficial en el área de influencia directa	51
Tabla 3. Concesiones de agua superficial del río Risaralda.....	52
Tabla 4. Información de los manantiales	53
Tabla 5. Caudal nacimiento 1 Vereda el Diamante	55
Tabla 6. Caudal nacimiento 2 Vereda El Diamante.....	56
Tabla 7. Caudal nacimiento 3 Vereda El Diamante.....	56
Tabla 8. Caudal nacimiento 4 Vereda el Diamante	56
Tabla 9. Caudal de los nacimientos Vereda El Diamante.....	57
Tabla 10. Demanda de agua para la vereda El Diamante	59
Tabla 11. Registro histórico de precipitación en la estación Puente Umbría	63
Tabla 12. Registro histórico de caudal en la estación Guaracas	64
Tabla 13. Especies ícticas	124
Tabla 14. Especies ícticas	125
Tabla 15. Especies de avifauna común.....	126
Tabla 16. Especies comunes	128
Tabla 17. Especies de insectos.....	129
Tabla 18. Especies de flora	130
Tabla 19. Instituciones educativas en las veredas influenciadas	139
Tabla 20. Rangos generales de tamaños de una cuenca.....	142
Tabla 21. Clasificación de una cuenca según el coeficiente de compacidad.....	144
Tabla 22. Clasificación de una cuenca según el factor de forma.....	144
Tabla 23. Clasificación de una cuenca según el índice de alargamiento	145
Tabla 24. Clasificación de una cuenca de acuerdo a su pendiente media.....	146
Tabla 25. Serie de caudales promedio estación La Virgen.....	146
Tabla 26. Serie de caudales promedio estación Buenos Aires.....	147
Tabla 27. Serie de caudales promedio estación Puente Negro	149
Tabla 28. Serie de caudales promedio PCH Morro Azul.....	150
Tabla 29. Precipitación promedio estación pluviométrica Ospirma.....	151
Tabla 30. Precipitación promedio estación Hidroclimatológica El Diamante.....	152

Lista de Gráficos

Gráfico 1. Caudal promedio en la estación Buenos Aires	48
Gráfico 2. Caudal promedio en la estación La Virgen.....	48
Gráfico 3. Caudal promedio en la estación Puente Negro	49
Gráfico 4. Caudal promedio PCH Morro Azul.....	49
Gráfico 5. Precipitación promedio en la estación Ospirma	50
Gráfico 6. Precipitación promedio en la estación Hidroclimatológica El Diamante	51
Gráfico 7. Precipitación del área de influencia directa año 2018	121
Gráfico 8. Temperatura media del área de influencia directa año 2018	121
Gráfico 9. Brillo sol del área de influencia directa año 2017	122
Gráfico 10. Humedad relativa del área de influencia directa año 2018.....	122

RESUMEN

Esta investigación cuyo objetivo es realizar la Evaluación de Impacto Ambiental del componente hídrico superficial en la fase de operación de la Pequeña Central Hidroeléctrica (PCH) Morro Azul, en el municipio de Belén de Umbría, mediante un modelo de simulación, se presenta como un estudio factible que propone la simulación como herramienta que facilita identificar diferentes escenarios para la toma de decisiones, el problema se abordó con una investigación de tipo mixta y un enfoque analítico, que permitió comprender la relación causa-efecto de los diferentes factores que intervienen en el estado actual del componente hídrico de la zona de estudio.

Por su ubicación sobre la cordillera occidental y ser uno de los municipios que conforman la cuenca del río Risaralda, Belén de Umbría posee una gran biodiversidad y riqueza hídrica, a partir de la caracterización del área de estudio se verificó que, debido a procesos socioeconómicos basados en la agricultura, existe una gran demanda de agua para uso doméstico, cultivos y en menor proporción ganadería. Esto se enlaza de forma directa con la PCH Morro Azul que opera mediante un sistema de filo de agua y aprovecha una parte de la corriente del río haciendo uso de un caudal de 16,8 m³/s, resultando afectado un tramo de 7,5 Km por la captación del cauce natural del río.

Las PCH son tecnologías sostenibles para la generación de energía eléctrica ya que en comparación con otras se producen menos impactos ambientales, pero aún en su fase de operación se generan algunos impactos sobre la fauna y flora acuática y puede existir afectación sobre el caudal natural del río; esto se pudo comprobar con la evaluación de impacto ambiental realizada mediante la metodología de Renzo Martínez y de igual forma con el modelo de simulación hidrológico básico que representaba la oferta y demanda de agua en el área de estudio, dando como resultado la reducción del caudal y llegando a estar por debajo del caudal ecológico en periodos de baja hidrología.

Palabras clave: Recurso Hídrico, Impactos Ambientales, Oferta y Demanda de Agua, Pequeña Central Hidroeléctrica, Estudio de Impacto Ambiental, simulación.

ABSTRACT

This research whose objective is to perform the Environmental Impact Assessment of the surface water component in the operation phase of the Morro Azul Small Hydroelectric Power Plant (PCH), in the municipality of Belén de Umbría, using a simulation model and specific objectives are to describe precisely the phase of operation of the PCH, diagnose the surface water component, apply two methodologies of Environmental Impact Assessment emphasizing a simulation model and propose management strategies for the main impacts caused, it is presented as a feasible study that proposes Simulation as a tool that facilitates the identification of different scenarios for decision-making, whose problem was approached with mixed research with an analytical approach, including the cause-effect relationship of the different factors involved in the current state of the water component of The study area.

Due to its location on the foothills of the western mountain range and being one of the municipalities that make up the Risaralda river basin, Belén de Umbría has a great biodiversity and water wealth, from the characterization of the study area it was verified that, due to socioeconomic processes based on agriculture, there is a high demand for water for domestic use, crops and in a smaller proportion of livestock. This is directly linked to the Morro Azul PCH that operates through a water edge system and uses a portion of the river's current using a flow of 16.8 m³ / s, a section of 7.5 being affected Km due to the obstruction of the natural river bed.

PCHs are sustainable technologies because in comparison with others there are less environmental impacts, but even in their operation phase some are generated on aquatic fauna and flora and there may be an affectation on the natural flow of the river; This could be verified with the environmental impact assessment carried out using the Renzo Martinez methodology and in the same way with the basic hydrological simulation model that represented the supply and demand of water in the study area, resulting in the reduction of the flow rate and becoming below the ecological flow in periods of low hydrology.

Keywords: Water Resource, Environmental Impacts, Water Supply and Demand, Small Hydroelectric Power Plant, Environmental Impact Study, simulation.

1 INTRODUCCIÓN

Debido al crecimiento poblacional en Colombia se ha incrementado el consumo de energía, lo cual ha hecho necesario promover fuentes alternativas de recursos energéticos principalmente aquellas de carácter renovables. En el país la mayor parte de la energía es generada a partir de la hidráulica y la incorporación de pequeñas centrales hidroeléctricas es una estrategia que promueve el desarrollo sostenible, la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y la seguridad en el abastecimiento energético.

Colombia es un país que gracias a su riqueza hídrica cuenta con un potencial alto para la implementación de centrales hidroeléctricas y el 68% de la oferta energética corresponde a estos proyectos, en la actualidad se encuentran en funcionamiento 115 hidroeléctricas no despachadas centralmente, estas se caracterizan por tener una capacidad neta menor de 20 MW y la capacidad neta de este tipo de centrales asciende a un total de 860,57 MW (Montes, 2019), en este sentido desde las políticas nacionales se promueve el desarrollo de estas tecnologías para incentivar su implementación. No obstante, mientras los países desarrollados están descartando esta forma de generación de energía eléctrica ya que existen diversos ejemplos de cómo las represas más que una solución se ha convertido en problema, en el país se están diseñando rápidamente nuevos proyectos.

La construcción de proyectos de generación de energía eléctrica además de suplir la demanda trae consigo impactos ambientales relacionados generalmente con la ocupación del terreno, la transformación del territorio, la desviación y captación de afluentes superficiales, las alteraciones sobre la fauna y la flora y el desplazamiento de comunidades campesinas. Para analizar la pertinencia de un proyecto de generación de energía eléctrica como lo son las Pequeñas Centrales es necesario realizar una evaluación de impacto ambiental que permita predecir las alteraciones significativas que se generan sobre el territorio y suministrar información para tomar decisiones adecuadas en función de las políticas establecidas para la prevención, acompañadas del cumplimiento de la norma.

Debido a la diversidad de componentes que conforman un territorio y que pueden sufrir alteraciones significativas con la implementación de estos megaproyectos es necesario realizar EIA y Planes de Manejo Ambiental, que contemplen diferentes escenarios que reflejen la complejidad de los sistemas y la variabilidad de sus componentes, esto se puede lograr mediante modelos de simulación que permiten el análisis de sistemas basado en un pensamiento holístico cuyo fin es la solución de problemas, empleando modelos matemáticos que identifican, simulan y predicen las características más importantes de la dinámica de los sistemas considerados como complejos (Sánchez, 2008).

Para realizar la Evaluación de Impacto Ambiental sobre el componente hídrico superficial en la fase de operación de la Pequeña Central Hidroeléctrica (PCH) Morro Azul ubicada en el municipio

de Belén de Umbría, Risaralda, mediante un modelo de simulación lo cual representa el objetivo general de esta investigación se requirió realizar una descripción de la fase de operación de la Pequeña Central que permitiera conocer su funcionamiento de forma detallada, esto con el fin de entender la complejidad de esta tecnología y no emitir juicios anticipados o erróneos.

Posteriormente se realizó una caracterización de las veredas influenciadas por el proyecto (Columbia, La Garrucha, El Diamante y Caucajá) y un diagnóstico del componente hídrico superficial existente en el área de estudio para conocer su estado actual e identificar impactos generados en esta fase que no se hubieran tenido en cuenta en el Estudio de Impacto Ambiental, con base a información secundaria y a la EIA se aplicaron dos metodologías; la primera fue la metodología desarrollada por Renzo Martínez en el año 2010, con la cual se identificaron los impactos más relevantes generados por la PCH Morro Azul sobre el componente hídrico superficial, sus causas y efectos, y la segunda se realizó mediante la elaboración de un modelo de simulación que permitió mediante datos numéricos observar el comportamiento de la oferta y demanda de agua en el área de influencia directa, determinado si la PCH afecta la disponibilidad de agua en el río Risaralda.

Por último, se plantearon estrategias de manejo ambiental para los impactos ocasionados por la PCH Morro Azul en la fase de operación, enfocados principalmente a prevenir los impactos de carácter negativo y mejorar las condiciones ambientales actuales del componente hídrico y de los ecosistemas acuáticos en el entorno local.

2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Según información de Acolgen (Asociación Colombiana de Generadores de Energía Eléctrica) la oferta de energía de las compañías hidroeléctricas de Colombia corresponde al 68.3% del total de energía generada en el país, en la actualidad se encuentran en funcionamiento 28 plantas hidroeléctricas despachadas centralmente y 115 no despachadas centralmente con una oferta total de 11.834,57 MW. En el departamento de Risaralda se ubica la microcentral hidroeléctrica Morro Azul que entró en funcionamiento en el año 2016, esta central presentó una suspensión temporal en la licencia de vertimientos de agua en el año 2017, impacto presentado en su fase de operación. Teniendo en cuenta lo anterior y que el departamento cuenta con dos proyectos de hidroeléctricas vigentes en fase de factibilidad, es de gran importancia evaluar los impactos ambientales en la fase de operación de las PCH.

Las normas ambientales para el desarrollo de proyectos hidroeléctricos cada vez son más exigentes y las licencias ambientales exigen medidas de mitigación y compensación, por lo cual las empresas deben evaluar cuidadosamente los proyectos e identificar las posibles afectaciones. Es por esto que resulta relevante comprobar si los estudios de impacto ambiental exigidos por la legislación antes de la realización de un proyecto de generación hidroeléctrica resultan eficiente tanto para la

fase de construcción como para la fase de operación o se deben implementar nuevos requerimientos para la preservación de los ecosistemas y el bienestar social de las poblaciones.

A través de la Ley 99 de 1993 y sus decretos reglamentarios, se ha establecido la obligación de realizar Estudios de Impacto Ambiental para estos proyectos, constituyéndose como un instrumento para la toma de decisiones al momento de ejecutar proyectos de gran magnitud, que permitan establecer medidas de prevención, control, mitigación y compensación para los impactos generados y a partir de que se crea el Ministerio del Medio Ambiente y se ordena el sector público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables se resalta como una de las bases de la política ambiental la elaboración de estudios de impacto ambiental como instrumento básico para la toma de decisiones. Como señala Sánchez (1995), *“El proceso de evaluación de impacto ambiental permite identificar, describir, y estimar cuantitativamente los efectos ambientales potenciales generados por la ejecución de proyectos o actividades. La evaluación permite seleccionar alternativas, que para las comunidades afectadas es la más deseable por el desarrollo biofísico, tanto a nivel de localización como de usos de procesos y técnicas de protección y control”*.

Es preciso realizar estudios ambientales en las diferentes fases de los proyectos hidroeléctricos y no solo en la fase planeación, debido a que las características y componentes de los ecosistemas y los factores físicos son cambiantes; algunos impactos solo se pueden producir en la fase de operación como el descargue de lodos por actividades de mantenimiento y existen otros que persisten en el tiempo como la reducción del caudal de algunos nacimientos que se presentó en la fase de construcción de la PCH Morro Azul. En este sentido se considera relevante este estudio y la utilización de los modelos de simulación que además de proyectar el comportamiento de los impactos y de las alteraciones significativas generadas por el proceso en un tiempo determinado, también permiten visualizar cómo se comportan estos impactos en condiciones o escenarios diferentes a los actuales, e identificar impactos nuevos generados por el cambio de las variables.

2.1 Pregunta de Investigación

¿Cuáles son los impactos ambientales generados sobre el componente hídrico superficial en la fase de operación de la Pequeña Central Hidroeléctrica (PCH) Morro Azul en el municipio de Belén de Umbría, Risaralda?

3 JUSTIFICACIÓN

Según la Unidad de Planeación Minero-Energética en el Plan de Expansión de Referencia (2016-2030) se determinó que la demanda de energía eléctrica en Colombia para el periodo de septiembre de 2015 a marzo de 2016, tuvo un crecimiento de 4.75% debido al aumento creciente de la temperatura y la severidad del periodo extremo de sequía que se produjo en ese año. En el Plan Nacional de Desarrollo (2014-2018) se encuentra que el 31 % de la capacidad efectiva de

generación de electricidad proviene de plantas térmicas y solamente el 4,5 % de fuentes no convencionales de energía renovable (UPME, 2014, p. 69). Entre 1990 y el 2010 las emisiones de gases de efecto invernadero aumentaron un 15% y la actividad relacionada con minas y energía aportaron el 14% de estos gases (IDEAM, 2015), la generación térmica podría incrementarse, aumentando aún más la concentración en escenarios de reducción de la precipitación. La situación actual ha impulsado el crecimiento del sector energético en el país para suplir las demandas existentes tanto de las poblaciones como del sector productivo, lo cual ha traído consigo grandes desafíos para la conservación, gestión y aprovechamiento sostenible del bien natural, debido a las transformaciones que se producen en el territorio por la implementación de proyectos de desarrollo a gran escala.

La importancia de esta investigación radica en que existe un gran número de pequeñas centrales hidroeléctricas (PCH) tanto en construcción como en operación a lo largo del territorio nacional debido a la oferta hídrica del país, que, aunque si bien aportan tanto al desarrollo económico nacional también generan grandes impactos ambientales. Estos impactos pueden llegar a ser severos e irreversibles, lo que significa una pérdida inminente de hábitats naturales y afectación en la calidad de vida de las poblaciones cercanas.

Por lo tanto, esta investigación constituye un aporte académico que agrupa los impactos ambientales que se producen en la fase de operación de las pequeñas centrales hidroeléctricas y permite observar algunos otros que persisten desde la fase de construcción, esto con el fin de generar nuevo conocimiento sobre las condiciones de los ambientes y ecosistemas intervenidos o la generación de alertas ambientales por impactos ambientales no identificados previamente; además de mejorar la gestión de las evaluaciones ambientales y priorizar a las comunidades para el desarrollo de estos estudios.

4 OBJETIVOS

4.1 Objetivo General

- Realizar la Evaluación de Impacto Ambiental sobre el componente hídrico superficial en la fase de operación de la Pequeña Central Hidroeléctrica (PCH) Morro Azul, en el municipio de Belén de Umbría, Risaralda mediante un modelo de simulación.

4.2 Objetivos Específicos

- Describir de manera precisa la operación de la pequeña Central Hidroeléctrica Morro Azul.
- Diagnosticar el componente hídrico superficial de la zona donde opera la PCH.
- Aplicar dos metodologías de Evaluación de Impacto Ambiental haciendo énfasis en un modelo de simulación para el componente hídrico.

- Plantear estrategias de manejo para los principales impactos ocasionados por la PCH Morro Azul sobre el componente hídrico.

5 MARCO DE REFERENCIA

5.1 Enfoque Conceptual

5.1.1 Ambiente

Aunque el término “Ambiente” no nace en los años 60’s es en esta época cuando toma fuerza luego de que se empieza a percibir el deterioro ambiental ocasionado por la segunda guerra mundial, la guerra fría y el modo de vida consumista de los países autodenominados desarrollados. Para el año 1972 en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Humano, realizada en Estocolmo se estableció la definición de Medio Ambiente como *“El conjunto de componentes físicos, químicos, biológicos y sociales capaces de causar efectos directos en un plazo corto o largo, sobre los seres vivos y las actividades humanas”*.

La RCFA (Red Colombiana de Formación Ambiental) (2007) ejemplifica que el concepto de ambiente se ha definido institucionalmente en varios ámbitos, *“En el marco del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología, el Programa Nacional de Ciencias del Medio Ambiente y el Hábitat lo definió como el entorno natural de la población humana y a su vez, en el contexto del Sistema Nacional Ambiental, la Política Nacional de Investigación Ambiental precisó su objeto de estudio como el entorno físico – biótico, su relación con la estructura sociocultural y las dinámicas que tal relación conlleva”* (p. 12).

Todas estas concepciones caen en la distinción entre sociedad y naturaleza, entre cultura y ecosistema, entre los seres humanos y su entorno natural y su interpretación se entiende como la separación de estos dos elementos de la relación, lo que pone a los seres humanos como sujeto y a la naturaleza como objeto para poner ésta al servicio de aquellos, justificando así prácticas sociales depredadoras del medio natural. (RCFA, 2007)

Diferentes autores han analizado el concepto de ambiente desde una mirada más compleja e integral, superando el pensamiento mecanicista de las ciencias e incorporando al hombre en una relación directa con la naturaleza. Es así como Augusto Ángel Maya señala que el ambiente no implica solo la relación entre el hombre y la naturaleza sino también la relación entre ellos mismos y esta relación se expresa a través de la cultura que se convierte en una estrategia adaptativa.

Lo anterior, como lo explica Vera (2018) no se trata de saber conservar sino de transformar bien, ya que toda cultura en su relación con la naturaleza se organiza bajo el presupuesto de comprenderla, investigarla, transformarla, y esta última, se realiza por obra del trabajo; así mismo,

la cultura no nace de la nada, sino que es producida en esta relación, por lo tanto, el trabajo no es aspecto secundario de la cultura, sino todo lo contrario, éste crea la cultura.

Algunos autores como Enrique Leff (2004, p. 61) plantean que el concepto de ambiente depende del significado que le da el ser humano a la realidad y no se puede tomar a la ligera; de este modo *“El ambiente puede ser conceptualizado como una estructura socio ecológica compleja que incorpora bases ecológicas de la sustentabilidad y condiciones sociales de equidad y democracia”* por lo que se ha empezado a configurar el ambiente como un nuevo saber que articula las ciencias en un diálogo de saberes abierto hacia el conocimiento no científico.

La RCFA (2007, p. 13) afirma que *“El ambiente no es posible entenderlo desde la perspectiva de la ciencia clásica porque no es un objeto empírico medible y acotable. Es, más bien, un campo de interrelaciones entre objetos factuales y teóricos, que exigen aproximaciones diferentes y complementarias para su comprensión”* es por esto que la crisis ambiental requiere una nueva forma de estudio como el pensamiento complejo

El significado de ambiente ha pasado por diferentes escuelas de pensamiento que construyeron sus propias versiones de concepto. Los holistas en su visión integral utilizan el término para describir la sociedad toda (instituciones, cultura, naturaleza, ciudades, hábitat, economía, técnica... etc.); la lengua francesa con un poco más de objetividad pero siguiendo la idea anterior define el ambiente como “el conjunto, en un momento dado, de los agentes físicos, químicos, biológicos y de los factores sociales susceptibles de causar un efecto directo o indirecto, inmediato o a plazo, sobre los seres vivos y las actividades humanas”, la Teoría General de Sistemas precisa que “el ambiente de un sistema es otro sistema que influye en el sistema considerado y recibe la influencia de éste” y estas solo por mencionar algunas construcciones conceptuales que se han establecido.

Julio Carrizosa (2000) considera que existen condiciones éticas y estéticas de la vida cotidiana que influyen sin duda en el contenido y las formas que cada individuo usa y aporta a la construcción social del significado de ambiente. Es por esto que se debe estudiar el ambiente desde la complejidad ya que en cada cultura existen visiones ambientales dominantes y cada componente del ambiente posee su propia importancia.

Ya que el significado de ambiente se construye a partir de las experiencias individuales y que detrás de cada definición hay una ideología propia, se pueden establecer las características comunes en los planteamientos de los diferentes autores y concluir que el ambiente es un sistema complejo e integral en donde se relaciona de forma directa el hombre con la naturaleza y debe ser estudiado desde una mirada sistémica.

5.1.2 Impacto Ambiental

Las interacciones del hombre sobre la naturaleza desde su aparición lo han favorecido, ya que ha adquirido la capacidad de utilizar los bienes naturales a su beneficio, alterando significativamente los ecosistemas. Es entonces que desde los años 80 el deterioro ambiental comienza a ser evidente ya que se empiezan a ver los impactos que las actividades humanas han causado, los cuales con el transcurrir de los años se han agudizado debido al avance tecnológico.

Estas alteraciones son denominadas impacto ambiental definido como *“La alteración de la calidad ambiental que resulta de la modificación de los procesos naturales o sociales provocada por la acción humana”* (Sánchez, 2000 citado en Arboleda, 2008, p. 2), estas alteraciones se presentan en las diferentes fases (construcción, operación y desmonte) de un proyecto, obra o actividad, para la conservación de los ecosistemas naturales durante la ejecución de un proyecto de gran magnitud se hace necesario la elaboración de estudios de impacto ambiental, que según Espinoza (2002, p. 137) en *Fundamentos de Evaluación de Impacto Ambiental* señala que *“Un estudio de impacto ambiental es un conjunto de análisis técnico-científicos, sistemáticos, interrelacionados entre sí, cuyo objetivo es la identificación, predicción y evaluación de los impactos significativos positivos y/o negativos, que pueden producir una o un conjunto de acciones de origen antrópico sobre el medio ambiente físico, biológico y humano.”*

Para Martínez (2010) el impacto ambiental se manifiesta cuando el sistema humano y el sistema natural interactúan entre sí, estas interacciones pueden generar cambios negativos o positivos que modifican la calidad ambiental de los sistemas. Del mismo modo el Decreto 1076 de 2015 define el concepto de impacto ambiental como *“Cualquier alteración en el medio ambiental biótico, abiótico y socioeconómico, que sea adverso o beneficioso, total o parcial, que pueda ser atribuido al desarrollo de un proyecto, obra o actividad”*.

Los planteamientos de los diferentes autores acerca del concepto de impacto ambiental comparten características en común, por lo tanto, se podría decir que el impacto ambiental es el efecto significativo que se produce como resultado de la interacción entre el accionar humano y los sistemas naturales. Estos impactos se convierten en el centro de atención para la gestión, y por ende deben ser identificados y evaluados dentro de la evaluación de impacto ambiental.

5.1.2.1 Evaluación de Impacto Ambiental

Como respuesta ante los daños ambientales producidos por el hombre y su accionar, nace en Estados Unidos la Evaluación de Impacto Ambiental mediante la Ley Nacional de Política Ambiental (NEPA) en 1970 (Camero, A. Enrici, M. Gobbi, N. Guimaraes, A. Harada, M. Moreira, P. Ribeiro, J. Rodríguez, A. 2008.), esta legislación tenía como propósito declarar una política nacional de protección ambiental que buscaba armonizar al hombre con el entorno, promoviendo esfuerzos que eliminen daños en el ambiente. La NEPA surgió como un intento por establecer una

política nacional que funcionará para renovar, mantener y proteger los recursos naturales y lograr un equilibrio entre las necesidades ambientales y las necesidades del mundo tecnológico evolucionado (García, 2004, p.13-14).

Desde entonces la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) se empezó a utilizar como un instrumento preventivo para el control ambiental en proyectos. Esta comienza a tomar fuerza a partir de los acuerdos internacionales celebrados sobre medio ambiente, influenciados por los avances en la legislación ambiental Norteamérica y por la preocupación de la comunidad internacional por los problemas ambientales globales.

Según Martínez (2010) el concepto de EIA para el caso colombiano corresponde a una etapa del Estudio de Impacto Ambiental (EsIA) donde se identifican y valoran los impactos que un proyecto, obra o actividad puede generar, constituyendo una herramienta fundamental para la toma de decisiones, ya que proporciona información necesaria para prevenir, mitigar, corregir y compensar los daños generados por un proyecto en un área determinada. La EIA proporciona herramientas necesarias para formular un plan de manejo que garantice la calidad ambiental de los ecosistemas naturales y la sociedad.

Teniendo en cuenta lo anterior Espinoza (2002, p. 27) argumenta que *la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) es una herramienta preventiva mediante la cual se evalúan los impactos negativos y positivos que las políticas, planes, programas y proyectos pueden generar sobre el ambiente, y se proponen las medidas para ajustarlos a niveles de aceptabilidad.* De igual forma Ángel, Carmona & Villegas (2010) plantean que la EIA tiene como propósito identificar, caracterizar y evaluar la magnitud de los impactos que un proyecto al ser ejecutado genera sobre el ambiente donde se desarrolla, estos autores coinciden en que la EIA es un procedimiento por medio del cual se identifican y valoran los impactos que un proyecto al ser ejecutado pueda generar en el ambiente ya sean positivos o negativos y que de alguna u otra forma deben ser manejados adecuadamente ya sea para potenciarlos o disminuirlos. Es entonces que si se analiza la EIA mediante una metodología que permita identificar las alteraciones significativas en los diferentes componentes que conforman el ambiente se puede lograr el cumplimiento de las políticas ambientales establecidas en la normativa nacional.

Para realizar una Evaluación de Impacto Ambiental se suelen utilizar diferentes métodos o herramientas con enfoques tanto cualitativos como cuantitativos debido a que existen muchas maneras de analizar la capacidad del ambiente y los impactos ambientales, además existen algunos métodos específicos para algunas variables ambientales como la calidad del agua, la calidad del aire, la degradación de los suelos, análisis sobre fauna y flora y análisis del paisaje. Dentro de estos métodos se encuentran listas, matrices, redes, diagramas de flujo, panel de expertos, cartografía ambiental, modelos de simulación y optimización entre otros.

5.1.3 Modelo de Simulación

Antes de hablar de modelos de simulación es necesario aclarar la definición de sistema que según Ackoff (2002) *“Un sistema es un conjunto de dos o más elementos que satisfacen las tres condiciones siguientes: 1. El comportamiento de cada elemento tiene un efecto en el comportamiento del todo, 2. El comportamiento de los elementos y sus efectos sobre el todo son interdependientes, 3. De cualquier manera que se formen subgrupos de los elementos, cada uno tiene un efecto sobre el comportamiento del todo y ninguno tiene un efecto independiente sobre él”*. Es decir, un sistema es un todo que no puede dividirse en partes independientes ya que sus elementos se relacionan entre sí, cuando se separan sus partes el sistema pierde las propiedades. La síntesis, o poner juntos los elementos es la clave del pensamiento sistémico, necesario para entender los ecosistemas y su funcionamiento. Shannon (1988) argumenta que el sistema es un *“conjunto de objetos o ideas que están interrelacionados entre sí como una unidad para la consecución de un fin”*. Se podría decir que un sistema es un conjunto de elementos que interactúan y se relacionan con el ambiente para lograr un objetivo en común intercambiando información, materia y energía con el entorno.

Los modelos de simulación son la representación de un sistema y se desarrollan con el propósito de estudiarlos. El modelo debe ser lo más válido posible para que sirva como base para la toma de decisiones, ya que lo que se busca es simular el comportamiento del sistema en tiempo real. El modelo es definido como *“una representación parcial de la realidad; esto se refiere a que no es posible explicar una totalidad, ni incluir todas las variables que esta pueda tener, por lo que se refiere más bien a la explicación de un fenómeno o proceso específico”* (Aguilera, 2000 citado en Ramos, Vargas, Barrios & Cifuentes, 2016. p. 131). De acuerdo con el autor un modelo es la representación de un hecho, pretende mostrar las características generales de la estructura, explicar sus elementos, mecanismos y procesos, cómo se interrelacionan y los aspectos teóricos que le dan sustento para facilitar su comprensión.

Los modelos pueden clasificarse en modelos estáticos o dinámicos, continuos o discretos y determinísticos o estocásticos. Los modelos estáticos son la representación de un sistema en un tiempo particular, mientras que los dinámicos son la representación del sistema a través de cierto tiempo. En un modelo continuo, el estado del sistema puede cambiar continuamente en el tiempo. En un modelo discreto, los cambios ocurren exclusivamente en puntos separados en el tiempo. Por último, los modelos determinísticos son aquellos que no tienen elementos aleatorios, por su parte, los modelos estocásticos si tienen aleatoriedad (Ramos)

La simulación de sistemas implica la construcción de modelos; el propósito es indagar qué pasaría con el sistema si se modifican ciertas variables, este sirve para predecir la conducta de un sistema real mediante la simulación definida como *“técnicas utilizadas para predecir estados futuros de parámetros ambientales específicos”* (Martínez, 2010). Por su parte Parra (1981, p. 21) argumenta que *“la simulación se refiere a la operación de un modelo numérico que representa la estructura*

de un proceso dinámico. Dados los valores de las condiciones iniciales, los parámetros y las variables exógenas, se lleva a cabo una simulación para representar la conducta del proceso a través del tiempo”, es decir la simulación busca acercarse a la realidad y proyectar el sistema en el futuro e identificar qué ocurre con el sistema si se modifican algunas variables, esta se realiza mediante un modelo matemático.

El método de Modelos de Simulación conceptualizado por Shannon (1988) como “*Un modelo es la representación de un objeto, sistema o idea. Usualmente su propósito es ayudar a explicar, entender o mejorar un sistema*”. Es así como los modelos de simulación son útiles ya que ayudan a ordenar el conocimiento, predecir la conducta del sistema real y es un método económico y seguro. Es la reproducción de un ambiente en funcionamiento, las características permiten al observador analizar la reacción del ambiente ante el cambio y proporciona información para la toma de decisiones (Parra, 1981. p. 25). Estos modelos están relacionados con la inteligencia artificial o modelos matemáticos, se proponen para representar el comportamiento de un sistema las relaciones e interacciones (Camero et al 2008. p. 82)

Para la construcción de un modelo de simulación se debe delimitar el espacio y el tiempo del sistema, el universo de análisis y determinar las unidades territoriales comprendidas o estudiadas por el modelo, después se determina la magnitud del impacto, la metodología a utilizar depende del tamaño del impacto, por lo tanto, es necesario realizar un estudio preliminar para tener una idea clara de su magnitud (Camero et al 2008. p. 83).

5.1.4 El Recurso Hídrico como un Bien Común Natural y la GIRH

El recurso hídrico al igual que los recursos naturales son términos capitalistas que considera la naturaleza desde una perspectiva racional instrumental que es susceptible de explotación y apropiación mediante un modo de producción dominante. Asumir el agua como un “Bien Común Natural” según lo afirma Bourdieu citado en Ivars (2013) es resaltar una relación de fuerza social determinada por una forma de nominación simbólica que otorga un valor diferente a la naturaleza.

En este sentido es imperante la reapropiación de la naturaleza también desde el plano ideológico pues se ha despojado al patrimonio natural de su valor esencial y hoy solo es visto por su precio en el mercado, Helfrich (2008) citado en Ivars (2013, p. 7) sostiene que los “*bienes comunes son las "redes de la vida" y forman parte de ella el aire, el patrimonio genético, el espacio sideral, las culturas y el genoma humano, entre muchos otros*” y este concepto está estrechamente relacionado con el de solidaridad.

Según la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) en su Informe Nacional sobre la Gestión del Agua en Colombia en año 2000, el país enfrenta dos problemas referentes a agua potable, el primero son las grandes pérdidas en su distribución y el segundo la deficiente calidad. Los municipios muestran una débil capacidad de gestión y la calidad del recurso se afecta

principalmente por los vertimientos de carga orgánica y sustancias tóxicas con alta incidencia en los corredores industriales ubicados en las cuencas.

Las principales normas que regulan la gestión del agua en Colombia son: la Ley 99 de 1993 (mediante la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente), el Decreto - Ley 2811 de 1974 (Código de los Recursos Naturales Renovables), la Ley 09 de 1979 (Código Sanitario Nacional), el Decreto 1541 de 1978 (Concesiones de agua), el Decreto 1594 de 1984 (Usos del agua y el manejo de los residuos líquidos), el Decreto 1753 de 1994 (Licencias ambientales); todas estas se encuentran compiladas en el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible 1076 de 2015.

El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible define la GIRH como *“Un proceso que promueve la gestión y el aprovechamiento coordinado de los recursos hídricos, la tierra y los recursos naturales relacionados, con el fin de maximizar el bienestar social y económico de manera equitativa sin comprometer la sustentabilidad de los ecosistemas vitales”*, por lo cual se asume la perspectiva de cuenca hidrográfica y se formula la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico como instrumento direccionador el cual establece ocho principios como líneas de acción estratégicas que guían a las instituciones y usuarios en el uso y aprovechamiento eficiente del agua.

En la Política para la GIRH se afirma que Colombia se ubica entre los países con mayor riqueza en recursos hídricos en el mundo debido a su localización geográfica su orografía y una gran variedad de regímenes climáticos pero su oferta natural no está distribuida homogéneamente entre regiones por lo que existen zonas con escasez del recurso.

Los ocho principios de la Política para la GIRH en Colombia se jerarquizan de la siguiente manera:

- Bien de uso público: El agua es un bien de uso público y su conservación es responsabilidad de todos.
- Uso prioritario: El acceso al agua para consumo humano y doméstico tendrá prioridad sobre cualquier otro uso y en consecuencia se considera un fin fundamental del Estado. Además, los usos colectivos tendrán prioridad sobre los usos particulares.
- Factor de desarrollo: El agua se considera un recurso estratégico para el desarrollo social, cultural y económico del país por su contribución a la vida, a la salud, al bienestar, a la seguridad alimentaria y al mantenimiento y funcionamiento de los ecosistemas.
- Integralidad y diversidad: La gestión integral del recurso hídrico armoniza los procesos locales, regionales y nacionales y reconoce la diversidad territorial, eco sistémico, étnico y cultural del

país, las necesidades de las poblaciones vulnerables (niños, adultos mayores, minorías étnicas), e incorpora el enfoque de género.

- **Unidad de gestión:** La cuenca hidrográfica es la unidad fundamental para la planificación y gestión integral descentralizada del patrimonio hídrico.
- **Ahorro y uso eficiente:** El agua dulce se considera un recurso escaso y por lo tanto, su uso será racional y se basará en el ahorro y uso eficiente.
- **Participación y equidad:** La gestión del agua se orientará bajo un enfoque participativo y multisectorial, incluyendo a entidades públicas, sectores productivos y demás usuarios del recurso, y se desarrollará de forma transparente y gradual propendiendo por la equidad social.
- **Información e investigación:** El acceso a la información y la investigación son fundamentales para la gestión integral del recurso hídrico.

5.1.5 Pequeña Central Hidroeléctrica (PCH)

Una central hidroeléctrica es aquella que se utiliza para la generación de energía eléctrica mediante el aprovechamiento de la energía hidráulica. Según el Ministerio de Minas y Energía (1997) la definición de las Pequeñas Centrales Hidroeléctricas se ha hecho según diversos criterios, con respecto a parámetros técnicos y con relación a su aplicación, *“Una PCH es una instalación donde se utiliza la energía hidráulica para generar reducidas cantidades de electricidad hasta (20 MW) por medio de uno o más grupos de conjuntos turbina/generador”* (p. 15).

La energía hidráulica tiene la cualidad de ser renovable, pues no agota la fuente primaria al explotarla, y es limpia, ya que no produce en su explotación sustancias contaminantes de ningún tipo. Sin embargo, el impacto medioambiental de las grandes presas, por la severa alteración del paisaje e, incluso, la inducción de un microclima diferenciado en su emplazamiento ha desmerecido la bondad ecológica de este concepto en los últimos años.

5.1.6 Plan de Manejo Ambiental

El plan de manejo ambiental (PMA) constituye el instrumento principal de manejo y control que permite afrontar los impactos ambientales generados por un proyecto, obra o actividad, ya que en este se estipulan el conjunto de criterios, estrategias, acciones y programas necesarios para prevenir, mitigar y compensar los impactos negativos y potenciar los positivos (Ángel, Carmona y Villegas, 2010). El plan de manejo ambiental es definido por el decreto 1076 de 2015 como “el conjunto detallado de medidas y actividades que, producto de una evaluación ambiental, están orientadas a prevenir, mitigar, corregir o compensar los impactos y efectos ambientales debidamente identificados, que se causen por el desarrollo de un proyecto, obra o actividad.

Incluye los planes de seguimiento, monitoreo, contingencia, y abandono según la naturaleza del proyecto, obra o actividad”.

Según Ángel Carmona y Villegas (2010) en un plan de manejo ambiental se deben plantear medidas preventivas, mitigatorias, compensatorias y de control, las cuales son necesarias realizar por parte del proyecto para manejar adecuadamente los impactos ambientales que se podrían ocasionar con el desarrollo del proyecto. Estas medidas deben ser definidas para todas las fases del proyecto ya que en cada una de ellas se pueden presentar impactos específicos, por lo tanto, el PMA contempla programas para todas las etapas; dentro de estas medidas se encuentran:

Medidas de compensación, estas se aplican cuando el impacto ha afectado severamente los sistemas ambientales al punto de ser irrecuperables están dirigidos a resarcir y retribuir a las comunidades, localidades y al entorno natural por los impactos negativos generados por el proyecto. Estas medidas no son prioritarias ya que no mejoran directamente la calidad ambiental de los sistemas afectados.

Medidas de corrección, son acciones dirigidas a recuperar, restaurar o reparar las condiciones en las que se encuentra el ambiente tras ser afectado por un proyecto.

Medidas de mitigación, estas se aplican durante la ejecución de las actividades del proyecto y están dirigidas a minimizar los impactos que el proyecto genera sobre el ambiente en los cuales no se puedan realizar medidas de prevención, cuando el impacto es inminente, es necesario identificar las posibilidades para atenuar el impacto disminuyendo la intensidad que esta causa sobre el factor en el cual incide la acción.

Medidas de prevención, son acciones encaminadas a evitar los impactos que pueda generar un proyecto sobre el ambiente, estas se deben realizar antes de desarrollar el proyecto ya que están relacionadas con cambiar o rediseñar las actividades que generan impactos críticos o severos. *“La prevención de los impactos no sólo evita que éstos se presenten, sino que disminuye los costos ambientales que se pueden generar a futuro cuando sea necesario aplicar medidas correctoras”* (Martínez, 2010).

El objetivo del PMA es diseñar y ejecutar obras, actividades o medidas que estén dirigidas a atenuar o disminuir los impactos de un proyecto, tratando que el ambiente quede en las mismas condiciones o en condiciones similares en las que se encontraba antes de desarrollar el proyecto (Espinoza, 2002) y a potencializar los efectos positivos, convirtiéndose en un instrumento de gestión ambiental que permite realizar un seguimiento a aquellas actividades que tienen mayor impacto ambiental y social y establecer las medidas de control necesarias para disminuir o potenciar los impactos que se puedan generar en el desarrollo de un proyecto. En conclusión, un PMA se realiza con el fin de buscar la mejor manera de ejecutar un proyecto de tal forma que se

reduzcan al mínimo posible los impactos negativos más significativos causados por el desarrollo de un proyecto y proteger los componentes del ambiente para cumplir con la normatividad ambiental vigente.

5.2 Marco Legislativo

Ley 99 de 1993

Mediante esta ley se crea el Ministerio de Medio Ambiente y se organiza el Sistema Nacional Ambiental (SINA), esta ley además reforma el sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables y exige la Planificación de la gestión ambiental de proyectos.

Los principios que se destacan son: La definición de los fundamentos de la política ambiental, la estructura del SINA en cabeza del Ministerio del Medio Ambiente, las funciones de este y de las corporaciones, los procedimientos de licenciamiento ambiental como requisito para la ejecución de proyectos o actividades que puedan causar daño al ambiente, mediante la elaboración de estudios de impacto ambiental como instrumento y los mecanismos de participación ciudadana en todas las etapas de desarrollo de los proyectos.

Decreto 1753 de 1994

Este reglamenta los títulos VIII y XII de la Ley 99 de 1993 sobre licencias ambientales, define la licencia ambiental, la naturaleza, modalidad y efectos; contenido, procedimientos, requisitos y competencias para el otorgamiento de licencias ambientales. Este decreto además estipula que para obtener la licencia ambiental se debe presentar ante la autoridad ambiental competente un estudio de impacto ambiental como instrumento para la toma de decisiones y para la planificación ambiental, permitiendo visualizar la viabilidad ambiental del proyecto o actividad.

Decreto 2041 de 2014

Este decreto también reglamenta el título VIII de la ley 99 de 1993 en tema de licenciamiento ambiental, en el título II especifica la competencia y exigibilidad de la licencia ambiental para proyectos, obras o actividades que se encuentran contenidos en los artículos 8 y 9 del presente decreto otorgando o negando de manera privativa la licencia ambiental, las autoridades ambientales no podrán establecer o imponer planes de manejo ambiental para proyectos diferentes a los establecidos en estos artículos.

Decreto 1076 de 2015

El decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible busca reglamentar el sector ambiente, en el capítulo 2 hace referencia al uso y aprovechamiento del agua, especificando en el artículo 2.2.3.2.5.3. que toda persona natural o jurídica, pública o privada, requiere concesión o permiso de la Autoridad Ambiental competente para hacer uso de las aguas públicas o sus cauces, salvo en los casos previstos en los artículos 2.2.3.2.6.1 y 2.2.3.2.6.2 del presente decreto, se requiere entonces concesión de aguas para los fines establecidos en la sección 7 del artículo 2.2.3.2.7.1. del presente decreto. Este decreto además se apoya de la ley 1541 de 1978 la cual reglamenta las aguas no marítimas y dicta disposiciones para su conservación.

Resolución 1519 de 2017

En esta resolución se adoptan los términos de referencia para la elaboración del estudio de impacto ambiental- EIA, requerido para el trámite de la licencia ambiental de los proyectos de construcción y operación de centrales generadoras de energía hidroeléctrica.

Ley 143 de 1994

Por la cual se establece el régimen para la generación, interconexión, transmisión, distribución y comercialización de electricidad en el territorio nacional, se conceden unas autorizaciones y se dictan otras disposiciones en materia energética.

La presente Ley establece el régimen de las actividades de generación, interconexión, transmisión, distribución y comercialización de electricidad, que en lo sucesivo se denominará actividades del sector, en concordancia con las funciones constitucionales y legales que le corresponden al Ministerio de Minas y Energía.

En el artículo 2 se establece que El Ministerio de Minas y Energía, en ejercicio de las funciones de regulación, planeación, coordinación y seguimiento de todas las actividades relacionadas con el servicio público de electricidad, definirá los criterios para el aprovechamiento económico de las fuentes convencionales y no convencionales de energía, dentro de un manejo integral eficiente, y sostenible de los recursos energéticos del país, y promoverá el desarrollo de tales fuentes y el uso eficiente y racional de la energía por parte de los usuarios.

El parágrafo 4 del artículo 71 dicta que el gobierno nacional impulsará la construcción, montaje, rehabilitación y puesta en operación de pequeñas centrales hidroeléctricas que estén priorizadas por el Ministerio de Minas y Energía. Y en el artículo 87 se estipula que el gobierno nacional creará las condiciones a través del Ministerio de Minas y Energía los entes del estado, las

Universidades y la empresa privada, para la investigación, desarrollo y aprovechamiento de pequeñas centrales hidroeléctricas y otras fuentes alternas de energía.

Decreto 3683 de 2003

Reglamentó la Ley 697 de 2001, por la cual se crea la Comisión Intersectorial para el Uso Racional y Eficiente de la Energía y Fuentes No Convencionales de Energía (CIURE), del cual hacen parte el Ministerio de Minas y Energía, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Territorial, el Ministerio de Industria, Comercio y Turismo, el Departamento Nacional de Planeación, la Comisión de Regulación de Energía y Gas – CREG, COLCIENCIAS y el Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas – IPSE. El Decreto 3683 de 2003, también creó el Programa de Uso Racional y Eficiente de Energía y Fuentes No Convencionales – PROURE, adscrito al Ministerio de Minas y Energía.

Ley 1715 de 2014

Tiene por objeto promover el desarrollo y la utilización de las fuentes no convencionales de energía, principalmente aquellas de carácter renovable, en el sistema energético nacional, mediante su integración al mercado eléctrico, su participación en las zonas no interconectadas y en otros usos energéticos como medio necesario para el desarrollo económico sostenible, la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y la seguridad del abastecimiento energético.

El artículo 5 de esta ley define energía de pequeños aprovechamientos hidroeléctricos como energía obtenida a partir de aquella fuente no convencional de energía renovable que se basa en los cuerpos de agua a pequeña escala.

6 METODOLOGÍA

6.1 Diseño Metodológico

Existen diversas metodologías para realizar una investigación, para este caso se optó por utilizar un modelo mixto, que permitió realizar un análisis cualitativo y cuantitativo para lograr los objetivos planteados.

Según Sampieri (2014) un enfoque cualitativo utiliza la recolección de datos sin medición numérica para descubrir o afinar preguntas de investigación en el proceso de interpretación, por el contrario, el enfoque cuantitativo usa la recolección de datos para probar hipótesis, con base en la medición numérica y el análisis estadístico, para establecer patrones de comportamiento y probar teorías.

El modelo de investigación mixto permite utilizar todas las ventajas del enfoque cuantitativo y cualitativo y se combinan en todo el proceso de investigación, la utilización de los esquemas deductivos y lógicos confiando en la medición estandarizada y numérica del enfoque cuantitativo que sumando al esquema inductivo del enfoque cualitativo genera un análisis interpretativo y etnográfico, ayudándose de herramientas tales como entrevistas abiertas y la observación no estructurada (Sampieri, 2014).

Además, se definió una investigación de tipo analítica ya que, según Hurtado (2000) “La investigación analítica tiene como objetivo analizar un evento y comprenderlo en términos de sus aspectos menos evidentes y según Bunge (1981), intenta describir los elementos que componen la totalidad y las conexiones que explican su integración” (p. 269). En base a lo anterior, una investigación de tipo analítica fue pertinente ya que facilitó la comprensión de la relación causa-efecto de los diferentes factores que intervienen en el estado actual del componente hídrico de la zona de estudio, reconociendo las sinergias de la problemática y logrando así una comprensión más profunda y holística del territorio.

6.2 Matriz Metodológica

OBJETIVO GENERAL	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	ACTIVIDADES	TÉCNICAS	INSTRUMENTOS	PRODUCTO
Realizar la Evaluación de Impacto Ambiental sobre el componente hídrico superficial en la fase de operación de la Pequeña Central Hidroeléctrica (PCH) Morro Azul, en el municipio de Belén de Umbría, Risaralda mediante un modelo de simulación.	Describir de manera precisa la fase de operación de la Pequeña Central Hidroeléctrica Morro Azul.	<p>Visita a la PCH Morro Azul.</p> <p>Revisión bibliográfica</p> <p>Recolección de información primaria</p> <p>Elaboración y aplicación de entrevistas</p> <p>Sistematización de la información</p> <p>Reuniones grupales</p> <p>Revisión con docente</p>	<p>Cartografía social</p> <p>Entrevista</p>	<p>Observación simple</p> <p>Diario de campo</p> <p>Grabadora</p> <p>Formato de entrevista</p>	Caracterización de la PCH
	Diagnosticar el componente hídrico superficial de la zona donde opera la PCH.	<p>Visitas a la CARDER</p> <p>Revisión bibliográfica</p> <p>Recolección de información primaria y secundaria</p> <p>Elaboración y aplicación de entrevistas</p> <p>Sistematización de la información</p> <p>Reuniones grupales</p> <p>Revisión con docente</p>	<p>Recopilación documental</p> <p>Entrevista</p>	<p>Fichas bibliográficas</p> <p>Formato de Entrevista</p>	Diagnóstico

Aplicar dos metodologías de Evaluación de Impacto Ambiental haciendo énfasis en un modelo de simulación para el componente hídrico.	<p>Revisión bibliográfica</p> <p>Recolección de información primaria y secundaria</p> <p>Elaboración y aplicación de entrevistas</p> <p>Sistematización de la información</p> <p>Desarrollo de las metodologías de EIA</p> <p>Reuniones grupales</p> <p>Revisión con docente</p>	<p>Entrevista</p> <p>Metodología de evaluación de impacto ambiental (Renzo Martínez)</p>	<p>Formato de Entrevista</p> <p>Matriz de EIA</p>	<p>Impactos críticos, severos, moderados e irrelevantes.</p> <p>Modelo de simulación</p>
	<p>Revisión bibliográfica</p> <p>Recolección de Información Secundaria</p> <p>Elaborar modelo de simulación</p> <p>Asesoría con docentes expertos</p> <p>Reuniones grupales</p> <p>Revisión con docente</p>	<p>Dinámica de Sistemas</p> <p>Panel de expertos</p>	<p>Modelo de Simulación</p>	
Plantear estrategias de manejo para los principales impactos ocasionados por la PCH morro azul sobre el componente hídrico	<p>Revisión bibliográfica</p> <p>Recolección de información secundaria</p> <p>Reuniones grupales</p> <p>Revisión con docente</p>	<p>Grupo de disertación</p>	<p>Análisis de Contenido</p>	<p>Disertación</p>

Elaboración Propia.

6.3 Método

Para el desarrollo de cada objetivo específico, se establecieron diferentes técnicas que permitieron cumplir de forma conjunta el alcance del objetivo general del trabajo de investigación.

6.3.1 Describir de manera precisa la fase de operación de la Pequeña Central Hidroeléctrica Morro Azul.

Para describir la fase de operación de la Pequeña Central Hidroeléctrica Morro Azul fue necesario recolectar información primaria mediante entrevistas semiestructuradas realizadas a expertos en el tema e información secundaria mediante visitas a la CARDER para la revisión de los estudios de impacto ambiental de la PCH y documentos relacionados, así mismo se realizó una visita a la PCH Morro Azul con el objetivo de conocer cómo opera en la actualidad.

6.3.2 Diagnosticar el componente hídrico superficial de la zona donde opera la PCH

Para diagnosticar el componente hídrico fue necesario recolectar información primaria y secundaria así como el reconocimiento de la zona de estudio mediante visitas a campo, visitas a la CARDER para la revisión de los estudios de impacto ambiental de la PCH Morro Azul y documentos relacionados, además de entrevistas semiestructuradas realizadas a diferentes líderes comunitarios que proporcionaron información sobre diferentes procesos económicos, sociales y naturales en el área de influencia directa antes y después de la construcción de la PCH como en la actualidad.

6.3.3 Aplicar dos metodologías de Evaluación de Impacto Ambiental haciendo énfasis en un modelo de simulación para el componente hídrico

Para este objetivo específico se recolectó información primaria mediante entrevistas semiestructuradas a diferentes líderes comunitarios de las veredas ubicadas en el área de influencia directa que aportaron información relevante para aplicar la metodología de evaluación de impacto ambiental de Renzo Martínez y se revisó el expediente 6966 Estudio de Impacto Ambiental de la PCH Morro Azul, además se recolectó información secundaria para la realización del modelo de simulación representado como un diagrama de forrester y estas dos metodologías se explican a continuación de manera detallada:

6.3.3.1 Propuesta metodológica para la evaluación de impacto ambiental en Colombia (Renzo Martínez, 2010)

Una de las metodologías propuestas para la evaluación de los impactos ambientales en este trabajo es la metodología de Renzo Martínez “la cual toma como referencia siete variables cualitativas: carácter, intensidad, cobertura, sinergismo, acumulación, reversibilidad y periodicidad, a través de

las cuales se logró obtener un índice de importancia en función de la calidad ambiental que representa el impacto causado, sin considerar las medidas de manejo ambiental”. (Martínez, 2010).

A continuación, se describe el sistema de calificación que se utiliza para evaluar cada una de las variables las cuales se determinaron de una manera subjetiva finalizando con la determinación del ICA (índice de calidad ambiental) que permite conocer el rango en el cual se encuentra el impacto para así poder realizar el adecuado plan de manejo.

Carácter del impacto: el impacto puede ser favorable o desfavorable, si genera una disminución de la calidad ambiental del factor sobre el cual incide, entonces el impacto tendrá un carácter negativo; mientras que si el impacto es favorable o causa un aumento o mejoramiento de la calidad ambiental del factor sobre el cual incide es impacto tendrá un carácter positivo.

Intensidad del impacto: La medida de la fuerza con la cual se presenta el impacto sobre el factor, se propone asociarla con el Potencial de Impacto de la Actividad (IAP) y con la Vulnerabilidad Ambiental del factor (V).

Figura 1 Valoración del potencial de la actividad

SIGLA	VALORACIÓN CUALITATIVA DEL IAP	VALORACIÓN CUANTITATIVA DEL IAP
IAP _A	Impacto Ambiental Potencial Alto	5
IAP _{MA}	Impacto Ambiental Potencial Moderado Alto	4
IAP _{MB}	Impacto Ambiental Potencial Moderado Bajo	2
IAP _B	Impacto Ambiental Potencial Bajo	1

VALORACIÓN CUALITATIVA DEL IAP	SIGLA	VALORACIÓN CUANTITATIVA VULNERABILIDAD
Vulnerabilidad Ambiental Alta	V _A	5
Vulnerabilidad Ambiental Moderada Alta	V _{MA}	4
Vulnerabilidad Ambiental Moderada Baja	V _{MB}	2
Vulnerabilidad Ambiental Baja	V _B	1

Figura 2. Matriz cualitativa para el cálculo de la intensidad

V \ IAP	IAP _A	IAP _{MA}	IAP _{MB}	IAP _B
V _A				
V _{MA}				
V _{MB}				
V _B				

Figura 3. Calificación de la intensidad

Calificación de la intensidad	Color	Casos
Muy baja		IAP bajo con V bajo
Baja		IAP bajo con V moderadamente baja IAP moderadamente bajo con V baja
Moderadamente baja		IAP bajo con V moderadamente alta IAP moderadamente bajo con V moderadamente baja IAP moderadamente alto con V baja
Media		IAP bajo con V alta IAP moderadamente bajo con V moderadamente alta IAP moderadamente alto con V moderadamente baja IAP alto con V baja
Moderadamente alta		IAP moderadamente bajo con V alta IAP moderadamente alto con V moderadamente alta IAP alto con V moderadamente baja
Alta		IAP moderadamente alto con V IAP alto con V moderadamente alta
Muy alta		IAP alto con V alta

Cobertura del impacto: para calificar la cobertura se propone hacerlo en función del área que cubre el impacto en el nivel territorial, de acuerdo con la división política en Colombia.

Figura 4. Valor de la cobertura del impacto

Categoría cualitativa	Descripción	Valor cuantitativo ³
Puntual	El impacto se presenta en un solo punto dentro del área de influencia del proyecto.	1
Local	El área donde se presenta el impacto no supera el área de jurisdicción municipal	2
Regional	El área donde se presenta el impacto ocupa dos o más municipios y no supera el área de jurisdicción de la Región Natural	3
Nacional	El área donde se presenta el impacto ocupa varios municipios en dos o más regiones naturales y no supera la jurisdicción Nacional	4
Trasnacional	El área donde se presenta el impacto supera la jurisdicción Nacional	5

Acumulación del impacto: Para calificar la acumulación se tiene en cuenta la frecuencia con la que se presenta el impacto en el tiempo y el nivel de resiliencia del factor afectado.

Figura 5. Valor de la acumulación del impacto

Categoría cualitativa	Descripción	Valor cuantitativo
Simple	El impacto no presenta acumulación en el tiempo así ocurra un incremento de la frecuencia con que se repite.	0
Acumulativo	El impacto presenta una tendencia acumulativa en el tiempo ante el incremento de la frecuencia con que se repite.	2

Sinergia del impacto: se debe tener en cuenta el potencial de interacción con otros impactos.

Figura 6. Valor de la sinergia del impacto

Categoría cualitativa	Descripción	Valor cuantitativo
Sin sinergismo	El modo de acción es individualizado y no interactúa con ningún otro impacto	0
Sinérgico	El modo de acción es conjunto con uno o más impactos y se aumenta el nivel de incidencia sobre el factor frente a la suma de las incidencias individualizadas.	2

Periodicidad del impacto: se debe tener en cuenta la frecuencia con la que se presenta el impacto en el tiempo, la cual a su vez está relacionada con la frecuencia con la que se repite la acción que lo genera y/o la causa directa.

Figura 7. Valor de la periodicidad del impacto

Categoría cualitativa	Descripción	Valor cuantitativo
Irregular	La frecuencia con que se presenta el impacto es baja, y deber ser determinada en términos de su probabilidad de ocurrencia	1
Periódico	El impacto se repite con frecuencia a intervalos determinados de tiempo durante la ejecución del proyecto	3
Continuo	El impacto se hace constante y permanente durante el tiempo de ejecución del proyecto	5

Reversibilidad: Para calificar la Reversibilidad del impacto se propone realizar una correlación entre el tiempo de permanencia o duración del impacto y el tiempo de ejecución del proyecto.

Figura 8. Valor de la reversibilidad

Categoría cualitativa	Descripción	Valor cuantitativo
Fugaz	Una vez termina la actividad el factor ambiental retorna a las condiciones iniciales de forma inmediata por medios naturales.	1
Corto Plazo	Una vez termina la actividad el factor ambiental retorna a las condiciones iniciales por medios naturales en un periodo de tiempo inferior a 1año.	3
Mediano plazo	Una vez termina la actividad el factor ambiental retorna a las condiciones iniciales por medios naturales en un periodo de tiempo inferior a 10 años.	5
Irreversible	Una vez termina la actividad el factor ambiental no vuelve a retomar a las condiciones iniciales por medios naturales.	7

ICA: Cuando ya se tenían valorados los impactos se procedió a determinar la importancia del impacto en función de la calidad ambiental del factor mediante la siguiente fórmula:

De donde:

$$I_{CA} = \pm(IN + CO + SI + AC + PR + RV)$$

ICA: representa la importancia en función de la calidad ambiental del factor

IN: representa la Intensidad

CO: representa la Cobertura

SÍ: representa el Sinergismo

AC: representa la Acumulación

PR: representa la periodicidad

RV: representa la Reversibilidad

ICAN: Una vez se obtiene el cálculo de la importancia con la ecuación 24, ésta debe ser normalizada para obtener valores entre 0 y 100, que permitan determinar el nivel de importancia de cada impacto en una escala más adecuada.

Donde;

Mínimo = 4

Máximo = 28

Figura 9. Valoración del impacto

Rango de la I_{CAN}	Valoración del Impacto	Significado para la EIA
≤ 25	Irrelevante	No genera daños irreversibles en el factor y no requiere de la aplicación de medidas de manejo para su recuperación
$>25 < 50$	Moderado	Genera daños menores en el factor y requiere de la aplicación de medidas de manejo sencillas para su recuperación.
$\geq 50 < 75$	Severo	Genera daños evidentes en el factor y requiere de la aplicación inmediata de medidas de manejo para su recuperación.
≥ 75	Crítico	Genera daños muy severos en el factor y requiere de la aplicación inmediata de medidas de manejo intensivas para su recuperación.

6.3.3.2 Diagrama de Forrester

Para comprender la metodología de Forrester es necesario comenzar con la definición de sistema, siguiendo a Ackoff (2002) “*Un sistema es un conjunto de dos o más elementos que satisfacen las tres condiciones siguientes: 1. El comportamiento de cada elemento tiene un efecto en el comportamiento del todo, 2. El comportamiento de los elementos y sus efectos sobre el todo son interdependientes, 3. De cualquier manera que se formen subgrupos de los elementos, cada uno tiene un efecto sobre el comportamiento del todo y ninguno tiene un efecto independiente sobre él*”.

Por consiguiente, un sistema es un todo que no puede dividirse en partes independiente y las propiedades del sistema se pierden cuando se separan sus partes. La síntesis, o poner junto los

elementos es la clave del pensamiento sistémico, necesario para entender los ecosistemas y su funcionamiento.

Los diagramas de Forrester (DF) son herramientas específicas de modelado de la dinámica de sistemas (DS), es una metodología para el estudio y análisis de sistemas continuos complejos, mediante la búsqueda de relaciones entre los subsistemas (especialmente lazos de realimentación). Ésta mira al sistema como un "todo", empleando normalmente el computador para simulación. La génesis y el desarrollo de la Dinámica de Sistemas constituyen una manifestación del paradigma de sistemas.

La metodología para construir un modelo en DS puede resumirse en varios pasos, que se suceden de forma iterativa hasta que se consiga el ajuste deseado:

1 Conceptualización, que comprende:

- a) identificación del sistema y sus partes
- b) búsqueda de las relaciones causales y lazos de realimentación
- c) construcción del diagrama causal.

2 Representación y formulación, que comprende:

- d) construcción del DF
- e) escritura de las ecuaciones del sistema.

3 Análisis y evaluación, que comprende:

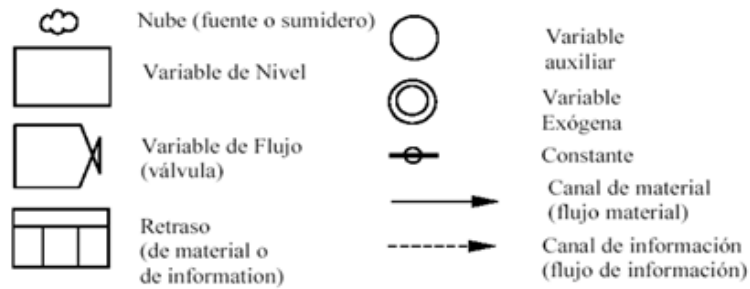
- f) análisis del modelo (comparación con el modelo de referencia y análisis de sensibilidad).
- g) evaluación e implementación del sistema.

En esta metodología se emplean dos modelos gráficos, los diagramas causales y los diagramas de Forrester, y el modelo de ecuaciones diferenciales deriva directamente del último. Los diagramas causales muestran cualitativamente las relaciones entre las partes (subsistemas) mediante flechas, con un signo que indica si la relación es positiva o negativa, lo que permite buscar los lazos de realimentación.

Simbología y comportamiento

Los diagramas de Forrester proporcionan una representación gráfica de los sistemas dinámicos (ver figura 1), modelando cualitativamente las relaciones entre las partes mediante símbolos que corresponden a una interpretación hidrodinámica del sistema.

Figura 10. Simbología del Diagrama de Forrester



Los niveles corresponden a las variables de estado de la teoría de sistemas, y representan las variables cuya evolución es significativa para el estudio del sistema.

Los niveles acumulan material a través de los canales de material, que son controlados por las válvulas. El flujo de material es estrictamente conservativo (conservación en torno a las válvulas).

Las válvulas (variables de flujo) definen el comportamiento del sistema, ya que determinan la velocidad del flujo de material (a través de los canales de material) de acuerdo a un conjunto de ecuaciones asociadas. Las ecuaciones dependen de la información que las válvulas reciben del sistema (niveles, variables auxiliares y parámetros) y del entorno (variables exógenas). La información se transmite instantáneamente a través de los canales de información.

Las variables auxiliares corresponden a pasos intermedios en el cálculo de las funciones asociadas a las válvulas; se utilizan para simplificar el proceso, bien porque ciertos cálculos matemáticos se emplean en varias ecuaciones o bien porque tienen cierto significado o interpretación física que puede ser interesante observar, pero en cualquier caso no aportan más potencia de modelado.

Las nubes representan fuentes y sumideros, es decir, una no determinada (infinita) cantidad de material, y las constantes (parámetros) representan simplemente valores fijos del sistema. La interacción del sistema con el exterior se representa con las variables exógenas, cuya evolución se supone independiente a la del sistema. Los retrasos pueden afectar a la transmisión de material o de información, pero en ambos casos tampoco introducen mayor capacidad descriptiva, ya que simplemente representan en notación compacta los elementos que producen tal retraso.

El interés de la analogía reside en que indica que un modelo en DF es equivalente a un sistema de ecuaciones de primer orden (eventualmente no lineales y dependientes del tiempo), y viceversa. Las ecuaciones del modelo son simplemente la representación analítica del DF, y permiten no sólo la simulación del modelo, sino también la aplicación de modernas técnicas de teoría de control.

6.3.4 Plantear estrategias de manejo para los principales impactos ocasionados por la PCH morro azul sobre el componente hídrico

Para este último objetivo específico, luego de haber recolectado toda la información pertinente y haber realizado los puntos anteriores, se hizo una disertación donde se integró el análisis de la evaluación de impacto ambiental y los resultados del modelo de simulación y se plantearon unas estrategias para mejorar las condiciones actuales del tramo de la cuenca que se ve impactado por el funcionamiento de la PCH apoyándose de información secundaria que justificará la importancia de estas estrategias.

7 RESULTADOS

7.1 Descripción de la Fase de Operación de la PCH Morro Azul

El proceso de producción de electricidad en una central hidroeléctrica consiste básicamente en la transformación de la energía potencial de un caudal de agua a través de una caída de nivel, en energía eléctrica. Para el proyecto hidroeléctrico de la PCH Morro Azul se genera energía aprovechando el caudal promedio del río (22 m³/s) y la diferencia de altura que hay entre la toma de agua y la localización de las turbinas.

La Pequeña Central Hidroeléctrica Morro Azul corresponde a una central hidroeléctrica que opera mediante un sistema a filo de agua, por lo cual no se requiere de un embalse, es decir no se almacenan grandes cantidades de agua ya que está siempre sigue su cauce. La presa tiene como objetivo disminuir la velocidad del agua para que los sedimentos que esta trae se decanten y no lleguen hasta las turbinas.

Esta PCH aprovecha una parte de la corriente del río Risaralda para generar movimiento que haga girar las turbinas y producir energía eléctrica, para este proceso de generación, se hace uso de un caudal de 16,8 m³/s del río Risaralda. La potencia efectiva de la central será de 19,9 MW, producto de un caudal de diseño de 16,35 m³/s y una caída bruta de 140,97 m en promedio. La energía total generada por la Central Hidroeléctrica Morro Azul es de 120.947 MW/año.

El proceso de operación de la PCH Morro Azul comienza cuando el agua es captada en la bocatoma localizada a unos 450 m aguas arriba de la presa en la vereda La garrucha, esta estructura se ubica en la margen derecha del río Risaralda y está destinada a captar los caudales a ser aducidos a las unidades generadoras construida en bloque único de concreto. Cuenta con un pórtico de concreto equipado con un monorriel, una polea y una máquina limpia rejillas que opera retirando los residuos acumulados en la compuerta vagón y el conjunto de rejillas a través de un rastrillo hidráulico que es automático, este también puede manejarse manualmente. Este rastrillo deposita los residuos sobre una banda automática transportadora que descarga el material cerca a la bocatoma, luego estos residuos se llevan hasta un sitio de acopio que queda cerca de la presa para darle disposición final. La bocatoma está compuesta además por una aducción única dotada de una rejilla de 4 m de largo x 5,5 m de alto y una compuerta vagón con 3 m de ancho y 3,75 m de alto, las rejillas tienen como función retener los detritos y objetos arrastrados por el río. Dentro del área a inundar hay 3 diques retenedores de sedimentos que sirven como tanques de almacenamiento de

material, estos evitan que material abrasivo llegue hasta las maquinas generadoras, la distancia entre la bocatoma y el primer dique es de 50 m, el segundo se encuentra a 100 m del primero y el tercero se encuentra a 100 m del segundo.

La obra de captación cuenta con una presa localizada en el sector de los encuentros, debido a sus dimensiones esta no genera embalse ya que tiene un volumen de 30.550 m³, cuenta con un vertedero de excesos de corona libre en concreto con una profundidad máxima de 15 m, un ancho de 50 m y un talud con pendiente de 0,85 H:1.0V, esta estructura sirve para dejar pasar el agua que no es utilizada por la PCH, cuando el agua sube hasta alcanzar la altura del vertedero sigue su curso a través de él, asegurando en el rio un caudal ecológico de 3,88 m³/s desde la presa hasta el canal de restitución. El vertedero cuenta con una canaleta con disipadores que reducen el flujo de energía después de la caída, este fue dimensionado para descargar la creciente milenar con el nivel máximo normal que posee un pico instantáneo de 407 m³/s.

Posteriormente el agua pasa a través de un conducto a presión, construido en concreto reforzado de aproximadamente 4,9 km de largo llamado túnel de conducción, este tiene una sección arqueo rectangular de 3,75m de ancho x 3,95 m de alto. El túnel va en rampa de 2,59 % hasta la almenara, de donde prosigue con una rampa del 8,54 % hasta antes de llegar a la bifurcación del conducto forzado ganando una altura aproximada de 126,40 m. Al finalizar el túnel en un trayecto de 326 m antes de llegar a la casa de máquinas, está blindado en tubería de acero apoyado en sillas de concreto, con un tramo común hasta las dos unidades de generación con diámetro de 2 m y una longitud de 3,26 m, en la bifurcación del canal las secciones se reducen a un diámetro interno de 1,45 m y 20 m de longitud cada uno, esto es para controlar el gradiente hidráulico que puede desarrollarse entre el sector aguas arriba y la casa de máquinas, es decir regular el caudal que pasará por las turbinas convirtiendo la energía cinética en energía mecánica.

Una vez el agua pasa por el túnel de conducción y la bifurcación del conducto forzado llega a la casa de máquinas la cual es de tipo semi abrigada y está provista de dos unidades generadoras equipadas con turbinas tipo francis de eje horizontal; las cuales tienen una potencia efectiva de 19,9 MW, las turbinas convierten la fuerza del movimiento del agua en energía mecánica que llega a los generadores, los cuales la convierten en energía eléctrica y la envían a los transformadores que aumentan el voltaje. Por último, la energía es dirigida a la subestación Anserma mediante un acople con la CHEC desde donde se distribuye al sistema interconectado. La casa de máquinas cuenta con un sistema de unidades hidráulicas necesarias para la regulación y rodamientos, un sumidero, una sala de control y demás equipos auxiliares mecánicos, aguas abajo para cerrar la tubería de succión de las unidades se instaló una compuerta de ataguía hidráulica, operada desde una orza eléctrica en monorriel.

Después de que el agua ha sido aprovechada por las turbinas para la generación de energía eléctrica es restituida al río Risaralda a través del sistema de descarga o canal de fuga, este tiene cerca de 64 m de largo y 20 m de ancho.

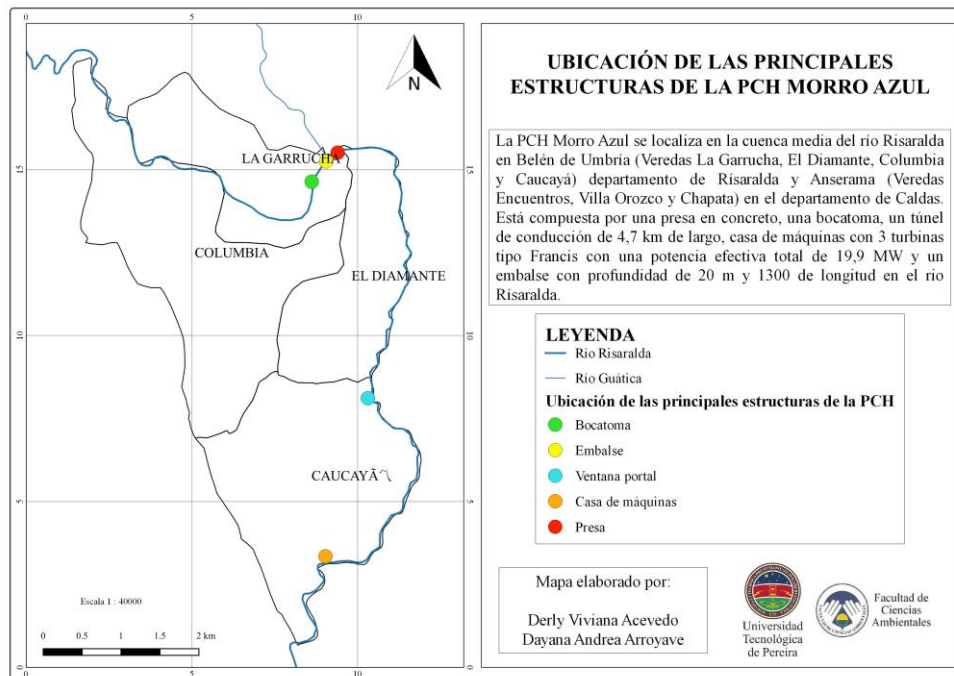
La PCH cuenta con una almenara o chimenea de equilibrio ubicada a 433 m de distancia de la casa de máquinas, tiene un diámetro interno de 2,4 m y una altura de 147,42 m, esta se encuentra conectada con el túnel de conducción mediante un túnel con diámetro de 3,90 m y 13,42 de largo, esta chimenea se utiliza como dispositivo de protección el cual tiene como objetivo evitar la

sobrepresión en el conducto forzado por el golpe del agua actuando como un dispositivo de alivio que ayuda a disipar el efecto producido por el golpe de ariete, logrando que una vez el agua rebote por efecto de la sobrepresión viaje a través de la almenara y desaparezca la presión dentro de la tubería, esta sobrepresión es causada por el cierre o apertura de una válvula o por apagar o encender una bomba, haciendo que la onda de presión penetre en ella elevando el agua por el ducto hasta que haya una sobre elevación (Escobar, A. comunicación personal, 2019 & Navarro A. 2014).

El día 4 de octubre del año 2019 se hizo una visita a la PCH Morro Azul y el director de la sala de operaciones Carlos Miranda informó que la PCH se encuentra en operación desde el año 2016, aprovechándose en bocatoma el agua del río Mistrató y aguas abajo en la presa el agua del río Guática, en el puente de los encuentros los dos ríos se unen formando el río Risaralda.

Actualmente la PCH está aprovechando 5,7 m³/s, por lo cual están operando con una sola turbina que genera 6.2 MW ya que el río se encuentra en periodo de baja hidrología y se debe garantizar el caudal ecológico de 3.88 m³/s, en este momento por la compuerta vagón están pasando 4 m³/s que aseguran dicho caudal aguas abajo, cabe aclarar que en periodos de alta hidrología se capta el total del caudal concesionado y se garantiza el caudal ecológico.

Mapa 1. Ubicación de las principales estructuras de la PCH Morro Azul



Fuente: Expediente 6966 “Estudio Ambiental para la Modificación de la Licencia Ambiental de la PCH Morro Azul” (2014).

Elaboración Propia

7.2 Caracterización de la Zona de Estudio

7.2.1 Área de Estudio

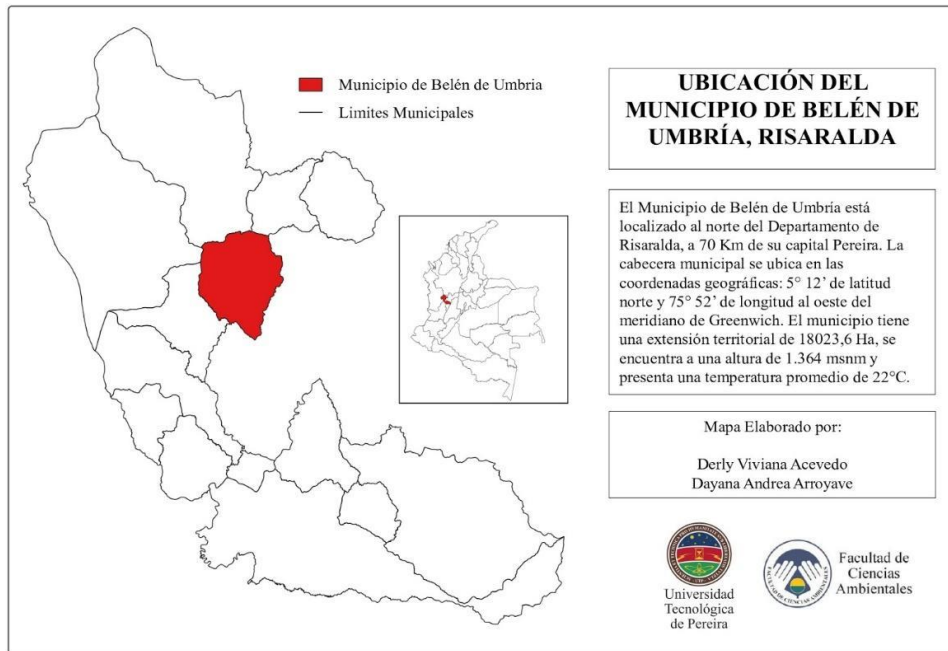
7.2.1.1 Localización del área de estudio

El Municipio de Belén de Umbría está localizado en el flanco oriental de la cordillera occidental al nor-oriental del Departamento de Risaralda, a unos 70 Km de Pereira. La cabecera municipal se ubica en las coordenadas geográficas: 5° 12' de latitud norte y 75° 52' de longitud al oeste del meridiano de Greenwich, a una altura sobre el nivel del mar de 1.564 m y una temperatura promedio de 22°C.

Limita al norte con los municipios de Guática, Mistrató y Anserma; al oriente con los municipios de Risaralda y Anserma en el Departamento de Caldas, al sur con los municipios de Apia y Viterbo (Caldas), y al occidente con los municipios de Apia y Pueblo Rico y tiene una extensión territorial de 18023,6 Ha.

El municipio presenta variaciones altimétricas desde los 2.900 m.s.n.m. en la Cuchilla de San Juan (Alto Serna), hasta los 1.000 m.s.n.m. en el Valle del Río Risaralda. La población del Municipio según las proyecciones del DANE para el año 2019 es 27.727 habitantes.

Figura 11. Ubicación del municipio de Belén de Umbría, Risaralda



Fuente: Información Suministrada por Belén de Umbría (Sitio Web del Municipio)

Elaboración: Propia

7.2.1.2 Área de influencia directa

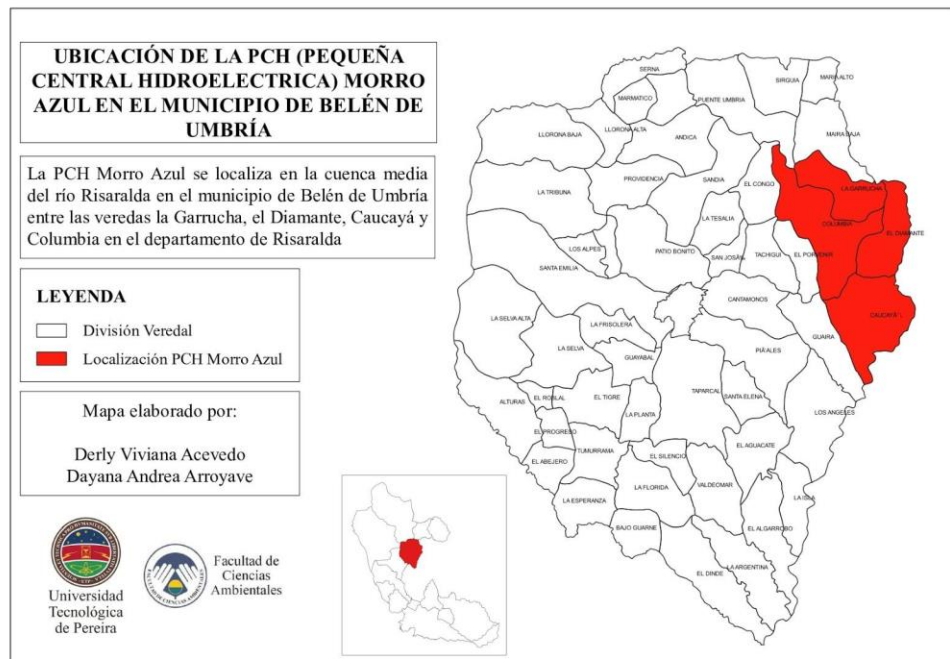
Definida de forma general, es aquella donde puede manifestarse o generarse impactos ambientales (físicos, bióticos, socioeconómicos y culturales) de carácter negativo o positivo; según Ángel,

Carmona y Villegas (2010) el área de impacto no es propiamente un área físico-espacial, es un espacio analítico que deberá ser determinado de manera particular para cada proyecto.

Para la PCH Morro Azul que se encuentra en su fase de operación se ha establecido como área de influencia directa las veredas La Garrucha, Columbia, El Diamante y Caucayá mediante un ejercicio analítico interdisciplinario que permitió identificar las posibles interrelaciones proyecto-ambiente y establecer los efectos del proyecto (Navarro, 2014).

Las veredas están localizadas al nororiente del municipio, sobre el flanco oriental de la cordillera occidental, en la margen derecha del río Risaralda.

Figura 12. Ubicación de la PCH Morro Azul en el área de influencia directa del municipio de Belén de Umbría



Fuente: Información Suministrada por DANE (Referencia de Veredas)

Elaboración: Propia

7.2.2 Dimensiones Analíticas del Área de Estudio

La cuenca del río Risaralda cuenta con diversidad de rocas, entre las cuales predominan rocas volcánicas básicas de la Formación Barroso, en mayor proporción basaltos, seguido de diabasas y aglomerados en menor proporción, a lo largo del área de influencia directa se encuentran franjas de serpentinas, peridotitas y cuaternario aluvial reciente, con respecto a las fallas la zona es influenciada por la falla Patía y la falla Puente Umbría. La geología presente ha caracterizado en general la zona con un relieve montañoso, pero también se encuentran relieve montañoso

intercalado con cuchillas, con vertientes cortas predominando rectas, con divisorias laterales escalonadas agudas y con llanura aluvial en menor proporción, exhibiendo pendientes que varían entre los 20 y los 70%.

En la zona la precipitación media en el año 2018 fue de 487,8 mm con un promedio de 40,65 mm, la temperatura media es de 22,87°C, el brillo solar para el año 2017 fue de 4,63 brillo sol h, la humedad relativa media anual varía entre 80 y 85%, la evapotranspiración anual varía entre 1100 y 1300 mm y la velocidad media anual de los vientos es de 2 a 4 m/s.

La cuenca del río Risaralda comienza a formarse en Morro Plancho en los límites entre caldas y Antioquia sobre los 3200 msnm y desemboca en el río Cauca cerca a el casco urbano del municipio de la Virginia, sus principales drenajes son el río Mistrató y el río Guática, además cuenta con diversos afluentes hídricos de menor tamaño a lo largo de su recorrido.

Las áreas de reserva para la protección del ambiente en Belén de Umbría son el Distrito de Manejo Integrado Cuchilla de San Juan, el cual alberga a su vez tres áreas: Parque Natural Regional Santa Emilia, Distrito de Manejo Integrado Arrayanal y Distrito de Manejo Integrado Agualinda. Debido a sus características el área se encuentra en la zona de vida Bosque Húmedo Premontano, con una altitud que varía entre 1000 y 2000 msnm, la vegetación presente en la zona son bosques secundarios de galería, rastrojo, pastos manejados, cultivos y en menor proporción relictos de bosque de guadua, con respecto a la fauna presente en esta zona se puede encontrar animales tales como: sardinas, sabaletas, truchas, iguanas, culebras, gallinazos, gavilanes, cucus, colibrís, turpiales, azulejos, guatines, gurre, guaguas, osos hormigueros, abejorros, avispas entre otros. Para el año 2019 la vegetación presente en la zona en su mayoría corresponde a cultivos, determinando la base económica de la población basada en la agricultura, aunque también en la zona se desempeñan labores pecuarias, ganaderas y comerciales en menor proporción.

En cuanto a la población Belén de Umbría para el año 2019 cuenta con 27.727 habitantes, para el área de estudio la población es de 2.127 personas aproximadamente, las personas en edad escolar asisten a las clases que imparten 5 (4 escuelas y 1 colegio) sedes educativas de la Institución Educativa Juan Hurtado, en cuanto a la salud la población tiene régimen subsidiado y en caso de emergencia estos se dirigen a la entidad que actualmente presta este servicio ESE Hospital San José.

La prestación del servicio público de acueducto, alcantarillado y aseo en algunas veredas es prestado por la Empresa de Servicios Públicos Municipales, en otras el servicio de acueducto los prestan acueductos comunitarios en menor proporción, ya que la mayoría de las viviendas tienen captaciones artesanales de nacimientos cercanos, en cuanto al manejo de residuos sólidos en la zona de estudio es deficiente; puesto que al encontrarse en la zona rural no cuenta con una empresa que preste el servicio de aseo, este mismo inconveniente se presenta para el tratamiento de aguas

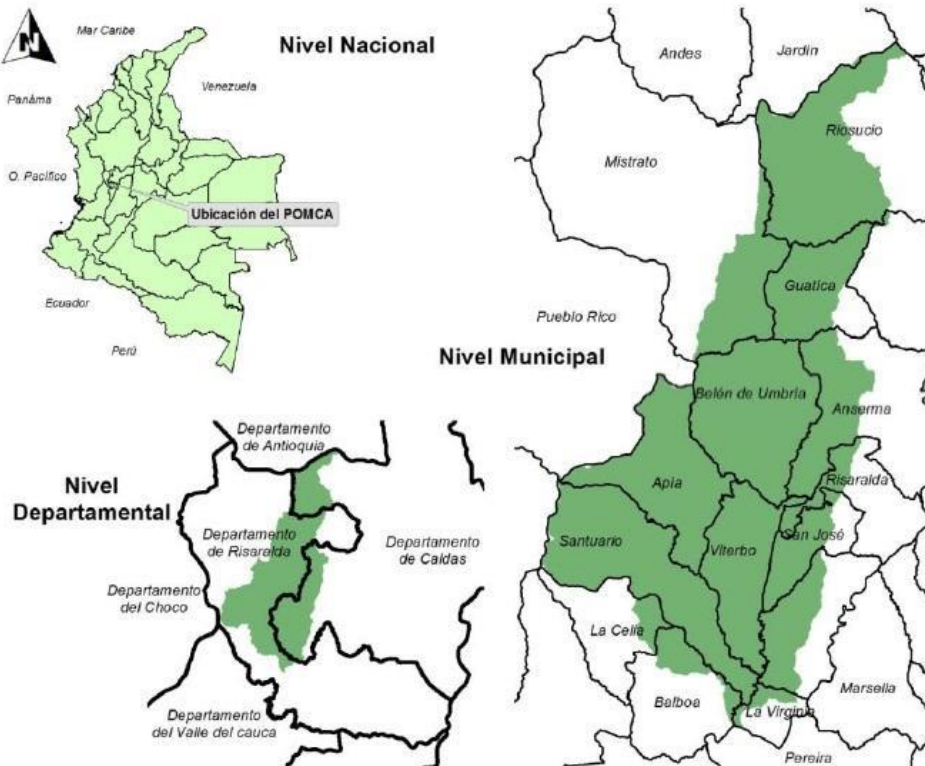
residuales ya que aunque algunas viviendas cuentan con pozo séptico la mayoría escurren los vertimientos a campo abierto, por el contrario el servicio de energía eléctrica tiene un cubrimiento del 100% en toda la zona. La información detallada se encuentra en el anexo 10.2.

7.3 Diagnóstico del Componente Hídrico

7.3.1 Generalidades de la cuenca del río Risaralda

La cuenca del río Risaralda se encuentra ubicada en el centro-occidente de Colombia, en jurisdicción de los departamentos de Risaralda y Caldas, tiene un área total de 125.600 Ha e involucra los municipios de Riosucio, Anserma, Viterbo, San José, Risaralda y Belalcázar del departamento de Caldas y Guática, Santuario, Mistrató, Belén de Umbría, Apia, Balboa, La Celia y La Virginia del departamento de Risaralda.

Figura 13. Localización geográfica del POMCA



Fuente: POMCA Río Risaralda, 2017.

El municipio con mayor población en la Cuenca es Belén de Umbría, aportando 27.727 habitantes, el aporte del 100% de su población y territorio, representa el 14.94% del total de la población de la Cuenca, siendo el primero en la lista, seguido por Anserma, La Virginia y Riosucio.

7.3.2 Características morfológicas de la cuenca del río Risaralda

La morfometría es la forma de una cuenca, la configuración geométrica proyectada en el plano horizontal que influye en la tasa en la que se suministra el agua al cauce principal desde donde comienza a formarse hasta su desembocadura, es decir, la forma se relaciona con el comportamiento hidrológico de la cuenca. (Reyes Trujillo, Ulises Barroso, & Carvajal Escobar, 2010).

Tabla 1. Parámetros morfométricos de la cuenca del río Risaralda

Parámetro	Valor	Categoría
Área	1256 km ²	Intermedia grande
Perímetro	24298,92 km	
Longitud de la cuenca	76.313 km	
Ancho de la cuenca	31.224,0 km	
Factor forma	0,216	Muy alargada
Coefficiente de compacidad	192	
Índice de Alargamiento	2,44	Moderadamente alargada
Índice de Asimetría	1,48	
Elevación media		
Pendiente Media del cauce principal	1,80%	
Pendiente Media de la cuenca principal	29,66%	Fuertemente accidentado

Fuente: POMCA Río Risaralda, 2017.

La descripción de los parámetros morfométricos se encuentra en el anexo 10.3

7.3.3 Oferta y demanda de agua en la cuenca del río Risaralda

Si bien, la cuenca presenta una alta oferta hídrica en períodos normales de clima bimodal, en períodos de estiaje, se está comenzando a ver afectada en algunas fuentes hídricas del nivel subsiguiente, debido a la demanda que se hace del líquido para el consumo humano y las diferentes actividades económicas desarrolladas en la Cuenca.

Es así como en la actualidad los IUA (Índice del Uso del Agua) de algunas fuentes (alternas y/o principales), que surten las cabeceras municipales y algunos centros poblados de la Cuenca, se

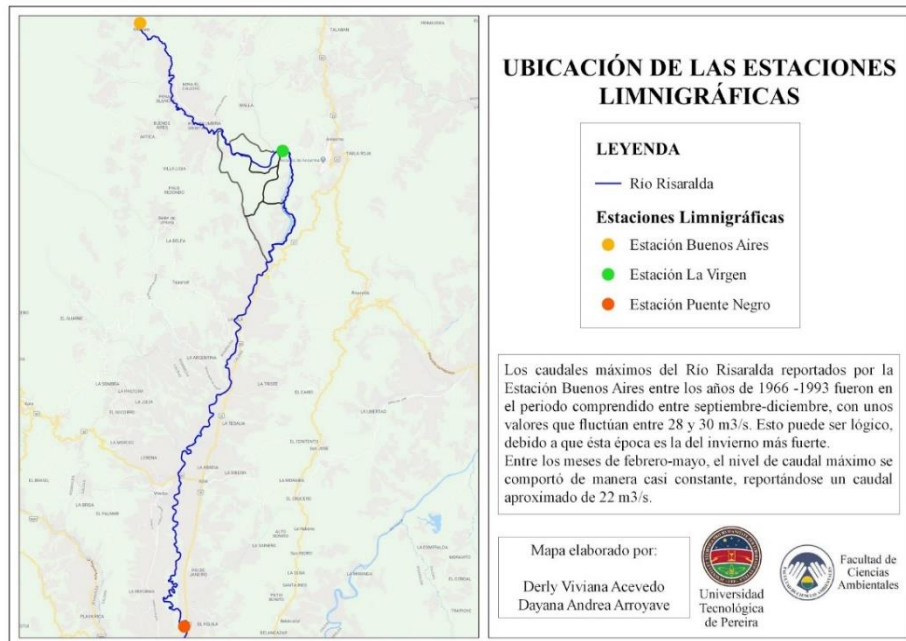
clasificaron en la categoría de muy alto para caudales mínimos como el río Guarne, la quebrada Sandía y Samaria, fuentes abastecedoras de centros poblados de Belén de Umbría y Viterbo (POMCA, 2017).

La oferta hídrica está representada principalmente por la cuenca del río Risaralda la cual tiene un cubrimiento de aproximadamente 56 km desde su nacimiento en la cota 3.170 m hasta el área de influencia directa sobre la cota 1.209 m, drenando un área total de 427,5 km². Con base la actualización del estudio de impacto ambiental, contrato de concesión minera realizado por CORPOCALDAS en el año 2015 el caudal promedio para la cuenca del río Risaralda es de 22 m³/s.

7.3.3.1 Caudales históricos en la cuenca del río Risaralda

Para esta investigación se tomaron las series de caudales promedio mensuales de las estaciones limnigráficas y pluviométricas del IDEAM (anexo 10.4), estas son Puente negro, La Virgen y Buenos Aires ya que son las únicas estaciones que se encuentran sobre la cuenca del río Risaralda, la primera se encuentra ubicada en Belalcázar Caldas en las coordenadas 4.98794444°,-75.85891667°, la segunda se encuentra ubicada en Anserma Caldas en las coordenadas 5.23655556°,-75.80991667° y la tercera se encuentra ubicada en Guática Risaralda en las coordenadas 5.33333333°,-75.8° (IDEAM, 2019), para estas estaciones se tienen registros de caudales mensuales para 45 años desde enero de 1965 a diciembre de 2010.

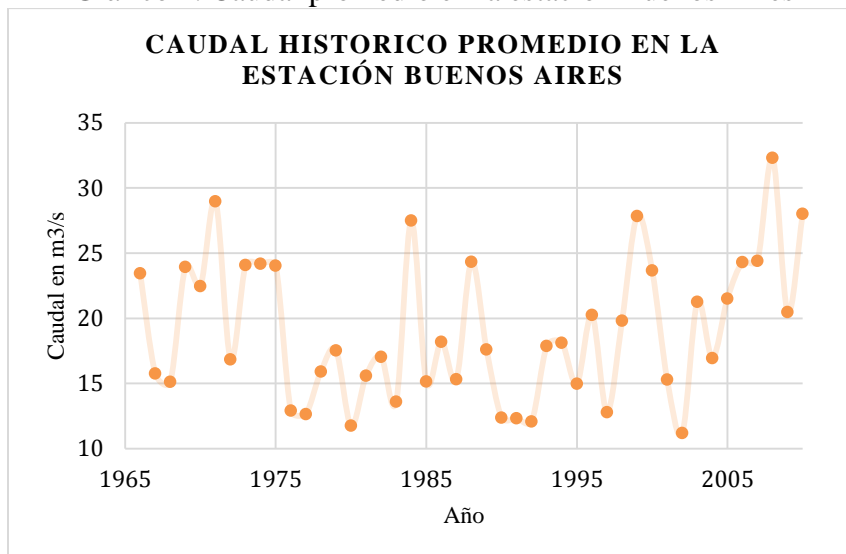
Figura 14. Ubicación de las estaciones limnigráficas del IDEAM



Fuente: Información suministrada por el catálogo nacional de estaciones del IDEAM, 2019.

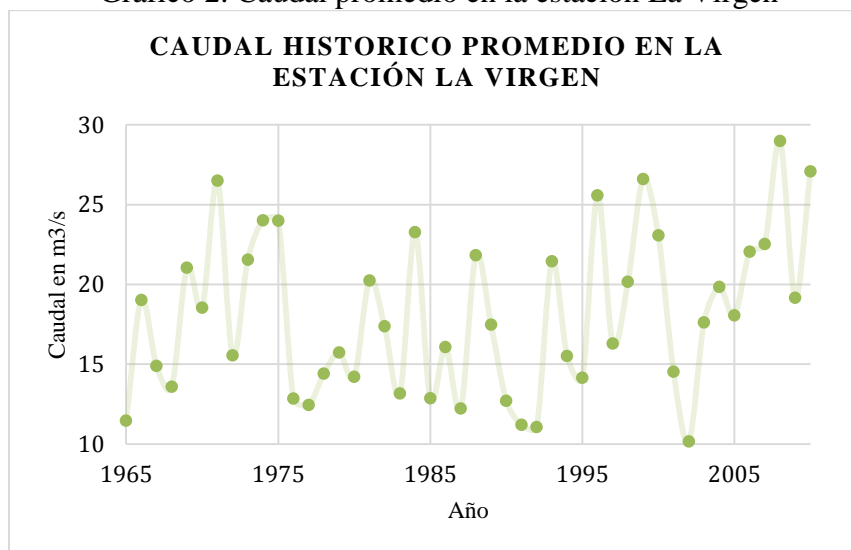
Elaboración Propia.

Gráfico 1. Caudal promedio en la estación Buenos Aires



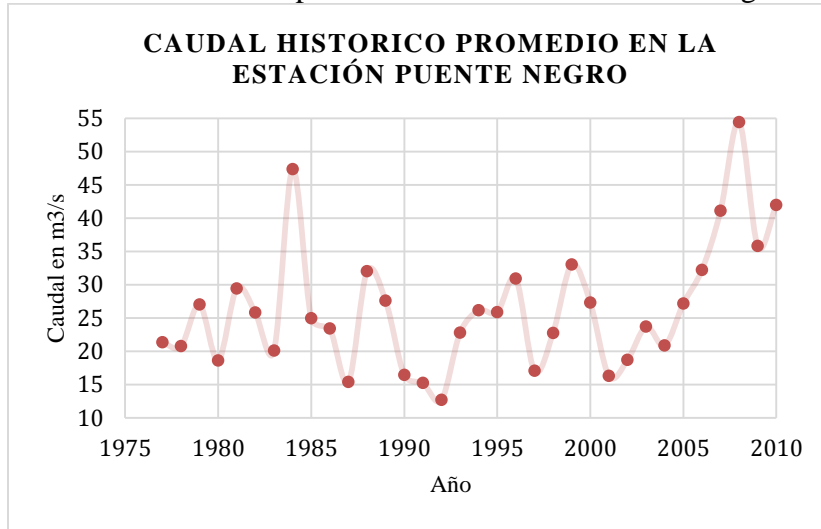
Fuente: Expediente 6966 “Estudio Ambiental para la Modificación de la Licencia Ambiental de la PCH Morro Azul” (2014).
Elaboración Propia.

Gráfico 2. Caudal promedio en la estación La Virgen



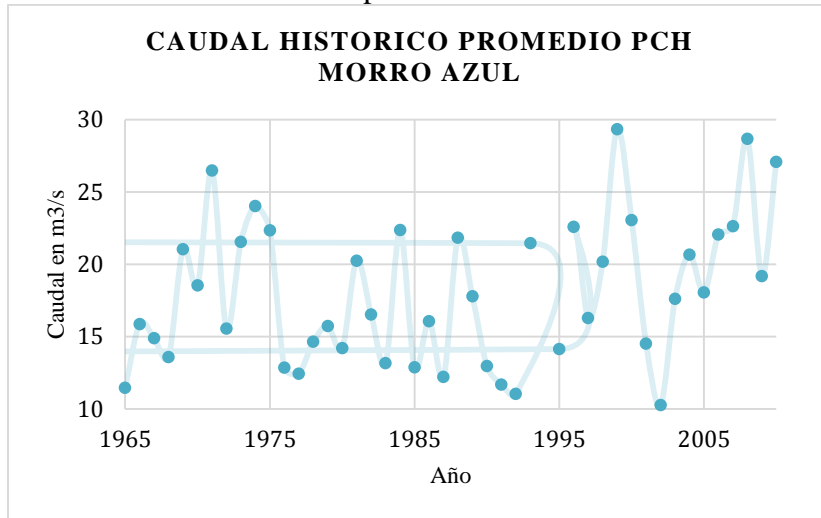
Fuente: Expediente 6966 “Estudio Ambiental para la Modificación de la Licencia Ambiental de la PCH Morro Azul” (2014).
Elaboración Propia.

Gráfico 3. Caudal promedio en la estación Puente Negro



Fuente: Expediente 6966 “Estudio Ambiental para la Modificación de la Licencia Ambiental de la PCH Morro Azul” (2014).
Elaboración Propia.

Gráfico 4. Caudal promedio PCH Morro Azul



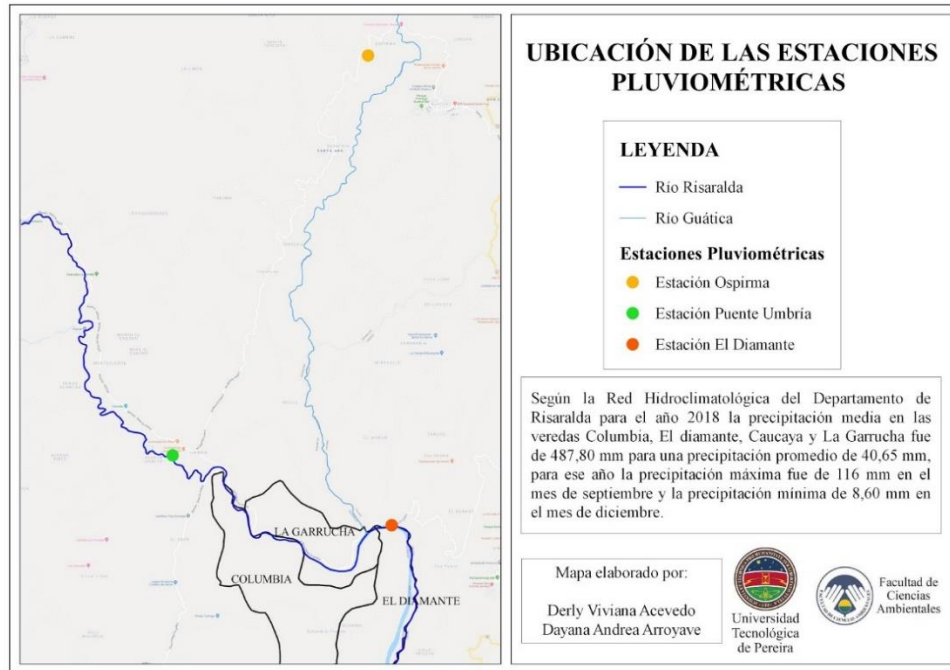
Fuente: Expediente 6966 “Estudio Ambiental para la Modificación de la Licencia Ambiental de la PCH Morro Azul” (2014).
Elaboración Propia.

7.3.3.2 Precipitación histórica en la cuenca del río Risaralda

Para esta investigación se tomaron las series de precipitación promedio mensuales de las estación pluviométrica convencional de CENICAFÉ Ospirma y la estación de la Red Hidroclimatológica de Risaralda El Diamante (anexo 10.5), ya que son las estaciones con registros históricos de precipitación cerca a el área de influencia directa, la primera se encuentra ubicada en el río Guática

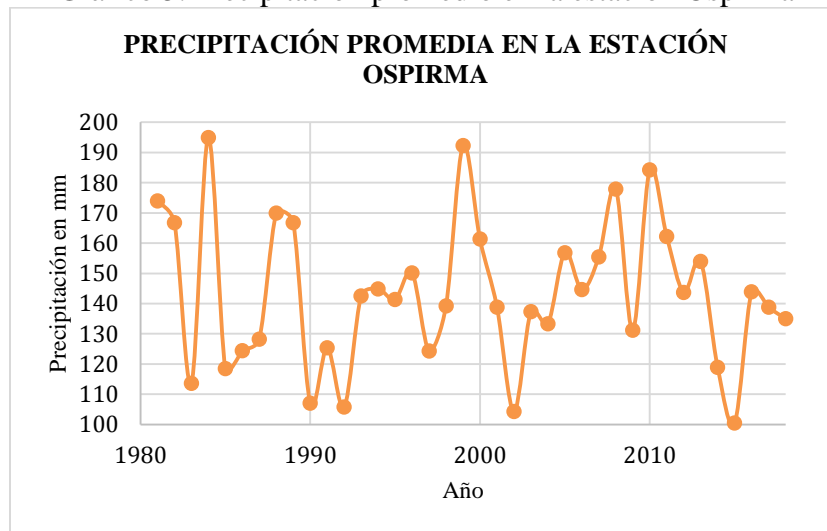
en las coordenadas 5.33333333°, -75.81666667° y la segunda se encuentra ubicada en Belén de Umbría Risaralda en las coordenadas 5.236729°, -75.808130° (IDEAM, 2019), para estas estaciones se tienen registros de precipitación mensuales para 37 años desde enero de 1981 a diciembre de 2018.

Figura 15. Ubicación de las estaciones pluviométricas



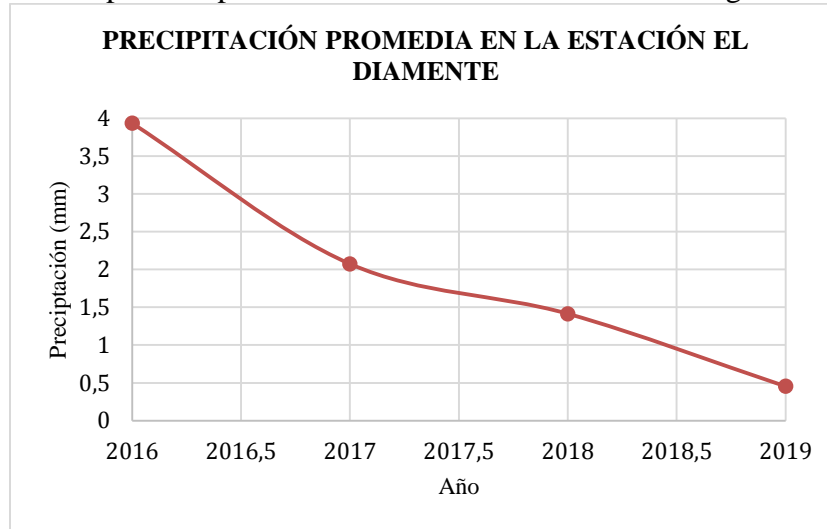
Fuente: Información suministrada por el catálogo nacional de estaciones del IDEAM, 2019.
Elaboración Propia.

Gráfico 5. Precipitación promedio en la estación Ospirma



Fuente: Registros históricos estaciones climáticas convencionales, CENICAFÉ, 2018.
Elaboración Propia.

Gráfico 6. Precipitación promedio en la estación Hidroclimatológica El Diamante



Fuente: Registros históricos estaciones climáticas convencionales, CENICAFÉ, 2018.

Elaboración Propia.

7.3.3.3 Escorrentía

Para esta investigación la escorrentía del área de influencia directa se calculó mediante el método racional, ya que este es el método sencillo de aplicar para evaluar el caudal que producirá una precipitación en un área determinada (Sánchez 2017)

Para este cálculo se utilizó la siguiente fórmula

$$Q_p = C * i * A$$

Donde:

Q: caudal máximo de escorrentía en m³/s

C: coeficiente de escurrimiento asociada a la pendiente, uso de suelo y grupo de suelo

i: intensidad de la precipitación

A: área del uso del suelo donde cae la precipitación

Tabla 2. Escorrentía superficial en el área de influencia directa

Uso del suelo	Área para cada uso del suelo (ha)	Coficiente de escurrimiento	Precipitación promedio 2018 (mm/año)	Caudal máximo de escorrentía (m ³ /año)
Bosque	271,952724	0,31	40,65	34270,12251486
Cultivos	1058,11281	0,12		51614,7428718
Arbusto	18,460936	0,14		1050,61186776
Pastos	644,700816	0,14		36689,92343856
Tejido urbano discontinuo	5,81928534	0,08		189,2431592568

Vegetación secundaria o en transición	3,16597277	0,14		180,1755103407
---------------------------------------	------------	------	--	----------------

Fuente: Información suministrada por CARDER, 2016 (Mapa de usos del suelo) y Sánchez, 2017 (Hidrología superficial y subterránea).
Elaboración Propia.

7.3.3.4 Demanda de agua en la cuenca del río Risaralda

La demanda de agua para la cuenca del río Risaralda está representada principalmente por el caudal de las concesiones de agua, para esta cuenca existen tres tipos de destino: generación de hidroeléctrica, industrial y consumo humano y doméstico.

Tabla 3. Concesiones de agua superficial del río Risaralda

Q de la concesión (L/s)	Nombre de la corriente	Destino	Q por destino (L/s)	Vigencia en años
16807,1	Río Risaralda	Generación hidroeléctrica	16800	50
16807,1	Río Risaralda	Consumo humano y doméstico	0,14	5
16807,1	Río Risaralda	Consumo humano y doméstico	0,14	5
16807,1	Río Risaralda	Consumo humano y doméstico	0,09	5
16807,1	Río Risaralda	Industrial	2,43	5
16807,1	Río Risaralda	Industrial	1,31	5
16807,1	Río Risaralda	Industrial	1,68	5
16807,1	Río Risaralda	Industrial	1,31	5

Fuente: Expediente 6966 “Estudio Ambiental para la Modificación de la Licencia Ambiental de la PCH Morro Azul”, (2014)

La EIA de la PCH Morro Azul adoptó un caudal remanente para el río Risaralda de 3,88 m³/s (sumatoria entre el promedio de caudal a reducir por calidad y caudal ecológico), este se debe garantizar en el tramo entre la presa y el canal de restitución, la PCH tiene una concesión de agua de 16.8 m³/s en el río Risaralda (Navarro, 2014).

7.3.4 Oferta y demanda de agua en el área de influencia de la PCH Morro Azul

Según el Expediente 6966 Estudio Ambiental para la Modificación de la Licencia Ambiental de la PCH Morro Azul del año 2014 de la CARDER, hay un total de 35 manantiales, 28 de ellos dentro

del área de influencia y 7 fuera de ella. De los 28 manantiales 2 se encuentran en la vereda La Garrucha, 3 en el corregimiento de Columbia, 14 en El Diamante y 9 en la vereda Caucajá de los cuales 4 no tienen un uso definido.

Los manantiales de uso actual son 30, 17 son utilizados únicamente para consumo humano y uso doméstico, 2 son utilizados únicamente para riego de cultivos y los 11 restantes se utilizan para consumo humano y uso doméstico, ganado y riego de cultivos (Navarro, 2014).

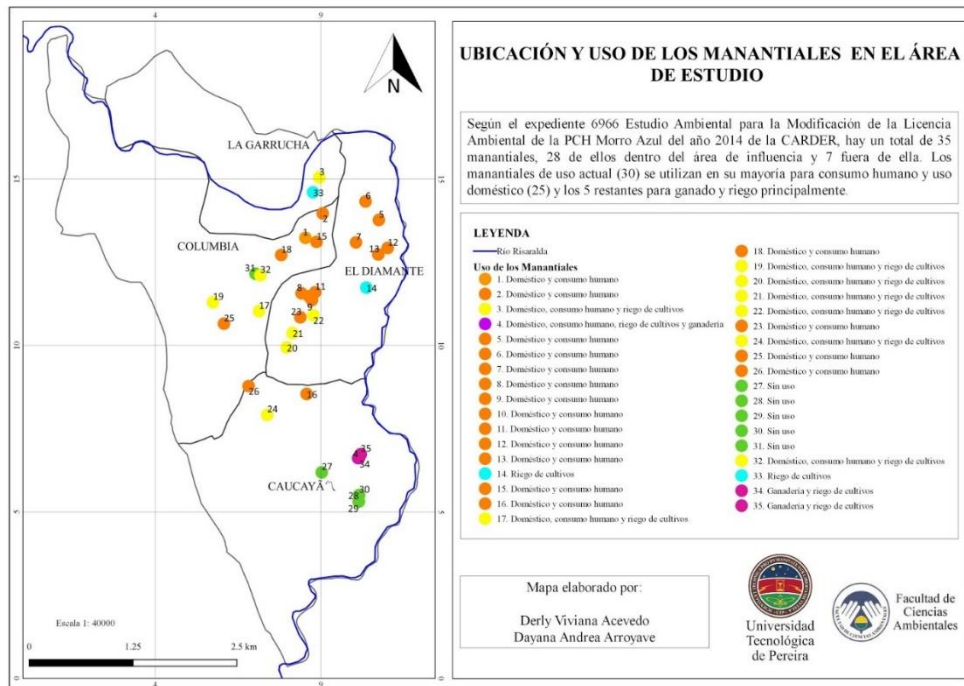
Tabla 4. Información de los manantiales

MANANTIALES	UBICACIÓN	USO	USUARIOS POR VIVIENDA	CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS				
				Q (L/s)	T (°C)	CONDUCTIVIDAD (us/cm)	SDT	Ph
1	Vereda Garrucha	Doméstico y consumo humano	7	0,28	19,8	238	119	7,7
2	La Meseta Alta	Doméstico y consumo humano	1	0,083	19,9	275	136	8,6
3	Vereda la Playa	Doméstico, consumo humano y riego de cultivos	1	0,025	20,4	294	147	8,1
4	Vereda Caucajá	Doméstico, consumo humano, riego de cultivos y ganadería.	1	0,023	20,5	278	132	7,3
5	Vereda el Diamante	Doméstico y consumo humano	1	0,09	19,8	246	125	8,5
6	Vereda el Diamante	Doméstico y consumo humano	1	0,071	20	365	182	7,6
7	Vereda el Diamante	Doméstico y consumo humano	3	1,423	19,5	221	113	8,7
8	Vereda el Diamante	Doméstico y consumo humano	1	0,36	20	211	105	7,5
9	Vereda el Diamante	Doméstico y consumo humano	5	0,54	20	289	144	8,1
10	Vereda el Diamante	Doméstico y consumo humano	1 escuela	0,59	20	223	110	7,6
11	Vereda el Diamante	Doméstico y consumo humano	5	0,45	21	300	154	8,0
12	Vereda el Diamante	Doméstico y consumo humano	1	0,023	23	421	210	8,0
13	Vereda el Diamante	Doméstico y consumo humano	1	0,13	21	512	259	8,4
14	Vereda el Diamante	Riego de cultivos	NA					
15	La Meseta Alta	Doméstico y consumo humano	1	0,01	23,2	229	111	8,2
16	Vereda Caucajá	Doméstico y consumo humano	3	0,94	19,9	313	156	8,2

17	Corregimiento Columbia	Doméstico, consumo humano y riego de cultivos	13	1,37	19,3	222	110	6,8
18	Finca la Riviera	Consumo humano	1	0,094	20,4	264	133	7,3
19	Corregimiento Columbia	Doméstico, consumo humano y riego de cultivos	2	1,14	19,8	313	156	7,0
20	Vereda el Diamante	Doméstico, consumo humano y riego de cultivos	2	0,01	19,9	128	253	7,3
21	Vereda el Diamante	Doméstico, consumo humano y riego de cultivos	3	1,2	20,4	308	154	7,2
22	Vereda el Diamante	Doméstico, consumo humano y riego de cultivos	1	0,16	21,1	313	152	7,1
23	Vereda el Diamante	Doméstico	NA	0,1	20,8	299	147	7,8
24	Vereda Caucaiyá	Doméstico, consumo humano y riego de cultivos	4	0,31	20,5	230	115	7,3
25	Finca la Guirondita	Doméstico y consumo humano	1	0,28	19,9	290	144	7,8
26	Corregimiento Columbia	Doméstico y consumo humano	2	0,44	19,9	184	91	7,1
27	Vereda Caucaiyá	Sin uso	NA					
28	Vereda Caucaiyá	Sin uso	NA	0,22	20,5	321	160	8,6
29	Vereda Caucaiyá	Sin uso	NA	0,2	20,5	321	160	8,6
30	Vereda Caucaiyá	Sin uso	NA	0,02	19,8	211	104	7,9
31	Finca Buena Vista	Sin uso	NA	0,14	19	181	91	7,2
32	Finca Buena Vista	Doméstico, consumo humano y riego de cultivos	2	0,32	19,1	219	109	6,8
33	Vereda la Garrucha	Riego de cultivos	1	0,22	20,9	227	113	7,7
34	Vereda Caucaiyá	Ganadería y riego de cultivos	1	0,13	21	311	155	7,7
35	Vereda Caucaiyá	Ganadería y riego de cultivos	1	0,04	21,1	354	178	7,6

Fuente: Expediente 6966 “Estudio Ambiental para la Modificación de la Licencia Ambiental de la PCH Morro Azul” (2014).

Mapa 2. Ubicación y uso de los manantiales del área de influencia directa



Fuente: Expediente 6966 “Estudio Ambiental para la Modificación de la Licencia Ambiental de la PCH Morro Azul” (2014).

Elaboración Propia.

7.3.4.1 Caudal de los nacimientos ubicados en la vereda El Diamante.

Los caudales para estos nacimientos fueron medidos por los investigadores en campo mediante el método volumétrico, este consiste en desviar la corriente hacia un canal que descarga en un recipiente de volumen conocido y el tiempo que se demora su llenado se mide por medio de un cronómetro. La toma de agua se realizó arriba de los puntos de captación de los nacimientos, con ayuda de un tubo de PVC que condujo el agua hasta un balde, después de que el agua empezó a caer en el balde se contabilizó el tiempo en el cronómetro para luego anotar los datos y hacer los respectivos cálculos de caudal promedio para cada nacimiento.

Tabla 5. Caudal nacimiento 1 Vereda el Diamante

Toma	Volumen (L)	Tiempo (s)	Caudal (L/s)
1	7,5	7,06	1,062
2	7,5	6,97	1,076
3	7,5	7,27	1,032
4	7,2	7,16	1,006

5	7,4	6,85	1.080
Promedio			1,0512

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 6. Caudal nacimiento 2 Vereda El Diamante

Toma	Volumen (L)	Tiempo (s)	Caudal (L/s)
1	8,5	60,92	0,139
2	7,5	47,78	0,157
3	8,1	53,87	0,150
4	8,6	62,34	0,138
5	8,5	67,48	0,126
Promedio			0,142

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 7. Caudal nacimiento 3 Vereda El Diamante

Toma	Volumen (L)	Tiempo (s)	Caudal (L/s)
1	3,5	164,21	0,021
2	3,5	168,12	0,021
3	3,4	162,31	0,021
4	3,5	170,12	0,021
5	3,5	164,5	0,021
Promedio			0,0042

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 8. Caudal nacimiento 4 Vereda el Diamante

Toma	Volumen (L)	Tiempo (s)	Caudal (L/s)
1	2	26,13	0,076
2	2,1	26,38	0,080
3	5	46,91	0,107
4	4,9	45,97	0,107

5	4,8	44,48	0,108
Promedio			0,0956

Fuente: Elaboración Propia.

La CARDER en el año 2016 realizó aforos a 7 de los 10 nacimientos de la vereda El Diamante que se reportaron con disminución en el caudal y los cuales coincidían con la ubicación del túnel de conducción que se encontraba en la fase de construcción, obteniéndose los siguientes resultados:

Tabla 9. Caudal de los nacimientos Vereda El Diamante

Nacimiento	Toma	Volumen (L)	Tiempo (s)	Caudal (L/s)
1	1	0,6	0,5	1,2
	2	0,6	0,5	1,2
	3	0,6	0,4	1,5
	4	0,6	0,4	1,5
Promedio				1,35
1	1	0,6	19	0,032
	2	0,6	20	0,03
	3	0,6	19	0,032
Promedio				0,031
2	1	0,62	0,6	1,033
	2	0,62	0,6	1,033
	3	0,62	0,6	1,033
Promedio				1,033
3	1	20	40	0,5
	2	20	38	0,526
	3	20	38	0,526
Promedio				0,517
4	1	0,25	12	0,021
	2	0,25	10	0,025

	3	0,25	9	0,028
Promedio				0,025
6	1	0,25	4,27	0,058
	2	0,25	4,78	0,052
	3	0,25	3,95	0,063
Promedio				0,058
7	1	0,25	4,27	0,058
	2	0,25	4,78	0,052
	3	0,25	3,95	0,063
Promedio				0,058
9		8	190	0,042
Promedio				0,042

Fuente: Expediente 6966 “Estudio Ambiental para la Modificación de la Licencia Ambiental de la PCH Morro Azul” (2014).
Elaboración Propia.

7.3.4.2 Demanda de agua en el área de Influencia de la PCH Morro Azul.

En el área de influencia directa se localizan aproximadamente 28 manantiales. Dentro de esta área se encuentran aproximadamente 559 viviendas, 85 aprovechan los manantiales, 416 viviendas se suplen del agua proveniente del acueducto de Columbia y en Cauca yá 58 viviendas se abastecen de dos acueductos comunitarios que hay en la vereda. El acueducto de Columbia tiene una captación de 25 L/s; en total son 346 usuarios de la vereda Columbia, 50 usuarios de la vereda Cauca yá y 20 usuarios de la vereda El Diamante que se abastecen de este acueducto, los demás habitantes normalmente tienen captaciones artesanales en nacimientos de agua cercanos a sus viviendas o acueductos comunitarios (Riaño, F., Camacho, J., Bedoya, J. & Jaramillo, E., Comunicación personal, 2019).

Para la vereda El Diamante la demanda de agua está representada por las viviendas que captan el agua principalmente de los nacimientos.

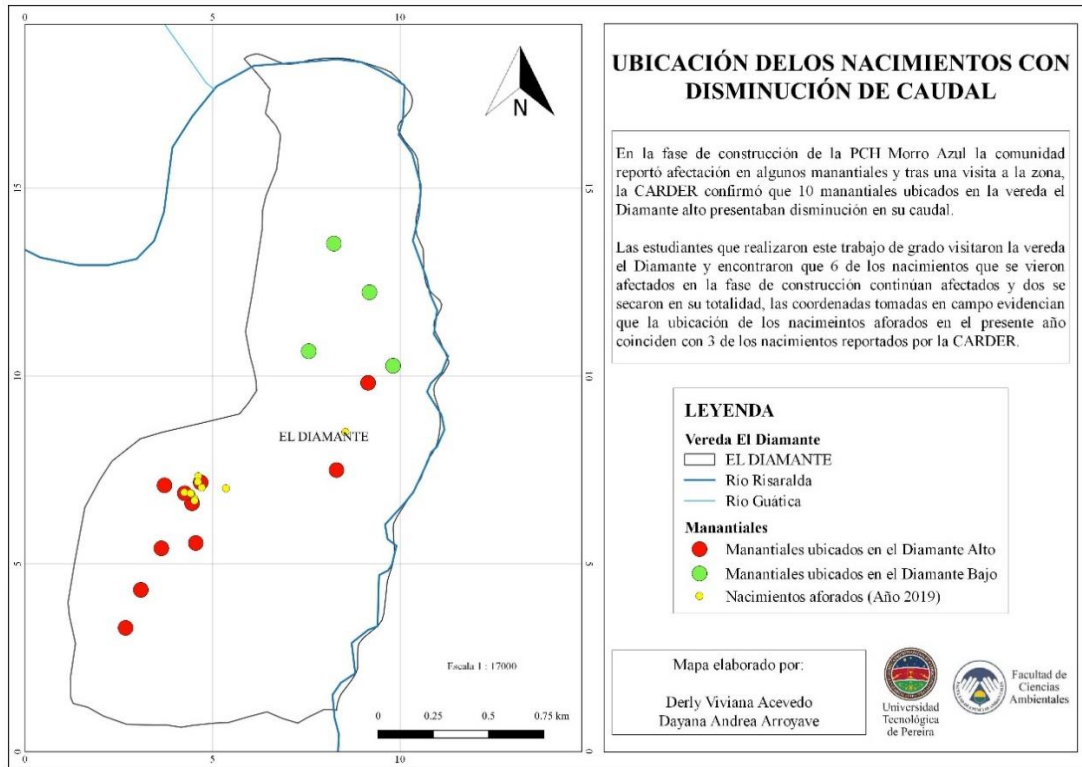
Tabla 10. Demanda de agua para la vereda El Diamante

Nacimiento	Predios que se abastecen	Usuarios por vivienda	Caudal de captación	Usos
1	Finca Darío Morales	7 personas	1,33 L/s	Consumo humano y doméstico y riego de cultivos.
	Finca Gerardo Jaramillo	6 personas		
	Finca Julián alias jinete	10 personas		
	Finca la Abadía Juan Calderón	6 personas	0,04 L/s	
	Finca Amanda Jaramillo	5 personas	1,03 L/s,	
	Finca Miguel rivera	6 personas	0,52 l/s	
	Finca Héctor Carmona este le da el sobrante a la finca de Melba rosa	7 personas	0,52 l/s	
2	Finca Marco Antonio Jaramillo	3 personas	0,057 l/s	
	Finca Señor Rogelio	31 personas esporádicamente	0,057 l/s	
	Finca José Montoya	3 personas	0,057 l/s	
	Finca Abraham Gil Cañaverall	3 personas	0,057 l/s	
3	Finca Rosa Elvira Castañeda	2 personas	0,042 l/s	
4	Finca Libardo Guevara	19 personas	0,042 l/s	
	Finca Gerardo Morales			
	Finca la Estrella			

Fuente: Expediente 6966 “Estudio Ambiental para la Modificación de la Licencia Ambiental de la PCH Morro Azul” (2014) y Entrevistas de este proyecto de grado.

Elaboración Propia.

Mapa 3. Ubicación de los nacimientos de la vereda El Diamante



Fuente: Expediente 6966 “Estudio Ambiental para la Modificación de la Licencia Ambiental de la PCH Morro Azul” (2014) y Entrevistas de este proyecto de grado.
Elaboración Propia.

7.4 Aplicación de la Metodología de Impacto Ambiental

7.4.1 Matriz de Evaluación de Impacto Ambiental

A continuación, se muestra la matriz de Evaluación de Impacto Ambiental desarrollada para la presente investigación, la cual permitió calificar los impactos ambientales en irrelevante, moderado, severo y crítico, generados por la PCH Morro Azul sobre el componente hídrico.

Componente	Características	Obra de Toma (Presa)	Conducción	Casa de Maquinas	Causa-efecto	Impacto	Impacto Ambiental Potencial	Vulnerabilidad Ambiental	Intensidad	Valor de la Intensidad
AGUA	Características organolépticas (Turbiedad, color, sabor, olor, etc.)		X	X	Vertidos accidentales con sustancias oleosas por el funcionamiento de turbinas o labores de mantenimiento que puedan afectar las características organolépticas del agua	Afectación de las características organolépticas del agua	4	2	Media	4
	Caudal	X	X	X	Disminución del caudal del río en épocas de sequía y el normal funcionamiento de la PCH en estas épocas	Disminución de la oferta hídrica	4	5	Alta	6
	Fauna y Flora	X			Afectación a la hidrobiota por el mantenimiento al desarenador, cuando abren las compuertas el lodo acumulado aumenta los SSD, disminuyendo el oxígeno disuelto en el río generando con siglo mortandad de la hidrobiota.	Perdida o alteración de los ecosistemas acuáticos	5	5	Muy Alta	7
	Paisaje	X	X	X	El paisaje se ve afectado principalmente por las instalaciones de la PCH que cambian la percepción o belleza paisajística del territorio por parte de sus habitantes.	Afectación de la percepción paisajística del territorio	2	2	Baja	2
	Acueductos	X	X	X	La disminución de la oferta hídrica puede afectar la capacidad de los acueductos para suplir la demanda del recurso para consumo humano y otras actividades productivas que se lleven a cabo en la zona, lo cual ocasiona una subutilización del caudal ecológico o en el mejor de los casos la búsqueda de fuentes alternativas para el abastecimiento de agua.	Disminución de la oferta hídrica	4	5	Alta	6

Carácter	Cobertura	Puntaje	Acumulación	Puntaje	Sinergia	puntaje	Periodicidad	Puntaje	Reversibilidad	Puntaje	ICA	ICA Normalizado	Valoración del Impacto
Negativo	Local	2	Simple	0	Sin Sinergismo	0	Irregular	1	Fugaz	1	8	16,7	Irrelevante
Negativo	Local	2	Acumulativo	2	Sinérgico	2	Continuo	5	Corto Plazo	3	20	66,7	Severo
Negativo	Local	2	Acumulativo	2	Sinérgico	2	Periódico	3	Corto Plazo	3	19	62,5	Severo
Negativo	Local	2	Simple	0	Sin Sinergismo	0	Continuo	5	Irreversible	7	16	50,0	Moderado
Negativo	Local	2	Acumulativo	2	Sinérgico	2	Continuo	5	Corto Plazo	3	20	66,7	Severo

Elaboración Propia.

En el año 2017 se pudo evidenciar afectación sobre la fauna y flora acuática cuando se suspendió temporalmente la licencia de vertimiento de agua en la central hidroeléctrica Morro Azul sobre el afluente del río Risaralda ocasionando un daño ecológico en la ribera del río. “Leandro Jaramillo, Director de la Corporación Autónoma Regional de Risaralda, CARDER, aseguró que las denuncias de la comunidad fueron fundamentales para que el personal de la entidad hiciera presencia en la pequeña central hidroeléctrica ubicada entre Belén de Umbría en Risaralda y Anserma Caldas y corroborara el daño ecológico causado con la apertura de las compuertas, hecho que aparte de generar la creciente súbita en el afluente, dejó a su paso la muerte de cientos de peces” (RCN Radio, 2017). El director de la CARDER además confirmó que al comprobarse un daño mayor la central estaría expuesta a una sanción económica o incluso su cierre definitivo.

7.4.2 Modelo de Simulación

Los modelos de simulación como herramienta multidisciplinar de investigación buscan representar un modelo detallado de un sistema real para determinar cómo respondería este a los cambios en su estructura o entorno; es por esto que se buscó desarrollar un modelo que representara el comportamiento de la oferta y demanda del río Risaralda que en la actualidad se ve influenciado por el funcionamiento de la PCH Morro Azul.

El río Risaralda se encuentra concesionado en un tramo del municipio de Belén de Umbría por la PCH Morro Azul, esta concesión de agua está destinada a diferentes usos pero principalmente para la generación de energía eléctrica; para determinar la afectación en la cantidad del componente hídrico, se establecieron niveles, flujos y variables que facilitaron la realización y comprensión del sistema como se explica en el diagrama de forrester y se realizó en el software Stella ya que este permite pensar de manera sistémica y mejora la comprensión y toma de decisiones mediante la visualización de tablas y gráficos.

7.4.2.1 Descripción del Modelo

Los datos que se utilizaron para realizar el modelo de simulación incluyen datos que representan la oferta y la demanda del río Risaralda en el tramo donde tiene influencia el proyecto de la PCH Morro Azul. En cuanto a los datos utilizados de oferta en el modelo se tienen registros históricos de precipitación diarios de la estación Puente Umbría que se muestran a continuación:

Tabla 11. Registro histórico de precipitación en la estación Puente Umbría

ANO	DIAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31		
1990	Enero	1	1	0	0	4	0	1	0	0	0	1	4	2	5	12	30	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Febrero	0	0	0	62	9	0	0	15	0	0	0	9	0	0	0	0	0	1	20	0	0	3	0	2	11	2	0	0					
	Marzo	0	2	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	7	0	1	0	5	1	0	0	34	8	0	0	0	0	0		
	Abril	6	0	11	9	38	0	0	0	0	0	3	0	4	11	38	0	1	1	0	19	1	10	1	0	12	2	16	4	0	27			
	Mayo	0	0	0	2	4	0	16	0	0	6	6	0	5	1	0	1	19	0	0	0	0	0	9	9	2	7	8	2	4	0	0		
	Junio	2	0	0	1	0	0	0	0	11	5	2	3	0	2	7	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3			
	Julio	4	0	5	16	12	0	6	7	13	4	6	0	3	19	0	36	1	12	0	19	3	2	1	0	0	0	0	0	0	7	0		
	Agosto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	16	1	0	0	0	0	0	0	0	32	1	5	13	22	4	0		
	Septiembre	10	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	5	6	0	11	0	0	0	1	0	0	0	0	0	32			
	Octubre	1	0	0	1	10	0	6	1	8	1	15	1	3	3	0	22	0	17	35	2	0	9	0	0	0	0	0	1	3	6	1		
	Noviembre	2	9	4	31	5	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	7	0	2	2	0	17	0	5	2	1	0	0	0	0	0	0		
	Diciembre	0	1	14	30	6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0	0	0		
1991	Enero	6	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0	0	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
	Febrero	0	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	32	0	0	10	1	2	0	0	0	0	0	2	10	0	1	0			
	Marzo	0	15	0	7	12	0	0	0	11	44	4	29	8	0	0	0	0	0	0	4	2	7	19	15	0	0	1	2					
	Abril	10	0	4	0	17	21	2	15	28	2	0	8	1	4	0	0	0	0	0	6	0	6	0	0	0	0	2	30	0	20	0		
	Mayo	1	2	5	0	0	0	9	0	12	0	7	10	0	7	1	40	1	9	13	2	0	10	1	0	0	0	2	9	1	18			
	Junio	2	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18	5	26	2	4	0	15	0	0	0	27	12	12	6	0	0	0	1		
	Julio	0	3	8	18	8	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	1	5	0	0	0	2	0	25	0	23			
	Agosto	2	8	0	2	1	0	11	13	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	Septiembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	10	6	0	1	13	5	1	32	5	8	9	2	5	19	7	0			
	Octubre	0	45	0	0	0	0	4	5	6	1	37	0	3	0	2	0	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	0	1	0	1	
	Noviembre	22	0	7	3	23	1	15	9	10	0	0	0	0	20	12	0	16	0	0	3	0	0	3	2	0	0	0	16	0	0			
	Diciembre	4	1	0	1	0	0	0	9	0	3	0	3	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	10	15	9	0	0		
1992	Enero	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	34	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0		
	Febrero	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	40	1	0	0	0	1	0	2	2	0	0	4	1	0	0	0	2	0	1				
	Marzo	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	52	2	0	0	0	0	0	0	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Abril	0	0	0	7	3	18	0	2	0	0	5	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	16	0	0	10	0	25	12			
	Mayo	0	0	4	0	9	3	16	0	0	0	22	0	5	0	0	1	0	2	0	2	4	5	2	0	0	0	13	47	0	0	0	0	
	Junio	32	8	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0		
	Agosto																																	
	Septiembre	0	7	1	0	4	0	0	0	7	0	0	2	16	2	0	0	15	0	7	6	0	1	0	0	25	2	0	0	0	0	0	0	
	Octubre	0	0	0	5	6	0	24	0	11	0	4	0	0	0	1	0	10	0	15	5	0	7	0	24	0	6	0	4	0	0	0	0	
	Noviembre	25	0	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18	5	0	0	0	0	0	13	12	0	0	0	12	26	3	1	0	0	
	Diciembre	4	0	0	14	5	0	0	1	0	0	3	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	0
	1993	Enero	0	0	0	2	9	2	22	0	0	2	0	0	0	19	0	15	0	0	0	0	0	0	25	0	0	0	0	0	0	4		
Febrero		0	0	0	2	0	0	0	0	10	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0	15					
Marzo		0	0	0	0	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	3	23	0	0	0	0	0	25	15	0	0	5	0	5	3	0	0	
1996	Julio	0	0	0	5	3	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0	15	0	0	6	26	25	20	12	16	9	16	3	0	0	0	6		
	Agosto	7	8	3	0	0	0	5	8	8	0	0	16	1	0	0	0	9	80	5	0	15	0	0	0	16	2	0	0	0	18			
	Septiembre	0	0	0	0	11	0	0	0	15	0	2	0	0	12	24	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	80				
	Octubre	0	0	0	13	0	0	0	99	10	5	0	0	0	51	0	3	16	0	0	0	10	0	0	4	0	5	0	12	0	0	0	0	
	Noviembre	11	0	0	4	0	10	0	2	1	5	3	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Diciembre	0	10	11	7	0	18	18	0	9	12	7	0	14	3	0	6	5	0	80	9	2	0	0	0	0	12	0	2	0	0	0	0	
1996	Enero	0	0	0	3	0	10	0	80	20	0	6	0	4	0	0	7	15	0	14	8	2	0	0	0	0	0	0	37	0	0	0		

Fuente: IDEAM, 2019.

También se utilizaron series históricas de caudal promedio mensual de la estación pluviométrica Buenos Aires ubicada aguas arriba del proyecto hidroeléctrico, para esta estación se tienen registros de caudales mensuales para 45 años desde enero de 1965 a diciembre de 2010, es entonces que se utiliza el promedio total para cada mes durante los 45 años.

Para determinar la variación del caudal del río Guática se tuvo en cuenta los datos históricos de la estación limnigráfica Guaracas ubicada en el municipio de Guática Risaralda, para esta estación se tienen registros históricos de 17 años que van desde 1994 hasta 2011, es entonces que para el modelo se utiliza el caudal mínimo 1 m³/s y el caudal máximo 18 m³/s.

Tabla 12. Registro histórico de caudal en la estación Guaracas

AÑO	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	setiembre	octubre	noviembre	diciembre
1994	5161	4,946	5,727	8,464	8,777	4,824	3,605	2,812	3,302	5,236	4,475	4,586
1995	1,471	1,176	1,233	2,68	3,918	2,517	2,777	3,424	3,273	3,324	4,199	4,408
1996	3,994	3,947	4,581	5,457	11,01	10,82	9,105	6,181	5,149	8,348	7,527	4,695
1997	6,259	4,923	5,586	8,45	7,083	5,688	4,26	2,7	3,497	6,341	8,196	3,784
1998	2,971	3,983	5,751	8,637	11,5	6,322	6,621	4,597	5,949	6,492	6,005	6,075
1999	7	10,4	11,4	12,8	9	10,3	8,4	7,6	10,3	8,8	9,8	10
2000	6,37	5,89	6,43	7,58	4,11	1,29	1,31	1,23	2,58	2,93	1,56	1,91
2001	1,39	1,56	2,05	3,04	3,44	4,37	3,21	2,63	2,83	2,98	3,45	3,41
2002	2,87	2,39	2,71	4,66								
2004								2,227	4,928	9,16	9,694	7,71
2005	4,382		3,847	4,861	7,369	9,294	5,259	4,48	3,949	7,283	10,84	7,411
2006	5,909	4,427	7,208	8,897	8,88	10,61	4,731	4,237	7,659	7,601	10,38	6,528
2007	6,589	5,024	5,254	11,35	10,65	10,69	7,173	9,554	8,926	14,41	12,81	12,53
2008	10,23	10,06	12,13	12,87	13,86	12,67	13,21	12,72	10,43	13	15,15	13,13
2009	10,85	10,98	8,543					4,482	3,979	4,045	5,892	5,719
2010	2,521	2,237	3,804	6,936	9,468	10,32	12,59	8,359	8,283	9,026	13,82	11,82
2011	7,862	6,6	7,828	15,47	12,21	11,24	10,28	10,96	10,52	13,85	14,17	18,72

Fuente: IDEAM, 2019.

Para representar la oferta en el modelo también se utilizó la escorrentía superficial presente en las 4 veredas influenciadas por el proyecto. Esta se calculó mediante las áreas de cada uso del suelo, en esta zona se encontró que el suelo se utiliza para cultivos, arbustos, pastos, bosques, tejido urbano discontinuo y vegetación secundaria o en transición; a estos usos se les aplicó el respectivo coeficiente de escurrimiento que está asociado a la pendiente, el uso de suelo y el grupo de suelo. El grupo hidrológico del suelo al que pertenece cada uso presente en la zona de estudio se asumió para el municipio de Belén de Umbría con una textura de suelos que varía entre flanco arcillosos (C) y arcillosos (D), en cuanto a la inclinación del terreno, para cada uso del suelo se determinó mediante un mapa de pendientes realizado para el área de influencia directa cuál era su porcentaje de inclinación.

En cuanto a los datos utilizados de demanda en el modelo se incluyeron datos técnicos de la PCH tales como el caudal concesionado (16871 m³/s), el caudal ecológico (3,88 m³/s), el ancho (50 m), alto (15 m), largo (40,73 m) y el volumen o capacidad de la presa (30.550 m³), estos datos están disponibles en el expediente 6966 Estudio de Impacto Ambiental de la CARDER.

A partir de estos datos se estableció como nivel el agua en la presa, como flujo de entrada el caudal antes de la presa, como flujo de salida el caudal después de la presa y el caudal de la concesión y como variables auxiliares que afectan o se ven afectadas por los flujos son la precipitación, el caudal medio en buenos aires, los coeficientes de escorrentía, el área de cada uso de suelo, la capacidad de la presa, el caudal en metro cubico por segundo, caudal ecológico, la concesión y la proporción de la concesión. Las fórmulas que corresponden a cada uno se muestran en los numerales siguientes.

7.4.2.1.1 Niveles



Agua en la presa= 30550 {máximo de 15 m alto, 50 m de ancho y 40,73 m largo o 30550 m3 de capacidad}

Agua en presa (t) = Agua en presa (t - dt) + (Caudal Antes de la presa - Caudal Después de la presa - Concesión) * dt

7.4.2.1.2 Flujos

Flujo de entrada



Caudal antes de la presa= (Caudal medio en Buenos_Aires + Caudal río Guática) * 86400 + Precipitación * (Área bosque * CE bosque + Área cultivo * CE cultivo + Área pasto * CE pasto + Área arbusto * CE arbusto + Área tejido urbano discontinuo * CE tejido urbano discontinuo + Área vegetación secundaria o en transición * CE vegetación secundaria o en transición) * (10) {m3/día}

Flujos de salida



Caudal después de la presa = if (Agua en presa > Capacidad presa) then (Agua en presa - Capacidad presa) else 0

Concesión = pulse (16.871 * 86400, 150) * Proporción concesión {representa 16,871 m3/s}

7.4.2.1.3 Variables



Área arbusto = 18.460936 {ha}

Área boques = 271.952724 {ha}

Área cultivo = 1058.11281 {ha}

Área pasto = 644.700816 {ha}

Área tejido urbano discontinuo = 5.81928534 {ha}

Área vegetación secundaria o en transición = 3.16597277 {ha}

CE arbusto = 0.14

CE bosque = 0.31

CE cultivo = 0.12

CE pasto = 0.14

CE tejido urbano discontinuo = 0.08

CE vegetación secundaria o en transición = 0.14

Capacidad presa = 30550 {m3}

Caudal ecológico = 3.88 {3.88m3/s}

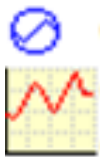
Caudal en m por seg = Caudal después de la presa/86400

Caudal río Guática = random (1,18) {m3/s caudal río Guática}

Precipitación = P

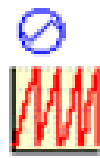
Proporción concesión = 1

Tiempo = Time



Caudal medio en Buenos Aires = GRAPH(Mes)

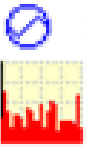
(0.00, 14.3), (1.00, 12.7), (2.00, 14.5), (3.00, 20.0), (4.00, 25.1), (5.00, 22.2), (6.00, 16.3),
(7.00, 14.8), (8.00, 18.3), (9.00, 23.3), (10.0, 27.8), (11.0, 21.1), (12.0, 21.1)



Mes = GRAPH(Tiempo)

(0.00, 1.00), (1.00, 1.00), (2.00, 1.00), (3.00, 1.00), (4.00, 1.00), (5.00, 1.00), (6.00, 1.00),
(7.01, 1.00), (8.01, 1.00), (9.01, 1.00), (10.0, 1.00), (11.0, 1.00), (12.0, 1.00), (13.0, 1.00),
(14.0, 1.00), (15.0, 1.00), (16.0, 1.00), (17.0, 1.00), (18.0, 1.00), (19.0, 1.00), (20.0, 1.00),
(21.0, 1.00), (22.0, 1.00), (23.0, 1.00), (24.0, 1.00), (25.0, 1.00), (26.0, 1.00), (27.0, 1.00),
(28.0, 1.00), (29.0, 1.00), (30.0, 1.00), (31.0, 2.00), (32.0, 2.00), (33.0, 2.00), (34.0, 2.00), (35.0,
2.00), (36.0, 2.00), (37.0, 2.00), (38.0, 2.00), (39.0, 2.00), (40.0, 2.00), (41.0, 2.00), (42.0, 2.00),
(43.0, 2.00), (44.0, 2.00), (45.0, 2.00), (46.0, 2.00), (47.0, 2.00), (48.0, 2.00), (49.0, 2.00), (50.0,
2.00), (51.0, 2.00), (52.0, 2.00), (53.0, 2.00), (54.0, 2.00), (55.0, 2.00), (56.0, 2.00), (57.0, 2.00),
(58.0, 2.00), (59.0, 3.00), (60.0, 3.00), (61.0, 3.00), (62.0, 3.00), (63.0, 3.00), (64.0, 3.00), (65.0,
3.00), (66.0, 3.00), (67.0, 3.00), (68.1, 3.00), (69.1, 3.00), (70.1, 3.00), (71.1, 3.00), (72.1, 3.00),

(1308, 12.0), (1309, 12.0), (1310, 12.0), (1311, 12.0), (1312, 12.0), (1313, 12.0), (1314, 12.0), (1315, 12.0), (1316, 12.0), (1317, 12.0), (1318, 12.0), (1319, 12.0), (1320, 12.0), (1321, 12.0), (1322, 12.0), (1323, 12.0), (1324, 12.0), (1325, 12.0), (1326, 12.0), (1327, 1.00), (1328, 1.00), (1329, 1.00), (1330, 1.00), (1331, 1.00), (1332, 1.00), (1333, 1.00), (1334, 1.00), (1335, 1.00), (1336, 1.00), (1337, 1.00), (1338, 1.00), (1339, 1.00), (1340, 1.00), (1341, 1.00), (1342, 1.00), (1343, 1.00), (1344, 1.00), (1345, 1.00), (1346, 1.00), (1347, 1.00), (1348, 1.00), (1349, 1.00), (1350, 1.00), (1351, 1.00), (1352, 1.00), (1353, 1.00), (1354, 1.00), (1355, 1.00), (1356, 1.00), (1357, 1.00)



P = GRAPH(Tiempo)

(0.00, 1.00), (1.00, 1.00), (2.00, 0.00), (3.00, 0.00), (4.00, 4.00), (5.00, 0.00), (6.00, 1.00), (7.01, 0.00), (8.01, 0.00), (9.01, 0.00), (10.0, 1.00), (11.0, 4.00), (12.0, 2.00), (13.0, 5.00), (14.0, 12.0), (15.0, 30.0), (16.0, 0.00), (17.0, 0.00), (18.0, 0.00), (19.0, 0.00), (20.0, 2.00), (21.0, 1.00), (22.0, 0.00), (23.0, 0.00), (24.0, 0.00), (25.0, 0.00), (26.0, 0.00), (27.0, 0.00), (28.0, 0.00), (29.0, 0.00), (30.0, 0.00), (31.0, 0.00), (32.0, 0.00), (33.0, 0.00), (34.0, 62.0), (35.0, 9.00), (36.0, 0.00), (37.0, 0.00), (38.0, 15.0), (39.0, 0.00), (40.0, 0.00), (41.0, 0.00), (42.0, 9.00), (43.0, 0.00), (44.0, 0.00), (45.0, 0.00), (46.0, 0.00), (47.0, 0.00), (48.0, 1.00), (49.0, 20.0), (50.0, 0.00), (51.0, 0.00), (52.0, 3.00), (53.0, 0.00), (54.0, 2.00), (55.0, 11.0), (56.0, 2.00), (57.0, 0.00), (58.0, 0.00), (59.0, 0.00), (60.0, 2.00), (61.0, 0.00), (62.0, 9.00), (63.0, 0.00), (64.0, 0.00), (65.0, 0.00), (66.0, 0.00), (67.0, 0.00), (68.1, 0.00), (69.1, 0.00), (70.1, 0.00), (71.1, 1.00), (72.1, 0.00), (73.1, 0.00), (74.1, 0.00), (75.1, 7.00), (76.1, 0.00), (77.1, 1.00), (78.1, 0.00), (79.1, 5.00), (80.1, 1.00), (81.1, 0.00), (82.1, 0.00), (83.1, 34.0), (84.1, 8.00), (85.1, 0.00), (86.1, 0.00), (87.1, 0.00), (88.1, 0.00), (89.1, 0.00), (90.1, 6.00), (91.1, 0.00), (92.1, 11.0), (93.1, 9.00), (94.1, 38.0), (95.1, 0.00), (96.1, 0.00), (97.1, 0.00), (98.1, 0.00), (99.1, 0.00), (100, 3.00), (101, 0.00), (102, 4.00), (103, 11.0), (104, 38.0), (105, 0.00), (106, 1.00), (107, 1.00), (108, 0.00), (109, 19.0), (110, 1.00), (111, 10.0), (112, 1.00), (113, 0.00), (114, 12.0), (115, 2.00), (116, 16.0), (117, 4.00), (118, 0.00), (119, 27.0), (120, 1.00), (121, 0.00), (122, 0.00), (123, 2.00), (124, 4.00), (125, 0.00), (126, 16.0), (127, 0.00), (128, 0.00), (129, 6.00), (130, 6.00), (131, 0.00), (132, 5.00), (133, 1.00), (134, 0.00), (135, 1.00), (136, 19.0), (137, 0.00), (138, 0.00), (139, 0.00), (140, 0.00), (141, 0.00), (142, 9.00), (143, 9.00), (144, 2.00), (145, 7.00), (146, 8.00), (147, 2.00), (148, 4.00), (149, 0.00), (150, 0.00), (151, 2.00), (152, 0.00), (153, 0.00), (154, 1.00), (155, 0.00), (156, 0.00), (157, 0.00), (158, 0.00), (159, 11.0), (160, 5.00), (161, 2.00), (162, 3.00), (163, 0.00), (164, 2.00), (165, 7.00), (166, 1.00), (167, 0.00), (168, 0.00), (169, 0.00), (170, 0.00), (171, 0.00), (172, 0.00), (173, 0.00), (174, 0.00), (175, 0.00), (176, 0.00), (177, 0.00), (178, 0.00), (179, 1.00), (180, 3.00), (181, 4.00), (182, 0.00), (183, 5.00), (184, 16.0), (185, 12.0), (186, 0.00), (187, 6.00), (188, 7.00), (189, 13.0), (190, 4.00), (191, 6.00), (192, 0.00), (193, 3.00), (194, 19.0), (195, 0.00), (196, 36.0), (197, 1.00), (198, 12.0), (199, 0.00), (200, 19.0), (201, 3.00), (202, 2.00), (203, 1.00), (204, 0.00), (205, 0.00), (206, 0.00), (207, 0.00), (208, 0.00), (209, 0.00), (210, 7.00), (211, 0.00), (212, 0.00), (213, 0.00), (214, 0.00), (215, 0.00), (216, 0.00), (217, 0.00), (218, 0.00), (219, 0.00), (220, 0.00), (221, 0.00), (222, 0.00), (223, 0.00), (224, 0.00), (225, 1.00), (226, 0.00), (227, 16.0), (228, 1.00), (229, 0.00), (230, 0.00),

(231, 0.00), (232, 0.00), (233, 0.00), (234, 0.00), (235, 0.00), (236, 32.0), (237, 1.00), (238, 5.00), (239, 13.0), (240, 22.0), (241, 4.00), (242, 0.00), (243, 10.0), (244, 0.00), (245, 0.00), (246, 0.00), (247, 0.00), (248, 2.00), (249, 0.00), (250, 0.00), (251, 0.00), (252, 0.00), (253, 0.00), (254, 4.00), (255, 0.00), (256, 0.00), (257, 0.00), (258, 0.00), (259, 0.00), (260, 5.00), (261, 6.00), (262, 0.00), (263, 11.0), (264, 0.00), (265, 0.00), (266, 0.00), (267, 1.00), (268, 0.00), (269, 0.00), (270, 0.00), (271, 0.00), (272, 32.0), (273, 1.00), (274, 0.00), (275, 0.00), (276, 1.00), (277, 10.0), (278, 0.00), (279, 6.00), (280, 1.00), (281, 8.00), (282, 1.00), (283, 15.0), (284, 1.00), (285, 3.00), (286, 3.00), (287, 0.00), (288, 22.0), (289, 0.00), (290, 17.0), (291, 35.0), (292, 2.00), (293, 0.00), (294, 9.00), (295, 0.00), (296, 0.00), (297, 0.00), (298, 0.00), (299, 0.00), (300, 1.00), (301, 3.00), (302, 6.00), (303, 1.00), (304, 2.00), (305, 9.00), (306, 4.00), (307, 31.0), (308, 5.00), (309, 0.00), (310, 0.00), (311, 0.00), (312, 1.00), (313, 0.00), (314, 0.00), (315, 0.00), (316, 2.00), (317, 0.00), (318, 0.00), (319, 7.00), (320, 0.00), (321, 2.00), (322, 2.00), (323, 0.00), (324, 17.0), (325, 0.00), (326, 5.00), (327, 2.00), (328, 1.00), (329, 0.00), (330, 0.00), (331, 0.00), (332, 0.00), (333, 0.00), (334, 0.00), (335, 1.00), (336, 14.0), (337, 30.0), (338, 6.00), (339, 1.00), (340, 0.00), (341, 0.00), (342, 0.00), (343, 0.00), (344, 0.00), (345, 0.00), (346, 0.00), (347, 0.00), (348, 0.00), (349, 0.00), (350, 0.00), (351, 0.00), (352, 0.00), (353, 0.00), (354, 0.00), (355, 0.00), (356, 0.00), (357, 2.00), (358, 0.00), (359, 1.00), (360, 0.00), (361, 0.00), (362, 0.00), (363, 0.00), (364, 0.00), (365, 6.00), (366, 0.00), (367, 0.00), (368, 0.00), (369, 1.00), (370, 0.00), (371, 0.00), (372, 0.00), (373, 0.00), (374, 0.00), (375, 0.00), (376, 0.00), (377, 0.00), (378, 9.00), (379, 0.00), (380, 0.00), (381, 1.00), (382, 3.00), (383, 0.00), (384, 0.00), (385, 0.00), (386, 0.00), (387, 0.00), (388, 0.00), (389, 0.00), (390, 0.00), (391, 0.00), (392, 0.00), (393, 0.00), (394, 0.00), (395, 0.00), (396, 0.00), (397, 19.0), (398, 0.00), (399, 0.00), (400, 0.00), (401, 0.00), (402, 0.00), (403, 0.00), (404, 0.00), (405, 0.00), (406, 0.00), (407, 0.00), (408, 0.00), (409, 0.00), (410, 32.0), (411, 0.00), (412, 0.00), (413, 10.0), (414, 1.00), (415, 2.00), (416, 0.00), (417, 0.00), (418, 0.00), (419, 0.00), (420, 0.00), (421, 2.00), (422, 10.0), (423, 0.00), (424, 0.00), (425, 1.00), (426, 0.00), (427, 0.00), (428, 15.0), (429, 0.00), (430, 7.00), (431, 12.0), (432, 0.00), (433, 0.00), (434, 0.00), (435, 11.0), (436, 44.0), (437, 4.00), (438, 29.0), (439, 8.00), (440, 0.00), (441, 0.00), (442, 0.00), (443, 0.00), (444, 0.00), (445, 0.00), (446, 4.00), (447, 2.00), (448, 7.00), (449, 19.0), (450, 15.0), (451, 0.00), (452, 0.00), (453, 1.00), (454, 2.00), (455, 10.0), (456, 0.00), (457, 4.00), (458, 0.00), (459, 17.0), (460, 21.0), (461, 2.00), (462, 15.0), (463, 28.0), (464, 2.00), (465, 0.00), (466, 8.00), (467, 1.00), (468, 4.00), (469, 0.00), (470, 0.00), (471, 0.00), (472, 0.00), (473, 0.00), (474, 6.00), (475, 0.00), (476, 6.00), (477, 0.00), (478, 0.00), (479, 0.00), (480, 0.00), (481, 2.00), (482, 30.0), (483, 0.00), (484, 20.0), (485, 0.00), (486, 1.00), (487, 2.00), (488, 5.00), (489, 0.00), (490, 0.00), (491, 0.00), (492, 9.00), (493, 0.00), (494, 12.0), (495, 0.00), (496, 7.00), (497, 10.0), (498, 0.00), (499, 7.00), (500, 1.00), (501, 40.0), (502, 1.00), (503, 9.00), (504, 13.0), (505, 2.00), (506, 0.00), (507, 10.0), (508, 1.00), (509, 0.00), (510, 0.00), (511, 0.00), (512, 2.00), (513, 9.00), (514, 1.00), (515, 18.0), (516, 2.00), (517, 0.00), (518, 0.00), (519, 3.00), (520, 0.00), (521, 0.00), (522, 0.00), (523, 0.00), (524, 0.00), (525, 0.00), (526, 0.00), (527, 0.00), (528, 0.00), (529, 18.0), (530, 5.00), (531, 26.0), (532, 2.00), (533, 4.00), (534, 0.00), (535, 15.0), (536, 0.00), (537, 0.00), (538, 0.00), (539, 27.0), (540, 12.0), (541, 12.0), (542, 6.00), (543, 0.00), (544, 0.00), (545, 0.00), (546, 1.00), (547, 0.00), (548, 3.00), (549, 8.00), (550, 18.0),

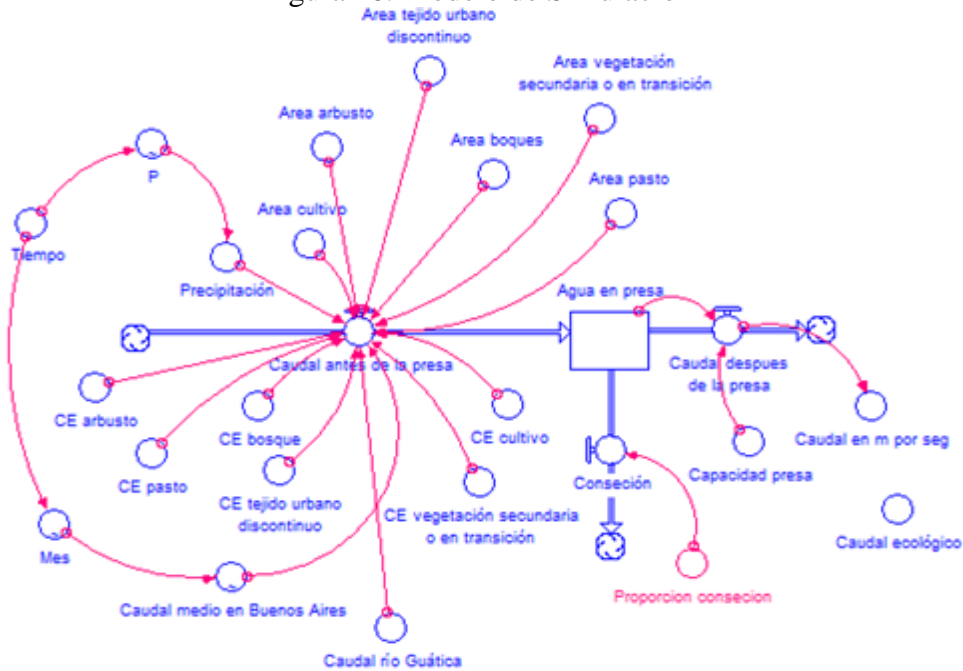
(551, 8.00), (552, 3.00), (553, 0.00), (554, 0.00), (555, 0.00), (556, 0.00), (557, 0.00), (558, 0.00), (559, 0.00), (560, 0.00), (561, 0.00), (562, 0.00), (563, 0.00), (564, 3.00), (565, 0.00), (566, 0.00), (567, 1.00), (568, 5.00), (569, 0.00), (570, 0.00), (571, 0.00), (572, 2.00), (573, 0.00), (574, 25.0), (575, 0.00), (576, 23.0), (577, 2.00), (578, 8.00), (579, 0.00), (580, 2.00), (581, 1.00), (582, 0.00), (583, 11.0), (584, 13.0), (585, 17.0), (586, 0.00), (587, 0.00), (588, 0.00), (589, 0.00), (590, 0.00), (591, 0.00), (592, 0.00), (593, 0.00), (594, 0.00), (595, 0.00), (596, 0.00), (597, 0.00), (598, 0.00), (599, 0.00), (600, 0.00), (601, 0.00), (602, 0.00), (603, 0.00), (604, 0.00), (605, 0.00), (606, 0.00), (607, 0.00), (608, 0.00), (609, 0.00), (610, 0.00), (611, 0.00), (612, 0.00), (613, 0.00), (614, 0.00), (615, 0.00), (616, 0.00), (617, 0.00), (618, 0.00), (619, 0.00), (620, 0.00), (621, 0.00), (622, 11.0), (623, 10.0), (624, 6.00), (625, 0.00), (626, 1.00), (627, 13.0), (628, 5.00), (629, 1.00), (630, 32.0), (631, 5.00), (632, 8.00), (633, 9.00), (634, 2.00), (635, 5.00), (636, 19.0), (637, 7.00), (638, 0.00), (639, 45.0), (640, 0.00), (641, 0.00), (642, 0.00), (643, 0.00), (644, 4.00), (645, 5.00), (646, 6.00), (647, 1.00), (648, 37.0), (649, 0.00), (650, 3.00), (651, 0.00), (652, 2.00), (653, 0.00), (654, 12.0), (655, 0.00), (656, 0.00), (657, 0.00), (658, 0.00), (659, 0.00), (660, 0.00), (661, 0.00), (662, 0.00), (663, 7.00), (664, 0.00), (665, 0.00), (666, 1.00), (667, 0.00), (668, 1.00), (669, 22.0), (670, 0.00), (671, 7.00), (672, 3.00), (673, 23.0), (674, 1.00), (675, 15.0), (676, 9.00), (677, 10.0), (678, 0.00), (680, 0.00), (681, 0.00), (682, 0.00), (683, 20.0), (684, 12.0), (685, 0.00), (686, 16.0), (687, 0.00), (688, 0.00), (689, 3.00), (690, 0.00), (691, 0.00), (692, 3.00), (693, 2.00), (694, 0.00), (695, 0.00), (696, 0.00), (697, 16.0), (698, 0.00), (699, 0.00), (700, 4.00), (701, 1.00), (702, 0.00), (703, 1.00), (704, 0.00), (705, 0.00), (706, 0.00), (707, 9.00), (708, 0.00), (709, 3.00), (710, 0.00), (711, 3.00), (712, 0.00), (713, 0.00), (714, 5.00), (715, 0.00), (716, 0.00), (717, 0.00), (718, 0.00), (719, 0.00), (720, 0.00), (721, 2.00), (722, 0.00), (723, 0.00), (724, 0.00), (725, 0.00), (726, 10.0), (727, 15.0), (728, 9.00), (729, 0.00), (730, 0.00), (731, 0.00), (732, 0.00), (733, 0.00), (734, 0.00), (735, 0.00), (736, 0.00), (737, 0.00), (738, 0.00), (739, 0.00), (740, 0.00), (741, 0.00), (742, 0.00), (743, 0.00), (744, 34.0), (745, 4.00), (746, 0.00), (747, 0.00), (748, 0.00), (749, 0.00), (750, 0.00), (751, 0.00), (752, 0.00), (753, 0.00), (754, 0.00), (755, 0.00), (756, 2.00), (757, 0.00), (758, 1.00), (759, 0.00), (760, 0.00), (761, 0.00), (762, 0.00), (763, 0.00), (764, 0.00), (765, 0.00), (766, 0.00), (767, 0.00), (768, 0.00), (769, 0.00), (770, 0.00), (771, 5.00), (772, 40.0), (773, 1.00), (774, 0.00), (775, 0.00), (776, 0.00), (777, 1.00), (778, 0.00), (779, 2.00), (780, 2.00), (781, 0.00), (782, 0.00), (783, 4.00), (784, 1.00), (785, 0.00), (786, 0.00), (787, 0.00), (788, 2.00), (789, 0.00), (790, 1.00), (791, 2.00), (792, 0.00), (793, 0.00), (794, 0.00), (795, 0.00), (796, 0.00), (797, 0.00), (798, 0.00), (799, 0.00), (800, 0.00), (801, 0.00), (802, 3.00), (803, 52.0), (804, 2.00), (805, 0.00), (806, 0.00), (807, 0.00), (808, 0.00), (809, 0.00), (810, 25.0), (811, 0.00), (812, 0.00), (813, 0.00), (814, 0.00), (815, 0.00), (816, 0.00), (817, 0.00), (818, 0.00), (819, 0.00), (820, 0.00), (821, 0.00), (822, 0.00), (823, 0.00), (824, 0.00), (825, 7.00), (826, 3.00), (827, 18.0), (828, 0.00), (829, 2.00), (830, 0.00), (831, 0.00), (832, 5.00), (833, 0.00), (834, 5.00), (835, 0.00), (836, 0.00), (837, 0.00), (838, 0.00), (839, 0.00), (840, 0.00), (841, 0.00), (842, 0.00), (843, 5.00), (844, 0.00), (845, 16.0), (846, 0.00), (847, 0.00), (848, 10.0), (849, 0.00), (850, 25.0), (851, 12.0), (852, 0.00), (853, 0.00), (854, 4.00), (855, 0.00), (856, 9.00), (857, 3.00), (858, 16.0), (859, 0.00), (860, 0.00), (861, 0.00), (862, 22.0), (863, 0.00), (864, 5.00), (865, 0.00), (866, 0.00), (867, 1.00), (868, 0.00), (869, 2.00), (870, 0.00), (871, 2.00),

(872, 4.00), (873, 5.00), (874, 2.00), (875, 0.00), (876, 0.00), (877, 0.00), (878, 13.0), (879, 47.0), (880, 0.00), (881, 0.00), (882, 0.00), (883, 32.0), (884, 8.00), (885, 0.00), (886, 0.00), (887, 0.00), (888, 0.00), (889, 0.00), (890, 4.00), (891, 0.00), (892, 0.00), (893, 0.00), (894, 0.00), (895, 0.00), (896, 0.00), (897, 0.00), (898, 0.00), (899, 0.00), (900, 0.00), (901, 12.0), (902, 0.00), (903, 0.00), (904, 0.00), (905, 0.00), (906, 0.00), (907, 0.00), (908, 0.00), (909, 3.00), (910, 0.00), (911, 0.00), (912, 0.00), (913, 0.00), (914, 0.00), (915, 0.00), (916, 0.00), (917, 0.00), (918, 0.00), (919, 0.00), (920, 0.00), (921, 0.00), (922, 0.00), (923, 0.00), (924, 0.00), (925, 0.00), (926, 0.00), (927, 0.00), (928, 0.00), (929, 0.00), (930, 0.00), (931, 0.00), (932, 7.00), (933, 1.00), (934, 0.00), (935, 4.00), (936, 0.00), (937, 0.00), (938, 0.00), (939, 7.00), (940, 0.00), (941, 0.00), (942, 2.00), (943, 16.0), (944, 2.00), (945, 0.00), (946, 0.00), (947, 15.0), (948, 0.00), (949, 7.00), (950, 6.00), (951, 0.00), (952, 1.00), (953, 0.00), (954, 0.00), (955, 25.0), (956, 2.00), (957, 0.00), (958, 0.00), (959, 0.00), (960, 0.00), (961, 0.00), (962, 0.00), (963, 0.00), (964, 5.00), (965, 6.00), (966, 0.00), (967, 24.0), (968, 0.00), (969, 11.0), (970, 0.00), (971, 4.00), (972, 0.00), (973, 0.00), (974, 0.00), (975, 0.00), (976, 1.00), (977, 0.00), (978, 10.0), (979, 0.00), (980, 15.0), (981, 5.00), (982, 0.00), (983, 7.00), (984, 0.00), (985, 0.00), (986, 24.0), (987, 0.00), (988, 6.00), (989, 0.00), (990, 4.00), (991, 0.00), (992, 25.0), (993, 0.00), (994, 0.00), (995, 0.00), (996, 9.00), (997, 0.00), (998, 0.00), (999, 0.00), (1000, 0.00), (1001, 0.00), (1002, 0.00), (1003, 0.00), (1004, 0.00), (1005, 0.00), (1006, 18.0), (1007, 5.00), (1008, 0.00), (1009, 0.00), (1010, 0.00), (1011, 0.00), (1012, 13.0), (1013, 12.0), (1014, 0.00), (1015, 0.00), (1016, 0.00), (1017, 12.0), (1018, 26.0), (1019, 3.00), (1020, 1.00), (1021, 0.00), (1022, 4.00), (1023, 0.00), (1024, 0.00), (1025, 14.0), (1026, 5.00), (1027, 0.00), (1028, 0.00), (1029, 1.00), (1030, 0.00), (1031, 0.00), (1032, 3.00), (1033, 0.00), (1034, 0.00), (1035, 2.00), (1036, 0.00), (1037, 0.00), (1038, 0.00), (1039, 0.00), (1040, 0.00), (1041, 0.00), (1042, 0.00), (1043, 0.00), (1044, 0.00), (1045, 0.00), (1046, 0.00), (1047, 0.00), (1048, 0.00), (1049, 0.00), (1050, 0.00), (1051, 7.00), (1052, 0.00), (1053, 0.00), (1054, 0.00), (1055, 0.00), (1056, 2.00), (1057, 9.00), (1058, 2.00), (1059, 22.0), (1060, 0.00), (1061, 0.00), (1062, 0.00), (1063, 2.00), (1064, 0.00), (1065, 0.00), (1066, 0.00), (1067, 19.0), (1068, 0.00), (1069, 15.0), (1070, 0.00), (1071, 0.00), (1072, 0.00), (1073, 0.00), (1074, 0.00), (1075, 0.00), (1076, 25.0), (1077, 0.00), (1078, 0.00), (1079, 0.00), (1080, 0.00), (1081, 0.00), (1082, 0.00), (1083, 4.00), (1084, 0.00), (1085, 0.00), (1086, 0.00), (1087, 2.00), (1088, 0.00), (1089, 0.00), (1090, 0.00), (1091, 0.00), (1092, 10.0), (1093, 0.00), (1094, 9.00), (1095, 0.00), (1096, 0.00), (1097, 0.00), (1098, 0.00), (1099, 0.00), (1100, 0.00), (1101, 0.00), (1102, 0.00), (1103, 0.00), (1104, 0.00), (1105, 0.00), (1106, 0.00), (1107, 0.00), (1108, 0.00), (1109, 9.00), (1110, 0.00), (1111, 15.0), (1112, 0.00), (1113, 0.00), (1114, 0.00), (1115, 0.00), (1116, 25.0), (1117, 0.00), (1118, 0.00), (1119, 0.00), (1120, 0.00), (1121, 0.00), (1122, 0.00), (1123, 0.00), (1124, 0.00), (1125, 0.00), (1126, 9.00), (1127, 3.00), (1128, 23.0), (1129, 0.00), (1130, 0.00), (1131, 0.00), (1132, 0.00), (1133, 0.00), (1134, 25.0), (1135, 15.0), (1136, 0.00), (1137, 0.00), (1138, 5.00), (1139, 0.00), (1140, 5.00), (1141, 3.00), (1142, 0.00), (1143, 0.00), (1144, 0.00), (1145, 0.00), (1146, 5.00), (1147, 3.00), (1148, 0.00), (1149, 0.00), (1150, 10.0), (1151, 0.00), (1152, 0.00), (1153, 0.00), (1154, 0.00), (1155, 20.0), (1156, 0.00), (1157, 0.00), (1158, 15.0), (1159, 0.00), (1160, 0.00), (1161, 6.00), (1162, 26.0), (1163, 25.0), (1164, 20.0), (1165, 12.0), (1166, 16.0), (1167, 9.00),

(1168, 16.0), (1169, 3.00), (1170, 0.00), (1171, 0.00), (1172, 0.00), (1173, 6.00), (1174, 7.00), (1175, 8.00), (1176, 3.00), (1177, 0.00), (1178, 0.00), (1179, 0.00), (1180, 0.00), (1181, 5.00), (1182, 8.00), (1183, 8.00), (1184, 0.00), (1185, 0.00), (1186, 16.0), (1187, 1.00), (1188, 0.00), (1189, 0.00), (1190, 0.00), (1191, 9.00), (1192, 10.0), (1193, 5.00), (1194, 0.00), (1195, 15.0), (1196, 0.00), (1197, 0.00), (1198, 0.00), (1199, 16.0), (1200, 2.00), (1201, 0.00), (1202, 0.00), (1203, 0.00), (1204, 18.0), (1205, 0.00), (1206, 0.00), (1207, 0.00), (1208, 0.00), (1209, 11.0), (1210, 0.00), (1211, 0.00), (1212, 0.00), (1213, 15.0), (1214, 0.00), (1215, 2.00), (1216, 0.00), (1217, 0.00), (1218, 12.0), (1219, 24.0), (1220, 12.0), (1221, 0.00), (1222, 0.00), (1223, 0.00), (1224, 0.00), (1225, 0.00), (1226, 0.00), (1227, 0.00), (1228, 0.00), (1229, 0.00), (1230, 0.00), (1231, 0.00), (1232, 8.00), (1233, 0.00), (1234, 10.0), (1235, 0.00), (1236, 0.00), (1237, 0.00), (1238, 13.0), (1239, 0.00), (1240, 0.00), (1241, 0.00), (1242, 59.0), (1243, 10.0), (1244, 5.00), (1245, 0.00), (1246, 0.00), (1247, 0.00), (1248, 51.0), (1249, 0.00), (1250, 3.00), (1251, 16.0), (1252, 0.00), (1253, 0.00), (1254, 0.00), (1255, 10.0), (1256, 0.00), (1257, 0.00), (1258, 4.00), (1259, 0.00), (1260, 5.00), (1261, 0.00), (1262, 12.0), (1263, 0.00), (1264, 0.00), (1265, 0.00), (1266, 11.0), (1267, 0.00), (1268, 0.00), (1269, 4.00), (1270, 0.00), (1271, 10.0), (1272, 0.00), (1273, 2.00), (1274, 1.00), (1275, 5.00), (1276, 3.00), (1277, 0.00), (1278, 0.00), (1279, 0.00), (1280, 0.00), (1281, 10.0), (1282, 0.00), (1283, 0.00), (1284, 0.00), (1285, 0.00), (1286, 0.00), (1287, 0.00), (1288, 0.00), (1289, 3.00), (1290, 0.00), (1291, 0.00), (1292, 0.00), (1293, 0.00), (1294, 0.00), (1295, 0.00), (1296, 0.00), (1297, 10.0), (1298, 11.0), (1299, 7.00), (1300, 0.00), (1301, 18.0), (1302, 18.0), (1303, 0.00), (1304, 9.00), (1305, 12.0), (1306, 7.00), (1307, 0.00), (1308, 14.0), (1309, 3.00), (1310, 0.00), (1311, 6.00), (1312, 5.00), (1313, 0.00), (1314, 10.0), (1315, 9.00), (1316, 2.00), (1317, 0.00), (1318, 0.00), (1319, 0.00), (1320, 0.00), (1321, 12.0), (1322, 0.00), (1323, 2.00), (1324, 0.00), (1325, 0.00), (1326, 0.00), (1327, 0.00), (1328, 0.00), (1329, 0.00), (1330, 3.00), (1331, 0.00), (1332, 10.0), (1333, 0.00), (1334, 10.0), (1335, 20.0), (1336, 0.00), (1337, 6.00), (1338, 0.00), (1339, 4.00), (1340, 0.00), (1341, 0.00), (1342, 0.00), (1343, 7.00), (1344, 15.0), (1345, 0.00), (1346, 14.0), (1347, 8.00), (1348, 2.00), (1349, 0.00), (1350, 0.00), (1351, 0.00), (1352, 0.00), (1353, 0.00), (1354, 0.00), (1355, 37.0), (1356, 0.00), (1357, 0.00)

En la figura 16 se muestra el modelo de simulación descrito anteriormente

Figura 16. Modelo de Simulación



Elaboración Propia.

7.4.3 Resultados del Modelo de Simulación

El caudal antes de la presa está representado por la oferta hídrica presente en la zona, la cual se encuentra influenciada por diversas variables auxiliares tales como el caudal medio mensual que tiene la cuenca en la estación buenos aires que varía entre 12,7 y 27,8 m³/s estos datos se obtuvieron de registros históricos de 45 años, el caudal medio mensual del río Guática que varía entre 1 y 18 m³/s, estos datos se calcularon con base a registros históricos de 17 años de la estación Guaracas del municipio de Guática; de igual forma se utilizó la precipitación diaria de los años 1990 a 1996 de la estación Puente Umbría y la escorrentía superficial que para el área de influencia directa se tuvo en cuenta la información de las hectáreas de los usos del suelo para las cuatro veredas influenciadas y su respectivo coeficiente de escorrentía.

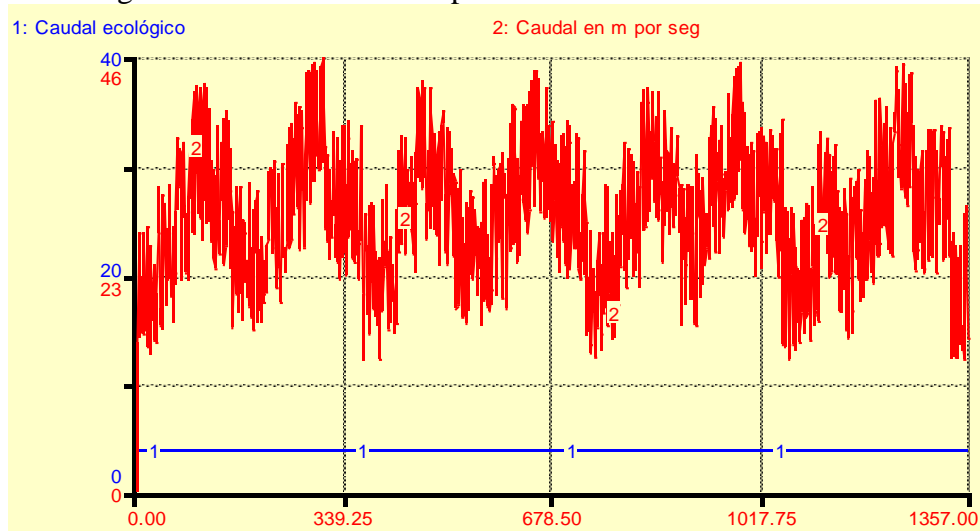
El caudal de agua que hay en la presa está representado por las dimensiones de la presa la cual tiene un alto máximo de 15 m, un ancho de 50 m y un largo de 40,73 m, estas medidas dan como resultado una capacidad para almacenar un volumen de 30.550 m³, a su vez este nivel se encuentra influenciado por dos flujos de salida, el primero corresponde al caudal concesionado por la PCH que es de 16,871 m³/s, siendo este distribuido para los diferentes usos como son: generación de energía 16,8 m³/s, consumo humano y doméstico 0,00037 m³/s y industrial 0,00673 m³/s, este flujo a su vez se ve afectado por una variable auxiliar que representa la proporción de la concesión, es decir el caudal que realmente está siendo utilizando por la PCH para el funcionamiento de la misma, el otro flujo de salida es el caudal que hay después de la presa representado por la diferencia

entre el agua que hay en la presa y la variable auxiliar capacidad que tiene la presa que es de 30.550 m³.

A este modelo se le incluye una variable auxiliar que representa el caudal ecológico que debe garantizar la PCH aguas abajo de la presa, siendo este 3,88 m³/s.

En este modelo se crearon varios escenarios con base al caudal disponible después de la presa el cual está representado con la línea roja y el caudal ecológico el cual está representado con la línea azul en las gráficas que se muestran a continuación:

Figura 17. Escenario 1 Comportamiento del río sin la concesión

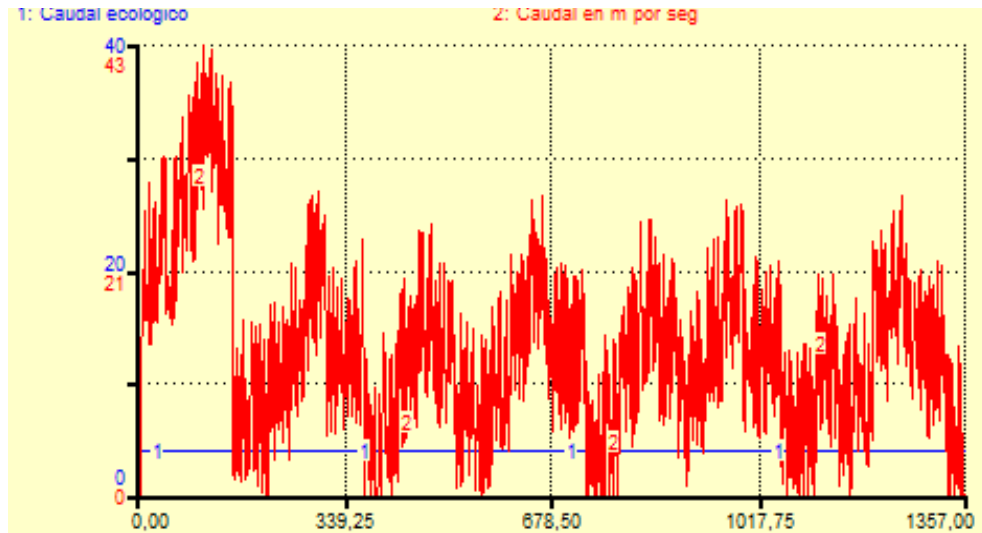


Elaboración Propia.

Este escenario representa el comportamiento del río sin la concesión de agua de la PCH, es decir se simuló un histograma con los caudales históricos para visualizar el comportamiento real del río y en la gráfica se puede observar que el río presenta una gran variabilidad con máximos que superan los 40 m³/s en lapsos cortos de tiempo y con mínimos de 19 m³/s aproximadamente, esto debido a las características geográficas y ambientales de la zona que determinan un régimen de lluvias bimodal y una precipitación de mayor intensidad en los meses de septiembre a diciembre y precipitaciones menores en los meses de febrero a mayo.

De acuerdo con lo anterior y observando la gráfica se puede interpretar que el río presenta gran variación en el año, pero al compararse con otros años el río presenta la misma tendencia en los mismos meses del año.

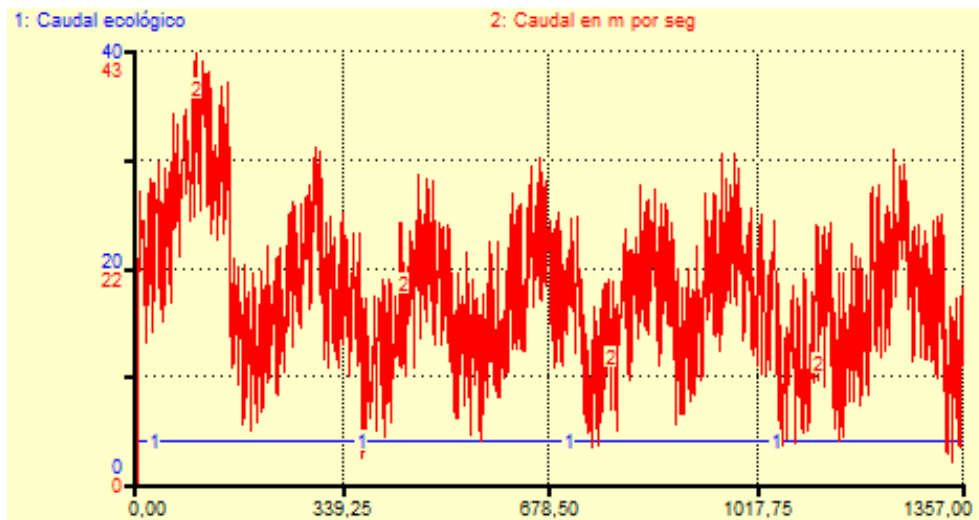
Figura 18. Escenario 2 Comportamiento del río con el 100% de la concesión



Elaboración Propia.

Este escenario representa el comportamiento hidrológico del río Risaralda con la PCH captando el 100 % de la concesión, en la gráfica se observa que, si la PCH capta el total de caudal concesionado (16.8 L/s) aguas abajo de la presa en periodos de baja hidrología no es posible asegurar el caudal ecológico. Aunque la gráfica muestra en un principio un caudal de 40 m³/s el río varía la mayor parte del tiempo entre un caudal máximo de 24 m³/s y un mínimo de 0 m³/s aproximadamente.

Figura 19. Escenario 3 Comportamiento del río con el 70% de la concesión

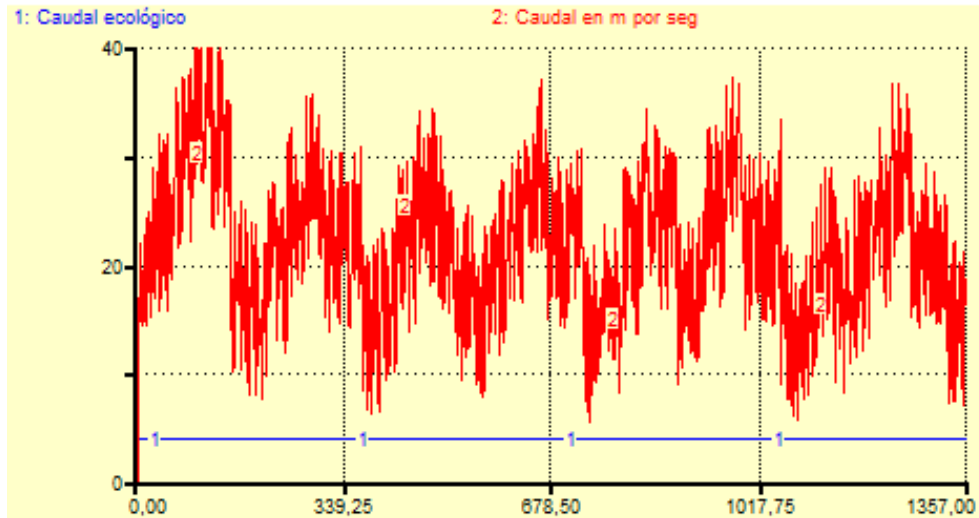


Elaboración Propia.

Este escenario representa el comportamiento hidrológico del río Risaralda con la PCH captando el 70 % de la concesión que equivale a 11,76 L/s, en la gráfica se observa que en periodos de baja hidrología se garantiza únicamente el caudal ecológico (3.88 m³/s), llegando a tener mínimos de

hasta 2 m³/s aproximadamente. Aunque la gráfica muestra en un principio un caudal mayor de 40 m³/s presenta la mayor parte del tiempo con un caudal máximo de 31 m³/s aproximadamente.

Figura 20. Escenario 4 Comportamiento del río con el 50% de la concesión



Elaboración Propia.

Este escenario representa el comportamiento hidrológico del río Risaralda con la PCH captando el 50 % de la concesión que equivale a 8,4 L/s, en la gráfica se observa que aun en periodos de baja hidrología siempre se garantiza el caudal ecológico con caudales máximos de 34 m³/s y mínimos de 5 m³/s aproximadamente.

7.5 Disertación

La operación de proyectos hidroeléctricos tiene una influencia directa sobre el componente hídrico superficial ya que este es el insumo principal que permite su funcionamiento y este a su vez se encuentra ligado con otros componentes que se ven afectados en el proceso de operación y son necesarios para el equilibrio ecosistémico como lo son las características organolépticas del agua, el caudal del río, la fauna y flora acuática, el paisaje y la oferta y demanda del recurso.

A partir de la identificación de los componentes que se ven afectados en esta fase del proyecto y al realizar la Evaluación de Impacto Ambiental basada en la metodología de Renzo Martínez se pudo determinar que algunos presentan un impacto severo y esta calificación está basada en que la regulación del caudal de un río mediante la construcción de presas altera las condiciones naturales de los ecosistemas, afectando de forma directa la fauna y flora fluvial ya que solo las especies con ventajas evolutivas pueden prevalecer en regímenes fuertemente alterados lo que provoca efectos negativos a mediano y largo plazo. Además, las barreras que las presas producen en el flujo de sedimentos y limos que las aguas fluviales transportan, causan cambios geomorfológicos ya que el agua tiene mayor capacidad para erosionar.

Aun en presas pequeñas se inhibe el proceso migratorio de especies de peces debido a que este está relacionado con el aumento de caudal o cambios de temperatura de las aguas, por lo que se altera el comportamiento natural de las especies e incluso puede llegar a inhibir el comportamiento migratorio. Los peces migradores, tanto en ascenso como en descenso son mucho más atraídos por los brazos del río que llevan más corriente, por lo que cuando esté operando el salto de agua, estos tenderán a ir hacia las turbinas antes que hacia el dispositivo que modula el caudal ecológico (Lariner y Dartiguelongue, 1989 citado en García, 2008). También los cambios bruscos de calidad del agua afectan negativamente a los peces al pasar de condiciones reducidas del fondo al airearse en la salida y también el paso rápido de las aguas con temperaturas frías del fondo del embalse a las cálidas de la superficie.

El cambio en las características organolépticas del agua no suele ser significativas en este tipo de proyectos, pero pueden ocurrir vertidos accidentales con sustancias oleosas por el funcionamiento de turbinas o labores de mantenimiento en la fase de operación, igualmente el cambio de paisaje es un impacto con significancia baja para algunas personas.

Aún sin ningún trabajo científico que pruebe que un río con la biodiversidad del Risaralda, haya mantenido su integridad ecológica después de haber reducido su caudal circulante en un 76.36% en un tramo de 7.5 km, se puede argumentar que la estabilidad del río se podría mantener con una reducción de caudal del 20, del 30 o del 50% pero con una reducción mayor no, ya que se producen impactos significativos en la flora y fauna acuática.

Los impactos mencionados pueden ocurrir en la fase de operación tanto en centrales hidroeléctricas de gran tamaño como en pequeñas centrales, algunos con mayor recurrencia que otros u otros con mayor intensidad; pero es necesario aclarar en este punto, que el propósito de esta investigación es de carácter preventivo y no acusatorio, el interés se originó a partir de la suspensión temporal en la licencia de vertimiento de agua sobre el afluente en el año 2017, debido a fallas en la disposición de los lodos que se realizó de forma abrupta ocasionando una afectación sobre la fauna del sector, pero se necesitaría una investigación más a fondo para constatar que estos impactos están ocurriendo en la actualidad en la PCH Morro Azul y su grado de significancia y daño sobre los ecosistemas de la zona, este proyecto se tomó sólo como referencia técnica por encontrarse en la categoría de pequeña central y por su ubicación.

A si mismo ocurre con los nacimientos que se vieron afectados en la fase de construcción de este proyecto, a partir de las visitas a campo se corroboró que cuatro nacimientos de la vereda el diamante redujeron su caudal drásticamente y dos se secaron por completo y en la actualidad se encuentran de esta forma, también se puede evidenciar que a diferencia de la información que se encuentra en los expedientes de la CARDER no eran 10 nacimientos afectados, por el contrario solo eran 6 nacimientos, esto debido a que se tomaron las coordenadas de los diferentes puntos de

captación de cada usuario sin tener en cuenta que por cada nacimientos se abastecían diferentes viviendas. Estos nacimientos presentan una demanda de 16 usuarios para un total de 108 personas aproximadamente y su uso varía en consumo humano, doméstico y riego de cultivo, los usuarios que se vieron afectados por la sequía de los dos nacimientos tuvieron que buscar fuentes alternas de agua para los usos mencionados.

Aunque en el momento de la afectación se realizaron por parte de las autoridades ambientales las visitas pertinentes a la zona, no se realizaron estudios más a fondo para comprobar si existía o no una relación entre la estructura construida y los nacimientos de agua y se determinó de forma muy anticipada las causas de la afectación. Aun así, las coincidencias de los hechos no son determinantes para producir un juicio negativo contra el proyecto, de igual forma se necesitaría estudios de agua subterránea, alteración en zonas de recarga hídrica, cambios en la morfología y alteración del nivel freático que comprueben si existe o no tal relación.

Es esencial resaltar la importancia del río Risaralda y sus afluentes no solo para el municipio de Belén de Umbría, sino también para todos los municipios que conforman la cuenca ya que esta no es solo un área de drenaje, sino que es el suministro de agua dulce para muchas comunidades, para la agricultura y la seguridad alimentaria que dependen en gran medida del agua superficial y los sedimentos que ofrecen sujeción a la vegetación, además su suelo permite la absorción del agua lluvia convirtiéndose en agua de escorrentía que lleva río abajo minerales y sedimentos orgánicos que fertilizan la tierra, permitiendo el equilibrio ecosistémico del río que depende de todos los componentes que conforman la cuenca, los cuales al sufrir alteraciones afectan no solo el tramo del área de influencia directa del proyecto si no también el río aguas abajo.

El objetivo de este trabajo es poner en perspectiva todos los impactos mencionados anteriormente y la importancia de pensar en ellos en el momento de la planeación de este tipo de proyectos y que se incluyan en el plan de manejo ambiental con actividades preventivas para la fase de operación, ya que en la actualidad las medidas de manejo que se plantean para la fase operación no poseen una visión a futuro debido a que son planteadas en la fase de construcción.

Para esta investigación, los modelos de simulación permitieron recrear el comportamiento del río Risaralda. Mediante el escenario uno (figura 17) que representa un histograma de frecuencias se observó que el río muestra un comportamiento muy variable “según el ingeniero Escobar un río con un comportamiento hidrológico tan inestable no se recomienda para proyectos de generación de energía eléctrica ya que su volumen debe ser constante para asegurar el caudal ecológico (comunicación personal, 2019)”. En el escenario 2 y 3 (figura 18 y 19) se observa que con una captación del 100% y 70% respectivamente de la concesión de agua de la PCH no se logra respetar el caudal ecológico, por el contrario, con una captación del 50% (figura 20) o menos se puede asegurar el caudal ecológico aun en épocas de baja hidrología.

Según los operarios de la PCH Morro Azul en la actualidad solo se encuentra operando una turbina que genera 6.2 MW a partir de un caudal de 5,7 m³/s, también afirman que siempre se garantiza el caudal ecológico que es de 3.88 m³/s y en épocas de baja hidrología solo se capta el sobrante de agua, pero esta información contrasta con lo dicho por el ingeniero Escobar “que expresa que una PCH siempre va a operar con el caudal existente sin importar la oferta hídrica aun si se debe captar el caudal ecológico (comunicación personal, 2019)”.

Es por esto que se proponen estrategias de manejo para la PCH Morro Azul dirigidas a la gestión ambiental del recurso hídrico, esto debido a que la oferta hídrica presente en los ríos es importante para la biosfera, ya que constituye una fuente de agua superficial para los seres vivos, además son ecosistemas que albergan hábitat con innumerables formas de vida. Estas estrategias deben incluir estudios del estado actual de la cuenca del río Risaralda, investigaciones de fuentes de agua subterránea y superficial de los afluentes del río, recuperación e implementación de zonas de protección forestal en la periferia de la cuenca conservando las márgenes de retiro establecidas en la resolución 061 de 2007 de la CARDER y el monitoreo constante del caudal del río antes de la captación y aguas abajo del canal de fuga, todo lo anterior con el objetivo de recuperar y preservar la cuenca.

En segundo lugar se proponen estrategias para el manejo y la conservación de los ecosistemas acuáticos que incluyen estudios del estado actual del ecosistema, investigación y monitoreo de especies presentes en la zona, rescate y reubicación de especies acuáticas, implementación de un sistema de escalera que facilite la migración de fauna y mejoras en el procedimiento establecido para la evacuación de los lodos de sedimentación generados, al igual que mejoras en el procedimiento y tratamiento de lodos, puesto que la fauna acuática tiene importancia económica, deportiva y ecológica, desde el punto de vista ecológico las especies de fauna acuática son importantes para la dinámica trófica y como indicadores biológicos de los ecosistemas. A nivel mundial, Colombia es el segundo país más diverso en especies de peces dulceacuícolas, albergando 1494. Por su extensión geográfica, las zonas hidrográficas del Amazonas y el Orinoco concentran el mayor número de especies. Sin embargo, la mayoría de las 374 especies endémicas de Colombia (76%) se encuentran exclusivamente en ríos transandinos, destacando la zona hidrográfica del Magdalena-Cauca que discurre a lo largo de los territorios más densamente poblados y alterados en el país. En consecuencia, la mayoría de las especies endémicas que allí habitan están en alguna categoría de amenaza (Instituto Humboldt, 2017).

En tercer lugar se proponen estrategias para la recuperación de la percepción paisajística del territorio que es un impacto moderado y para comprender la importancia del paisaje es necesario ubicar en el mismo nivel jerárquico el componente territorial y el perceptual ya que muchos elementos que influyen en la percepción son consecuencia de circunstancias culturales e históricas de las sociedades que pueden brindar un valor agregado a el paisaje convirtiéndolo en patrimonio; en la formación del paisaje, la cultura es el agente, el paisaje natural es el medio, y el paisaje

cultural el resultado. El paisaje ha sido considerado en ocasiones como un recurso de carácter ambiental (Daniel y Boster 1976; Delgado 2003; García Moruno 1998), y esto ha determinado su inclusión en los instrumentos de gestión y protección ambiental, debido a su componente territorial. En este sentido para la recuperación del paisaje se requiere un manejo activo que integre la percepción de la población ya que esta es determinante en la construcción de las culturas e identidades colectivas; estas estrategias incluyen verificar la eficacia de las medidas tomadas para la restauración, revegetación y acondicionamiento paisajístico para las zonas afectadas por las obras conforme a lo establecido en el Plan de Restauración incluido en el EsIA e implementar barreras ambientales para contrarrestar el impacto visual y sonoro que pueda ocasionar las actividades de la PCH.

Por último, se proponen estrategias para la recuperación de nacimientos y aumento de la oferta hídrica que incluyen un plan de prevención para sequías y cambio climático, la instalación de sistemas de tratamiento de aguas residuales a nivel local y comunitario, el mantenimiento de la cuenca y las quebradas, el proceso de socialización y sensibilización ambiental, la implementación de prácticas agroecológicas y la conformación de grupos de gestión ambiental comunitaria y guardabosques dado que esto mejoraría las condiciones actuales del río Risaralda

Las estrategias de manejo propuestas buscan mejorar las condiciones actuales del proyecto en cuanto al equilibrio ecosistémico del territorio y pueden servir como complemento para la actualización del plan de manejo que está realizando en la actualidad la PCH, sirviendo como guía para los futuros proyectos de este tipo que se realicen en el país, es muy importante tener en cuenta que en este momento existen 27 proyectos de hidroeléctricas en la fase de factibilidad según los registros de iniciativas presentados por la Upme y varios de ellos catalogados como PCH.

La importancia de esta tecnología radica en que al compararse con otras alternativas para la generación de energía eléctrica produce menos impactos ambientales ya que no genera emisiones de CO₂, no generan embalses por lo que no implican inundación de terrenos, poseen un uso no consuntivo del agua y suple la demanda de electricidad que cada vez es mayor, pero esto no significa que los impactos que las PCHs generan no sean considerables ya que sin un manejo adecuado o sin las medidas de prevención pertinentes se puede alterar de forma irreversible el ecosistema.

Desde el ejercicio del administrador ambiental no se debe asumir una postura de crítica, por el contrario, se debe entender la problemática ambiental de forma sistemática lo que implica en este caso considerar que tanto la oferta como la demanda de energía eléctrica requieren de acciones concretas y se deben poner como prioridad al ambiente y a las comunidades. Desde el estado se deben generar alternativas que vayan dirigidas a la disminución del uso y ahorro de energía eléctrica y no a la generación de proyectos que suplan la demanda, además las licencias ambientales deben ser cada vez más exigentes.

8 CONCLUSIONES

Colombia es uno de los países que más está incorporando proyectos hidroeléctricos para la seguridad energética del país ya que sus condiciones hídricas favorecen la implementación de esta tecnología y alrededor del 62% de la capacidad instalada de generación eléctrica es a partir de grandes y pequeñas centrales, en este sentido es importante procurar mantener el equilibrio ecosistémico y el bienestar social de las comunidades que se vean impactadas por estos proyectos.

Aunque en los últimos años las PCH no han tenido variaciones significativas en su diseño técnico, siguen siendo una tecnología eficiente y de bajo costo, que depende en su totalidad del recurso hídrico y de mayor investigación académica en micro generación ya que esto puede ser determinante para suplir las pequeñas demandas de energía eléctrica en las zonas alejadas de las grandes urbes y al encontrarse interconectadas a la red principal mejoran la regulación y suministro en temporadas de mayor demanda.

Desde un punto de vista ambiental las pequeñas centrales hidroeléctricas presentan menos impactos ambientales a comparación de otras tecnologías renovables, pero requieren en su fase de planeación estudios rigurosos y apropiados que comprueben la viabilidad del proyecto y se puedan evitar y/o disminuir efectos negativos en fases posteriores.

Se considera que, en la operación de las centrales hidroeléctricas, lo ideal es asegurar siempre el caudal ecológico y el cumplimiento de la normatividad ambiental, prácticas que deben ser controladas por las autoridades ambientales para garantizar el funcionamiento óptimo de la PCH y el equilibrio ecosistémico.

Se considera pertinente que en la fase de operación se realicen diagnósticos del territorio que muestren las condiciones actuales, debido a que este es cambiante en el tiempo en base a procesos culturales y socioeconómicos; esto ayudaría a identificar impactos que se estén presentando en la actualidad y prevenir impactos futuros. También se considera importante realizar nuevamente una evaluación de impacto ambiental en esta fase ya que así se pueden considerar impactos que no se tuvieron en cuenta en la fase anterior o dar mayor importancia a impactos ya identificados que presentaron un menor grado de intensidad o recurrencia.

Por lo anterior, los planes de manejo ambiental se convierten en la herramienta de planificación más importante en este sentido, porque es aquí donde se establecen las acciones que se requieren para prevenir o mitigar los impactos ambientales de las diferentes fases de un megaproyecto y no solo se pueden enfocar en la construcción, se deben empezar a dirigir las miradas hacia el futuro porque las condiciones ambientales nunca son las mismas y menos en este momento en el que cada vez los fenómenos naturales tienen mayor intensidad.

Los modelos de simulación para una evaluación de impacto ambiental se convierten en una herramienta útil que complementa este proceso, brindando esa visión a futuro al recrear diferentes escenarios y condiciones que ayudan a establecer de una mejor forma el manejo del ambiente y los recursos. En el caso de la generación hidroeléctrica permite realizar histogramas que representan el comportamiento de un río y este tipo de información puede ser determinante en la toma de decisiones y en la elaboración de los planes de manejo ambiental.

9 BIBLIOGRAFÍA

Ackoff, R. (2002). *El Paradigma de Ackoff. Una Administración Sistémica*. EDITORIAL LIMUSA S.A. México. Fecha de consulta 25 de febrero de 2018. (En Línea). Disponible en: <https://es.scribd.com/doc/168225225/Paradigma-de-Ackoff-pdf>

Alcaldía Municipal de Belén de Umbría. (2016). *Plan de Desarrollo 2012-2015 “Belén de Umbría de Todos y Para Todos”*. Fecha de consulta 1 de mayo de 2019.

Alcaldía Municipal de Belén de Umbría. (2016). *Plan de Desarrollo 2016-2019 “Juntos Somos Más”*. Fecha de consulta 1 de mayo de 2019. (En Línea). Recuperado de: http://www.belendeumbria.gov.co/archivos/8/files/PLAN_DE_DESARROLLO_2016_2019.pdf

Asociación Colombiana de Generadores de Energía Eléctrica, Acolgen. (2019). *Capacidad Instalada en Colombia*. Fecha de consulta 10 de abril de 2019. (En Línea). Disponible en: <https://www.acolgen.org.co/?highlightmarker=521>

Ángel, E., Carmona, S. & Villegas, L. (2010). *Gestión Ambiental en Proyectos de Desarrollo*. Fecha de consulta 22 de enero de 2018. (En Línea). Disponible en: http://www.grn.cl/wp-content/uploads/2016/01/Gestion-Ambiental-en-Proyectos-de-desarrollo-www.grn.cl_.pdf

Arboleda, J. (2008). *Manual para la elaboración de Impacto Ambiental de Proyectos, Obras o Actividades*. Medellín, Colombia. Fecha de consulta 19 de enero de 2018. (En Línea). Disponible en: http://www.kpesic.com/sites/default/files/Manual_EIA_Jorge%20Arboleda.pdf

Arias, R. & Ojeda, E. (2000). *Agua para el Siglo XXI para América del Sur. De la Visión a la Acción*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). Editorial Tiempo Nuevo. Fecha de consulta 12 de abril de 2019. (En Línea). Recuperado de: <https://www.cepal.org/samtac/noticias/documentosdetrabajo/5/23345/InCo00200.pdf>

Bourdieu, P. (1997). *Razones prácticas, sobre la teoría de la acción - Anagrama - Barcelona*. Fecha de consulta 15 de abril de 2019. (En Línea). Recuperado de: <http://epistemh.pbworks.com/f/9.+Bourdieu+Razones+Pr%C3%A1cticas.pdf>

Caicedo, L. (2013). *La Cuestión Umbra*. Riosucio, Colombia. Fecha de consulta 3 de octubre de 2019. (En Línea). Recuperado de: <http://jenzera.org/wordpress-content/uploads/2013/05/La-cuestion-umbria.pdf>

Camero, A. Enrici, M. Gobbi, N. Guimaraes, A. Harada, M. Moreira, P. Ribeiro, J. Rodríguez, A. (2008). *Análisis y evaluaciones de impactos ambientales*. Fecha de consulta 10 de abril de 2019. (En Línea). Recuperado de: http://mineralis.cetem.gov.br/bitstream/cetem/524/1/an%C3%A1lisis_evaluaciones_impactos_ambientales.pdf

CARDER (Corporación Autónoma Regional de Risaralda). (2004). *Diagnóstico de Riesgos Ambientales Municipio de Belén de Umbría Risaralda*. Fecha de consulta 30 de abril de 2019.

CARDER (Corporación Autónoma Regional de Risaralda). (2015). *Ecoturismo Risaralda un reto para crecer. Áreas protegidas*. Fecha de consulta 08 de agosto de 2019. (En Línea). Recuperado de: <http://www.carder.gov.co/index.php/web/es/ecoturismo-risaralda>

CARDER (Corporación Autónoma Regional de Risaralda). (2018). *Perfiles hidráulica Batimetrías Río Risaralda. Cálculo de caudales estación vereda Puente Umbría*. Fecha de consulta 01 de agosto de 2019.

Caro, L., Goyhenecha, C. & Moscoso, M. (2006). *Diagramas de Forrester. El diagrama característico de la dinámica de sistemas*. Universidad Tecnológica Metropolitana. Fecha de consulta 16 de febrero de 2018. (En Línea). Recuperado en: <http://teleinformaticos-utch.wikispaces.com/file/view/Diagramas%20de%20Forrester.pdf/231218432/Diagramas%20de%20Forrester.pdf>

Carrizosa, Julio. (2000). *¿Qué es el ambientalismo? La visión ambiental compleja*. Giro Editores Ltda. Bogotá. Fecha de consulta 6 de abril de 2019.

Castaño, G. (2019). Comunicación personal.

CENICAFE (Centro Nacional de Investigaciones del Café). (2017). *Anuario meteorológico cafetero 2017*. Fecha de consulta 28 de julio de 2019. (En Línea). Recuperado de: <https://agroclima.cenicafe.org/web/guest/publicaciones>

CENICAFE. (Centro Nacional de Investigaciones del Café). (2018). Agroclima. Registros históricos estaciones climáticas convencionales. 2614039-Ospirma-Risaralda-Guática. Fecha de consulta 28 de julio de 2019. (En Línea). Recuperado de:

<https://agroclima.cenicafe.org/web/guest/registros-historicos>

Comfamiliar. (2017). *Belén de Umbría. Reseña Histórica*. Fecha de consulta 2 de octubre de 2019. (En Línea). Recuperado de: <https://culturaybibliotecas.comfamiliar.com/belen-de-umbria/>

Consortio Ordenamiento Cuenca Río Risaralda. (2017). *Formulación Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca del Río Risaralda*. MINAMBIENTE. Fecha de consulta 6 de mayo de 2019. (En Línea). Recuperado de: <http://siae.carder.gov.co/planificacion-y-ordenamiento-territorial>

CORPOCALDAS (Corporación Autónoma Regional de Caldas) (2015). *Actualización del estudio de impacto ambiental, contrato de concesión minera*. Fecha de consulta 15 de Julio de 2019. Recuperado de:
http://www.corpocaldas.gov.co/images/noticias/re/2016/8_3%20Anexo%20CD%20oficio%202015-Ei-00001141%20EIA%20complementado%202015.pdf

Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas (DANE). *Estadísticas por tema. Demografía y población. Proyecciones de Población Municipales por Área. 2005*. Fecha de consulta 15 de agosto de 2019.

Departamento Nacional de Planeación. (2014). *Plan Nacional de Desarrollo. (2014-2018)*. Bogotá, Colombia. Fecha de consulta 09 de enero de 2018. (En Línea). Recuperado de: <https://www.minagricultura.gov.co/planeacion-control-gestion/Gestin/Plan%20de%20Acci%C3%B3n/PLAN%20NACIONAL%20DE%20DESARROLLO%202014%20-%202018%20TODOS%20POR%20UN%20NUEVO%20PAIS.pdf>

Escobar, A. (2019). Comunicación Personal.

Espinoza, G. (2001). *Fundamentos de Evaluación de Impacto Ambiental*. Banco Interamericano de Desarrollo. Santiago, Chile. Fecha de consulta 19 de enero de 2018. (En Línea). Recuperado de: <http://unicesar.ambientalex.info/infoCT/fundamentos.pdf>

Espinoza, G. (2002). *Gestión y Fundamentos de Evaluación de Impacto Ambiental*. Banco Interamericano de Desarrollo. Santiago, Chile. Fecha de consulta 15 de marzo de 2019.

Espinoza, G. (2002). *Gestión y Fundamentos de Evaluación de Impacto Ambiental*. Banco Interamericano de Desarrollo. Santiago, Chile. Fecha de consulta 19 de enero de 2018. (En Línea). Recuperado de: <http://www.ced.cl/ced/wp-content/uploads/2009/03/gestion-y-fundamentos-de-eia.pdf>

García, D. (2008). La regulación de los caudales y su efecto en la biodiversidad. Universidad Politécnica de Madrid. Expo Zaragoza. Fecha de consulta 20 de septiembre de 2019. (En Línea). Recuperado de: https://www.zaragoza.es/contenidos/medioambiente/cajaAzul/6B-S2-P1_Diego%20G%20JalonACC.pdf

García, K. (2016). *Diseño de una metodología de evaluación de impacto ambiental en centrales hidroeléctricas en Colombia caso de estudio proyecto el Quimbo*. Universidad católica de Colombia. Facultad de ingeniería. Fecha de consulta 26 de diciembre de 2017.

García, L. (2004). *Aplicación del análisis multicriterio en la evaluación de impactos ambientales*. Programa de doctorado de ingeniería ambiental. Universidad politécnica de Cataluña. Barcelona. Fecha de consulta 03 de abril de 2019.

Gobernación de Risaralda. (1985). *Atlas de Risaralda*. Fecha de consulta 2 de octubre de 2019.

Hurtado, J. (1998). *Metodología de la Investigación Holística*. Fundación Sypal. Segunda edición. Caracas, Venezuela. Fecha de consulta 30 de abril de 2019. (En línea). Recuperado de <https://blog.reyqui.com/descargas-pdf/metodologia-de-la-investigacion-holistica-de-jacqueline-hurtado-de-barrera-pdf/>

IDEAM (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales). (2010). *Atlas climatológico de Colombia 1981-2010. Atlas interactivo*. Fecha de consulta 03 de agosto de 2019. (En Línea). Recuperado de: <http://atlas.ideam.gov.co/visorAtlasClimatologico.html>

IDEAM (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales). (2019). *Catálogo Nacional de Estaciones del IDEAM*. Fecha de consulta 17 de septiembre de 2019. (En Línea). Recuperado de: <https://www.datos.gov.co/widgets/hp9r-jxuu>

IDEAM, PNUD, MADS, DNP, CANCELLERÍA. (2015). *Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (GEI) de Colombia*. Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático. Bogotá, Colombia. Fecha de consulta 21 de marzo de 2019. (En Línea). Recuperado de: http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023421/cartilla_INGEI.pdf

Ivars, J. (2013). *¿Recursos Naturales o Bienes Comunes Naturales? Algunas Reflexiones*. Centro de Estudios Interdisciplinarios en Etnolingüística y Antropología. Fecha de consulta 15 de abril de 2019.

Leff, Enrique. (2004). *Racionalidad Ambiental. La Reapropiación Social de la Naturaleza*. Siglo XXI Editores. (1ra Edición). Fecha de consulta 5 de abril de 2019.

Martínez, R. (2010). *Propuesta metodológica para la evaluación de impacto ambiental en Colombia*. Fecha de consulta 12 de abril de 2019.

Martínez, L. (2012). *Apuntes para pensar el territorio desde una dimensión social*. (FLACSO). Quito, Ecuador. Fecha de consulta 07 de abril de 2019.

Maya, A. (2013). *El Reto de la Vida. Una introducción al estudio del medio ambiente*. 2 ed. Bogotá: Ecofondo. 137 p. 34. Fecha de consulta 5 de abril de 2019.

Minguez, Z. (2015). El concepto de paisaje y sus elementos constituyentes: requisitos para la adecuada gestión del recurso y adaptación de los instrumentos legales en España. Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía, 24(1), undefined-undefined. Fecha de consulta 20 de septiembre de 2019. Recuperado de:
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=2818/281832840003>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2015). *Decreto único reglamentario del sector ambiente y desarrollo sostenible. Decreto 1076 de 2015*. Fecha de consulta 12 de abril de 2019.

Ministerio de Minas y Energía (1997). *Guía de Diseño para las Pequeñas Centrales Hidroeléctricas*. Bogotá. Fecha de Consulta 16 de enero de 2018. (En Línea). Recuperado de:
http://www.si3ea.gov.co/si3ea/documentos/documentacion/energias_alternativas/potencialidades/GUIA%20DE%20DISENO%20PARA%20PEQUENAS%20CENTRALES.pdf

Miranda, C. (2019). Comunicación personal.

Montes, S. (19 de febrero de 2019). *Las plantas hidroeléctricas representan 68% de la oferta energética en Colombia*. Visible body: La República. Fecha de consulta 2 de noviembre de 2019. (En Línea). Recuperado de: <https://www.larepublica.co/especiales/efecto-hidroituango/las-plantas-hidroelectricas-representan-68-de-la-oferta-energetica-en-colombia-2829562>

Moscoso, L & Montealegre, T. (2013). *Impactos en la flora terrestre por la implementación de pequeñas centrales hidroeléctricas en Alejandría, Antioquia*. Fecha de consulta 15 de agosto de 2019.

Naciones Unidas. (1993). *Informe de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano*. Nueva York. Fecha de consulta 5 de abril de 2019. (En Línea). Recuperado de:
<https://www.dipublico.org/conferencias/mediohumano/A-CONF.48-14-REV.1.pdf>

Navarro, A. (2014). *Estudio de impacto ambiental PCH Morro Azul*. CARDER. Pereira, Risaralda. Fecha de consulta 13 de abril de 2019.

Palafox, E. (2008). *Propuesta de un modelo de simulación de impacto y vulnerabilidad ambiental en la cuenca del río valles*. Universidad autónoma de San Luis Potosí. Facultad de ciencias químicas, ingeniería y medicina. Fecha de consulta 07 de enero de 2018.

Parra, J. (1981). *Simulación. Revista Colombiana de Estadística. N 3*. Universidad Nacional. Fecha de consulta 14 de abril de 2019. (En Línea). Recuperado de: <http://bdigital.unal.edu.co/15202/1/9799-17373-1-PB.pdf>

Ramos, A, (s.f). *Simulación. Escuela Técnica Superior de Ingeniería. Departamento de Organización Industrial. Universidad Pontificia*. Fecha de consulta 12 de abril de 2019. (En Línea). Recuperado de: https://www.iit.comillas.edu/aramos/simio/transpa/t_sim_ar.pdf

Ramos, M., Vargas, Y., Barrios, A. & Cifuentes, O. (2016). *Modelo conceptual de turismo sostenible para el corregimiento de San Basilio de Palenque departamento de Bolívar Colombia*. Fecha de consulta 10 de abril de 2019.

RCN Radio. (29 de agosto de 2017). *La Carder suspendió licencia a hidroeléctrica Morro Azul por daño ambiental*. Visible body: RCN Radio. Fecha de consulta 2 de noviembre de 2019. (En Línea). Recuperado de: <https://www.rcnradio.com/colombia/eje-cafetero/la-carder-suspendio-licencia-hidroelectrica-morro-azul-dano-ambiental>

Red Colombiana de Formación Ambiental, (RCFA). (2007). *Las Ciencias Ambientales: Una Nueva Área del Conocimiento*. Digiprint Editores. (1ra Edición). Bogotá, Colombia. Fecha de consulta 7 de mayo de 2019. (En Línea). Recuperado de: <http://media.utp.edu.co/centro-gestion-ambiental/archivos/mod-i-basicos-ambientales/lascienciasambientalesunanuevaareadeconocimiento.pdf>

Red Hydroclimatológica del Departamento de Risaralda (2018). Estación Hydroclimatológica el Diamante. Fecha de consulta 20 de agosto de 2019. (En Línea). Recuperado de: <http://redhidro.org/home/>

Rendón, G. (2011). *La Lengua Umbra. Descubrimiento – Ednolingüística – Arqueolingüística*. Editorial Zapata. Fecha de consulta 3 de octubre de 2019. (En Línea). Recuperado de: <https://es.calameo.com/read/00094832836bf897947ef>

Reyes Trujillo, A., Ulises Barroso, F., & Carvajal Escobar, Y. (2010). *Guía Básica para la Caracterización Morfométrica de Cuencas Hidrográficas*. Cali: Universidad del Valle. Fecha de Consulta 15 de septiembre de 2019.

Riaño F., Benítez C., Camacho J., Jaramillo A., Bedoya J. & Jaramillo E. (2019). *Comunicación Personal*.

Rico, Guillermo. (2018). *Hidroeléctricas en Colombia: entre el impacto ambiental y el desarrollo. Mongabay*. Fecha de consulta 24 de marzo de 2019. (En Línea). Recuperado de: <http://normasapa.com/como-citar-referenciar-paginas-web-con-normas-apa/>

Sampieri, R. (2014). *Metodología de la Investigación*. INTERAMERICANA EDITORES, S.A. México D.F. Fecha de consulta 16 de febrero de 2018.

Sánchez, E. (1995). *Licencias Ambientales. Evaluación de Impacto Ambiental: Instrumento de Planificación. Ministerio del Medio Ambiente*. Editorial Tercer Mundo S.A. Bogotá, Colombia. Fecha de consulta 10 de enero de 2018. (En Línea). Recuperado de: <http://biblovirtual.minambiente.gov.co:3000/DOCS/MEMORIA/MMA-0013/MMA-0013.pdf>

Sánchez, N. (2008). *Simulación y predicción de escenarios en sistemas ecológicos, de impacto ambiental y clima*. Fecha de consulta 05 de enero de 2018. (En línea). Recuperado de: <http://www.izt.uam.mx/newpage/contactos/anterior/n67ne/simulacion.pdf>

Sánchez San Ramón, F.J. (2017). *Hidrología superficial y subterránea*. Hidrología superficial III. Departamento Geología. Universidad Salamanca (España). Pág. 414. Fecha de consulta 01 de septiembre de 2019.

Shannon R.E., (1988). *“Simulación de Sistemas. Diseño, desarrollo e implementación”*. Trillas, México. Fecha de consulta 13 de abril de 2019.

SIETE (Sistema de Información y Estadística Territorial). (2013). *Plan Básico de Ordenamiento Territorial 2000 (POT)*. Risaralda, Colombia. Fecha de Consulta 29 de abril de 2019. (En Línea). Recuperado de: <http://siete.risaralda.gov.co/sitio/index.php/component/jdownloads/download/4-belen/12-pot-belen-de-umbria>

Tarifa, E. (s.f). *Teoría de Modelos y Simulación*. Universidad Nacional de Jujuy. Fecha de consulta 16 de febrero de 2018. (En Línea). Recuperado de: http://www.econ.unicen.edu.ar/attachments/1051_TecnicasIISimulacion.pdf

UPME (2016). *Plan de Expansión de Referencia, Generación-Transmisión 2016-2030*. Ministerio de Minas y Energía. Fecha de consulta 25 de febrero de 2018. (En Línea). Recuperado de: http://www.upme.gov.co/Docs/Plan_Expansion/2016/Plan_GT_2016_2030/Plan_GT_2016_2030_Final_V1_12-12-2016.pdf

Velázquez, M. (2012). *¿Cómo entender el territorio?* Editorial Cara Parens. Guatemala. Fecha de consulta 04 de abril de 2019.

Vera, F. (2018). *Elementos Generales para la Discusión Sobre las Ciencias Ambientales: Objeto y Clasificación*. Universidad Tecnológica de Pereira. Fecha de Consulta 7 de mayo de 2019. (En Línea) Recuperado de:
<http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/8645/3337071V473.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Zubelzu M., Álvarez S. & A., Sergio, & Allende Álvarez, Fernando (2015). El concepto de paisaje y sus elementos constituyentes: requisitos para la adecuada gestión del recurso y adaptación de los instrumentos legales en España. Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía, 24(1), undefined-undefined. Fecha de Consulta 9 de octubre de 2019. ISSN: 0121-215X. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=2818/281832840003>

10 ANEXOS

10.1 Entrevistas

10.1.1 Entrevista fase de operación de una PCH

Justificación

Las entrevistas se realizaron para describir la fase de operación de la PCH Morro Azul, con el objetivo de obtener información relevante y acertada mediante la opinión de expertos en el tema que permitiera a los investigadores conocer cómo opera una PCH a filo de agua. Es entonces que los actores educativos son de gran importancia para la construcción de dicha descripción, ya que estos tienen pleno conocimiento del tema y tienen la capacidad de orientar a los investigadores.

Objetivo

Obtener información primaria relevante para describir la fase de operación de la PCH Morro Azul.

Entrevista #: 1

Fecha: 24 de septiembre de 2019

Lugar: Cubículo de profesores facultad de eléctrica

Interlocutor (Entrevistado): Antonio Escobar (Ingeniero eléctrico)

Tipo de Agente: Actor Educativo

Hora: 2:00 p.m.

Intensidad: 2 horas.

Modalidad de Entrevista: Entrevista Semiestructurada

Por (Quien realiza la entrevista): Derly Bibiana Acevedo y Dayana Andrea Arroyave

Observaciones:

Preguntas

1. ¿Cómo es la fase de operación de una PCH?

R/ Bueno primero que todo hay que saber si en el río donde se colocó la PCH si se podía colocar. La página de EXSEN es la que maneja el mercado eléctrico colombiano, esta tiene un portal bi con información inteligente, cuando uno pica allí aparece un enlace de hidrología con toda la información diaria de los grandes ríos de Colombia, caudal de los embalses, de la generación hidráulica, térmica etc. En hidrología aparecen históricos de hidrología, pero de los ríos que alimentan las grandes centrales.

Esta información hidrológica para nosotros es muy importante porque esto caracteriza el proyecto hidroeléctrico, esta es la olla digital, les voy a mostrar varios ríos a ver ustedes que concluyen; por ejemplo este es el río que alimenta la central de Alto en Chicaya esta mes por mes durante todos los años hasta el 1999, el Calima que tiene información desde 1945, río Prada, río San Francisco; en estos ríos se observa los cambios de caudal a lo largo del tiempo, esto es como una fotografía de la personalidad del río, entonces uno que busca cuando hace un aprovechamiento hidroeléctrico un río que tenga un comportamiento muy estable o muy predecible. Hay ríos que no tienen estabilidad y para un aprovechamiento hidroeléctrico es fatal, ya que tiene varias cosas desafortunadas. Primero que el comportamiento no se replique si no más bien el comportamiento cambia teniendo picos en donde el caudal incrementa mucho como en algunos el caudal disminuye a caudales próximos a 0, eso no es bueno eso es perverso yo no hubiera hecho una central en ese río, porque el río lo que muestra en los peores momentos es lo que se llama energía asegurada o caudal asegurado y este río no tiene energía asegurada, por ejemplo a mí no me pueden exigir en este río un caudal ecológico, de donde si en la época de sequía el río está seco, de donde va a sacar el propietario de la central agua.

Entonces este gráfico se llama el histograma y por ahí se empieza el análisis, el río ideal es cuando este tiene un caudal medio muy alto que oscila de manera muy regular.

Para el caso de Morro Azul el histograma es bueno para comprender la central. Bueno en el gráfico nosotros notamos que hay una cierta regularidad del río, se observa en la gráfica que el río tiene caudales de 23 m³/s y si la concesión es de 16 m³/s alcanzaría para garantizar el caudal ecológico y alimentar la central.

2. ¿Una central siempre garantiza el caudal ecológico?

R/ Bueno pues las centrales siempre tienen que garantizar el caudal ecológico, pero hay veces que toman toda el agua del río, por ejemplo, Amoya coge todo el río y lo frena ahí frente a la central. Esta hidrología tiene un problema que cuando haya agua toman el agua y cuando no haya tratar de tomar lo que haya, hay instantes en donde el caudal es casi 0, cabe resaltar que al trabajar con este sistema el caudal ecológico no se ve tan afectado por que el agua nunca se detiene siempre esta pasando y no generar grandes almacenamientos, son embalses relativamente pequeños, entonces uno casi no interviene el río, ya que el agua pasa a través de las turbinas o el vertedero entonces el concepto de caudal ecológico no existe ya que el río siempre sigue su cauce con o sin generación de energía hidroeléctrica. Esta central no tiene embalse ya que el concepto de embalse es otro, el

embalse es cuando usted hace una obra civil que es capaz de almacenar toda el agua del río durante dos o tres meses a veces dejando el río seco.

En cuanto al recorrido del túnel de conducción este se encuentra ubicado así porque la central está colocada sobre una cordillera entonces la energía eléctrica se puede generar tanto por caudal como por la diferencia de altura y en esta como el caudal del río es relativamente pequeño ya que hasta 70 m³/s se sigue considerando pequeño. En esta central se combina la altura y el caudal para generar, por que únicamente con el caudal del río no es mucho lo que pueda generar entonces lo que ellos hacen es que construyen la casa de máquinas muchos metros hacia abajo llevando el agua a través de una tubería de presión, atraviesan la montaña hasta llegar a un lugar que este muchos metros hacia abajo esto para aprovechar la cordillera sobre la que están, Amoya es un proyecto muy parecido a Morro Azul.

3. ¿Usted como ingeniero eléctrico nos podría decir desde la parte ingenieril cómo funciona la PCH?

R/ Bueno entonces lo que ocurre aquí es lo siguiente hay una bocatoma que es donde se capta el agua que va ser utilizada para turbinar, más abajo hay una presa que genera un pequeño embalse pero no almacena grandes cantidades de agua, este lo que hace es aquietar el agua y tiene el propósito de hacer que los sedimentos que vienen del río se decanten y que baje por la tubería de presión un agua maso menos limpia para que llegue a la turbina un agua que no lleve mucha arena e impurezas porque esto daña la turbina, entonces lo que se hace es poner desarenadores y hay veces que también se colocan rejillas.

El agua que es captada se conduce a la casa de máquinas a través de un conducto a presión que puede ser enterrado o a la vista por medio de canaletas, luego de pasar por este conducto el agua llega a la casa de máquinas las centrales a filo de agua casi siempre trabajan con turbinas Francis que lo que hacen es generar energía cinética que es la que nosotros aprovechamos, luego el agua es vertida al río a través de un canal de escape.

4. ¿Para qué sirve el vertedero?

El vertedero se construye como una barrera para aquietar el agua que permita que los sedimentos se decanten y también permite que el agua siga su curso a través del río, también con respecto a las crecientes la infraestructura se construye para soportar caudales por ejemplo de 300m³/s cuando en realidad gran parte del tiempo van a llegar 30 m³/s es entonces que se construye así para que en el momento que hayan altas precipitaciones el río no vaya a destruir la central, por esto también es que no es conveniente que hayan picos y que el río se comporte estable ya que el río siempre marca la tendencia.

5. ¿Para qué sirve la almenara?

R/ La almenara o chimenea de equilibrio se encuentra conectada con el túnel de conducción, esta se utiliza como dispositivo de protección que evita la sobrepresión en la tubería que se da por el golpe que ejerce el agua cuando se tiene que cerrar la tubería por alguna contingencia, es entonces que esta actúa como un dispositivo de alivio que ayuda a disipar el efecto producido por el golpe

que ejerce el agua generando que el agua rebote y suba por la almenara y desaparezca la presión dentro de la tubería.

10.1.2 Entrevistas caracterización del área de influencia directa

Justificación

Las entrevistas se realizaron para caracterizar el área de influencia directa de la PCH Morro Azul, con el objetivo de obtener información relevante y acertada en campo de las dimensiones analíticas presentes en el área de estudio tales como: dimensión física, biótica, económica, cultural, social, política y espacial desde la mirada de la comunidad inmersa en el territorio. Es entonces que los actores comunitarios son de gran importancia para la construcción de dicha caracterización, ya que ellos son las personas que constantemente ven los cambios que se generan en el territorio.

Objetivo

Obtener información primaria relevante para caracterizar la zona de estudio.

Entrevista #: 1

Fecha: 01 de septiembre de 2019

Lugar: Belén de Umbría

Interlocutor (Entrevistado): Fernando Riaño (Presidente de la Junta de Acción Comunal de la Vereda Columbia)

Tipo de Agente: Actor Comunitario

Hora: 11:00 a.m.

Intensidad: 18 minutos

Modalidad de Entrevista: Entrevista Semiestructurada

Por (Quien realiza la entrevista): Derly Bibiana Acevedo y Dayana Andrea Arroyave

Observaciones:

Preguntas

1. ¿Cuántos nacimientos hay en la vereda?

R/ Nacimientos de la mera vereda, en estos momentos ella tiene 2 que son de la vereda, pero pues el resto lo tienen en fincas.

2. ¿Sabe usted que ecosistemas hay en la vereda aparte de bosque y pastos?

R/ Hay pastos, bosque, rastrojo y hay potreros, en mayor cantidad se encuentran potreros para ganadería.

3. ¿Conoce usted cual es la vegetación que protege los nacimientos?

R/ Eh en los nacimientos hay guadua, quiebra barriga, platanillo.

4. ¿Sabe usted que vegetación hay presente en la vereda?

R/ Vegetación hay como por ejemplo café, guamo que ya son árboles, nogales, matarratón.

5. ¿Sabe usted que animales acuáticos hay en las fuentes de agua que hay en la vereda o en las fuentes aledañas?

R/ En el agua hay peces como sabaletas, corronchos, pero en poca cantidad.

6. ¿Qué animales de tierra hay en la vereda (reptiles, mamíferos)?

R/ Hay armadillos, osos hormigueros, ardillas, guatín, conejos y también animales domésticos más que todo perros.

7. ¿Qué animales aéreos hay en la vereda?

R/ Hay garzas, gallinazos, gavilanes, búhos, murciélagos.

8. ¿Cuál es la abundancia de las especies (pocas, muchas) de animales y plantas?

R/ Pues de plantas lo que más se ve es el café y plátano es lo que más abunda y que no sea cultivo guamo, nogal y guadua, en cuanto a animales acuáticos se ve más la sabaletica, aéreos el que más se ve es la golondrina y pues ya terrestres se ven muchos perros.

9. ¿En qué actividades económicas trabajan los habitantes de la vereda?

R/ La población se desempeña es en el agro.

10. ¿Qué usos del suelo hay en la vereda?

R/ Hay bosque, rastrojo, cultivos y pastos para ganadería.

11. ¿Cuáles cultivos hay en la vereda?

R/ Hay cultivos de café, plátano, maíz, frijol, aguacate, lulo, tomate, hay más que todo cultivos de café porque es el que se comercializa en mayor cantidad los demás cultivos son cultivados en menor cantidad, pero también se comercializan y también se utilizan para el consumo.

12. ¿Qué otras fuentes de ingreso tienen los habitantes (tiendas, supermercados)?

R/ Autoservicio JM y ahí unas 3 o 4 tienditas más.

13. ¿En qué material están construidas las viviendas?

R/ Pues por acá están construidas en guadua, bareque y adobe, maso menos en general en el caserío son 50% en material y el resto en bareque.

14. ¿Sabe usted cuantos habitantes tiene la vereda?

R/ Tiene un promedio maso menos de 1500 personas.

15. ¿Cuántas viviendas hay en la vereda y cuantos habitantes tiene cada vivienda?

R/ Tiene un aproximado de 350 viviendas, en cuanto a los habitantes por vivienda eso varia maso menos entre 3, 4 o 5 personas en cada vivienda.

16. ¿Distribución de edades de la población de la vereda?

R/ Pues es como el cuento hay de todo un poquito.

17. ¿A cuáles Instituciones asisten los niños a clases?

R/ Hay una escuela y un colegio, y si no ya se van a estudiar a los colegios de Belén o si no ya jornadas disque sabatinas.

18. ¿Sabe usted si hay guarderías en la vereda?

R/ Si, acá hay una guardería.

19. ¿Qué tipo de salud tiene la población de la vereda subsidiado o contributivo (pagan salud)?

R/ La mayoría es subsidiado, pero también hay gente que tiene contributivo pero la mayoría es subsidiada.

20. ¿Qué hospital atiende a los habitantes de la vereda?

R/ Vamos al de Belén a San José y allá la atención es muy buena.

21. ¿En la vereda hacen jornadas de salud? ¿Cada cuánto y quien las realiza?

R/ Acá en Columbia hacen jornadas de salud y las realiza el hospital de Belén, las hacen un día en el mes, pero no tienen una fecha establecida.

22. ¿En la vereda hay STARD?

R/ Si todas las viviendas tienen sistema de tratamiento el servicio lo presta empresas públicas del municipio.

23. ¿Cuántas casas tienen pozo séptico?

R/ Pues creo que 4 casas.

24. En la vereda hay servicio de televisión, internet, teléfono.

R/ Si para algunas viviendas está claro, movistar.

25. ¿Qué hacen con las basuras que generan en las viviendas?

R/ Pues se recolectan para entregar el carro que pasa cada mes, ese carro es de las empresas públicas.

26. ¿Las viviendas tienen servicio de energía, quien presta el servicio?

R/ Si todas las viviendas tienen energía de las empresas públicas del municipio.

27. ¿Cuál es la cobertura y calidad del servicio?

R/ Pues hasta donde yo sé el servicio es bueno.

28. ¿Qué empresa abastece el servicio de agua?

R/ Las empresas públicas del municipio abastecen a el caserío mediante el acueducto que hay en Columbia, del nacimiento que hay en el caserío se benefician 4 viviendas maso menos de resto todo es del acueducto comunitario.

29. ¿Hay acueductos comunitarios? ¿Cuántos?

R/ Pues como le dije hay uno que es de las empresas del municipio.

30. ¿Cuáles medios de transporte tiene la vereda?

R/ A el caserío se puede uno transportar en jeep y en moto, el recorrido pasa todos los días y sube constantemente.

31. ¿Hay organizaciones comunitarias?

R/ Solo la junta de acción comunal.

32. ¿Sabe si hay instituciones o asociaciones que hagan presencia en la vereda?

R/ Si como por ejemplo una que se llama disque Cuchilla de San Juan.

Entrevista #: 2

Fecha: 09 de agosto de 2019

Lugar: Caserío Columbia, Belén de Umbría

Interlocutor (Entrevistado): Carlos Benítez (Habitante del Caserío Columbia)

Tipo de Agente: Actor Social.

Hora: 9:40 a.m.

Intensidad: 10 minutos

Modalidad de Entrevista: Entrevista Semiestructurada

Por (Quien realiza la entrevista): Derly Bibiana Acevedo y Dayana Andrea Arroyave

Observaciones:

Preguntas

1. ¿Sabe usted que ecosistemas hay en la vereda aparte de bosque y pastos?

R/ Acá en este sector hay muy poquito bosque pues ya lo que hay mesclado de árboles no propiamente monte solo si no ya revuelto así con cultivos maso menos el 2% del territorio seria bosque, hay buena guadua maso menos podría ser el 6% y hay pastos, pero más que todo es café y plátano lo que abunda.

2. ¿Sabe usted que animales acuáticos hay en las fuentes de agua que hay en la vereda o en las fuentes aledañas?

R/ En el agua hay peces como sabaletas.

3. ¿Qué animales de tierra hay en la vereda (reptiles, mamíferos)?

R/ Hay perros, caballos, gurrees, zarigüeyas, zorros, lobos.

4. ¿Qué animales aéreos hay en la vereda?

R/ Hay gallinas, mirla tierrera, turpial, tortolitas.

5. ¿En qué actividades económicas trabajan los habitantes de la vereda?

R/ Acá lo que prima es la agricultura.

6. ¿Qué otras fuentes de ingreso tienen los habitantes (tiendas, supermercados)?

R/ Hay un supermercado y hay unas 3 tienditas, pero pequeñas.

7. ¿En qué material están construidas las viviendas?

R/ La mayoría de las casas están construidas en bareque y muy pocas en material.

8. ¿A cuáles Instituciones asisten los niños a clases?

R/ Hay una escuela para primaria y un colegio para bachillerado ambos son las sedes de Juan Hurtado.

9. ¿Qué tipo de salud tiene la población de la vereda subsidiado o contributivo (pagan salud)?

R/ La mayoría es subsidiado pues Sisbén.

10. ¿Qué hospital atiende a los habitantes de la vereda?

R/ Acá no hay hospital nos atienden es en Belén.

11. ¿En la vereda hacen jornadas de salud? ¿Cada cuánto y quien las realiza?

R/ De vez en cuando vienen a hacer jornadas de salud mandados por el hospital de Belén.

12. ¿En la vereda hay STARD?

R/ Pues la gran mayoría tienen sistema de tratamiento por parte de las empresas públicas, pero hay algunas casas que tienen pozo séptico.

13. ¿Cuántas casas tienen pozo séptico?

R/ Maso menos hay unos 5 o 6.

14. En la vereda hay servicio de televisión, internet, teléfono.

R/ Pues aquí no hay nada de eso, pero si hay empresas que lo prestan esta movistar y claro.

15. ¿Qué hacen con las basuras que generan en las viviendas?

R/ Pues se recolectan para entregar al carro que pasa cada mes o mes y medio y es de la empresa municipal, pues lo orgánico se les echa a los cultivos y ya lo demás si se guarda.

16. ¿Las viviendas tienen servicio de energía, quien presta el servicio?

R/ Si todas las viviendas tienen energía.

17. ¿Cuál es la cobertura y calidad del servicio?

R/ Pues eso no deja de molestar de vez en cuando pero igual vuelven y la arreglan ligero.

18. ¿Qué empresa abastece el servicio de agua?

R/ El servicio de agua lo presta EPM para todo el caserío mediante el acueducto comunitario que hay.

Entrevista #: 3

Fecha: 01 de septiembre de 2019

Lugar: Belén de Umbría

Interlocutor (Entrevistado): José Luis Camacho (Presidente de la Junta de Acción Comunal de la Vereda El Diamante)

Tipo de Agente: Actor Comunitario

Hora: 10:00 a.m.

Intensidad: 16 minutos.

Modalidad de Entrevista: Entrevista Semiestructurada

Por (Quien realiza la entrevista): Derly Bibiana Acevedo y Dayana Andrea Arroyave

Observaciones:

Preguntas

1. ¿Cuántos nacimientos hay en la vereda?

R/ Que me acuerde la vereda tiene como unos 3 o 4 nada más, pero pequeños por que los otros se secaron después de que empezaron con la presa.

2. ¿Sabe usted que ecosistemas hay en la vereda aparte de bosque y pastos?

R/ No, solo hay esos no hay más, a y también hay mucho cultivo.

3. ¿Conoce usted cual es la vegetación que protege los nacimientos?

R/ Que le digo yo pues que yo me acuerde guaduales, arboles.

4. ¿Sabe usted que vegetación hay presente en la vereda?

R/ pues que le digo yo hay mucho platanillo, matarratón, hay un palo que le dicen el lechudo y otros le decimos disque el caucho es un árbol lechudo, la verdad en el momento no me acuerdo de más, pero si hay mucha vegetación en la vereda.

5. ¿Sabe usted que animales acuáticos hay en las fuentes de agua que hay en la vereda o en las fuentes aledañas?

R/ En el agua no pues por ahí no porque son nacimientos pequeños, que yo vea ahí como unos pescaditos ahí y son como cafecitos, pero no me acuerdo del nombre, también he visto cangrejos, yo he visto otricos pero no me acuerdo del nombre en el momento.

6. ¿Qué animales de tierra hay en la vereda (reptiles, mamíferos)?

R/ Perros, zorros, osos hay como un berraco, también hay guatines, hay mucho conejo, culebras todas las que quiera, que otro animal le digo hay iguanas, ardillas.

7. ¿Qué animales aéreos hay en la vereda?

R/ Aéreos hay mucha lora de esa maicera, cotorra, búhos, lechuzas, azulejos, tórtolas, pericos y hay muchas más, pero no recuerdo en el momento más.

8. ¿Cuál es la abundancia de las especies (pocas, muchas) de animales y plantas?

R/ Pues de las que vuelan la lora es la que más abunda, de terrestre el guatín y de vegetación es el plátano y el café y que no sea cultivo abunda mucha grama, pastos y ahí muchos más, pero no me acuerdo en el momento.

9. ¿En qué actividades económicas trabajan los habitantes de la vereda?

R/ Pues que yo sepa la mayoría trabajamos en agricultura no más.

10. ¿Qué usos del suelo hay en la vereda?

R/ Hay cultivos en gran cantidad, hay poco bosque, hay pocos pastos y rastrojo muy poquito.

11. ¿Cuáles cultivos hay en la vereda?

R/ Hay cultivos de café, plátano, maíz, frijol, yuca, aguacate, guanábana, hay más que todo cultivos de café porque es el que se comercializa y en muchas casas hay de los demás cultivos, pero solo es para el consumo porque para eso el comercio es muy poco por que como que no lo saca el comercio.

12. ¿Qué otras fuentes de ingreso tienen los habitantes (tiendas, supermercados)?

R/ No, no hay nada.

13. ¿En qué material están construidas las viviendas?

R/ Pues la gran mayoría están construidas en bareque, pero también hay casas de material, pero muy pocas.

14. ¿Sabe usted cuantos habitantes tiene la vereda?

R/ Maso menos hay 168 personas en total.

15. ¿Cuántas viviendas hay en la vereda y cuantos habitantes tiene cada vivienda?

R/ Maso menos son 56 viviendas y en cada vivienda póngale por ahí de a 3 personas.

16. ¿Distribución de edades de la población de la vereda?

R/ Hay más cantidad de adultos normales.

17. ¿A cuáles Instituciones asisten los niños a clases?

R/ Pues en la vereda solo está la escuela el Diamante, pero solo es para primaria, ya si es bachillerato se van a estudiar a el colegio de Columbia y para ir el municipio les manda un jeep para que los transporte.

18. ¿Sabe usted si hay guarderías en la vereda?

R/ No

19. ¿Qué tipo de salud tiene la población de la vereda subsidiado o contributivo (pagan salud)?

R/ Pues todos tenemos subsidiado.

20. ¿Qué hospital atiende a los habitantes de la vereda?

R/ Hay que ir hasta Belén

21. ¿En la vereda hacen jornadas de salud? ¿Cada cuánto y quien las realiza?

R/ En Columbia hacen jornadas, pero acá es muy pocas las que hacen eso es de vez en cuando.

22. ¿En la vereda hay STARD?

R/ No, las viviendas de la vereda dejan escurrir las aguas negras y van a dar a los caños o al suelo, pero si hay algunas casas que tienen pozo séptico.

23. ¿Cuántas casas tienen pozo séptico?

R/ No son muy poquiticas que yo conozca hay por ahí cuatrico.

24. En la vereda hay servicio de televisión, internet, teléfono.

R/ No solo hay celular que yo sepa.

25. ¿Qué hacen con las basuras que generan en las viviendas?

R/ Como no hay carro que las recolecten se dejan por ahí, unos las entierran, otros las queman, algunos reciclan y así.

26. ¿Las viviendas tienen servicio de energía, quien presta el servicio?

R/ Si todas las viviendas tienen energía de las empresas públicas del municipio.

27. ¿Cuál es la cobertura y calidad del servicio?

R/ Pues hasta donde yo sé nadie se ha quejado por algo, para mí es buena porque es constante.

28. ¿Qué empresa abastece el servicio de agua?

R/ Pues en la gran mayoría las viviendas se abastecen de nacimientos que conducen por mangueras a las viviendas, pero hay como 20 viviendas que se abastecen del sobrante del acueducto comunitario de Columbia más que todo en tiempos de verano por que los canitos se secan y el agua es tratada, pero esto solo empezó a ser así cuando hicieron la represa de ahí para acá por que los nacimientos que había para esas casas se secaron.

29. ¿Hay acueductos comunitarios? ¿Cuántos?

R/ Pues solo el que hay en Columbia, ya acá solo se toma el agua de nacimientos.

30. ¿Cuáles medios de transporte tiene la vereda?

R/ Pues el recorrido viene los miércoles baja al paradero maso menos a las 7 de la mañana y vuelve y arranca para Belén a las 7 30 y vuelve y regresa a las 3 de la tarde o 2:30, el sábado y el domingo también pasa.

31. ¿Hay organizaciones comunitarias?

R/ No solo la junta de acción comunal.

32. ¿Sabe si hay instituciones o asociaciones que hagan presencia en la vereda?

R/ No de eso si no conozco.

Entrevista #: 4

Fecha: 09 de agosto de 2019

Lugar: Vereda el Diamante, Belén de Umbría

Interlocutor (Entrevistado): Alexis Jaramillo (Habitante de la Vereda El Diamante)

Tipo de Agente: Actor Social

Hora: 10:30 a.m.

Intensidad: 25 minutos.

Modalidad de Entrevista: Entrevista Semiestructurada

Por (Quien realiza la entrevista): Derly Bibiana Acevedo y Dayana Andrea Arroyave

Observaciones:

Preguntas

1. ¿Cuántos nacimientos hay en la vereda?

R/ En el momento hay 4 nacimientos, del nacimiento 1 toman agua Darío Morales, Juan Calderón, Amanda Jaramillo, Miguel Rivera y Héctor Carmona, doña Melba Rosa toma el agua de la casa de Héctor Carmona porque el nacimiento de donde la tomaba se secó después de que hicieron la presa, del nacimiento 2 toman agua Marco Antonio Jaramillo, Abraham Gil Cañaverl, el señor Rogelio y José Montoya, del nacimiento 3 toma agua Elvira Castañeda y del nacimiento 4 toman agua Libardo Guevara, antes de que construyeran la presa habían como tres nacimientos más de uno tomaba el agua doña Melba Rosa, de otro tomaba el agua doña Alicia y del otro tomaban agua los Torres pero estos nacimientos ya están secos completamente por lo cual les toca abastecerse de agua del acueducto de Columbia.

2. ¿Conoce usted cual es la vegetación que protege los nacimientos?

R/ Es mero rastrojo y hay guadua.

3. ¿Sabe usted que vegetación hay presente en la vereda?

R/ Hay platanillo, matarratón, pringamoza, nogal.

4. ¿Sabe usted que animales acuáticos hay en las fuentes de agua que hay en la vereda o en las fuentes aledañas?

R/ Trucha, mojarra, corroncho, cigarros, bagre, sardinas, sabaletas, pero casi todos los peces quedan en la represa.

5. ¿Qué animales de tierra hay en la vereda (reptiles, mamíferos)?

R/ Hay ñeque, guatín, gurre, zorro, oso hormiguero, perro de monte, guagua, ardilla, ratón, culebras, chucha, vacas, alacranes, arañas, gusano pollo, hormigas, abejorros, mariquitas, cucarrones, cucarachas, avispas, cucarachero.

6. ¿Qué animales aéreos hay en la vereda?

R/ Loros, pericos, azulejo, turpiales, barranqueros, mochileros, colibrí, murciélagos, Currucuta (búho), mariposas.

7. ¿En qué actividades económicas trabajan los habitantes de la vereda?

R/ Todos viven de cultivos de café y plátano.

8. ¿Qué usos del suelo hay en la vereda?

R/ Hay cultivos en gran cantidad, hay bosque y rastrojo.

9. ¿Cuáles cultivos hay en la vereda?

R/ Hay cultivos de café, plátano, maracuyá para vender en Belén o en Anserma los transportan en jeep, aguacate, cacao, tomate, maíz, frijol, arracacha, yuca, papaya, cebolla, cilantro, limón, ortiga, papayuelo estos más que todo para el consumo de cada casa porque no tienen casi comercio.

10. ¿Qué otras fuentes de ingreso tienen los habitantes (tiendas, supermercados)?

R/ No, no hay nada.

11. ¿En qué material están construidas las viviendas?

R/ Pues casi todas son así en bareque y muy rarita la que se ve de material.

12. ¿A cuáles Instituciones asisten los niños a clases?

R/ Si la escuela del Diamante ya el colegio es en Columbia.

13. ¿Qué tipo de salud tiene la población de la vereda subsidiado o contributivo (pagan salud)?

R/ Pues todos tenemos subsidiado ese disque asmet salud.

14. ¿Qué hospital atiende a los habitantes de la vereda?

R/ Nos atienden en Belén.

15. ¿En la vereda hacen jornadas de salud? ¿Cada cuánto y quien las realiza?

R/ Cada año bajan acá a vacunar las enfermeras.

16. ¿En la vereda hay STARD?

R/ No, así por cañería se va es por tubería que nosotros mismos la hicimos, pero escurre en el suelo.

17. ¿Cuántas casas tienen pozo séptico?

R/ Si acá hay, pero muy poquitos por ahí unos 3 o 4 no más.

18. En la vereda hay servicio de televisión, internet, teléfono.

R/ No por aquí no hay.

19. ¿Las viviendas tienen servicio de energía, quien presta el servicio?

R/ Si todas las casas tienen energía de las empresas públicas del municipio.

20. ¿Qué empresa abastece el servicio de agua?

R/ Toda el agua de las viviendas es de nacimiento, pero para los que se les seco el nacimiento del todo tienen agua del sobrante que deja el acueducto de Columbia son por ahí como 5 viviendas.

21. ¿Hay acueductos comunitarios? ¿Cuántos?

R/ No porque toda la gente toma el agua desde los nacimientos.

Entrevista #: 5

Fecha: 01 de septiembre de 2019

Lugar: Belén de Umbría

Interlocutor (Entrevistado): Jorge Bedoya (Presidente de la Junta de Acción Comunal de la Vereda La Garrucha)

Tipo de Agente: Actor Comunitario

Hora: 9:00 a.m.

Intensidad: 30 minutos

Modalidad de Entrevista: Entrevista Semiestructurada

Por (Quien realiza la entrevista): Derly Bibiana Acevedo y Dayana Andrea Arroyave

Observaciones:

Preguntas

1. ¿Cuántos nacimientos hay en la vereda?

R/ Bueno que yo conozca tres que son los míos acá, para el lado de la meseta hay uno, dos y con los 3 míos son 5, 6 con el de Jorge Luis, 7 con el de Fradie y pongámosle 8 sin equivocarme estos son nacimientos de agua que yo conozco, a nosotros gracias a dios nunca nos ha faltado el agua, vea con estos veranos tan berracos y el agua sigue ahí constante.

2. ¿Sabe usted que ecosistemas hay en la vereda aparte de bosque y pastos?

R/ Bosques todos los que usted quiera, arboles maderables todos los que quiera, pastos también hay, pero en menor cantidad, pero es más el bosque porque aquí ya no se puede cultivar porque esto está en reserva natural según la CARDER y entonces hay bastante monte, yo tengo 49 hectáreas, de estas la mitad son cultivables y la otra mitad son mero monte de árboles inmensos, y rastrojo hay, pero muy poco.

3. ¿Conoce usted cual es la vegetación que protege los nacimientos?

R/ Propiamente no se decirle que vegetación tiene, pero si está protegida para aumentar el caudal es como puro monte, pero no se específicamente que es.

4. ¿Sabe usted que vegetación hay presente en la vereda?

R/ Hay matarratón que es con la que hacen divisiones de potrero acá, en las fincas vecinas que yo conozco hay matarratón, nogal repartiditos no cultivos si no repartidos, hay quiebra barriga, guamo que da sombra para las cafeteras esos son los que más abundan en la zona.

5. ¿Sabe usted que animales acuáticos hay en las fuentes de agua que hay en la vereda o en las fuentes aledañas?

R/ Hay muchas sabaletas y de todos peces por acá y hay mucha pesca con tarraya y con anzuelo.

6. ¿Qué animales de tierra hay en la vereda (reptiles, mamíferos)?

R/ Animales hay todos los que usted quiera, hay zorros, hay un animal que es parecido al gato y tiene la cola grande y peluda, gurre, armadillos, culebra todas las que quiera, mucha zarigüeya, Nutria, tigrillo.

7. ¿Qué animales aéreos hay en la vereda?

R/ Hay cotorras que son las berracas para dañar el maíz, pavas, búhos, lechuzas, azulejos, tórtolas, guacharaca.

8. ¿Cuál es la abundancia de las especies (pocas, muchas) de animales y plantas?

R/ Pues del agua sabaletas, del aire guacharacas, terrestres las culebras y de plantas guamo y nogal.

9. ¿En qué actividades económicas trabajan los habitantes de la vereda?

R/ Todos dependemos de la agricultura de los cultivos de plátano y café aquí no producimos más porque uno cultiva otra cosa y eso no tiene comercio ni nada entonces pierde uno el año. Hay cultivos de frijol, yuca, maíz, arracacha pero solo se cultiva poquito para el consumo porque no hay comercio, ahora estamos llevando del bulto con el café por el precio y por el verano tan berraco que está haciendo.

10. ¿Qué usos del suelo hay en la vereda?

R/ Hay cultivos en gran cantidad, bosque, pastos y rastrojo.

11. ¿Cuáles cultivos hay en la vereda?

R/ Hay cultivos de café, plátano, maíz, frijol, yuca, arracacha.

12. ¿Qué otras fuentes de ingreso tienen los habitantes (tiendas, supermercados)?

R/ Si hay dos tienditas, pero eso es de los mismos de la vereda ponen venta de panela, arroz, cigarrillos, pero no una cosa que uno diga bruto que supermercado venden es lo esencial no más, pero son careros como un berraco es mejor bajar a comprar a Belén o a Mistrató.

13. ¿En qué material están construidas las viviendas?

R/ La mayoría están construidas en bareque, pero también hay casas de material, pero son muy poquitas, solo hay una que otra bien arregladita.

14. ¿Sabe usted cuantos habitantes tiene la vereda?

R/ Claro como usted sabe yo soy el presidente de la junta entonces yo cada 6 meses hago censos, porque en 6 meses esto cambia, el último censo lo hice en diciembre para los regalos de los niños, entonces habitantes hay 165 personas en la vereda.

15. ¿Cuántas viviendas hay en la vereda y cuantos habitantes tiene cada vivienda?

R/ Maso menos son 41 viviendas y en cada vivienda póngale por ahí de a 4 personas.

16. ¿Distribución de edades de la población de la vereda?

R/ Esta en promedio de edad media, pues gente con capacidad de trabajar oscilan de los 30 a los 50 años, pero la gente adulta mayor es más poquito.

17. ¿A cuáles Instituciones asisten los niños a clases?

R/ Hay una escuela que tiene el mismo nombre de la vereda se llama la garrucha, solo dictan kínder y primaria ya grados superiores se van para Umbría.

18. ¿Sabe usted si hay guarderías en la vereda?

R/ No

19. ¿Qué tipo de salud tiene la población de la vereda subsidiado o contributivo (pagan salud)?

R/ Todos tenemos subsidiado, hay dos medidas y otro, pero se me olvido.

20. ¿Qué hospital atiende a los habitantes de la vereda?

R/ Hay que ir al hospital de Belén y eso representa para nosotros una pérdida de tiempo y de dinero, aparte de todo no lo atienden a uno ligero.

21. ¿En la vereda hacen jornadas de salud? ¿Cada cuánto y quien las realiza?

R/ No acá no hacen eso lo estoy peleando por que si algún viejito tiene que tomarse la presión tiene que ir hasta el hospital de Belén y así queda muy duro.

22. ¿En la vereda hay STARD?

R/ No, las viviendas de la vereda dejan escurrir las aguas a el suelo, pero si hay algunas casas que tienen pozo séptico pero muy poquitas.

23. ¿Cuántas casas tienen pozo séptico?

R/ En cuanto a pozos sépticos son muy pocos los que tenemos, de las 41 maso menos 5 casas tienen pozo séptico.

24. En la vereda hay servicio de televisión, internet, teléfono.

R/ Ahí por dios, pues aquí la única empresa que entra es Direc Tv, pero yo tengo es ese planchón y el decodificador porque no hay con que comprar imagínese 70.000 pesos un mes, no mejor me los como en mercado, no ni la escuela tiene internet a unas casitas les entra TDT que es gratis, pero a muy pocos.

25. ¿Qué hacen con las basuras que generan en las viviendas?

R/ Hasta donde yo sé las entierran porque aquí estamos muy pendientes de eso, por ejemplo, los tarros de los venenos la misma gente que los usa los saca a Umbría, pero es muy poquita gente, yo por ejemplo quemo lo que son papeles y toda esa vaina, pero ya lo que es orgánico lo pongo a descomponer en un tanque que tengo.

26. ¿Las viviendas tienen servicio de energía, quien presta el servicio?

R/ Si todo mundo de aquí tenemos energía y la presta las empresas públicas.

27. ¿Cuál es la cobertura y calidad del servicio?

R/ La energía es buena y todo mundo la tiene instalada.

28. ¿Qué empresa abastece el servicio de agua?

R/ Pues la gran mayoría de las viviendas se abastecen de nacimientos y los que no tienen de nacimiento las otras viviendas le pasan agua por tuberías, yo por ejemplo tengo muy buena agua y le estoy dando agua a 6 casas con mangueras, los mismos interesados las colocan y se hacen las instalaciones adecuadas para que les llegue el agua y nunca ha faltado el agua a pesar de que tengo 6 casas tomando el agua de acá, todos nos colaboramos y aquí no le falta el agua a nadie.

29. ¿Hay acueductos comunitarios? ¿Cuántos?

R/ No acá no hay ninguno todos toamos el agua es de nacimientos.

30. ¿Cuáles medios de transporte tiene la vereda?

R/ Pues aquí no viene si no el jeep y son 3 carros en el día y vienen de Anserma hasta aquí pasan por la represa y vienen a dar a Umbría, bueno entonces viene de Anserma Caldas un carro que sale a las 6:30 de la mañana pasa por acá a las 7:30 entra a los encuentros y llega Umbría a las 8:00 sale a las 8:30 otra vez y adiós que no se vuelve a ver un carro ni para remedio, ya vuelve a bajar ese recorrido a las 11:30 de la mañana está pasando por acá, a las 12 pasaditas llega a Umbría se devuelve a la 1 de la tarde y vuelve a bajar hasta las 4:30 de la tarde, vuelve y sube a Anserma a las 5 de la tarde, ósea son solo 3 recorridos en el día que son de Anserma, también hay veces que se transportan en moto, estos carros pasan todos los días a la misma hora.

31. ¿Hay organizaciones comunitarias?

R/ No solo la junta de acción comunal, acá no hay nada más de esa vaina.

32. ¿Sabe si hay instituciones o asociaciones que hagan presencia en la vereda?

R/ No mija por dios acá no viene es nadie porque a la gente no les importa es mucho.

Entrevista #: 6

Fecha: 01 de septiembre de 2019

Lugar: Belén de Umbría

Interlocutor (Entrevistado): Evelio Jaramillo (Presidente de la Junta de Acción Comunal de la Vereda Caucaiyá)

Tipo de Agente: Actor Comunitario

Hora: 8:00 a.m.

Intensidad: 17 minutos

Modalidad de Entrevista: Entrevista Semiestructurada

Por (Quien realiza la entrevista): Derly Bibiana Acevedo y Dayana Andrea Arroyave

Observaciones:

Preguntas

1. ¿Cuántos nacimientos hay en la vereda?

R/ Aproximadamente hay 15 nacimientos.

2. ¿Sabe usted que ecosistemas hay en la vereda aparte de bosque y pastos?

R/ Si hay montecito, cultivos, bosque, pasto, rastrojo.

3. ¿Conoce usted cual es la vegetación que protege los nacimientos?

R/ Eh si hay árboles de toda clase y bejucos, hay jucol de monte, hay mulaco y hay guadua hay muchas matas que protegen los nacimientos.

4. ¿Sabe usted que vegetación hay presente en la vereda?

R/ Aquí es muy variada, más que todo hay matarratón, nogal, guadua, pate gallina y muchos árboles nativos como higuerón y así.

5. ¿Sabe usted que animales acuáticos hay en las fuentes de agua que hay en la vereda o en las fuentes aledañas?

R/ No pues en la quebrada hay sabaletas y de mucho pescadito.

6. ¿Qué animales de tierra hay en la vereda (reptiles, mamíferos)?

R/ Hay zorros, lobos, armadillos, ardillas, osos hormigueros y guatines o conejos silvestres que llamamos.

7. ¿Qué animales aéreos hay en la vereda?

R/ De pájaros hay mucha variedad hay turpiales, canarios, toches, azulejos, tominejos, tórtolas, soledades, barraqueros, búhos, pero muy escasos por que salen es de noche, murciélagos fruteros.

8. ¿Cuál es la abundancia de las especies (pocas, muchas) de animales y plantas?

R/ Zabaleta, guatín, tórtolas.

9. ¿En qué actividades económicas trabajan los habitantes de la vereda?

R/ Pues que yo sepa la mayoría trabajamos en agricultura y hay ganadería, pero muy poquita se puede decir que el 1% la mayoría es agricultura porque casi todos somos propietarios y tenemos pedacitos de tierra.

10. ¿Qué usos del suelo hay en la vereda?

R/ Hay cultivos en gran cantidad, hay poco bosque, hay pocos pastos y rastrojo muy poquito.

11. ¿Cuáles cultivos hay en la vereda?

R/ Hay cultivos de café, plátano, maíz, yuca y cítricos como naranja, mandarina y cosas así, pues la naranja tiene comercio, la mandarina, el plátano, el banano, la yuca, el maíz, el frijol, pero el que se vende más es el café.

12. ¿Qué otras fuentes de ingreso tienen los habitantes (tiendas, supermercados)?

R/ No, no hay nada.

13. ¿En qué material están construidas las viviendas?

R/ Mas que todo en bareque, pero también hay casas de material, pero muy pocas.

14. ¿Sabe usted cuantos habitantes tiene la vereda?

R/ Maso menos hay 294 personas.

15. ¿Cuántas viviendas hay en la vereda y cuantos habitantes tiene cada vivienda?

R/ Hay 112 casas y habitadas hay 98 en este momento y en cada vivienda maso menos son 3 personas.

16. ¿Distribución de edades de la población de la vereda?

R/ Pues adultos mayores hay pocos, la mayoría está en edad intermedia de 35 a 40 años y jóvenes.

17. ¿A cuáles Instituciones asisten los niños a clases?

R/ Los niños van a la escuela centro educativo de Juan Hurtado sede Cauca yá, los estudiantes de bachillerato suben a Columbia a estudiar en el recorrido de ellos, estos los da la administración municipal.

18. ¿Sabe usted si hay guarderías en la vereda?

R/ No, no hay.

19. ¿Qué tipo de salud tiene la población de la vereda subsidiado o contributivo (pagan salud)?

R/ No todos tenemos la cobertura de salud como subsidiada, por que como por acá hace poco estuvo una enfermera censando y andando casa por casa sacándole el Sisbén al que no tenía.

20. ¿Qué hospital atiende a los habitantes de la vereda?

R/ Hay que ir al hospital de Belén de Umbría.

21. ¿En la vereda hacen jornadas de salud? ¿Cada cuánto y quien las realiza?

R/ Si han hecho jornadas de salud acá en la vereda, pero es de vez en cuando, pero la salud del hospital es muy buena, porque uno llega allá y saben que son de las veredas y los atienden rapidito hay prioridad.

22. ¿En la vereda hay STARD?

R/ Si hay una buena cantidad de pozos sépticos y hay otros por hacer, algunas todavía algunas que escurren en la superficie.

23. ¿Cuántas casas tienen pozo séptico?

R/ Maso menos un 40% los que faltan hay un proyecto con la CARDER para seguir construyendo los pozos sépticos.

24. En la vereda hay servicio de televisión, internet, teléfono.

R/ No, si hay cobertura de internet, pero es en los celulares pagando.

25. ¿Qué hacen con las basuras que generan en las viviendas?

R/ Pues lo que no es reciclable viene la alcaldía a recoger cada dos o cada tres meses, entonces toca guardarla y esperar que llegue el carro ellos avisan, también reciclamos los orgánicos que van para los cultivos, los envases se guardan y eso vienen los chatarreros por eso.

26. ¿Las viviendas tienen servicio de energía, quien presta el servicio?

R/ En este momento tengo dos casas que no le han podido instalar la energía están provisional, pero de resto todas tienen energía de las empresas públicas del municipio.

27. ¿Cuál es la cobertura y calidad del servicio?

R/ Pues lo que yo he notado es que es buena.

28. ¿Qué empresa abastece el servicio de agua?

R/ Tenemos dos acueductos comunitarios, uno ya está registrado y en el momento estoy haciendo el papeleo para registrar el otro, la parte alta de la vereda se abastece del sobrante del acueducto grande que abastece a Columbia y la parte baja si se abastece de los acueductos comunitarios, hay como 4 casas que se abastecen de nacimientos apenas, la mayoría es cobertura de acueducto comunitario.

29. ¿Hay acueductos comunitarios? ¿Cuántos?

R/ Como ya le comenté si hay dos acueductos a los cuales se les hace cloración ya que tienen caseta de cloración esto lo realiza la alcaldía.

30. ¿Cuáles medios de transporte tiene la vereda?

R/ Pues el medio de transporte es en jeep y moto, el recorrido viene los jueves, el sábado y el domingo, los jueves sale de aquí a las 8 y entra a las 11 y los sábados y domingos si entra a las 8 y llega a la 1 y ya.

31. ¿Hay organizaciones comunitarias?

R/ No pues la junta de acción comunal y el adulto mayor también.

32. ¿Sabe si hay instituciones o asociaciones que hagan presencia en la vereda?

R/ No todavía no.

Entrevista #: 7

Fecha: 9 de agosto de 2019

Lugar: Colegio de la vereda Columbia, Belén de Umbría.

Interlocutor (Entrevistado): Profesora Alba Luz

Tipo de Agente: Actor educativo

Hora: 10:30 a.m.

Intensidad: 3 minutos

Modalidad de Entrevista: Entrevista Semiestructurada

Por (Quien realiza la entrevista): Derly Bibiana Acevedo y Dayana Andrea Arroyave

Observaciones:

Preguntas

1. ¿Cuál es el nombre de la institución?

R/ Institución Educativa Juan Hurtado Sede Columbia.

2. ¿Qué grados dictan?

R/ En la institución se dicta los grados que van desde sexto a once en jornada única ósea va hasta las 4:30 de la tarde y en la institución hay 4 salones.

3. ¿Cuántos alumnos hay en la institución?

R/ En el momento creo que son 117 alumnos que hay, no estoy segura porque aquí es muy vulnerable por ejemplo ayer entró uno.

4. ¿Cuántos alumnos hay por grado?

R/ El número de niños de sexto son 23, en séptimo hay 21, en octavo hay 23, en noveno hay 11, en décimo hay 15 y en once hay 9, estos son los que hay en el momento.

5. ¿Entre que edades se encuentran los alumnos?

R/ La edad de los estudiantes es hasta los 18 años, pues si cumplen los 18 dentro del año escolar se quedan, si no se deben ir a estudiar en el sabatino o en las noches en Belén, los estudiantes van más o menos desde los 12 hasta los 17 años.

6. ¿Cuántos maestros hay en la institución?

R/ Somos 6 maestros.

7. ¿Hay deserción escolar?

R/ Si se da es por cambio de vereda, es decir por cambio de vivienda o porque van mal académicamente los sacan mucho, maso menos la deserción es de un 5%.

8. ¿En la institución dan refrigerio?

R/ Si claro y almuerzo también, porque la jornada es muy extensa, estos alimentos los da la administración del municipio.

Entrevista #: 8

Fecha: 9 de agosto de 2019

Lugar: Escuela de la vereda El Diamante, Belén de Umbría.

Interlocutor (Entrevistado): Profesora Olga Ladino

Tipo de Agente: Actor educativo

Hora: 12:30 a.m.

Intensidad: 3 minutos

Modalidad de Entrevista: Entrevista Semiestructurada

Por (Quien realiza la entrevista): Derly Bibiana Acevedo y Dayana Andrea Arroyave

Observaciones:

Preguntas

1. ¿Cuál es el nombre de la institución?

R/ Institución Educativa Juan Hurtado Sede El Diamante.

2. ¿Qué grados dictan?

R/ En la institución se dicta los grados que van desde grado cero hasta quinto, las clases se dictan en una jornada que va desde las 8 de la mañana hasta la 1:30 de la tarde, ya para estudiar el bachillerato los alumnos se van a estudiar a el colegio de Columbia.

3. ¿Cuántos alumnos hay en la institución?

R/ En el momento hay 12 alumnos.

4. ¿Entre que edades se encuentran los alumnos?

R/ La edad de los estudiantes está entre los 5 y los 15 años

5. ¿Cuántos maestros hay en la institución?

R/ Pues acá en esta escuelita yo soy la única profesora que hay para dictar todos los grados, a mí me toca sentarlos en grupos por grado escolar y pues como pueden ver solo hay un salón.

6. ¿Hay deserción escolar?

R/ No acá en la escuela no hay deserción escolar.

7. ¿En la institución dan refrigerio?

R/ Si claro y almuerzo también, porque la jornada es muy extensa, estos alimentos los da la administración del municipio.

Entrevista #: 9

Fecha: 01 de septiembre de 2019

Lugar: Belén de Umbría

Interlocutor (Entrevistado): Jorge (Presidente de la junta de acción comunal de la vereda La Garrucha)

Tipo de Agente: Actor comunitario

Hora: 9:00 a.m.

Intensidad: 5 minutos

Modalidad de Entrevista: Entrevista Semiestructurada

Por (Quien realiza la entrevista): Derly Bibiana Acevedo y Dayana Andrea Arroyave

Observaciones:

Preguntas

1. ¿Cuál es el nombre de la institución?

R/ Institución Educativa Juan Hurtado sede La Garrucha.

2. ¿Qué grados dictan?

R/ Solamente kinder y primaria osea desde grado cero hasta quinto, ya si es bachillerato es en Belén.

3. ¿Cuántos alumnos hay en la institución?

R/ La escolita tiene apenas 16 alumnos que están cursando todos los grados.

4. ¿Cuántos alumnos hay por grado?

R/ No sé.

5. ¿Entre que edades se encuentran los alumnos?

R/ No la verdad no sé.

6. ¿Cuántos maestros hay en la institución?

R/ En la escuela solo hay un profesor que dicta las clases para todos los grados, a él le toca repartirlos por grados e ir enseñándoles.

7. ¿Hay deserción escolar?

R/ Eso si no estoy seguro, pero creo que no porque uno siempre ve los mismos niños pasando para la escuela.

8. ¿En la institución dan refrigerio?

R/ Sí en la escuela dan de los refrigerios que manda la administración.

10.2 Dimensiones Analíticas del Área de Estudio

10.2.1 Dimensión física

10.2.1.1 Geología

La cuenca del Río Risaralda se localiza sobre la vertiente oriental de la cordillera occidental, esta cuenta con diversidad de unidades geológicas y ambientes geotectónicos, que han determinado la geomorfología predominante en la zona.

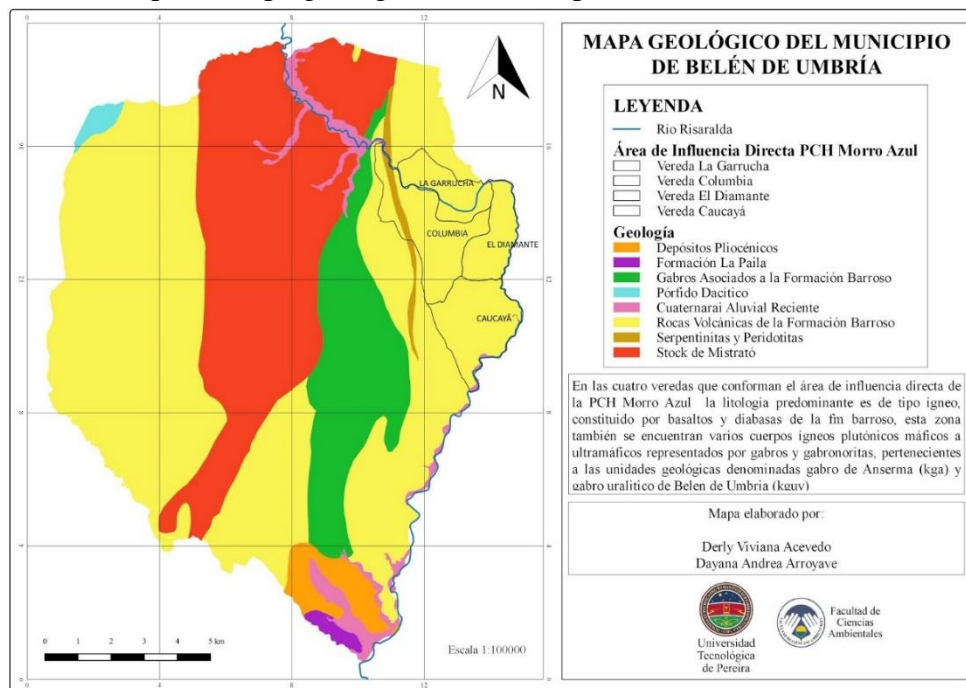
En la cuenca del Río Risaralda existen unidades litológicas que corresponden a stocks gabroides a lo largo del Sistema de Fallas Cauca-Romeral, esta depresión limita estructuralmente con las cordilleras Occidental y Central a lo largo de sistemas de fallas paralelas a sus bordes, en esta se

encuentran secuencias volcanosedimentarias, rocas de composición monzonítica a tonalítica, además de intrusivos subvolcánicos de composición andesítica o dacítica (POMCA, 2017).

Las unidades litológicas predominantes en el área de influencia directa del proyecto en general son rocas volcánicas de la Formación Barroso (Kvb) en su mayoría basaltos intercaladas, en menor proporción diabasas y aglomerados brechosos que presentan una permeabilidad primaria baja y permeabilidad secundaria por fracturamiento asociada a la tectónica de la zona, también se pueden encontrar a lo largo del corregimiento de Columbia serpentinas y peridotitas y en la vereda Caucajá sobre la margen del río Risaralda cuaternario aluvial reciente (CARDER, 2016).

Las rocas volcánicas básicas de la Formación Barroso se incluyen en el Grupo Cañasgordas, localizado al oeste de la Falla Cauca-Almaguer, la cual está conformada por basaltos, diabasas, tobas y aglomerados, estas presentan intercalaciones lenticulares de chert y limolitas silíceas (POMCA,2017).

Mapa 4. Mapa geológico del municipio de Belén de Umbría



Fuente: Información Suministrada por la CARDER (2016).

Elaboración: Propia

10.2.1.2 Fallas geológicas

El sistema dominante de fallas regionales pertenece al sistema Cauca-Romeral localizado al occidente del área de influencia con direcciones que varían entre NNE-SSW y NE-SW, Coincidiendo con la dirección predominante de toda la cadena andina. El límite de la cordillera

central y la occidental se definen por la traza de la falla Cauca-Romeral, poniendo en contacto rocas de origen oceánico y continental.

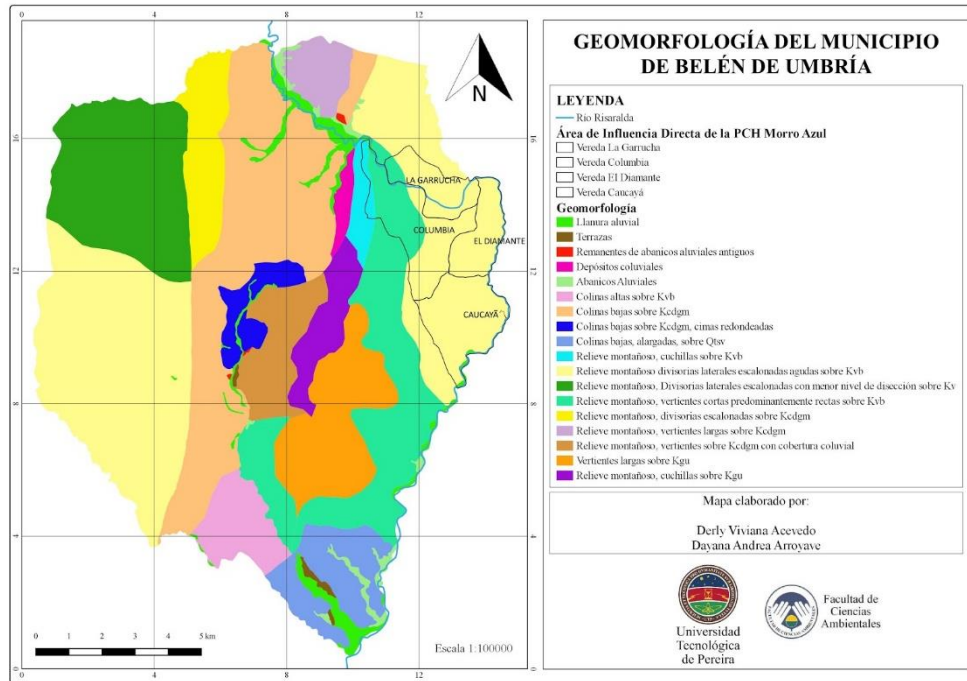
En el área de influencia hay presencia de dos fuentes sismo-génicas, una de subducción entre 70 y 140 km de profundidad y la otra de subducción profunda mayor a 140 km de profundidad. Estas fallas geológicas regionales son:

- Falla Patía: Localizada al oriente de las veredas de influencia directa, es una falla satélite que pone en contacto el borde oriental del gabro de Anserma (kga) con rocas volcánicas de la formación del barroso (kvb). Tiene una dirección NNE-SSW paralelas la falla de Sevilla y se prolonga hacia el sur dónde está cubierta por los sedimentos recientes del río Risaralda.
- Falla Puente Umbría: Esta falla tiene dirección N-S está compuesta por dos trazas principales que corren en forma paralela y limitan la ultramáfica de Puente Umbría- La Isla. Tanto al norte como al sur, estas trazas se unen formando una sola falla que corta las rocas volcánicas de la formación del barroso y producen localmente una foliación en los basaltos. La ultramáfica de Puente Umbría-La Isla adquiere la forma de un cinturón elongado de dirección N-S que alcanza una longitud de aproximadamente 8 km, esta falla tiene una dirección general N-S a N15°E y buzamientos entre 50 y 90° al oeste (Navarro, 2014).

10.2.1.3 Geomorfología

El área de estudio está constituida principalmente por rocas volcánicas de la formación barroso las cuales han determinado la formación del relieve en la zona. En general el relieve de área de influencia directa es montañoso, en la vereda Cauca yá el relieve es montañoso, divisorias laterales escalonadas agudas sobre Kvb, en sur este de la vereda Cauca yá sobre la margen del río Risaralda hay Llanura aluvial, en las veredas La Garrucha y Columbia hay relieve montañoso, vertientes cortas predominantemente rectas sobre Kvb, en una pequeña porción del corregimiento de Columbia hay relieve montañoso, cuchillas sobre Kvb (CARDER, 2016).

Mapa 5. Geomorfología del municipio de Belén de Umbría

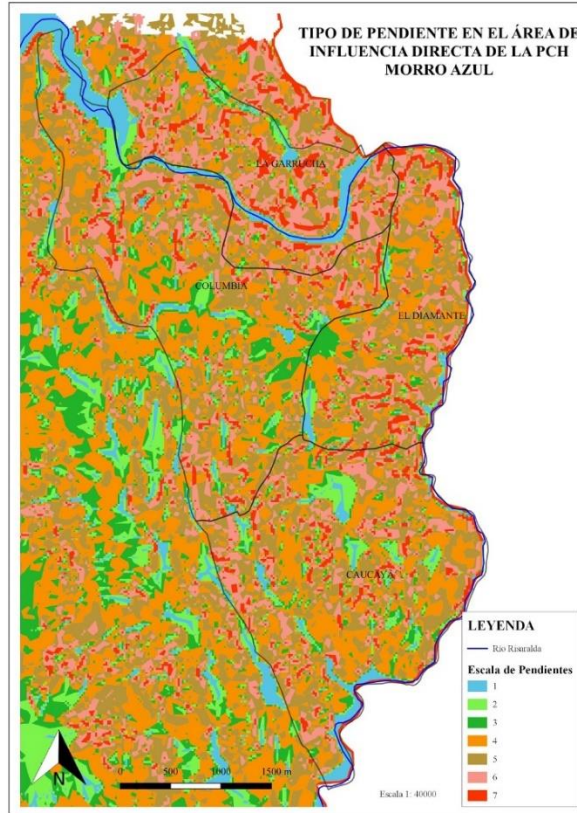


Fuente: Información Suministrada por la CARDER (2016).

Elaboración: Propia.

Morfológicamente el área corresponde a colinas irregulares denudacionales en una sucesión de valles y laderas (CARDER, 2004) con pendientes de inclinación en su mayoría del orden 20 al 70%.

Mapa 6. Geomorfología del municipio de Belén de Umbría



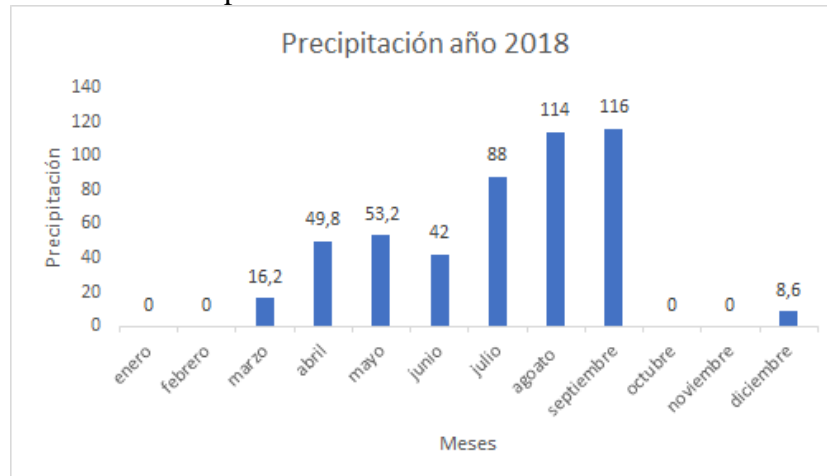
Fuente: Información Suministrada por la CARDER (2016).
Elaboración: Propia.

Como principales procesos erosivos se destacan el sobrepastoreo, la erosión superficial en surcos y reptamientos, sobre el talud inferior de la vía hacia el Corregimiento de Columbia, vertiente derecha de la Quebrada Caucajá, el corregimiento de Columbia y la vereda El Diamante, se desarrollan importantes procesos de remoción en masa y deslizamientos, algunos de éstos son originados por socavación lateral de las corrientes, en los alrededores de este corregimiento existen importantes deslizamientos ubicados algunos sobre la vertiente derecha del Río Risaralda (CARDER, 2004).

10.2.1.4 Hidroclimatología

Según la Red Hidroclimatológica del Departamento de Risaralda para el año 2018 la precipitación media en las veredas Columbia, El diamante, Caucajá y La Garrucha fue de 487,80 mm para una precipitación promedio de 40,65 mm, para este año la precipitación máxima fue de 116 mm en el mes de septiembre y la precipitación mínima de 8,60 mm en el mes de diciembre.

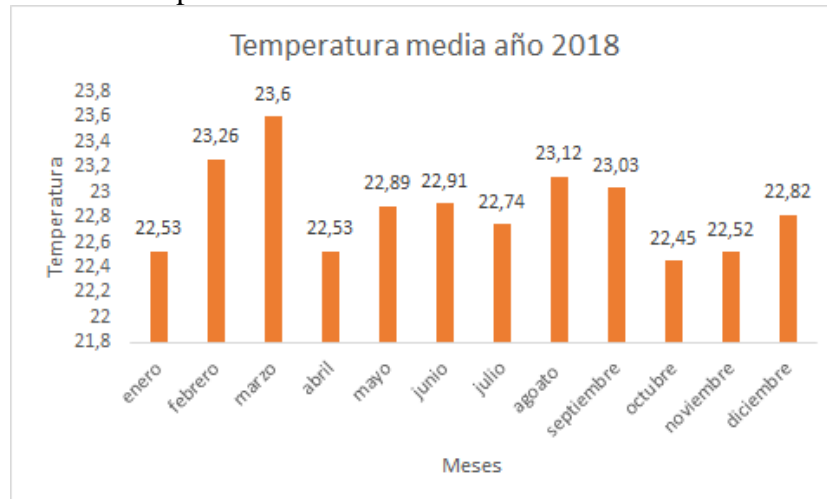
Gráfico 7. Precipitación del área de influencia directa año 2018



Fuente: Red Hidroclimatológica del Departamento de Risaralda, 2018.
Elaboración Propia.

En el municipio se presentan tres pisos térmicos a saber: cálido, medio y frío, el clima está determinado por las características geográficas y ambientales del municipio (CARDER, 2004). La temperatura para el área de influencia directa oscila entre los 15,67° C y los 34,53° C la variación depende de los msnm, para el área de estudio la temperatura media es de 22.87°C Red Hidroclimatológica de Risaralda, 2018).

Gráfico 8. Temperatura media del área de influencia directa año 2018

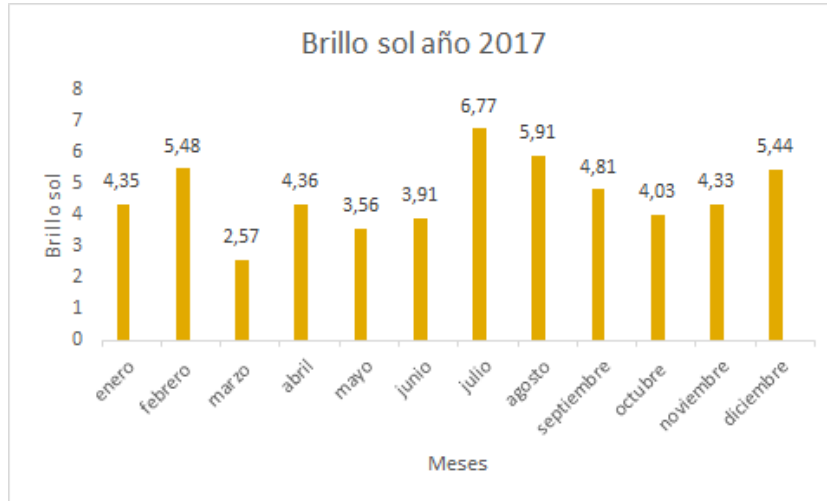


Fuente: Red Hidroclimatológica del Departamento de Risaralda, 2018.
Elaboración Propia.

El brillo solar promedio de la zona según la estación meteorológica Ospirma para el año 2017 es de 4,63 brillo sol h (CENICAFÉ, 2017), para los meses de febrero, julio, agosto y diciembre se

presenta mayor radiación solar y los meses marzo, mayo y junio presentan valores más bajos de radiación en el año.

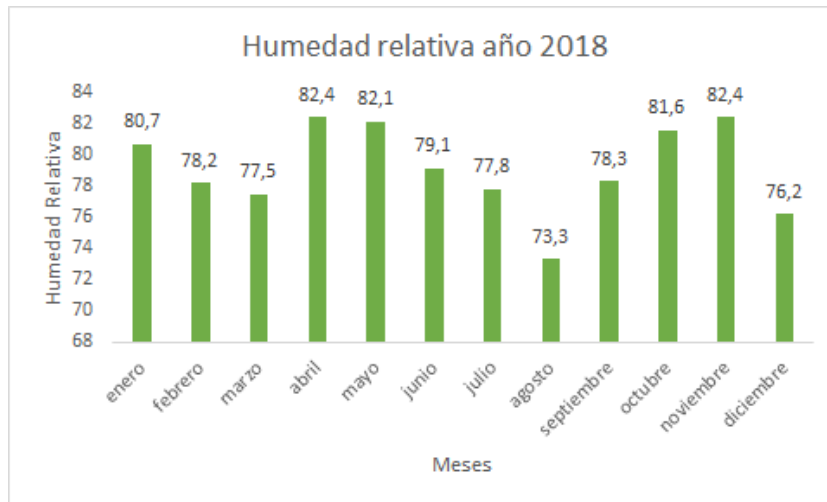
Gráfico 9. Brillo sol del área de influencia directa año 2017



Fuente: Anuario meteorológico CENICAFÉ, 2017.
Elaboración Propia.

La humedad relativa media anual multianual para la zona de estudio varía entre el 80-85% (IDEAM, 2010), según la estación meteorológica Ospirma para el año 2018 la humedad relativa mínima fue de 73,3% y la máxima 82,4% (CENICAFÉ, 2018), para los meses de enero, abril, mayo, octubre y noviembre se presenta mayor humedad relativa y los meses de agosto y diciembre presentan valores más bajos de humedad en el año.

Gráfico 10. Humedad relativa del área de influencia directa año 2018



Fuente: CENICAFÉ, 2018.
Elaboración Propia.

La evapotranspiración anual multianual varía entre los 1100 a 1300 mm/año y la velocidad media anual multianual de los vientos es de 2 a 4 m/s (IDEAM, 2010).

En cuanto a la cuenca del Río Risaralda esta comienza a formarse en Morro Plancho en los límites entre caldas y Antioquia sobre los 3200 msnm y desemboca en el río Cauca cerca al casco urbano del municipio de la Virginia, recorre un trayecto aproximado de 211 km, sus aguas fluyen en dirección norte-sur.

Esta cuenca es de vocación agrícola, se encuentra ubicada en el sector nororiental del departamento, sus márgenes limitan con tres de las veredas del área de influencia directa (La Garrucha, El Diamante y Caucayá). Drena un área de la vertiente oriental de la Cordillera Occidental de aproximadamente 1.278 km², un 60% de este territorio pertenece al Departamento de Risaralda y el resto al Departamento de Caldas.

Sus principales drenajes son el río Mistrató y el río Guática, con respecto a los afluentes hídricos presentes en las veredas influenciadas (La Garrucha, Columbia, El Diamante y Caucayá) estas cuentan con 27 manantiales utilizados en su mayoría para riego de cultivos, ganadería y consumo humano y doméstico, aproximadamente 4 manantiales ubicados en la vereda Caucayá no tienen ningún uso (Navarro, 2014).

10.2.2 Dimensión biótica

10.2.2.1 Áreas protegidas

Según la CARDER (2015) las áreas de reserva para la protección del medio ambiente en el municipio de Belén de Umbría son el Parque Natural Regional Santa Emilia y el Distrito de Manejo Integrado Cuchilla del San Juan.

El Parque Natural Regional Santa Emilia tiene una extensión de 528 hectáreas, su función principal es proteger la microcuenca del mismo nombre para garantizar el abastecimiento de agua para la cabecera municipal y los corregimientos de Taparcal y Columbia. Dentro de sus atractivos se encuentran los bosques naturales por su excelente estado de conservación, el Distrito de Manejo Integrado Cuchilla del San Juan cuenta con una extensión total de 11.157 hectáreas, su función principal es actuar como corredor para el flujo genético de las especies silvestres que habitan en la zona, uniendo el PNN Tatamá y los Farallones de Caramanta. También tiene como objetivo proteger las microcuencas para garantizar el abastecimiento de agua para los acueductos comunitarios de la zona rural y conservar los fragmentos de bosque andino y la biodiversidad asociada a este. Al interior de esta área protegida se encuentran otras tres áreas: Parque Natural Regional Santa Emilia, Distrito de Manejo Integrado Arrayanal y Distrito de Manejo Integrado Aigualinda.

10.2.2.2 Fauna y flora

El área de influencia directa se enmarca en el bioma denominado orobioma bajo de los andes, el cual corresponde a las zonas de montaña localizadas aproximadamente entre los 500 y los 1880 msnm. Las veredas La Garrucha, El Diamante y Columbia cuya altitud oscila entre los 1400 y los 1700 msnm y la vereda Caucajá a 1200 msnm aproximadamente se encuentran en la zona de vida Bosque Húmedo Premontano (bh-PM) que se caracteriza por presentar una biotemperatura media aproximada entre 18° y 24° C, con un promedio de precipitación anual de 2000 a 4000 mm, en un rango altitudinal entre los 1000 y 2000 msnm, esta zona pertenece a pisos térmicos templados (zona de ladera y colina) y húmedos en el valle aluvial del río Risaralda.

El área de influencia directa está restringida a bosques de galería fragmentados de los ríos y quebradas que tributan en el área de la PCH, la vegetación arbórea es en su mayoría perennifolia es de 20 a 30 metros con epifitismo moderado.

La vegetación común de la zona de influencia directa son los bosques secundarios de galería, rastrojo, pastos manejados y en menor proporción relictos de bosque de guadua (*Guadua angustifolia*) (Navarro, 2014).

Con base a la información existente en el expediente 6966 Estudio Ambiental para la Modificación de la Licencia Ambiental de la PCH Morro Azul del año 2014 de la CARDER la fauna presente en las veredas influenciadas es:

10.2.2.3 Ictiofauna

La comunidad íctica para el área de influencia directa está conformada por 11 especies:

Tabla 13. Especies ícticas

Especies	
Ictiofauna	<i>Saccodon dariensis</i>
	<i>Leporinus</i>
	<i>Astyanax</i>
	<i>Brycon henni</i>
	<i>Bryconamericus caucanus</i>
	<i>Creagrutus brevipinnis</i>
	<i>Hemibrycon boquiae</i>
	<i>Trichomycterus chapmani</i>

	Astroblepus cyclopus
	Chaetostoma fischeri
	Cetopsorhamdia nasus

Fuente: Expediente 6966 “Estudio Ambiental para la Modificación de la Licencia Ambiental de la PCH Morro Azul” (2014)
Elaboración Propia.

Según información primaria y secundaria la comunidad Íctica en total está conformada por 47 especies, de las cuales 3 son trasplantadas o proceden de otras cuencas, 12 especies son introducidas y 32 son consideradas nativas de la región, de las cuales solo la especie Saccodon dariensis (Mazorca dormilón) se enlista en la categoría de preocupación menor del libro rojo (Navarro, 2014).

En el área de influencia también se encuentran especies como

Tabla 14. Especies ícticas

Especies	
Nombre común	Nombre científico
Bagre	Siluriformes
Corronchos	Hypostomus plecostomus
Cangrejos	Braquiuros
Truchas	Oncorhynchus mykiss
Mojarras	Diplodus vulgaris
Cigarros	Isistius brasiliensis
Sardinas	Creagrus
	Bryconamericus
	Hemibrycon
Trichomyctéridos	Trichomycterus
Sabaletas	Brycon henni

Fuente: Expediente 6966 “Estudio Ambiental para la Modificación de la Licencia Ambiental de la PCH Morro Azul” (2014) & Entrevistas de este proyecto de grado.
Elaboración Propia.

Otras especies se desarrollan en zonas de corriente moderada con sustrato rocoso como los Loricáridos y Astroblepídeos, las cuales se constituyen en las únicas especies bentónicas típicas de ríos de montaña. La sabaleta es la especie con mayor presencia en la zona, esta tiene importancia ecológica, económica y deportiva (Riaño, F., Benítez, C., Camacho, J., Jaramillo, A., Bedoya, J. & Jaramillo, E., Comunicación personal, 2019).

10.2.2.4 Herpetofauna

En el área de influencia directa se registran 29 individuos de anfibios y reptiles, en los anfibios existen dos especies pertenecientes a la familia Bufonidae y Craugastoridae, este último cuenta con 3 especies Craugastor raniformis, Anolis fraseri y Mabuya mabouya y 23 individuos de una especie; por otro lado, existen 3 especies de reptiles pertenecientes al orden Squamata, familias Corytophanidae, Polychrotidae, Scincidae. Las especies Rhinella marina, Craugastor raniformis y Anolis fraseri se encuentran dentro de la categoría de amenaza de menor preocupación en el libro rojo. En esta zona también habitan especies tales como: Iguana iguana, Chironius monticola, Leptophis ahaetulla, Spillotes pullatus, Micrurus mipartitus y Colubridae (Navarro, 2014).

10.2.2.5 Avifauna

En el área de influencia directa existen 82 especies de aves, las cuales representan 30 familias y 14 órdenes, la familia con más especies cuenta con 15, las Tangaras (Thraupidae), seguido por los Atrapamoscas (Tyrannidae) con 13 especies, las familias restantes presentan entre 1 y 5 especies cada una (Navarro, 2014).

Entre las aves más destacadas, se encuentran:

Tabla 15. Especies de avifauna común

Especies	
Nombre común	Nombre científico
Gallinazo	Coragyps atratus
Guala	Cathartes Aura
Gavilán caminero	Rupornis magnirostris
Pava Cari azul	Penelope montagnii
Garza de ganado	Bubulcus ibis
Paloma Collareja	Patagioenas fasciata
Garrapatero	Crotophaga
Cucú	Cuculus canorus

Colibrí Pechinegro	<i>Anthracothorax nigricollis</i>
Barranquero	<i>Momotus momota</i>
Carpintero Buchipecoso	<i>Colaptes punctigula</i>
Trepatroncos	<i>Lepidocolaptes affinis</i>
Gallito de Roca	<i>Rupicola peruvianus</i>
Sirirí	<i>Tyrannus melancholicus</i>
Golondrina	<i>Hirundo rustica</i>
Cucarachero Común	<i>Troglodytes aedon</i>
Turpial	<i>Icterus</i>
Reinita de pensilvania	<i>Setophaga pensylvanica</i>
Mielero	<i>Coereba flaveola</i>
Tángara Azul	Tángara Azul
Azulejo común	<i>Thraupis episcopus</i>
Piranga	Piranga
Toche	<i>Icterus chrysater</i>
La garcita del ganado	<i>Butorides virescens</i>
Cotorra cheja	<i>Pionus menstruus</i>
Coquito	<i>Phimosus infuscatus</i>
Buhos	Strigiformes
Gallinas	<i>Gallus gallus domesticus</i>
Mirla tierrera	<i>Turdus merula</i>
Lora maicera	<i>Pionus chalcopterus</i>
Lechuzas	<i>Tyto alba</i>
Tórtolas	<i>Streptopelia turtur</i>
Pericos	<i>Melopsittacus undulatus</i>
Guacharaca	Ortalis
Loros	Psittacoidea
Mochileros	ictéridos

Canarios	<i>Serinus canaria</i>
Tominejos	<i>Ensifera ensifera</i>
Soledades	<i>Piayecayane</i>

Fuente: Expediente 6966 “Estudio Ambiental para la Modificación de la Licencia Ambiental de la PCH Morro Azul” (2014) & Entrevistas de este proyecto de grado.

Elaboración Propia.

10.2.2.6 Mamíferos

Habitan en la zona 56 individuos pertenecientes a 9 especies, 3 familias y 2 ordenes (Didelphimorphia y Chiroptera) y 4 especies de *Bradypus variegatus*, *Cerdocyon thous*, *Lontra longicaudis* y *Dasyprocta punctata*, además se encuentran especie de murciélagos (orden Chiroptera) con 8 especies y dos familias, las especies representativas de esta especie son *Artibeu lituratus*, *Carolina perspicillata* y *Sturniralilium*. Los marsupiales están representados por un individuo *Marmosops de impavidus* (Navarro, 2014).

Según información primaria y secundaria en la zona también habitan especies como:

Tabla 16. Especies comunes

Especies	
Nombre común	Nombre científico
Ardilla de cola roja	<i>Sciurus granatensis</i>
Guatín o Ñeque	<i>Dasyprocta punctata</i>
Chucha	<i>Didelphys sp</i>
El pecarí	<i>Tayasu tajacu</i>
Gurre	<i>Cabassus centralis</i> y <i>Dasyopus novemcinctus</i>
Erizo	<i>Erinaceinae</i>
Gato de monte	<i>Felis silvestris</i>
Guagua	<i>Cuniculus paca</i>
Armadillo cola de trapo	<i>Cabassous centralis</i>
Comadreja	<i>Mustela nivalis</i>
Mico dormilón	<i>Aotus trivirgatus boliviensis</i>
Oso hormiguero	<i>Vermilingua</i>

Perro de monte	Speothos venaticus
Tigrillo	Leopardus tigrinus
Puma	Leopardus tigrinus
Venado	Cervus elaphus
Zorro	Vulpini
Conejos silvestres	Oryctolagus cuniculus
Perros	Canis lupus familiaris
Caballos	Equus ferus caballus
Zarigüeyas	Didelphimorphia
Lobos	Canis lupus
Ratón	Mus
Vaca	Bos Taurus
Murciélago frutero	Chiroptera
Nutria	Lutrinae

Fuente: Expediente 6966 “Estudio Ambiental para la Modificación de la Licencia Ambiental de la PCH Morro Azul” (2014) & Entrevistas de este proyecto de grado.

Elaboración Propia.

En el área de influencia directa también se encuentran insectos como:

Tabla 17. Especies de insectos

Especies	
Nombre común	Nombre científico
Mariquitas	Coccinellidae
Mariposas	Lepidoptera
Cucarrones	Coleoptera
Abejorros	Bombus
Cucarachas	Blattodea
Avispas	Vespula germanica
Hormigas	Formicidae

Gusano pollo	Megalopyge lanata
--------------	-------------------

Fuente: Entrevistas de este proyecto de grado.
Elaboración Propia.

Según información suministrada por habitantes de la vereda Columbia las especies de fauna más abundantes que se encuentra son las sabaletas, golondrinas y perros, en El Diamante la lora y el guatín, en Cauca yá las zabaletas, el guatín y las tórtolas y en La Garrucha las sabaletas, guacharacas y culebras (Riaño, F., Benítez, C., Camacho, J., Jaramillo, A., Bedoya, J. & Jaramillo, E., Comunicación personal, 2019).

Con respecto a la flora esta es determinada por la zona de vida en la que se encuentra la zona de estudio Bosque Húmedo Premontano compuesta por bosques secundarios de galería, pastos manejados para ganadería con individuos arbóreos dispersos, relictos de bosque en guadua, cultivos de café tradicional, árboles aislados, rastros y cercas vivas de matarratón.

En general la especie dominante corresponde al matarratón, la cual se asocia al uso marcado de cercas vivas, le siguen el cedro y el nogal cafetero, las demás especies dentro de las cuales se encuentran frutales y silvestres no presentan un dominio alguno.

En algunos sectores el cultivo de café se combina con cultivos de plátano (*Musa acuminata*), Nogal (*Cordia alliodora*), guamo (*Inga edulis*), aguacate (*Persea americana*). También se pueden observar pequeños relictos de bosque secundario mezclados en algunos casos con guadua (*Guadua angustifolia*). La guadua se encuentra en pequeños relictos independientes o en las margenes de los ríos y quebradas.

La zona se caracteriza por presentar una faja forestal protectora a lo largo de la margen del río Risaralda y Guática, conformada por una cobertura de bosque secundario de galería, presenta árboles de porte alto y bajo (Navarro, 2014) tales como:

Tabla 18. Especies de flora

Especies	
Nombre común	Nombre científico
Mano de oso	<i>Orcopanax peltatus</i>
balso	<i>Ochroma pyramidale</i>
yarumo	<i>Cecropia peltata</i>
Guamo rabomico	<i>Inga eolulis</i>
Frutillo	<i>Solanum sp</i>

Platanillo	Musa valentina
Heliconias	Heliconias sp
Dormidera	Mimosa pudica
Verbena	Stachytarpheta cayennensis

Fuente: Expediente 6966 “Estudio Ambiental para la Modificación de la Licencia Ambiental de la PCH Morro Azul” (2014) & Entrevistas de este proyecto de grado.

Elaboración Propia.

En cuanto a la franja protectora presente en los nacimientos de las veredas influenciadas se encuentran especies de Guadua (*Guadua angustifolia*), Quiebra Barriga (*Trichanthera gigantea*), Platanillo (*Heliconia*), Junco (*Juncus*), Mulato (*Bursera simaruba*), árboles de diferentes clases, rastrojo, bejucos entre otras.

Según información primaria en las veredas influenciadas se encuentran también especies de flora tales como: Pringamosa (*Urtica dioica*), Pate Gallina (*Eleusine indica*), Higuerón (*Ficus luschnathiana*) y árbol del caucho (*Hevea brasiliensis*) (Riaño, F., Benítez, C., Camacho, J., Jaramillo, A., Bedoya, J. & Jaramillo, E., Comunicación personal, 2019).

10.2.3 Dimensión económica

En Belén de Umbría las actividades económicas según el Plan de Desarrollo 2016-2019 “la tercera parte de la población ocupa labores de tipo agropecuario, mientras que cerca de una quinta parte lo hace en actividades de tipo comercial, seguido por las labores asociadas con construcción y otras actividades relacionadas con la estructura económica del municipio”.

La base económica se fundamenta en la producción agropecuaria, pecuaria y ganadera, además de la producción de café, caña de azúcar, aguacate y en mayor proporción lulo con un 61% del total de área sembrada, mora con un 11% del total de área sembrada y plátano con un 46% del total de área sembrada siendo proveedor de la multinacional PepsiCo Inc. y el mayor productor de plátano a nivel departamental.

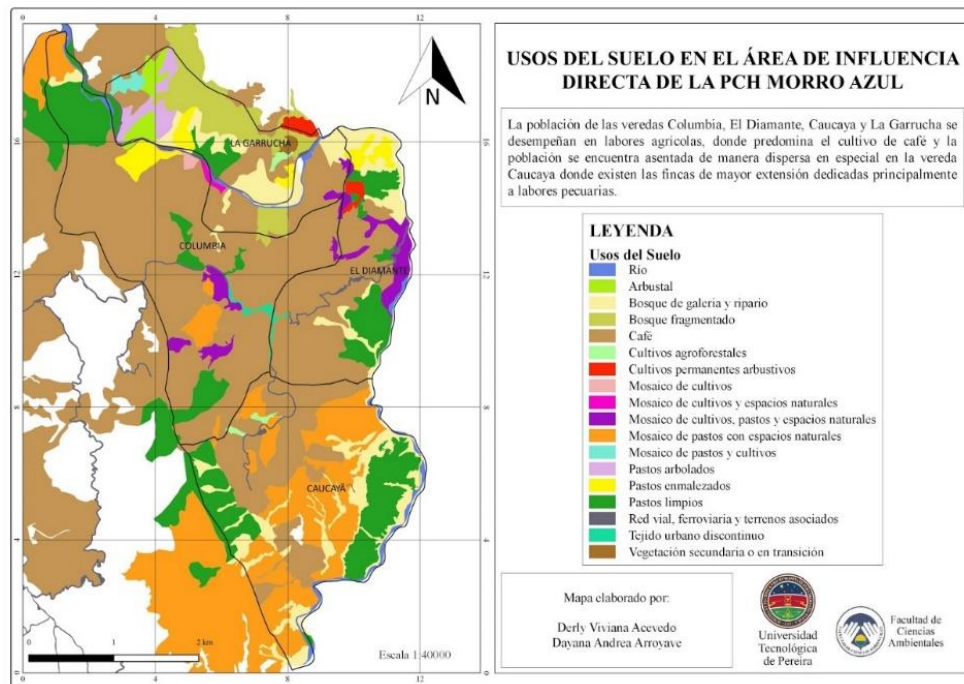
Con respecto a la distribución de la tierra el área agrícola, (8120 hectáreas), es el uso más representativo del municipio, 45.83% en el grupo de los cultivos permanentes y semipermanentes; el café cubre el 92.33% del suelo dedicado a la agricultura, y sigue en importancia la caña panelera, plátano y los cítricos, con el 4.79% de dicha área. En pastos se encuentran 5729 hectáreas que equivalen al 31.41% del total municipal, en pastos manejados con 4458 hectáreas. El bosque natural secundario y la guadua constituyen el 11.69% del área total del municipio, cubriendo el primero 2084.80 hectáreas.

La población de las veredas Columbia, El Diamante, Cauca y La Garrucha se desempeñan principalmente en labores agrícolas, los pobladores se encuentran asentados de manera dispersa en especial en la vereda Cauca donde existen las fincas de mayor extensión dedicadas principalmente a labores agrícolas y pecuarias. En las veredas influenciadas existen otras fuentes de ingreso tales como un supermercado y 4 tiendas pequeñas en el caserío Columbia y dos tiendas pequeñas en la vereda La Garrucha (Riaño, F., Benítez, C., Camacho, J., Jaramillo, A., Bedoya, J. & Jaramillo, E., Comunicación personal, 2019).

Los usos del suelo en las veredas influenciadas en mayor medida se utilizan para cultivos (1058,11281 ha), en estas zonas también se encuentran en menor proporción pasto (644,700816 ha), bosque (271,952724 ha), arbustos (18,460936 ha), tejido urbano discontinuo (5,81928534 ha) y vegetación secundaria o en transición (3,16597277 ha) (CARDER, 2016).

Según la CARDER (2016) para la vereda La Garrucha los usos del suelo son: bosque fragmentado, cultivo de café, mosaico de pastos y cultivos, arbustal, pastos arbolados, pastos limpios, pastos enmalezados, bosque de galería y ripario, cultivos permanentes arbustivos, vegetación secundaria en transición y cultivos agroforestales, en esta vereda el uso predominante son los bosques fragmentados. Para la vereda Cauca los usos del suelo son: mosaico de pastos con espacios naturales, cultivos de café, cultivos agroforestales, pastos limpios, bosque de galería y ripario y vegetación secundaria en transición, en esta vereda los usos predominantes son el cultivo de café, mosaico de pastos con espacios naturales y pastos limpios. Para la vereda Columbia los usos del suelo son: cultivos de café, bosque de galería y ripario, bosque fragmentado, mosaico de cultivos, mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales, mosaico de pastos con espacios naturales, pastos enmalezados, pastos limpios y tejido urbano discontinuo, en esta vereda el uso que predomina es el cultivo de café. Para la vereda El Diamante los usos del suelo son: bosque de galería y ripario, cultivo de café, cultivos permanentes arbustivos, mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales, pastos enmalezados, pastos limpios y tejido urbano discontinuo, en esta vereda el uso del suelo que predomina es el cultivo de café.

Mapa 7. Usos del suelo del área de influencia directa



Fuente: Información Suministrada por la CARDER (2016).

Elaboración: Propia

Con base a información primaria los cultivos que se encuentran en la vereda Columbia son: café, plátano, maíz, frijol, aguacate, lulo, tomate. En la vereda El Diamante hay cultivos de café, plátano, maíz, frijol, yuca, aguacate, guanábana, maracuyá, cacao, tomate, arracacha, papaya, cebolla, cilantro, limón, ortiga, papayuelo. En la vereda La Garrucha hay cultivos de café, plátano, maíz, fríjol, yuca, arracacha y en la vereda Caucaya hay cultivos de café, plátano, banano, frijol, maíz, yuca, naranja, mandarina. El cultivo de café es la principal fuente de sustento para los habitantes de las veredas, seguido de plátano, el resto de cultivos se siembran en menor cantidad ya que el comercio de estos es muy poco, se utilizan en gran medida para consumo de las familias (Riaño, F., Benítez, C., Camacho, J., Jaramillo, A., Bedoya, J. & Jaramillo, E., Comunicación personal, 2019).

Figura 21. Cultivos presentes en el área de influencia directa



Fuente: Propia.

Figura 22. Relictos de bosque y cultivos presentes en el área de influencia directa



Fuente: Propia.

Figura 23. Rastrojo y bosque presente en el área de influencia directa



Fuente: Propia.

10.2.4 Dimensión cultural

10.2.4.1 Historia y procesos de poblamiento

En la época del descubrimiento de América, la zona correspondiente al municipio de Belén de Umbría estaba habitada por el grupo indígena Umbras, las primeras referencias a los Umbras vienen de los textos de los protagonistas de la conquista y la resonancia que tiene hasta hoy ese nombre, de por sí sonoro, y que para la cultura latina significa “sombra”, se debe a que los propios conquistadores fueron reiterativos en explicar que cometieron un error en darle el nombre de “Anserma” a un territorio cuya denominación propia, en lengua nativa, era “Umbría”, explicando que todo se debió a un error de Sebastián de Belalcázar, quien cuando llegó a estas tierras en 1536 no traía traductores, o “indios lenguas” como se les conocía, por lo que confundió la palabra indígena “ancer” (sal) con el nombre del territorio (Caicedo, 2013).

Según la biblioteca virtual de Comfamiliar, los Umbras lograron abundantes cosechas de maíz, principalmente se alimentaban de chócolo, yuca, ají, ahuyamas, guanábanas, palmitos de los que extraían leche, manteca, y nata. Tenían cementeras y árboles frutales que rodeaban sus poblados. Las Mujeres Umbrías o Ansermas llevaban manta, desde la cintura hasta la punta de los pies que denominaban “naguas” (Comfamiliar, 2017).

Los miembros superiores lo cubrían con otra manta muy pintada, adornada con plaqueta de oro laminado de formas redondeadas y estrelladas. Los señores usaban Maures o cubre sexo de tela de algodón y encima lujosas mantas; pero la gente del pueblo iba generalmente desnuda o con

taparabo; tanto las mujeres como los hombres llevaban el rostro pintado y en el tabique nasal usaban adornos de oro, las mujeres tenían el cabello peinado y los señores lo usaban largo, cogido con guirnaldas (Comfamiliar, 2017).

“La Guanábana” o vaso sagrado de los Umbras es una pieza arqueológica hallada en los años 40 en la vereda Santa Emilia de Belén de Umbría, es una figura antropofitomorfa por tener forma de fruta y rasgos humanos, pero en sí, se cree que hace alusión al Sol, actualmente es conservada en el Museo Histórico y Arqueológico de Belén de Umbría (Caicedo, 2013).

El investigador Guillermo Rendón (2011) en su libro “La Lengua Umbra” descarta totalmente la posibilidad de atribuir al chibcha el origen del Umbra debido a la escasa coincidencia de isoglosas, radicales y sintaxis entre las dos lenguas; “se tiene la creencia de que existe el pueblo crisol que para esta zona es el cañarí, una comunidad indígena que aún en la actualidad existe en el Ecuador y que presenta una expresión cultural amazónica y andina con procesos de poblamiento en el pacífico, esta relación obedece a la semántica de diferentes palabras que comparten estos pueblos y mitos relacionados evidenciados en diferentes petroglifos” (G. Castaño, comunicación personal, 3 de octubre de 2019).

Tras la llegada de los españoles, las enfermedades traídas por ellos y no conocidas por los nativos, el trabajo mitayo en las minas y las luchas contra los indígenas chochoanos fueron diezmando los pueblos aborígenes, esto sumado a los cambios climáticos o de oficios a los cuales no estaban acostumbrados. Cuando disminuyó la población indígena, a partir de 1597 los sobrevivientes fueron reunidos en pueblos de indios o repartimientos. A uno o más repartimientos se le asignó una determinada cantidad de tierra que se llamó resguardo, la cual era administrada por un cabildo indígena que a la vez cumplía algunas funciones policivas y catequísticas (Atlas de Risaralda, 1985).

El proceso de colonización antioqueña para Belén de Umbría se documentó a partir del Atlas de Risaralda el cual explica que para el año 1871 el estado se limitó a reconocer pequeñas mejoras por intermedio de juntas repartidoras y cedió grandes extensiones de tierras en Belén de Umbría, La Celia y Santuario que fueron loteadas por terratenientes manizaleños ya que la colonización antioqueña del departamento de Risaralda fue realizada individualmente y por empresarios (Atlas de Risaralda, 1985).

Hacia el occidente del río Cauca se movilizaron los antioqueños del suroeste. Eran paisas mestizos de temperamento belicoso y machista; aguantador del trabajo rudo, solitario y peligroso. Estos migrantes del suroeste, fueron quienes desalojaron a los nativos de sus tierras, poblaron las lomas de Apia y de Belén, siguieron por Balboa y continuaron la colonización al municipio del Águila y demás poblaciones cordilleras del Valle del Cauca (Atlas de Risaralda, 1985).

Después de 1885 cuando el resguardo de Tachiguí repartió sus tierras, dejó un lote extenso para que se construyera una nueva población y un poco más adelante los colonos antioqueños levantaron allí el caserío de Higueronal, el mismo que habría de convertirse en la aldea de Arenales, hoy Belén de Umbría (Atlas de Risaralda, 1985).

En 1890 con la colaboración de algunos dirigentes de Anserma principalmente el párroco Pedro H. Orozco, los parroquianos se dirigieron a la prefectura de Río Sucio y pidieron que esta se entendiera con la gobernación de Popayán para elevar este lugar de caserío a corregimiento (Comfamiliar, 2017).

Muy pronto esto se logró y nombraron como primer Inspector de policía a don pío Ramírez, una de las principales causas era que para esta época se había aumentado la comunidad de esta aldea y sus habitantes eran 400 o más. Cuando Manuel María Hoyos y Lisimaco Parra hicieron el trazado de la población, se repartieron los lotes, es de notar que antes de entregar estos lotes ya había algunos ranchos de paja, pero a partir de su fundación y especialmente desde 1894 se empezó a notar la arquitectura Antioqueña de madera, guadua, paredes de tapia, paredones, puertas talladas, patios grandes, y casas divididas en alcobas, pero con características propias (Comfamiliar, 2017).

Sin embargo, hubo que rectificar otra vez el plano de la población y para ello llamaron a don Alejandro Moreno pues como se dijo antes don Manuel Hoyos había cometido grandes errores en su demarcación cuando don Mr. Martín trasladó el área de Tachigui al sitio de Higueronal, que más tarde se llamó Arenales, luego Belén de Umbría, después Mocatán y por último otra vez Belén de Umbría (Comfamiliar, 2017).

10.2.5 Dimensión social

10.2.5.1 Población

De acuerdo a los datos poblacionales del DANE, al año 2019 el municipio de Belén de Umbría cuenta con una población de 27.727 habitantes, de los cuales 13.215 pertenecen a la zona urbana y 15.512 a la zona rural del municipio, contrastando estos datos con la población del año 2005 que fue de 27.727 habitantes, se observa una estabilidad en la población a través del tiempo, cabe resaltar que la población para el año 2005 en la zona urbana era de 12.834 y para la zona rural era de 14.893, estos indicadores reflejan una disminución en la población de la zona rural desde el año 2005 hasta el año 2019, esta disminución aumenta para el año 2020, ya que aunque la población total del municipio aumenta a 27.730 habitantes, 13.235 pertenecen a la zona urbana y 14.495 a la zona rural, equivalente a un 0.043% población por área de residencia urbano/rural

El Municipio de Belén de Umbría cuenta con un 47,35 % de la población en la zona urbana, el restante 52,64% se encuentra distribuida en la zona rural. Con base a esta información se evidencia

que la mayor parte de la población se encuentra asentada en la zona rural, la cual determina la actividad económica predominante en el municipio, la agricultura.

En cuanto a la población presente en las veredas Columbia, El Diamante, Cauca y La Garrucha. Columbia cuenta con una población aproximada de 1500 personas, distribuidas en 350 viviendas para un promedio de 3 a 5 personas por casa; en esta vereda la población está distribuida en proporciones similares para todas las edades, El Diamante cuenta con una población aproximada de 168 personas, distribuidas en 56 viviendas para un promedio de 3 personas por casa, en la vereda la mayoría de la población es adulta, Cauca cuenta con una población aproximada de 294 personas, en la vereda hay 112 viviendas de las cuales 98 están habitadas, cada unidad familiar tiene un promedio de 3 personas y La Garrucha cuenta con una población aproximada de 165 personas, distribuidas en 41 viviendas para un promedio de 4 personas por unidad familiar, en esta vereda la mayoría de la población es adulta; las viviendas de estas veredas en su mayoría están construidas en bareque, para el caserío de Columbia aproximadamente el 50% están construidas en material y el resto en bareque (Riaño, F., Camacho, J., Bedoya, J. & Jaramillo, E., Comunicación personal, 2019).

10.2.5.2 Educación

El municipio cuenta con 8 instituciones educativas ubicadas en el casco urbano y 51 en zona rural del municipio, en total son 59 sedes educativas, de las cuales 5 no están en funcionamiento (Plan de Desarrollo 2016-2019).

Según el Plan de Desarrollo 2016-2019 una de las causas identificadas de deserción infantil se relaciona con el trabajo de los menores de edad en época de cosecha, otras circunstancias pueden ser causadas por las dificultades económicas de los hogares y las distancias entre el establecimiento educativo y las viviendas en especial los que viven en la zona rural debido a que el horario de clases es de ocho de la mañana a dos de la tarde y varios estudiantes tienen que caminar hasta una hora para poder ir a la institución educativa.

La vereda Columbia cuenta con una escuela que dicta clases de básica primaria (grados 0 a 5) en jornada única, es decir, va hasta las 2:30 de la tarde, a esta escuela asisten 180 alumnos, a quien les imparten clases 6 maestros en 6 salones, la vereda también cuenta con un colegio en donde se dictan clases de básica secundaria (grados 6 a 9) en jornada única, esta jornada va hasta las 4:30 de la tarde, a este colegio asisten 102 alumnos, en sexto hay 23, en séptimo hay 21, en octavo hay 23, en noveno hay 11, en décimo hay 15 y en once hay 9 estudiantes, sus edades oscilan entre los 12 y 17 años, en la institución hay 6 maestros y 4 salones, en cuanto a la deserción escolar en la vereda es del 5%, esta deserción se da por el cambio de residencia o por el mal desempeño académico de los estudiantes, además de la escuela y el colegio la vereda cuenta con una guardería de tiempo completo. En la vereda el Diamante hay una escuela donde se dictan clases de básica primaria a 12 niños en una jornada que va desde las 8 de la mañana hasta la 1 30 de la tarde, los

estudiantes reciben clases por una docente en 1 aula, sus edades oscilan entre los 5 y los 15 años. En la vereda Caucaiyá hay una escuela donde un maestro le dicta clases a 28 niños y la vereda Garrucha cuenta con una escuela dotada de un aula en la que un maestro imparte clases a 16 alumnos a los cuales les dan refrigerio (Riaño, F., Camacho, J., Bedoya, J. & Jaramillo, E., Comunicación personal, 2019).

Tabla 19. Instituciones educativas en las veredas influenciadas

NOMBRE	UBICACIÓN
Institución Educativa Juan Hurtado sede Caucaiyá (Escuela)	Vereda Caucaiyá
Institución Educativa Juan Hurtado sede Columbia (Escuela)	Vereda Columbia
Institución Educativa Juan Hurtado sede Columbia (Colegio)	Vereda Columbia
Institución Educativa Juan Hurtado sede El Diamante (Escuela)	Vereda El Diamante
Institución Educativa Juan Hurtado sede La Garrucha (Escuela)	Vereda La Garrucha

Fuente: Entrevistas de este proyecto de grado.

Elaboración Propia.

10.2.5.3 Salud

Según el Plan de Desarrollo 2016-2019 el municipio posee actualmente varios prestadores de servicios de salud entre los que tenemos la ESE Hospital San José, con la mayor concentración de atenciones sobre todo en la población pobre no asegurada y los subsidiados, una IPS Centro Médico Los Andes de carácter privado y la IPS San Sebastián, para usuarios de Coomeva exclusivamente. Toda la atención del primer nivel que se presta a la población se hace a través de la ESE pública, tanto a la afiliada como a la no afiliada; igualmente un alto porcentaje de las acciones del plan de salud pública se ejecutan por intermedio de esta entidad.

La población de las veredas Columbia, El Diamante, Caucaiyá y La Garrucha en su mayoría tienen salud de tipo subsidiado. Estas no cuentan con un puesto de salud cercano, por lo cual la población debe desplazarse hasta el hospital San José de Belén de Umbría para ser atendida. En la vereda Columbia desde este hospital mandan un médico para que realice 1 jornada de salud en el caserío cada mes aproximadamente (Riaño, F., Camacho, J., Bedoya, J. & Jaramillo, E., Comunicación personal, 2019).

10.2.6 Dimensión espacial

10.2.6.1 Vías

Continuando con la información del Plan de Desarrollo 2016-2019 la malla vial urbana municipal está comprendida por 15 carreras y 15 calles basadas en la retícula de damero que fue implantada por nuestros ancestros con medidas promedio de 60 metros de longitud por 6 metros de ancho para un aproximado general de 81.000 m² de pavimento en nuestro municipio.

El gobierno anterior (2012-2015) hizo una inversión considerable al realizar la construcción de pavimentos nuevos y cambiar unos deteriorados por nuevos en 15 vías municipales por alrededor de 6242.82 m², interviniendo así el 7.71 % del total de la malla vial urbana.

Belén de Umbría cuenta con 236,95 Km. de vías rurales principales, teniendo en cuenta el inventario vial de la Gerencia de Infraestructura Departamental. Estos 236,95 Km. están distribuidos de la siguiente forma: 160.2 Km. de vías municipales rurales en sub base o afirmado 50.2 Km. de vías intermunicipales rurales en sub base o afirmado 26,55 Km. de vías intermunicipales secundarias rurales pavimentadas.

Las diferentes veredas que comprenden la jurisdicción se comunican entre sí por medio de carreteras no pavimentadas, el transporte hacia las veredas es prestado por vehículos camperos carpati afiliados a COOTRANSBEL (Empresa Transportadora de Belén de Umbría), al centro poblado de Columbia confluyen las vías principales de las veredas El Diamante, Caucajá y La Garrucha, sector de la meseta; desde el caserío sale una vía que comunica con el casco urbano de Belén de Umbría (Navarro, 2014),

En cuanto a los medios de transporte la población de las veredas se moviliza en moto o en jeep, el recorrido del jeep para Columbia pasa todos los días y sube constantemente, para la vereda el Diamante el recorrido pasa los miércoles, sábados y domingos en dos turnos a las 7:00 de la mañana y a las 3:00 de la tarde, para la vereda La Garrucha el recorrido es todos los días en 3 turnos a las 7:30 de la mañana, a las 11:30 de la mañana y a las 4:30 de la tarde y para la vereda Caucajá el recorrido pasa el jueves, el sábado y el domingo en dos turnos, el jueves pasa a las 8:00 de la mañana y a las 11:00 de la mañana y el fin de semana pasa a las 8:00 de la mañana y la 1:00 de la tarde (Riaño, F., Camacho, J., Bedoya, J. & Jaramillo, E., Comunicación personal, 2019).

10.2.6.2 Servicios públicos

La prestación del servicio de acueducto, alcantarillado y aseo es ofrecida en el Municipio por la Empresa de Servicios Públicos Municipales, a los cuales se les transfieren recursos del Sistema General de Participación. Mediante convenio con el PDA – Plan Departamental de Aguas, se trasladan recursos anuales para la construcción de obras de impacto, tales como el Plan Maestro de Acueducto y Alcantarillado – PMAA, obras de estabilización y mitigación de riesgos de infraestructura que afecte la prestación del servicio.

De igual manera, año a año se hacen los giros a las EPM municipal para el aporte de subsidios a los estratos menos favorecidos como lo dice la ley, y año a año se hacen los traslados al plan departamental de aguas (PDA) por un convenio suscrito sin que en el momento se generen resultados.

En cuanto a la calidad del agua, Belén de Umbría se ha sostenido como una de las mejores del departamento con un Índice de Riesgo para la Calidad del Agua-IRCA del 0% de acuerdo a evaluación de la Secretaría de Salud del Departamento.

El 100% del perímetro urbano cuenta con acceso a agua potable, en cantidad y calidad suficiente para satisfacer la demanda de la población, en el 63,33 % de la zona rural no cuenta con agua potable, afectando la población en incidencias de EDA.

En la zona rural existen actualmente 42 acueductos comunitarios que abastecen aproximadamente el 60% de la demanda de agua de la población, el resto de las viviendas de la zona rural captan el agua de cursos de agua y nacederos mediante mangueras, distribuyendo el agua por gravedad, solo 3 acueductos y el 66,67% no cuentan con desinfección (POT, 2000).

En la vereda Columbia el 98% de las viviendas posee acueducto administrado por empresas públicas municipales; el caserío tiene un acueducto que capta el agua desde la vereda la Tribuna. Esta vereda cuenta también con dos nacederos uno ubicado al lado de los guaduales en inmediaciones al caserío, este es utilizado como fuente de abastecimiento de emergencia en los casos cuando el acueducto principal queda fuera de servicio y el otro nacedero llamado La Sirena está ubicado en la finca de Alberto Grajales el cual provee de agua a 4 viviendas. En la vereda La Garrucha las viviendas se abastecen en su totalidad de agua proveniente de nacimientos mediante mangueras el agua es conducida hacia las viviendas. En la vereda el Diamante la mayoría de las viviendas se abastecen del agua proveniente de nacimientos la cual es conducida por medio de mangueras hasta las viviendas, aproximadamente 20 viviendas se abastecen del sobrante de agua del acueducto de Columbia, más que todo en tiempos de verano porque a los nacimientos se les disminuye el caudal y no son suficientes para suplir la demanda, algunas de estas fuentes abastecen a 17 viviendas. La vereda Caucayá cuenta con dos acueductos comunitarios la parte alta de la vereda se abastece del sobrante del acueducto que abastece a Columbia y la parte baja se abastece de los acueductos comunitarios, además 4 viviendas de la vereda se abastecen de nacimientos, en general la mayoría de las viviendas de la vereda tienen cobertura de acueducto comunitario.

El manejo y disposición de residuos sólidos en las veredas es deficiente, en la vereda Columbia cada mes va un carro de las empresas públicas municipales que recolecta la basura del sector, en las veredas El Diamante, Caucayá y La Garrucha queman, entierran y reciclan los residuos sólidos, en cuanto a los residuos orgánicos estos se utilizan para abonar los cultivos. En cuanto al tratamiento de aguas residuales en las veredas solo opera en una pequeña proporción de pozos

sépticos domésticos, en la vereda Columbia para la mayoría de las viviendas el servicio lo presta la Empresa de Servicios Públicos Municipales, en la zona también se encuentran viviendas con pozo séptico aproximadamente 5 a 6. En la vereda El Diamante la mayoría de las viviendas dejan escurrir las aguas a campo abierto, solo hay 4 pozos sépticos. En Caucajá aproximadamente el 40% de las viviendas cuentan con un pozo séptico y el resto de viviendas escurren las aguas a campo abierto, la CARDER tiene un proyecto en la vereda para la construcción del 100% de los pozos sépticos. En la vereda Garrucha de las 41 viviendas solo 5 cuentan con pozo séptico y el resto disponen las aguas a campo abierto.

El servicio de energía eléctrica para las veredas Columbia, El Diamante y Caucajá tiene un cubrimiento del 100% siendo este un servicio con buena calidad y frecuencia, en la vereda Caucajá 2 viviendas aún no cuentan con el servicio, pero está en proyecto, el servicio es prestado por Empresa de Servicios Públicos Municipales. Los servicios de televisión, internet, teléfono en las veredas en nulo ya que no se cuenta con el dinero suficiente para su instalación (Riaño, F., Benítez, C., Camacho, J., Jaramillo, A., Bedoya, J. & Jaramillo, E., Comunicación personal, 2019).

10.2.7 Dimensión política

En el municipio existe como espacios de participación las juntas de acción comunal, representadas por cada una de las veredas y barrios de la zona urbana y los corregimientos (Riaño, F., Camacho, J., Bedoya, J. & Jaramillo, E., Comunicación personal, 2019).

Existe de igual forma la asociación de usuarios de la salud que se reúnen una vez al mes y están representados por el delegado de salud por cada una de las juntas de acción comunal. Se cuenta con las veedurías de participación ciudadana con un total de 4, 3 Urbanas y 1 Rural. Adicional existen diferentes asociaciones como: asociación de discapacitados, asociación de víctimas de la violencia. Se cuentan con Comité de participación comunitaria COPACO, comité de salud mental, comité de discapacidad, comité de la tercera edad, centro día (POT, 2000).

10.3 Descripción parámetros morfométricos

10.3.1 Área

El área es el tamaño de la superficie de cada cuenca, para la cuenca del río Risaralda el área es de 1256,00 km², con respecto al tamaño la cuenca se clasifica como intermedia grande, esto quiere decir que esta cuenca tiene una capacidad intermedia de recolectar agua.

Tabla 20. Rangos generales de tamaños de una cuenca

Tamaño de la cuenca (km ²)	Descripción
--	-------------

<25	Muy pequeña
25 a 250	Pequeña
250 a 500	Intermedia- pequeña
500 a 2500	Intermedia-grande
2500 a 5000	Grande
>5000	Muy grande

Fuente: POMCA Río Risaralda, 2017.

10.3.2 Perímetro

El perímetro se considera como la línea que forma la divisoria de aguas, es decir es la relación la cuenca del río Risaralda tiene un perímetro 24298,92 Km, siguiendo la línea divisoria de aguas.

10.3.3 Longitud de la cuenca

La longitud de la cuenca está definida por la distancia del cauce principal, esta distancia es desde su nacimiento hasta el punto de la desembocadura, para la cuenca del río Risaralda la longitud de la cuenca es de 76,313 km.

En cuanto a la longitud del cauce principal para esta cuenca es de 125,70 Km, esta sigue una trayectoria en sentido norte – sur desde el municipio de Riosucio, hasta el municipio de La Virginia desembocando en el río Cauca.

La relación que existe entre la longitud de los cauces y las áreas de las cuencas determinan los caudales medios máximos y mínimos de la cuenca, el tiempo de desplazamiento y la duración de las avenidas torrenciales.

10.3.4 Ancho de la cuenca

El ancho es la relación que existe entre el área y la longitud de la cuenca, para esta cuenca el ancho es de 31224,0 km.

10.3.5 Coeficiente de Gravelius o de compacidad

En este se compara la forma de la cuenca con la de una circunferencia que tenga la misma área de la cuenca, se mide el perímetro de la cuenca con el perímetro de la circunferencia. Para la cuenca

se obtiene un coeficiente de compacidad de 192, lo que indica que la cuenca tiene una Forma oval-alargada a alargada.

La ecuación que permitió hacer este cálculo es $K_c = 0.28 P/\sqrt{A}$

Donde:

Kc: coeficiente de compacidad

P: perímetro de la cuenca

A: área de la cuenca

$$K_c = 0,28 * 24298,92 / \sqrt{1256}$$

$$K_c = 191,977434134$$

$$K_c = 192$$

Tabla 21. Clasificación de una cuenca según el coeficiente de compacidad

Clase	Rango	Descripción
Kc1	1 a 1,25	Forma casi redonda a oval-redonda
Kc2	1,25 a 1,5	Forma oval-redonda a oval-alargada
Kc3	1,5 a 1,75	Forma oval-alargada a alargada

Fuente: POMCA Río Risaralda, 2017.

10.3.6 Factor de forma

Este factor se estima a partir del ancho promedio del área de captación y la longitud de la cuenca, longitud que se mide desde la salida hasta el punto más alejado a esta, para la cuenca se obtiene un factor forma de 0,216, lo cual indica que tiene una forma muy alargada, al ser un valor bajo la cuenca no tiene tendencia alta a concentrar el agua ni a generar grandes crecidas.

Tabla 22. Clasificación de una cuenca según el factor de forma

Valores aproximados	Forma de la cuenca
>0,22	Muy alargada
0,22- 0,300	Alargada
0,300-0,37	Ligeramente alargada
0,37-0,450	Ni alargada ni ensanchada
0,450-0,60	Ligeramente ensanchada
0,60-0,80	Ensanchada

0,80-1,20	Muy ensanchada
>1,20	Rodeando el desagüe

Fuente: POMCA Río Risaralda, 2017.

10.3.7 Índice de alargamiento

Se refiere a la relación entre la longitud máxima de la cuenca, es decir la distancia desde la salida de la cuenca hasta el punto más alejado y el ancho máximo perpendicular a esta distancia. Para la cuenca de estudio el índice de alargamiento equivale a 2.44, por lo tanto, se considera una cuenca moderadamente alargada

Tabla 23. Clasificación de una cuenca según el índice de alargamiento

Valores	Descripción
0,0-1,4	Poca alargada
1,5-2,8	Moderadamente alargada
2,9-4,2	Muy alargada

Fuente: POMCA Río Risaralda, 2017.

10.3.8 Índice de asimetría

El índice de asimetría se define como la relación entre el área mayor y el área menor, separadas por el cauce principal, este índice evalúa la homogeneidad de la distribución de la red de drenaje, para la cuenca el índice de asimetría es de 1,48.

10.3.9 Elevación media de la cuenca

La variación altitudinal incide directamente en los hábitats presentes en la cuenca, así mismo incide sobre el microclima de la zona dando características climáticas particulares dependiendo de la altura sobre el nivel del mar en la que se encuentre.

10.3.10 Pendiente media de la cuenca

Para el caso de la cuenca del río Risaralda se obtiene una pendiente media de la cuenca principal de 29,66%, con base a este valor se determina que la cuenca posee un relieve fuertemente accidentada.

Tabla 24. Clasificación de una cuenca de acuerdo a su pendiente media

Pendiente media (%)	Tipo de relieve
0-3	Plano
3-7	Suave
7-12	Medianamente accidentado
12-20	Accidentado
20-35	Fuertemente accidentado
35-50	Muy fuertemente accidentado
50-75	Escarpado
>75	Muy escarpado

Fuente: POMCA Río Risaralda, 2017.

10.3.11 Pendiente de la corriente principal

Para el caso de la cuenca del río Risaralda se obtiene una pendiente media del cauce principal de 1,80% (Consortio de Ordenamiento Cuenca Río Risaralda, 2017).

10.4 Series de caudales promedio mensuales de las estaciones limnigráficas y pluviométricas del IDEAM.

Tabla 25. Serie de caudales promedio estación La Virgen

ESTACIÓN PUESTO LA VIRGEN (m3/s)												
AÑO	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	sept	oct	nov	dic
1965	9,16	6,52	4,53	12,56	16,9	10,2	7,08	6,33	9,73	17,66	22	14,92
1966	6,89	6,23	10,67	16,03	26,66	27,43	20,73	17,04	21,38	19,6	25,77	29,9
1967	11,8	12,78	12,68	21,34	18,56	19,51	16,15	9,42	11,63	9,59	19,99	15,18
1968	5,94	6,34	7,49	15,37	12,83	21,9	17,96	8,83	20,34	16,14	14,28	15,57
1969	10,65	10,34	11,87	20,09	36,21	20,02	8,57	16,41	19,52	45,83	36,38	16,64
1970	17,62	8,93	11,01	20,52	29,37	18,45	15,1	14,67	19,03	24,08	24,1	19,63
1971	36,09	25,59	32,35	22,28	28,85	32,09	16,93	27,28	26,84	24,24	29,19	16,16
1972	21,74	13,52	14,06	16,79	35,72	18,98	11,29	8,44	9,6	10,6	15,45	10,52
1973	6,12	4,22	9,02	9,93	17,54	20,13	17,98	22,84	47,88	29,81	37,91	35,27
1974	26,68	27,15	26,43	26,09	30,51	20,09	17,17	15,37	21,19	30,25	26,88	20,37
1975	9,42	15,23	17,87	13,85	25,76	20,56	31,85	21,4	26,87	29,5	29,26	46,42
1976	14,46	10,55	12,79	17,98	21,67	19,93	9,01	7,11	6,03	11,11	14,75	8,79

1977	5,89	4,89	5,37	7,26	14,64	16,34	13,9	13,09	11,66	23,19	21,54	11,53
1978	7,69	6,11	8,22	26,08	26,24	17,5	14,66	8,81	10,14	13,08	16,32	17,96
1979	8,01	6,91	8,13	14,18	18,56	23,8	11,91	11,56	20,14	22,03	25,58	17,88
1980	12,92	13,5	7,52	10,73	17,86	20,2	11,1	10,27	11,99	18,25	18,98	17,17
1981	10,25	9,4	12,39	27,83	34,34	30,38	20,25	13,95	22,17	18,88	24,89	18,28
1982	22,17	15,51	15,17	26,88	30,28	20,62	9,26	6,12	7,76	21,6	19,69	13,34
1983	8,08	5,65	7,34	12,33	17,12	19,57	11,7	11,81	12,48	17	15,37	19,43
1984	17,77	19,52	15,78	22,86	27,22	33,1	23,21	16,96	20,61	21,6	39,44	21,27
1985	14,16	8,05	6,86	10,31	13,31	11,35	6,49	10,61	14,86	20,21	24,08	14,2
1986	12,03	14,99	15,49	22,42	23,83	20,77	12,09	7,53	11,23	21,07	19,38	12,03
1987	7,52	5,31	5,33	9,28	15,3	10,1	9,58	13,49	14,35	21,85	19,47	15,01
1988	6,49	7,53	7,52	17,45	18,77	21,77	17,82	25	32,42	37,95	37,62	31,58
1989	15,52	13,03	13,18	11,11	21,72	20,94	14,08	17,65	23,11	26,06	21,29	15,74
1990	11,97	12,75	10,61	16,68	15,92	11,34	12,33	7,04	6,74	18,93	15,81	15,53
1991	8,68	6,17	10,36	12,45	15,05	13,91	9,98	8,2	10,5	11,77	16,97	16,18
1992	11,66	9,48	10,64	8,95	12,33	7,99	6,09	7,47	13,94	15,16	13,05	15,86
1993	14,8	10,34	13,07	23,27	30,73	19,91	17,9	18,18	25,13	24,95	36,4	22,76
1994	11,42	10,51	11,68	18,52	18,76	14,44	11,1	9,43	10,71	25,08	25,91	18,54
1995	5,6	3,98	5,1	15,98	17,45	17,74	19,5	20,91	14,32	15,39	17,04	16,78
1996	24,32	24,06	40,2	39,84	36,8	27,44	23,24	10,89	13,97	25,74	24,02	16,5
1997	28,41	16,95	16,29	25,32	15,95	23,55	10,13	7,42	11,6	16,15	18,22	5,54
1998	6,11	9,63	9,87	26,13	36,41	22,72	21,88	22,44	20,57	18,99	20,69	26,61
1999	21,93	3,66	27,04	35,48	27,74	28,93	20,79	20,4	32,2	31,52	36,59	32,84
2000	18,65	17,08	21,42	22,01	37,8	28,19	19,77	13,23	27,61	28,41	25,78	16,89
2001	12	8,62	16,37	16,96	20,28	19,85	8,31	6,58	7,99	13,22	21,71	22,41
2002	8,21	5,68	5,97	19,91	18,12	11,21	8,37	5,04	5,75	6,93	13,87	12,77
2003	7,02	8,23	10,41	20,71	20,55	22,35	12,32	11,71	11,81	29,8	24,39	32,12
2004	24,28	9,71	6,46	16,18	35,87	24,85	14,69	8,18	21,86	28,42	35,27	12,29
2005	12,01	13,29	15,14	16,63	23,88	25,22	12,54	10,95	10,96	24,14	29,01	22,91
2006	16,65	11,96	24,47	31,44	34,8	35,09	12,17	9,39	18,86	20,37	28,87	20,6
2007	13,77	6,37	13,1	25,99	24,67	27,59	20,63	27,91	23,06	30,83	25,98	30,53
2008	18,38	22,52	24,78	25,88	37,08	37,29	27,51	28,29	23,38	27,87	39,67	35,22
2009	25,78	23,72	19,75	27,38	23,29	23,1	15,02	15,91	10,24	12,24	20,85	12,57
2010	5,54	5,8	8,64	18,26	26,65	32,94	42,38	25,92	27,47	21,97	63,75	45,56

Fuente: Expediente 6966 “Estudio Ambiental para la Modificación de la Licencia Ambiental de la PCH Morro Azul” (2014).

Tabla 26. Serie de caudales promedio estación Buenos Aires

ESTACIÓN BUENOS AIRES (m3/s)												
AÑO	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	sept	oct	nov	dic
1965												

1966				16,98	28,23		21,95	18,05	22,64	20,76	27,29	31,67
1967	12,5	13,53	13,42	22,6	19,66	20,66	17,11	9,97	12,35	10,15	21,17	16,08
1968		6,71	7,93	16,27	13,59	23,2	19,02	9,35	21,54	17,1		16,49
1969	11,28						9,07		20,67	48,53	36,52	17,62
1970	18,66	9,45	11,66	21,63	31,1	19,54	15,99	20,03	20,43	35,57	32,09	22,78
1971	38,22	22,81	37,5	28,3	37,22	33,98	17,02	30,57	27,4	26,73	30,91	17,11
1972	23,02	14,32	14,89	17,78	37,83	22,33	11,79	9,44	9,81	11,22	18,13	11,75
1973	6,32	4,29	8,38	10,78	19,7	23,89	19,04	22,112	50,7	39,62	45	39,11
1974	28,25	31,82	31,74	26,22	30,48	18,39	13,55	14,02			28,82	18,52
1975		16,13	18,93	14,66	25,63	21,9	31,17	22,28	26,2	31,05	32,49	
1976			15,95	19,49	23,57	19,97	7,79	5,73	5,32	9,55	13,88	7,88
1977	4,68	4,63	5,03	7,23	15,39	16,08	12,81	13,62	13,04	25,43	22,36	11,51
1978	8,07	8,9	8,33	27,68	28,33	19,32	16,59	9,17	11,74	14,19	18,2	20,55
1979	8,46	7,8	9,26	15,62	20,82	27,18	12,7	13,76	22,34	24,72	28,48	19,35
1980	13,19	14,18	9,16	10,52								
1981	10,07	8,73	9,58			26,06	17,58	11,86	17,61	15,01	23,77	15,67
1982	19,71	13,42	15,08	30,61	30,9	21,62	9,36	6,04	8,54	21,71	17,24	10,2
1983	6,68	5,11	7,51	16,42	23,21	21,04	10,62	10,28	10,58	15,94	16,48	21,8
1984	19,83	20,67	21,61	34,14	39,14	36,38	27,58	20,1	23,76	16,01	46,29	24,38
1985	15,47	10,02	9,59	12,46	16,65	13,88	8,85	12,21	17,22	22,96	26,69	15,85
1986	13,55	16,5	16,88	24,86	28,81	22,5	13,83	8,11	11,54	25,15	22,95	13,78
1987	8,91	6,84	6,61	11,55	16,6	12,64	11,61	17,19	18,65	28,24	25,95	19,14
1988	10,47	10,5	7,97	18,48	19,87	25,54	21,7	29,75	34,33	40,19	39,84	33,44
1989	16,43	13,79	13,96	11,77	21,26	21,77	14,38	17,23	20,83	25,85	20,68	13,48
1990	9,7	10,51	9,44	17,6	15,68	10,63	11,49	6,17	6,73	17,61	16,64	16,45
1991	9,19	6,54	10,97	13,19	15,94	14,73	10,56	8,68	11,12	12,46	17,97	16,64
1992	10,33	10,04	11,27	9,48	13,06	10,38	7,9	10,38	15,31	15,52	14,55	16,79
1993	15,55	10,29	12,69	18,14	27,22	14,77	13,25	9,88	16,35	19,43	29,47	27,41
1994	15,25	13,63	16,53	23,98	22,95	16,62	10,95	9,4	11,41	30,04	33,22	13,64
1995	5,93	4,21	5,4	16,92	18,48	18,79	20,65	22,15	15,17	16,29	18,04	17,77
1996	14,22	16,76	27,98	23,47	26,45	27,64	24,87	14,01	11,7	23,57	18,79	13,78
1997	17,77	13,8	11,98	17,47	13,23	17,4	8,13	4,79	7,42	13,23	20,51	7,98
1998	4,95	6,87	8,43	19,94	32,25	21,64	22,29	20,89	23,8	23,43	26,36	26,86
1999	17	30,91	28,01	33,4	28,51	25,11	16,72	17,86	28,58	32,4	42,03	33,49
2000	17,6	16,95	19,41	20,38	41,94	26,94	14,22	12,51	30,84	32,96	30,19	20,11
2001	13,55	9,47	15,87	17,2	20,67	19,42	9,71	7,54	11,3	13,29	22,63	22,84
2002	9,64	7,06	8,1	21,09		14,64	8,86	6,02	8,57	11,92	16,02	
2003				21,93	21,77	23,67	13,05	12,4	12,51	31,55	26,82	27,65
2004	17,82	10,28	7,79	15,95	23,79	12,64	16,03	6,9	19,32	27,82	27,4	17,7
2005	12,72	12,79	16,03	17,61	25,79	24,36	13,28	11,6	12,42	29,49	49,26	32,83
2006	21,69	13,07	21,31	28,86	37,74	38,45	12,97	11,82	22,11	25,66	34,31	23,85

2007	12,95	8,21	11,88	28,25	26,64	31,34	23,22	34,64	30,37	24,98	22,62	37,93
2008	20,09	27,4	31,11	31,72	34,29	35,65	35,27	35,05	26,47	31,3	42,01	37,3
2009	27,3	25,11	20,91	29	24,77	24,67	15,9	16,85	10,85	12,9	22,08	15,31
2010	5,87	6,14	9,15	19,34	28,22	34,89	44,88	27,45	29,09	23,27	67,51	40,26

Fuente: Expediente 6966 “Estudio Ambiental para la Modificación de la Licencia Ambiental de la PCH Morro Azul” (2014).

Tabla 27. Serie de caudales promedio estación Punte Negro

ESTACION PUENTE NEGRO (m3/s)												
AÑO	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	sep	oct	nov	dic
1977									9,69	34,18	28,07	13,38
1978	8,37		8,5	29,19	30,98	25,09	23,21	14,16	14,32	17,82	25,33	31,2
1979	14,98	12,22	14,13	25,98	38,58	44,14	19,8	19,84	33,25	37,63	38,09	25,35
1980	18,36	16,57	10,64	13,25	23,1	34,39	17,03	15,32				
1981	14,64	12,07	16,06	36,54	53,45	51,96	31	23,56	30,08	25,03	33,62	25,35
1982	33,03	22,63	20,27	41,47	54,27	34,06	16,39	9,86	11,25	24,88		15,62
1983	10,05	8,1	9,54	22,35	34,9	38,22	17,15	13,93	14,5	20,02	19,49	32,65
1984	38,29	38,41	27,77	41,22	54,6	75,86	41,96	24,77	39,47	58,53	81,24	46,44
1985	32,27	20,06	17,35	19,94	24,5	23,06	14,78	21,01	26,77	35,35	40,94	23,3
1986	19,72	21,17	22,38	36,43	38,8	29,49	18,16	10,79	13,24	27,69	28,44	14,43
1987	8,95	6,68	6,37	10,82	19,64	12,74	12,41	19,7	16,37	28,71	24,91	17,17
1988	8,1	7,43	6,16	14,79	16,69	21,15	39,71	45,96	57,05	62,79	55,92	48,45
1989	30,61	26,24	22,19	20,57	29,71	32,54	21,59	24,44	30,4	38,52	32,36	21,81
1990	16,8	15,68	14,19	23,72	22,12	15,31	15,89	9,32	10,27	20,82		
1991					22,24	19,26	13,93	9,98	10,58	12,09	17,19	16,57
1992	9,05	7,86	10,54	9,994	15,26	11,62	7,76	11,97	17,83	15,8	16,59	17,81
1993	14,89	9,25	14,47	21,9	37,36	16,28	13,99	8,68	15,06	32,06	49,97	39,5
1994	23,26	20,19	23,19	35,54	31,32	23,27	17,17	16,62	20,41	39,24	36,25	27,15
1995	12,7	9,78	11,89	27,5	28,67	32,75	37,55	37,19	24,87	25,03	33,29	29,18
1996	23,31	28,38	45,76	39,27	43,09	41,74	39,49	20,57	16,84	28,43	24,37	19,47
1997	22,54	19,67	15,7	20,2	16,39	23,89	13,03	7,58	9,46	13,67	31,85	10,59
1998	7,44	10,21	9,35	24,12	41,53	27,46	25,39	22,11	26,24	24,02	28,89	26,24
1999	23,81	36,9	35	36,43	33,02	30,36	21,98	21,66	34,83	35,15	45,62	41,44
2000	21,45	20,38	24,92	22,59	47,92	20,85	21,07	18,37	33,8	36,83	34,57	25,14
2001	16,61	12,29	16,71	15,15	23,3	17,81	10,5	7,7	11,61	14,51	27,98	21,37
2002	15,81	10,7	14,47	37,18	27,13	21,78	13,18	9,02	14,83	16,86	24,17	19,12
2003	10,51	12,32	15,59	21,91	29,72	30,19		19,17	22,59	36,9	32,44	29,2
2004	17,1	11,93	11,02	18,76	34,88	18,81	16,61	16,67	22,65	32,17	28,9	20,59
2005	15,63	19,68	24,62	25,91	30,69	29,66	17,94	14,67	16,35	33,11	58,59	39,14
2006	29,78	18,885	25,58	33,65	40,3	51,71	21,3	18,05	25,41	30,94	48,07	42,9
2007	27	18,56	24,87	62,75	53,7	48,14	32,08	38,38	33,02	50,11	50,46	54,15

2008	39,87	44,24		44,77	76,37	65,53	55,39	59,27	49,65	42,89	68,36	52,65
2009	40,7	39,25	35	40,98	39,89	67,89	33,02	30,69	24,61	24,55	30,64	22,92
2010	17,54	17,56	19,88	26,61	41,05	51,5	66,84	47,74	44,09	34,83	74,54	61,82

Fuente: Expediente 6966 “Estudio Ambiental para la Modificación de la Licencia Ambiental de la PCH Morro Azul” (2014).

Tabla 28. Serie de caudales promedio PCH Morro Azul

SERIE DE CAUDALES PROMEDIO MENSUALES PCH MORRO AZUL (m3/s)												
AÑO	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	sept	oct	nov	dic
1965	9,16	6,52	4,53	12,56	16,9	10,2	7,08	6,33	9,73	17,66	22	14,92
1966	6,89	6,23	10,67	16,03	26,66	27,43	20,73	17,04	1,38	1,6	25,77	29,9
1967	11,8	12,78	12,68	21,34	18,56	19,51	16,15	9,42	11,66	9,59	19,99	15,18
1968	5,94	6,34	7,49	15,37	12,83	21,9	17,96	8,83	20,34	16,14	14,28	15,57
1969	10,65	10,34	11,87	20,09	36,21	20,02	8,57	16,41	19,52	45,83	36,38	16,64
1970	17,62	8,93	11,01	20,52	29,37	18,45	15,1	14,67	19,03	24,08	24,1	19,63
1971	36,09	25,59	32,35	22,28	28,85	32,09	16,93	27,28	26,64	24,24	29,19	16,16
1972	21,74	13,52	14,06	16,79	35,72	18,98	11,29	8,44	9,6	10,6	15,45	10,52
1973	6,12	4,22	9,02	9,93	17,54	20,13	17,98	22,84	47,88	29,81	37,91	35,27
1974	26,68	27,15	26,43	26,09	30,51	20,09	17,17	15,37	21,19	30,25	26,88	20,37
1975	9,42	15,23	17,87	13,85	25,76	20,56	31,85	21,4	26,87	29,5	9,26	46,42
1976	14,46	10,55	12,79	17,98	21,67	19,93	9,01	7,11	6,03	11,11	14,75	8,79
1977	5,89	4,89	5,37	7,26	14,64	16,34	13,9	13,09	11,66	23,19	21,54	11,53
1978	7,69	6,11	8,22	29,08	26,24	17,5	14,66	8,81	10,14	13,08	16,32	17,96
1979	8,01	6,91	8,13	14,18	18,56	23,8	11,91	11,56	20,14	22,03	25,58	17,88
1980	12,92	13,5	7,52	10,73	17,86	20,2	11,1	10,27	11,99	18,25	18,98	17,17
1981	10,25	9,4	12,39	27,83	34,34	30,38	20,25	13,95	22,17	18,88	24,89	18,28
1982	22,17	15,51	15,17	26,88	20,28	20,62	9,26	6,12	7,76	21,64	19,69	13,34
1983	8,08	5,65	7,34	12,33	17,12	19,57	11,7	11,81	12,48	17	15,37	19,43
1984	17,72	10,52	15,78	22,86	27,22	33,1	23,21	6,96	20,61	29,6	39,44	21,27
1985	14,16	8,05	6,86	10,31	13,31	11,35	6,49	10,61	14,86	20,21	24,08	14,2
1986	12,03	14,99	15,49	22,42	23,83	20,77	12,09	7,53	11,23	21,07	19,38	12,03
1987	7,52	5,31	5,33	9,28	15,3	10,1	9,58	13,49	14,35	21,85	19,47	15,01
1988	6,49	7,53	7,52	17,45	18,77	21,77	17,82	25	32,42	37,95	37,62	31,58
1989	15,52	13,03	13,18	11,11	21,72	20,94	14,08	17,65	23,11	26,06	21,29	15,74
1990	11,97	12,75	10,61	16,68	15,92	11,34	12,33	7,04	6,74	18,93	15,81	15,53
1991	8,68	6,17	10,36	12,45	15,05	13,91	9,98	8,2	10,5	11,77	16,97	16,18
1992	11,66	9,48	10,64	8,95	12,33	7,99	6,09	7,47	13,94	15,16	13,05	15,86
1993	14,8	10,34	13,07	23,27	30,73	19,91	17,9	18,18	25,13	24,95	36,4	22,76
1994	11,42	10,51	11,68	18,52	18,76	14,44	11,1	9,43	10,71	25,08	25,91	18,54
1995	5,6	3,98	5,1	15,98	17,45	17,74	19,5	20,91	14,32	15,39	17,04	16,68

1996	24,32	24,06	4,2	39,84	36,8	27,44	23,24	10,89	13,97	25,74	24,02	16,5
1997	28,41	16,95	16,29	25,32	15,95	23,55	10,13	7,42	11,6	16,15	18,22	5,54
1998	6,11	9,63	9,87	26,13	36,41	22,72	21,88	22,44	20,57	18,99	20,69	26,71
1999	21,93	36,56	27,04	35,48	27,74	28,93	20,79	20,4	32,2	31,52	36,59	32,84
2000	18,75	17,08	21,42	22,01	37,8	28,19	19,77	13,23	27,61	28,41	25,78	16,59
2001	12	8,62	16,37	16,96	20,28	19,85	8,31	6,58	7,99	13,22	21,71	22,41
2002	8,21	5,68	5,97	19,91	18,72	11,91	8,37	5,04	5,75	6,93	13,87	12,77
2003	7,02	8,23	10,41	20,71	20,55	22,35	12,32	11,71	11,81	29,8	24,39	32,12
2004	24,28	9,71	6,46	16,18	35,87	24,85	14,69	8,18	21,86	38,42	35,27	12,29
2005	12,01	13,29	15,14	16,63	23,88	25,22	12,54	0,95	10,96	24,14	39,01	22,91
2006	16,65	11,96	24,47	31,44	34,8	35,09	12,17	9,39	18,86	20,37	28,87	20,6
2007	13,77	6,37	13,1	25,99	25,67	27,59	20,63	27,91	23,06	30,83	25,98	30,53
2008	18,38	22,52	24,78	25,88	33,08	37,29	27,51	28,28	23,38	27,87	39,67	35,22
2009	25,78	23,72	19,75	27,38	23,39	23,3	15,02	15,91	10,24	12,24	20,85	12,57
2010	5,54	5,8	8,64	18,26	26,65	32,94	42,38	25,92	27,47	21,97	63,75	45,56

Fuente: Expediente 6966 “Estudio Ambiental para la Modificación de la Licencia Ambiental de la PCH Morro Azul” (2014).

10.5 Series de precipitación promedio mensuales de las estaciones pluviométricas convencionales de CENICAFÉ Ospirma y la estación de la Red Hidroclimatológica de Risaralda El Diamante.

Tabla 29. Precipitación promedio estación pluviométrica Ospirma

PRECIPITACION ESTACION CLIMATOLOGICA OSPIRMA CENICAFÉ (mm)												
AÑO	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	sept	oct	nov	dic
1981	21,5	69,5	192	347	407,5	258,5	59	173	78,5	184,5	222	74,5
1982	145	80	145	409	269	135	60	25	210	308	182	33,5
1983	60	21	32	142	236	143,3	159	115,5				
1984				243	199,5	269	147,5	204,5	177,5	215,5	201,1	97,5
1985	59,5	33	100	70	105,5	147,5	132	136,5	268,5	161	180	29
1986	123	60	99	206	186	112	47	114	159	218	111	58,5
1987	40	24,5	123,5	116	177	201	177,5	137	219	164	109	51
1988	89	147	23	274	203	212	96	242	210,5	197	200	146
1989	48	99	120	132	314	263	106	324	240	188	112	56
1990	66	105	69	192	64	168	132	69	118	143	93	66
1991	81	106	159	148	178	105	93	72	219	121	141	82
1992	77	116	84	128	112	35	89	146	124	207	87	64
1993	125	72	170	178	191	95	130	96	150	192	174	138
1994	98	163	185	209	201	74	40	84	183	220	199	83
1995	39	23	162	352	129	217	188	139	113	164	70,4	100,3
1996	157,6	116,2	206,4	165,3	190,5	195,6	136,9	152,9	191,1	151,9	87,3	50,3
1997	145	86,7	94,6	197,9	174,1	144,2	61,8	21,1	185	186,7	131,5	63

1998	55,5	118,7	122,8	239,4	225,5	76,7	150	113,9	178	159,5	138,8	92,7
1999	110,3	239,6	153,9	337,9	134,1	194,3	191,9	173,2	251,6	175,2	173,9	171,3
2000	86,2	113,8	83,3	175,2	302,2	103,4	170,4	117,9	352,5	235,6	115,3	80,4
2001	84,1	86,8	170,1	255,2	174,6	100,7	88,7	84,1	171	123,2	211,2	116,9
2002	45,5	87,2	133,2	233,4	130,4	61	79,5	57,7	127,5	94,7	80,2	121,3
2003	30	44,7	105,1	178,6	232,6	151,7	147,3	109,1	181,7	273	89,3	105,2
2004	112,3	56,2	42,2	264,6	162,5	46,2	200,1	44,9	233,2	198,5	162,5	76,2
2005	91,7	94	129,2	229,3	197,6	95,5	106	173,4	148,2	205,2	254,2	158,2
2006	133,9	48,5	189,1	198,7	148,9	211,1	70	117,3	155	204,7	150,2	108,4
2007	78,8	8,1	164,7	304,9	163	119,8	204,8	172,6	159,1	182,4	144,4	163,2
2008	92,7	180,6	201,3	173,6	203,9	249	163,7	204,2	116,8	176,6	236,5	136,4
2009	164,9	128,1	165,6	171,5	157,7	156,2	90,7	110,2	100,3	130,9	128,5	69,4
2010	38,1	70,8	123,8	216,6	190,9	252,1	342,4	164,7	146,2	211,3	307,8	146,5
2011	111,5	79,3	122,8	332,9	140	192,5	118,1	115,1	133,3	225,3	226	150,7
2012	100,4	99	260,8	247,5	253,9	89,1	76,4	117,3	104,1	159,8	142,9	73,7
2013	50	133,3	157,9	177,2	240,7	160,6	77	213,3	151,4	184,5	144,1	157,8
2014	56,2	120,7	82,2	166,4	191	151,5	11,8	88,6	139	160	141,1	118,3
2015	107,7	37,3	191,6	95,7	119,1	54,5	120,5	64,7	81,2	146,8	121,1	66,1
2016	28,2	155,5	139,6	251,1	113,2	111,1	133,3	76,7	192	216,6	180,9	128,4
2017	84,8	36,3	194,3	155,2	230,9	187,9	43,7	175,7	179,6	137,5	163,9	75,6
2018	126	43,1	83,9	205,5	185,3	98,4	119,2	147,8	169,1	216,1	140,7	84,7

Fuente: Registros históricos de las estaciones climáticas convencionales, CENICAFÉ, 2018.

Elaboración Propia.

Tabla 30. Precipitación promedio estación Hidroclimatológica El Diamante

PRECIPITACIÓN ESTACIÓN HIDROCLIMATOLÓGICA EL DIAMANTE (mm)												
AÑO	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	sept	oct	nov	dic
2016						0,3	2,53	1,1	6,43	6,63	7,56	3,01
2017	0,47	0,64	6,21	2,42	8,08	6,61	0,46	0,01	0	0	0	0
2018	0	0	0,56	2,08	1,77	1,56	3,03	3,68	4	0	0	0,3
2019	0,38	0,39	0,04	2,25	0	0,01	0	0,56				

Fuente: Red Hidroclimatológica de Risaralda, 2019.

Elaboración Propia.