



Evaluación de la sostenibilidad de la subcuenca hidrográfica La Fragua ubicada en el departamento de Nariño, mediante cuatro indicadores: Hidrología, Medio Ambiente, Vida y Política.

**Paula Andrea Belalcázar Benavides
Marisol Ortega Bolaños**

Universidad de Manizales
Facultad de Ciencias Contables Económicas y Administrativas
Maestría en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente
Manizales, Colombia
2018

Evaluación de la sostenibilidad de la subcuenca hidrográfica La Fragua ubicada en el departamento de Nariño, mediante cuatro indicadores: Hidrología, Medio Ambiente, Vida y Política.

**Paula Andrea Belalcázar Benavides
Marisol Ortega Bolaños**

Tesis o trabajo de investigación presentada(o) como requisito parcial para optar al título de:

Magister en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente

Director (a):
Doctor, Luis Alberto Vargas Marín

Línea de Investigación:
Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente

Universidad de Manizales
Facultad de Ciencias Contables Económicas y Administrativas
Maestría en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente
Manizales, Colombia
2018

Dedicatoria

A Dios por haber dispuesto las cosas, el tiempo y personas para poder culminar esta maestría.

*A nuestras familias por su amor y a los amigos por sus buenos deseos.
A la Universidad, por impartir aprendizaje y promover conocimiento.*

El transformar el ambiente de manera positiva, debe comenzar por cada persona, la educación ambiental debe enseñarse desde el hogar, hagamos un compromiso por cambiar los malos hábitos, para conservar y cuidar nuestro entorno, respetar la vida de cada ser viviente por pequeño que sea, es respetar el ciclo de la naturaleza y su normal funcionamiento, en el maravilloso proceso de la vida todos somos necesarios....

Agradecimientos

A la Universidad de Manizales, por el conocimiento y la educación impartida en esta maestría.

Al director de línea, Doctor Carlos Humberto Gonzales Escobar, quién permitió que el proyecto a desarrollar fuera culminado.

A nuestro asesor, Doctor Luis Alberto Vargas, por sus aportes metodológicos y técnicos.

Al Geógrafo Cristian Silva, por la gestión realizada con las alcaldías municipales y contribución en la elaboración y desarrollo del proyecto.

A las alcaldías de los municipios de La Unión y San Pedro de Cartago por su colaboración de gestión de información para el proyecto

A nuestra familia por su apoyo incondicional.

Resumen

Para evaluar la sostenibilidad de la subcuenca hidrográfica La Fragua ubicada en el departamento de Nariño, se aplicó la metodología del programa internacional de la UNESCO para América Latina y el Caribe, la cual permitió alcanzar los objetivos de esta investigación, al integrar cuatro indicadores; Hidrología, Medio Ambiental, Calidad de Vida y Políticas. Con los cuales se calculó el índice de Sostenibilidad de Cuencas (ISC), que presentó un puntaje de 0.42, con lo que se pudo inferir que, la sostenibilidad de esta subcuenca se encuentra en un nivel bajo. Lo anterior debido a la precaria calidad y decremento en la cantidad de agua encontrados en el cálculo del Indicador de Hidrología, ligados con las tendencias en el crecimiento de la población, la fragmentación del bosque y la presión de las actividades antrópicas y la deficiencia en la cobertura de los servicios de agua potable y saneamiento básico. Por otra parte, para el indicador de medio ambiente, también se encontraron valores bajos, gracias a la presión antropogénica en uso de suelo y el incremento de las áreas pobladas, las prácticas agropecuarias intensivas principalmente de café, que ocasionan un alto grado de degradación de los ecosistemas naturales, la ampliación de la frontera agrícola y las zonas urbanas, por las cuales las rondas hídricas y el bosque remanente está siendo intervenido. De la misma manera, en el indicador de vida se encontró que la población presenta un bajo desarrollo económico, la estructura social de los dos municipios, San Pedro de Cartago y la Unión Nariño, está enfocada en el desarrollo de un sistema productivo de subsistencia con ingresos basados en la informalidad laboral, principalmente dedicados a las actividades agropecuarias y bajo nivel de escolaridad. Por último, se encontró que, a pesar de que hay una normatividad y una legislación que promueve el cuidado y protección de los ecosistemas en la subcuenca, las acciones son mínimas y poco efectivas, reduciendo la capacidad de los recursos y los servicios ecosistémicos que estos nos ofrecen.

Palabras clave: Sostenibilidad de Cuencas hidrográficas, Indicadores, Manejo Cuencas.

Abstract

To evaluate the sustainability of the La Fragua sub-basin located in the department of Nariño, the methodology of UNESCO's international program for Latin America and the Caribbean was applied, which allowed achieving the objectives of this research, by integrating four indicators; Hydrology, Environment, Quality of Life and Policies. With which the Watershed Sustainability Index (IWS) was calculated, which presented a score of 0.42, with which it could be inferred that the sustainability of this sub-basin is at a low level. This is due to the precarious quality and decrease in the amount of water found in the calculation of the Hydrology Indicator, linked to trends in population growth, forest fragmentation and pressure from anthropogenic activities and deficiency in the coverage of drinking water and basic sanitation services. On the other hand, for the environment indicator, low values were also found, thanks to the anthropogenic pressure on land use and the increase of populated areas, the intensive farming practices mainly of coffee, which cause a high degree of degradation of natural ecosystems, a high impact on the ecological balance, the expansion of the agricultural frontier and urban areas, for which the water rondas and the remaining forest is being intervened. In the same way, in the life indicator it was found that the population has a low economic development, the social structure of the two municipalities San Pedro de Cartago and Unión Nariño is focused on the development of a subsistence productive system with income based in labor informality, mainly dedicated to agricultural activities and low level of schooling. Finally, it was found that, although there is a regulation and legislation that promotes the care and protection of ecosystems in the sub-basin, the actions are minimal and ineffective, reducing the capacity of the resources and ecosystem services that these They offer us.

Key words: Sustainability of Watersheds, Indicators, Watershed Management.

Contenido

	Pág.
Resumen	VIII
Lista de figuras.....	XIII
Lista de tablas	XIV
Lista de Símbolos y abreviaturas.....	XVI
Introducción	17
1. Objetivo general	18
1.1 Objetivos específicos	18
2. Planteamiento del problema.....	19
2.1 Delimitación y localización.....	19
2.2 Formulación del problema	21
2.3 Hipótesis	21
3. Justificación	22
4. Marco referencial.....	24
4.1 Evolución, manejo y experiencias de la aplicación Índice de sostenibilidad de cuencas (ISC).....	24
4.2 Marco Conceptual	27
4.2.1 Recurso hídrico.....	27
4.2.2 Medio ambiente	29
4.2.3 Calidad de vida	30
4.2.4 Política e institucionalidad.....	31
4.2.5 Desarrollo sostenible	33
5. Metodología.....	37
5.1 Identificación de la oferta hídrica superficial y la calidad del agua encontrada en la subcuenca La Fragua.	37
5.1.1 Subindicador de cantidad de agua (presión, estado y respuesta)	39
5.1.2 Subindicador de calidad de agua (presión, estado y respuesta)	41
5.2 Estimación del Índice de presión antrópica, áreas de vegetación natural y las regiones protegidas existente en la cuenca.	44
5.2.1 Parámetro de presión, estado y respuesta para el indicador de medio ambiente	46

5.3	Nivel de calidad de vida de los pobladores que habitan en la subcuenca.	49
5.3.1	Parámetro de presión, estado y respuesta para el indicador de vida.....	50
5.4	Marco jurídico que protegen el recurso hídrico y la participación de las instituciones estatales frente a los problemas existentes en área objeto de estudio....	52
5.4.1	Parámetro de presión, estado y respuesta para el indicador de política	53
5.5	Indicador de Sostenibilidad de la Subcuenca de La Fragua:.....	58
6.	Resultados	61
6.1	Identificación de la oferta hídrica superficial y la calidad del agua encontrada en la subcuenca La Fragua	61
6.1.1	Subindicador de cantidad de agua (presión, estado y respuesta).....	61
6.1.2	Subindicador de calidad de agua (presión, estado y respuesta).....	62
6.1.3	Ponderado de indicador hídrico.....	64
6.2	Estimación del Índice de presión antrópica, áreas de vegetación natural y las regiones protegidas existente en la cuenca.	65
6.2.1	Indicador de Medio Ambiente (presión, estado y respuesta)	65
6.2.2	Ponderado de indicador de medio ambiente	72
6.3	Nivel de calidad de vida de los pobladores que habitan en la subcuenca. ...	72
6.3.1	Indicador de vida (presión, estado y respuesta)	72
6.3.2	Ponderado de indicador de vida	74
6.4	Marco jurídico que protegen el recurso hídrico y la participación de las instituciones estatales frente a los problemas existentes en área objeto de estudio....	74
6.4.1	Indicador de política (presión, estado y respuesta).....	74
6.4.2	Ponderado de Indicador de política	76
6.5	Indicador de Sostenibilidad de la Subcuenca de La Fragua:.....	76
7.	Conclusiones y recomendaciones	80
7.1	Conclusiones	80
7.2	Recomendaciones	82
A.	Anexo: Subindicador de cantidad de agua para el parametro de respuesta.....	84
B.	Anexo: Subindicador de calidad de agua para el parametro de respuesta	87
C.	Anexo: Calculo del parametro estado del indicador de política	89
D.	Anexo: Mapas de indicador de medio ambiente.....	95
	Bibliografía	99

Lista de figuras

	Pág.
Figura 2-1: Localización Subcuenca de la Quebrada La Fragua.	20
Figura 6-1: Mapa de coberturas y áreas pobladas.....	67
Figura 6-2: Mapa cobertura vegetación natural	68
Figura 6-3: Mapa de áreas protegidas y buenas prácticas de manejo	71
Figura 6-4: Relación de cuatro indicadores del índice de sostenibilidad de la subcuenca La Fragua.....	78

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 2-1: Contextualización Hidrográfica Subcuenca de la Quebrada La Fragua	20
Tabla 5-1: Fuentes de Información Indicador Hidrología	38
Tabla 5-2: Oferta Hídrica Neta (Millones Metros Cúbicos/año)	39
Tabla 5-3: Descripción de parámetros de presión, niveles y puntajes ISC (P de presión)	40
Tabla 5-4: Descripción de parámetros de presión, niveles y puntajes ISC. (P de Estado)	40
Tabla 5-5: Descripción de parámetros de presión, niveles y puntajes ISC. (P de Respuesta)	41
Tabla 5-6: DBO Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/l).....	41
Tabla 5-7: Descripción de parámetros de presión, niveles y puntajes ISC. (P de presión)	43
Tabla 5-8: Descripción de parámetros de presión, niveles y puntajes ISC. (P de Estado)	43
Tabla 5-9: Descripción de parámetros de presión, niveles y puntajes ISC. (P de Respuesta)	44
Tabla 5-10: Fuentes de Información Indicador Medio Ambiente	44
Tabla 5-11: Descripción de parámetros de presión, niveles y puntajes ISC. (P de Presión)	47
Tabla 5-12: Descripción de parámetros de presión, niveles y puntajes ISC. (P de Estado)	47
Tabla 5-13: Descripción de parámetros de presión, niveles y puntajes ISC. (P de Respuesta)	49
Tabla 5-14: Fuentes de Información Indicador de Vida.....	49
Tabla 5-15: Descripción Ingreso per cápita 2014-2016.....	50
Tabla 5-16: Descripción de parámetros de presión, niveles y puntajes ISC. (P de Presión)	51
Tabla 5-17: Descripción de parámetros de presión, niveles y puntajes ISC. (P de Estado)	51
Tabla 5-18: Descripción de parámetros de presión, niveles y puntajes ISC. (P de Respuesta)	52

Tabla 5-19: Fuentes de Información Indicador de Política	53
Tabla 5-20: Descripción de parámetros de presión, niveles y puntajes ISC. (P de Presión)	54
Tabla 5-21: Valores para Puntaje Marco Legal	55
Tabla 5-22: Valores para Puntaje Marco Institucional	55
Tabla 5-23: Valores para Puntaje Manejo de la Participación	56
Tabla 5-24: Descripción de parámetros de presión, niveles y puntajes ISC. (P de Estado)	57
Tabla 5-25: Descripción de parámetros de presión, niveles y puntajes ISC. (P de Respuesta).....	58
Tabla 5-26: Índice de Sostenibilidad de Cuencas	59
Tabla 6-1: Resultado de Calificación Hidrología.....	64
Tabla 6-2: Coberturas encontradas dentro del polígono 50 del Cerro Chimañoy	70
Tabla 6-3: Resultado de Calificación indicador de medio ambiente	72
Tabla 6-4: Resultado de Calificación indicador de Vida	74
Tabla 6-5: Resultado de Calificación Indicador Política.....	76
Tabla 6-6: Valores Finales de la ecuación WSI para el esquema PER (Chaves y Allipaz, 2007).....	77

Lista de Símbolos y abreviaturas

Símbolos con letras latinas

Símbolo	Término	Unidad	Definición
ISC	Índice de sostenibilidad de cuenca		
Δ	Variación %	$\Delta 1$	Cantidad de Agua
LWA	Disponibilidad H2O	Largo plazo	
SWA	Disponibilidad H2O	Corto plazo	
Δ	Variación %	$\Delta 2$	Calidad de Agua
Pc	Periodo	Corto	
PI	Periodo	Largo	
(DBO5	Demanda Bioquímica de Oxígeno		
EPI	Índice de presión ambiental		
%VAA	Porcentaje de Variación	Áreas Agropecuaria	
%VAP	Porcentaje de Variación	Áreas Pobladas	
AV%	Porcentaje de Variación	Áreas Naturales	
AP%	Porcentaje de Variación	Áreas Protegidas	
BPM	Buenas prácticas de manejo	Áreas	
C1	Índice de conocimiento	Periodo corto	
C2	Índice de conocimiento	período bajo evaluación	
CI	Capacidad Institucional		
L	Nivel de efectividad		
P	Nivel		
G1	Inversión Monetaria	Periodo anterior	
G2	Inversión Monetaria	Periodo actual	
H	Indicador de Agua		
E	Indicador de Medio Ambiente		
L	Indicador de Vida		
P	Indicador de política		
WSI	Índice de Sostenibilidad de Cuenca		
IE	Índice de Educación		

Introducción

Las presiones socioambientales que surgen por los asentamientos antropogénicos generan sobre el entorno físico y el medio ambiente una serie de demandas dadas por el interés de satisfacer las necesidades básicas humanas y por la necesidad de llegar a alcanzar un desarrollo económico que en muchas oportunidades no es sustentable, sin tener en cuenta que, el poder de resiliencia y capacidad de carga de los recursos ambientales, en periodos considerados puede suplir los requerimientos humanos, sin embargo, si no se mantienen constantes ciertas consideraciones se puede acelerar o desacelerar los procesos de afectación de estos recursos, por lo que es de vital importancia analizar que dichas demandas no superen un determinado umbral que propicie el deterioro permanente del recurso hídrico.

Por lo tanto, en el presente proyecto se recopiló la información necesaria para evaluar la sostenibilidad de la Subcuenca de La Fragua, con el fin de apoyar una nueva cultura del agua que aborde un enfoque en el que se aprovechen los beneficios de una evaluación integrada del recurso mediante indicadores que permiten tener una visión completa sobre muchas de las dimensiones que rodean a este recurso como calidad, disponibilidad, gestión, economía, sus vínculos con el desarrollo rural y las obligaciones de las instituciones respecto al cumplimiento de la normatividad que protege y promueve el buen uso y estado de este recurso.

En este contexto, la utilidad y pertinencia de la presente “Evaluación de la Sostenibilidad de la Subcuenca Hidrográfica La Fragua por medio del ISC” aporta herramientas de gestión y planificación territorial que promuevan la preservación y conservación de los recursos naturales, porque permitió conocer las causas y efectos que ejercen las presiones que se están presentando sobre la Subcuenca. Así mismo, se convierte en un aporte importante para la academia porque se encuentran muy pocas investigaciones nacionales referentes sobre la coyuntura de la sostenibilidad enfocada en cuencas hídricas, por lo que la pertinencia teórica y metodológica de este proyecto radica en la adaptación de los cuatro indicadores que permitieron categorizar y analizar el desarrollo en términos de sostenibilidad en la subcuenca La Fragua teniendo en cuenta las características del territorio y la información existente.

1. Objetivo general

Evaluar la sostenibilidad de la subcuenca hidrográfica La Fragua ubicada al norte del departamento de Nariño, por medio de la aplicación del ISC Índice de Sostenibilidad de Cuencas, que integra cuatro indicadores: Hidrología, Medio Ambiente, Vida y Políticas.

1.1 Objetivos específicos

- Identificar la oferta hídrica superficial y la calidad del agua encontrada en la subcuenca La fragua.
- Determinar el índice de presión antrópica, el área de vegetación natural y la conservación de las regiones protegidas existente en la Subcuenca
- Establecer el nivel de calidad de vida de los pobladores que habitan en la subcuenca
- Describir los marcos jurídicos que protegen el recurso hídrico y la participación de las instituciones estatales frente a los problemas existentes en área objeto de estudio

2. Planteamiento del problema

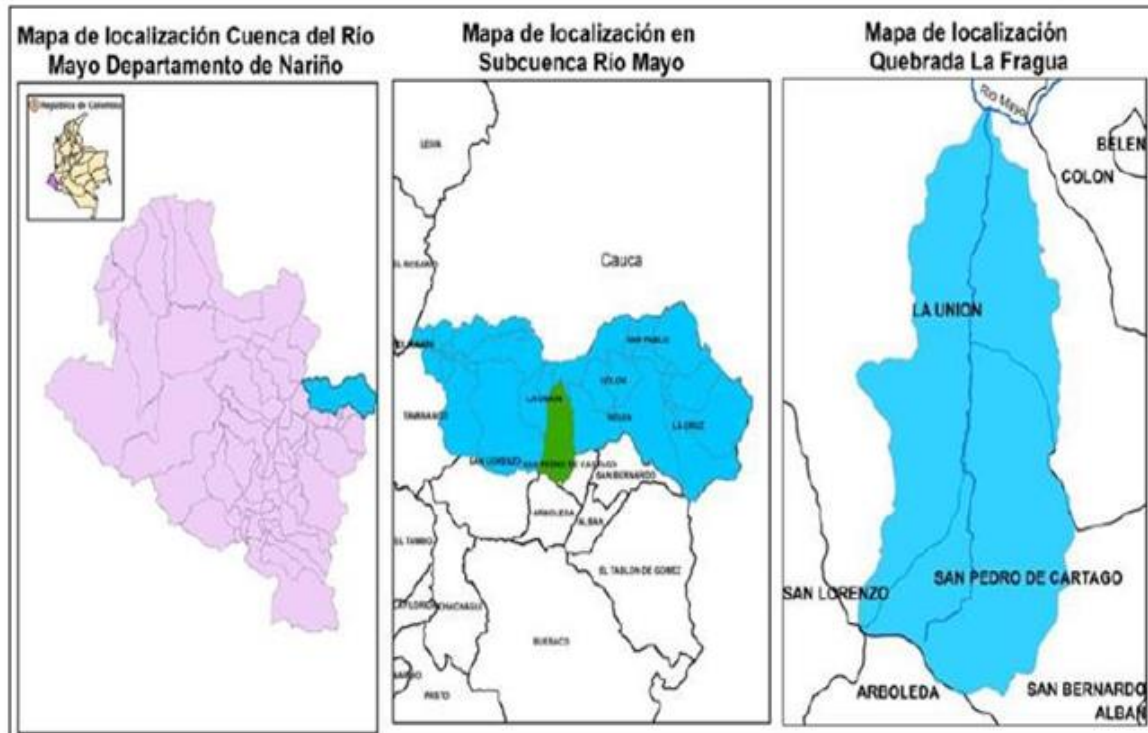
La escasez de agua afecta a la población mundial y el departamento de Nariño no es la excepción, la decreciente disponibilidad de agua potable de calidad, la reducción de los caudales de las principales cuencas y, la contaminación de fuentes hídricas son algunas de las problemáticas ambientales que aquejan al departamento. En el marco del octavo objetivo de desarrollo sostenible creado con el fin de garantizar el acceso universal al agua potable segura y asequible para todos en 2030 (PNUD, 2015), se contempla la necesidad de que las poblaciones realicen inversiones adecuadas para preservar y proteger los recursos hídricos, así como los ecosistemas estratégicos relacionados con este recurso, como bosques, paramos, humedales, parques, reservas naturales entre otras.

La subcuenca La Fragua, es un recurso hídrico importante para los municipios de San Pedro de Cartago y La Unión, porque alberga 22 sub-cuencas y a la vez es un afluente de la cuenca del Río Mayo (CORPONARIÑO, 2009), cuya problemática socio-ambiental está asociada a las constantes descargas y vertimientos de aguas residuales de origen antrópico, el crecimiento de los centros poblados, la ampliación de la frontera agrícola, así como también el desarrollo económico carente de una visión sustentable. Por lo tanto, la pertinencia de evaluar el grado en el que se encuentra el Índice de Sostenibilidad de esta subcuenca surge dada la necesidad de establecer un adecuado manejo del recurso a partir de diferentes indicadores, con el fin de asegurar las múltiples funciones del agua, su uso racional al servicio de un desarrollo más sostenible que integre aspectos económicos, sociales y ambientales.

2.1 Delimitación y localización

El presente trabajo se desarrolló en la subcuenca La Fragua localizada en la zona dos que corresponde a la parte media de la cuenca hidrográfica del Río Mayo ubicada al Nor-oriental del Departamento Nariño (ver figura 1), entre los 1500 y 2600 msnm; comprende parte de los Municipios San Pedro de Cartago y La Unión. Sus límites son: al norte con la subcuenca corrientes directas del Río Mayo, al sur con el municipio de San Pedro de Cartago, al oriente con la subcuenca Quebrada Cusillo y al occidente con las sub-cuencas La Alpujarra y Santa Ana. El cauce principal posee una longitud de 15,05 km, con un área de subcuenca de 54,8 Km² y un perímetro de 37,63 Km, en el municipio de San Pedro de Cartago cubre las siguientes veredas: Frailes, Arenal, San Isidro, El Salado, Cartago y Chorrera y en el municipio de la Unión: Buenos Aires, La Merced, Peña Blanca, La Fragua, El Guabo, Juan Solarte Obando, Reyes, Contadero, El Sauce, Sauce Alto, Chical Alto, Chical Bajo y Cusillo Bajo. La subcuenca de la quebrada La Fragua posee 22 subcuencas y una zona de escurrimiento directo de 832,53 Ha, con una temperatura promedio de 17°C, además en la tabla 2-1 permite identificar la contextualización hidrográfica de la subcuenca de La (CORPONARIÑO, 2014).

Figura 2-1: Localización Subcuenca de la Quebrada La Fragua.



Fuente: (CORPONARIÑO, 2014)

Tabla 2-1: Contextualización Hidrográfica Subcuenca de la Quebrada La Fragua

Descripción General	
Área Hidrográfica:	Pacífico
Zona Hidrográfica:	Orden 1: Río Patía
Subzona Hidrográfica:	Orden 2: Río Mayo
Subcuenca:	Orden 4: Quebrada La Fragua
Área:	52,5368 Km ²
Longitud Cauce Principal	15 km
Georeferenciación Punto inicial Cauce Principal	Norte: 994314, Este: 660652, altura: 2072m
Georeferenciación Punto final Cauce Principal (Río Mayo):	Norte: 996142, Este: 672971, altura: 1300m

Fuente: (CORPONARIÑO, 2014)

2.2 Formulación del problema

¿Cuál es el nivel de sostenibilidad de la Subcuenca hidrográfica La Fragua ubicada al norte del departamento de Nariño?, A partir de este planteamiento del problema se plantea estas cuatro preguntas:

- ¿Cuál es la oferta hídrica superficial y la calidad del agua encontrada en la subcuenca?
- ¿Cuáles el área de la vegetación natural? ¿Se están conservando las regiones protegidas existente en la Subcuenca? ¿Es posible determinar el Índice de presión antrópica?
- ¿La calidad de vida de los pobladores que habitan en la subcuenca, es un factor determinante, que afecta la sostenibilidad de la cuenca?
- ¿Cuál es la participación de las instituciones estatales frente a los problemas existentes en área objeto de estudio?

2.3 Hipótesis

De acuerdo a las preguntas de investigación se realiza las siguientes hipótesis:

- El deterioro de la calidad y cantidad del agua se debe a las prácticas inadecuadas en los diferentes usos del suelo principalmente en las actividades agropecuarias y el consumo doméstico.
- Existen marcos jurídicos que protegen el recurso hídrico, sin embargo, la participación de las instituciones estatales frente a los problemas existentes en la subcuenca es insuficiente.

3. Justificación

La población humana, tanto la que está asentada en la parte rural de la subcuenca, como la que habita en las áreas urbanas, demanda bienes y servicios producidos en la región destinados para suplir sus necesidades básicas y sustentar actividades propias de la zona con el fin de lograr un desarrollo económico, sin duda alguna, en todas las actividades económicas del ser humano está inmerso el uso del recurso hídrico, este hecho sumado a la aceleración demográfica del territorio trae consecuencias a niveles biofísicos, culturales, sociales y ambientales, es decir, el hombre es el principal transformador del medio ambiente y en algunos casos interviene sin considerar los efectos adversos, ocasionando un desequilibrio ecosistémico.

Según el Programa de Las Naciones Unidas para el Desarrollo, la escasez de agua afecta a más del 40 por ciento de la población mundial, cifra que puede incrementar con el aumento de la temperatura global producto del cambio climático. La misma entidad asegura que, aunque 2.100 millones de personas han conseguido acceso a mejores condiciones de agua y saneamiento desde 1990, la decreciente disponibilidad de agua potable de calidad es un problema importante que aqueja a todos los continentes. Se estima que al menos una de cada cuatro personas se verá afectada por escasez recurrente de agua para 2050. Por otro lado, la poca planificación y ordenación de los recursos y el entorno, sumado a las inoperantes políticas ambientales de manejo y aprovechamiento sustentable promueven la explotación y el mal uso del recurso hídrico por parte de la población. Por lo anterior, en el marco del octavo objetivo de desarrollo sostenible creado con el fin de garantizar el acceso universal al agua potable segura y asequible para todos en 2030 (PNUD, 2018), se contempla la necesidad de que las poblaciones realicen inversiones adecuadas para preservar y proteger los recursos hídricos, así como los ecosistemas estratégicos relacionados con este recurso

En el presente proyecto se recopiló información para evaluar la sostenibilidad de la Subcuenca de La Fragua, más allá de la gestión eficiente de la misma, con el fin de apoyar una nueva cultura del agua y la sostenibilidad que aborda un nuevo enfoque aprovechando los beneficios de una evaluación integrada de las diferentes dimensiones del recurso mediante indicadores que permiten tener una visión más completa sobre muchas de las dimensiones que rodean al agua: calidad, disponibilidad, gestión, economía del agua, sus

vínculos con el desarrollo rural y las obligaciones de las instituciones en el cumplimiento de la normatividad que protege y promueve el buen uso de agua. En este contexto, la utilidad y pertinencia de la presente “Evaluación de la sostenibilidad de la subcuenca hidrográfica La Fragua ubicada en el departamento de Nariño, mediante cuatro indicadores: Hidrología, Medio Ambiente, Vida y Política.” aporta herramientas de gestión y planificación territorial que conlleven a la preservación y conservación de los recursos naturales, porque permitió conocer las causas y efectos que ejercen las presiones que se están presentando sobre la Subcuenca. Así mismo, es un aporte importante para la academia porque se encuentran muy pocas investigaciones nacionales referentes a sostenibilidad enfocada en cuencas hídricas por lo que la pertinencia teórica y metodológica radicó en la adaptación de cuatro indicadores teniendo en cuenta las características del territorio y la información existente.

4. Marco referencial

4.1 Evolución, manejo y experiencias de la aplicación Índice de sostenibilidad de cuencas (ISC).

En el año 2006 se llevó a cabo el taller sobre “La Sostenibilidad Hídrica e Indicadores Integrados de Cuencas Hidrográficas” como parte del apoyo de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura UNESCO a través del Programa Hidrológico Internacional (PHI), se aplicó el índice de sostenibilidad de cuencas en la Cuenca Hidrográfica del Canal de Panamá, seleccionado debido a su utilidad en la planificación y gestión de los recursos hídricos porque integró indicadores de hidrología, ambiente, vida y políticas seleccionados para suministrar información sobre la sostenibilidad de las cuencas y apoyar la toma de decisiones para su manejo. . (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura UNESCO, 2008)

En el 2008 en un convenio de colaboración entre el Expo Zaragoza y el Observatorio de la Sostenibilidad en España se elaboró un documento base para un debate metodológico sobre la temática señalada en el marco de la Tribuna del Agua, para ofrecer una aproximación metodológica al análisis funcional de las cuencas. Con este informe se propuso hacer una aportación metodológica para el mejoramiento de funcionalidad de las cuencas como elemento clave para la recuperación, gestión y mantenimiento operativo de las mismas, tratando de preservar en toda su amplitud estos valiosos ecosistemas, generadores de bienes y servicios, verdaderas fábricas de agua (Jiménez & otros 2008).

Por su parte, Costa Rica en el 2012 aplicó la metodología propuesta por la UNESCO en la cuenca del Río Reventazón, la cual cumple un importante papel económico y agrícola para el país, por ser la fuente del 38% de la energía hidroeléctrica del país y del 25% del agua potable de San José. Según el Informe sobre el Estado de la Nación, este río es el segundo en contaminación del país, lo que obedece a una insatisfactoria gestión de desechos, así

como al uso intensivo de agroquímicos provenientes de actividades agrarias, por lo que se evaluó el Índice de desarrollo Sostenible para analizar los fenómenos naturales, así como actividades humanas que constituyen graves amenazas para la futura salud de la cuenca del Río Reventazón. (Organización de las Naciones Unidas para la Educación la Ciencia y la Cultura UNESCO, 2014)

Así mismo, en La Cuenca de la Segura, España se realizó un estudio en donde se realizó la aplicación del Índice de Sostenibilidad de Cuencas, durante el periodo 2006-2010. Los resultados obtenidos arrojaron un valor del índice de sostenibilidad para La Cuenca del Segura de 0.64, lo que equivale a un nivel intermedio de sostenibilidad. La aplicación y análisis de este índice a la gestión de los recursos hídricos permitió evaluar el estado actual de La Cuenca de la Segura y utilizar los resultados como herramienta de ayuda a la toma de decisiones por parte de los organismos competentes. (Senent, Pérez, & Bielsa, 2016)

Otro país que también aplicó el índice de Desarrollo Sostenible a nivel de cuencas fue Chile en la Cuenca del Río Elqui, dicha cuenca fue incorporada a la red de cuencas hidrográficas del programa HELP de la UNESCO. El resultado fue un valor global de 0.61 para el indicador IDS (en el rango de 0 a 1), calificando el nivel de sostenibilidad como "intermedio". Las mayores fortalezas de la cuenca se relacionaron con los indicadores de Ambiente y de Políticas. Por otro lado, las mayores debilidades observadas en la cuenca se relacionaron con el indicador de Hidrología, debido principalmente a la situación de escasez hídrica. En dicha investigación se prevé la necesidad de actualizar la información local la cual es necesaria para la planificación a mediano y largo plazo y la formulación de estrategias de desarrollo para esta cuenca y otras. (Cortés et al., 2012).

Entre tanto en México, en la cuenca del Río Lerma, se utilizó la metodología llamada Índice de Sustentabilidad de Cuencas (WSI), que asigna un valor entre 0 y 1, e integra por indicadores de los componentes, Hidrología, Ambiente, Vida y Políticas públicas. En cada uno de los indicadores se determinaron los parámetros del modelo Presión, Estado y Respuesta (PER), el modelo PER incorpora las relaciones causa-efecto y permite en la toma de decisiones ver la interconexión entre los parámetros analizados en un periodo de cinco años. El WSI, utilizado como una herramienta de diagnóstico, generó información necesaria para medir y mejorar la gestión integral de los recursos hídricos y el desarrollo sustentable, el cálculo del WSI fue de 0,61 para toda la cuenca considerado como un nivel de sustentabilidad intermedio, la problemática más relevante encontrada se relacionó con la disponibilidad de agua en la cuenca por ser una región semiárida, donde existe una fuerte demanda por recursos hídricos escasos. (Instituto Mexicano de Tecnología del agua, 2011).

Por su parte, en el Valle del Cauca, Colombia, en el 2012 se aplicó el Índice de Sostenibilidad del Recurso Hídrico en la Agricultura (ISRHA), que evalúa la sostenibilidad del manejo del recurso hídrico en la agricultura, considerando aspectos sociales, económicos y ambientales que contribuyan a la planificación y ordenamiento del recurso hídrico en la subcuenca Centella ubicada en Dagua, Valle del Cauca. El ISRHA se desarrolló utilizando el Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo Incorporando Indicadores de Sostenibilidad–MESMIS y el Enfoque de Presión-Estado-Respuesta–PER. El índice se aplicó en dos periodos, en las tres vertientes que conforman la subcuenca Centella (La Virgen, Aguas Calientes y Centella). Al comparar los resultados obtenidos en las dos evaluaciones realizadas del ISRHA, se obtuvieron incrementos promedio del 11% en la sostenibilidad, lo cual permitió identificar puntos críticos y fortalezas en cada vertiente evaluada, y plantear estrategias tecnológicas de sostenibilidad del recurso hídrico en los sistemas productivos agrícolas de la subcuenca. (Reyes, Loaiza, & Carvajal, 2012).

A nivel regional no se encontraron estudios referentes a la temática de desarrollo sostenible para cuencas. Sin embargo, se encontraron metodologías aplicadas al Índice de escasez de agua superficial e informes sobre planes de Ordenación y Manejo de las Cuencas, los cuales son muy útiles para el desarrollo de esta investigación. Por ejemplo, en el 2009 se realizó el Plan Ordenación y Manejo de la Cuenca del Río Mayo con el cual se fortalecen los procesos de investigación y se mejora el conocimiento del patrimonio ambiental, dimensionando la intervención antrópica que afecta la cuenca articulando los diferentes ejercicios de planificación regional y local, aplicando principios de sostenibilidad ambiental, autonomía, participación, armonía y equidad territorial, para propiciar un manejo adecuado y concertado de sus recursos naturales y del ambiente buscando el mejoramiento de la calidad de vida de sus pobladores y la consolidación integral, socioeconómica, política y cultural entre los departamentos de Nariño y del Cauca.

Así mismo en el año del 2010, la Corporación Autónoma Regional de Nariño-CORPONARIÑO, analizó el Índice de escasez de agua superficial en la cuenca del Río Juanambú y Río Pasto, los resultados arrojaron que la tendencia de consumo del uso doméstico fue de 44,9% y el agrícola 45,6% del total de uso, se identificaron estos sectores como prioritarios en la optimización de infraestructura e implementación de instrumentos de control que lleven a reducir los consumos de agua y pérdidas en los sistemas de suministro, así mismo al desarrollo de programas de educación y sensibilización encaminados a formar una cultura de uso eficiente y ahorro del agua en la población. En cuanto al sector agrícola se recomendó realizar estudios que establezcan alternativas para el mejoramiento de las eficiencias de los sistemas de riego e implementación de cultivos con bajos requerimientos hídricos. (CORPONARIÑO, 2010)

De la misma manera, en el 2014 la Corporación Autónoma Regional de Nariño realizó el Plan de Ordenamiento del cauce principal de la quebrada La fragua por ser este un afluente importante de la Cuenca del Río Mayo, la cual a lo largo de su cauce presenta captaciones

para uso agrícola y vertimientos de aguas residuales provenientes de los municipios de la Unión y San Pedro Cartago además de los vertimientos del sector cafetero lo que representa deterioro de la calidad del agua, razones por las cuales la corporación priorizó la ordenación del recurso hídrico del cauce principal de la quebrada. (CORPONARIÑO, 2014).

4.2 Marco Conceptual

Para el desarrollo de esta investigación se tuvo en cuenta diferentes conceptos que permitieron comprender la sostenibilidad de la subcuenca La Fragua, bajo este lineamiento se adoptaron conceptos tales como:

4.2.1 Recurso hídrico

Los recursos hídricos, se entienden como todas aquellas fuentes naturales de agua, esenciales en el funcionamiento de los ecosistemas y de todas las actividades humanas. Razón por la cual, se considera al agua como un recurso único insustituible e indispensable, por lo que logra impactar todos los aspectos de la vida del planeta. (Villamagua, 2012). Es así como el ciclo hidrológico de este elemento cumple un proceso continuo por el cual las masas de agua cambian de estado y posición relativa en el planeta, en el que una molécula de agua describe un ciclo cerrado pasando por varios estados; evaporación, condensación, precipitación, escorrentía y transporte en una determinada unidad territorial (Díaz, Esteller, & López, 2005).

A su vez, en la unidad territorial o cuenca hidrográfica, existen entradas y salidas, que se pueden cuantificar por medio del ciclo hidrológico, por ejemplo, a la cuenca ingresa una cantidad de agua, por medio de la precipitación y otras formas; y luego existe una cantidad que sale de la misma, por medio de su río principal en las desembocaduras o por el uso que adquiera el agua. (Ordoñez, 2011).

Así mismo, la unidad territorial o cuenca hidrográfica, es considerada por la Gestión Integral del Recurso Hídrico como la unidad fundamental de análisis para el desarrollo de los procesos de planificación y administración (Miniambiente, 2019). Es el espacio de terreno limitado por las partes más altas de las montañas laderas y colinas, en él se desarrolla un sistema de drenaje superficial que concentran sus aguas en un río principal el cual se integra al mar, siguiendo la divisoria de las aguas (Faustino, Jimenez, 2000). A su vez, el Decreto 1076 de 2015, título 3, sección 5, coherente con la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico –PNGIRH (2010), define la cuenca hidrográfica como la unidad fundamental de análisis para el desarrollo de los procesos de

planificación y administración (Miniambiente, 2017). Por su parte, Henao afirma que “La cuenca como unidad, tiene características geográficas, físicas y biológicas similares que la hacen funcionar como un ecosistema. Es por esto, por lo que las cuencas hidrográficas son la mejor unidad geográfica para planeación del desarrollo regional” (Henao, 1998).

Atendiendo a los conceptos de Ferney es relevante entender la funcionalidad de una cuenca, pues dentro de esta convergen muchos factores, entre los que se encuentran los procesos de los ecosistemas que describen el intercambio de materia y flujo de energía a través de la vinculación de los elementos estructurales que pueden ser vistos como un sistema pues dentro de la cuenca, se encuentran los componentes; hidrológicos, ecológicos, ambientales y socioeconómicos cuyas funciones son:

- Función hidrológica: captación de agua de las diferentes fuentes de precipitación para formar el escurrimiento de manantiales, río y arroyos; almacenamiento del agua en sus diferentes formas y tiempos de duración y descarga del agua como escurrimiento.
- Función ecológica: provee diversidad de sitios y rutas a lo largo de la cual se llevan a cabo interrelaciones entre las características de calidad física y química del agua; provee de hábitat para la flora y fauna que constituye los elementos biológicos del ecosistema y tienen interacciones entre las características físicas y biológicas del agua.
- Función ambiental: constituyen sumideros de CO₂, regula la recarga hídricos, conserva la biodiversidad, mantiene la integridad y la diversidad los suelos.
- Función socioeconómica: suministra recursos naturales para el desarrollo de actividades productivas que dan sustento a la población y provee un espacio para el desarrollo social y cultural de la sociedad (Ferney, 2002).

De acuerdo con lo anterior y, teniendo en cuenta los aspectos físicos que permite ver la importancia y funcionalidad de la cuenca hidrografía desde el punto de vista hidrológico; la cuenca es una unidad del territorio que capta la precipitación, transita el escurrimiento y la escorrentía hasta un punto de salida en el cauce principal, formando los drenajes cuyo flujo es vital para los ecosistemas y toda vida existente. Sin embargo, se debe considerar que, dentro de esta unidad territorial, el hombre se ha asentado en las márgenes de sus afluentes, cambiando las coberturas vegetales y los usos de suelo trayendo grandes efectos e impactos negativos en la calidad y cantidad del agua. Por esta razón, surge la necesidad de concienciar a los entes gubernamentales en el diseño y la planificación ambiental regional cuya finalidad es lograr la sostenibilidad de las cuencas con el fin de que se preserve los recursos naturales vitales para el sustento del ecosistema. Por lo tanto, para esta investigación el concepto de cuenca hidrográfica se inclina hacia la premisa de

que la cuenca es una unidad de planificación territorial donde convergen todos los factores sociales, culturales, ambientales, económicos e institucionales, en torno al recurso hídrico. De igual manera, vale mencionar que, los afluentes que se encuentran dentro de esta unidad territorial son los dinamizadores y transformadores de las actividades físico-biótico de la misma.

4.2.2 Medio ambiente

Actualmente, existen diversas tendencias en las que se interpreta el significado y sentido del medio ambiente. Según la RAE el medioambiente. 'es un conjunto de circunstancias o condiciones exteriores a un ser vivo que influyen en su desarrollo y en sus actividades (Real Academia Española, 2005). Según Caride y Meira ,2001 Aunque también el medio ambiente se percibe como un constructo social mediado por filtros culturales y representaciones simbólicas que están ideológica y políticamente condicionadas citador por (Porrás et al., 2014). De la misma manera, el consejo europeo define el medio ambiente como "Los recursos naturales abióticos y bióticos, tales como el aire, el agua, el suelo, la fauna y la flora y la interacción de todos estos factores, los bienes que componen la herencia cultural y los aspectos característicos del paisaje" (Cifuentes, 2008).

En consecuencia, el medio ambiente al ser un conjunto de elementos naturales que se relacionan entre sí, generan para el ser humano beneficios ecosistémicos que pueden ser alterados por las diferentes presiones que ejercen las actividades socioeconómicas, dado que, el desarrollo de las mismas está estrechamente relacionado con los recursos naturales como el agua y el suelo, de los cuales el ser humano satisface sus principales necesidades, es así como toda acción antrópica impacta en el sostenimiento de los mismos.

A toda aquella alteración del medio ambiente, provocada directa o indirectamente por una actividad antrópica, se la conoce como, impacto ambiental, que en términos generales es la modificación del medio ambiente ocasionada por la acción del hombre o de la naturaleza (SGS ACADEMY, 2012). De esta manera, los impactos ambientales que afrontan las cuencas hidrográficas son originados, precisamente, por el mal uso que el ser humano hace de los suelos, ocasionando problemas erosivos, colmataciones, derrumbes y empobrecimiento paulatino de la tierra laborable (Henao, 1998). Por otra parte, las consecuencias del inadecuado manejo de los recursos hídricos causados por las actividades socioeconómicas cada día se reflejan en la disminución de la calidad y cantidad del agua.

Por lo tanto, la degradación del medio ambiente y la falta de agua limpia plantean retos fundamentales para el desarrollo sostenible. Los avances socioeconómicos no pueden sostenerse si no hay aire limpio para respirar, agua salubre para beber, suelos sanos para la producción agropecuaria y un medio ambiente limpio y estable en el que se sustente el trabajo y la vida (International Atomic Energy Agency IAEA, 2017). Por consiguiente, se debe considerar la cuenca hidrográfica como cuenca-región porque en ella confluyen diversos procesos de carácter social, cultural, ambiental, económicos, políticos e institucionales que se deben analizar y trabajar desde una perspectiva sostenible que permita crear una base de planificación territorial participativa y concertada que involucre a las comunidades e instituciones al reconocimiento de su territorio y las dinámicas positivas y negativas que emergen en su localidad.

4.2.3 Calidad de vida

El concepto de desarrollo y crecimiento, desde sus inicios presentó una raíz utilitarista propia de la teoría económica en donde se forjó la idea de que el desarrollo económico debía estar medido por el Producto Interno Bruto (PIB) el cual reflejaba el bienestar general, bajo la idea de que un mayor crecimiento del PIB se reflejaría en una reducción de la pobreza y los individuos gozarían de una mayor prosperidad económica y social (Ramírez et al., 2015). Sin embargo, para el PNUD, el desarrollo humano plantea la necesidad de reconocer que la verdadera riqueza de las naciones son las personas, y que el objetivo del desarrollo debe ser la creación de condiciones que permitan que las personas disfruten de una vida larga, saludable y creativa. Es decir, el desarrollo humano debe entenderse como el proceso de ampliación de opciones, libertades y capacidades de las personas con el fin de que puedan gozar de salud y bienestar, y tener acceso a los conocimientos y a los recursos necesarios para vivir una vida digna. (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo PNUD, 2013).

Con respecto a la calidad de vida, según la Declaración Universal de los Derechos Humanos-DHU todas las personas tienen el derecho de vivir en condiciones dignas, principalmente mediante los llamados Derechos de Segunda Generación; en los cuales se contempla el derecho al empleo, al salario justo, a la vivienda, a la cultura, a la salud, a una justa distribución de los recursos, a la educación y a la seguridad (Burgi, 2008). A sí mismo, si se habla de calidad de vida, en ésta también se encuentra implícito el derecho a la calidad ambiental, dado que el desarrollo humano debe estar orientado hacia un estilo de vida que dependa del cuidado consiente de los recursos naturales en donde se permita la continuidad de los ecosistemas y del planeta.

Una medida sinóptica del desarrollo humano es el IDH con el que se mide el promedio de los logros de un país en tres dimensiones básicas: Una vida larga y saludable, el acceso a la educación y un nivel de vida digno en términos de paridad del poder adquisitivo (PPA) (CEPAL, 2006).

Cuando se habla de una vida larga y saludable, éste se calcula por medio del índice de esperanza de vida, el cual se mide según el logro relativo de un país en la esperanza de vida al nacer, teniendo en cuenta número de años que vivirá un recién nacido si los patrones de mortalidad por edades imperantes al momento de su nacimiento siguieran siendo los mismos a lo largo de toda su vida (CEPAL, 2006). En cuanto al acceso a la educación, para el Desarrollo Sostenible, ésta tiene un papel muy importante en la formación de individuos, ya que facilita la construcción de conocimientos significativos y la apropiación de las realidades en las cuales se desenvuelven todos los grupos sociales. (Frers, 2005). Con respecto al nivel de vida digno, se considera que el ingreso o gasto per cápita es usualmente el indicador más apropiado para medir el bienestar de un hogar, bajo la perspectiva de que la pobreza se interpreta como la insuficiencia de ingresos, por lo que la existencia de los mismos permitiría a los miembros de un hogar satisfacer sus necesidades básicas. (Feres & Mancero, 2001).

En la actualidad se evidencia que, la población del área rural es la más perjudicada al no satisfacer sus necesidades básicas como acceso a la salud, educación e ingresos. Indicadores que miden la tasa de escolaridad rural, por ejemplo, muestran que el porcentaje de alfabetización en estos sectores es muy bajo; mientras que en zonas urbanas la población cuenta en promedio con educación secundaria completa, en las zonas rurales apenas completan la educación primaria. Por lo tanto, mientras más bajos sean los niveles educativos, de acceso a la salud y de ingresos de un hogar, mayor será la probabilidad de que en éste se promueva la pobreza, el analfabetismo y una precaria calidad de vida.

4.2.4 Política e institucionalidad

La normatividad y la legislación permiten regular la utilización y transformación del territorio, en este caso la cuenca, como una unidad territorial en la que se reglamentan mecanismos de planificación, con el fin de darle un uso adecuado a los recursos, sin que se genere conflictos. Por lo tanto, “en el plano político es fundamental transformar las instituciones con el fin de garantizar la seguridad de las personas mediante la vigilancia comunitaria, la aplicación de medidas de gobernanza rápida” (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo PNUD, 2016). A la vez, la institucionalidad está estrechamente relacionada con la normatividad, en este sentido los sistemas políticos, sociales, ambientales, económicos y administrativos son los actores llamados a participar en la toma de decisiones sobre la gobernanza de su territorio establecidos en los marcos normativos y legislativos, con el fin de velar por un uso adecuado de los recursos naturales.

En Colombia, la legislación relacionada con el aspecto ambiental se ampara inicialmente en el marco de la Constitución Política, en la cual se establecen fundamentos para alcanzar el desarrollo sostenible en el territorio nacional como; la planificación, el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración, además prevenir y controlar los factores del deterioro ambiental. El Ministerio de Medio Ambiente a través de la ley 99 de 1993, reordena el sector público encargado de la gestión y conservación de los recursos naturales renovables, y organiza el Sistema Nacional Ambiental (SINA), con el fin de que las entidades encargadas del medio ambiente velen por la planificación, conservación y gestión de las cuencas hidrográficas (Ministerio de Medio Ambiente, 2010).

El Decreto 1076 de 2015, coherente con la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico –PNGIRH, define como Planificación del Recurso Hídrico a todas aquellas actividades que propenden de los Planes de Ordenación, Manejo de Cuencas Hidrográficas y la normatividad, con el fin de que se permita la sostenibilidad del recurso, implementando esquemas de articulación y procesos de fortalecimiento institucional. El mismo decreto sugiere que, la gestión del uso y aprovechamiento del recurso promueve el diseño de diferentes instrumentos y herramientas que permiten actualizar y fortalecer la administración de los mismos, buscando garantizar los mecanismos de uso eficiente, evaluación y seguimiento que permitan ajustar, mejorar y actualizar los esquemas de planificación y gestión (Miniambiente, 2017).

Por lo tanto, la gestión del recurso hídrico y el concepto de ordenación de cuencas hidrográficas, tiene sus orígenes en la expedición del Decreto 1381 de 1940 (por el entonces Ministerio de Economía Nacional), en el cual se determinaron los primeros lineamientos explícitos de política para el manejo del agua, sin embargo, es hasta la expedición del Código Nacional de los Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente decreto ley 2811 de 1974, que da inicio a la planificación ambiental del territorio (Minambiente, 2014).

De la misma manera, mediante el decreto 2811 de 1974 se establece que el ambiente es patrimonio común de la humanidad y por tanto es fundamental que el ser humano se pueda sostener para su supervivencia y el desarrollo económico de las comunidades existentes. Sin embargo, estos bienes ambientales deben ser utilizados de una manera racional, puesto que su uso debe ser con criterio de equidad para así lograr un desarrollo sostenible además de que las comunidades deben ser partícipes en actividades que permitan perpetuar los recursos para futuras generaciones. (Congreso de la Republica, 2015)

El PNUD, define la gobernabilidad de las cuencas, como el conjunto de sistemas políticos, sociales, económicos y administrativos encargados de desarrollar y gestionar los recursos hídricos y su distribución. Esta cubre así mismo un conjunto de temas íntimamente ligados al agua, desde la salud y la seguridad alimentaria hasta el desarrollo económico, el uso de la tierra y la preservación del entorno natural del que dependen los recursos hídricos. Es

decir que, la institucionalidad ante la normatividad se preocupa por diseñar y adoptar las leyes y delegar responsabilidades de todos los actores; gobiernos locales y nacionales, sectores privados y de la sociedad civil (Zamudio, 2012). Sin embargo, a pesar de que Colombia cuenta con una robusta normatividad para promover la preservación del medio ambiente, la indiferencia, la corrupción y las problemáticas tanto sociales como económicas interfieren directa e indirectamente en la degradación de los componentes de la naturaleza dejando a un lado el desarrollo integral y la armonía con el medio ambiente.

4.2.5 Desarrollo sostenible

Según Naciones Unidas, el desarrollo sostenible, busca la satisfacción de las necesidades de la generación presente, sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades; este concepto emerge como principio rector para el desarrollo de las naciones a largo plazo, trata de lograr, de manera equilibrada, el desarrollo económico, el desarrollo social y la protección del medio ambiente (Asamblea General de las Naciones Unidas, s.f). Es decir, el desarrollo sostenible se debe abordar y analizar desde la funcionalidad de los bienes y servicios que presta los ecosistemas, con el fin de dar tratamiento a los recursos naturales de manera sustentable de acuerdo a las dinámicas socioeconómicas y culturales de cada territorio.

Por otra parte, Foladori afirma que los análisis sobre sustentabilidad contemplan una serie de problemas, estos pueden ser agrupados en lo que se llama sustentabilidad ecológica o sustentabilidad social. Se entiende por sustentabilidad ecológica cierto equilibrio entre los elementos materiales (naturales y artificiales) y los organismos vivos. Se entiende por sustentabilidad social cuestiones que afectan directamente las condiciones o nivel de vida de la población. Obviamente, la sustentabilidad ecológica y la social están interrelacionadas (Foladari, 2001). Por lo anterior se puede considerar que, toda acción antrópica repercute positiva o negativamente en el estado de los recursos ambientales existentes dentro de la cuenca hidrográfica, por lo que es relevante que cada territorio identifique sus propias problemáticas ambientales y establezca dinámicas socioeconómicas y culturales que promuevan la sostenibilidad de los servicios ecosistémico.

El desarrollo sustentable propone articular al menos cinco dimensiones: la económica, la ambiental, la social, la política y la cultural. Dentro de estas dimensiones se abarcan temas como la equidad, las oportunidades de empleo, el acceso a bienes de producción, los impactos ambientales, el gasto social, la igualdad de género, el buen gobierno, una sociedad civil activa en términos de participación social, entre otros, considerándose tanto aspectos cuantitativos como cualitativos del desarrollo. (Universidad Autónoma de Nuevo León, 2011).

Además, desde el punto de vista de la ecología, lo ambiental es importante debido a que *“El desarrollo sustentable debe considerar a la naturaleza como una fábrica que es necesario mantener y perfeccionar para que los esfuerzos de los planes de manejo y las tecnologías derivadas maximicen su productividad a largo plazo y minimicen sus efectos negativos”* (Muñoz, 2010). Por lo que el desarrollo sostenible se debe abordar y analizar contemplando los bienes y servicios que prestan los recursos hídricos, con el fin de garantizar su permanencia contemplando el equilibrio entre la oferta y demanda de los recursos, adoptando un pensamiento ambiental crítico e integral, que permita evidenciar la problemática, definir un diagnóstico con dimensiones ambientales que aborde las diferentes causas de las problemáticas y finalmente mediante indicadores cuantificar el grado de sostenibilidad de la cuenca hidrográfica, donde los componentes de la naturaleza son fundamentales para la existencia de los seres vivos. Al mismo tiempo, se debe tener en cuenta la importancia de recuperar valores en la sociedad, dado que la falta de concienciación conlleva a las malas prácticas de uso del suelo y del agua, porque nuestro patrón de desarrollo, consumista, predatorio, perdulario y sin ningún cuidado, hacia los recursos, lo están deteriorando (Boff, 2012).

De acuerdo con la FAO, *el desarrollo sostenible no se refiere a un estado inmutable de la naturaleza y de los recursos naturales, pero sí incorpora una perspectiva de largo plazo en el manejo de los mismos, por lo que ya no se apunta a una "explotación" de los recursos naturales sino a un "manejo" de éstos; así mismo enfatiza en la necesidad de la solidaridad hacia las actuales y futuras generaciones y defiende la equidad intergeneracional. De otra parte, se defiende la necesidad de que la dirección de la inversión y del progreso científico tecnológico esté encaminados a la satisfacción de las necesidades presentes y futuras* (FAO, s.f).

Dicha sostenibilidad está relacionada con el balance entre la capacidad ecológica de bienes y servicios ambientales de los ecosistemas y la presión de la demanda de éstos ejercida por la sociedad, oferta que define una capacidad de soporte con límites determinados por la productividad total del respectivo ecosistema natural, incluida su capacidad de resiliencia y la protección y compensación que puede incorporar el hombre a través de tecnologías proteccionistas (CORPONARIÑO, 2009). Por lo tanto, el desarrollo sostenible no puede ser visto desde una perspectiva inalterable del uso de los recursos naturales, sino que, por el contrario, el llamado está dado hacia el uso racional y consiente de los mismos, hacia un manejo adecuado, antes que a su explotación. La sostenibilidad apunta a la concienciación de la huella que el ser humano está dejando en el planeta, donde la ecología es fundamental en el aspecto cultural, social, ambiental, económico y político para planificar en el presente el uso de los recursos naturales y preservarlos para el futuro y disfrute de las generaciones venideras.

En cuanto a la sostenibilidad del recurso hídrico se destacan algunas evaluaciones del cálculo del índice de sostenibilidad de cuencas que consiste en evaluar el estado de la cuenca de forma integral valorando aspectos como: Agua, Ambiente, Vida y Política. Las cuales permiten identificar en qué condiciones se encuentra dicho territorio con el fin de

identificar las principales problemáticas y de esta manera planificar acciones de mitigación, conservación y preservación de los recursos hídricos.

Para evaluar los criterios de base para aplicar el cálculo de índice de sostenibilidad se utilizaron cuatro indicadores, atendiendo a un modelo tipo PER o FPEIR, este modelo es un sistema compuesto por indicadores de fuerzas motrices (F), de presión (P), de estado (E), de impacto (I) y de respuesta (R) (Murcia et al., 2010). Con lo cual se procura la consecución de una estructura espacial adecuada, tomando información de diferentes periodos, y así generar procesos viables donde el desarrollo sostenible sea el elemento de mayor importancia en las decisiones de la comunidad involucrada.

Según Ortiz et. al, (2004), citado en Murcia et. al (2010) El modelo FPEIR está basado en un concepto de causalidad (asociación), en donde las actividades humanas ejercen presiones directas e indirectas sobre el entorno, cambiando la cantidad y calidad de los recursos naturales y las condiciones del ambiente, hechos que a su vez impactan de forma negativa diversos componentes del bienestar humano; la sociedad responde a estos cambios a través de políticas ambientales y políticas económicas generales y sectoriales tomado de (Murcia et al., 2010).

En el Modelo FPEIR: Las fuerzas motrices son actividades humanas que ejercen presión sobre el medio físico y como consecuencia su estado cambia, lo que produce impactos sobre la salud humana, los ecosistemas y los recursos. Esta situación da lugar a respuestas de las sociedades humanas, incidiendo en las presiones, o en el estado o los impactos directamente. Las Presiones reflejan las causas de la degradación de la naturaleza como consecuencia de las fuerzas motrices descritas y a su vez el Estado describe cómo se encuentran los elementos objeto de evaluación por acción de las presiones que se ejercen, y en cuanto al Impacto este describe las modificaciones sobre el medio que producen las presiones, en cuyo caso corresponden a los cambios que se presentan en el entorno natural y que ponen en riesgo la vida de la población, su salud y la capacidad de disfrutar de un ambiente saludable y las actividades económicas. Finalmente, el Estado describe cómo se encuentran los elementos objeto de evaluación por acción de las presiones que se ejercen. Según ESPON 2006 citado por (Murcia et al., 2010). El modelo FPEIR se basa sobre la hipótesis de que las actividades económicas y los comportamientos sociales afectan la calidad del ambiente, fijando un marco de análisis de las interacciones entre la sociedad y el ambiente.

En ese contexto, el Índice de Sostenibilidad de Cuencas (ISC), es un índice específico, donde se estima la sostenibilidad de las cuencas, teniendo en cuenta las relaciones de causa y efecto, donde se consideran respuestas de políticas implementadas en determinado período como parte de su sostenibilidad. El ISC integra los aspectos de Hidrología (H), Medio Ambiente (E), Vida (L) y Políticas (P) de una cuenca en el marco de tres parámetros: Presión, Estado y Respuesta (Chaves y Alípez, 2007 citado por,

(Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura UNESCO, 2008).

En cuanto al indicador de Hidrología este es el principal indicador del ISC, porque evalúa las características físicas y químicas del cuerpo de agua de la cuenca focalizada, contiene dos conjuntos de subindicadores: cantidad y calidad del agua. Esos dos subindicadores se promedian juntos para hallar el indicador de Hidrología global. Por su parte, el Indicador de Medio Ambiente (E) focaliza la presión ambiental, así como el área de vegetación y regiones protegidas existente en la cuenca. Para definir el parámetro de Presión, se aplica el Índice de Presión Ambiental (IPA), que evalúa la presión ejercida por las actividades agrícolas humanas sobre el medio ambiente. El IPA es un medio eficaz para evaluar el equilibrio entre poblaciones urbanas y regiones agrícolas. Así mismo, Indicador de Vida (L) evalúa el nivel de vida y el Índice de Desarrollo Humano en la cuenca. El parámetro de presión se caracteriza por la variación de la renta per cápita en el período estudiado. Este parámetro da a los interesados una noción de si la calidad de vida de la población que habita en la cuenca ha mejorado. Y finalmente, el Indicador de Políticas (P) Evalúa los niveles de educación, marcos jurídicos y participación institucional en la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico –PNGIRH. El subindicador de IDH de educación se usa para calcular el parámetro de Presión. En él se tiene en cuenta la tasa de alfabetismo de adultos, así como la matrícula bruta en los programas de educación primaria, secundaria y terciaria, de la población. (Organización de las Naciones Unidas para la Educación la Ciencia y la Cultura UNESCO, 2014).

Por otra parte, para lograr la espacialización y el análisis de los indicadores para evaluar la sostenibilidad de las cuencas los Sistemas de información Geográfica son herramientas para presentar datos geográficos referenciados espacialmente para la solución de problemas complejos de planificación y gestión Gutiérrez & Gould, 2000 citado por (Rodríguez, 2010). Así mismo, a través de los Sistemas de Información Geográfica, se pueden realizar clasificaciones de coberturas con la metodología Corine Land Cover, permitiendo de esta manera tener un conocimiento sobre el uso del suelo en el área de estudio, constituyéndose en un buen soporte para la toma de decisiones políticas relacionadas con el medio ambiente y el ordenamiento territorial.

Finalmente, y de acuerdo con los conceptos ya establecidos; se define el desarrollo sostenible como todas aquellas acciones que permiten mantener el equilibrio entre el hombre que satisface sus necesidades, sin comprometer los recursos de las generaciones futuras. La sostenibilidad de la cuenca es un proceso técnico-político que parte de planificación y gestión del manejo adecuado de los recursos naturales tendiente a la preservación un enfoque ecosistémico, el cual establece la compatibilidad de las actividades que se realizan en las diferentes unidades territoriales con las características ecológicas, sociales y económicas de las mismas, que hagan sostenible el desarrollo desde el punto de vista ambiental.

5. Metodología

Para realizar el análisis de sostenibilidad se aplicó la metodología del Programa Internacional de la UNESCO para América Latina y el Caribe quienes tomaron como referencia la metodología de Chaves y Alipaz 2007, la cual se aplica para cuencas no mayores de 2500 km², es así, que para el área de estudio se cuenta con una superficie de 53.92 km²; es decir que esta metodología permitió alcanzar los objetivos planteados para la subcuenca, sin embargo es de aclarar que el área de estudio no cuenta con antecedentes de la aplicación del WSI, es por ello que se mencionará en este capítulo los ajustes que se tuvo que realizar para algunos datos utilizados acorde con la escala de estudio; teniendo en cuenta las condiciones físicas, medioambientales y socioeconómicas propias de la región, con el fin de evaluar la sostenibilidad de la subcuenca la Fragua.

Además, en el marco metodológico del Índice de Sostenibilidad para Cuencas se estructuran 4 indicadores atendiendo a un modelo PER desarrollado por Rapport y Friend 1979, el cual es aplicado para indicadores ambientales por parte de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), este modelo permite analizar las relaciones existentes entre las actividades humanas (Presión) y su impacto en el estado del medioambiente (Estado), lo que provoca una serie de acciones a realizar para dar solución a los problemas generados (Respuesta),(Senent et al, 2016).

5.1 Identificación de la oferta hídrica superficial y la calidad del agua encontrada en la subcuenca La Fragua.

Indicador de Hidrología: Este indicador es de gran importancia porque permitió evaluar las características fisicoquímicas de los afluentes existentes dentro de la subcuenca, mediante los subindicadores de cantidad y calidad de agua, los cuales al promediarse definieron el indicador de Hidrología Global. A continuación, se da a conocer los procedimientos y ajustes tomados para este indicador:

Fase 1: Para determinar el indicador hidrológico (cantidad y calidad del agua) se recolectó información necesaria para identificar la oferta superficial y la calidad del agua en el área de estudio, por lo tanto, en esta fase se consultó fuentes de información como: Planes de ordenamiento de cuencas hidrográficas de la Cuenca de Río Mayo y el cauce principal de la quebrada La Fragua, planes de desarrollo de los municipios de La Unión y San Pedro de Cartago del departamento de Nariño, Esquemas de Ordenamiento Territorial-EOT de los municipios anteriormente mencionados, consultorías relacionados con el tema de estudio, población DANE de los años 2014 y 2016 con lo cual se realizó un estimativo para el área de la Subcuenca, esto fue necesario, debido a la ausencia de datos de población para el área de estudio.

Tabla 5-1: Fuentes de Información Indicador Hidrología

Tipo de Información	Objetivo específico: identificación de la oferta hídrica superficial y la calidad del agua encontrada en la subcuenca La Fragua.		
	Actividades realizadas	Fuentes de información	Producto obtenido
Secundaria	Se identificó la información relacionada; <ul style="list-style-type: none"> ▪ Cantidad y calidad de agua; Fase de Diagnóstico Componente Físico-Biótico del Río Mayo 2016 ▪ Planes de Ordenamiento de la Cuenca Río Mayo 2009 ▪ Plan de ordenamiento del Cauce Principal de Quebrada La Fragua 2014 ▪ Datos de población 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Alcaldías municipales de la Unión y de San Pedro de Cartago ▪ Estudio Técnico elaborado por Alberto Burítica ▪ CORPONARIÑO 	Se obtuvo información sobre datos de cantidad y calidad de Agua, y se realizó los correspondientes cálculos para el indicador Hídrico

Fuente: Esta Investigación

Procedimiento: Una vez recopilada la información, se procedió a su clasificación, depuración, validación y análisis de la información obtenida, para el cumplimiento de los requerimientos de los parámetros de Presión, Estado y Respuesta. Con este resultado se procedió a la aplicación de la metodología de Chávez y Alipaz adaptada por la UNESCO, que se describe a continuación:

5.1.1 Subindicador de cantidad de agua (presión, estado y respuesta)

Subindicador de Cantidad de Agua: con los resultados encontrados en la información secundaria, se realizó los correspondientes cálculos para los parámetros de Presión, Estado y Respuesta, es así como se logró determinar la disponibilidad de agua superficial en la subcuenca.

Parámetro de Presión: este parámetro se estimó, con el cálculo de la disponibilidad de agua en este caso la Superficial, debido a la ausencia de datos de agua subterránea, es así como se determinó la variación de la disponibilidad de agua por persona, en el período estudiado tanto a largo plazo (LWA) como a corto plazo (SWA). (Ver Ecuación 5.1) Chaves y Alipaz (2007) citado por Organización de las Naciones Unidas para la Educación la Ciencia y la Cultura UNESCO (2014).

Tabla 5-2: Oferta Hídrica Neta (Millones Metros Cúbicos/año)

Año	Oferta hídrica neta (Millones Metros Cúbicos/Año)
2009	32.58
2014	34.37
2016	29.93

Fuente: Datos tomados de los Planes de Ordenamiento de la Cuenca del río Mayo 2009-2016 y Plan de ordenamiento del Cauce principal de la Quebrada La Fragua 2014

(¡Error!
No se
encuentra
el origen
de la
referencia
.)

SWA = Promedio oferta hídrica neta a corto plazo (2014-2016)

LWA = Promedio oferta hídrica neta a largo plazo (2009-2016)

$\Delta 1$ = Variación porcentual de la Disponibilidad de agua a largo y a corto plazo

$$\Delta 1 = \frac{32.2 \text{ MMC} - 31.26 \text{ MMC}}{31.26 \text{ MMC}} \times 100\% \quad \Delta 1 = 0.03 * 100 \text{ MMC} \quad \Delta 1 = 3.02\%$$

El resultado se lo comparó con la tabla 5-3 y se obtuvo la puntuación

Tabla 5-3: Descripción de parámetros de presión, niveles y puntajes ISC (P de presión)

Indicador	Parámetros de presión	Nivel	Puntaje
Hidrología	Variación de -1 en la disponibilidad de agua per cápita en el período estudiado, en relación con el promedio a largo plazo (m ³ /año)	$\Delta < -20\%$	0,00
		$-20\% < \Delta < -10\%$	0,25
		$-20\% < \Delta < -0\%$	0,50
		$0 < \Delta < +10\%$	0,75
		$\Delta > 20\%$	1,00

Fuente: Chaves y Alipaz (2007) citado por Organización de las Naciones Unidas para la Educación la Ciencia y la Cultura UNESCO (2014).

Parámetro Estado: La disponibilidad de agua (W_a) corresponde a la división entre el promedio histórico del agua disponible o escurrimiento neta y la población existente de la subcuenca considerando el cálculo la proyección de la población para el área de la Subcuenca de los años 2014 y 2016. (Ver Ecuación 5.2) Chaves y Alipaz (2007) citado por Organización de las Naciones Unidas para la Educación la Ciencia y la Cultura UNESCO (2014).

(5.2)

$$W_A = \frac{\text{Promedio oferta hídrica neta a largo plazo (2009–2016)}}{\text{Población de subcuenca}}$$

$$W_A = \frac{(32.58 + 29.93)/2}{20305} = \frac{31.26 \times 1000000}{20305} = 1539.28 \text{ m}^3/\text{Habitante}$$

El resultado se asume como la disponibilidad per-carpita de agua (m³/persona/año), considerando solo las fuentes de agua superficial, dado que la información de oferta hídrica subterránea no fue posible conseguirla. El resultado se lo comparó con la tabla 5-4 y se obtuvo la siguiente puntuación:

Tabla 5-4: Descripción de parámetros de presión, niveles y puntajes ISC. (P de Estado)

Indicador	Parámetros de presión	Nivel	Puntaje
Hidrología	Disponibilidad per-carpita de agua (m ³ /persona/año), considerando fuentes de agua superficial y subterránea	$W_a < 1700$	0,00
		$1700 < W_a < 3400$	0,25
		$3400 < W_a < 5100$	0,50

	5100<Wa<6800	0,75
	Wa>6800	1,00

Fuente: Chaves y Alipaz (2007) citado por Organización de las Naciones Unidas para la Educación la Ciencia y la Cultura UNESCO (2014).

Parámetro de Respuesta: Es el único parámetro cualitativo de este Subindicador, con el cual se evaluó las mejoras en la eficiencia del uso del agua durante el período estudiado, es decir, se revisaron las posibles inversiones que se realizaron en la subcuenca, con el fin de mejorar o avanzar en la prestación del servicio de acueducto y alcantarillado, para esto se revisó el Plan de Ordenamiento del cauce principal de la quebrada La Fragua del 2014 y los resultados en los anteriores parámetros calculados, con el fin de evaluar la optimización del uso del agua en la subcuenca (Ver anexo A: Subindicador cantidad de agua para el parámetro de respuesta). El resultado se lo comparó con la tabla 5-5 y se obtuvo la siguiente puntuación:

Tabla 5-5: Descripción de parámetros de presión, niveles y puntajes ISC. (P de Respuesta)

Indicador	Parámetros de presión	Nivel	Puntaje
Hidrología	Mejora en la eficiencia en el uso del agua en la cuenca, en el período estudiado	Muy insatisfactorio	0,00
		insatisfactorio	0,25
		Medio	0,50
		Bueno	0,75
		Excelente	1,00

Fuente: Chaves y Alipaz (2007) citado por Organización de las Naciones Unidas para la Educación la Ciencia y la Cultura UNESCO (2014).

5.1.2 Subindicador de calidad de agua (presión, estado y respuesta)

Subindicador de Calidad de Agua: para este indicador se tuvo en cuenta la demanda bioquímica de oxígeno (BOD) por ser una variable representativa dentro de los indicadores de presión, identificadas en el marco conceptual de la Política Hídrica Nacional, que alerta sobre la existencia de los principales tipos de contaminación que afronta el recurso. (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, 2010). Un DBO bajo representa menos desechos orgánicos y más oxígeno disuelto en el cuerpo de agua, y por lo tanto es deseable Reible, (2005) citado por Organización de las Naciones Unidas para la Educación la Ciencia y la Cultura UNESCO (2014).

Tabla 5-6: DBO Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/l)

Año	Carga contaminante ton/año	Carga contaminante kg/día	DBO Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/l)
2009	195.23	534.88	4711.89
2014	211.25	578.77	5098.54
2015	213.37	584.58	5149.70

Fuente: Datos tomados de Plan de Ordenamiento de la Cuenca del río Mayo 2009, Plan de Ordenamiento del Cauce principal de la Quebrada La Fragua 2014 y Plan de Gestión Ambiental Regional del departamento de Nariño 2016-2030

En la tabla 5-6, se observan los valores de la carga contaminante en ton/año, que se encontraron como parte de los registros del Plan de Ordenamiento del cauce principal de la quebrada La Fragua, donde se realizó un recorrido a lo largo de la misma, con el fin de encontrar los puntos de descargas y vertimientos, encontrando que, la corriente de dicha quebrada es la receptora de las aguas residuales de las cabeceras urbanas de los municipios de San Pedro de Cartago y La Unión. Para realizar la conversión de las unidades, a miligramos por litro (mg/l) se utilizó la fórmula expuesta en el Decreto número 3100 de 2003 por medio del cual se reglamentan las tasas retributivas por la utilización directa del agua como receptor de los vertimientos puntuales. (Miniambiente, 2003)

$$Cc = Q \times C \times 0.0864 \times (t/24)$$

Donde:

Cc = Carga Contaminante, en kilogramos por día (kg/día)

Q = Caudal promedio, en litros por segundo (l/s)

C = Concentración de la sustancia contaminante, en miligramos por litro (mg/l)

0.0864 = Factor de conversión de unidades

t = Tiempo de vertimiento del usuario, en horas por día (h)

Parámetro de Presión: se realizaron los cálculos a partir de datos disponibles de la DBO tomados en las estaciones de control de calidad de agua, en donde se realiza el monitoreo de la demanda bioquímica de oxígeno en un periodo de 5 días (DBO5). El periodo analizado comprendió los siguientes años 2009, 2014 y 2015. Para el cálculo del parámetro se utilizó la variación de DBO5 en un periodo corto (período 2009-2014), con respecto a un periodo largo, en este caso se utilizó como valor de referencia, el valor correspondiente al año 2009. Finalmente, el resultado se lo comparó con la tabla 5-7 y se obtuvo la puntuación. Para calcular este parámetro se utilizó la siguiente ecuación (Ver Ecuación 5.3) Chaves y Alipaz (2007) citado por Organización de las Naciones Unidas para la Educación la Ciencia y la Cultura UNESCO (2014).

$$\Delta 2 = \frac{Pc - Pl}{Pl} \times 100 \quad (5.3)$$

$\Delta 2$ = Variación porcentual de DBO5 entre periodos

Pc= Promedio de DBO5 en un periodo a corto plazo (2009-2015)

Pl= Valor de DBO5 referencia, correspondiente al año 2009

$$\Delta 2 = \frac{4905.22 \text{mg/l} - 4711.89 \text{mg/l}}{4711.89 \text{mg/l}} \times 100 = \Delta 2 = \frac{193.33 \text{mg/l}}{4711.89 \text{mg/l}} \times 100 = 4.10$$

Tabla 5-7: Descripción de parámetros de presión, niveles y puntajes ISC. (P de presión)

Indicador	Parámetros de presión	Nivel	Puntaje
Hidrología	Variación de -2 en BOD5 de la cuenca en el período estudiado, en relación con el promedio a largo plazo	$\Delta > -20\%$	0,00
		$20\% > \Delta 2 > 10\%$	0,25
		$0 < \Delta 2 < 10\%$	0,50
		$-10 < \Delta 2 < 0\%$	0,75
		$\Delta 2 < -10\%$	1,00

Fuente: Chaves y Alipaz (2007) citado por Organización de las Naciones Unidas para la Educación la Ciencia y la Cultura UNESCO (2014).

Parámetro de Estado: según la metodología de Chávez y Alipaz, este ítem se debe calcular con el BOD5 del promedio histórico, que debe contener un mínimo de 10 años de información. Sin embargo, al no encontrarse la información se tomó el valor correspondiente al límite de detección dado por el cálculo BOD5 del IDEAM como valor estimado para el periodo histórico (2005-2015) de 2mg/l (IDEAM, 2007), el cual se corresponde a una puntuación de 0.75 según la Tabla 5-8.

Tabla 5-8: Descripción de parámetros de presión, niveles y puntajes ISC. (P de Estado)

Indicador	Parámetros de presión	Nivel	Puntaje
Hidrología	BOD5 promediado a largo plazo para la cuenca (mg/l)	$10 > \text{BOD}$	0,00
		$10 < \text{BOD} < 5$	0,25
		$5 < \text{BOD} < 3$	0,50
		$3 < \text{BOD} < 1$	0,75
		$\text{BOD} < 1$	1,00

Fuente: Chaves y Alipaz (2007) citado por Organización de las Naciones Unidas para la Educación la Ciencia y la Cultura UNESCO (2014).

Parámetro de Respuesta: este parámetro también evaluó cinco rangos de forma cualitativa, de acuerdo a la mejora de un adecuado tratamiento o eliminación de aguas cloacales en la subcuenca en el período estudiado. Para determinar este parámetro, se consultó información recolectada de la subcuenca (Ver anexo B: Subindicador calidad de agua para el parámetro de respuesta). Sin embargo, vale la pena mencionar que, se encontraron pocos proyectos e información muy reducida para la descontaminación de las aguas

servidas que llegan directamente a los afluentes de la subcuenca tanto en el sector rural, como urbano, por los que se estimó la información encontrada con una calificación cualitativa de insatisfactorio, la cual se comparó en la Tabla 5-9 arrojando un puntaje de 0.25

Tabla 5-9: Descripción de parámetros de presión, niveles y puntajes ISC. (P de Respuesta)

Indicador	Parámetros de presión	Nivel	Puntaje
Hidrología	Mejora en cuanto a tratamiento/eliminación de aguas cloacales en la cuenca, en el período estudiado	Muy insatisfactorio	0,00
		insatisfactorio	0,25
		Medio	0,50
		Bueno	0,75
		Excelente	1,00

Fuente: Chaves y Alipaz (2007) citado por Organización de las Naciones Unidas para la Educación la Ciencia y la Cultura UNESCO (2014).

5.2 Estimación del Índice de presión antrópica, áreas de vegetación natural y las regiones protegidas existente en la cuenca.

Fase 2: Para realizar el cálculo del indicador de medio ambiente se recolectó la información necesaria para identificar los usos del suelo de dos periodos, las áreas protegidas y las buenas prácticas de manejo. Las fuentes de información, temporalidad de los insumos y su formato se explica en la siguiente tabla:

Tabla 5-10: Fuentes de Información Indicador Medio Ambiente

Tipo de información	Objetivo específico: Determinar el índice de presión antrópica, el área de vegetación natural y la conservación de las regiones protegidas existente en la Subcuenca.		
	Características de la información y Fuente	Formato	Temporalidad y escala
Primaria	Polígonos de coberturas interpretados a partir de la imagen RapidEye, utilizando la metodología Corine Land Cover	Geodatabase	Año 2016, Escala 1:25.000.
Secundaria	Cartografía básica Instituto Geográfico Agustín Codazzi.	Geodatabase	Año 2016, Escala 1:25.000.
	Imagen satelital RapidEye, descargada del Banco Nacional de Imágenes-IGAC	Ráster	2015
	Imagen satelital Sentinel, descargada de La Agencia Espacial Europea (ESA)	Ráster	2012

	Polígono de Área Protegida de DMI (Cerro Chimayoy) CORPONARIÑO	Shapefile	2015, Escala 1:25000
--	--	-----------	----------------------

Fuente: esta investigación

Este indicador focaliza la presión ambiental, así como el área de vegetación y regiones protegidas existentes en la subcuenca, para el desarrollo de este fue necesario construir información de usos del suelo por medio de la interpretación de Imágenes Satelitales tomando como marco conceptual la metodología de CORINE LAND COVER, con el fin de poder comparar los usos del suelo de dos períodos, permitiendo realizar comparaciones precisas y útiles para el cálculo del indicador. A continuación, se describe cada procedimiento:

Descarga de imagen Sentinel: Desde el portal de la Agencia Espacial Europea (ESA), se descargó la información de las tomas de imágenes de los satélites Sentinel 2, el acceso a este portal se realizó en el siguiente link: <https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home>. En el portal de acceso se filtraron las imágenes sentinel_2, del área de estudio con el periodo de búsqueda desde el 1 de enero de 2012 hasta el 31 de diciembre del mismo año.

Procesamiento de los Insumos: Para la interpretación de coberturas del año 2012 se utilizó una imagen Sentinel, posterior a su descarga se realizó la composición de la imagen multiespectral es importante tener en cuenta que, para este caso fue necesario realizar el procesamiento de la imagen en el software Erdas Imagine 2014, uniendo las bandas 2, 3, 4 y 8 para que la resolución espacial de la misma quedara en 10 metros. Posteriormente, se realizó la proyección al origen MAGNA_Colombia_Oeste, se efectuó la verificación de ésta con los vectores de la cartografía IGAC y la imagen RapidEye y al no presentar desplazamientos no hubo necesidad de georreferenciar. Por otra parte, para la interpretación de coberturas del año 2015 se utilizó una imagen RapidEye con distancia de muestreo en el terreno de 6,5m, 5 bandas espectrales y resolución espacial de 5 metros. El proceso de georeferenciación y ortorectificación de la imagen no se realizó dado que, al descargarla desde el Banco Nacional de Imágenes del Instituto Geográfico Agustín Codazzi, las imágenes ya se encuentran procesadas.

Proceso de Interpretación: El proceso de generación de información de coberturas de la tierra se fundamentó en la interpretación visual apoyándose en el software ArcGis 10.4.1, siguiendo la metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia. El proceso metodológico aplicado para la generación de coberturas, consistió en interpretar, digitalizar y capturar las coberturas de forma visual sobre pantalla denominado técnica PIAO (Photo Interpretation Assisté par Ordinateur), se delimitó cada polígono e inmediatamente se clasificó escribiendo el código de la unidad a la que correspondía, en algunas ocasiones se utilizó como apoyo información adicional de fotografías aéreas, fichas de patrones de coberturas, imágenes de Google Earth e información sobre la ubicación de cultivos de café, plátano, frutales, que se reconocieron con la ayuda de personal de la oficina de agricultura

de la Alcaldía de los dos municipios y trabajo de verificación realizado por parte de las tesis. Posteriormente, fue necesario almacenar dichos polígonos en una geodatabase teniendo en cuenta que en la tabla de atributos se mantuviera la información del código, el insumo utilizado, el tipo de cobertura y las áreas de cada polígono. Para evitar sobreposiciones de polígonos o adyacencia de códigos se validaron las topologías y se procedió con la estimación de áreas. Para este indicador también se calcularon los parámetros de Presión, Estado y Respuesta:

5.2.1 Parámetro de presión, estado y respuesta para el indicador de medio ambiente

Parámetro de Presión: Este parámetro evalúa la presión que se ejerce sobre el ambiente producto de las actividades humanas por medio de Índice de Presión Antrópica (Ver Ecuación 5.4) Chaves y Alipaz (2007) citado por Organización de las Naciones Unidas para la Educación la Ciencia y la Cultura UNESCO (2014). El cual es un medio eficaz para evaluar el equilibrio entre poblaciones urbanas y regiones agrícolas, ya que el mismo está directamente relacionado con el mantenimiento del medio ambiente. Para su cálculo se consideraron dos variables: las áreas agropecuarias y áreas pobladas en el período que corresponde a los años 2012 y 2015. Dentro de las áreas agropecuarias se tuvieron en cuenta los polígonos de las coberturas interpretadas por medio de la metodología Corine Land Cover relacionadas con cultivos agrícolas (mosaicos de cultivos, cultivos permanentes arbustivos, cultivos de café, banano, plátano, entre otros) y las actividades pecuarias (pastos abiertos, densos o enmalezados). Donde el EPI se calculó con la siguiente fórmula:

$$EPI = \frac{\%Var.Areas\ Agropecuarias + \%Var.Areas\ Pobladas}{2} \quad (5.4)$$
$$\%VAA = \frac{\text{total Áreas agropecuarias 2015} - \text{total Área agropecuarias 2012}}{\text{total Áreas agropecuarias 2012}}$$
$$\%VAA = \frac{4184.31 - 4139.69\ Ha}{4139.69} \times 100 = 1.08$$
$$\%VAP = \frac{\text{total de Áreas pobladas 2015} - \text{total Área pobladas 2012}}{\text{total Áreas pobladas 2012}} \times 100$$
$$\%VAP = \frac{108.35\ Ha - 83.81\ Ha}{83.81\ Ha} \times 100 = 29.28$$

$$EPI = \frac{1.08 + 29.28}{2} = 15.18$$

El cálculo obtenido se lo comparó con la tabla 5-11 y se obtuvo la puntuación de 0.25

Tabla 5-11: Descripción de parámetros de presión, niveles y puntajes ISC. (P de Presión)

Indicador	Parámetros de presión	Nivel	Puntaje
Medio Ambiente	E.P.I. de la cuenca (rural y urbano) en el período	EPI>20%	0,00
		20%<EPI<10%	0,25
		10%<EPI<5%	0,50
		5%<EPI<0%	0,75
		EPI<0%	1,00

Fuente: Chaves y Alipaz (2007) citado por Organización de las Naciones Unidas para la Educación la Ciencia y la Cultura UNESCO (2014).

Parámetro de Estado: El parámetro de Estado se refiere a la proporción de la vegetación natural actual que permite a los interesados comprender en qué medida el medio ambiente se ha visto afectado a lo largo de los años, teniendo en cuenta que, la pérdida del bosque es considerada como una de las causas más importantes de los impactos ambientales y sociales en la región. Este parámetro se evalúa por medio del cálculo del porcentaje de vegetación natural remanente existente en la subcuenca (AV). Para obtener este porcentaje (Ver Ecuación 5.5) Chaves y Alipaz (2007) citado por Organización de las Naciones Unidas para la Educación la Ciencia y la Cultura UNESCO (2014). Se utilizaron las coberturas interpretadas que corresponden a los bosques de galería y/o riparios, bosques densos de tierra firme, bosques fragmentados con vegetación secundaria y Vegetación secundaria baja de tierra firme de los dos periodos 2012 y 2015:

$$AV = \frac{\text{Superficie de vegetación existente en la subcuenca}}{\text{superficie total de la subcuenca}} \times 100 \quad (5.5)$$

$$AV = \frac{1094.08 \text{ Ha}}{5470 \text{ Ha}} \times 100 = 20.23$$

El resultado se lo comparó con la tabla 5-12 y se obtuvo una puntuación de 0.50

Tabla 5-12: Descripción de parámetros de presión, niveles y puntajes ISC. (P de Estado)

Indicador	Parámetros de presión	Nivel	Puntaje
Medio Ambiente	Porcentaje de área de la cuenca con vegetación natural (Av)	Av<5	0,00
		5<Av<10	0,25
		10<Av<25	0,50
		25<Av<40	0,75
		Av<40	1,00

Fuente: Chaves y Alipaz (2007) citado por Organización de las Naciones Unidas para la Educación la Ciencia y la Cultura UNESCO (2014).

Parámetro de Respuesta: este, evalúa la mejora en las actividades de conservación y mide la evolución de la conservación en las áreas de la subcuenca tomando dos variables: buenas prácticas de manejo (BPM) y área protegida (AP); para identificar las áreas protegidas (AP), se consultaron los polígonos de Parques Naturales Nacionales y Regionales, Las Reservas Forestales Protectoras, Los Distritos de Manejo Integrado, los Distritos de Conservación de Suelos y las Áreas de Conservación que pertenecen al Sistema Nacional de Áreas Protegidas. Dentro del área de la subcuenca solo se encontró, el polígono 50 del Cerro Chimayoy, que según el Artículo 1 de la Resolución 1814 de 2015 fue declarada como “zona de protección y desarrollo de los recursos naturales renovables y del medio ambiente dando aplicación al principio de precaución” (Miniambiente, 2015). Razón por la cual se estimaron las áreas de las coberturas interpretadas como: bosque denso bajo de tierra firme, vegetación secundaria baja y bosque de galería bajo que se encontraban dentro del polígono de áreas protegidas para su correspondiente cálculo. Vale la pena mencionar que, de acuerdo a la resolución de 2157 de 2017 el polígono 50 sufrió una modificación en la que se amplió su área de protección, sin embargo, solo se tuvo en cuenta el área de la resolución 1814 por estar vigente dentro del periodo de referencia de la presente investigación.

De la misma manera, para obtener el valor de la BPM, se consideró el cumplimiento del artículo 83 del Decreto-Ley 2811 de 1974 en el que se expone que se deben proteger las rondas hídricas como bienes inalienables e imprescriptibles del Estado. Para identificar las áreas de rondas hídricas se utilizaron los drenajes a escala 1:25.000 de la cartografía básica del IGAC, a los mismos se les generó un buffer de 30 metros por medio de la herramienta geoprocessing buffer del software ArcGis 10.4.1.

Posteriormente, se seleccionaron las coberturas correspondientes a bosque de galería y/o riparios que fueron interpretados para los periodos 2012 y 2015, los cuales fueron intersectados con el buffer con el fin de calcular las áreas y porcentajes de las coberturas que quedaron dentro del área de la ronda hídrica. Para el cálculo del parámetro se utilizó la siguiente formula: (Ver Ecuación 5.6) Chaves y Alipaz (2007) citado por Organización de las Naciones Unidas para la Educación la Ciencia y la Cultura UNESCO (2014).

$$Nivel = \frac{AP\% + BPMs\%}{2} \quad (5.6)$$

AP=áreas protegidas

BPMs= buenas prácticas de Manejo

$$\Delta AP (\%) = \frac{\% (AP \text{ Resolución } 1814 \text{ (2015)}) - \% (AP \text{ Resolución } 1814 \text{ de } 2012)}{\% (AP \text{ Resolución } 1814 \text{ de } 2012)} \times 100$$

$$\Delta AP (\%) = \frac{32.19\% - 37.10\%}{37.10\%} \times 100$$

$$\Delta AP (\%) = -13.23$$

$$\Delta BPMs (\%) = \frac{\text{cumplimiento Ley 2811(2015)} - \%\text{cumplimiento Ley 2811(2012)}}{\%\text{cumplimiento Ley 2811(2012)}} \times 100$$

$$\Delta BPMs (\%) = \frac{36.87\% - 27.45\%}{27.45\%} \times 100$$

$$\Delta BPMs (\%) = 34.31$$

$$\text{Nivel} = \frac{-13.23\% + 34.31\%}{2} = 10.54\%$$

El resultado se lo compara con la tabla 5-13 y se obtuvo una puntuación de 0.75

Tabla 5-13: Descripción de parámetros de presión, niveles y puntajes ISC. (P de Respuesta)

Indicador	Parámetros de presión	Nivel	Puntaje
Medio Ambiente	Evolución de las áreas de conservación de la cuenca (áreas protegidas y AMC) en la cuenca, en el período estudiado	$\Delta < -10\%$	0,00
		$-10\% < \Delta < 0\%$	0,25
		$< 0\% < \Delta < +10\%$	0,50
		$+10\% > \Delta > +20\%$	0,75
		$> \Delta +20\%$	1,00

Fuente: Chaves y Alipaz (2007) citado por Organización de las Naciones Unidas para la Educación la Ciencia y la Cultura UNESCO (2014).

5.3 Nivel de calidad de vida de los pobladores que habitan en la subcuenca.

Fase 3: se estableció el nivel de calidad de vida en el área de estudio, por medio de información secundaria

Tabla 5-14: Fuentes de Información Indicador de Vida

Tipo de información	Objetivo específico: Establecer el nivel de calidad de vida de los pobladores que habitan en la subcuenca.
---------------------	---

	Actividades realizadas	Fuentes de información	Producto obtenido
Secundaria	Recolección y clasificación de la información.	-ANDI, Vicepresidencia de desarrollo económico y competitividad 2018. -TerriData, con datos de DNP a partir de información del FUT 2014-2016. -PNUD (IDH): Índice de Desarrollo Humano 2010. -Estimación IDH ajustado para los departamentos 2015 (Observatorio socioeconómico regional Universidad de Pamplona Colombia)	Datos para cálculo de subíndice de Vida

Fuente: esta investigación

5.3.1 Parámetro de presión, estado y respuesta para el indicador de vida

Parámetro de Presión: para el cálculo de este índice se utilizó el valor del ingreso per cápita estimado por TerriData, con los datos del Departamento Nacional Planeación a partir de información del Formulario Único Territorial el cual es un reporte que, recolecta información sobre la ejecución presupuestal de ingresos y gastos, para departamentos y municipios a nivel nacional. El parámetro de presión se calculó por medio de la variación del ingreso per cápita para los municipios: San Pedro de Cartago y La Unión Nariño que hacen parte de la subcuenca La Fragua para los años 2014 y 2016. (Ver Ecuación 5.7) Chaves y Alipaz (2007) citado por Organización de las Naciones Unidas para la Educación la Ciencia y la Cultura UNESCO (2014):

Tabla 5-15: Descripción Ingreso per cápita 2014-2016

Municipio	Ingreso per cápita 2014	Ingreso per cápita 2016
San Pedro de Cartago	1701097	1397585
La Unión Nariño	969055	972824
Promedio Ingreso per Cápita Municipal	1335076	1185204.5

Fuente: datos tomados de TerriData del DNP

$$\Delta IP = \frac{(X \text{ Ingreso per Cápita Muncpal (2016)} - (X \text{ Ingreso per Cápita Muncpal (2014)})}{(X \text{ Ingreso per Cápita Muncpal (2014)})} \times (100) \quad (5.7)$$

$$\Delta IP = \frac{1185204,5 - 1335076}{1335076} \times (100) = -11,22\%$$

Tabla 5-16: Descripción de parámetros de presión, niveles y puntajes ISC. (P de Presión)

Indicador	Parámetros de presión	Nivel	Puntaje
Vida	Variación del IDH-Ingreso de la cuenca en período estudiado, en relación con el período anterior	$\Delta < -20\%$	0,00
		$-20\% < \Delta < -10\%$	0,25
		$-10\% < \Delta < 0\%$	0,50
		$0 < \Delta < +10\%$	0,75
		$\Delta > +10\%$	1,00

Fuente: Chaves y Alipaz (2007) citado por Organización de las Naciones Unidas para la Educación la Ciencia y la Cultura UNESCO (2014).

Como resultado del cálculo se obtuvo un porcentaje de -11.22% (El valor se lo comparó en los niveles de la tabla 5-16) y de acuerdo a la misma, el valor se ubicó en el rango de $-20\% < \Delta < -10\%$, que corresponde a una puntuación de **0.25**.

Parámetro de Estado: Para el cálculo de este parámetro se estimó el promedio ponderado utilizando el Índice de Desarrollo Humano a nivel departamental y la proyección de la población rural y urbana del DANE para los años 2010 y 2015.

Del cálculo efectuado resultó un valor de 0.805 el valor se ubicó en el rango de $0,75 < HDI < 0,9$ y de acuerdo a la tabla 5-17 de aplicación del WSI, corresponde a una puntuación de 0.75.

Tabla 5-17: Descripción de parámetros de presión, niveles y puntajes ISC. (P de Estado)

Indicador	Parámetros de Estado	Nivel	Puntaje
Vida	IDH de la cuenca (ponderado por población del distrito)	$HDI < 0,5$	0,00
		$0,5 < HDI < 0,6$	0,25
		$0,6 < HDI < 0,75$	0,50
		$0,75 < HDI < 0,9$	0,75
		$HDI < 0,9$	1,00

Fuente: Chaves y Alipaz (2007) citado por Organización de las Naciones Unidas para la Educación la Ciencia y la Cultura UNESCO (2014).

Parámetro de Respuesta: Para este parámetro se calculó la variación del Índice de Desarrollo Humano de los años 2010 a 2015 acorde con la información disponible del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, para esto se utilizó la siguiente fórmula (Ver Ecuación 5.8) Chaves y Alipaz (2007) citado por Organización de las Naciones Unidas para la Educación la Ciencia y la Cultura UNESCO (2014):

5.8

$$\Delta IDH = \frac{\text{Índice de Desarrollo Humano 2015} - \text{Índice de Desarrollo Humano 2010}}{\text{Índice de Desarrollo Humano 2010}} \times (100)$$

$$\Delta IDH = \frac{0,8343 - 0,773}{0,773} \times (100) = 7,93\%$$

Tabla 5-18: Descripción de parámetros de presión, niveles y puntajes ISC. (P de Respuesta)

Indicador	Parámetros de Respuesta	Nivel	Puntaje
Vida	Evolución del IDH en la cuenca, en el período estudiado	<-10%	0,00
		-10% < Δ < 0%	0,25
		<0% < Δ < +10%	0,50
		+10% > Δ > +20%	0,75
		Δ > +20%	1,00

Fuente: Chaves y Alipaz (2007) citado por Organización de las Naciones Unidas para la Educación la Ciencia y la Cultura UNESCO (2014).

El valor obtenido del indicador fue 7.93%. De acuerdo a la tabla 5-18 se ubica en el rango <0% < Δ < +10% cuya puntuación fue de 0.50

5.4 Marco jurídico que protegen el recurso hídrico y la participación de las instituciones estatales frente a los problemas existentes en área objeto de estudio.

La información recolectada para este indicador (educación, marco legal, marco institucional, participación de la comunidad y la inversión monetaria) se tomó a nivel municipal porque no se encontró información a nivel de la subcuenca, por lo tanto, se realizó un estimativo para dar los correspondientes valores cualitativos.

Fase 4: Se recolectó información necesaria para identificar y analizar las políticas aplicadas a la protección del recurso hídrico y así como también, se utilizó información que permitió identificar cuál fue la participación de la comunidad involucrada y beneficiada de la subcuenca. Para lograr con el objetivo, se realizaron las actividades que se describen en la Tabla 5-19.

Tabla 5-19: Fuentes de Información Indicador de Política

Tipo de información	Objetivo específico: Describir los marcos jurídicos que protegen el recurso hídrico y la participación de las instituciones estatales frente a los problemas existentes en área objeto de estudio.		
	Actividades realizadas	Fuentes de información	Producto obtenido
Secundaria	Recolección y clasificación de la información.	- Esquema de Ordenamiento Territorial (EOT) y Planes de Desarrollo de los municipios de La Unión y San Pedro de Cartago, -Planes de Ordenamiento de Cuencas Hidrográficas de la Cueca del Río Mayo y el Cauce Principal de la Quebrada La Fragua. -CORPONARIÑO -Terri Data (DNP)	Información de: Educación, normatividad vigente, instituciones y participación de la comunidad beneficiada

Fuente: esta investigación

5.4.1 Parámetro de presión, estado y respuesta para el indicador de política

Parámetro de presión: para determinar este parámetro, fue necesario calcular el Índice de Educación, con el cual se mide el logro relativo de un país en la alfabetización de adultos y la matriculación bruta combinada en escuelas primarias, secundarias y terciarias utilizando información, estimada por TerriData a partir de los datos del Ministerio de Educación Nacional de los municipios de San Pedro de Cartago y la Unión Nariño, para los años 2014 y 2016. Vale la pena mencionar que, para el cálculo de este índice también se debía incluir el porcentaje de educación superior, que de acuerdo con la información del Ministerio de Educación Nacional fue igual a cero, lo que se puede explicar porque en los municipios señalados no hay presencia de instituciones educativas de este nivel. Los correspondientes cálculos se realizaron teniendo en cuenta la Ecuación 5.9 Chaves y

Alipaz (2007) citado por Organización de las Naciones Unidas para la Educación la Ciencia y la Cultura UNESCO (2014):

$$\Delta IDH = \frac{0,8343 - 0,773}{0,773} \times (100) = 7,93\%$$

$$\Delta IDH = \frac{0,8343 - 0,773}{0,773} \times (100) = 7,93\%$$

$$\Delta \text{Índice de Educación} = \frac{\text{Índice de Educación 2016} - \text{Índice de Educación 2014}}{\text{Índice de Educación 2014}} \times (100) \quad (5.9)$$

$IE = 2/3$ (índice de alfabetización de adultos) + $1/3$ (índice de matriculación bruta)

$$IE \text{ 2014} = \frac{2}{3}(0,1) + \frac{1}{3}(0,84) = 0,06 + 0,28 = 0,34$$

$$IE \text{ 2016} = \frac{2}{3}(0) + \frac{1}{3}(0,66) = 0 + 0,22 = 0,22 \Delta \text{Índice de Educación}$$

$$= \frac{IE \text{ 2016} - IE \text{ 2014}}{IE \text{ 2014}} \times (100) = 7,93\%$$

$$\Delta \text{Índice de Educación} = \frac{0,22 - 0,34}{0,34} \times (100) = -35,29\%$$

El resultado del cálculo de presión fue de -35.29%. De acuerdo con la tabla 5-20 de aplicación del WSI, este se encuentra en un rango de $\Delta < -20\%$, corresponde a una puntuación de 0.00

Tabla 5-20: Descripción de parámetros de presión, niveles y puntajes ISC. (P de Presión)

Indicador	Parámetros de presión	Nivel	Puntaje
Política	Variación en el Índice de Desarrollo Humano subindicador de Educación.	$\Delta < -20\%$	0,00
		$-20\% < \Delta < -10\%$	0,25
		$-10\% < \Delta < 0\%$	0,50
		$0 < \Delta < +10\%$	0,75
		$\Delta > +10\%$	1,00

Fuente: Chaves y Alipaz (2007) citado por Organización de las Naciones Unidas para la Educación la Ciencia y la Cultura UNESCO (2014).

Parámetro de Estado: Refleja la efectividad de la capacidad legal e institucional, en el manejo de los recursos del agua, a través de la evaluación de la existencia del marco legal, institucional y, del manejo de la participación. La capacidad que tienen las instituciones en el manejo de los recursos hídricos se relaciona con una gestión efectiva, eficiente y sostenible, por ende, la relación de estos tres temas fue fundamental para determinar este parámetro (ver anexo C: Subindicador de políticas públicas de agua para el parámetro de estado): a través del marco legal, institucional y manejo de la participación

Marco legal (L): se estableció una metodología que alcanzó el propósito de medir la existencia de un marco legal adecuado, en la que se recopilaron las leyes que regulan el manejo integrado de las cuencas hidrográficas desde el nivel nacional hacia lo local. Posteriormente, con la información depurada y analizada se clasificó una categoría y la intensidad de la misma, como se muestra en la tabla 5-21

Tabla 5-21: Valores para Puntaje Marco Legal

Categoría de Clasificación	Clasificación de la intensidad
0.00	Muy Pobre
0.25	Pobre
0.50	Media
0.75	Buena
1.00	Excelente

Fuente: Chaves y Alipaz (2007) citado por Organización de las Naciones Unidas para la Educación la Ciencia y la Cultura UNESCO (2008).

De acuerdo con la información analizada en este ítem, el puntaje que arrojó fue de 0.57 lo cual corresponde a una clasificación de la intensidad MEDIA.

Marco institucional (I): para este parámetro se establecieron los logros que durante el periodo de referencia mostraron avances respecto a la gestión de la conservación, protección, educación ambiental, reforestación, monitoreo y seguimiento de la subcuenca, que fueron realizados por las entidades gubernamentales tales como: Alcaldías, Corporaciones Autónomas Regionales y la comunidad involucrada. Posteriormente, con la información depurada y analizada se estableció el puntaje como se muestra en la tabla 5-22.

Tabla 5-22: Valores para Puntaje Marco Institucional

Categoría de Clasificación	Clasificación de la intensidad
0.00	Muy Pobre

0.25	Pobre
0.50	Media
0.75	Buena
1.00	Excelente

Fuente: Chaves y Alipaz (2007) citado por Organización de las Naciones Unidas para la Educación la Ciencia y la Cultura UNESCO (2008).

De acuerdo con la información analizada en este ítem el puntaje fue de 0.37 lo cual corresponde a una clasificación de la intensidad pobre

Manejo de la participación (P): Este nivel se evaluó a través de esfuerzos realizados en el periodo de evaluación de la subcuenca, por las entidades gubernamentales presentes en el territorio, con el fin de involucrar la participación comunitaria en el medio ambiente, por lo cual se dio una calificación. Una vez analizada la información se procedió a dar el puntaje de acuerdo al nivel del manejo de la participación como se observa en la siguiente tabla 5-23

Tabla 5-23: Valores para Puntaje Manejo de la Participación

Categoría de Clasificación	Clasificación de la intensidad
0.00	Muy Pobre
0.25	Pobre
0.50	Media
0.75	Buena
1.00	Excelente

Fuente: Chaves y Alipaz (2007) citado por Organización de las Naciones Unidas para la Educación la Ciencia y la Cultura UNESCO (2008).

De acuerdo a la información analizada en este ítem el puntaje que arrojo el análisis es de 0.29 lo cual corresponde a una clasificación de la intensidad POBRE

Finalmente, para el cálculo de este parámetro se utilizó la siguiente formula: (Ver Ecuación 6.0) Chaves y Alipaz (2007) citado por Organización de las Naciones Unidas para la Educación la Ciencia y la Cultura UNESCO (2014).

$$CI = \frac{L+I+P}{3} \quad CI = \frac{0.57+0.37+0.29}{3} = 0.41 \quad (6.0)$$

CI= Capacidad Institucional

L= Nivel de efectividad del marco legal

I= Nivel de efectividad del marco Institucional

P= Nivel de involucramiento de la comunidad en los temas relacionados con el manejo de los recursos hídricos.

De acuerdo con la metodología el resultado se lo comparó con la tabla 5-24 y se obtuvo la puntuación

Tabla 5-24: Descripción de parámetros de presión, niveles y puntajes ISC. (P de Estado)

Indicador	Parámetros de presión	Nivel	Puntaje
Políticas	Capacidad Institucional del manejo integrado de los recursos del agua.	$\Delta < -20\%$	0,00
		$-20\% < \Delta < -10\%$	0,25
		$-10\% < \Delta < 0\%$	0,50
		$0 < \Delta < +10\%$	0,75
		$\Delta > +10\%$	1,00

Fuente: Chaves y Alipaz (2007) citado por Organización de las Naciones Unidas para la Educación la Ciencia y la Cultura UNESCO (2014).

Parámetro de Respuesta: Este indicador se refiere a la evolución en la inversión en el manejo integrado de los recursos del agua, a través del cual se refleja la respuesta de los actores y los tomadores de decisiones para establecer acciones frente a los problemas que se generan con los recursos hídricos. Por lo tanto, de acuerdo al plan de Ordenamiento del cauce principal de La Quebrada La Fragua, la inversión para el año 2014 fue de \$350.000.000 (CORPONARIÑO, 2012), y según lo expuesto en los planes de inveriosnes (planes de Desarrollo 2012-2016) de los municipios de San pedro de Cartago y La Union, para el año 2016 no se destinaron recursos para la subcuenca; a pesar que dentro de su programa de gobierno se identifica las problematicas ambientales tales como; Contaminacion de agua, disminucion del recurso hidrico, deforestacion, bajos niveles de educación, inadecuado saneamiento y agua potable, entre otros. Por lo tanto, se aplicó la fórmula del indicador (6.1) propuesta por Chaves y Alipaz (2007) citado por Organización de las Naciones Unidas para la Educación la Ciencia y la Cultura UNESCO (2014):

$$\Delta = \frac{G2+G1}{G1} X100 \quad (6.1)$$

$$\Delta = \frac{G2 + G1}{G1} X100 \quad \Delta = \frac{0 + 350.000.000}{350.000.000} X100 \quad \Delta = 0 X100 = 0\%$$

Δ =Porcentaje de cambio

G1= Inversión monetaria en la cuenca en el periodo anterior

G2= Inversión monetaria en la cuenca en el periodo actual

El resultado se lo comparó con la tabla 5-25 y se obtuvo la puntuación en ceros como se observa a continuación.

Tabla 5-25: Descripción de parámetros de presión, niveles y puntajes ISC. (P de Respuesta)

Indicador	Parámetros de presión	Nivel	Puntaje
Políticas	Evolución del gasto en GRH en la cuenca, en el período estudiado	$\Delta < -10\%$	0,00
		$-10\% <$	0,25
		$< 0\% < \Delta < +10\%$	0,50
		$+10\% > \Delta > +20\%$	0,75
		$\Delta > +20\%$	1,00

Fuente: Chaves y Alipaz (2007) citado por Organización de las Naciones Unidas para la Educación la Ciencia y la Cultura UNESCO (2014).

5.5 Indicador de Sostenibilidad de la Subcuenca de La Fragua:

Este indicador permitió evaluar el estado de la Subcuenca Hidrográfica a través de cuatro indicadores; Hidrología, Ambiente, Vida y Política, lo cual permitió estimar su sostenibilidad teniendo en cuenta la relación de presión, estado y respuesta.

Etapa final: Una vez obtenido los resultados de los parámetros de los indicadores en el anterior capítulo, se procedió a calcular el índice de sostenibilidad, permitiendo evaluar el estado de la subcuenca por medio de la integración de los cuatro indicadores, con sus respectivos parámetros de presión, estado y respuesta. Por tal motivo, fue de gran importancia la identificación de debilidades, sesgos y potencialidades con el fin de dar pautas, respuesta y decisiones estratégicas como parte de la sostenibilidad de la subcuenca hidrográfica, brindando una comprensión integral de esta unidad. Para obtener el cálculo se utilizó la siguiente ecuación: (Ver Ecuación 6.2) Chaves y Alipaz (2007) citado por Organización de las Naciones Unidas para la Educación la Ciencia y la Cultura UNESCO (2014):

(6.2)

$$ISC = \frac{H + E + L + P}{4}$$

Donde;

H= indicador de Hidrología

E= indicador de Medio ambiente

L= indicador de Vida

P= indicador de Política

$$ISC = \frac{0.41 + 0.5 + 0.50 + 0.25}{4} \quad WSI = \frac{1.66}{4}$$

$$ISC = 0.42$$

El valor total del Indicador de Sostenibilidad de Cuencas (ISC) para la Subcuenca La Fragua fue de 0.42. Para comprender mejor el Índice de Sostenibilidad en la tabla 5-26 se realizó un resumen de la integración de estos indicadores con el fin de evaluar la sostenibilidad de la Subcuenca de La Fragua.

Tabla 5-26: Índice de Sostenibilidad de Cuencas

		Parámetros			
	Indicadores	Presión	Estado	Respuesta	
ÍNDICE DE SOSTENIBILIDAD DE CUENCAS	Hidrología (H)	Cant.	Δ1 – variación en la cuenca de la disponibilidad per cápita de agua en el periodo estudiado, en relación con el promedio a largo plazo (m3/persona/año)	Disponibilidad per cápita de agua en la cuenca (m3/persona/año) considerando las fuentes de agua superficiales y subterráneas	Mejora en la eficiencia del uso del agua en la cuenca, en el período estudiado
		Calidad	Δ2 – variación de DBO5 en la cuenca en el período estudiado en relación con el promedio a largo plazo	DBO5 medio a largo plazo en la cuenca (mg/l)	Mejora en el adecuado tratamiento/eliminación de aguas cloacales en la cuenca, en el período estudiado

60 Evaluación de la sostenibilidad de la subcuenca hidrográfica La Fragua ubicada en el departamento de Nariño, mediante cuatro indicadores: Hidrología, Medio Ambiente, Vida y Política.

	Medio Ambiente (ME)	IPA de la cuenca (rural y urbano) en el período estudiado	Porcentaje de la superficie de la cuenca con vegetación natural (Av)	Evolución en las áreas de conservación de la cuenca (áreas protegidas y BMP) en la cuenca, en el período estudiado
	Vida (L)	Variación del coeficiente IDH- Ingresos de la cuenca en el período estudiado, con respecto al período anterior	IDH de la cuenca (ponderado por población)	Evolución del IDH de la cuenca en el período estudiado
	Política (P)	Variación del coeficiente IDH- Educación de la cuenca en el período estudiado, con respecto al período anterior	Capacidad institucional de la cuenca en GIRH (jurídica e institucional)	Evolución de GIRH de la cuenca en el período estudiado

Fuente: Chaves y Alipaz (2007) citado por Organización de las Naciones Unidas para la Educación la Ciencia y la Cultura UNESCO (2014).

6. Resultados

6.1 Identificación de la oferta hídrica superficial y la calidad del agua encontrada en la subcuenca La Fragua

Para este indicador se tomaron datos existentes relacionados con el agua superficial de la subcuenca, dado que no se encontró información de agua subterránea. Los datos tomados para los cálculos de la subcuenca fueron de los años 2009, 2014 y 2016, ver Tabla 6-1 Resultado de Calificación Hidrología

6.1.1 Subindicador de cantidad de agua (presión, estado y respuesta)

Presión: para este parámetro la disponibilidad de agua en el período estudiado (promedio de 32.2 millones de metros cúbicos – MMC) es un 3.02% menor que el registro histórico (Promedio de 31.26 MMC). Esta puntuación, se ubica en un rango entre $0 < \Delta 1 < +10\%$, que corresponde a una puntuación de 0.75. Con lo anterior, se puede inferir que, la variación de la disponibilidad de agua en la subcuenca, en el periodo estudiado (2014-2016), frente al registro de agua disponible a largo plazo o histórico (2009-2016) fue constante. Información que es consecuente con el plan de ordenamiento del cauce principal de La Fragua en donde se expresa que la oferta hídrica neta de la subcuenca en el año 2014 fue de: 34.47 millones de m³/año. Lo que indica que la disponibilidad de agua para toda la subcuenca es satisfactoria (CORPONARIÑO, 2014).

Con este indicador se puede deducir que los datos de caudales para toda la subcuenca se mantuvieron en un rango constante. Sin embargo, es importante tener en cuenta que, la presión que se está ejerciendo sobre este recurso es alta si se consideran los usos para los que se la está destinando: consumo doméstico, agrícola, pecuario y de servicios, entre otras; situación que a su vez genera conflictos asociados a la cantidad y calidad de la misma entre las comunidades.

Estado: en la subcuenca La Fragua la disponibilidad de agua fue de 1539.28 m³/habitante, cuya puntuación según las tablas de Chávez y Alipaz corresponde a **0**, el puntaje más bajo en la tabla, si se tiene en cuenta que, los 20305 habitantes de San Pedro de Cartago y La Unión, que se encuentran dentro esa área serán los que consumirán este recurso disponible.

El resultado de este parámetro difiere con lo expuesto en el Plan de Ordenamiento del cauce principal de la quebrada La Fragua, realizado en el año 2014, en donde se calculó el índice de escasez de agua, teniendo en cuenta la relación porcentual entre la demanda potencial del agua, con respecto a la oferta hídrica neta disponible, en el que se encontró que la subcuenca no experimentaba presiones importantes sobre el recurso hídrico en términos de cantidad (CORPONARIÑO, 2014). No obstante, en esta investigación, por medio del parámetro de estado se estimó la oferta de agua disponible, teniendo en cuenta el número de habitantes de la subcuenca, resultando que cada habitante tendría 1539.28 m³ para su consumo. Con lo que se puede concluir que, la disponibilidad de agua es baja frente al incremento de la población, por lo que es importante que se realice un manejo integral del recurso hídrico, evaluando medidas y estrategias que mejoren la conservación y sostenibilidad del mismo.

Respuesta: El puntaje que se calculó fue de 0.25 y corresponde con una baja evolución o mejoras en el manejo del recurso hídrico, este puntaje fue bajo porque en la subcuenca no se han realizado inversiones para mejorar o avanzar en la prestación del servicio de acueducto y alcantarillado. Se consultaron los planes de desarrollo de los dos municipios, San Pedro de Cartago y La Unión, así como también el Plan de Ordenamiento del cauce principal de la quebrada La Fragua 2014, y se encontró que, en los municipios, la calidad del agua suministrada a los habitantes no es la adecuada, las redes de alcantarillado son muy antiguas y no se cuenta con cobertura total en las zonas urbanas, no se realiza tratamiento de aguas residuales por lo tanto se está contaminando en gran medida los diferentes ríos y quebradas donde se realizan las descargas directamente. Efectos que están relacionados con la inoperancia de las políticas públicas y las leyes ambientales que protegen el recurso, así mismo, de un manejo inadecuado y la presión de las actividades socioeconómicas en la zona.

6.1.2 Subindicador de calidad de agua (presión, estado y respuesta)

Presión: los registros utilizados para el período de análisis corresponden al promedio de los valores de carga contaminante de los años 2009 y 2014, en donde el promedio aritmético fue de 4905.22.mg/l. En cuanto al período de largo plazo, 10 años, se utilizó como valor de referencia, el valor correspondiente al año 2009, el cual fue de 4711.89 mg/l, esto debido a que, no se encontraron dichos registros. Por lo tanto, la variación porcentual del DBO5 entre los periodos estudiados corresponde a un 4.10%. Cuyo puntaje corresponde a un valor de 0.5 para este parámetro. Con el fin de poder analizar si la carga contaminante que presenta la subcuenca está entre los niveles permitidos, se consultó la resolución número 0631 del 2015, en la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en vertimientos puntuales, para este caso la norma expresa que, para aguas residuales de uso doméstico con una carga contaminante menor o igual

a 625 kg/día, el valor límite máximo de DBO5 debería estar en 90mg/l (Miniambiente, 2015). Si comparamos este valor con el reportado para el 2015 que fue de 5149.70 mg/l se puede concluir que en la subcuenca, la carga contaminante producto de la utilización del agua para usos domésticos, agropecuarios y de servicios, es muy elevada y se encuentra por encima de los valores permitidos, esto significa que para la descomposición de la materia orgánica e inorgánica, las concentraciones de oxígeno disuelto se reducen, a causa de las descargas de las aguas servidas, sin previo tratamiento.

Estado: para estimar el parámetro de estado en el indicador de calidad de agua, no fue posible conseguir información sobre datos históricos de demanda bioquímica de oxígeno, por lo que se tomó el índice de detección DBO5 estimado, con el cual se otorgó un puntaje de 0.75. Por lo anterior se deduce que, la subcuenca no cuenta con un buen manejo, tratamiento y recuperación del recurso hídrico. Esta presenta un deterioro en cuanto a la calidad del agua, debido al mal manejo que se hace por los diferentes usos, entre los cuales encontramos el uso agrícola, con la producción de café, que genera una cantidad de desechos, entre estos el mucilago que es un factor contaminante si no se le da un buen manejo, como por ejemplo la producción de compost. Así mismo, el manejo inadecuado de las mieles del café en la etapa de beneficio se vierte directamente a las cañadas, sin tratamiento previo. A su vez, en el uso doméstico, las aguas residuales de los dos municipios se descargan directamente a los cauces principales de la subcuenca, afectando al recurso hídrico y las comunidades. Por lo que es importante la implementación de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales para reducir la carga contaminante de los vertimientos que realizan los municipios de San Pedro de Cartago y La Unión, directamente a las afluentes de la subcuenca. (CORPONARIÑO, 2009)

Respuesta: para calcular este parámetro se consultaron los Planes de Desarrollo de los municipios que están dentro de la subcuenca y el Plan de Ordenamiento del cauce principal de la Quebrada La Fragua (Ver anexo B: Subindicador calidad de agua para el parámetro de respuesta) en donde se revisaron los proyectos e inversiones para la descontaminación de las aguas servidas. Por lo tanto, el resultado de la misma fue calificado como insatisfactorio, que de acuerdo a la tabla de clasificación arrojó un puntaje de 0.25. Una puntuación muy baja, debido a que, a lo largo de su cauce presenta captaciones para uso agrícola y vertimientos de aguas residuales provenientes de los municipios de la Unión y San Pedro Cartago, además de los vertimientos del sector cafetero, lo que incrementa aún más el deterioro de la calidad del agua. (CORPONARIÑO, 2014).

De la misma manera, los vertimientos de materia orgánica biodegradable, expresados como DBO, al ser degradados por los organismos aerobios generan una reducción del oxígeno disponible en los sistemas hídricos superficiales, lo que puede generar un desequilibrio en el ecosistema porque afecta procesos como la cadena alimenticia, porque esta materia orgánica puede ser consumida por los peces que a la vez sirven como fuente de alimento para la población, también se puede presentar el consumo de alimentos cuyo riego agrícola se ha realizado con agua contaminada, o también por el consumir directo

del agua que produce efectos adversos en la salud de la población por la mayor carga bacteriana (patógenos), cuando hay un incremento de DBO. (IDEAM, 2010).

Es evidente que el recurso hídrico, es la fuente principal para la calidad de vida de la población y el ecosistema de esta subcuenca, sin embargo, por las diversas actividades que se están dando sin un control o manejo sostenible, este recurso se ve amenazado por la contaminación, así como lo expresa el Plan de Gestión ambiental Regional del Departamento de Nariño, en donde se calculó el índice de riesgo de la calidad de agua para los municipios de Nariño en el año 2015, tomando como base el Informe Nacional de Calidad del Agua para Consumo Humano del Instituto Nacional de Salud. En donde, a partir de los resultados obtenidos, de 64 municipios estudiados, el 85,94% que equivalen a 53 municipios, dentro de los cuales se encuentran La Unión y San Pedro de Cartago, presentan niveles de riesgo alto o riesgo naranja en cuanto a calidad de agua (CORPONARIÑO, 2016).

6.1.3 Ponderado de indicador hídrico

El promedio de los dos subindicadores arrojó un puntaje de **0.41** ver tabla 6-1, este resultado para el indicador de Hidrología, evidencia la incidencia de los impactos negativos generados por el crecimiento de la población, un desarrollo carente de sostenibilidad en el que se marginan los recursos naturales, y el crecimiento de la frontera agrícola, que han transformado y disminuido la cantidad y la calidad del agua; por consiguiente una de las mayores necesidades en la zona para el desarrollo humano y la región, lo constituye el recurso hídrico, cuya calidad y cantidad del agua se ve amenazada por las practicas inadecuadas y la carencia de la aplicación de las políticas ambientales de manejo y aprovechamiento del recurso hídrico. Además, la presión que ejercen las actividades agropecuarias con la producción principalmente de café y las grandes extensiones de pastizales, afectan a las quebradas, los ríos y los nacimientos de agua, porque no se cuentan con medidas óptimas para el tratamiento y descontaminación del agua. Por lo tanto, se requiere programas integrales (institución, comunidad y entes gubernamentales) de un manejo que involucre todas las dimensiones y se articulen a la realidad de la subcuenca

Tabla 6-1: Resultado de Calificación Hidrología

Indicador		Presión		Estado		Respuesta		Promedio
Sub. Indicador		Nivel	Punt	Nivel	Punt	Nivel	Punt	
Hidrología	Cantidad	$\Delta < -20\%$	0,00	$W_a < 1700$	0,00	Muy insatisfactorio	0,00	0.33
		$-20\% < \Delta < -10\%$	0,25	$1700 < W_a < 3400$	0,25	insatisfactorio	0,25	
		$-20\% < \Delta < 0\%$	0,50	$3400 < W_a < 5100$	0,50	Medio	0,50	

Calidad	$0 < \Delta 1 < +10\%$	0,75	$5100 < W_a < 6800$	0,75	Bueno	0,75	0,5
	$\Delta 2 > 20\%$	1,00	$W_a > 6800$	1,00	Excelente	1,00	
	$\Delta > -20\%$	0,00	$10 > BOD$	0,00	Muy insatisfactorio	0,00	
	$20\% > \Delta 2 > 10\%$	0,25	$10 < BOD < 5$	0,25	insatisfactorio	0,25	
	$0 < 2\Delta < 10\%$	0,50	$5 < BOD < 3$	0,50	Medio	0,50	
	$-10 < \Delta 2 < 0\%$	0,75	$3 < BOD < 1$	0,75	Bueno	0,75	
	$\Delta 2 < -10\%$	1,00	$BOD < 1$	1,00	Excelente	1,00	
	Total del Puntaje del Indicador						

Fuente: esta investigación

6.2 Estimación del Índice de presión antrópica, áreas de vegetación natural y las regiones protegidas existente en la cuenca.

A continuación, se presentan los resultados del cálculo del Indicador de Medio Ambiente con los respectivos parámetros de presión, en donde se estimó el Índice de Presión Antrópica; El parámetro de estado, con las áreas de vegetación natural y; El parámetro de Respuesta, con identificación de las buenas prácticas de manejo y las áreas protegidas existente en la subcuenca:

6.2.1 Indicador de Medio Ambiente (presión, estado y respuesta)

Parámetro de presión: Para el parámetro de presión antrópica, se estimaron los porcentajes de variación áreas agropecuarias entre los periodos 2012 y 2015 el cual de 1.08%, frente a la variación de áreas pobladas que fue de 29.28%, el cálculo del índice EPI fue de 15.18%, éste se lo comparó con la tabla 5-9 y se obtuvo una puntuación de **0,25**. Los valores del EPI pueden ser positivos, negativos o cero, los valores positivos indican gran presión sobre la vegetación remanente en la subcuenca.

Como se observa en la *figura 6-2: Mapa de coberturas agropecuarias y áreas pobladas* se encontró que para la subcuenca existe gran presión, dado que de las 5407 hectáreas que ocupan toda la subcuenca, 4184 hectáreas están ocupadas por usos agropecuarios con cultivos anuales, transitorios o permanentes, en algunas ocasiones se identificaron mosaicos de cultivos en los cuales el patrón de distribución de los lotes fue demasiado

intrincado para representarlos cartográficamente de manera individual, dentro de La Fragua se destacan mosaicos de cultivos de clima frío (papa, maíz, arveja, frijol, cilantro, tomate de árbol, entre otros), y mosaicos de cultivos en clima cálido (café, plátano, fique, yuca, maní, maíz, limón, maracuyá, naranja y caña de azúcar). De la misma manera, por medio de la interpretación de usos del suelo se lograron identificar grandes cultivos de café y plátano sobre o muy cercanos a su ronda hídrica. Sin embargo, la puntuación de este parámetro fue baja porque en el periodo comprendido entre el año 2012 y el 2015 el incremento de las áreas agropecuarias no fue significativo y el cálculo del indicador estuvo dado principalmente por el incremento en las áreas pobladas, el cual pasó de 83.81 hectáreas en el 2012 a 108.35 hectáreas en el 2015.

Parámetro de Estado: Para determinar el parámetro de estado, se tuvo en cuenta el cálculo de las áreas ocupadas con vegetación natural y el área total de la subcuenca. En la figura 6-3: Mapa cobertura vegetación natural, se puede visualizar que la subcuenca presenta un gran deterioro de la cobertura vegetal, puesto que de las 5407 hectáreas que ocupan toda la subcuenca, apenas 1094 hectáreas pertenecen a vegetación natural, lo que equivale a un 20% del total del área.

El puntaje óptimo para este parámetro correspondería a una cuenca con más del 40% de su área cubierta por vegetación natural, Chaves y Alipaz (2007) citado por Organización de las Naciones Unidas para la Educación la Ciencia y la Cultura UNESCO (2014). Para el caso de La Fragua, el puntaje fue de **0.50**, este parámetro permite comprender que la pérdida del bosque es una de las causas de los mayores impactos ambientales y sociales en la región; puesto que cuando la cobertura boscosa es retirada, con los árboles se pierde el hábitat para múltiples especies de fauna y flora, se desprovee la protección natural del suelo y las aguas y se amenaza la conservación de los ecosistemas propios de la región. *“De acuerdo con el Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono (SMBYC) del IDEAM, en el año 2016 la tasa de deforestación en Colombia aumento un 44% con respecto a la registrada en el 2015”.*

La superficie deforestada equivalente para ese año fue de 178.597 hectáreas de bosque que fueron transformadas por diferentes causas o factores como la ampliación de la frontera agrícola, la ganadería extensiva, la conversión de bosques en praderas, los cultivos de uso ilícito, los incendios forestales o la extracción ilegal de minerales, entre otras causas. (Siac, 2017).

Parámetro de Respuesta: Para estimar las Buenas Prácticas de Manejo, se consideró el cumplimiento del artículo 83 del Decreto-Ley 2811 de 1974 con el que se protegen las rondas hídricas consideradas como la faja paralela a la línea de mareas máximas o a la del cauce permanente de ríos y lagos, según el decreto ésta puede ser de hasta treinta metros de ancho, comprende también la vegetación riparia o bosque de galería. De acuerdo con lo anterior, se estimó la variación del porcentaje del cumplimiento de la ley 2811 para el periodo comprendido entre el año 2012 y el 2015. Como menciona el artículo, si la ronda hídrica hubiese sido respetada y protegida en un 100% el área de la misma sería de 857.80 hectáreas. Sin embargo, para el 2012 se estimaron 235.44 hectáreas y para el año 2015 316.27 hectáreas lo que equivale a un 27.45% y 36.87% respectivamente, generando una variación de porcentajes de 34,31%, ver figura 6-4 Mapa de áreas protegidas y buenas prácticas de manejo.

Este incremento en el porcentaje para el año 2015 se puede explicar por la complejidad para diferenciar la vegetación riparia que en muchas ocasiones se encontró intervenida por cultivos de café o cultivos permanentes creando confusión en los patrones de las coberturas. Sin embargo, también es probable que para el año 2015 se hayan incrementado esfuerzos desde las entidades gubernamentales y la comunidad por proteger estas áreas que son de gran importancia para garantizar la conectividad del corredor biológico y determinar la eficacia de su estructura para el tránsito y dispersión de las especies a lo largo del mismo.

Para el cálculo del área protegida (AP), se tomó el polígono del Cerro Chimayoy de la Corporación Autónoma Regional de Nariño, que comprende los municipios de La Unión, Belén, San Bernardo, San Pedro de Cartago y se encuentra bajo la jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional de Nariño, de acuerdo con la Resolución 1814 para el año 2015 el área protegida total fue de 3126,72 hectáreas, de las cuales 641.44 están dentro de la subcuenca La Fragua, por esta razón se seleccionaron las coberturas interpretadas para el año 2012 y 2015 que quedaron dentro de dicho polígono, como se muestra en la *Tabla 6-4: Coberturas encontradas dentro del polígono 50 del Cerro Chimayoy*, para el año 2012 la coberturas predominantes fueron las de uso agrícola con 293.91 ha y para el 2015 se evidencia la prevalencia de uso en pastos con 226.61 ha.

Con respecto a las áreas correspondientes a vegetación natural como: Bosque denso, fragmentado, de galería o ripario se puede observar en la misma tabla que apenas se contó con 237.99 hectáreas para el año 2012 y 206.53 hectáreas para el 2015, evidenciándose deforestación porque se perdieron 31.46 ha de cobertura vegetal. Con lo que se evidencia que no se está *aplicando* al principio de precaución que señala la Ley, con el fin de proteger y preservar los recursos naturales renovables y del medio ambiente

Tabla 6-2: Coberturas encontradas dentro del polígono 50 del Cerro Chimañoy

Coberturas en área protegida 2015	Áreas ha	Coberturas en área protección 2012	Áreas ha
Café	4.347	Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	249.82
Cultivos permanentes arbustivos	38.785	Mosaico de pastos con espacios naturales	29.65
Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	162.175	Café	14.45
Total áreas agrícolas	205.307	Total áreas agrícolas	293.91
Pastos enmalezados	29.219		
Pasto limpio abierto de tierra firme	51.246	Pastos densos arbolados de tierra firme	0
Pasto limpio denso de tierra firme	57.646	Pastos limpios	83.17
Pastos densos arbolados de tierra firme	91.494	Pastos enmalezados	26.37
Total pastos	229.61	Total pastos	109.54
Vegetación secundaria baja de tierra firme	46.92	Bosque denso bajo de tierra firme	222.45
Bosque denso bajo de tierra firme	62.12	Bosque fragmentado	2.55
Bosque de galería bajo	97.49	Bosque de galería y ripario	12.98
Total vegetación natural	206.53	Total vegetación natural	237.99
Total general	641.44	Total general	641.44

Fuente: esta investigación

6.2.2 Ponderado de indicador de medio ambiente

De acuerdo con los datos calculados para este indicador, el promedio de los tres parámetros arrojó un porcentaje de 1.5, como se puede observar en la tabla 6-3.

Tabla 6-3: Resultado de Calificación indicador de medio ambiente

Ind	Presión		Estado		Respuesta		TOTAL
	Nivel	Puntaje	Nivel	Puntaje	Nivel	Puntaje	
Ambiente	EPI>20%	0,00	Av<5	0,00	$\Delta < -10\%$	0,00	1.5/3=0,5
	20%<EPI<10%	0,25	5<Av<10	0,25	-10%< Δ <0%	0,25	
	10%<EPI<5%	0,50	10<Av<25	0,50	0%< Δ <+10%	0,50	
	5%<EPI<0%	0,75	25<Av<40	0,75	+10%> Δ >+20%	0,75	
	EPI<0%	1,00	Av<40	1,00	> Δ +20%	1,00	

Fuente: esta investigación

6.3 Nivel de calidad de vida de los pobladores que habitan en la subcuenca.

Para este indicador se evaluó el estimativo de calidad de vida de la población de la subcuenca.

6.3.1 Indicador de vida (presión, estado y respuesta)

Presión: Como resultado del cálculo el valor para el indicador de presión corresponde a - **11.22%**, de acuerdo a la tabla de aplicación del WSI, este valor se ubicó en el rango de - 20%< Δ <-10%, que corresponde a una puntuación de **0.25**. La puntuación para este parámetro fue muy baja y es consecuente con lo expuesto en el informe que el DANE publicó en el 2018, sobre el aporte de las regiones colombianas con respecto al Producto Interno Bruto, en donde se señala que Nariño presenta un rezago económico si se compara con otros departamentos como Valle y Antioquia (DANE, 2018). Además, según la Asociación Colombiana de las Micro, Pequeñas y Medianas Empresas (ACOPI), este hecho puede explicarse porque el PIB per cápita de un nariñense, en comparación al de otro colombiano es la mitad o en ocasiones la tercera parte. De la misma manera, en el Plan de Energización Rural, en donde se realizó una caracterización social y económica del departamento de Nariño, se establece que los ingresos de los habitantes rurales de este departamento están asociados mayoritariamente con las actividades agropecuarias, la producción de artesanías y por salarios obtenidos fuera de la parcela. (Plan de Energización Rural del Departamento de Nariño, 2014)

Igualmente, en el Plan de Desarrollo municipal de la Unión Nariño se estipula que la estructura económica y financiera de la población, depende en gran medida del sector agropecuario, centrada principalmente en la producción y comercialización del café. (Alcaldía Municipal de la Unión, 2012). Con lo anterior se puede explicar que, los ingresos de los habitantes de la subcuenca dependen de las actividades agropecuarias, por ende, están sujetos a variables que afectan la actividad en el campo como los efectos ambientales, el limitado acceso a la tierra y la falta de recursos productivos.

Estado: Del cálculo del promedio ponderado del IDH se obtuvo una puntuación de 0.75, vale mencionar que, el Indicador de Desarrollo Humano elaborado por Naciones Unidas, integra y analiza aspectos como la salud, enfocándose en una vida larga y saludable; acceso a la educación y los ingresos de los habitantes de un departamento; tres aspectos que son básicos, pero determinantes del nivel de desarrollo humano en una región o territorio. Por lo tanto, para estimar este indicador se tomaron los datos del IDH a nivel de departamento, porque esta información no fue posible encontrarla a nivel municipal y tampoco puede ser ajustado a nivel de la subcuenca. De acuerdo con el PNUD, el departamento de Nariño presenta un IDH ajustado con valores inferiores a 0.5, que es considerado como un nivel de desarrollo humano moderado (Ramírez, Avelleneda, & Pineda, 2015). El bajo desarrollo económico de Los municipios de La unión y San Pedro de Cartago que integran la subcuenca, influyen de manera negativa en el IDH porque los ingresos de los habitantes están basados en la informalidad laboral, y principalmente en actividades agropecuarias, por lo que se restringe la posibilidad de que los pobladores tengan diferentes opciones de participación en el mercado laboral por la vía de la libertad económica. Por consiguiente, la estructura social de los dos municipios está enfocada en el desarrollo de un sistema productivo de subsistencia y una cultura de satisfacción de necesidades inmediatas, que también promueven el analfabetismo y la deserción escolar, impidiéndole a la población continuar ampliando sus capacidades y, desarrollarse como individuos integrales.

Respuesta: El valor obtenido para el parámetro de respuesta fue 7.93%, este puntaje se ubicó en el rango $0\% < \Delta < +10\%$ cuya puntuación fue de 0.50. Para comprender mejor el cálculo en donde solo se estimó la variabilidad del IDH en dos periodos, se analizaron otros indicadores como el NBI, a nivel municipal en donde se encontró que, La Unión tiene el 57% de personas con necesidades básicas insatisfechas, de las cuales en la cabecera se encuentran 44% y 29% en las zonas rurales. Para el caso de San Pedro de Cartago, se presentaron mayores índices de NBI, con un total de 74% en donde la cabecera presenta un 15% y el resto 60%, las diferencias, en el indicador NBI urbano y rural, se pueden explicar, por la deficiencia en la cobertura de los servicios de agua potable y saneamiento básico en el sector rural (Alcaldía Municipal de la Unión, 2012). De acuerdo, con el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, el Índice de Condiciones de Vida (ICV) en Nariño fue de 69,3 puntos, un puntaje bajo si se tiene en cuenta que el promedio nacional fue de 78,8 y apenas un poco por encima de los 67 puntos que es el mínimo constitucional (PNUD, 2015). Es importante tener en cuenta que, tan solo un mínimo porcentaje de la población tiene acceso a los programas estatales, por lo que es

importante que se amplié la cobertura de esos programas enfocados en desarrollo socioeconómico basado en equidad y una relación equilibrada con el medio natural.

6.3.2 Ponderado de indicador de vida

Una vez calculados los parámetros de presión, estado y respuesta los resultados de cada uno se ubicaron de acuerdo al rango que se especifica en la tabla 6.4, en donde se les otorgó un puntaje que posteriormente se utilizó para calcular el valor promedio del indicador de vida el cual fue de 0,5.

Tabla 6-4: Resultado de Calificación indicador de Vida

Ind.	Presión		Estado		Respuesta		Total
	Nivel	Puntaje	HDI<0,5	0,00	Nivel	Puntaje	
Vida	$\Delta < -20\%$	0,00	$0,5 < \text{HDI} < 0,6$	0,25	$< -10\%$	0,00	1.5÷3=0.5
	$-20\% < \Delta < -10\%$	0,25	$0,6 < \text{HDI} < 0,75$	0,50	$-10\% < \Delta < 0\%$	0,25	
	$-10\% < \Delta < 0\%$	0,50	$0,75 < \text{HDI} < 0,9$	0,75	$0\% < \Delta < +10\%$	0,50	
	$0 < \Delta < +10\%$	0,75	$\text{HDI} < 0,9$	1,00	$+10\% > \Delta > +20\%$	0,75	
	$\Delta > +10\%$	1,00	$W_a > 6800$	1,00	$\Delta > +20\%$	1,00	

Fuente esta investigación

6.4 Marco jurídico que protegen el recurso hídrico y la participación de las instituciones estatales frente a los problemas existentes en área objeto de estudio.

Este indicador muestra las conexiones entre los aspectos ambientales, sociales y socioeconómicos de la subcuenca La Fragua. Es importante aclarar que, para esta investigación se tomaron las variables de acuerdo a la metodología implementada por la UNESCO con algunos ajustes implementados en los datos, permitiendo de esta manera analizar los parámetros de Presión, Estado y Respuesta.

6.4.1 Indicador de política (presión, estado y respuesta)

Presión: para este parámetro, se calculó el Índice de Educación, con el cual se mide el logro relativo de un país en la alfabetización de adultos y la matriculación bruta combinada en escuelas primarias, secundarias y terciarias. El resultado del parámetro fue negativo

con un puntaje igual a 0.0. Valor que es consecuente con el informe técnico de la Secretaría de Educación del Departamento de Nariño, en donde se expresa que, la tasa de matriculación en el departamento durante el período 2012-2015, fue inestable, así mismo, los indicadores de cobertura presentaron ciertos desequilibrios a lo largo del cuatrienio, en donde las condiciones sociales, económicas, administrativas, políticas y pedagógicas espaciales incidieron directamente sobre la demanda (Secretaría de Educación, 2016)

Otros aspectos a tener en cuenta y que explican el bajo índice de educación, son la deserción escolar, que está directamente relacionada con la dinámica de economía de sustento de la zona, la cual se mueve en torno a la producción agropecuaria especialmente de café, promoviendo para las épocas de cosecha la deserción en aulas de jóvenes y niños, que se convierten en parte activa y fundamental de la incipiente economía familiar. Así mismo, como lo expresa el Plan de desarrollo municipal de la Unión, en la actualidad la infraestructura educativa del municipio y en especial la de la zona rural no ofrece condiciones apropiadas de calidad y bienestar para los estudiantes. (Alcaldía Municipal de la Unión, 2012).

En el Plan de desarrollo del municipio de San Pedro de Cartago, el nivel educativo se cataloga como bajo porque solamente el 1.4% de la población total tiene un grado de estudios superiores, el 1.5 tiene una carrera técnica y tan solo el 8,9 es bachiller. (Alcaldía Municipal de San Pedro de Cartago, 2011). Por lo anterior, se puede decir que la baja calidad educativa en el municipio se explica porque hay una deficiente dotación de espacios físicos, materiales y deficiente formación de maestros, también por las dificultades espaciotemporales y la alta deserción escolar.

Estado: al realizar el análisis de Marco Legal, Marco Institucional y manejo de la Participación, arrojó un puntaje promedio de los 0.25 de acuerdo en la tabla de la metodología de Chávez y Alipaz adaptada por la UNESCO, esto significa que a pesar de que en la subcuenca existe una normatividad para la protección del medio ambiente, se refleja que las instituciones no hacen presencia en esta región, a pesar que es una subcuenca de gran potencial en la producción de café, las entidades gubernamentales no han realizado grandes esfuerzos para la gestión y promoción de desarrollo con participación social.

Las acciones que se han implementado en la subcuenca son parcializadas y poco efectivas, porque a pesar de que existe normatividad, no se han desarrollado procesos de retribución ambiental y, el ecosistema, por ende, soporta la presión antrópica del crecimiento económico y el crecimiento poblacional, debilitando cada vez más los servicios ecosistémicos y la capacidad de los recursos ecológicos, de satisfacer las necesidades básicas de la población local y regional, sin comprometerlos a futuro.

Respuesta: para el parámetro de respuesta la puntuación es de 0, por lo que se puede inferir que, para el periodo actual no existe una inversión en la subcuenca, a pesar de que existen los instrumentos de planificación que para este caso son los Esquemas de Ordenamiento, éstos se encuentran desactualizados. De la misma manera, a pesar de que en los Planes de Desarrollo municipales que hacen parte de los programas de gobierno desde el 2009 al 2015, se realizan diagnósticos para el área ambiental la urgencia de conservar, proteger y preservar los recursos naturales, en realidad no se cumple. En parte puede explicarse porque, estos municipios no pueden cumplir con todas las necesidades por ser sexta categoría (San Pedro de Cartago) y de quinta (la Union) y según la Ley 617 del 2000 (Congreso de la República, 2000), se les asignan recursos teniendo en cuenta la capacidad de gestión administrativa y fiscal de acuerdo con su población e ingresos corrientes de libre destinación, en este caso estos dos municipios no tienen gran capacidad presupuestal para atender todas las problemáticas que tienen en su territorio. Por otra parte, vale la pena mencionar que, en el área de estudio solo se encontró el Plan de Ordenamiento del Cauce principal La Fragua de año 2014.

6.4.2 Ponderado de Indicador de política

El promedio del indicador arrojó un puntaje de **0.25**, este resultado evidencia un nivel bajo, que significa que los sistemas gubernamentales, educativos, institucionales y jurídicos no llegan a la localidad, en efecto, ejerce presión sobre el desarrollo de la región, por lo cual, es evidente que la gestión integral del recurso hídrico es ineficiente en fortalecer en el manejo adecuado de los recursos naturales debido a la poca inversión en la gestión, conservación, preservación y protección de este ecosistema.

Tabla 6-5: Resultado de Calificación Indicador Política

Ind	Presión		Estado		Respuesta		Total
	Nivel	Puntaje	Nivel	Puntaje	Nivel	Puntaje	
Política	$\Delta < -20\%$	0,00	$\Delta < -20\%$	0,00	$\Delta < -10\%$	0,00	0.75÷3=0,25
	$-20\% < \Delta < -10\%$	0,25	$-20\% < \Delta < -10\%$	0,25	$-10\% <$	0,25	
	$-10\% < \Delta < 0\%$	0,50	$-10\% < \Delta < 0\%$	0,50	$< 0\% < \Delta < +10\%$	0,50	
	$0 < \Delta < +10\%$	0,75	$0 < \Delta < +10\%$	0,75	$+10\% >$ $\Delta > +20\%$	0,75	
	$\Delta > +10\%$	1,00	$\Delta > +10\%$	1,00	$\Delta > +20\%$	1,00	

Fuente esta investigación

6.5 Indicador de Sostenibilidad de la Subcuenca de La Fragua:

Con la aplicación de la metodología propuesta por la UNESCO para analizar el desarrollo sostenible a nivel de cuencas, se evaluó la sostenibilidad de la subcuenca La Fragua, a partir del resultado de los cuatro indicadores: Agua, Medio ambiente, Vida y Política, con los cuales se logró identificar las causas y efectos de las presiones socio ambientales. En la figura 6-5 se relacionan los cuatro indicadores, con los resultados globales para toda la subcuenca.

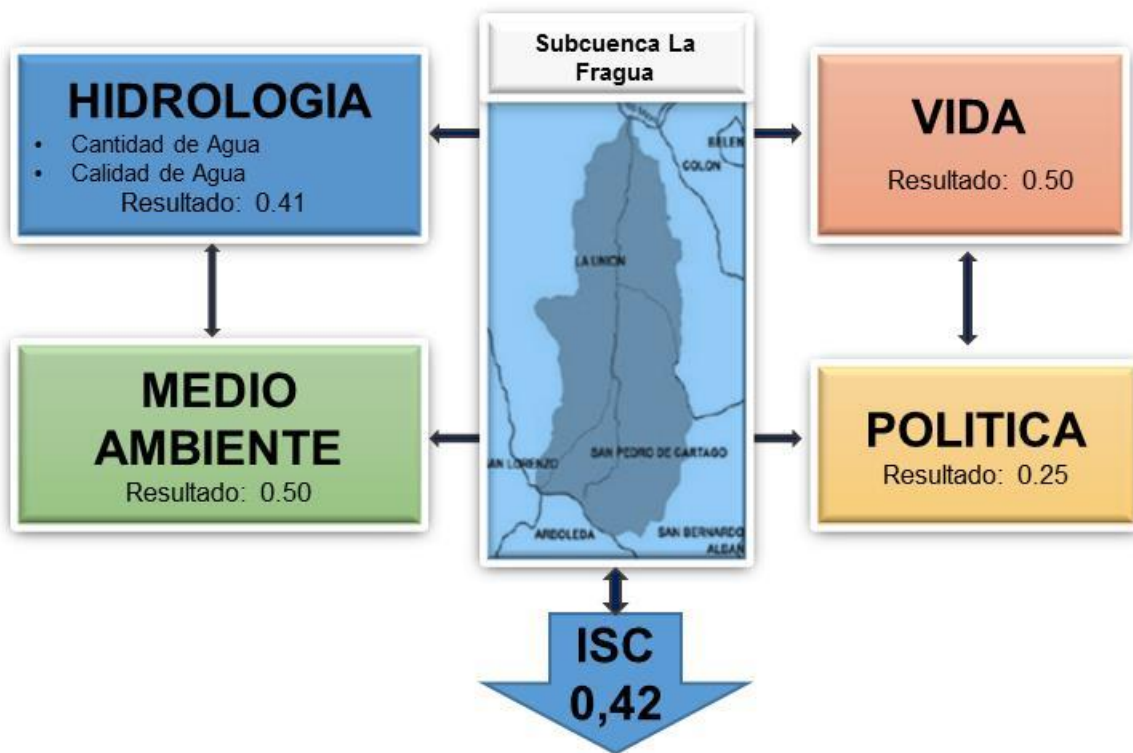
El Índice de Sostenibilidad de Cuencas (ISC) para la Subcuenca La Fragua, se calculó con el promedio aritmético de la ponderación que se hizo de cada uno de los cuatro indicadores señalados en la figura 6-5, en donde el puntaje final ISC fue de 0.42%. Este valor, se lo contrastó respecto a la escala de referencia mostrada en la tabla 6-6, que indica el grado de sustentabilidad que presenta la subcuenca analizada, para este caso se encontró en un rango entre $ISC < 0,5$. Con lo que se puede inferir que, la sostenibilidad de la Subcuenca La Fragua se encuentra en un nivel bajo.

Tabla 6-6: Valores Finales de la ecuación WSI para el esquema PER

Baja	Intermedia	Alta
$ISC < 0,5$	$0.5 < ISC < 0.8$	$ISC > 0.8$

Fuente: Chaves y Alipaz (2007) citado por Organización de las Naciones Unidas para la Educación la Ciencia y la Cultura UNESCO (2014).

Figura 6-4: Relación de cuatro indicadores del índice de sostenibilidad de la subcuenca La Fragua.



Fuente: esta investigación

En la figura 6-6 se puede apreciar, por ejemplo, que existen valores bajos para el indicador de hidrología de agua en la subcuenca, y que a su vez está ligada con las tendencias en el crecimiento de la población, la fragmentación del bosque y la presión de las actividades antrópicas. Asimismo, se observa un decremento en calidad de agua, tanto en el sector urbano como en el rural, explicado por la deficiencia en la cobertura de los servicios de agua potable y saneamiento básico.

Por otra parte, también se presentaron valores bajos para el indicador de medio ambiente, gracias a la presión antropogénica en uso de suelo y el incremento de las áreas pobladas, las prácticas agropecuarias intensivas principalmente de café, que ocasionan un alto grado de degradación de los ecosistemas naturales y un alto impacto en el equilibrio ecológico. En cuanto a las áreas protegidas y de buenas prácticas agrícolas, se puede decir que, el

porcentaje con vegetación natural cada vez es más reducido, las rondas hídricas y el bosque remanente está siendo intervenido por la ampliación de la frontera agrícola y las zonas urbanas, además no se está dando el manejo adecuado al polígono 50 (Cerro Chimayoy) declarado como área protegida según la Resolución 1814 del 2015.

De la misma manera, en el indicador de vida se encontró que la población presenta un bajo desarrollo económico, la estructura social de los dos municipios está enfocada en el desarrollo de un sistema productivo de subsistencia con ingresos basados en la informalidad laboral, principalmente dedicados a las actividades agropecuarias y bajo nivel de escolaridad que, promueve una cultura de satisfacción de necesidades inmediatas, sin tener conciencia del daño ambiental que las actividades económicas puedan ocasionar al medio ambiente.

Finalmente, a pesar de que hay una normatividad y una legislación que promueve el cuidado y protección de los ecosistemas en la subcuenca, las acciones son mínimas y poco efectivas, porque no se evidencian planes de retribución ambiental y el ecosistema cada vez más soporta la presión antrópica, reduciendo la capacidad de los recursos y los servicios ecosistémicos que estos nos ofrecen.

7. Conclusiones y recomendaciones

7.1 Conclusiones

El resultado para el indicador de hidrología promediado entre el subindicador de cantidad y calidad de agua fue de 0.41, lo cual nos indica que es un valor bajo si se tiene en cuenta el decremento en la disponibilidad de agua y la calidad de la misma, que se presenta dadas las tendencias en el crecimiento de la población, la fragmentación del bosque, la presión de las actividades antrópicas en la rivera de los afluentes y la deficiencia en la cobertura de los servicios de agua potable y saneamiento básico.

El puntaje de 0.50 para el indicador de medio ambiente, obedece a los cambios significativos en el uso de suelo y la reducción del bosque remanente, por la ampliación de la frontera agrícola y el incremento de las zonas urbanas que inciden en la transformación del espacio, así como también las prácticas agropecuarias intensivas principalmente de café y ganado que ocasionan un alto grado de degradación de los ecosistemas naturales y un alto impacto en el equilibrio ecológico. Por otra parte, en la subcuenca se evidencia un inadecuado manejo ambiental, las rondas hídricas y el polígono 50 (Cerro Chimayoy) declarado como área protegida según la Resolución 1814 del 2015, están siendo intervenidos y destinados para usos productivos, por lo que se evidencia la falta de planificación y protección para estas áreas especiales.

Con respecto al índice de calidad de vida, el puntaje obtenido fue de 0.50, el cual representa el bajo desarrollo económico de Los municipios de La unión y San Pedro de Cartago que integran la subcuenca, e influyen de manera negativa en el IDH porque los ingresos de los habitantes están basados en la informalidad laboral, y principalmente en actividades agropecuarias, por ende, están sujetos a variables que afectan la actividad en el campo como los efectos ambientales, el limitado acceso a la tierra y la falta de recursos productivos, por lo que se restringe la posibilidad de que los pobladores tengan diferentes opciones de participación en el mercado laboral situación que sumada al bajo nivel de escolaridad, promueve una cultura de satisfacción de necesidades inmediatas, sin tener conciencia del daño ambiental que las actividades económicas puedan ocasionar al medio ambiente.

El promedio del indicador de políticas arrojó un puntaje de 0.25, el más bajo de todos los indicadores, en el cual se evidencia la ineficiencia de la aplicación de los marcos legales y la inoperancia de las instituciones gubernamentales, se puede decir que, las acciones que se han implementado en la subcuenca son parcializadas y poco efectivas, porque a pesar de que existe normatividad, no se han desarrollado procesos de retribución ambiental y, el ecosistema por ende, soporta las presiones antrópicas de un incipiente crecimiento económico carente de una visión sostenible.

El Índice de Sostenibilidad de Cuencas (ISC) para la Subcuenca La Fragua, se calculó con el resultado final de los cuatro indicadores, cuyo resultado fue de 0.42%, valor que indica que la sostenibilidad de dicha subcuenca se encuentra en un nivel bajo, lo cual puede estar reflejado en que la subcuenca no cuenta con estudios de diagnóstico, ni un adecuado presupuesto para la conservación de los ecosistemas existentes, en parte, debido a que esta unidad territorial pertenece a dos jurisdicciones y por ello la ausencia de inversión.

El (ISC) es una herramienta de diagnóstico, que provee información necesaria para que las entidades gubernamentales junto con las alcaldías de los municipios de La Unión y San Pedro de Cartago aúnen esfuerzos que promuevan la gestión integral de los recursos hídricos. La aplicabilidad de la metodología de sostenibilidad de cuencas propuesta por la UNESCO permitió encontrar las causas y efectos para los cuatro indicadores, permitiendo evaluar el estado de la sostenibilidad de la subcuenca, con lo que se pueden proponer y plantear estrategias o alternativas para su mejoramiento.

La participación de las instituciones en la subcuenca es baja, debido a la falta de inversión social por parte de los dos municipios, es importante tener en cuenta que, tan solo un mínimo porcentaje de la población tiene acceso a los programas estatales, por lo que es importante que se amplíe la cobertura de esos programas enfocados en desarrollo socioeconómico basado en equidad y una relación equilibrada con el medio natural.

En la actualidad no existen antecedentes de la aplicación de este índice en las cuencas del departamento de Nariño, por lo que en el desarrollo de esta investigación, se presentaron inconvenientes dado que la información requerida no estuvo disponible en su totalidad, por lo que se realizó la construcción de la misma especialmente para el indicador de medio ambiente, aunque para el resto de indicadores los resultados y estimaciones pertinentes se ajustaron a nivel municipal o departamental con sentido lógico de acuerdo con las circunstancias prevalentes en la cuenca.

Hasta la fecha las cabeceras urbanas de los municipios que se encuentran dentro de la subcuenca, los cuales no cuentan con ningún tipo de tratamiento para las aguas residuales, por lo que es importante la implementación de planes de tratamiento de aguas residuales para reducir la carga contaminante de los vertimientos que realiza el alcantarillado del Municipio de San Pedro de Cartago y La Unión con el objetivo de formular proyectos que respondan a la problemática de saneamiento y manejo de vertimientos.

7.2 Recomendaciones

No hay articulación entre la comunidad y los entes gubernamentales responsables de la planificación, el ordenamiento territorial y la conservación ambiental. Para generar acciones eficaces es recomendable unificar esfuerzos de todas las entidades y la población, en la implementación de políticas ambientales con el fin de que haya cohesión socio ambiental, educación eficiente y de calidad que pueda contribuir a un cambio social, político y ambiental.

Esta subcuenca es compartida entre dos municipios San Pedro de Cartago y La Unión, por lo tanto, es fundamental concertar un solo plan de ordenamiento y manejo para la subcuenca, en donde cada una de las administraciones locales, en este caso las alcaldías, en articulación con la comunidad y la autoridad regional ambiental, se hagan responsables de un área específica de acuerdo a la limitación geográfica municipal.

Se recomienda que se evalúe la designación de presupuesto para estas áreas estratégicas en los instrumentos de planificación territorial, debido a que en los planes de desarrollo no se evidencia la designación de rubros para esta subcuenca.

Se debe incentivar a la comunidad al cuidado del su entorno para mejorar la calidad de vida en el aspecto ambiental y que se trabaje mancomunadamente en la recuperación y tratamiento del recurso hídricos

Vale la pena que se realice un seguimiento al indicador de sostenibilidad de cuencas para establecer y evaluar los niveles de sostenibilidad con el fin de realizar estrategias para un adecuado desarrollo sostenible de los recursos naturales existentes en la subcuenca.

Es importante que se establezca un banco de datos, con la información geográfica y alfanumérica existente en cuanto a cantidad y calidad de agua, usos del suelo, áreas protegidas, información de población, ingresos etc, debido a que en este estudio no se encontraron datos históricos para aplicar la metodología, sin embargo, se realizaron ajustes y se tomaron datos existentes de los últimos años.

Para futuras evaluaciones del Índice de Sostenibilidad de Cuencas (ISC), se recomienda que se incluya en la estimación del indicador de Hidrología (Calidad de Agua), el Índice de Calidad de Agua (ICA) como parámetro para futuros cálculos

A. Anexo: Subindicador cantidad de agua para el parámetro de respuesta

Calificación de Subindicador cantidad de agua para el parámetro de respuesta		
DESCRIPCION	2012-2016	CALIFICACION
Inversión para la conservación y protección de áreas estratégicas (rondas hídricas)	No se destina rubros para el periodo estudiado, solo se implementan planes de reforestación a nivel municipal	Insatisfactorio
Uso eficiente del agua en el área rural y urbano	Según el plan de Ordenamiento del Cauce principal de La Fragua, se identifica captaciones ilegales en el trayecto de esta fuente	Insatisfactorio
Programas para la protección de las zonas altas básicas para la producción del agua	A nivel municipal no se presenta proyectos para la conservación de estas áreas, hasta el momento por parte de la Corporación Autónoma Regional, ha declarado una zona estratégica cerro de Chimayoy, la cual una parte corresponde a la Subcuenca	Insatisfactorio
Implementación de programas de ahorro y uso eficiente del agua	no se cuenta con planes de ahorro de agua en la subcuenca	Insatisfactorio
Actualización plan maestro de acueducto y Alcantarillado	en las zonas Rurales no se cuenta con el servicio de alcantarillado	Insatisfactorio
Diagnóstico, optimización y funcionamiento de sistemas de agua potable a nivel rural y centros poblados	La subcuenca no cuenta con un organismo de control a nivel local, lo cual no tiene un monitoreo del estado del agua (cantidad)	Insatisfactorio
Mantenimiento del 100% la red de acueducto del área rural de la Subcuenca de La Fragua	En la zona Rural no se cuenta con acueductos, simplemente tienen un tanque de captación de agua el cual surte a las veredas que hacen parte a esta subcuenca	Insatisfactorio
Campañas sobre la cultura de reciclaje y sensibilización a la comunidad para el uso responsable y eficiente del agua	En la subcuenca no se cuenta con campañas ni participación en temas de conservación del medio ambiente por parte de la comunidad y entidades locales	Insatisfactorio
Monitoreo del nivel del cauce principal de la subcuenca de La Fragua	La Subcuenca no cuenta con un sistema de monitoreo y vigilancia del nivel de agua a nivel local	Insatisfactorio
Aplicación de normatividad relacionada con el recurso hídrico; los cuales reglamentan y restringen usos del agua con el fin de asegurar su aprovechamiento sostenible.	Según la normatividad con que cuenta el territorio colombiano en la zona no se aplican las políticas ambientales que protegen y regula el recurso hídrico	Insatisfactorio

Fuente: datos tomados del plan de Desarrollo de los municipios de San Pedro de Cartago (2011-2016) y de la Unión (2012-2016)

B. Anexo: Subindicador calidad de agua para el parámetro de respuesta

Calificación de Subindicador calidad de agua para el parámetro de respuesta		
DESCRIPCION	2012-2016	CALIFICACION
Inversión por parte de estado a nivel local regional y nacional, para la recuperación del recurso hídrico por vertimientos	No se destina rubros para el periodo estudiado, solo se implementan planes de reforestación a nivel municipal	<i>Insatisfactorio</i>
Implementación del Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimiento	La subcuenca no cuenta con un plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos	<i>Insatisfactorio</i>
Planta de Tratamiento aguas residuales	Según el plan de Ordenamiento del Cauce principal de La Fragua, no cuenta con plantas de tratamiento de aguas residuales a nivel urbano y rural	<i>Insatisfactorio</i>
Realizar pruebas organolépticas, físicas y químicas del agua	La Subcuenca La Fragua, tiene afectación en la calidad del agua debido a las descargas y vertimientos de aguas residuales de origen doméstico y del sector cafetero, lo cual no tiene un monitoreo de control periódicamente.	<i>Insatisfactorio</i>
Implementar programa de construcción de baterías sanitarias en comunidades rurales dispersas	la cobertura de este programa no es al 100% en el área rural de la subcuenca de La Fragua	<i>Insatisfactorio</i>
Implementar programa para recolectar, evacuar y disponer las aguas residuales	En el área Rural no se cuenta con plantas de tratamiento para las aguas residuales tano domesticas como las que genera el área agropecuaria	<i>Insatisfactorio</i>
Mantener programa de vigilancia y control de calidad de agua	En la subcuenca no se cuenta con programas de vigilancia especialmente en el área rural e	<i>Insatisfactorio</i>
Realizar campañas sobre la cultura de reciclaje y sensibilización a la comunidad para el uso responsable y eficiente del agua.	la comunidad no es llamada a la participación en la cultura de un manejo adecuado de los recursos naturales, lo cual la sensibilización es esta zona es regular	<i>Insatisfactorio</i>
Realizar proyectos que permitan la descontaminación de corrientes o depósitos de agua afectados por vertimientos	En La Fragua no se cuenta con programas y proyectos que este enfocados a la recuperación del recurso hídrico, debido a la falta de inversión por parte de los entes gubernamentales	<i>Insatisfactorio</i>
Aplicación de la normatividad en calidad del agua: todo las recargas o vertimientos a las afluentes y suelo se debe tramitar permisos de vertimientos o planes de cumplimiento asignados por las normas establecidas para la mitigación de los efectos negativos y recuperación del recurso hídrico	En la subcuenca no se aplica la normatividad de calidad de agua.	<i>Insatisfactorio</i>

Fuente: datos tomados del plan de Desarrollo de los municipios de San Pedro de Cartago (2011-2016) y de la Unión (2012-2016)

C. Anexo: Cálculo del parámetro estado del indicador de políticas

Evaluación de la sostenibilidad de la subcuenca hidrográfica La Fragua ubicada en el Departamento de Nariño, mediante cuatro indicadores: Hidrología, Medio Ambiente, Vida y Políticas

MARCO LEGAL				INSTITUCIONAL				PARTICIPACIÓN DE LA COMUNIDAD		
Marco Legal	Alcance	Clasificación de la Intensidad	Categoría de la Clasificación	Gestión de la subcuenca Hidrográfica La Fragua	Institución	Clasificación de la Intensidad	Categoría de la clasificación	Esfuerzos Realizados A Través De Las Entidades Gubernamentales Para Involucrar La Comunidad. Si/No	Clasificación de la Intensidad	Categoría de la clasificación
Constitución Política de 1991	Consagra derechos y obligaciones para proteger los recursos y garantizar un medio ambiente sano. Asigna competencias a diferentes entes estatales para adelantar las tareas de administración, planeación, prevención y defensa del medio ambiente. (Art. 79, 80,95,267,268,317,334,339)	Alta	1.0	El estado colombiano, cuenta con una normatividad encaminada a la protección del medio ambiente	Estado	Pobre	0.25	Si	Pobre	0.25
Decreto - Ley 2811 de 1974	En este decreto se define normas generales y detalla los medios para el desarrollo de la Política Ambiental con el fin de preservar, conservar y recuperación del medio ambiente. también designa competencias y responsabilidades para ejecución de obras de infraestructura y desarrollo, conservación y ordenamiento de cuencas, control y sanciones, concesiones y uso del agua, tasas, incentivos y pagos, medición de usos, uso eficiente del agua y demás herramientas para la administración, protección, conservación y uso sostenible de los recursos naturales renovables.	Bueno	0.75	obedeciendo a los principios de la constitución. Pero el Estado no ha hecho cumplir la normatividad vigente lo cual en la actualidad todas las áreas de protección están siendo intervenidas de manera acelerada sin control, racionamiento de los recursos naturales	Ministerio de Medio Ambiente, Corporación Regional Ambiental al CORPO NARIÑO y Alcaldías Municipales	Pobre	0.25	No	Muy Pobre	0

Fuente: esta investigación

90 Evaluación de la sostenibilidad de la subcuenca hidrográfica La Fragua ubicada en el departamento de Nariño, mediante cuatro indicadores: Hidrología, Medio Ambiente, Vida y Política.

MARCO LEGAL				INSTITUCIONAL				PARTICIPACIÓN DE LA COMUNIDAD		
Marco Legal	Alcance	Clasificación de la Intensidad	Categoría de la Clasificación	Gestión de la subcuenca Hidrográfica La Fragua	Institución	Clasificación de la Intensidad	Categoría de la clasificación	Esfuerzos Realizados A Través De Las Entidades Gubernamentales Para Involucrar La Comunidad. Si/No	Clasificación de la Intensidad	Categoría de la clasificación
Ley 09 de 1979	Decreta la protección del medio ambiente; las normas generales que servirán de base a las disposiciones y reglamentaciones necesarias para preservar, restaurar u mejorar las condiciones necesarias en lo que se relaciona a la salud humana; por lo tanto se establece un control Sanitario; se asignan las normas generales para preservar, restaurar o mejorar las condiciones necesarias en lo que se relaciona a la salud humana y define desde el aspecto sanitario los usos del agua y los procedimientos y las medidas que se deben adoptar para la regulación, legalización y control de las descargas de residuos y materiales que afectan o pueden afectar las condiciones sanitarias del Ambiente	Bu eno	0.75	se identifica los niveles de calidad de agua a través de tomas de muestras por parte de Instituto departamental de Salud, en el área, pero por parte de las instituciones gubernamentales no tienen proyectos para disminuir la contaminación	Ministerio de Medio Ambiente , Corporación Autónoma Regional de Nariño CORPONARIÑO, Instituto Departamental de Salud de Nariño y Alcaldías Municipales de la unión y San Pedro de Cartago	Pobre	0.25	No	Pobre	0.25
Ley 99 de 1993	Sistema Nacional Ambiental SINA: Crea el Ministerio del Medio Ambiente, reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, y organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA. Define el marco legal y asigna funciones en relación con la formulación de la Política Nacional Ambiental, ordenamiento territorial y manejo de cuencas, obras de infraestructura, control de contaminación, definición y aplicación de tasas de uso del agua y retributivas, licencias ambientales, concesiones de agua y permisos de vertimiento, control, seguimiento y sanciones, manejo de conflictos de competencias, cuantificación del recurso hídrico, seguimiento de la calidad del recurso hídrico, conservación de cuencas, instrumentos económicos y de financiación.	Bu eno	0.75	Acorde con esta ley en las zonas de estudio no hay cumplimiento de esta ley, se evidencia la intervención de un % en las zonas de protección de rondas hídricas, lo cual se evidencia la desaparición del bosque primario (fauna, flora) afectando así la regulación de las fuentes hídricas y exposición de riesgos ante posibles deslizamientos y avalanchas en época de invierno en época de verano a sequias	Ministerio De medio Ambiente , Corporación Autónoma Regional de Nariño CORPONARIÑO y Alcaldía Municipales de San Pedro de Cartago y La Unión	Pobre	0.25	No	Muy Pobre	0
MARCO LEGAL				INSTITUCIONAL				PARTICIPACIÓN DE LA COMUNIDAD		

Evaluación de la sostenibilidad de la subcuenca hidrográfica La Fragua ubicada en el Departamento de Nariño, mediante cuatro indicadores: Hidrología, Medio Ambiente, Vida y Políticas

Marco Legal	Alcance	Clasificación de la Intensidad	Categoría de la Clasificación	Gestión de la Subcuenca hidrográfica La Fragua	Institución	Clasificación de la Intensidad	Categoría de la clasificación	Esfuerzos Realizados A Través De Las Entidades Gubernamentales Para Involucrar La Comunidad. Si/No	Clasificación de la Intensidad	Categoría de la clasificación
Resolución 1814 del 201	Por la cual se declaran y se delimitan las zonas de protección y desarrollo de los recursos naturales renovales y el medio ambiente	Bueno	0.75	Se delimita el polígono 50 Cerro de chimayoy como zona estratégica	Ministerio De medio Ambiente, Corporación Autónoma Regional de Nariño CORPONARIÑO	Bueno	0.75	Si	Bueno	0.75
DECRETO DE 2012 1640	Por medio del cual se reglamentan los instrumentos para la planificación, ordenación y manejo de las cuencas hidrográficas y acuíferos, y se dictan otras disposiciones.	Bueno	0.75	en el 2014 se el Plan de Ordenamiento del Cauce Principal de La Quebrada La Fragua	CORPONARIÑO	Bueno	0.75	Si	Bueno	0.75
Decreto 1076 de 2015	Este Decreto único reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible, fue expedido con el fin de compilar y racionalizar las normas de carácter reglamentario que rigen el sector Ambiente, en el capítulo 9 se regulan los instrumentos para la planificación, ordenación y manejo de las cuencas hidrográficas y acuíferos. Estos instrumentos son planes estratégicos en las áreas hidrográficas o macro cuencas; el Programa Nacional de Monitoreo del Recurso Hídrico en las zonas hidrográficas; los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas en subzonas hidrográficas; los Planes de Manejo Ambiental de Microcuenca, en las cuencas de nivel inferior al del nivel subsiguiente de la subzona hidrográfica; Planes de Manejo Ambiental de Acuíferos.	Bueno	0.75	La Subcuenca La Fragua pertenece a los municipios de la unión y San Pedro de Cartago que corresponde a 6 categorías lo cual no tienen recursos económicos suficientes que lleven a la conservación, recuperación y mitigación de los efectos colaterales causados por las actividades humanas en los correspondientes territorios	Ministerio de Medio Ambiente y Corporación Autónoma Regional de Nariño CORPONARIÑO y alcaldías municipales	Pobre	0.25	No	Muy Pobre	0

92 Evaluación de la sostenibilidad de la subcuenca hidrográfica La Fragua ubicada en el departamento de Nariño, mediante cuatro indicadores: Hidrología, Medio Ambiente, Vida y Política.

MARCO LEGAL				INSTITUCIONAL				PARTICIPACIÓN DE LA COMUNIDAD		
Marco Legal	Alcance	Clasificación de la Intensidad	Categoría de la Clasificación	Gestión de la subcuenca Hidrográfica La Fragua	Institución	Clasificación de la Intensidad	Categoría de la clasificación	Esfuerzos Realizados A Través De Las Entidades Gubernamentales Para Involucrar La Comunidad. Si/No	Clasificación de la Intensidad	Categoría de la clasificación
política nacional de gestión de integral del recurso hídrico	En el año del 2010 se promulgo la política nacional de gestión de integral del recurso hídrico, la cual contiene 8 principios, 1. el agua es un bien de uso público y su conservación es responsabilidad de todos, 2 el consumo humano tendrá prioridad sobre otros usuarios y prima el uso colectivo sobre el uso individual. 3. el agua es un recurso estratégico para el desarrollo social, cultural y económico 4 la gestión del recurso armoniza con los procesos locales regionales y nacionales 5. la subcuenca hidrográfica es la unidad fundamental para la planificación y gestión 6 el agua dulce es un recurso escaso y su uso debe ser racional 7 la gestión del recurso tendrá enfoque participativo multisectorial con equidad social 8 el acceso la información e investigación son fundamentales en la gestión integral del recurso hídrico (por lo tanto con esta política y con los instrumentos legales la conservación del este precioso recurso invaluable (página 10 y11 tecnología apropiadas para el tratamiento de aguas en fincas	Exce-lente	1	se realizó un proyecto de 5 años "Gestión inteligente del agua que consisten en el manejo integral de 25 microcuencas a nivel nacional, la cual fue beneficiada la subcuenca de La Fragua	agencia Holandesa y Federación de Cafeteros	Excelente	1	Si	Excelente	1
EOT	EOT La Unión: Instrumento de planificación Territorial, este instrumento de planificación no obedece a un diagnostico real debido a la desactualización que se encuentra	Pobre	0.25	El estado de este instrumento de planificación se encuentra desactualizado por lo que no corresponde a la realidad del territorio	Dirección Nacional de Planeación, Corporación Autónoma Regional de Nariño	Pobre	0.25	Si	Pobre	0.25
	EOT San Pedro de Cartago: Instrumento de planificación Territorial	Pobre	0.25	El estado de este instrumento de planificación se encuentra desactualizado por lo que no corresponde a la realidad del territorio	CORPONA RÍO y alcaldías Municipales de la unión y San Pedro de Cartago	Pobre	0.25	Si	Pobre	0.25

MARCO LEGAL				INSTITUCIONAL				PARTICIPACIÓN DE LA COMUNIDAD		
Marco Legal	Alcance	Clasificación de la Intensidad	Categoría de la Clasificación	Gestión de la Subcuenca Hidrográfica La Fragua	Institución	Clasificación de la Intensidad	Categoría de la clasificación	Esfuerzos Realizados A Través De Las Entidades Gubernamentales Para Involucrar La Comunidad. Si/No	Clasificación de la Intensidad	Categoría de la clasificación
PDM	Municipio de La Unión Instrumento de Planificación Territorial	Pobre	0.25	esta herramienta de gestión administrativa del municipio va acorde con el diagnóstico del EOT, por lo que no responde a las verdaderas necesidades del territorio tal es el caso de la conservación y sostenibilidad ambiental	DNP, Gobernación de Nariño y Alcaldías Municipales La Unión y San Pedro de Cartago	Pobre	0.25	Si	Pobre	0.25
	Municipio de San Pedro de Cartago, instrumento de planificación Territorial	Pobre	0.25	esta herramienta de gestión administrativa del municipio va acorde con el diagnóstico del EOT, por lo que no responde a las verdaderas necesidades del territorio tal es el caso de la conservación y sostenibilidad ambiental		Pobre	0.25	Si	Pobre	0.25

Fuente: esta investigación

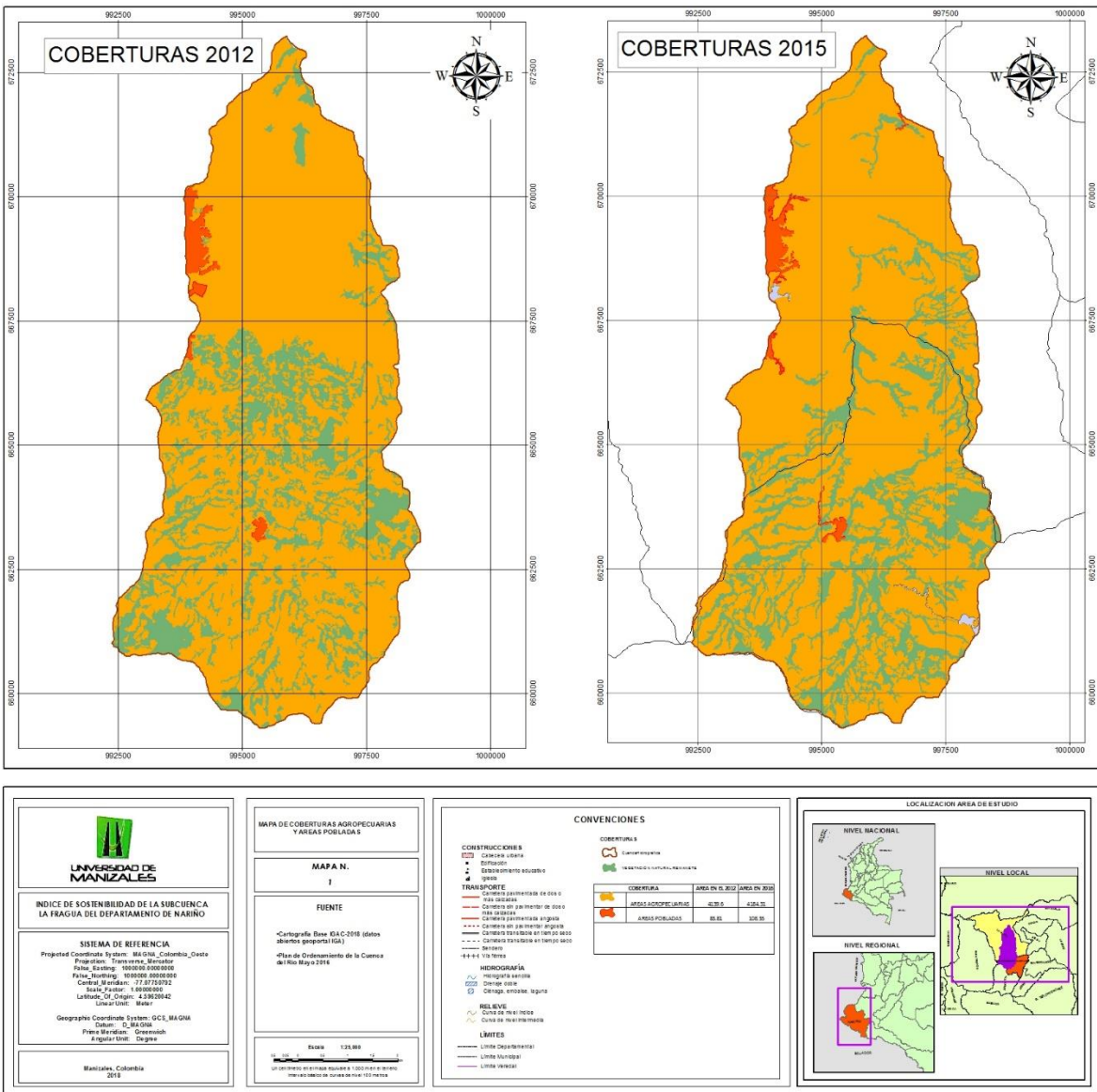
94 Evaluación de la sostenibilidad de la subcuenca hidrográfica La Fragua ubicada en el departamento de Nariño, mediante cuatro indicadores: Hidrología, Medio Ambiente, Vida y Política.

MARCO LEGAL				INSTITUCIONAL				PARTICIPACIÓN DE LA COMUNIDAD		
Marco Legal	Alcance	Clasificación de la Intensidad	Categoría de la Clasificación	Gestión de la Subcuenca Hidrográfica La Fragua	Institución	Clasificación de la Intensidad	Categoría de la clasificación	Esfuerzos Realizados A Través De Las Entidades Gubernamentales Para Involucrar La Comunidad. Si/No	Clasificación de la Intensidad	Categoría de la clasificación
Decreto 3100 de 2003	Por medio del cual se reglamentan las tasas retributivas por la utilización directa del agua como receptor de los vertimientos puntuales	POBRE	0.25	las corporaciones regionales son las encargadas de realizar los cobros de la tasa retributiva por vertimientos puntuales de acuerdo con los Planes de Ordenamiento del Recurso hídrico	Corporación Autónoma Regional de Nariño CORPONARIÑO	POBRE	0.25	NO	MUY POBRE	0
Resolución número 0631 del 2015	Se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de	POBRE	0.25	En La Fragua no hay un plan de monitoreo y vigilancia de los vertimientos tanto en la zona urbana y rural	Corporación Autónoma Regional de Nariño CORPONARIÑO y alcaldías municipales	POBRE	0.25	NO	MUY POBRE	0
suma te puntaje			8.0				5.25	4		
PONDERADO FINAL		MEDIA	0.57			POBRE	0.37		POBRE	0.29

Fuente: esta investigación

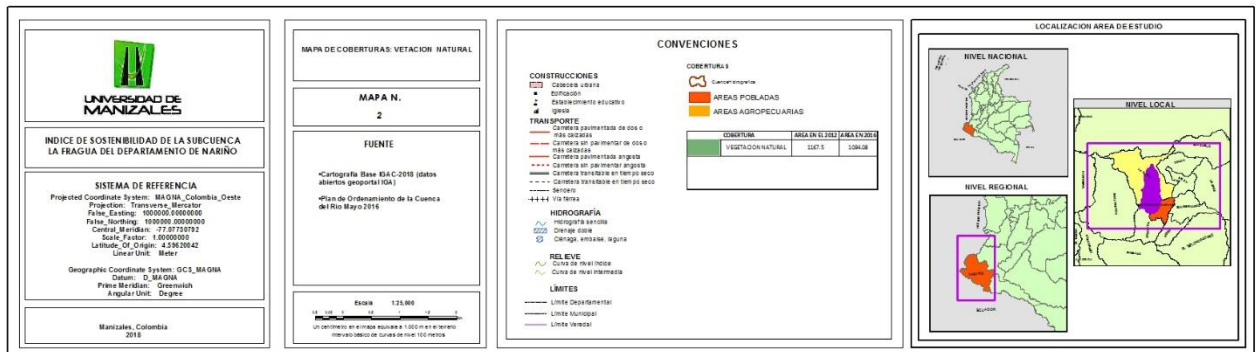
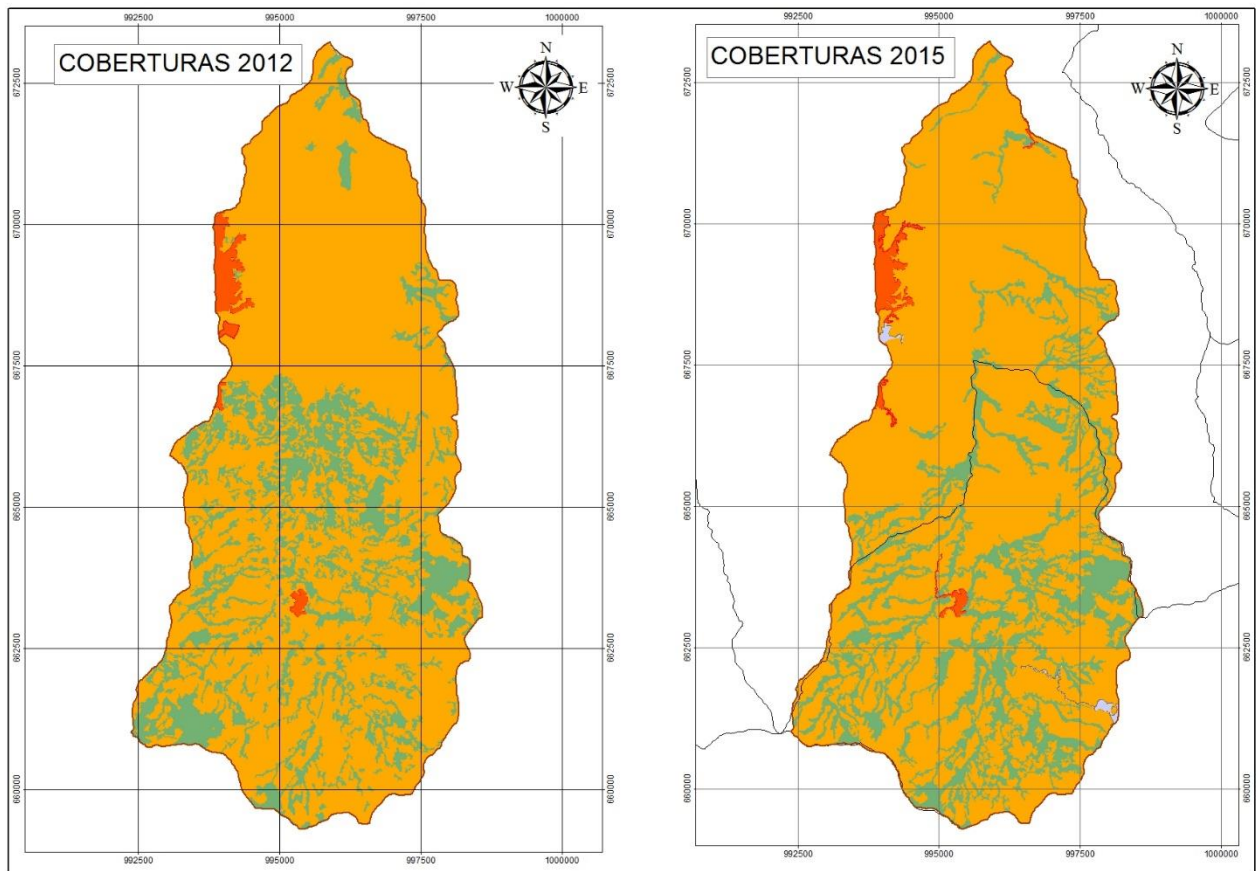
D. Anexo: Mapas de indicador de medio ambiente

Mapa de Zonas Agrícolas y Urbanas



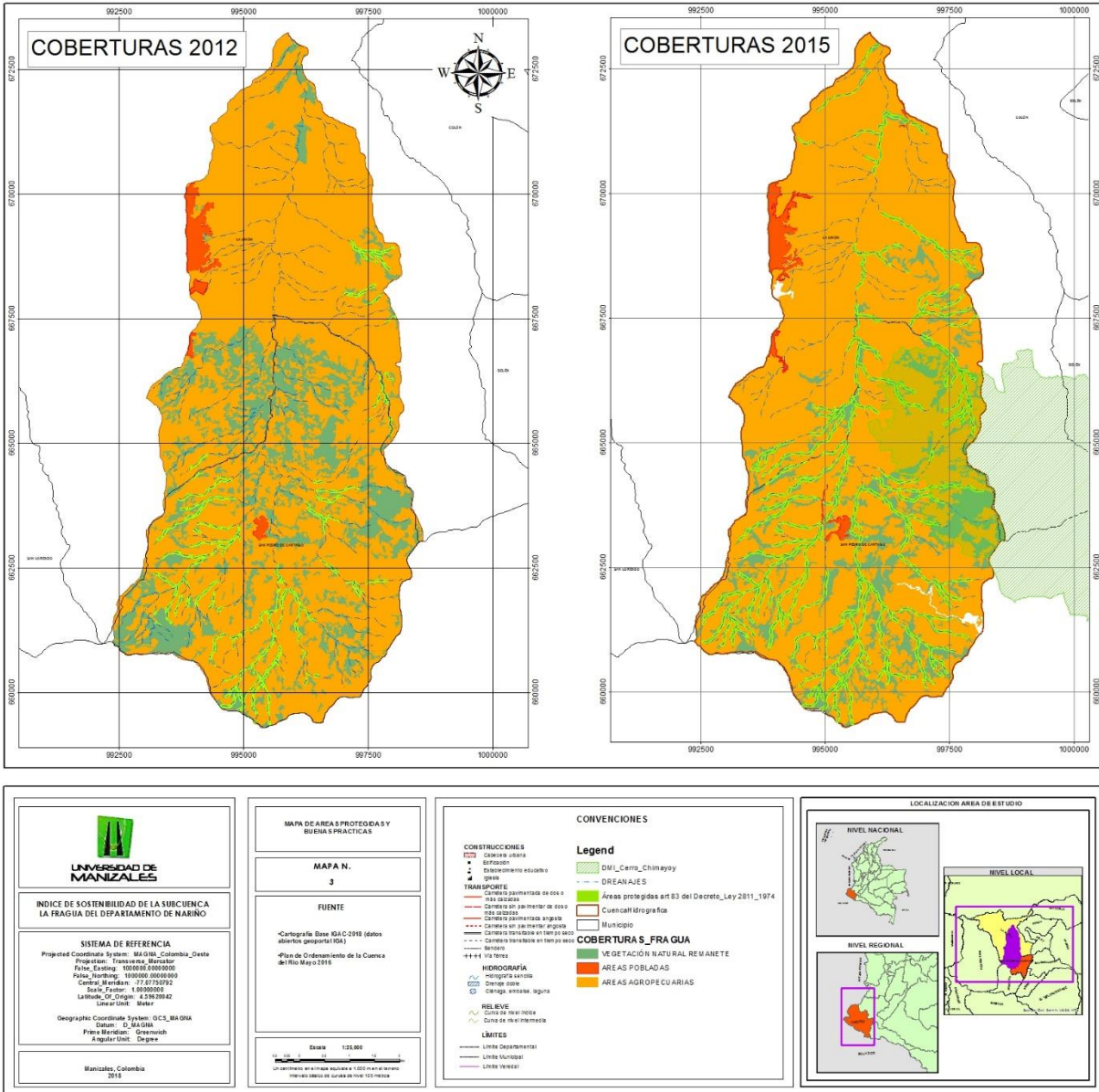
Fuente: esta investigación

Mapa Vegetación Natural



Fuente: esta investigación

Mapa de Áreas Protegidas y buenas prácticas



Fuente: esta investigación

Bibliografía

Alcaldía Municipal de la Unión. (2012). *Plan de Desarrollo Municipal la Unión Nariño "un Cambio Radical*. La Unión.

Alcaldía Municipal de San Pedro de Cartago. (2011). *Plan de Desarrollo Municipal*. San Pedro de Cartago. Obtenido de <http://cdim.esap.edu.co/bancomedios/documentos%20pdf/san%20pedro%20de%20cartago%20-%20nari%C3%B1o%20-%20pd%20-%202008%20-%202011.pdf>

Asamblea General de las Naciones Unidas. (s.f). *Desarrollo Sostenible*. Recuperado el 15 de 11 de 2016, de Naciones Unidas: <http://www.un.org/es/ga/president/65/issues/sustdev.shtml>

Boff, L. (2012). *El Cuidado Necesario*. TROTTA. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/281667265/Boff-El-Cuidado-Necesario>

Burgi, M. (2008). *Medio Ambiente y Calidad de Vida*. Obtenido de Universidad de Alcalá: https://www.researchgate.net/publication/28312586_Medio_ambiente_y_calidad_de_vida

CEPAL. (2006). *Calcular los Índices de desarrollo Humano*. Obtenido de Informe sobre Desarrollo Humano: <https://dds.cepal.org/infancia/guia-para-estimar-la-pobreza-infantil/bibliografia/capitulo-III/Calculo%20IDH.pdf>

Cifuentes, G. (2008). El Medio Ambiente un cocepto Jurídico Indeterminado en Colombia. *CELEAM*, 39. Obtenido de <http://celeam.org/pdf/biblioteca/el-medio%20ambiente-un-concepto-indeterminado-en-colombia.pdf>

Congreso de la República. (2000). *LEY 617 DE 2000: Categorización de las Entidades Territoriales*. Obtenido de Minhacienda: http://www.minhacienda.gov.co/HomeMinhacienda/ShowProperty;jsessionid=T74Z92b8x4XoEHyGUi92gHEk5-SZkZ0bqL6KrSZxco4hLuY16tDf!2084461774?nodeId=%2FOCS%2FMIG_5817361.PDF%2F%2FidcPrimaryFile&revision=latestreleased

CORPONARIÑO. (2009). *Plan de ordenamiento y Manejo de la Cuenca Hidrografica del Río Mayo*. Convenio 110/2009 CORPONARIÑO-CONIF, Pasto.

CORPONARIÑO. (2012). *Plan de Acción Institucional 2012-2015*. Corporación Autónoma Regional de Nariño, Pasto. Obtenido de <http://corponarino.gov.co/expedientes/planeacion/pai20122015/pai20122015f.pdf>

CORPONARIÑO. (2014). *Plan de Ordenamiento del Cauce Principal de la Quebrada La Fragua*. Corporación Autónoma Regional de Nariño, SUBCEA, San Juan de Pasto. Obtenido de <http://corponarino.gov.co/expedientes/descontaminacion/porhqlafragua.pdf>

CORPONARIÑO. (2016). *Plan de Gestión Ambiental Regional del departamento de Nariño*. Recuperado el 12 de 10 de 2018, de Corporación Autónoma Regional de Nariño: <http://corponarino.gov.co/wp-content/uploads/2016/11/PGAR-2016-2036-VF.pdf>

DANE. (2018). *Producto Interno Bruto (PIB)*. Recuperado el 2 de 03 de 2019, de Departamento Administrativo Nacional de Estadística: https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/pib/bol_PIB_IVtrim18.pdf

Díaz, C., Esteller, M., & López, F. (2005). *Conceptos Básicos y Estudios de Caso en Iberoamérica*. (P. Ediciones, Ed.) Recuperado el 17 de 04 de 2019, de Tierra: Red Temática de Ciencias de la Tierra: <http://tierra.rediris.es/hidrored/ebooks/rh01/rh01.pdf>

FAO. (s.f). *El concepto del desarrollo sostenible*. Obtenido de Food and Agriculture Organization of the United Nations: <http://www.fao.org/docrep/x5600s/x5600s05.htm#TopOfPage>

Faustino, Jimenez, J. (2000). Manejo de Cuencas Hidrográficas. En J. Faustino, *Centro Agronomico Tropical de Investigación y Enseñanza Area de Cuencas y Sistemas Agroforestales* (pág. 3). Turrialba, Costa Rica: Bib. Orton IICA / CATIE. Obtenido de

https://books.google.com.co/books?id=99oOAQAIAAJ&printsec=frontcover&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

Feres, J., & Mancero, X. (02 de 2001). *El Método de las Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI) y sus Aplicaciones en América LATina*. Obtenido de Naciones Unidas CEPAL: https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/4784/S0102117_es.pdf?sequence=1

Ferney, H. L. (2002). *Cuencas Hidrográficas en Colombia*. Pasto: Universidad de Nariño.

Foladari, G. (2001). *Cotrovesias sobre sustentabilidad: La Evolución Sociedad-Naturaleza*. Río de Janeiro: M.A. Porrúa.

Frers, C. (22 de 07 de 2005). *La Problemática de la Educación Ambiental*. Recuperado el 18 de 04 de 2019, de Eco-Portal.net: https://www.ecoport.net/temas-especiales/educacion-ambiental/la_problematika_de_la_educacion_ambiental/

Henao, J. E. (1998). *Introducción al Manejo de Cuencas Hidrográficas*. Bogotá: Universidad Santo Tomás.

IDEAM. (2007). *Centro de Investigaciones en Hidroinformática*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Obtenido de <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/020735/Informe%20Final/IFORME%20FINAL%20IDEAM.pdf>

IDEAM. (2010). *Calidad de Agua Superficial en Colombia*. Obtenido de Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales: <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/021888/CAP6.pdf>

International Atomic Energy Agency IAEA. (30 de 05 de 2017). *El Agua y el Medio Ambiente*. Obtenido de Programa de Cooperación Técnica IAEA: <https://www.iaea.org/sites/default/files/documents/tc/Water-Spanish.pdf>

Miniambiente. (17 de 03 de 2015). *Resolución 0631; parametros y valores límites permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y los sistemas alcantarillado público y se dictan otras disposiciones*. Obtenido de Ministerio de Ambiente y Desarrollo sostenible: <http://www.aguasdebuga.net/intranet/sites/default/files/Resoluci%C3%B3n%200631%20de%202015-Calidad%20vertimientos.pdf>

Miniambiente. (10 de 2015). *Resolución número 1814 de 2015*. Recuperado el 12 de 10 de 2018, de Vlex, Información jurídica, tributaria y empresarial: <https://diario-oficial.vlex.com.co/vid/resolucion-numero-1814-2015-585689726>

Miniambiente. (18 de 04 de 2017). *Cuenca Hidrográfica*. Obtenido de Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Social: <http://www.minambiente.gov.co/index.php/gestion-integral-del-recurso-hidrico/planificacion-de-cuencas-hidrograficas/cuenca-hidrografica>

Miniambiente. (27 de 04 de 2019). *Cuenca Hidrográfica*. Obtenido de Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible: <http://www.minambiente.gov.co/index.php/gestion-integral-del-recurso-hidrico/planificacion-de-cuencas-hidrograficas/cuenca-hidrografica>

Muñoz, M. (2010). *Modelo Económico Mundial y la Conservación del Medio Ambiente*. Obtenido de Biblioteca Virtual de Derecho, Economía y Ciencias Sociales: <http://www.eumed.net/libros-gratis/2010b/700/EL%20DESARROLLO%20SUSTENTABLE%20PARA%20UN%20AMBIENTE%20SANO.htm>

Murcia, U., Castellanos, A., Huertas, C., Salazar, C., López, M., Riaño, E., & Arcila, O. (2010). *Presiones socioambientales: Estudio de la situación actual en la Amazonía colombiana*. Bogotá, D.C.: SINCHI.

Ordoñez, J. J. (2011). *¿Que es una Cuenca Hidrográfica?* (S. G. Lima, Ed.) Recuperado el 18 de 04 de 2019, de Global Water Pathership: https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-sam_files/publicaciones/varios/cuenca_hidrologica.pdf

Organización de las Naciones Unidas para la Educación la Ciencia y la Cultura UNESCO. (2014). *Estimación y validación del Índice de Sostenibilidad de Cuencas (ISC) para la cuenca del río Reventazón*. Programa Hidrológico Internacional (PHI). Cartago, Costa Rica: Documentos Técnicos del PHI-LAC, N° 35. Recuperado el 20 de 05 de 2016, de [https://www.google.com/search?q=Estimaci%C3%B3n+y+validaci%C3%B3n+del+%C3%8Dndice+de+Sostenibilidad+de+Cuencas+\(ISC\)+para+la+cuenca+del+r%C3%ADo+Reventaz%C3%B3n&oq=Estimaci%C3%B3n+y+validaci%C3%B3n+del+%C3%8Dndice+de+Sostenibilidad+de+Cuencas+\(ISC\)+para+l](https://www.google.com/search?q=Estimaci%C3%B3n+y+validaci%C3%B3n+del+%C3%8Dndice+de+Sostenibilidad+de+Cuencas+(ISC)+para+la+cuenca+del+r%C3%ADo+Reventaz%C3%B3n&oq=Estimaci%C3%B3n+y+validaci%C3%B3n+del+%C3%8Dndice+de+Sostenibilidad+de+Cuencas+(ISC)+para+l)

-
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura UNESCO. (2008). *Evaluación objetiva de la aplicación y cálculo del Índice de Sostenibilidad de Cuenca en la Cuenca Hidrográfica del Canal de Panamá*. Programa Hidrológico Internacional. Montevideo, Uruguay: Documentos Técnicos del PHI-LAC, N° 12. Recuperado el 20 de 05 de 2016, de <http://www.cich.org/publicaciones/05/evaluacion-wsi-panama.pdf>
- Plan de Energización Rural del Departamento de Nariño. (2014). *Caracterización Social y Económica del Departamento de Nariño*. Obtenido de Altenar Universidad de Nariño: <http://sipersn.udenar.edu.co:90/sipersn/docs/ipp/ISSE/CaracterizacionSocialyEconomicadelDepartamentodeNarino.pdf>
- PNUD. (2015). *El Departamento de Nariño Frente a los Objetivos de Desarrollo del Milenio*. Obtenido de Programa Nacional de Desarrollo Humano: https://www.cepal.org/MDG/noticias/paginas/6/44336/Narino_final.pdf
- PNUD. (05 de 2018). *Objetivo 6: Agua limpia y saneamiento*. Obtenido de Programa de las Naciones Unidas Para el Desarrollo: <http://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals/goal-6-clean-water-and-sanitation.html>
- Porras, Y., Pérez, M., Tuay, R., Alzate, M., Cuervo, F., & Roncancio, M. (2014). *Retos y Oportunidades de la Educación ambiental en el Siglo XXI*. Obtenido de Universidad Pedagógica Nacional: [http://editorial.pedagogica.edu.co/docs/files/Retos%20y%20oportunidades%20de%20la%20educacion%20ambiental%20en%20Colombia\(1\).pdf](http://editorial.pedagogica.edu.co/docs/files/Retos%20y%20oportunidades%20de%20la%20educacion%20ambiental%20en%20Colombia(1).pdf)
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo PNUD. (11 de 2013). *Informe Regional de Desarrollo Humano*. (C. R. Caribe, Editor) Obtenido de United Nations Development: <https://www.undp.org/content/dam/rblac/img/IDH/IDH-AL%20Informe%20completo.pdf>
- Ramirez, J., Avelleneda, C., & Pineda, K. (2015). Estimación del Índice de Desarrollo Humano ajustado para los departamentos colombianos. *Lecturas de Economía*(83). Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/le/n83/n83a05.pdf>
- Real Academia Española. (2005). *Medioambiente*. Recuperado el 23 de 04 de 2019, de Diccionario panhispánico de dudas: <http://lema.rae.es/dpd/srv/search?id=yytQmvG7mD6lXlSgEy>

- Rodríguez, A. (2010). Consideraciones Sobre el Uso de los sistemas de Información Geográfica en Antropología. *Turismo y Patrimonio cultural*, 178. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/318958483_Consideraciones_sobre_el_uso_de_los_Sistemas_de_Informacion_Geografica_en_Antropologia
- Secretaría de Educación. (2016). *Caracterización NPerfil del Sector Educativo*. Obtenido de Gobernación de Nariño: <http://www.sednarino.gov.co/SEDNARINO12/phocadownload/2016/Descargas/CARACTERIZACION%20Y%20PERFIL%20%20SED-NARINO%202012-2015.pdf>
- SGS ACADEMY. (2012). *Aspectos e Impactos Ambientales*. Obtenido de Secretaría Distrital de Ambiente Bogotá: http://ambientebogota.gov.co/c/document_library/get_file?uuid=1c697920-c8b1-4425-8952-1b16718a223b&groupId=24732
- Siac. (2017). *La Deforestación en Colombia Sigue en Aumento*. Obtenido de Sistema de Información Ambiental de Colombia: <http://www.siac.gov.co/documents/670372/24459251/BOLETIN+julio+2017.pdf/96a77955-fc73-40da-9030-cfd55336bebc>
- Universidad Autónoma de Nuevo León. (5 de 7 de 2011). *¿Qué es el Desarrollo Sustentable?* Recuperado el 01 de 11 de 2015, de Universidad Autónoma de Nuevo León: <http://sds.uanl.mx/el-concepto-desarrollo-sustentable/>
- Villamagua, G. (2012). *Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH)*. Obtenido de Unión Internacional para la Conservación-UICN: https://www.iucn.org/sites/dev/files/content/documents/modulo_3_girh.pdf