



UNIVERSIDAD DE
MANIZALES

**Sostenibilidad hídrica en la
microcuenca Curití, municipios de
Curití y San Gil, Santander periodo
2010 – 2017**

Edgar Rodríguez Díaz

Ingeniero Agrónomo, Espc.

En Ordenamiento y Gestión Integral de Cuencas Hidrográficas

Línea de investigación:

Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible

Universidad de Manizales

Facultad de Ciencias Contables Económicas y Administrativas

Maestría en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente

2018

**Sostenibilidad hídrica en la
microcuenca Curití, municipios de
Curití y San Gil, Santander periodo
2010 – 2017**

Edgar Rodríguez Díaz

**Tesis de Grado para optar al título de Magíster en Desarrollo Sostenible y Medio
Ambiente**

Director

LUIS ALBERTO VARGAS

Universidad de Manizales

Facultad de Ciencias Contables Económicas y Administrativas

Maestría en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente

2018

Nota de Aceptación

Firma Presidente del Jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Manizales, 13 de Agosto de 2018

Agradecimientos

A nuestro Dios a quien debo todos los triunfos en mi vida.

A mi esposa Claudia Smith y mis hijos Estefany Paola, Karen Vanessa, Jazmín Katerín y Edgar Andrés y mi nieta Valery Sofía, que son la razón de mi vida.

A mis padres José Antonio Rodríguez Castellanos y Carmen Díaz de Rodríguez por sus enseñanzas y su apoyo incondicional.

A UNISANGIL Institución que me ofreció todo su apoyo para desarrollar esta maestría.

Al ingeniero Oscar Javier leal Guerrero por toda su colaboración en el manejo del SIG para la elaboración de los mapas de la microcuenca Curiti.

A la Corporación Autónoma Regional de Santander CAS, institución que facilitó información para el desarrollo de este proyecto.

A mi Director de proyecto el Doctor Luis Alberto Vargas por su asesoría y por su aporte al desarrollo del presente estudio.

Muchas gracias a todos.

Edgar Rodríguez Díaz

Resumen

La evaluación de la oferta y demanda hídrica se hace necesaria desarrollarla desde una visión de sostenibilidad del recurso, debido a la alta importancia de poder desarrollar de manera integral relaciones entre la sociedad y los ecosistemas que habita, abordando esta realidad mediante procesos de gestión integral del recurso hídrico. Esta investigación es cuantitativa, descriptiva y dentro de los aspectos metodológicos se tuvo en cuenta partir de variables hidrometeorológicas, para luego calcular el balance hídrico y a través de datos de campo tomar variables como caudales para así llegar a la oferta hídrica, luego en la demanda se tuvo en cuenta datos de la reglamentación de la quebrada que se ajustaron con los datos actuales, como complementó del análisis se desarrolló una muestra intencionada de 55 encuestas a acueductos veredales y por ultimo para evaluar la calidad del agua se tomaron parámetros fisicoquímicos y se hizo un muestreo de macroinvertebrados, para terminar realizando análisis a través de indicadores como índice uso del agua, índice de vulnerabilidad, índice de regulación hídrica, índice BWMP.

Dentro de los resultados obtenidos se encontró que la oferta hídrica de la microcuenca Curiti fue de 1,694 litros por segundo, su demanda hídrica fue de 231,3 litros por segundo para obtener un índice de uso de agua de 14,011, que se interpreta en categoría moderada es decir la presión de la demanda es moderada con respecto a la oferta hídrica, su índice de regulación hídrica es moderada lo mismo que el índice de vulnerabilidad medio, esto respecto a lo cuantitativo.

En lo cualitativo se pudo encontrar una fuente hídrica que presenta índice de contaminación adecuados, con un trayecto de aguas contaminadas según el indicador BWMP y el análisis del parámetro físico-químico y de coliformes totales en los puntos 4 y 6 de muestreo, se obtuvo contenidos altos de coliformes totales que pueden ser precursores de enfermedades infectocontagiosa para los bañistas de la quebrada, por lo que se requiere generar propuestas encaminadas a la descontaminación de vertimientos, para terminar con propuesta articuladoras entre lo público y privado que permitan el ahorro eficiente del agua, la gobernanza del recurso desde la base social de la participación y la aplicación de la

normatividad que permita el buen manejo del recurso. Se recomienda involucrar con mayor detalle las relaciones que pueden surgir entre los municipios de Curití y San Gil por la importancia de esta quebrada Curití afluente del río Fonce y componente esencial en desarrollo turístico de la región de San Gil y Curití.

Palabras Clave

Gestión integral del recurso hídrico, Balance hídrico, oferta hídrica, demanda hídrica, índice del uso del agua, parámetros físico químicos, desarrollo sostenible, gestión ambiental.

Abstract

The assessment of water supply and demand is necessary to develop it from a vision of sustainability of the resource due to the high importance of being able to develop in an integral way relations between society and the ecosystems it inhabits, addressing this reality through processes of integral management of the resource water. This research is quantitative, descriptive and within the methodological aspects was taken into account from hydrometeorological variables, to then calculate the water balance and through field data take variables such as flows to reach the water supply, then demand took into account data from the regulation of the stream that were adjusted with the current data, as a result of the analysis, an intentional sample of 55 surveys was developed for rural aqueducts and finally to evaluate the water quality, physicochemical parameters were taken and a sampling of macroinvertebrados, to finish making analysis through indicators such as water use index, vulnerability index, water regulation index, BWMP.

Index, within the results obtained it was found that the water supply of the Curití micro-watershed which was 1,694 liters per second, water demand was 231.3 liters per se. To find a water use index of 14,011, which is interpreted as a moderate category, that is, the pressure of demand is moderate with respect to the water supply, its water regulation index is moderate, as is the average vulnerability index, this regarding the quantitative.

In the qualitative it was possible to find a water source with an adequate index of contamination, with a path of contaminated water according to the BWMP indicator and the analysis of the physical-chemical parameter and total coliform in points 4 and 6 sampling, where high contents of total coliforms are obtained that can be precursors of infectious diseases for swimmers in the stream, so it is necessary to generate proposals aimed at the decontamination of discharges, to end with proposal articulators between public and private allow the efficient saving of water, the governance of the resource from the social base of the participation and the application of the regulations that allow the good management of the resource.

It is recommended to involve in greater detail the relationships that can occur between the municipalities of Curitiba and San Gil because of the importance of this Curitiba stream tributary of the Fonce River and an essential component in tourism development in the San Gil and Curitiba region.

KEYWORD

Comprehensive management of water resources, water balance, water supply, water demand, index of water use, physical-chemical parameters, sustainable development, environmental management.

Introducción

La escasez de los recursos hídricos de calidad surge como un problema ambiental importante a nivel mundial. En Colombia se ha venido presentado una creciente preocupación por el manejo adecuado de los recursos hídricos, se busca establecer parámetros que permitan ayudar a evaluar el comportamiento de la oferta hídrica en diferentes escalas territoriales.

Colombia no cuenta con un sistema de información continua y sectorial de uso del agua, ni ha contabilizado históricamente el agua consumida proveniente de fuentes superficiales, subterráneas y de los procesos de desalinización. Dichas mediciones permiten evaluar la verdadera presión sobre el recurso que ejerce cada sector, haciendo énfasis en los volúmenes consumidos más que en los volúmenes captados (MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL, 2005).

La microcuenca debe ser considerada desde un principio como un ámbito de organización social, económica y operativa, además de la perspectiva territorial e hidrológica tradicionalmente considerada. Así mismo, es en la microcuenca donde ocurren interacciones indivisibles entre los aspectos económicos (bienes y servicios producidos en su área), sociales (patrones de comportamiento de los usuarios directos e indirectos de los recursos de la cuenca) y ambientales (relacionados al comportamiento o reacción de los recursos naturales frente a los dos aspectos anteriores), (A LATORRE, N, 2010).

La demanda de agua crece exponencialmente. Sin embargo, la oferta y calidad cada vez es menor, razón por la cual es importante la implementación de acciones que permitan mantener un suministro permanente de agua de buena calidad para toda la población y para preservar las funciones de los ecosistemas.

La Corporación Autónoma Regional De Santander CAS, 2014, ha venido realizando trabajos que tenga que ver con el manejo del recurso hídrico como lo fue el POMCA del río Fonce desarrollado en el 2014 y el ordenamiento del recurso hídrico del río Fonce, trabajos que han venido generando estrategias que permitan una conservación en cuanto cantidad y calidad

de los recursos hídricos de gran importancia como lo es el río Fonce, de la cual la quebrada Curití es tributaria.

El propósito de este estudio es realizar la evaluación de la oferta y demanda hídrica de la microcuenca de Curití, bajo el criterio de indicadores hídricos con la intencionalidad de poder desarrollar un proceso de cuantificación de la oferta hídrica, de la demanda hídrica y realizar evaluaciones en cuanto al déficit hídrico, la presión que se ejerce en el recurso hídrico y la vulnerabilidad que puede estar presentando por sus calidades de agua en una área de influencia que viene con un gran auge en el aspecto turístico y hace que exista una población flotante y presente en el área de influencia. Por último, se busca desarrollar la gestión integral de los riesgos asociados a la oferta y disponibilidad del agua.

Tabla de Contenido

Resumen.....	6
Palabras Clave.....	6
KEYWORD	8
Introducción.....	9
1.1. TITULO: Sostenibilidad hídrica en la microcuenca Curití, municipios de Curití y San Gil, Santander periodo 2010 – 2017.....	15
1.2. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	15
Pregunta de Investigación.....	16
1.3. Descripción del Área Problemática.....	16
1.4. Antecedentes Investigativos e Informativos.....	19
1.5. Justificación	23
1.6. Objetivos.....	24
1.6.1. Objetivo General	24
1.6.2. Objetivos Específicos.....	24
1.7. Hipótesis.....	25
2. MARCO TEÓRICO DESARROLLADO.....	25
2.1 MARCO NORMATIVO.....	25
2.2. MARCO TEORICO CONCEPTUAL.....	35
2.2.1. Cuenca Hidrográfica.....	26
2.2.2 Gestión integral de los recursos hídricos.....	26
2.2.3. Balance Hídrico.....	27
2.2.4. Oferta hídrica.....	28
2.2.5. Demanda Hídrica.....	29
2.2.6. Sistema de indicadores hídricos.....	30
2.2.7. Sistemas de información Geográfica.....	32
2.2.8. Desarrollo Sostenible	32
2.2.9. Sostenibilidad.....	32
3. Diseño Metodológico.....	34
3.1 Población y muestra.....	34
3.2 Tipo de Investigación.....	34
3.3 Diseño Metodológico.....	35
3.4 Técnicas e instrumentos.....	37
3.4.1. Precipitación.....	38
3.4.2. Temperatura.....	39
3.4.3. Evaporación	39
3.4.4. Evapotranspiración.....	39
3.4.5. Balance Hídrico.....	39
3.4.6. Calidad del agua.....	40
3.4.7. Índice de Calidad del agua.....	41
3.4.8. Índices de Contaminación	41
3.4.9 Índice Biológico de contaminación.....	43
3.4.10. Indicadores hídricos	44
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	47
4.1. Balance Hídrico.....	47

4.1.1. Precipitación.....	47
4.1.2. Temperatura.....	49
4.1.3. Balance Hídrico:	51
4.2. Identificación de la Oferta Hídrica.....	56
4.3. Identificación de la Demanda Hídrica	59
4.3.1. Demanda de agua para uso doméstico. (DUD)	59
4.3.2 Demanda de agua para uso agrícola (DUA)	61
4.3.3 Demanda de agua para uso pecuario (DUP).....	61
4.4. Análisis Calidad del Agua de la Quebrada Curití.	63
4.4.1. Conductividad:.....	64
4.4.2. Dureza Total:.....	65
4.4.3. Alcalinidad:.....	65
4.4.4. Índice de contaminación por mineralización (ICOMI).....	66
4.4.5. Demanda biológica de oxígeno:.....	67
4.4.6. Oxígeno disuelto:	67
4.4.7. Sólidos suspendidos totales:	68
4.4.8. Índice de contaminación por materia orgánica (ICOMO)	69
4.4.9. pH:	72
4.4.10. Coliformes totales:.....	72
4.5. Identificación del Índice Biológico.....	74
4.5.1. Índice BMWP adaptado para Colombia por Roldán (2003).....	74
4.6. Información sobre vertimientos.....	77
4.7. Índices hídricos en la microcuenca Curití.	78
4.7.1. Índice de Aridez.....	78
4.7.2. Índice de uso de agua:	78
4.7.3. Índice de regulación Hídrica.	79
4.7.4. Índice de Vulnerabilidad.	79
5. Conclusiones y Recomendaciones.....	84
5.1. Conclusiones.....	84
5.2. Recomendaciones.....	85
Bibliografía	87

Lista de Tablas

Tabla 1. Distribución de la población urbana y rural de San Gil, año 2011.	18
Tabla 2. Fases Metodológicas del proyecto	35
Tabla 3. Técnicas e instrumentos de recolección.	37
Tabla 4. Módulos de consumo de agua.	40
Tabla 5. Clasificación de la calidad del agua en función de los índices de contaminación...43	
Tabla 6. Categorías del índice de aridez	46
Tabla 7. Categorías del índice de vulnerabilidad.	47
Tabla 8. Oferta hídrica total disponible con relación al caudal ambiental estimado para condición normal.	56
Tabla 9. Oferta disponible (Oferta Total- Qamb) Quebrada Curití.....	57
Tabla 10. Requerimiento de agua acueductos regionales interveredales	59
Tabla 11. Población Conciliada Censo General del 2005 municipio de San Gil.....	60
Tabla 12. Requerimientos de agua acueductos regionales interveredales.	61
Tabla 13. Requerimientos de agua para uso agrícola, pecuario y comercial.	62
Tabla 14. Demanda total de la microcuenca Curití.	62
Tabla 15. Oferta disponible (Oferta Total - Qamb) Quebrada Curití.....	62
Tabla 16. Características fisicoquímicas estipuladas para el uso principal y secundario.	63
Tabla 17. Normatividad Acuerdo 068/2007- Decreto 1594 de 1984	63
Tabla 18. Categorías de calidad según el índice BMWP/Colombia.	74
Tabla 19. Recolección primaria sobre captación y vertimientos en el cauce de la quebrada Curití.	77
Tabla 20. Índice de aridez a escala mensual y su valor anual.	78
Tabla 21. Categoría del índice de uso del agua	78
Tabla 22. Índice de regulación hídrica en la microcuenca Curití.	79
Tabla 23. Categorías índices de vulnerabilidad.	80
Tabla 24. Índice de vulnerabilidad de la microcuenca Curití.	80

Lista de Figuras

Figura 1. Diagrama de flujo para la determinación de la oferta hídrica superficial	29
Figura 2. Conceptos asociados a la demanda por uso del agua	30
Figura 3. Indicadores ambientales.....	31
Figura 4. Categoría del índice uso de agua.	31
Figura 5. Puntos de muestreo parámetros índices biológicos y físicos- químicos.....	41
Figura 6. Índice Biótico - BMWP	44
Figura 7. Evolución temporal de la Precipitación, ETP y ETR en el año hidrológico.	51
Figura 8. Oferta hídrica total disponible en la microcuenca Curití.	56
Figura 9. Oferta hídrica disponible en la microcuenca Curití.....	57
Figura 10. Parámetro físico- químico Conductividad quebrada Curiti	64
Figura 11. Parámetro físico- químico Dureza total quebrada Curití.	65
Figura 12. Parámetro físico- químico alcalinidad quebrada Curití.....	65

Figura 13. Parámetro físico- químico demanda biológica de oxígeno quebrada Curití.....	67
Figura 14. Parámetro físico- químico Oxígeno disuelto quebrada Curití.	67
Figura 15. Parámetro físico- químico Solidos suspendidos totales quebrada Curití.....	68
Figura 16.Índice de contaminación de materia orgánica (ICOMO).	69
Figura 17.El índice de contaminación por solidos suspendidos (ICOSUS)	71
Figura 18.Parámetro físico - químico pH en la quebrada Curití.	72
Figura 19.Parámetro físico- químico coliformes totales quebrada Curití.	72
Figura 20.Comportamiento del índice biológico en la quebrada Curiti.	75
Figura 21.Índice de contaminación biótica (ICOBIO).	76

Lista de Ecuaciones

(Ecuación 1) Balance hidrico.....	34
(Ecuación 2) Índice de contaminación por mineralización	45
(Ecuación 3) Índice de contaminación por materia orgánica	45
(Ecuación 4) Índice de contaminación por solidos suspendidos	42
(Ecuación 5) Demanda hidrica	42
(Ecuación 6) Oferta hidrica.....	43
(Ecuación 7) Índice de aridez	45

Lista de Mapas

Mapa 1.Modelos de precipitación media multianual (mm) en la microcuenca Curiti.	48
Mapa 2.Modelo de temperatura multianual (°C) en la microcuenca Curiti.	50
Mapa 3.Evapotranspiración potencial multianual (°C) en la microcuenca Curiti.....	52
Mapa 4.Evapotranspiración real multianual (mm) en la microcuenca Curiti.	53
Mapa 5.Almacén medio multianual (mm) en la microucenca Curiti.....	55
Mapa 6.Oferta hídrica media multianual (mm) en la microcuenca Curiti.	58
Mapa 7.Índice de contaminación por solidos suspendidos (ICOSUS)	70
Mapa 8.Comportamiento del índice BMWP en la microcuenca Curití..	75

1.1. TITULO: Sostenibilidad hídrica en la microcuenca Curití, municipios de Curití y San Gil, Santander periodo 2010 – 2017.

1.2. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.

En la microcuenca Curití la presión sobre los recursos hídricos, es un problema que, anudado a los crecientes niveles de contaminación, ha conducido en los últimos tiempos a la sobreexplotación y a un crecimiento de la demanda por agua con sus consecuencias en la calidad. La expansión de las redes de abastecimiento; el crecimiento de las zonas urbanas de San Gil y Curití, como de sus zonas rurales; el incremento de la superficie de riego; el aumento en la producción agropecuaria; la expansión industrial; la mala gestión pública y los bajos costos del agua, son factores que afectan el uso del recurso hídrico.

En el área de influencia de la microcuenca Curití, se ha venido presentando una situación de presión de demanda de agua en la zona de recarga hídrica en ella existe un aumento de galpones de la incubadora de Santander y de pimpollo, allí también se encuentran cultivadores de tomate que generan una tala indiscriminada, afectando la recarga hídrica de la quebrada Cajonera y en los ciclos de producción derivan del cauce principal agua a través de mangueras individuales que no cuentan con concesión de agua, desarrollando presión sobre el recurso hídrico y generando contaminación a través del uso excesivo de plaguicidas y de estiércoles que se infiltran en el suelo y afectan la calidad del agua de este cauce.

Esta situación hace que se presente un grado de fragilidad y de vulnerabilidad de la población de la microcuenca con respecto a la disponibilidad del recurso hídrico, el deterioro de la cobertura vegetal viene afectando tanto la fauna como la flora en la microcuenca.

El consumo de agua se ha incrementado en los últimos 10 años debido a la presencia de fincas de recreo debido al auge turístico que tiene la región, esto hace que fincas productivas se parcelen en terrenos de pequeñas áreas y cada vivienda deba contar con un punto de

agua para su servicio de agua y de saneamiento, es en los vertimientos donde no se ve reflejado un buen manejo y esto hace que se genere un grado de afectación en las calidades de agua debido a los vertimientos que van al suelo.

Pregunta de Investigación

¿Cuál es el nivel de sostenibilidad hídrica de la microcuenca Curiti, durante el periodo 2010-2017?

1.3. Descripción del Área Problemática

El Municipio de Curití se encuentra localizado geográficamente 6° 36' 36'' latitud norte y 73° 04' 18'' longitud oeste. Territorialmente limita por el norte con los Municipios de Jordán, Aratoca y Cepita, por el este con Molagavita y Mogotes, por el sur con Mogotes y San Gil y por el oeste con San Gil y Villanueva.

El municipio de Curití tiene una superficie territorial de 24951,37 hectáreas y está conformado por su Cabecera municipal (área urbana) y 38 veredas (área rural).

La zona de estudio corresponde a la microcuenca quebrada Curití, ubicada en la parte central del departamento de Santander, hacia el margen derecho de la provincia Guanentá. Las coordenadas geográficas de los puntos extremos de la microcuenca se encuentran entre X: 1'104.000- 1'121.000 metros, longitud este y Y: 1'216.000- 1'123.000 metros latitud norte.

En el sector superior su cauce sigue la dirección sur-noreste; en el sector medio el cauce gira 45 grados siguiendo su curso en sentido noreste hasta su desembocadura en el sistema hidrográfico río Fonce, que posteriormente tributa sus aguas a la hoya del río Suárez.

La extensión aproximada es de 139,7 Km², nace en la vereda Palo cortado a 2.022 msnm, tiene una longitud aproximadamente de 20,50 Km y su derivación media es de 1.726 msnm. La microcuenca Curití presenta un paisaje de lomas de clima medio húmedo (precipitación media de 1745 mm y temperatura promedio de 21,6°C). Constituidos por suelos de relieve ligeramente inclinado y ondulado con profundidad efectiva radicular moderado, sus suelos

son aptos para sistemas silvopastoriles, silvoagricolas y agrosilvopastoriles.

Desafortunadamente la vegetación nativa ha sido destruida en casi todos los sitios por la incontrolada explotación de los árboles o por el sobrepastoreo de cabras y vacunos, que sumado a los propensos incendios forestales en los prolongados veranos y ante la escasez de agua es una limitante para el desarrollo sostenible de los ecosistemas de la microcuenca. En general la cobertura natural en el municipio de Curití, ha sufrido modificaciones por la intervención de la mano del hombre; ya que con el establecimiento de potreros y de cultivos como el café, tabaco, fique, frijol y maíz; se han arrasado las áreas de los bosques primarios, quedando únicamente relictos de bosque secundario, bosques de galería y rastrojos.

La fauna reportada en el municipio de Curití es muy escasa, debido principalmente a la acción antrópica ejercida sobre los recursos naturales, aunada a la variedad climática y a la baja cobertura natural.

El clima de Curití según la clasificación climática empleada presenta cuatro zonas que van desde la muy húmeda en el sur del municipio hasta la ligeramente húmeda al norte del mismo, es decir que hay una disminución gradual de la disponibilidad hídrica desde el sur hacia el norte.

La región se caracteriza por tener una alta tasa de población, lo que genera un intenso proceso de apropiación y utilización de los ecosistemas y de los elementos ambientales, además de una sucesiva fragmentación de la propiedad rural hasta derivar concentraciones minifundistas.

Son áreas en las cuales el uso actual está muy por encima del uso potencial que puede soportar. Eje: zonas de recarga o nacimientos de cuencas hidrográficas con usos intensivos, ocasionando deterioros importantes en los ecosistemas. Ocurre cuando el uso actual presenta excesiva actividad respecto al uso que se le puede dar, por la presencia de cultivos semestrales, pastos en zonas de ladera y áreas erosionadas cuya vocación es agroforestal o zonas de protección con algún tipo de actividad.

El empeoramiento en la calidad del agua causado por diversas actividades económicas reduce la disponibilidad de agua dulce, degrada el suelo, impacta numerosos ecosistemas y

encarece el tratamiento de este vital elemento.

Según datos estadísticos del DANE, en el censo del 2005, la población de Curití ascendía a 11.343 personas, de las cuales 3325 de ellas, el 29% habitan la cabecera municipal, y 8.018 personas, es decir el 71%, viven en el sector rural. De estas, el 50% son mujeres y el 50% hombres, organizados en 2.774 hogares.

El municipio de San Gil, capital de la Provincia de Guantán y capital turística del Departamento de Santander, se encuentra ubicado a los 060 33' 34" de Latitud Norte y 730 06' 10" de Longitud Oeste. San Gil posee una extensión aproximada de 145.9 kilómetros cuadrados, equivalentes a 14.950 hectáreas en terrenos con topografía en un 30% plano, 65% ondulado y fuertemente ondulado y un 5% de suelos escarpados de difícil uso para la ganadería y agricultura.

El municipio de San Gil cuenta con 45.956 habitantes aproximadamente, de los cuales 38.620 habitantes el 84% se encuentran en la cabecera municipal y 7.984 habitantes el 16% se hallan en el sector rural. La densidad poblacional se encuentra alrededor de los 308 habitantes por Kilómetro cuadrado, como se presenta en la tabla 1.

Tabla 1. Distribución de la población urbana y rural de San Gil, año 2011.

Municipio San Gil	Población Total	Total Rural	Total Urbana
Total	45.956	7.336	38.620
Porcentaje de distribución	100%	16	84

Fuente: SISBEN

La quebrada Curití presenta dos captaciones para el acueducto municipal de San Gil ACUASAN, una que lleva el agua a la planta convencional (antigua) y otra a la planta compacta, la cual inicio su funcionamiento en el año 2013.

La convencional en el sector conocido como "la Corronchoza" y puede alimentar a la planta de tratamiento con un caudal de 104,4 l/s. durante todo el año, la captación se realiza por medio de una bocatoma frontal y rejilla de fondo de 2,00 m de largo por 0,50 m de ancho, se encuentra en la cota 1.450 msnm.

La captación que conduce el agua a la planta compacta tiene un caudal de 85l/s y presenta

un rebose de 30l/s, por ende, se transportan 55l/s a la planta de tratamiento.

Para la cabecera municipal de San Gil su fuente hidrográfica es la quebrada Cuchicute quien vierte sus aguas a la quebrada Curití y cuenta con una demanda hídrica anual de 2,51 millones de metros cúbicos, una oferta anual disponible en condiciones climáticas secas de 853,9 miles de metros cúbicos (ROBLES CINDY, 2014).

La microcuenca de la quebrada Curití no cuenta con una evaluación de la oferta hídrica, ni con información necesaria que les dé la posibilidad a los pobladores de la región desarrollar herramientas sostenibles que le permitan regular la distribución de caudales, para garantizar la demanda de agua apropiada.

1.4. Antecedentes Investigativos e Informativos

El agua es una de las necesidades humanas más básicas y es indispensable en casi todas las actividades como la agricultura, la producción de energía, la industria, la minería y la prestación de servicios; la gestión de este recurso es esencial para lograr un desarrollo económico sostenible y aliviar la pobreza; los sectores económicos ejercen una presión sin precedentes sobre los recursos hídricos y dejan una cantidad insuficiente para cubrir las necesidades humanas y preservar caudales medio ambientales necesarios para mantener ecosistemas saludables. (BANCO MUNDIAL, 2015).

Durante el último siglo la población mundial se ha triplicado, mientras que el consumo de agua se ha sextuplicado. Aunque el tema de la escasez del agua, su contaminación y su distribución desiguales un problema de todos, afecta más a la población pobre del mundo. Hoy, los niños de los países desarrollados consumen entre 20 y 30 veces más cantidad de agua que los niños de los países más pobres. Se calcula que unos mil millones de personas no disponen de agua potable, en tanto dos mil quinientos millones no la tienen en las cantidades y condiciones mínimas adecuadas. Casi todas ellas viven en América Latina, África y Asia, aunque también existen vastos sectores de menesterosos en los países más desarrollados a quienes alcanza esta carencia (YEPES, 2008).

Actualmente en muchos países se intenta manejar el medio ambiente en forma global sin haber demostrado aun ni siquiera la capacidad de manejar bien uno solo de los recursos

naturales a la escala necesaria, lo que a menudo se olvido es que las gestiones de los recursos hídricos ocupan un lugar preponderante en la gestión ambiental (SOLANES Y GETCHES 1998).

El efecto cambio climático en la energía como explica Knuf Roland Sundstrom especialista del Fondo Para El Medio Ambiente Mundial (FMAM) “lluvias más fuertes y sequias más prolongadas amenazan la capacidad del ecosistema para almacenar suficientes recursos hídricos”

El consumo de agua se ha incrementado hasta en un 75% en los últimos 20 años y podría ser 50% mayor en las siguientes décadas afirma el Banco Interamericano De Desarrollo (BID, 2014).

Aunque hoy pareciera que el agua está garantizada para la mayoría de los habitantes de la región, se estima que en el 2030 habrá un déficit del 40%.

Existen muchas pruebas de que el cambio climático profundizara estos problemas al aumentar la variabilidad hidrológica, lo que provocara fenómenos meteorológicos más frecuentes y extremos como sequías, inundaciones y tormentas graves.

El empeoramiento en la calidad del agua causado por diversas actividades económicas reduce la disponibilidad de agua dulce, degrada el suelo, impacta numerosos ecosistemas terrestres y marinos y encarece el tratamiento de este vital elemento.

En un informe reciente del Banco Mundial titulado “bajemos la temperatura: porque se debe evitar un planeta 4°C más cálido” sugiere que un alza de 4°C en la temperatura mundial hará que la presión por la escasez de agua se intensifique en todas las zonas del mundo, los desafíos que enfrenta el mundo respecto del agua requieren soluciones multisectoriales: agua y agricultura, agua y energía; agua y ciudades sostenibles; agua y gestión del riesgo de desastres; agua y saneamiento.

El recurso hídrico en los países de Latinoamérica y en otras partes del mundo se encuentra bajo presión por el incremento de la población y sus correspondientes actividades económicas, lo cual genera un alto impacto en la contaminación del agua. Además, este

recurso enfrenta una crisis de gobernanza, dado que los enfoques sectoriales siguen prevaleciendo y representan problemas globales a causas de manejos ineficientes y la creciente competencia por un recurso finito.

La problemática del agua debe analizarse valorando sus causas y consecuencias para proponer acciones correctivas que conduzcan a cambios significativos tanto en la producción como en la conservación del recurso hídrico, considerando los desafíos principales de asegurar el agua para las personas y para la producción de alimentos y desarrollando otras actividades creadoras de trabajo que protejan los ecosistemas vitales (CATIE, Gestión Integral Del Recurso Hídrico 2015).

En el artículo “*River basin management, development planning, and opportunities for debate around limits to growth*”, sus autores exponen que algunos de los últimos paradigmas mundiales en la gestión del agua sostenible giran en torno a las ideas de promoción de una mayor integración en los procesos de implementación de políticas que incidan en la tierra y el agua, es decir se hace necesaria la creación de vínculos entre la gestión del agua y la planificación del uso del suelo (SMITH, 2014).

En el estudio denominado “*Planificación con base en el balance hídrico (oferta – demanda disponibilidad frente a escenarios de cambio climático)*” realizado por Astorga Yamileth de la Universidad de Costa Rica, refleja que el balance hidrológico en una cuenca es de suma importancia para una buena planificación de la misma, pudiendo determinarse si es posible utilizarla como fuente abastecedora de agua o si está siendo sobre explotada y en riesgo de agotamiento del recurso.

De igual manera Rivas Casas en el año 2008, analizó la influencia del uso del suelo y la vegetación en el balance hídrico de tres microcuencas de Tarimoro, Guanajuato de los años 1979, 2004 y se realizó una proyección para el 2020. Utilizando la metodología propuesta por Thornthwaite Y Mather. De 1979 a 2004 se apreció que la agricultura de temporada cambió a agricultura de riego en un 50% y en un 19% de matorral xerófilo a pastizal. Del análisis de los cambios presentados en el uso del suelo entre los años 1979 y 2004 se puede apreciar un cambio significativo en la evapotranspiración y una reducción en la humedad del suelo. A partir de estos se pronosticó la misma tendencia hacia el 2020, lo que se traduce en un incremento en el déficit hídrico. Al final de todas las observaciones se llegó a la conclusión

que el uso del suelo y la cobertura vegetal presentes en la zona influyen directamente en el balance hídrico de la cuenca.

En Colombia, es necesario contar con información actualizada y cada vez más precisa, sobre la distribución regional y local de sus disponibilidades de agua y la distribución territorial de sus usos, a fin de precisar y ordenar las áreas con mayores peligros de desabastecimiento y adelantar las acciones de planificación y regulación del uso del recurso hídrico (VÉLEZ, POVEDA Y MESA, 2000).

La Contraloría Departamental De Santander en su informe del 2013, utilizando como fuente de información los datos suministrados por la oficina de saneamiento básico de la secretaria de salud de Santander en cumplimiento de las competencias en la ley 715 de 2001 y decreto 1575 de 2007 manifiesta en el reporte, que el municipio de Curití se encuentra categorizado como de alto riesgo en los índices de riesgo de la calidad de agua para consumo humano con un 31,76% y en el índice de buenas prácticas sanitarias con un índice medio, los predios adquiridos por el municipio fue de 15 hectáreas en la vereda Irapire; mientras que San Gil a través de ACUASAN ESP compro 68,33 Has en la vereda Macanillo y 300 Hectáreas en la vereda Palo Cortado.

Según estudio realizado en la provincia Guanentina, departamento de Santander, detecto que la microcuenca de la quebrada Curití, cuenca del rio Fonce, se encuentra afectadas 2.567 Ha de las cuales 562 ha, presentan erosión severa, 767 ha erosión moderada y 113 ha erosión ligera. (LEON 1990, citado por CÁRDENAS, Y., QUINTERO, C., Y TORRES, L, 2010).

Al deterioro de los suelos se suma la fuerte presión que ejerce el agricultor por ser condiciones de minifundio, el 65% de los predios oscilan entre 1 y 5 Has; según el EOT del municipio de Curití, que limitan las posibilidades de desarrollo, el campesino aporta a estos procesos de erosión debido a la sobreexplotación de los suelos con prácticas inadecuadas como el uso de arado de disco en la preparación del terreno y con prácticas culturales inadecuadas como el monocultivo con siembras a favor de la pendiente y con una alta dependencia de los agroquímicos.(CÁRDENAS et al 2010).

En el estudio sobre el POMCA del rio Fonce, considera que en la microcuenca Curití, atributo

del río Fonce, las inversiones en saneamiento básico se han dado como resultado de políticas temporales o gestión de recursos, que no responden a un proceso de planificación; el sistema de tratamiento existente en el municipio de Curití, opera de manera deficiente, afectando la calidad del agua del cuerpo receptor. (Corporación Autónoma Regional De Santander, CAS, 2014).

El desarrollo habitacional y el crecimiento de la oferta hotelera, con poca planificación y control de vertimientos, generan descargas de agua residual doméstica, directa e indirecta a la quebrada Curití, alterando su calidad.

1.5. Justificación

El 40% del agua potable de la región se pierde antes de llegar al consumidor, especialmente por falta de infraestructura de calidad, asegura Jaramillo. Inclusive, el acceso al agua depende mucho de los ingresos, siendo los más pobres los que mayor riesgo de escasez tienen. Finalmente, el consumo de agua se ha incrementado hasta un 75% en los últimos 20 años y podría ser 50% mayor en las siguientes dos décadas, afirma el Banco Interamericano de Desarrollo, (REVISTA DINERO, 2015).

En Colombia una de las mayores dificultades para realizar estudios de estimación de la oferta hídrica es la falta de información, ya que se tienen pocas estaciones climatológicas y meteorológicas; por lo tanto, la aplicación de modelos que estiman esta oferta hídrica empleando información escasa resulta muy interesante e importante para elaborar planes de manejo de las cuencas hidrográficas y hacer valoraciones económicas del recurso hídrico ofrecido por ellas (VÉLEZ, POVEDA Y MESA, 2000, citado por BURBANO, et al 2008).

La región se caracteriza por ser húmeda, pero en periodo seco durante los meses de enero y febrero no se cuenta con buenas cantidades de agua disponible para las actividades agropecuarias, al mismo tiempo tiene una alta tasa de población, lo que genera un intenso proceso de apropiación y utilización de los ecosistemas y de los elementos ambientales, además de una sucesiva fragmentación de la propiedad rural hasta derivar concentraciones minifundistas.

En el área de la microcuenca existe una creciente demanda por el uso del recurso agua,

aspectos que se evidencia con la presencia de cultivos como el tomate en las áreas de recarga hídrica, donde se han obligado a la construcción de reservorios de agua para suplir la demanda de riego en las temporadas de periodos secos, en los meses de enero y febrero existe una gran presión por el aprovechamiento del recurso presentándose conflictos de uso, entre beneficiarios.

Con este trabajo se busca determinar la situación actual de la microcuenca de Curití y los posibles escenarios futuros del recurso hídrico en el que se consideren componentes de oferta y demanda hídrica. El análisis del origen, su distribución, oferta, demanda y calidad del recurso hídrico que permita evaluar su estado actual.

Se pretende que esta investigación sirva de insumo técnico para la planificación, priorización y toma de decisiones con base en el desarrollo sostenible de la microcuenca, donde se tenga en cuenta la información de actores como La Corporación Autónoma Regional de Santander CAS, UNISANGIL, las dependencias de planeación de los municipios de Curití, de San Gil, la empresa de acueducto y alcantarillado ACUASAN, La Corporación de Servicios de acueducto y alcantarillado de Curití, de los acueductos veredales y las organizaciones comunitarias asentadas en la microcuenca .

1.6. Objetivos

1.6.1. Objetivo General

Determinar la sostenibilidad hídrica de la microcuenca Curití, a partir de la evaluación de la oferta y demanda hídrica durante el periodo 2010-2017.

1.6.2. Objetivos Específicos

Cuantificar la oferta hídrica superficial de la microcuenca Curití, a través del balance hídrico.

Determinar la demanda hídrica predominante, a partir de los usos del suelo y la actividad socioeconómica en la microcuenca de Curití.

Evaluar la oferta y la demanda hídrica a través de indicadores hídricos en la microcuenca

Curití, Santander, durante el periodo 2010 - 2017.

1.7. Hipótesis.

La microcuenca de Curití cuenta con buena disponibilidad hídrica durante todo el periodo anual y su carga contaminante no afecta la calidad del agua, por contar con una muy buena capacidad de autodepuración.

2. MARCO TEÓRICO DESARROLLADO

Tal como lo expresa la ASOCIACIÓN MUNDIAL DEL AGUA (GLOBAL WATER PARTNERSHIP. 2000): *“La GIRH es un reto para las prácticas convencionales, actitudes y certezas profesionales, que confronta los arraigados intereses sectoriales y requiere que el recurso hídrico sea gestionado de manera holística para el beneficio de todos. Nadie pretende que alcanzar la GIRH sea un reto sencillo, pero es vital comenzar ahora y evitar una crisis que está emergiendo”.*

2.1 MARCO NORMATIVO.

En lo referente al marco jurídico de la gestión del agua en Colombia, se pueden citar los siguientes documentos: Código de Recursos Naturales Renovables (Dec. 2811/74), ESTUDIO NACIONAL DEL AGUA (2014), el decreto 1594 de 1984 que reglamenta el uso del agua y residuos líquidos, la ley 373 de 1997 por el cual se establece el programa de uso eficiente y ahorro del agua, la resolución 1096 de 2000, por el cual se adopta el reglamento técnico para el sector de agua potable y saneamiento básico, el decreto 3100 de 2003 y decreto 3440 de 2004, que reglamentan las tasa retributivas por la utilización directa del agua como receptor de los vertimientos puntuales, el decreto 1575 de 2007 como el sistema para la protección y control de la calidad del agua para consumo humano, Como complemento al marco jurídico general, fue formulada y publicada en 2010, por parte del Grupo de Recurso Hídrico del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, la Política Nacional de Gestión Integral de Recursos Hídricos, planteada como instrumento orientador de la gestión integral del agua. En este documento se formulan los objetivos y estrategias del país para el uso eficiente del agua, así como el manejo del recurso por parte de todos los sectores,

considerando la concertación de los aspectos sociales, económicos y ambientales.

La Política Nacional de Gestión Integral de Recursos Hídricos tiene un horizonte a 12 años y se implementará a través del Plan Hídrico Nacional, en el que se desarrollarán sus líneas de acción estratégicas, con programas y proyectos específicos a implementar en el corto plazo (2014), medio plazo (2018) y largo plazo (2022). La estructuración del Plan Hídrico Nacional se plantea como resultado de un proceso concertado multisectorial regionales, con resultados orientados a contribuir al logro de las metas nacionales. (AREVALO, D., LOZANO, J. Y SABOGAL, J. 2011).

2.2. MARCO TEORICO CONCEPTUAL

2.2.1. Cuenca Hidrográfica

La cuenca hidrográfica la conforman componentes biofísicos (agua, suelo), biológicos (flora, fauna) y antropocéntricos (socioeconómicos, culturales, institucionales, que están todos interrelacionados y en equilibrio entre sí, de tal manera que al afectarse uno de ellos, se produce un desbalance que pone en peligro todo el sistema (RAMAKRISHNA, 1997).

En el artículo 3 del Decreto 1640 de 2012, encontramos la siguiente definición: *“Entiéndase por cuenca u hoya hidrográfica el área de aguas superficiales o subterráneas que vierten a una red hidrográfica natural con uno o varios cauces naturales, de caudal continuo o intermitente, que confluyen en un curso mayor que, a su vez, puede desembocar en un río principal, en un depósito natural de aguas, en un pantano o directamente en el mar”*. (Colombia, Ministerio De Ambiente Y Desarrollo Sostenible, 2014.)

2.2.2 Gestión integral de los recursos hídricos

“La gestión integral del recurso hídrico es un concepto basado en la idea de que los diferentes usos del recurso son excluyentes e interdependientes (y) surgió como respuesta a la “crisis del agua” expresada en la presión insostenible sobre el recurso hídrico, debida a la creciente demanda de agua, la contaminación y el crecimiento demográfico. Sin embargo, se ha observado que el núcleo del problema está en la inadecuada gestión y gobernabilidad del recurso. La gestión integral del recurso hídrico busca actuar sobre las causas de esta gestión

deficiente como son la ineficiencia, los conflictos crecientes y el uso no coordinado del recurso hídrico”. (Ministerio De Ambiente, 2010).

La **GIRH** es entendida como la conservación y uso racional del recurso hídrico y comprende el manejo de agua superficial y subterránea, en sentido cualitativo, cuantitativo y ecológico, desde una perspectiva multidisciplinaria y centrada en vincular sus disponibilidades con las necesidades y las demandas de la sociedad relacionadas con el agua (Módulo Manejo Integrado Del Agua, Unimanizales, 2016).

Fue en Dublin, en 1992, en la Conferencia Internacional sobre Agua y Medio Ambiente, en donde se establecieron 4 principios que han sido adoptados universalmente como guía para la GIRH.

PRINCIPIO I. El agua dulce es un recurso vulnerable y finito, esencial para mantener la vida, el desarrollo y el medioambiente.

PRINCIPIO II. El desarrollo y manejo de agua debe estar basado en un enfoque participativo, involucrando a usuarios, planificadores y realizadores de política a todo nivel.

PRINCIPIO III. La mujer desempeña un papel fundamental en el abastecimiento, el manejo y la protección del agua.

PRINCIPIO IV. El agua posee un valor económico en todos sus usos competitivos y debería reconocérsele como un bien económico.

2.2.3. Balance Hídrico.

Para poder estudiar y determinar en forma cuantitativa todos estos procesos físicos que contribuye a la formación y a la variación espacio-temporal del recurso hídrico en una zona determinada se utiliza el balance hídrico, formulación matemática de la interrelación y distribución espacial del agua en sus diferentes fases. (ENA 2014).

El Balance Hídrico consiste en la aplicación del principio de la conservación de masa al conjunto de una cuenca o a una cierta parte de ella definida por unas determinadas condiciones de contorno. Durante un determinado período de tiempo en el que se realiza el

balance, la diferencia entre el total de entradas y el total de las salidas debe ser igual a la variación en el almacenamiento:

La ecuación del balance global es la ecuación de la continuidad, basada en el principio de Lavoisier de que “nada se crea, nada se destruye, todo se transforma”, y se puede expresar:

$$(Ecuación 1) \text{ ENTRADAS} - \text{SALIDAS} = \text{VARIACIÓN DEL ALMACENAMIENTO.}$$

Esta ecuación puede ser aplicada a una región o unidad de estudio cualquiera y en un tiempo cualquiera.

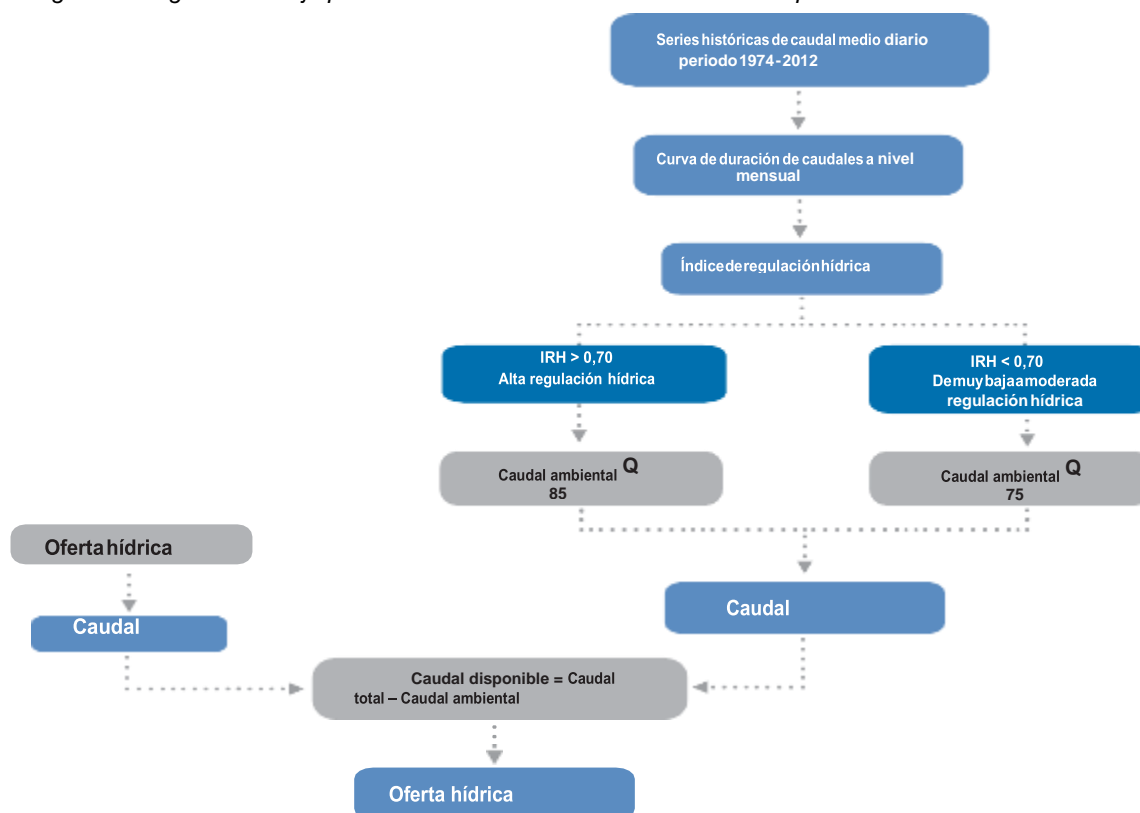
La realización de un balance requiere conocer y medir los flujos de entrada y salida de agua, así como el almacenamiento o Reserva. Los términos del balance suelen contener errores de medida, interpretación, estimación y errores debidos a una metodología poco apropiada. Todos estos errores provocan que la ecuación del balance “no cierre” de forma exacta, produciéndose un error de cierre. Es habitual obtener un término del balance, difícil de medir o estimar por otros métodos, como el valor que cierra el balance.

2.2.4. Oferta hídrica.

La estimación de la oferta anual para año medio se basa en el concepto de balance hídrico, el cual, aplicado a un promedio multianual simplifica las variables componentes en términos de precipitación, evapotranspiración y escorrentía.

El marco conceptual de oferta hídrica aplica para el componente de fuentes abastecedoras de cabeceras municipales, siendo la unidad de análisis ya no la subzona, sino la cuenca aferente al sitio de captación en la fuente, presentados en la figura 1 (ENA, 2014).

Figura 1. Diagrama de flujo para la determinación de la oferta hídrica superficial

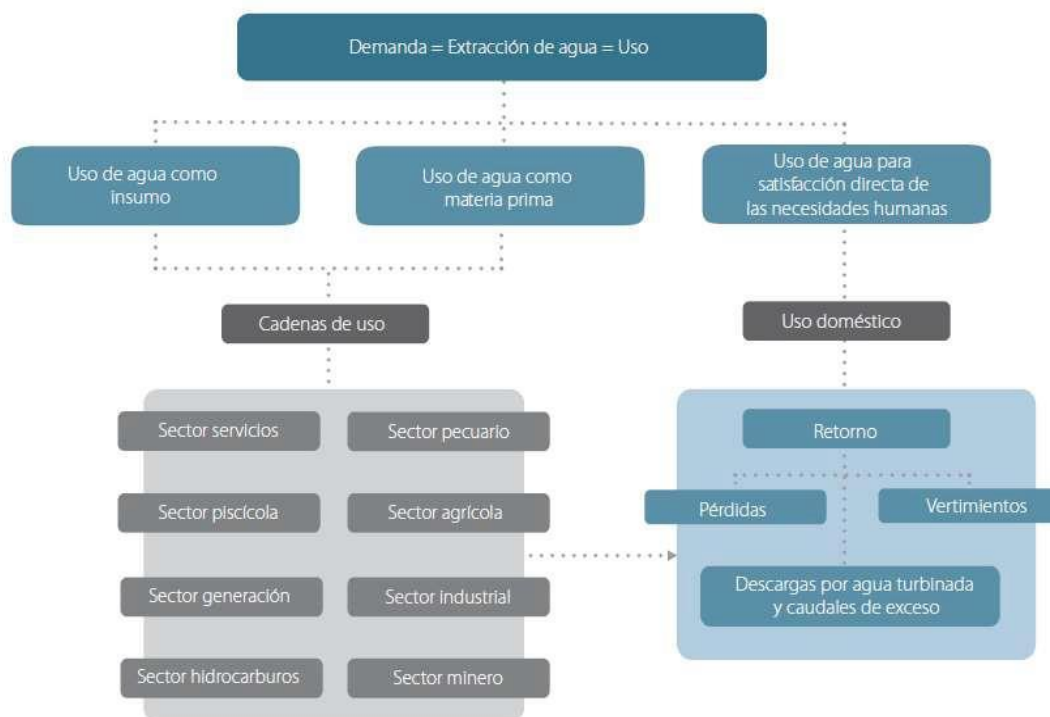


Fuente: ENA 2014

2.2.5. Demanda Hídrica.

La demanda hídrica total, de acuerdo con el Decreto 2930 de 2010, corresponde a la suma del volumen de agua utilizada para los diferentes usos: doméstico, servicios, preservación de fauna y flora, agrícola, pecuario, recreativo, Industrial, energía, minería e hidrocarburos, pesca, maricultura y acuicultura, navegación, transporte y caudal de retorno, presentados en la figura 2 (ENA; 2014).

Figura 2. Conceptos asociados a la demanda por uso del agua

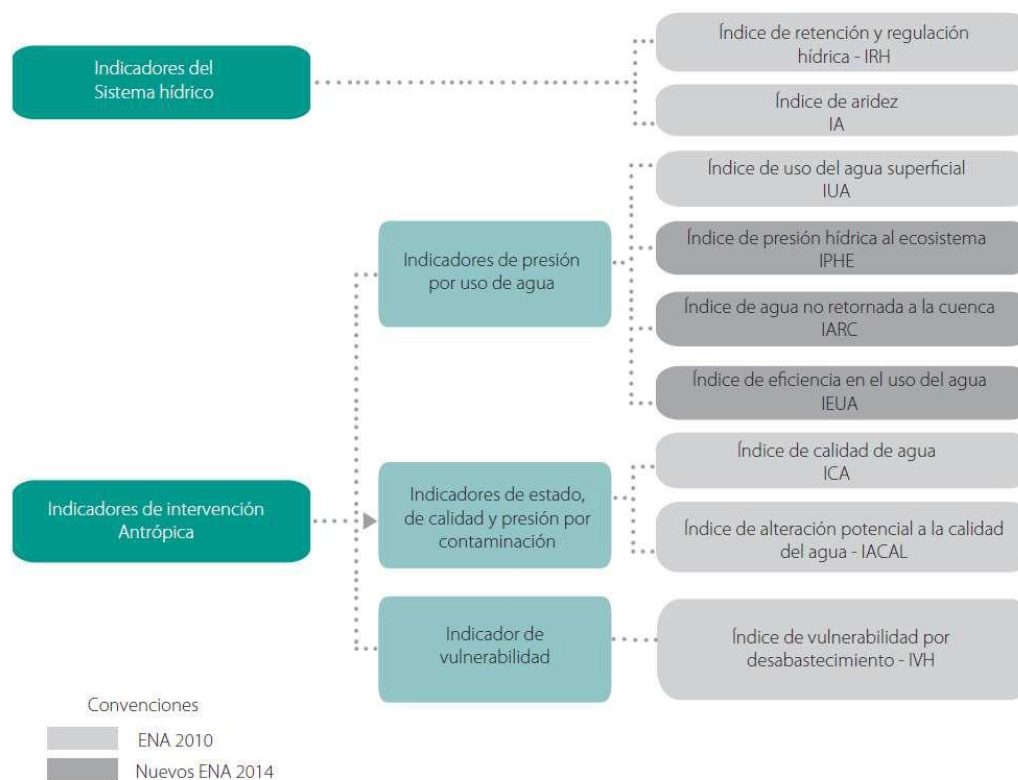


Fuente: ENA 2014.

2.2.6. Sistema de indicadores hídricos.

La evaluación nacional del agua tiene soporte en conceptos y productos temáticos y en un análisis integrado de cambios con respecto a la situación de referencia, que se sintetizan en gran medida en el conjunto de indicadores hídricos presentados en la figura 3. (ENA, 2014)

Figura 3. Indicadores ambientales



Fuente: ENA 2014

2.2.6.1. Índice Uso del agua.

Cantidad de agua utilizada por los diferentes sectores usuarios, en un período determinado (anual, mensual) y unidad espacial de análisis (área, zona, subzona, etc.) en relación con la oferta hídrica superficial disponible para las mismas unidades de tiempo y espaciales, se presentan en la figura 4 las diferentes categorías de índice de uso de agua.

Figura 4. Categoría del índice uso de agua.

Rango (Dh/Oh)*100 IUA	Categoría IUA	Significado
>50	Muy alto	La presión de la demanda es muy alta con respecto a la oferta disponible
20.01 - 50	Alto	La presión de la demanda es alta con respecto a la oferta disponible
10.01 - 20	Moderado	La presión de la demanda es moderada con respecto a la oferta disponible
1 - 10	Bajo	La presión de la demanda es baja con respecto a la oferta disponible
≤ 1	Muy bajo	La presión de la demanda no es significativa con respecto a la oferta disponible

Fuente: Modulo manejo integrado del agua. Unimanizales.

2.2.7. Sistemas de información Geográfica.

El sistema de información geográfica es una integración organizada de hardware, software y datos geográficos diseñados para capturar, almacenar, manipular, analizar y desplegar en todas sus formas la información geográficamente referenciada con el fin de resolver problemas complejos de planificación y gestión.

La razón fundamental para utilizar un SIG es la gestión de la información espacial. El sistema permite separar la información en diferentes capas temáticas y las almacena interdependientemente, permitiendo trabajar con ellas de manera rápida y sencilla y facilitando la posibilidad de relacionar la información existente a través de la topología de los objetos, con el fin de generar otra nueva que no podríamos obtener de otra forma.

2.2.8. Desarrollo Sostenible

El concepto de desarrollo sostenible se podría entender como aquel que es capaz de satisfacer los objetivos de mejoramiento de la calidad de vida con equidad social, conservación y uso sostenible del patrimonio natural y generación de riqueza y crecimiento económico.

Para la búsqueda de modelos de desarrollo sostenible se requieren herramientas que permitan el análisis de la evolución de los procesos y a su vez construir indicadores de estado y tendencia de las condiciones actuales y futuras del recurso, teniendo como base la oferta y las presiones por su utilización. La selección de indicadores depende entonces de los niveles y las escalas de análisis de los componentes, así como de las etapas del proceso que se va a monitorear y de la definición misma de desarrollo sostenible.

2.2.9. Sostenibilidad

La sostenibilidad está asociada al desarrollo y relación de tres componentes, estos son: el ambiental, el social y el económico.

Componente ambiental: Promueve un uso racional de los recursos naturales, se basa en la compatibilidad entre las diferentes actividades económicas y la preservación actual y futura de la biodiversidad y de los ecosistemas.

Componente social: Se enfoca en un modelo de vida colectivo sobre el individual, se basa en el mantenimiento de la cohesión social y de su habilidad para trabajar en la persecución de objetivos comunes.

Componente económico: Se enfoca en un uso racional de los recursos económicos. La sostenibilidad económica se da cuando la actividad que se mueve hacia la sostenibilidad ambiental y social es financieramente posible y rentable.

La sostenibilidad desde agua y saneamiento: Se enfoca en la conservación y uso racional para garantizar un acceso universal al agua para el consumo humano, para el desarrollo productivo y para el desarrollo agrícola de una región.

El término sostenibilidad, el cual aparece en los años 80, es la característica o estado según el cual pueden satisfacerse las necesidades de la población actual y local sin comprometer la capacidad de generaciones futuras o de poblaciones de otras regiones de satisfacer sus necesidades.

Los recursos naturales se consideran finitos, por estar ligados a la capacidad social, tecnológica y económica del ser humano para hacer uso de ellos y para garantizar su recirculación y presencia en la naturaleza, en términos de calidad y de cantidad; Es decir que cuando el ser humano decide hacer uso del agua en su estado natural, para satisfacer sus necesidades, ésta pasa de ser un elemento natural para convertirse en recurso natural, este último relacionado directamente con el uso y a su vez con una afectación al medio ambiente.

Relacionando estos dos términos tendríamos que “sostenibilidad del recurso hídrico” se refiere a las características o estado según el cual pueden satisfacerse las necesidades de recurso hídrico de la población actual y local sin comprometer la capacidad de generaciones futuras o de poblaciones de otras regiones de satisfacer dicha necesidad.

Finalmente, para evaluar si las necesidades de agua de toda la población y el medio ambiente son seguros o si se puede asegurar que el agua es escasa o no, si se requiere un análisis de la cantidad de agua de una calidad determinada se originan ciertos indicadores ambientales mencionados anteriormente.

Para una mejor comprensión de lo que se pretende con este estudio, se hace referencia a los principales conceptos y teorías relacionadas con el tema de estudio, haciendo referencia a las distintas definiciones relacionadas con la cuenca hidrográfica, balance hídrico, Gestión integral del recurso hídrico, el cálculo de los indicadores hídricos y finalmente la sostenibilidad.

Dentro del proceso del conocimiento, el enfoque sistémico, que consiste en abordar y formular problemas con vista a una mayor eficacia en la acción, se caracteriza por concebir a la cuenca hidrográfica como un sistema, entendiendo por sistema una agrupación de partes en las que se establece algunas formas de relación que las articule en la unidad que es precisamente el sistema. Un enfoque sistémico de lo que se considera cuenca, facilita un mejor conocimiento de su estructura y función en términos que puede definir elementos y relaciones. Además, permite analizar y evaluar factores involucrados dentro de contextos mayores o menores desde diversos escenarios (administrativos, económicos, naturales, socio-culturales, etc.). (CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA, CVC, 2009. Citado por LARA 2013).

3. Diseño Metodológico

3.1 Población y muestra.

La unidad de análisis es la microcuenca de la quebrada Curití, que se ubica entre las coordenadas X1'104.000 – 1'121.000 metros longitud este y Y 1'216.000-1'123.000 metros latitud.

3.2 Tipo de Investigación.

El tema objeto del presente proyecto se enmarcó dentro del tipo de investigación cuantitativa, descriptiva y analítica, puesto que comprende la descripción, registro, análisis e

interpretación de la naturaleza actual, y la composición o procesos de los fenómenos.

El proyecto de investigación se adelantó a partir de Información otorgada por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM, por la Corporación Autónoma Regional de Santander CAS, por estudios realizados en el área de influencia y a través de datos que se obtuvieron en campo para corroborar algunas situaciones que tenían que ver con el recurso hídrico de la quebrada Curití.

3.3 Diseño Metodológico.

El proyecto se abordó a partir del desarrollo de tres grandes fases en la tabla 2, que incluyeron los siguientes objetivos, sus respectivas actividades específicas, y resultados generales:

Tabla 2. Fases Metodológicas del proyecto

Fases	Objetivos	Actividades	Resultados
<p>La primera Fase:</p> <p>Diagnóstico o descripción de la microcuenca de las características Morfológicas y los datos hidrometeorológicos para determinar la oferta hídrica de la microcuenca.</p>	<p>Cuantificar la oferta hídrica superficial de la microcuenca Curití, a través del balance hídrico.</p>	<p>-Se tuvo en cuenta estudios del área de estudio</p> <p>-Identificación de datos hidroclimáticos del IDEAM, coberturas, y caudales a través del balance hídrico.</p> <p>Se utilizó el Software ArcGis como herramienta de generación y gestión de los datos.</p>	<p>-Se obtuvo datos hidroclimáticos del IDEAM, que lograron identificar la oferta hídrica de la microcuenca.</p> <p>-Se obtuvo estudios sobre datos hídricos en la CAS, que sirvieron para determinar el caudal y medios de oferta.</p> <p>Edición de cartografía base</p> <p>Elaboración de la Base de datos geográfica.</p>

<p>La segunda Fase:</p> <p>Denominada Evaluación del índice de uso de agua, tendrá como fin determinar el estado en el que actualmente se encuentra el recurso hídrico de la microcuenca desde el punto de vista de su relación oferta – demanda.</p>	<p>Determinar la demanda hídrica predominante, a partir de los usos del suelo y la actividad socioeconómica en la microcuenca de Curití.</p>	<p>-A través de módulos de consumo de agua, se determinó la demanda de agua.</p> <p>-Recolección de estudios y trabajos en el tiempo del 2010 a 2017.</p> <p>- se desarrolló 55 encuestas a acueductos veredales y municipales, bajo la modalidad de muestra intencionada como complemento de análisis de la información obtenida.</p>	<p>-Se obtuvo la Demanda hídrica con base en una buena aproximación a partir de los volúmenes de producción sectorial y de factores de consumo de agua por tipo de producto o servicio.</p> <p>-Se obtuvo estudios y trabajos de pregrado realizados por UNISANGIL y por la CAS para determinar las calidades del agua de la quebrada Curití.</p> <p>-Se aplicó los índices ambientales.</p>
<p>La tercera fase.</p> <p>Esta última fase consistió en analizar los resultados obtenidos a través de los índices ambientales teniendo aspectos como indicadores hídricos y la calidad del agua, para determinar las posibles causas que estén ocasionando presiones o impactos en la microcuenca.</p>	<p>Evaluar la oferta y la demanda hídrica a través de indicadores hídricos en la microcuenca Curití, abastecedora del municipio de San Gil, Santander, durante el periodo 2010 - 2017</p>	<p>-Análisis de los resultados obtenidos a través de la triangulación de información obtenida con el fin de desarrollar propuestas sostenibles.</p> <p>-Determinar si existe sostenibilidad en el manejo del recurso hídrico de esta microcuenca</p>	<p>-Se desarrolló un análisis integral de la información obtenida y a través de la triangulación de datos obtenidos en la microcuenca, proponer un escenario que busque generar un balance entre las condiciones de abastecimiento y las zonas de expansión de la población, de tal forma que se logre generar una propuesta de gestión integral del recurso hídrico acorde con el territorio.</p>

Fuente: Autor

3.4 Técnicas e instrumentos

Tabla 3. Técnicas e instrumentos de recolección.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS	VARIABLES O CATEGORÍAS	TÉCNICAS DE RECOLECCION
<p>Cuantificar la oferta hídrica superficial de la microcuenca Curití, a través del balance hídrico.</p>	<p>Balance hídrico.</p> <p>Sistema de información Geográfica.</p>	<p>Relación: Precipitación, temperaturas máximas y mínimas, brillo solar, evaporación y evapotranspiración.</p> <p>Identificación de datos hidroclimáticos, coberturas, calidad y caudales en formato shape file o raster Modelo de predicción en ArcMap (Spatial Analyst/ Geostatistical Analyst/ Geostatistical Wizard/Input Data/Atributte , entre otras) Interpolación (generación de mapas en formato raster) Edición de cartografía base Elaboración de la Base de datos geográfica.</p>
<p>Determinar la demanda hídrica predominante, a partir de los usos del suelo y la actividad socioeconómica en la microcuenca de Curití</p>	<p>Demanda del agua.</p>	<p>Relación: Demanda Total: Domestico, industrial, Agrícola, Pecuario y de servicios.</p>
<p>Evaluar la oferta y la demanda hídrica a través de indicadores hídricos en la microcuenca Curití, abastecedora del municipio de San Gil, Santander, durante el periodo 2010 - 2017.</p>	<p>Índice Uso del agua.</p> <p>Índice de aridez.</p> <p>Índice de regulación hídrica</p> <p>Índice de Vulnerabilidad</p> <p>Índice de calidad del agua</p>	<p>demanda hídrica total, oferta hídrica total. Déficit de agua en la microcuenca.</p> <p>Retención de humedad natural de la microcuenca índice de uso de agua – Índice de regulación hídrica Parámetros físico químicos (Alcalinidad, dureza total, conductividad, DBO5, Oxígeno disuelto, %oxígeno de saturación, pH, temperatura, Solidos</p>

	<p>Índice Biológico:</p> <p>Índices de contaminación</p> <p>Sostenibilidad</p>	<p>suspendidos totales, coliformes totales.</p> <p>BMWP.</p> <p>Índice de contaminación por mineralización, ICOMI, índice de contaminación por materia orgánica ICOMO, índice de contaminación por sólidos suspendidos ICOSUS, índice de contaminación biótico ICOBIO.</p> <p>A través del análisis de indicadores hídricos en la microcuenca.</p>
--	--	--

Fuente: Autor

La información obtenida se organizó a través de las estaciones climatológicas en el área de influencia, con el objetivo de calcular la evapotranspiración real y potencial a partir de datos de precipitación y escurrimiento, se desarrolló el método de Thornthwaite, para obtener a través del balance hídrico el almacenamiento, déficit y exceso de agua, luego a través de datos proporcionados por la Corporación Autónoma regional de Santander CAS se obtuvo la curva de caudal. Teniendo en cuenta los caudales ambientales de la quebrada Curití.

3.4.1. Precipitación

Se estimó la precipitación media mensual para la microcuenca de la quebrada Curití y sus afluentes, utilizándose sólo la influencia de las estaciones Mamonal, Curití No 1, Curití No 2, Cuchicute y Santa Rita, en la ponderación de los registros, se calculó la cantidad de agua promedio anual y mensual que cae en la microcuenca Curití, se representó desde el punto de vista temporal y espacial por medio de un raster que representa el mapa de precipitación media multianual y la generación de isoyetas, para finalmente representar la distribución de las lluvias anuales en la zona de estudio.

3.4.2. Temperatura

En la microcuenca de la quebrada Curití o cercana a ella, no se localizan estaciones climatológicas, que realicen la medición sistemática de la temperatura, para estimar los registros medias de estos parámetros, se empleó la información de las estaciones climatológicas ordinarias El Cucharo y Escuela Agronómica Mogotes, ubicadas a una altitud de 975,0 y 1667,0 metros sobre el nivel del mar, en los municipios de Pinchote y Mogotes, respectivamente;

3.4.3. Evaporación

La evaporación en realidad no es elemento climático, pero incide en gran parte ya que con ella se estiman las cantidades de agua bien sea por déficit o sobrantes que una zona presenta, se obtuvo por los datos máximos, mínimos y medios reportados por el IDEAM de la estación climatológica escuela agrícola de Mogotes.

3.4.4. Evapotranspiración

La evapotranspiración potencial, es aquella que se produce si la humedad del suelo y cobertura vegetal estuvieran en condiciones óptimas. Mientras que la evapotranspiración real, es aquella que se origina realmente en las condiciones existentes en cada caso.

El método de *Thornthwaite* fue desarrollado a partir de datos de precipitación y escorrentía para diversas cuencas de drenaje. El resultado es básicamente una relación empírica entre la Etp y la temperatura del aire. A pesar de la simplicidad y las limitaciones obvias del método, funciona bien en las regiones húmedas.

Los cálculos de Thornthwaite se basan en determinar la evapotranspiración en función de la latitud, representativa de la extensión de horas de sol por día, y la temperatura media.

3.4.5. Balance Hídrico

La estimación del balance hídrico señala en términos generales los meses de déficit de agua y los periodos en los cuales el régimen de evapotranspiración, precipitación y variación de la humedad edáfica, permiten la realización de cultivos. Al enfrentar los valores de evapotranspiración de un periodo ETP, con la precipitación efectiva, se tiene un cuadro de las posibles deficiencias o de los sobrantes de agua, esta etapa se realizó con la herramienta de un SIG como sistema que permite separar la información en diferentes capas temáticas

y las almacena interdependientemente, permitiendo trabajar con ellas de manera rápida y sencilla y facilitando la posibilidad de relacionar la información existente a través de la topología de los objetos, con el fin de generar otra nueva que no podríamos obtener de otra forma.

En cuanto a la evaluación de la demanda, se tomarán datos que tienen la Corporación Autónoma Regional de Santander CAS, se tuvo en cuenta los datos del DANE sobre el municipio teniendo en cuenta el área rural y urbana del área de influencia de la microcuenca, se tuvo en cuenta el uso residencia, el uso doméstico, el uso comercial y rural.

Para el análisis de la demanda del agua se adoptó los siguientes datos tomados de la reglamentación de la quebrada Curití por la Corporación Autónoma Regional de Santander CAS, 2007, Que se presentan en la tabla 4.

Tabla 4. Módulos de consumo de agua.

Módulo	Consumo Unitario(l/día)
Consumo Humano Acueducto Regional o Interveredal, litros por día por habitante.	186,0
Consumo Humano Acueducto Municipal, litros por día por habitante.	256,2
Consumo Humano Individual, litros por día por habitante.	186,0
Consumo Explotación Piscícola, litros día por metro cuadrado.	43,2
Riego de Cultivos, en litros por día por hectárea.	25.920,0
Beneficio de Café, litros por día por carga.	43,2
Consumo Explotación Avícola, litros día por ave.	0,25
Consumo Abrevadero de Reses, litros por día por res.	50,0
Consumo Abrevadero de Cerdos, litros por día por cerdo.	5,0

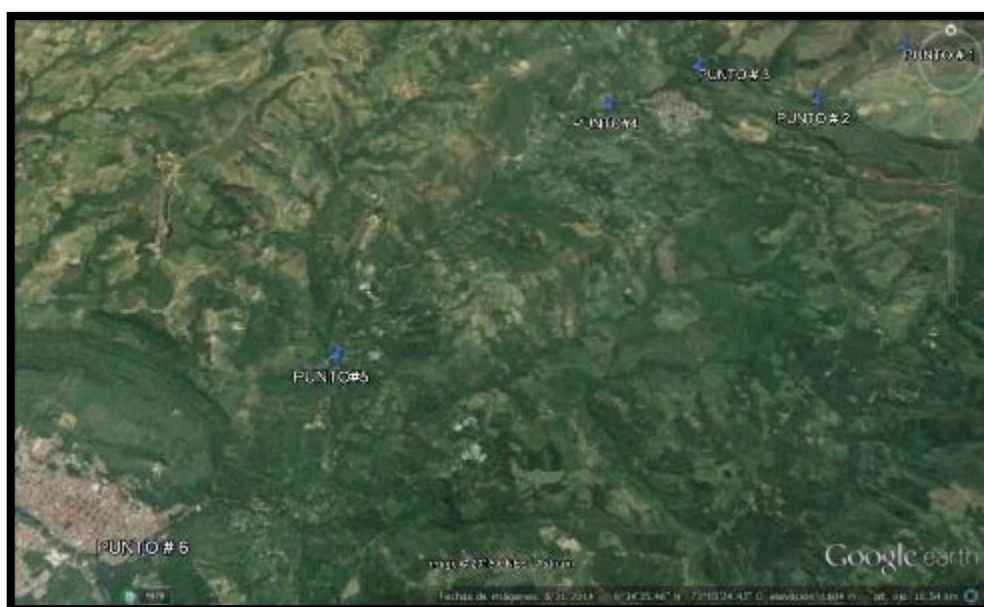
Fuente: Corporación Autónoma Regional de Santander, 2007.

3.4.6. Calidad del agua.

Se tuvo en cuenta la calidad del agua a través seis puntos de muestreo donde se obtuvieron datos fisicoquímicos, se midió aspectos como la conductividad, la alcalinidad, el porcentaje de oxígeno, los coliformes totales, los sólidos suspendidos totales, después se confrontó los

resultados con los índices de contaminación y el índice biológico BMWP y por último como complemento de análisis de los resultados obtenidos se realizó 55 encuestas con una muestra intencionada para complementar algunos datos y por último se confrontó con la información primaria obtenida sobre vertimientos de la quebrada Curití.

Figura 5. Puntos de muestreo parámetros índices biológicos y físicos- químicos



Fuente: Autor (2015). UNISANGIL.

3.4.7. Índice de Calidad del agua

Debido a la cantidad de parámetros que participan en el diagnóstico de la calidad del agua y a lo complejo que éste puede llegar a ser, se han diseñado índices para sintetizar la información proporcionada por esos parámetros.

Desde el punto de vista físico-químico y microbiológico para este proyecto se utilizó 10 parámetros (alcalinidad, dureza total, conductividad, DBO5, oxígeno disuelto, % de oxígeno de saturación, pH, temperatura, sólidos suspendidos totales, coliformes totales) para calcular el índice de calidad de un cuerpo de agua.

3.4.8. Índices de Contaminación

Índice de contaminación por mineralización – ICOMI. Es el valor promedio de cada una de las siguientes variables:

(Ecuación 2)

$$ICOMI = \frac{1}{3} * (Iconductividad + Idureza + Ialcalinidad)$$

$$Iconductividad = 10^{\log(conductividad)}$$

Para la variable de Iconductividad se tuvo en cuenta que para valores de conductividad mayores a 240 $\mu\text{s/cm}$ se les asigna un valor de 1.

$$Idureza = 10^{\log(dureza)}$$

Para la variable de dureza se tuvo en cuenta que durezas mayores a 110 mg/L tienen un valor de 1, durezas menores de 30 mg/L tienen un valor de 0.

$$Ialcalinidad = -0,25 + 0,005 * (alcalinidad \left(\frac{mg}{L}\right))$$

Para la variable de alcalinidad se tuvo en cuenta que alcalinidades mayores a 250 mg/L tienen un valor de 1, alcalinidades menores a 50 mg/L tienen un valor de 0.

Índice de contaminación por materia orgánica - ICOMO

(Ecuación 3) $ICOMO = \left(\frac{1}{3}\right) * (IDBO + Icoliformes\ totales + I\%oxigeno)$

$$IDBO = -0,05 + 0,70 \log_{10} DBO \left(\frac{mg}{L}\right)$$

Para la variable de DBO se tuvo en cuenta que DBO mayores a 30 mg/L tienen un valor de 1, DBO con valores menores a 2 mg/L tienen un valor de 0.

$$Icoliformes\ totales = -1,44 + 0,56 \log_{10} coliformes\ totales \left(\frac{UFC}{100ml}\right)$$

Para la variable de coliformes totales se tuvo en cuenta que coliformes totales mayores a 20.000 UFC/100ml se les asigna un valor de 1, coliformes totales menores a 500 UFC/100ml se les asigna un valor de 0.

$$I^{\%oxigeno} = 1 - 0,01 \%oxigeno$$

Para %oxigenos mayores a 100% la variable tiene un valor de 0.

Índice de contaminación por sólidos suspendidos – ICOSUS

$$(Ecuación 4) ICOSUS = -0,02 + 0,003 \text{ solidos suspendidos } \left(\frac{mg}{L}\right)$$

Para este índice solidos suspendidos mayores a a 340 mg/L tiene un valor de 1, solidos suspendidos con valores menores a 10mg/L tienen un valor de 0.

Índice de contaminación biótico – ICOBIO

Es el resultado de 1 menos el valor reportado por el índice de Jaccard dividido en 100.

Los resultados arrojados por estos índices se comparan con la tabla 5, grado de contaminación de acuerdo con los ICO'S.

Tabla 5. Clasificación de la calidad del agua en función de los índices de contaminación.

ICO	Caracterización	Contaminación	Color
0-0,2	Aguas puras y quizá con aportes biogénéticos.	NINGUNA	AZUL
>0,2-0,4	Con leve incidencia antrópica.	BAJA	VERDE
>0,4-0,6	Notable actividad antrópica.	MEDIA	AMARILLO
>0,6-0,8	Incidencia importante de contaminación.	ALTA	NARANJA
>0,8-1	Áreas muy contaminadas.	MUY ALTA	ROJO

Fuente: IDEAM

3.4.9 Índice Biológico de contaminación

Con los datos obtenidos en el tiempo de monitoreo se realizó el prospectivo análisis donde se determinó el índice de calidad de acuerdo a los índices BMWP (Biological Monitoring Working Party), según la figura 6.

Figura 6. Índice Biótico - BMWP

Puntuaciones de las Familias de Macroinvertebrados - BMWP		Rangos de Clasificación		
Plecoptera: Perlidae	10	I	> 120	Aguas limpas
Ephemeroptera: Oligoneuriidae				
Trichoptera: Calamoceratidae		II	101 a 120	Aguas limpas, sin contaminación o alteración evidente
Coleoptera: Psephenidae				
Diptera: Blepharoceridae				
Odonata: Polythoridae	9	III	61 a 100	Aguas con algunos señales de contaminaciones
Ephemeroptera: Euthyplacidae				
Trichoptera: Helicopsychidae, Odontoceridae, Philopotamidae, Anomalopsychidae		IV	36 a 60	Aguas contaminadas
Coleoptera: Ptilodactylidae				
Megaloptera: Corydalidae				
Ephemeroptera: Leptophlebiidae, Polymitarcyidae, Caenidae	8	V	16 a 35	Aguas muy contaminadas
Trichoptera: Leptoceridae, Hydrobiosidae, Xiphocentronidae, Hydroptilidae				
Odonata: Gomphidae		VI	< 15	Aguas fuertemente contaminadas
Ephemeroptera: Leptohyphidae				
Trichoptera: Glossosomatidae, Polycentropodidae				
Coleoptera: (Elmidae), Odonata: Aeshnidae, Calopterygidae	7			
Coleoptera: Elmidae, Scyrtidae				
Odonata: Coenagrionidae				
Diptera: Simuliidae				
Hemiptera: Corixidae, Gerridae, Veliidae				
Gasteropoda: Ancyliidae	6			
Ephemeroptera: Baetidae				
	5			

Zúñiga y Cardona, 2009

Fuente: Modulo manejo integrado del agua Unimanizales.

3.4.10. Indicadores hídricos

Como criterio de evaluación y análisis se realizó a través de índices hídricos, como el índice del uso del agua, para estimar la tendencia de la relación porcentual entre la demanda de agua con respecto a la oferta hídrica, el índice de aridez, para estimar la tendencia respecto a la suficiencia o insuficiencia de precipitación para el sostenimiento de los ecosistemas, el índice de regulación hídrica, para estimar la tendencia de la capacidad de la microcuenca a mantener los regímenes de caudales y por último el índice de vulnerabilidad, para estimar la tendencia respecto a la fragilidad de mantener la oferta de agua para abastecimiento en la microcuenca.

3.4.10.1. Índice de uso del agua.

Cantidad de agua utilizada por los diferentes sectores usuarios, en un período determinado (anual, mensual) y unidad espacial de análisis (área, zona, subzona, etc.) en relación con la oferta hídrica superficial disponible para las mismas unidades de tiempo y espaciales.

Dh: demanda hídrica sectorial Oh: oferta hídrica superficial

$D_h = \sum$ (volumen de agua extraída para usos sectoriales en un período determinado).

(Ecuación 5)
$$D_h = C_h + C_{sp} + C_{sm} + C_{ss} + C_{ea} + C_e + C_a + A_{enc}$$

Donde

D_h : demanda hídrica

C_h : consumo humano o doméstico C_{sp} : consumo del sector pecuario C_{sm} : consumo del sector industrial C_{ss} : consumo del sector servicios C_{ea} : consumo del sector agrícola C_e : consumo del sector energía C_a : consumo del sector especies agrícolas A_{enc} : agua extraída no consumida

(Ecuación 6)
$$O_h = O_{h_{total}} - O_{Q_{amb}}$$

Donde

O_h total: Es el volumen total de agua superficial en una unidad de análisis espacial y temporal determinada

$O_{Q_{amb}}$: es el volumen de agua correspondiente al caudal ambiental en la misma unidad de análisis espacial y de tiempo de la oferta total.

3.4.10.2. Índice de aridez

Es una característica del clima que muestra en mayor o menor grado la insuficiencia de los volúmenes precipitados capaces de mantener la vegetación.

Muestra el grado de reserva de agua en una región determinada, dando una idea del excedente o déficit de agua. Representa, igualmente condiciones climáticas especiales relacionadas con su régimen natural, lo que permite diseñar políticas para reforzar los mecanismos que permitan frenar las causas de la degradación del recurso hídrico como medio para la orientación de los planes de Ordenamiento Ambiental Territorial.

Se categoriza mediante rangos que van de cero (0) a uno (1). Y se expresa en la tabla 6, de la siguiente manera:

(Ecuación 7)
$$I_a = (ETP - ETR) / ETP$$

Donde:

I_a = Índice de aridez

ETR = (evapotranspiración real)

ETP = (evapotranspiración potencial)

Tabla 6. Categorías del índice de aridez

Categoría	Valor
Cuencas altamente deficitarias de agua.	>0.6
Cuencas deficitarias de agua.	0.50 - 0.59
Cuencas entre normal y deficitaria.	0.40 – 0.49
Cuencas normal en agua.	0.30 – 0.39
Cuencas entre normal y excedentes.	0.16 - .029
Cuencas con excedentes de agua.	<0.15

Fuente: IDEAM

3.4.10.3 Índice de Regulación Hídrica

Para la evaluación de retención de humedad tanto del suelo como del complejo vegetal, como una aproximación a la capacidad de regulación hídrica se estima este índice a partir del sistema cobertura vegetal y del perfil del suelo. Para evaluar las características del suelo se tiene en cuenta:

- Naturaleza de la formación superficial que, a partir de la textura permite tener la infiltración o almacenamiento de agua
- Naturaleza de la fracción arcillosa, cuyas características fisicoquímicas están relacionadas con la retención y velocidad de la evacuación del agua.
- La pendiente que condiciona el movimiento del agua en la superficie y en consecuencia mayor o menor viabilidad de retención
- Drenaje natural, que indica la velocidad con que se mueve el agua por la superficie y es función de la textura, estructura, consistencia, porosidad, pendiente.

3.4.10.4. Índice de vulnerabilidad

Grado de fragilidad o fortaleza que existe en la disponibilidad de agua de las fuentes abastecedoras de los municipios o sus cabeceras. Relaciona los indicadores de regulación hídrica y de escasez y se determina de acuerdo a las categorías según la tabla 7.

Tabla 7. Categorías del índice de vulnerabilidad.

Indicador de Vulnerabilidad	Relación demanda/oferta	Índice de regulación hídrica
Alta	Medio a mínimo	Baja y muy baja
	Medias altas a altas	Moderada
Media	Mínima y no significativas	Baja a muy baja
	Máximo, medio alto	Moderada y Alta
Baja	Medias, altas y bajas	Alta a muy altas
	Mínima o no significativa	Alta y muy altas

Fuente: ENA 2010.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

4.1. Balance Hídrico.

4.1.1. Precipitación

De acuerdo con los cálculos en el área de estudio la precipitación media anual tomada de la información del IDEAM, alcanza un valor de 1.550 milímetros en la zona de la recarga hídrica y en su desembocadura en la zona suroeste precipitaciones promedio de 1.150 mm, generando un comportamiento de muy húmedo a ligeramente húmedo, es decir que hay una disminución gradual de la disponibilidad hídrica desde el norte hacia el sur, como se aprecia en las isoyetas del mapa 1 de precipitación media multianual.

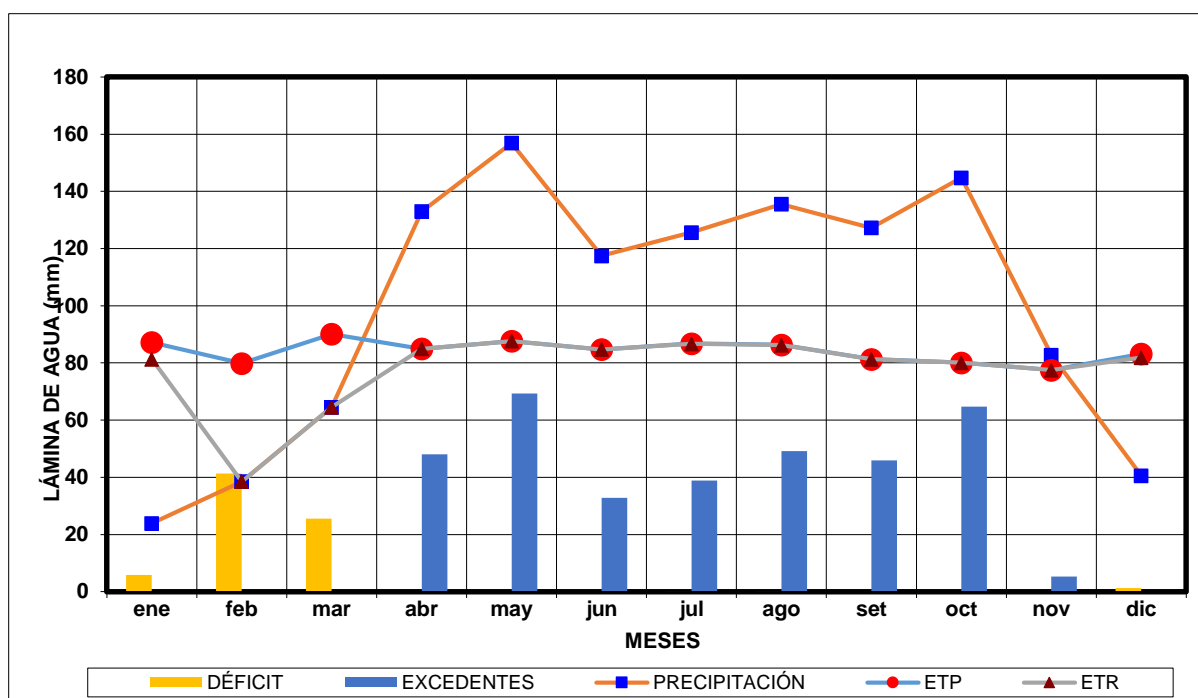
De otro lado en la microcuenca Curití, se presenta un régimen pluviométrico monomodal, donde ocurre un periodo de precipitaciones bajas desde los meses de diciembre hasta marzo y de precipitaciones altas de abril hasta octubre, siendo los meses más lluviosos mayo y octubre.

4.1.2. Temperatura

Se realizó la distribución temporal de la temperatura, en donde se relaciona la variación temporal mensual de la temperatura media de las estaciones El Cucharo y Escuela agrícola de Mogotes, con un promedio de temperatura de 23 °C, se realizó la distribución espacial de misma, generada al relacionar la temperatura y la elevación de las estaciones mencionadas, obteniendo un raster que da origen a el mapa 2 modelo de temperatura media anual y a las isotermas de la zona de estudio, en donde la temperatura oscila entre los 16,5°C en la parte alta zona de recarga hídrica y de 22,5°C en la parte sur este hacia la desembocadura al Río Fonce.

4.1.3. Balance Hídrico:

Figura 7. Evolución temporal de la Precipitación, ETP y ETR en el año hidrológico.



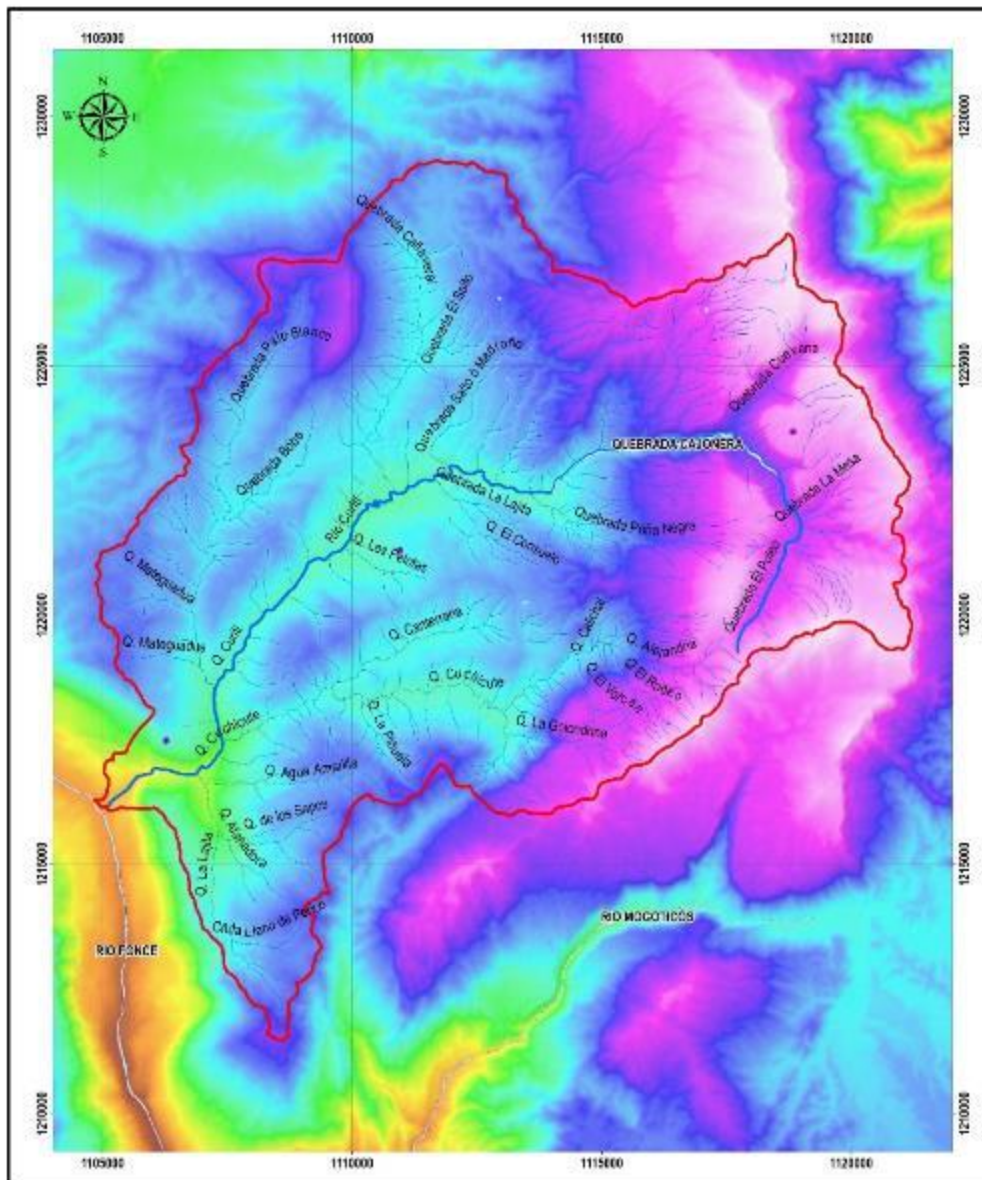
Fuente: Autor

Con el balance hídrico se buscó realizar una evaluación de las ganancias y pérdidas de agua en el suelo en periodo de tiempo definido. El balance hídrico especifica que el total de agua que penetra a un sistema, debe ser igual al agua que sale de él, más la diferencia entre los contenidos inicial y final, es decir, ingreso = egreso + saldo.

para el caso particular se estimó por medio de la metodología de Thornthwaite, donde cuando la precipitación es deficitaria, consume el agua de las reservas del suelo a una tasa proporcional para abastecer la demanda de evapotranspiración potencial hasta agotar dicha reserva.

Existen dos tipos de evapotranspiración, la real y la potencial. La evapotranspiración potencial (ETP) según Thornthwaite se produce si la humedad del suelo y la cobertura vegetal estuviera en condiciones óptimas como se aprecia en el mapa 3; allí se tuvo una evapotranspiración de 1895.45 mm la mas alta y de 706.212 mm la mas baja, la evapotranspiración real es la que se produce realmente en las condiciones existentes en cada caso, como se aprecia en

Mapa 4. Evapotranspiración real multianual (mm) en la microcuenca Curití.



<p>Santander Curití San Gil Microcuenca Qto. Curití Colombia</p>	<p>UNIVERSIDAD DE MANIZALES Fundación universitaria de San Gil - UNISANGIL</p>	<p>Evapotranspiración real multianual (mm)</p> <p>Escala de valores</p> <p>Alto: 1000.0 Bajo: 100.000</p> <p>Curití</p>	<p>EVALUACIÓN DE LA OFERTA Y DEMANDA HÍDRICA EN LA MICROCUENCA CURITÍ, SANTANDER PERIODO 2010 - 2011</p> <p>ÁREAS AMBIENTALES Y BIOMÉTRICO SOSTENIBLE</p> <p>ESCALA: 1:50,000</p> <p>FECHA DE ELABORACIÓN: 2011</p> <p>UNIVERSIDAD DE MANIZALES</p> <p>PROYECTO DE GRADUACIÓN</p> <p>ALUMNO: [Nombre]</p> <p>ASESOR: [Nombre]</p>
--	--	---	---

Durante los meses de abril a noviembre la precipitación es superior a la ETP ($P > ETP$), por lo que la diferencia entre estos dos valores serán excedentes (Escorrentía Superficial más Infiltración) y no hay, ni déficits ni variación de Reservas (VRU). En consecuencia, los valores de la ETR y la ETP coinciden ya que la ETP se puede conseguir entre la Precipitación y la Reserva de Agua Utilizable (existencia de suficiente agua en el terreno).

En los meses de enero a marzo la ETP es superior a la Precipitación, por lo que se evapotranspira parte del agua de la Reserva del suelo (72,8 mm). Este valor es el de variación de la Reserva. En la Reserva se produce una disminución quedando (72,8 mm). Por ello, tampoco hay excedentes ni déficits y se tiene que $ETR = ETP$ ya que se alcanza este valor entre la Precipitación y la Reserva.

Aun así, no hay tanta agua para que se evapotranspire, para que se produzca déficit y la Reserva de agua en el suelo queda nula. En consecuencia, la ETR no coincide con la ETP, solamente se puede evapotranspirar el agua que hay y no la potencialmente susceptible. La ETR será la suma de la Precipitación más la Reserva). Hay excedentes en los meses de abril a noviembre con (354 mm) y el déficit es la diferencia entre la ETP y la ETR.

Analizando los datos globales se puede observar que los valores de ETP y ETR no son muy diferentes y que sólo en los meses de enero, febrero y marzo, no se satisfacen las necesidades de la ETP, lo que confirma las características climáticas de la microcuenca que se puede calificar de zona húmeda.

En lo relacionado al almacenaje de agua útil, se puede almacenar agua en todos los meses del año, aun cuando se encuentre la microcuenca en época de sequía; éste factor indica que, la microcuenca está almacenando agua permanentemente, su afectación se reduce y no se ven tan fuertemente afectados los suelos, la vegetación y los caudales, aún en un período largo de sequía. También sugiere que, si existe almacenaje estable en todo el año, el déficit de agua es poco probable; muestra de ello es que se tiene exceso de agua estimado, que coinciden además con los meses de lluvia, el comportamiento de la recarga mensual de la microcuenca comienza y termina en pequeñas cantidades en los meses de marzo y noviembre respectivamente. Los meses de mayor recarga son mayo y octubre, aquellos en los que no se da ningún aporte, marcado por ausencia de precipitación, son los meses de

4.2. Identificación de la Oferta Hídrica

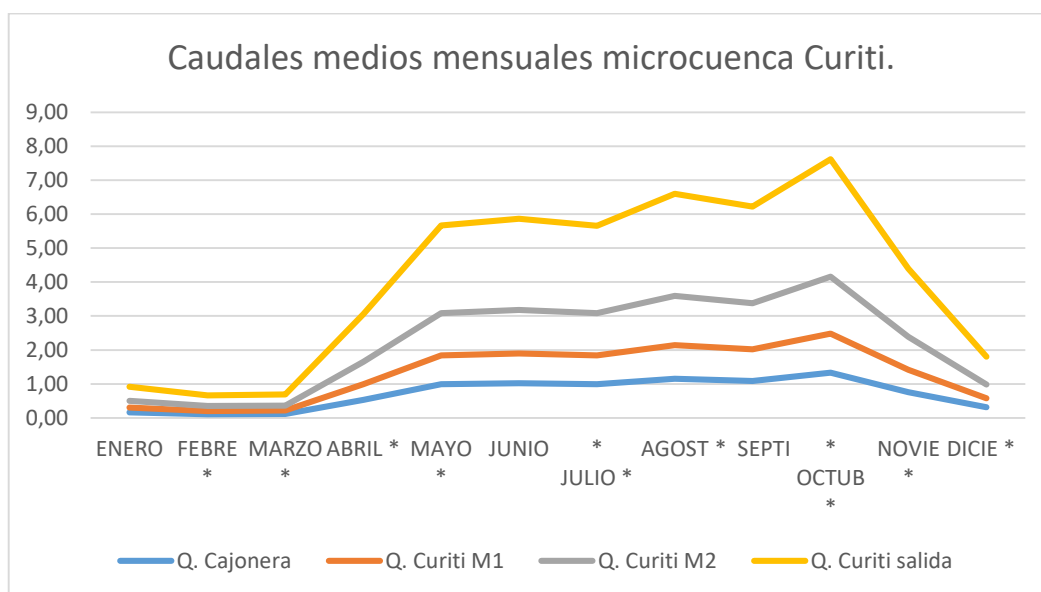
Para determinar la oferta hídrica total disponible en el área de influencia de la quebrada Curití, se tuvo en cuenta las condiciones normales con los caudales medios multianuales como se refleja en la tabla 8.

Tabla 8. Oferta hídrica total disponible con relación al caudal ambiental estimado para condición normal.

Meses	ENERO	FEBRE *	MARZO *	ABRIL *	MAYO *	JUNIO	* JULIO *	AGOST	* SEPTI	* OCTUB	NOVIE *	DICIE *
Q. Cajonera	0,16	0,11	0,12	0,53	0,99	1,02	0,99	1,15	1,09	1,33	0,76	0,31
Q. Curiti M1	0,30	0,20	0,22	0,99	1,84	1,90	1,84	2,14	2,02	2,48	1,42	0,58
Q. Curiti M2	0,50	0,35	0,36	1,65	3,08	3,18	3,08	3,59	3,38	4,16	2,39	0,98
Q. Curiti salida	0,92	0,66	0,69	3,06	5,67	5,86	5,66	6,60	6,22	7,62	4,39	1,80

Fuente: Corporación Autónoma regional de Santander CAS, 2017.

Figura 8. Oferta hídrica total disponible en la microcuenca Curití.



Fuente: Corporación Autónoma regional de Santander CAS, 2017.

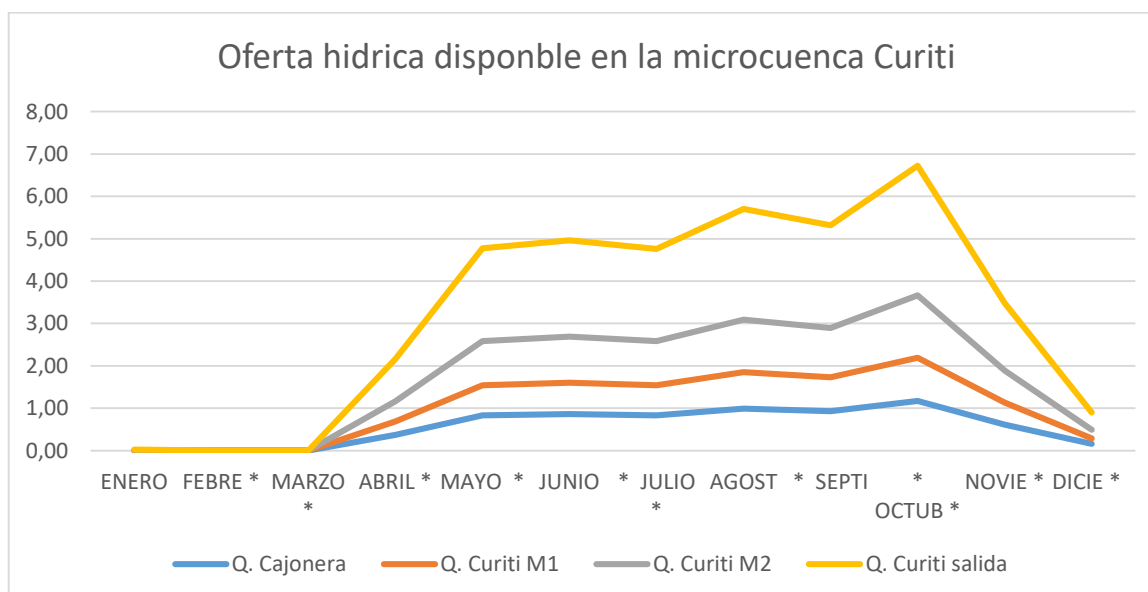
Para llegar a la oferta hídrica superficial se tuvo en cuenta el caudal ecológico o ambiental con una reducción de aproximadamente el 22% como se refleja en la tabla 9. Siendo mucho más drástica en los meses de enero a marzo, donde se presenta racionamientos en los acueductos veredales regionales, como se aprecia en la figura 8.

Tabla 9. Oferta disponible (Oferta Total- Qamb) Quebrada Curití.

Mes	Qs Cajonera (m3/s)	Qs Curití M1 (m3/s)	Qs Curití M2 (m3/s)	Qs Curití Salida (m3/s)	Promedio
Enero	0	0	0,01	0,02	0,0075
Febrero	0	0	0	0	0
Marzo	0	0	0	0	0
Abril	0,37	0,69	1,16	2,16	1,095
Mayo	0,83	1,54	2,58	4,77	2,43
Junio	0,86	1,6	2,69	4,96	2,5275
Julio	0,83	1,54	2,58	4,76	2,4275
Agosto	0,99	1,85	3,09	5,7	2,9075
Septiembre	0,93	1,73	2,89	5,32	2,7175
Octubre	1,17	2,19	3,66	6,72	3,435
Noviembre	0,61	1,13	1,89	3,48	1,7775
Diciembre	0,16	0,29	0,49	0,9	0,46
Promedio	0,563	1,047	1,753	3,233	1,649

Fuente: Corporación Autónoma regional de Santander CAS, 2017.

Figura 9. Oferta hídrica disponible en la microcuenca Curití.



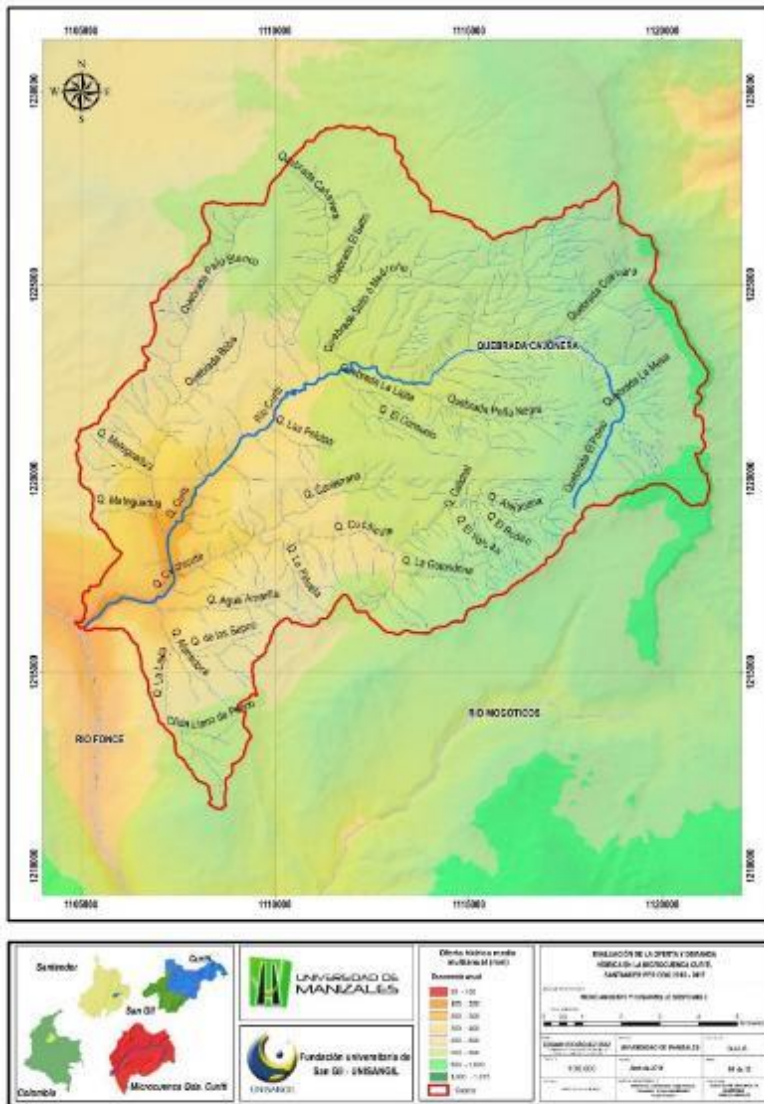
Fuente: Corporación Autónoma regional de Santander CAS, 2017.

A través de esta oferta disponible se llega a la tabla 9, donde se aprecia una oferta hídrica

promedio de 1,649 litros por segundo, como se aprecia gráficamente en la figura 9.

A continuación, se presenta el mapa 6 con la oferta hídrica media multianual en la microcuenca, representada en la escorrentía hídrica superficial y establecida a partir de los registros de precipitación y una estimación apropiada de la evapotranspiración real, aplicado a un promedio multianual donde simplifica las variables componentes en términos de precipitación, evapotranspiración y escorrentía.

Mapa 6. Oferta hídrica media multianual (mm) en la microcuenca Curití.



4.3. Identificación de la Demanda Hídrica

Los seres humanos utilizan intensivamente el recurso hídrico tanto para sus necesidades biológicas y culturales básicas como para las diferentes actividades económicas. Cada uno de los diferentes usos tiene unos requerimientos de calidad o características físico químicas y biológicas particulares, por lo cual el análisis de la demanda se va realizar por los distintos sectores que se presentan en el área de influencia de la microcuenca Curití.

4.3.1. Demanda de agua para uso doméstico. (DUD)

La demanda hídrica doméstica actual año (2018), está representada por:

Número de habitantes de la zona de influencia directa de la microcuenca, sumados los correspondientes al casco urbano de Curití y de San Gil. Para este cálculo se estimó que parte de la población rural y urbana de los habitantes del casco urbano de San Gil se abastecen de la microcuenca.

Para el cálculo de la demanda de agua se tuvo en cuenta la tabla 10, los requerimientos de agua de acueductos regionales interveredales con una población actual y una población futura proyectada a 15 años según la fuente de la CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE SANTANDER, (CAS, 2007).

Tabla 10. Requerimiento de agua acueductos regionales interveredales

Acueducto Localidad	Población Actual (Hab.)	Población Futura (Hab.)	Q _{MD} (Lts/seg)	Corriente
Acueducto Palo Blanco Bajo	1170	1377	Sin asignación	El Poleo
Corporación de Servicios Corpo Joyas del Municipio de San Gil	2260	2659	6,149	El Poleo
Acueducto Acuavueeltas		331	0,712	El Poleo
Acueducto Pescaderito	108	127	0,273	La Cajonera
Acueducto Corpacur (Municipio Curití)	3325	3955	8,516	Ficaleña (50%) Peña Negra (50%)
Acueducto Veredal El Común	66	78	0,167	La Comunera
Junta de Acción Comunal Palmira	696	819	1,764	El Madroño (30%) La Cajonera (70%)
Junta de Acción Comunal Pozo Hondo I	108	127	0,274	Palo Blanco
Junta de Acción Comunal Pozo Hondo II	96	113	0,244	Palo Blanco
Acueducto Cocopal	1248	1468	3,163	Alejandría (48%) El Rodeo (52%)

Acueducto Localidad	Población Actual (Hab.)	Población Futura (Hab.)	Q _{MD} (Lts/seg)	Corriente
Acueducto Tirapaza	144	169	0,364	Innominada afluente Q. Alejandría
Acueducto Acuazamo	606	713	1,538	Innominada afluente Q. Alejandría y Q. El
Acueducto La Lista	66	78	0,168	La Regadilla No 2
Junta de Acción Comunal Zamorano	45	54	0,116	Zamorano
Acueducto Paz y Progreso	252	296	0,641	Innominada (30%)
Acueducto El Tabor	210	247	0,531	Los Pantanos No 2 Q. Cuchicute
Acueducto Rural Acacias	96	113	0,243	Q. Cuchicute
Acueducto Los Guayacanes	240	282	0,607	Q. Cuchicute
Acueducto Hacienda Las Acacias	102	120	0,259	Nacimiento Maracay No 2
Acueducto Bejaranas	720	847	1,824	Cuchicute
Acueducto El Guasca	48	56	0,121	Cuchicute
TOTAL		14029	27,673	

Fuente: Corporación Autónoma Regional de Santander CAS. 2007.

También se tuvo en cuenta la población del municipio de San Gil, según el Censo 2005 reflejada en la tabla 11 y con base en esta información inicial y con lo encontrado en la demanda de consumo por sector, se procedió a desarrollar los cálculos de consumo unitario en litros por segundo con el objetivo de llegar a la demanda total domestica de la microcuenca como se aprecia en la tabla 12.

Tabla 11. Población Conciliada Censo General del 2005 municipio de San Gil

Municipio	Población Conciliada			Hogares ajustados			Viviendas ajustadas		
	Población Total	Población Cabecera	Población Resto	Hogares Total	Hogares Cabecera	Hogares Resto	Viviendas Total	Viviendas Cabecera	Viviendas Resto
San Gil	43.519	37.087	6.432	11.804	10.134	1.670	10.817	9.191	1.626

Fuente: DANE, Población Conciliada Censo 2005

Tabla 12. Requerimientos de agua acueductos regionales interveredales.

Clase de Consumo	Unidad de Medida	Cantidad	Consumo Unitario (Lts/Seg.)	Caudal Asignado (Lts/seg.)
Uso Doméstico Individual Proyectado	Habitantes	2.457,00	0,0022	5,4
Acueducto Municipal San Gil	Habitantes	52.174,00	0,003	156,5
Acueductos Veredales y/o regionales	Habitantes	12.658,00	0,0022	27,8

Fuente: Corporación Autónoma regional de Santander CAS, 2017.

4.3.2 Demanda de agua para uso agrícola (DUA)

La principal fuente de agua para la agricultura es la precipitación y los caudales de la quebrada Curiti. Para determinar el volumen de agua requerido por cultivo fue necesaria la evaluación del balance hídrico agrícola, la información de la demanda para uso agrícola se obtuvo a través de datos consignados en el plan de desarrollo del municipio de Curití 2012-2015.

4.3.3 Demanda de agua para uso pecuario (DUP)

Para este cálculo se requiere saber las cabezas de ganado (caprino, equino, vacuno y porcino) que se tienen en la microcuenca Curití, Según el plan de desarrollo de Curití 2012-2015.

La producción más representativa está en la vereda Irapire y el sector La Ceiba. Dentro de las denominadas otras especies pecuarias en el municipio de Curití se destaca la gran contribución de la población avícola; principalmente por el auge y establecimiento de sedes de las grandes avícolas pioneras en el departamento de Santander como es el caso de La incubadora del oriente, pimpollo e incubadora Santander, que aprovechando las bondades climáticas, la accesibilidad, la tranquilidad y la localización estratégica del municipio, invirtieron y trasladaron tecnólogos y tecnología para el desarrollo de este ramo.

Y en este caso se anexa el consumo generado por actividades comerciales destinados al lavado de vehículos, como se aprecia en la tabla 13, después con los datos obtenidos se

llegó a la demanda total hídrica de la microcuenca como se describe en la tabla 14.

Tabla 13. Requerimientos de agua para uso agrícola, pecuario y comercial.

Clase de Consumo	Unidad de Medida	Cantidad	Consumo Unitario (l/s.)	Caudal Asignado (l/s.)
Riego de Hortalizas	Ha.	51,6	0,3	15,5
Procesamiento de Fique	Arrobas	542,2	0,0014	0,8
Beneficio de Café	Cargas	4.201	0,0005	2,1
Abrevaderos de Reses	Unidad	2.741,00	0,0006	1,6
Explotación Piscícola	Mts ²	3.974,00	0,0005	2,0
Abrevadero de Aves	Unidad	1.863.129	0,00001	18,6
Lavado de Vehículos	Unidad	150	0,0061	0,9

Fuente: Corporación Autónoma regional de Santander CAS, 2017.

Tabla 14. Demanda total de la microcuenca Curití.

Clase de Consumo	Caudal Asignado (l/s.)
Demanda uso domestico	189,7
Demanda de uso agrícola	18,4
Demanda de uso pecuario	22,2
Demanda de uso comercial	0,9
Demanda hídrica	231,2

Fuente: Corporación Autónoma regional de Santander CAS, 2017.

Se concluye de que la demanda hídrica de la microcuenca es de 0,2312 metros cúbicos por segundo para una demanda total de 7.294.277 metros cúbicos por año, como se refleja en la tabla 15.

Tabla 15. Oferta disponible (Oferta Total - Qamb) Quebrada Curití.

Microcuenca	Área km ²	Demanda hídrica (L/s)	Demanda hídrica (m ³ /s)	Demanda hídrica (m ³ /año)
Curití	154	231.2	0,2312	7.294.277

Fuente: Autor

4.4. Análisis Calidad del Agua de la Quebrada Curití.

Tabla 16. Características fisicoquímicas estipuladas para el uso principal y secundario.

Parámetros	Unidad	Grupo II	Grupo III	Grupo VI
DBO ₅	mg/L	<= 5	<= 5	<= 15
OD	mg/L	>= 5	>= 5	>= 4
SST	mg/L	< 200	< 200	< 200
Coliformes Fecales	NMP/100 mL	<= 1000	<= 1000	<= 10000
G y A	mg/L	Ausentes	Ausentes	Ausentes
S. Sedimentables	ml/L	< 200	< 200	< 200
S. Flotantes	-	Ausentes	Ausentes	Ausentes
Olores Ofensivos	-	Ausentes	Ausentes	Ausentes

Fuente: Acuerdo CAS 068 de 2007 - Objetivos de Calidad.

Los resultados son los obtenidos en el muestreo realizado durante el año 2015 y se tuvo en cuenta como parámetro el decreto 1594 de 1984, según la normatividad del acuerdo 068/2007 como se aprecia en la tabla 17.

Tabla 17. Normatividad Acuerdo 068/2007- Decreto 1594 de 1984

Parámetro	Unidad	Acuerdo 068 de 2007			Decreto 1594 / 84		
		Grupo II	Grupo III	Grupo VI	Art. 38	Art. 40	Art. 42
DBO ₅	mg/L	<= 5,0	<= 5,0	<= 15	-	-	-
Oxígeno disuelto	mg/L	>= 5,0	>= 5,0	>= 4,0	-	-	-
Sólidos suspendidos totales	mg/L	< 200	< 200	< 200	-	-	-
Coliformes fecales	NMP/100 mL	<= 1.000	<= 1.000	<= 10.000	2.000	<= 1.000	200
Grasas y aceites	mg/L	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes	-	Ausentes

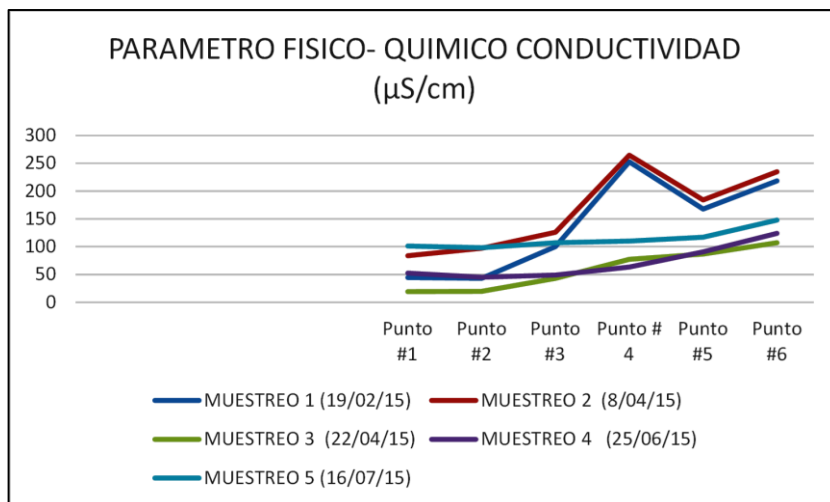
Fuente: Corporación Autónoma regional de Santander CAS, 2017.

Se encontró que desde el punto 1 hasta el punto 6 se encontró durante todo su recorrido aguas de calidades dudosa a crítica y a muy crítica; dando como resultado un índice de aguas ligeramente contaminadas, caso contrario ocurrió en el punto seis, ya que en este mismo muestreo arrojó una variable < 15 BMWP/COL, que significó que se presentaban aguas fuertemente contaminadas; en relación con el recorrido del cauce de la quebrada se puede inferir que el proceso de contaminación viene de menos a más y es alta en el punto 6

presentándose dentro de los muestreos el sexto y el noveno donde se generaron las aguas más contaminadas.

4.4.1. Conductividad:

Figura 10. Parámetro físico- químico Conductividad quebrada Curiti

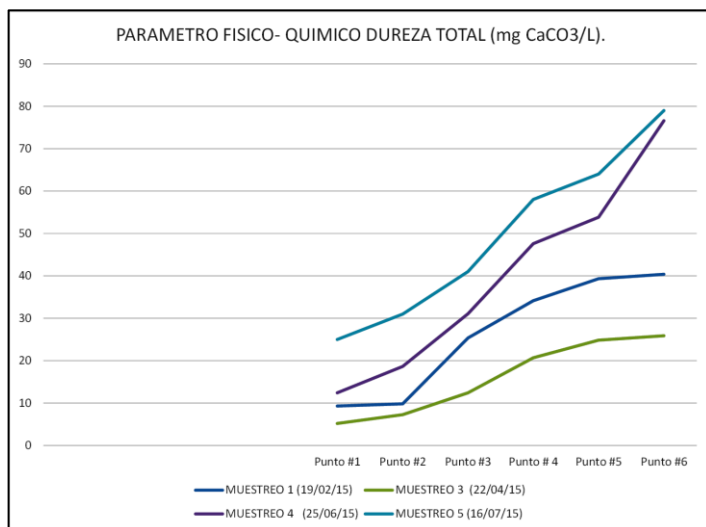


Fuente: Autor

Los valores de conductividad en los puntos de muestreo para la quebrada Curiti reportaron valores entre 19,7 a 24,3 us/cm, valores que reflejan fuentes hídricas con bajo contenido en sales disueltas y por tanto baja mineralización, de igual forma se evidencia claramente un aumento en los valores en el Punto 4, como se aprecia en la figura 10, situación que puede ser atribuida al encontrarse después de la PTAR, la cual en estos momentos no es operante.

4.4.2. Dureza Total:

Figura 11. Parámetro físico- químico Dureza total quebrada Curití.

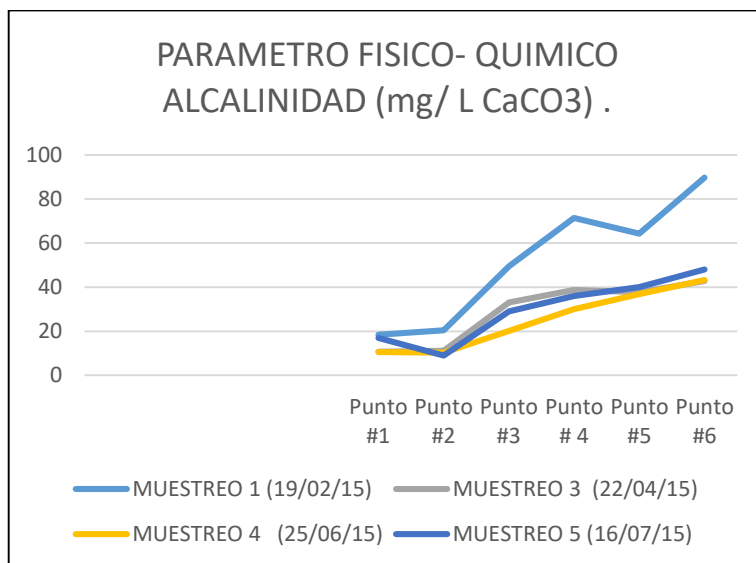


Fuente: Autor

En la gráfica 11, se puede observar como la dureza total en el punto 6 aumentó con respecto al punto 1, adicionalmente en el cauce de la quebrada Curití se registraron valores entre 5 a 79 mg CaCO₃/L, clasificándolas como aguas blandas (0 – 75 mg CaCO₃/L).

4.4.3. Alcalinidad:

Figura 12. Parámetro físico- químico alcalinidad quebrada Curití.



Fuente: Autor

Como se observa en la figura 12 la alcalinidad total en todos los puntos con respecto a los

valores registrados en los diferentes muestreos realizados desde el mes de febrero a julio del 2015 , se muestra un aumento de alcalinidad desde el punto 1 al punto 6 , sus aguas siguen con clasificación moderadamente amortiguadas (25-75 mg CaCO₃/L) y/o con baja alcalinidad (<75 mg CaCO₃/L), a excepción de los puntos 1 y 2 que presentan concentraciones entre 11 y 20 mg CaCO₃/L, respectivamente, lo que indica que son pobremente amortiguadas. Teniendo en cuenta que la alcalinidad mínima para mantener la vida acuática, internacionalmente, es de 20 mg CaCO₃/L; los puntos 1 y 2, no cumple con este requisito y lo hace muy sensible a contaminación por no poseer capacidad amortiguadora y representa una amenaza para las especies acuáticas que habitan estas aguas.

4.4.4. Índice de contaminación por mineralización (ICOMI).

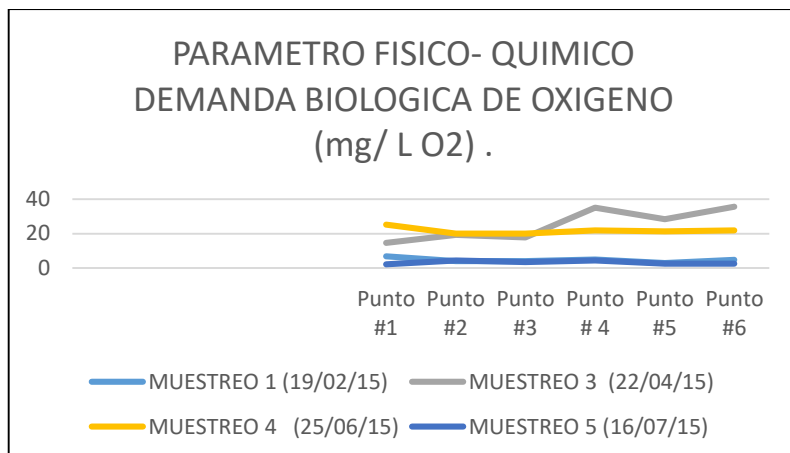
Se expresa en numerosas variables, de las cuales se eligieron: conductividad como reflejo del conjunto de sólidos disueltos, dureza por cuanto recoge los cationes calcio y magnesio, y alcalinidad porque hace lo propio con los aniones carbonatos y bicarbonatos.

El ICOMI es el valor promedio de los índices de cada una de las tres variables elegidas, las cuales se definen en un rango de 0 - 1; índices próximos a cero (0) reflejan muy baja contaminación por mineralización, e índices cercanos a uno (1), lo contrario.

El ICOMI (índice de contaminación por mineralización): No presentan contaminación por mineralización ICOMI (índice de contaminación por mineralización) su valor es menor a 0,2, esto se debe a que en los cuatro muestreos realizados, los resultados obtenidos indican que las aguas en la zona no cuentan con la suficiente cantidad de sólidos disueltos que alteren el valor de la conductividad y puedan incrementar el valor de ICOMI (índice de contaminación por mineralización), además no hay presencia de explotaciones mineras que afecten directamente al cuerpo hídrico.

4.4.5. Demanda biológica de oxígeno:

Figura 13. Parámetro físico- químico demanda biológica de oxígeno quebrada Curití.

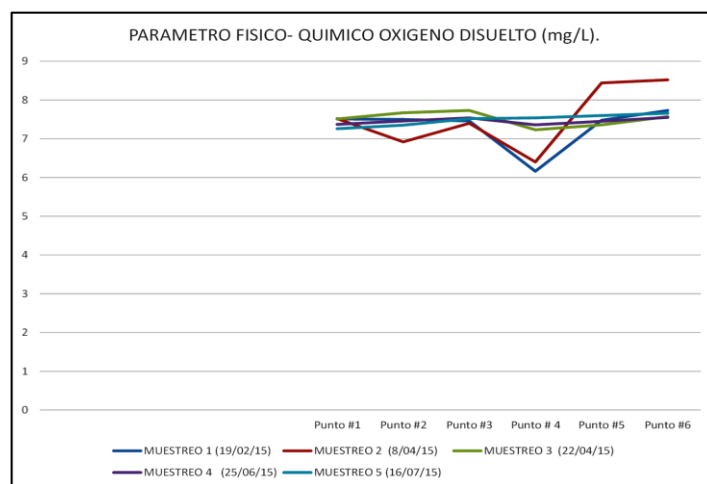


Fuente: Autor

Según los datos presentados en los puntos de monitoreo desde el mes de febrero hasta el mes de julio del año 2015 se presentaron valores que oscilaron entre 2,07 y 35,57 con medias de 10,56 hasta 14,60 que dan muestra de que el índice de biodegradabilidad solo cumplen para el grupo VI con valores por debajo de 15 (mg/LO₂), esto nos indica también que los compuestos orgánicos en la quebrada Curití, no son de fácil degradación, causa que podría acelerar el detrimento de la calidad del recurso hídrico, como se aprecia en la figura 13.

4.4.6. Oxígeno disuelto:

Figura 14. Parámetro físico- químico Oxígeno disuelto quebrada Curití.

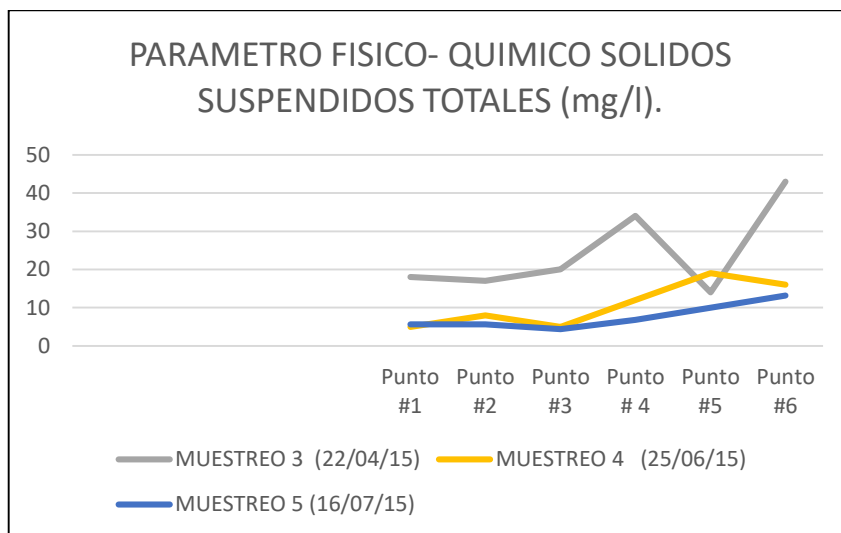


Fuente: Autor

En la gráfica 14, se evidencia concentraciones entre 6 y 9 en todos los puntos de muestreo sobre la quebrada Curití en los meses de febrero a julio de 2015, cumplen con el objetivo de calidad (Acuerdo 068 de 2007) referente a oxígeno disuelto, tanto para su uso principal como para sus usos secundarios, donde se establece un oxígeno disuelto 2: 5,0 mg/L para actividades congregadas en los Grupos II y III y 2: 4,0 mg/L para el Grupo IV.

4.4.7. Sólidos suspendidos totales:

Figura 15. Parámetro físico- químico Sólidos suspendidos totales quebrada Curití.



Fuente: Autor

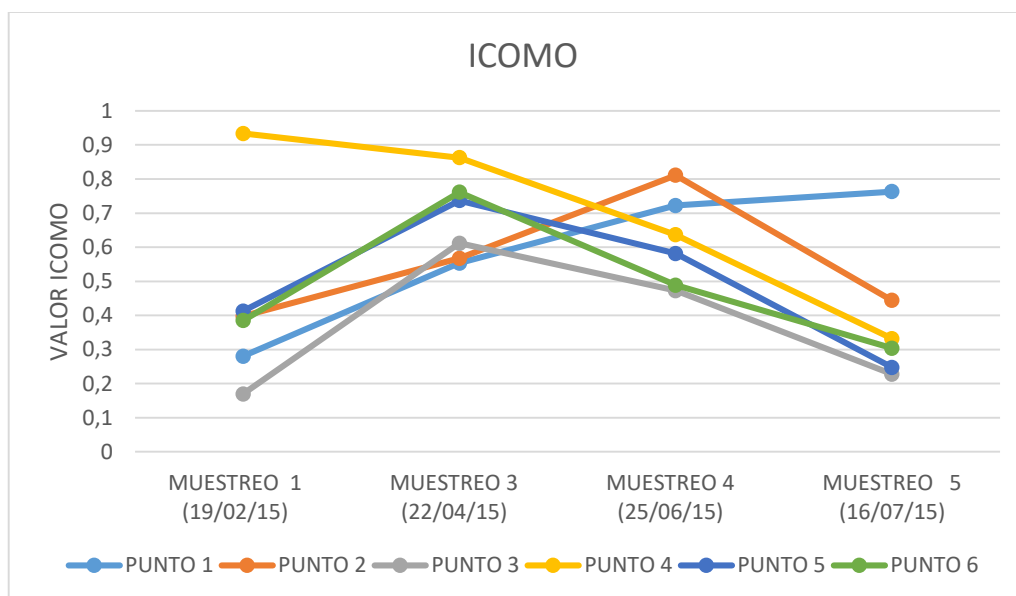
Los valores registrados para sólidos totales en la fuente principal de la quebrada Curití fueron entre 5 y 43 mg/L productos del aporte de sólidos por escorrentía y/o re suspensión que para este caso fueron bajos. Por otra parte, el punto 6 que fue el de mayor concentración puede deberse a la presencia de viviendas, sin pozos sépticos ni tratamientos de vertimientos como se aprecia en la figura 15, no obstante, independientemente de las fluctuaciones presentadas, los valores reportados (46 – 215 mg/L) son normales en fuentes loticas.

4.4.8. Índice de contaminación por materia orgánica (ICOMO)

Al igual que en la mineralización, se expresa en diferentes variables fisicoquímicas de las cuales se seleccionaron demanda bioquímica de oxígeno (DBO5), coliformes totales y porcentaje de saturación del oxígeno, las cuales, en conjunto, recogen efectos distintos de la contaminación orgánica, tal como lo demuestra la ausencia de correlaciones entre ellas.

ICOMO (índice de contaminación por materia orgánica): Hace referencia a compuestos inorgánicos en suspensión.

Figura 16. Índice de contaminación de materia orgánica (ICOMO).



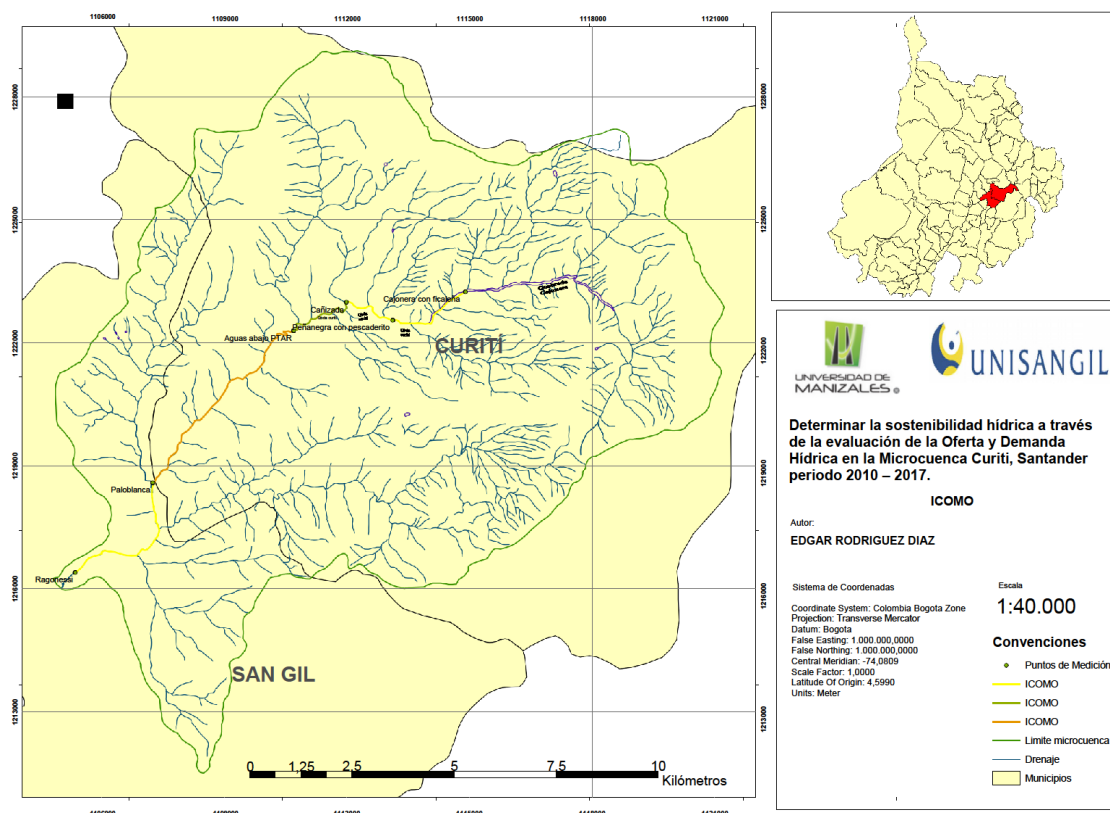
Fuente: Autor

El índice de contaminación por materia orgánica (ICOMO), como se observa en la figura 16, el nivel más alto se encuentra en el punto 4 con un valor de 0,9336 en el mes de febrero que lo caracteriza como una área muy contaminada esto se debe a la cercanía con la PTAR (planta de tratamiento de aguas residuales) del municipio de Curití que no cumple la resolución 0631 del 2015 donde establece parámetros y los valores máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales. Este a su vez (punto 4) es el único punto donde el ICOMO (índice de contaminación por materia orgánica) tiene una curva decreciente (disminuye de febrero a julio), debido al aumento de caudal en la quebrada Curití.

El único con curva creciente de principio a fin del estudio es el punto 1 a causa del incremento de cultivos que en su fase de producción, incide en el cuerpo hídrico gracias a que en la fase de abonada de los cultivos en algunos de ellos utilizan estiércol (ganado, gallinas, cabros) y al presentarse precipitaciones, por medio de escorrentía esta materia orgánica llega al punto de muestreo agotando el oxígeno de estas aguas para su descomposición.

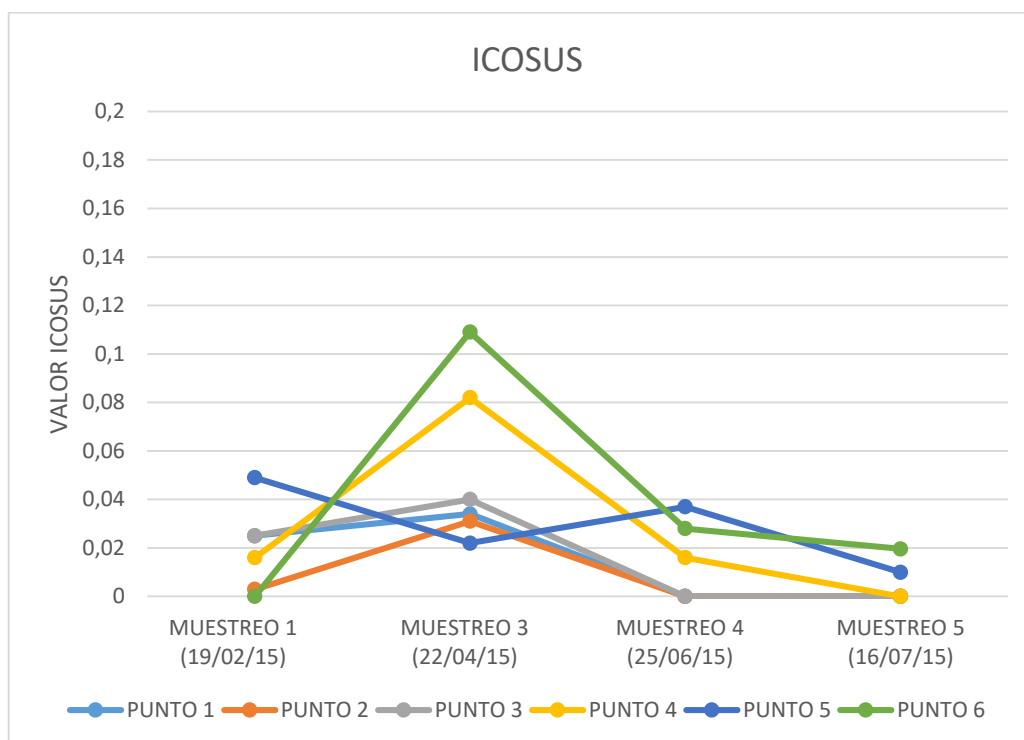
Los puntos 3, 5 y 6 incrementan el valor de ICOMO (índice de contaminación por materia orgánica) del mes de febrero al mes abril a causa del incremento de la demanda de productos como tomate, arveja; y a su vez el incremento de cultivos para la producción.

Mapa 7. Índice de contaminación por sólidos suspendidos (ICOSUS)



Índice de contaminación por sólidos suspendidos (ICOSUS): se determina tan sólo mediante la concentración de sólidos suspendidos. Si bien esta variable observó alguna correlación de importancia con la demanda de oxígeno (DBO y DQO) y con el amonio, se desagregó de las anteriores por cuanto estas últimas corresponden con claridad a procesos de contaminación orgánica, mientras que los sólidos suspendidos bajo muchas circunstancias, podrían perfectamente hacer referencia tan sólo a compuestos inorgánicos.

Figura 17.El índice de contaminación por solidos suspendidos (ICOSUS)

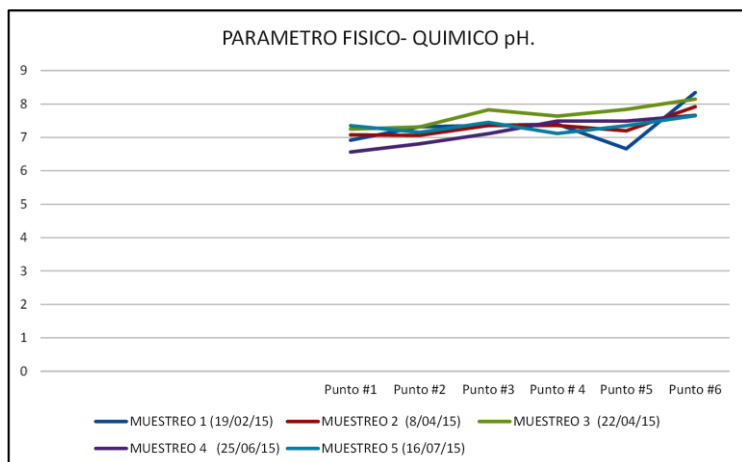


Fuente: Autor

El índice de contaminación por solidos suspendidos (ICOSUS) es de nivel bajo porque el valor registrado por solidos suspendidos en todos los puntos no supera los 75 (mg/l) que son necesarios para que ICOSUS (índice de contaminación por solidos) alcance un nivel de contaminación baja, lo que significa que estas aguas poseen bajos niveles de compuestos inorgánico.

4.4.9. pH:

Figura 18. Parámetro físico - químico pH en la quebrada Curití.

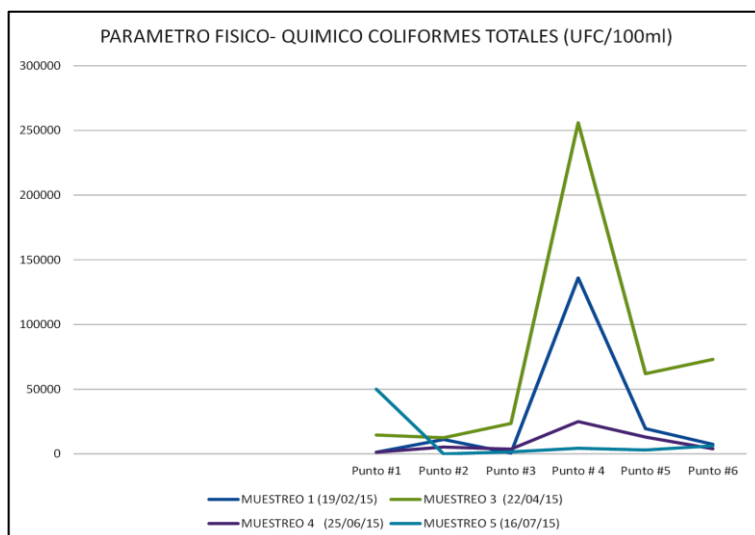


Fuente: Autor

Los valores de pH de los puntos de muestreo para la quebrada Curití reportaron valores entre 6,56 a 8,34 unidades de pH, lo que indica que las matrices de agua muestreadas presentan un carácter neutro, como se aprecia en la figura 12, que las hace aptas para usos de consumo humano, agrícola, pecuario, recreacional y de preservación de flora y fauna, basado en el decreto 1594 de 1984 artículos 38, 39, 40, 41 y 42.

4.4.10. Coliformes totales:

Figura 19. Parámetro físico- químico coliformes totales quebrada Curití.



Fuente: Autor

Como se aprecia en la figura 19, las densidades de coliformes fecales encontradas en los puntos muestreados para la quebrada Curití, cumplen con el objetivo de calidad establecidos en el acuerdo 068 de 2007, para el uso principal y secundario, en las que se desarrollaron las jornadas de caracterización de aguas superficiales.

En lo que corresponde al Decreto 1594 de 1984, las concentraciones de coliformes fecales reportadas en los periodos de febrero a Julio evidencia el incumplimiento en el límite máximo permitido en los puntos 1, 4, 5, y 6 por el artículo 38 (consumo humano y doméstico por tratamiento convencional), mientras que los puntos 2 y 3 dan cumplimiento, esto genera la preocupación de que excede el criterio admisible para la destinación del recurso para fines recreativos mediante contacto primario en el artículo 42, lo que indica mayor contaminación de origen fecal en estos puntos, y podrían ser precursoras de enfermedades infecto-contagiosas a los bañistas.

En aguas para consumo humano, la densidad en UFC/100 mL permitida de coliformes fecales es de cero (0), según Resolución 2115 de 2007. En la anterior figura se puede observar que para la quebrada Curití no existe ningún punto que cumpla con esta condición, ningún punto muestreado cumple con este requisito (0 UFC/100 mL).

En cuanto a la calidad del agua el punto 4, fue el que obtuvo mayores concentraciones en coliformes totales esto se debe a que se encuentra localizado aguas arriba de los demás puntos, específicamente en el casco urbano del municipio de Curití antes del punto de descarga del efluente generado por la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del municipio.






En el municipio de San Gil sector Ragonessi, antes del punto 6, se encuentra un asentamiento humano ilegal, según información suministrada por un habitante de dicho asentamiento, en el lugar habitan cerca de 26 familias y ninguna vivienda cuenta con tratamiento alguno del agua residual generada, ni con pozo séptico, realizando el vertimiento directamente al cauce de la quebrada Curití.

4.5. Identificación del Índice Biológico

4.5.1. Índice BMWP adaptado para Colombia por Roldán (2003)

Para analizar los datos y evaluar el impacto ambiental generado sobre la fuente hídrica, se calculó el índice biológico BMWP-Col (Biological Monitoring Working Party, modificado para Colombia) según la metodología propuesta por Roldán (2003). El índice BMWP asigna una categoría de calidad del agua acorde a las familias de macroinvertebrados identificadas en la fase de análisis. Basado en el conocimiento que actualmente se tiene en Colombia de los diferentes grupos de macroinvertebrados hasta el nivel de familia, se calculó el índice BMWP-Col como una primera aproximación para evaluar los ecosistemas acuáticos del país.

Tabla 18. Categorías de calidad según el índice BMWP/Colombia.

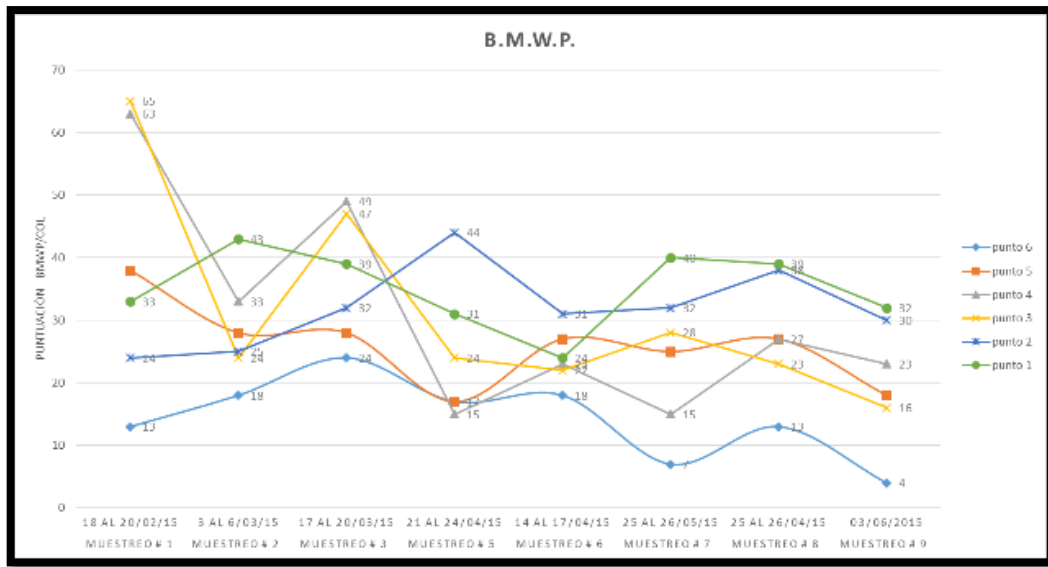
Clase	Calidad	BMWP	Significado	Color
I	Buena	101-120 > 150	Aguas muy limpias a limpias	
II	Aceptable	61-100	Aguas ligeramente contaminadas	
III	Dudosa	36-60	Aguas moderadamente contaminadas	
IV	Crítica	16-35	Aguas muy contaminadas	
V	Muy crítica	< 15	Aguas fuertemente contaminadas	

Fuente: Roldán, 2003

El índice BMWP-Col establece los cambios en la calidad del agua de la quebrada Curití.

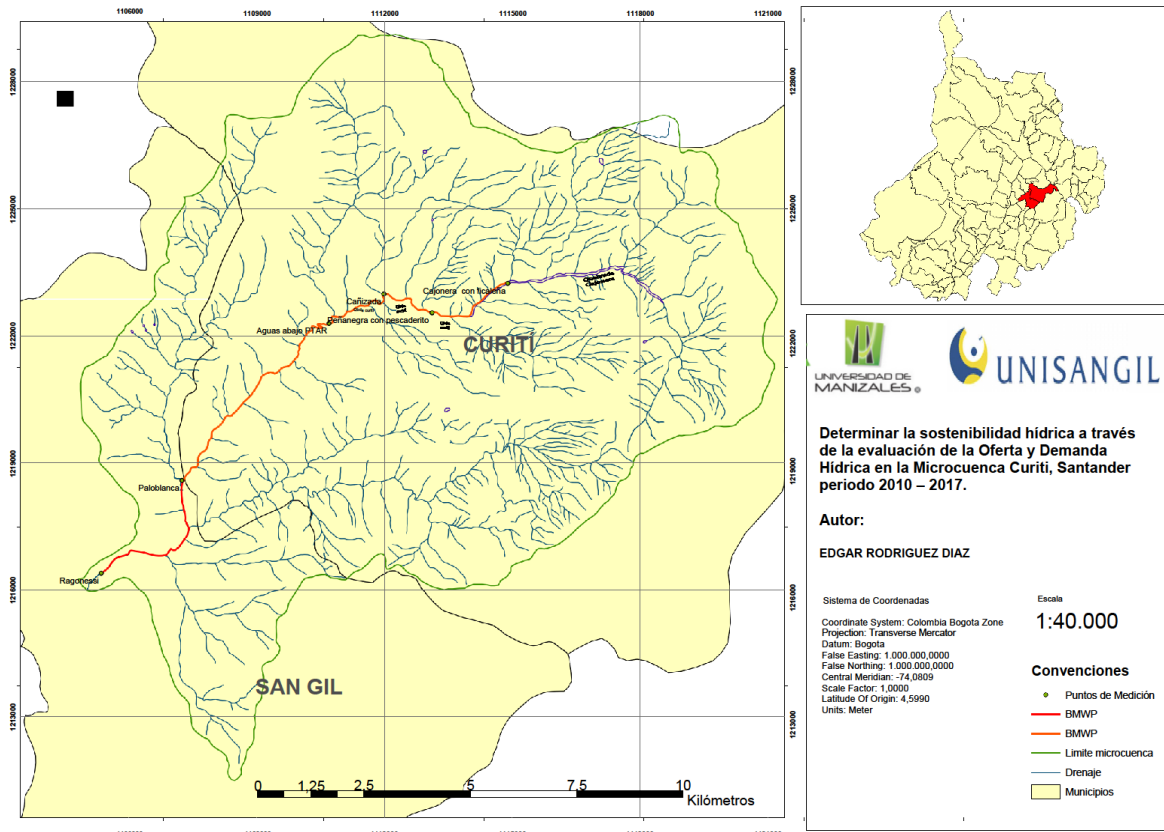
Se encontraron un número de 7 familias y 39 especies, durante el muestreo realizado entre los meses de febrero a julio del 2015, Los valores estuvieron entre 4,0 y 63, de tal forma que del punto 1 hasta el punto 5 se encontró clasificado como aguas muy contaminadas, según la media obtenida en el muestreo y el punto 6 fue catalogado como aguas fuertemente contaminadas, como se aprecia en la figura 20.

Figura 20. Comportamiento del índice biológico en la quebrada Curiti.



Fuente: Autor.

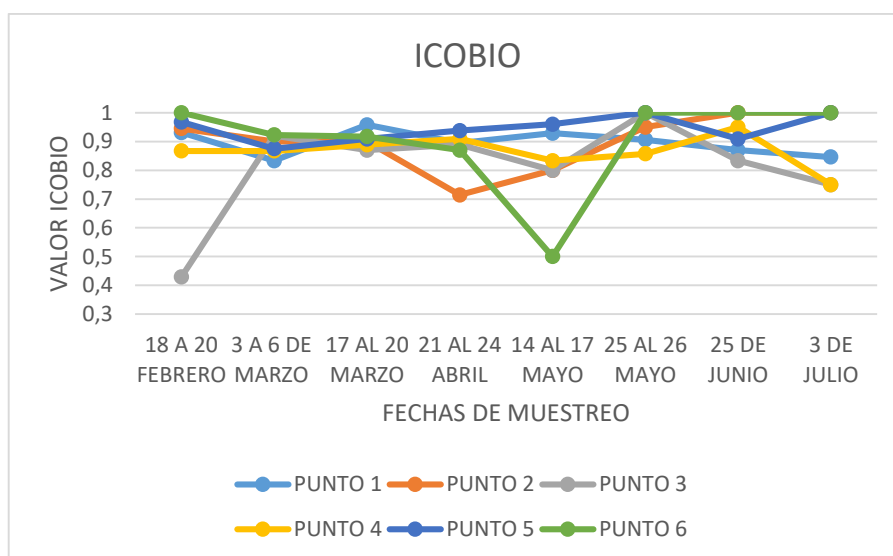
Mapa 8. Comportamiento del índice BMWP en la microcuenca Curiti.



Gran parte de la dinámica ecológica de un río está determinada por su comportamiento hidrológico. Según Jill *et al.* (2012) existen cinco parámetros o elementos que influyen en la dinámica ecológica, a) el régimen de flujo, que define la formación de diferentes tipos de micro hábitat; b) el ingreso de materia orgánica y sólidos suspendidos al ecosistema acuático, determina la disponibilidad de nutrientes y oferta alimenticia; c) la exposición a la luz y las variaciones de temperatura determina la dinámica metabólica y las tasas de productividad primaria; d) las condiciones químicas y de nutrientes definen las variaciones de pH, conductividad, disponibilidad de O₂, entre otros elementos que son muy importantes para el metabolismo de la biota; e) la estructura biótica de un cuerpo de agua, define la estructura de las comunidades (Larza *et al.*, 2000). En definitiva, todos estos parámetros, en su conjunto podrían provocar estos altibajos en los patrones de estructura y composición de la fauna béntica en la quebrada Curití.

4.5.1.1. El índice de contaminación biótico (ICOBIO) Expresa la disimilitud de las comunidades de macro invertebrados encontradas en las estaciones de muestreo, se encuentra en nivel de contaminación muy alto porque la variabilidad de familias de macro invertebrados es baja, ya que estas zonas están dedicadas a actividades agrícolas y ganaderas que logran la variación del hábitat de los macro invertebrados acuáticos haciendo que estos tengan que adaptarse a cambios en las condiciones de su hábitat.

Figura 21. Índice de contaminación biótica (ICOBIO).



Fuente: Autor

El nivel mínimo de ICOBIO (índice de contaminación biótico) como se aprecia en la figura 22, se presenta en el punto 3 en el mes de febrero a principios del estudio en consecuencia al número de especies comunes entre los puntos 3 y 4 que fue de 4 especies con un nivel de contaminación media caracterizado por una notable actividad antrópica.

4.6. Información sobre vertimientos.

Según un estudio de vertimientos realizado por la Corporación Autónoma regional de Santander en el 2017, se encontró lo que se muestra en la tabla 19.

Tabla 19. Recolección primaria sobre captación y vertimientos en el cauce de la quebrada Curití.

SUBTIPO	TOTAL	ACUEDUCTO	CAPTACIÓN DE AGUA	CAPTACIÓN DE AGUAS DE LA QUEBRADA	PERMISO DE CAPTACIÓN DE AGUA	ALCANTARILLADO	VERTIMIENTOS		
							Vertimientos al suelo	Vertimientos a fuentes hídricas	Vertimiento a la quebrada Curití
Predios	168	124	48	15	18	31	132	3	3
Hoteles	20	13	10	4	3	1	18	2	2
Restaurantes	9	5	4	1	-	1	7	2	-
Estación de Servicio	2	1	1	-	1	-	1	1	1
Escuelas	2	1	1	-	1	-	2	-	-
Balnearios	3	1	3	1	1	-	3	-	-
Infraestructura	1	-	1	1	1	-	-	-	-
Vertimientos	3	-	-	-	-	-	1	2	2
Prestador	1	-	-	-	-	-	-	1	1
Salón comunal	1	-	-	-	-	-	-	-	-
Polígono	1	-	1	1	-	-	-	1	1
TOTAL	211	145	69	23	25	33	164	12	10

Fuente: Corporación Autónoma Regional de Santander CAS, 2017

En él se pudo encontrar que existen 69 captaciones de agua y que solo 25 cuenta con permisos de captación, es decir un 36% de los 211 predios, 145 aproximadamente cuenta con acueducto, es decir el 69% y solo 33 cuenta con alcantarillado, es decir el 16%, que de ellos 164 genera vertimientos al suelo, es decir el 77%, de ellos 12 son vertimientos a fuentes hídricas aproximadamente el 6% y 10 generan vertimientos directos a la quebrada Curití, que es aproximadamente el 5%, por lo que se hace necesario que la Corporación Autónoma regional de Santander y los entes territoriales se preocupen más por la calidad del agua y desarrollen estrategias que permitan realizar el monitoreo y seguimiento a los indicadores de calidad del agua de la quebrada Curití, sobre todo por su carácter y uso turístico.

4.7. Índices hídricos en la microcuenca Curití.

Un indicador se define como un elemento que permiten simplificar, analizar, cuantificar y comunicar parámetros complejos, caso de la información hidrológica y climatológica, con el fin de que las personas que se encargan de planificar y tomar decisiones, referentes al desarrollo y gestión del medio ambiente, lo realicen con convencimiento y conocimiento de las condiciones hidroclimáticas de la región.

4.7.1. Índice de Aridez

Este índice muestra el grado de insuficiencia de la precipitación para conservar los ecosistemas de una región y da una idea del excedente o déficit de agua.

Para el caso de la quebrada Curití se encontró los siguientes resultados, que se muestran en la tabla 23.

Tabla 20. Índice de aridez a escala mensual y su valor anual.

MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
IA	0,26	0,31	0,25	0,03	0,24	0,03	0,17	0,06	0,00	0,01	0,01	0,06	0,12

Fuente: Autor

Según los rangos de aridez, se encuentra en una condición de alto excedente de agua.

4.7.2. Índice de uso de agua:

$$IUA=(Dh/Oh)*100$$

Tabla 21. Categoría del índice de uso del agua

Demanda Hídrica	Oferta Hídrica	Índice de Uso del Agua	Categoría IUA
0,231	1,649	14,011	Moderado

Fuente: Autor

Según el índice de uso del agua en la microcuenca Curití es moderado, es decir la presión de la demanda es moderada, con respecto a la oferta hídrica, como se aprecia en la tabla 24.

La población flotante por temporadas de turismo también ejerce presión a través del uso de sitios campestres alrededor de la microcuenca.

4.7.3. Índice de regulación Hídrica.

Este índice indica la retención de humedad natural de la microcuenca, como se aprecia en la tabla 19.

Tabla 22. Índice de regulación hídrica en la microcuenca Curití.

IRH	Qs La Carbonera (m3/s)	Qs Curití M1 (m3/s)	Qs Curití M2 (m3/s)	Qs Curití Salida (m3/s)
Valor	0,71	0,71	0,71	0,71
Clasificación	Moderada	Moderada	Moderada	Moderada

Fuente: Autor

4.7.4. Índice de Vulnerabilidad.

Con el propósito de estimar y cualificar los riesgos de las diferentes actividades del desarrollo, se determina la vulnerabilidad de las fuentes relacionadas con la disponibilidad de agua y se define como un indicador que muestra el grado de fragilidad o fortaleza, al existir suficiente disponibilidad de agua en una región para el abastecimiento, lo cual ante diferentes amenazas, tales como periodos largos de sequía ocasionados por eventos extraordinarios (fenómeno cálido del pacífico “niño”) podría generar riesgos de abastecimiento en las microcuencas.

Este índice se halla interrelacionando los índices de regulación hídrica y el índice de uso del agua, para este caso fue medio, lo que genera alarma en las estrategias de planificación y conservación del recurso hídrico.

Tabla 23. Categorías índices de vulnerabilidad.

Índice de uso de agua (IUA)	Índice de Regulación (IRH)	Categoría de Vulnerabilidad
Muy bajo	Alto	Muy Bajo
Muy bajo	Moderado	Bajo
Muy bajo	Bajo	Medio
Muy bajo	Muy bajo	Medio
Bajo	Alto	Bajo
Bajo	Moderado	Bajo
Bajo	Bajo	Medio
Bajo	Muy bajo	Medio
Medio	Alto	Medio
Medio	Moderado	Medio
Medio	Bajo	Alto
Medio	Muy bajo	Alto
Alto	Alto	Medio
Alto	Moderado	Alto
Alto	Bajo	Alto
Alto	Muy bajo	Muy Alto
Muy Alto	Alto	Medio
Muy Alto	Moderado	Alto
Muy Alto	Bajo	Alto
Muy Alto	Muy bajo	Muy Alto

Fuente: IDEAM

Tabla 24. Índice de vulnerabilidad de la microcuenca Curití.

Índice de uso de agua (IUA)	Índice de Regulación (IRH)	Índice de Vulnerabilidad (IVH)
Moderado	Moderada	Medio

Fuente: Autor

Como complemento de análisis en la información se desarrollaron 55 encuestas bajo la

modalidad de muestra inducida a usuarios de acueductos regionales en el área de influencia de la quebrada Curití, donde se encontró que en el sector rural a nivel de la población prima la presencia del adulto mayor con un promedio de 59 años, de ellos se pueden encontrar que 44 son propietarios, 6 arrendatarios y 5 con otra modalidad de sistemas de tenencia de la propiedad; dentro de esta muestra se encontró que de ellos 189 son adultos, 14 jóvenes y 37 niños, lo que nos confirma lo encontrado en el censo agropecuario del 2014, donde la población de jóvenes en el sector rural es de 0,25 por familia y en los niños es de 0,725 por familia.

Con respecto a los servicios de los acueductos regionales, se encontró que 49 lo reciben directamente del acueducto, solo 9 poseen nacimientos y de ellos 6 no reciben el servicio de acueducto, sino que se suplen de su nacimiento de agua, los servicios son considerados buenos en un 89% con respecto a un 11% que lo considera aceptable, el consumo mensual en promedio es de 736 metros cúbicos por mes para un promedio de 13,38 metros cúbicos por familia, solo 8 familias que representan el 14,5% manifiestan no recibir servicios por parte de los acueductos y que no poseen medidores el 85,5% dicen contar con medidores; más del 90% de las familias entrevistadas manifiestan que durante el periodo de verano que se da en los meses de diciembre, enero, febrero y marzo son sometidos a racionamiento sobre todo en los meses de enero y febrero.

Algunas familias realizaron observaciones como el hecho de que se cambie con mucha frecuencia el fontanero del acueducto y se puede constatar en las visitas que más del 90% de los predios visitados son minifundios que oscilan entre 0,5 y 3 Hectáreas.

Con relación a los acueductos encuestados, solo dos de los cinco entrevistados cuentan con planta de tratamiento de potabilización como lo son CORPACUR con un grupo de 1.991 usuarios y con un consumo de 743 metros cúbicos por mes Y COPACAL con 351 usuarios y un consumo de 476 metros cúbicos por mes; el uso del agua en CORPACUR es para uso doméstico y comercial y es el único acueducto que realiza mantenimiento en la operación, los otros acueductos como AGUALINDA, ACUAPALMIRA Y LA HACIENDA, cubren una población de 174 familias con un consumo de 700 metros cúbicos por mes y solo el de AGUALINDA no cuenta con medidores, todos los acueductos manifestaron realizar racionamiento en la época de verano y 3 de los cinco realizan actividades de reforestación de los nacimientos de agua que surten los acueductos.

Al hacer un análisis con respecto a la demanda hídrica, la doméstica es la de mayor presión sobre el recurso hídrico, con un 82% de consumo, le sigue la pecuaria sobre todo por la alta presencia de compañías dedicadas a la avicultura, que se encuentran en la zona de recarga hídrica con un 10%, el agrícola continua con un 7,9% y el de lavado de autos es solo el 0,004%; esto se da por contar una buena presencia de población en la zona de influencia y por abastecer el acueducto de un municipio como San Gil tercera capital en Santander.

Según las Naciones Unidas, para este caso es preciso desarrollar nuevos abastecimientos y utilizar más eficientemente los actuales. Las estrategias a largo plazo para el suministro y la gestión de la demanda podrían incluir reglamentaciones y tecnologías para controlar directamente desde la Corporación Autónoma Regional de Santander la utilización de la tierra y el agua, e incentivos e impuestos que afectan indirectamente los comportamientos de la población que hace parte del área de influencia de la microcuenca.

Dentro de las herramientas sostenibles propuestas para este trabajo de investigación se requiere que en el marco de las políticas públicas, se realice una efectiva divulgación e información acerca de la problemática de los vertimientos en la quebrada Curití, que se inicien ejercicios de veedurías ciudadanas integradas en la región que busquen un desarrollo sostenible a través de estrategias holísticas y sistémicas que involucren las capacidades humanas, donde se pueda establecer una mesa de trabajo alrededor de la gestión hídrica de la quebrada Curití, donde se identifiquen actores claves (Instituciones, profesionales, academia, entes gubernamentales y comunidad) de tal forma que pueda consolidarse propuesta de planeación y ordenamiento del territorio, definiendo proyectos y un seguimiento y monitoreo que permita tener un conocimiento sobre las cantidades y calidades del agua de la quebrada Curití.

Se propone como herramienta sostenible la gobernanza a través de capacidades de acción colectiva mediante arreglos institucionales no formales, códigos voluntarios de conducta para el sector privado, alianzas entre sectores y espacios para el diálogo y la participación pública en la toma de decisiones. Donde se fomente la participación y equidad, la información de la investigación, el manejo del uso eficiente del agua, la estimación de los índices de riesgo, IRCA e IRABA, los cuales forman parte de los instrumentos básicos para garantizar la calidad del agua (Capítulo IV, Resolución 2115 de 2007) y la asignación de recursos para planes y proyectos que consoliden el desarrollo territorial.

Bajo el enfoque de sostenibilidad desde las interacciones de los sistemas hídricos refleja una escasa conciencia social, lo que hace necesario que se trabaje en la gobernanza del recurso hídrico, donde se permita la participación de las comunidades urbanas y rurales en la planificación de programas, proyecto y actividades que permitan desarrollar una mejor planeación del patrimonio hídrico y generen estrategias de adaptación a la variabilidad climática, de tal forma que puedan hacer más perdurables toma de decisiones como compartir el agua, asegurar el abastecimiento, con criterios de eficiencia y equidad, se hace necesario compartir de forma solidaria la información y el conocimiento que se tenga con respecto al comportamiento de la microcuenca de tal forma que se pueda desarrollar acciones que puedan asegurar la sostenibilidad e integridad de los ecosistemas naturales propios de la microcuenca.

5. Conclusiones y Recomendaciones

5.1. Conclusiones

Realizado el análisis climático multianual para la microcuenca de la quebrada Curití, se encontró que su comportamiento es monomodal con precipitaciones altas en los meses de abril a noviembre y periodos de baja precipitación entre diciembre y marzo. El caudal ambiental se obtuvo a partir de las CDC generadas con los resultados del modelo hidrológico de la cuenca, tomando el Q85 como valor para ambos puntos de interés (método del ENA), resultando en un caudal de 0,16 m³/s en la Cajonera, 0,29 m³/s en la parte media alta, 0.50 m³/s en la parte media baja y 0.90 m³/s en la salida de la cuenca; para una oferta hídrica de 1,649 m³/s.

En la demanda hídrica de la microcuenca Curití, se encontró que la demanda de uso doméstico de 189,7 l/s, una demanda de uso agrícola de 18,4 l/s, una demanda de uso pecuario de 22,2 l/s y un uso comercial para lavado de vehículos de 0,9l/s, para una demanda total de consumo de 231,2 l/s; con los datos obtenidos se puede concluir que la quebrada Curití tiene una demanda basada en el abastecimiento de acueductos municipales y veredales, que en segundo renglón esta la parte pecuaria liderada por las empresas avícolas quienes se han establecido en la zona de recarga hídrica y con su expansión pueden llegar a generar una alta presión al recurso hídrico.

En la calidad del agua se encontró en el punto 4, punto de descarga del efluente generado por la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del municipio de Curití, que a la fecha no está funcionando, la mayor concentración de coliformes totales y en el punto 6 en el sector ragonessi también debido al vertimiento directo de un asentamiento humano ilegal; a través del índice biológico BWMP y el análisis de los parámetros físico-químicos la quebrada Curití se clasificó como aguas contaminadas, razón por la cual podría ser precursoras de enfermedades infecto contagiosas a los bañistas en la quebrada, ya que esta fuente es de uso turístico a través de balnearios naturales.

En la quebrada Curití se encontró, que existen 69 captaciones de agua y que solo 25 es decir

un 36% cuenta con permisos de captación que de los 211 predios, 145 es decir el 69% aproximadamente cuenta con acueducto y solo 33 es decir el 16% cuenta con alcantarillado, que de ellos 164 es decir el 77% genera vertimientos al suelo, de ellos 12 que son aproximadamente el 6% vertimientos a fuentes hídricas y 10 que es aproximadamente el 5% generan vertimientos directos a la quebrada Curití, por lo que se hace necesario que la Corporación Autónoma regional de Santander y los entes territoriales se preocupen más por la calidad del agua y desarrollen estrategias que permitan realizar el monitoreo y seguimiento a los indicadores de calidad del agua de la quebrada Curití, sobre todo por su carácter y uso turístico.

Según el cálculo del Índice de Uso del Agua – IUA, se obtuvo que la quebrada Curití presenta una clasificación moderada, esto se pudo deber a que la comunidad en su mayoría se abastece de acueductos que realizan la captación del recurso hídrico de los tributarios de la quebrada Curití. El índice de aridez (IA), se encontró que el comportamiento anual de este parámetro indica unos altos excedentes de agua y en cuanto al cálculo del Índice de Vulnerabilidad Hídrica por desabastecimiento – IVH, se tiene que la quebrada Curití presenta un bajo grado de fragilidad para mantener una oferta que pueda abastecer a la población en periodos de bajos caudales, por lo tanto, se infiere un bajo riesgo por desabastecimiento.

5.2. Recomendaciones

Es de gran interés mantener un control y vigilancia de los vertimientos o aportes generados por el desarrollo de las diversas actividades que se dan en el área de influencia de la Quebrada Curití y sus tributarios, esto debido a que esta fuente hídrica representa una gran importancia socioeconómica y ambiental para la comunidad de la zona, ya que es empleada como abastecimiento de agua potable para los acueductos, como también para la práctica de actividades turísticas como lo son los balnearios naturales para el baño de personas extranjeras y locales.

Se sugiere que la Autoridad Ambiental realice una evaluación de actividades de manipulación uso y disposición final del uso de plaguicidas y empleen actividades dirigidas a mitigar, prevenir y controlar un riesgo por derrames de estas sustancias en la fuente hídrica superficial, con el objetivo de evitar un impacto en la calidad del agua y por ende en la salud y economía de la población.

Es de resaltar que existieron factores antrópicos que están afectando directa o indirectamente el ecosistema de la quebrada Curití y sus tributarios principales, por ejemplo, el establecimiento de zonas destinadas a balnearios dentro de la ronda hidrográfica, están siendo afectadas con actividades agrícolas, avícolas y domésticas que pueden generar un impacto negativo en el medio ambiente, ocasionando la disminución de la calidad del recurso hídrico.

Bibliografía

ALATORRE, M, NORBERTO., (2010). La microcuenca como elemento de estudio de la vulnerabilidad ambiental. Centro de estudios en geografía humana. Colegio de Michoacán. México.

ALCALDÍA MUNICIPAL DE CURITÍ SANTANDER. (2012). Plan de Desarrollo Curití Santander 2012 – 2015. Curití – Colombia. 203 p. Recuperado el 16 de septiembre del 2014. Disponible en: http://cdim.esap.edu.co/BancoConocimiento/C/curiti_-_santander_-_pd_-_2012_-_2015/curiti_-_santander_-_pd_-_2012_-_2015.asp

AREVALO, D., LOZANO, J., Y SABOGAL, J., (2011). Estudio nacional de la huella hídrica Colombia, sector agrícola. Revista internacional de Sostenibilidad, Tecnología y Humanismo. No 7. Catedra UNESCO de sostenibilidad de la universidad politécnica de Cataluña. España.

BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO (2014). Bajemos la temperatura, Cómo hacer frente a la nueva realidad climática.

BURBANO, L., VASQUEZ, G., y BUSTAMANTE, G., (2008). Estimación de la oferta hídrica con información escasa en ecosistemas estratégicos. Revista Facultad nacional agrícola. Medellín 61(1) pg. 4.366-4.380.

CARDENAS, Y., QUINTERO, C., Y TORRES, L., (2010). Estimación de la recarga hídrica derivada de la precipitación en la microcuenca quebrada Curití. Tesis de grado pregrado. Programa de ingeniería ambiental. UNISANGIL. San Gil.

CONTRALORIA GENERAL DE LA REPUBLICA (2014). Estado de los recursos naturales y del medio ambiente departamento de Santander, vigencia 2013 Contraloría general de Santander. Bucaramanga.

CORPORACIÓN AUTONOMA REGIONAL DE SANTANDER CAS (2007). Reglamentación

de la quebrada Curití. Resolución DGL No 0582-2007. San Gil – Santander.

CORPORACIÓN AUTONOMA REGIONAL DE SANTANDER CAS (2014). Informe final plan de ordenación del recurso hídrico PORH de la cuenca del Fonce. San Gil – Santander.

CORPORACIÓN AUTONOMA REGIONAL DE SANTANDER CAS (2017). Estudio soporte para la reglamentación de vertimientos de la quebrada Curití. San Gil- Santander.

IDEAM. (2014). Estudio Nacional del Agua. Bogotá, D.C.

LARA GONZALEZ, MARIO JOSE (2013) Estrategias para la gestión integral en la microcuenca San Marcos, Sevilla, Valle del Cauca. Maestría en desarrollo sostenible y medio ambiente. Centro de investigaciones en medio ambiente y desarrollo. Universidad de Manizales. Manizales.

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL. (2005). Encuesta nacional agropecuaria. Bogotá, Dirección de difusión, mercadeo y cultura estadística del departamento administrativo nacional de estadística –DANE, 227 p. Recuperado el 17 de septiembre del 2017. Disponible en: https://www.agronet.gov.co/www/htm3b/public/ENA/ENA_2005.pdf.

MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE (2014). Guía técnica para la formulación de los planes de ordenación y manejo de cuencas hidrográficas. Dirección de gestión integral del recurso hídrico. Colombia.

MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL (2010). Política Nacional Para la Gestión Integral del recurso Hídrico. Dirección de Ecosistemas- Grupo de Recurso Hídrico. Colombia.

RAMAKRISHNA, B. (1997). Estrategia de extensión para el manejo integrado de cuencas hidrográficas; Conceptos y experiencias. Editorial Ediciones Ilustrated.

REVISTA DINERO. (2015). La insospechada oportunidad del agua colombiana. Recuperado

de <http://www.dinero.com/economia/articulo/recursos-hidricos-colombia/213224>

ROBLES, CINDY., (2014). Análisis de la metodología de diseño del acueducto de San Gil (Santander) para soportar el cambio climático proyectado al escenario 2071-2100. Trabajo de grado pregrado. Programa de ingeniería Civil. Universidad militar nueva granada. Bogotá.

SARMIENTO, E; MUÑOZ, I (2015). Diagnóstico del índice de la calidad del agua en la microcuenca de la quebrada Curití en el municipio de Curití (Santander), utilizando los índices biológicos BMWPY GBR. Facultad de Ciencias Naturales e Ingeniería, programa de Ingeniería Ambiental, Fundación Universitaria de San Gil UNISANGIL.

VANGUARDIA. COM (2013). CAS le hará estudio a la quebrada Curití. Recuperado de <http://www.vanguardia.com/santander/guanenta/238959-cas-le-hara-estudio-a-la-quebrada-curiti>.