

EFFECTOS DE LA COBERTURA DEL SUELO SOBRE LA CALIDAD DEL AGUA EN EL
CAUCE MEDIO Y BAJO DEL RÍO PANCE

YANETH ACOSTA MELENDEZ

UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE HUMANIDADES
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFÍA
SANTIAGO DE CALI

2015

EFFECTOS DE LA COBERTURA DEL SUELO SOBRE LA CALIDAD DEL AGUA
EN EL CAUCE MEDIO Y BAJO DEL RÍO PANCE

YANETH ACOSTA MELENDEZ

Trabajo de grado para optar al título de Geógrafa

Director

Oscar Buitrago Bermúdez

Doctor en Geografía

UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE HUMANIDADES
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA
SANTIAGO DE CALI

2015

Nota de aceptación:

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Santiago de Cali, día_____ mes_____ de 2015

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de grado primeramente a Dios quien me brindó salud, sabiduría, y fortaleza para creer que todas las metas se pueden cumplir.

A mis padres Efrén Acosta Hurtado y Yaneth Meléndez Estrada por su apoyo incondicional y por confiar siempre en mí.

A mi tutor y amigo Oscar Buitrago Bermúdez por su constante apoyo y seguimiento en mi elaboración del proyecto, por su tiempo, sus conocimientos compartidos, su experiencia y aportes a mi formación profesional.

A mi hermano Juan David y a mis primos Mauricio y Cristian, por sus consejos y su alegría, que sirvieron de motivación cuando creía que no lo lograría.

A mi tía Darley Meléndez y su esposo Fermín Castillo por su constante apoyo emocional y sus consejos.

A Ignacio Andrés Marín por ser alguien especial e importante en mi vida, por sus palabras y sus mensajes que me hicieron creer que en este camino de logros todo es posible con esfuerzo y dedicación; por demostrarme su amor y apoyo incondicional en la terminación de este proyecto y etapa de mi vida.

A Libby Garzón, Julieth Torres, Randy Perea y Marco Aguirre, que me acompañaron en este proceso y compartieron conocimientos propios en la elaboración de este trabajo; “amigos” ustedes son personas increíbles en todo el sentido de la palabra.

A ti querido lector, y a la vida por permitirme cumplir esta meta tan anhelada y permitirme iniciar otra etapa que viviré con mayor intensidad.

CONTENIDO

RESUMEN.....	12
INTRODUCCIÓN.....	14
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	16
2. OBJETIVOS.....	18
2.1. objetivo general	18
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	18
3. MARCO REFERENCIAL	19
3.1. MARCO DE ANTECEDENTES	19
3.2. MARCO CONTEXTUAL	22
3.3. MARCO TEÓRICO-CONCEPTUAL.....	26
3.3.1. El Agua y su ciclo	26
3.3.2. Propiedades físicas del agua.....	29
3.3.3. Factores físicos y geográficos del agua.....	31
3.3.4. Manejo integrado de una cuenca hidrográfica	31
3.3.5. Cuenca hidrológica	32
3.3.6. Cuenca hidrográfica.....	32
3.3.7. Coberturas del suelo en una cuenca	36
3.3.8. Manejo integrado de cuencas	37
3.3.9. Calidad del agua	38
3.3.10. Estándares de calidad de agua potable según la OMS	39
3.3.11. Normas de calidad del agua para consumo humano en Colombia.....	41
3.3.12. Parámetros de la calidad del agua.....	44
3.3.13. Influencia de las coberturas del suelo sobre la calidad del agua	49
3.3.14. Agricultura y Agua.....	50
3.3.15. Ganadería y agua	51

3.3.16. Urbanismo y/o construcciones sobre el agua	51
3.3.17. Importancia del bosque en la calidad del agua.....	52
3.3.18. Zonas de protección ribereña como protección al recurso hídrico	53
4. METODOLOGÍA.....	54
5. RESULTADOS.....	67
5.1. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO, DELIMITACIÓN DE LA CUENCA Y LAS SUBCUENCAS DEL RÍO PANCE.....	67
5.2. COBERTURAS DEL SUELO IDENTIFICADOS PARA EL AÑO DE 2013 SEGÚN LA IMAGEN LANDSAT.....	70
5.3. RESULTADOS POR PARAMETROS FISICOQUIMICOS DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO PANCE DADAS POR EL LABORATORIO.	82
5.4. ANALISIS DE DATOS. RESULTADOS DE LA CALIDAD DEL AGUA	91
5.5. CAMBIOS DE LA COBERTURA PARA EL AÑO 2013.....	97
6. CONCLUSIONES.....	113
7. RECOMENDACIONES.....	115
8. BIBLIOGRAFÍA	116
ANEXOS.....	120

LISTAS

GRÁFICOS

Gráfico 1. Mapa de Ubicación Geográfica del Municipio de Santiago de Cali y el corregimiento de Pance.	24
Gráfico 2. Mapa Ubicación de la cuenca del río Pance parte alta, media y baja. ...	25
Gráfico 3. Ciclo hidrológico del agua	29
Gráfico 4. División hidrológica e hidrográfica de una cuenca.	32
Gráfico 5. Esquema de una cuenca hidrográfica	33
Gráfico 6. Modelo conceptual para la interpretación de una cuenca hidrográfica. ...	36
Gráfico 7. Estándares de calidad para consumo humano.	40
Gráfico 8. Parámetros para los diferentes niveles de calidad establecidos en el RAS	42
Gráfico 9. Parámetros que definen la calidad del agua para consumo humano	43
Gráfico 10. Esquema metodológico general	54
Gráfico 11. Metodología utilizada para definir el área de estudio de la cuenca.	55
Gráfico 12. Área de estudio definida a partir de la metodología empleada.	57
Gráfico 13. Metodología general para la identificación de coberturas.	58
Gráfico 14. Diferencia en Kilómetros (Km ²) entre coberturas para el año 2013. ...	61
Gráfico 15. Envase plástico de un galón para recolección de muestras.	63
Gráfico 16. Nevera de icopor para almacenar las muestras recolectadas.	64
Gráfico 17. Recolección de muestras de agua en el río Pance.	64
Gráfico 18. Mapa de la cuenca del río Pance	68
Gráfico 19. Mapa área de estudio (subcuenas)	69
Gráfico 20. Porcentaje de coberturas para el año 2013.	72
Gráfico 21. Mapa Coberturas del suelo identificados para el área de estudio para el año 2013.	74
Gráfico 22. Casa/Finca de veraneo ubicada al lado del puente la Vorágine.	76
Gráfico 23. Canal de desagüe aguas lluvias.	77
Gráfico 24. Eco parque río Pance, segundo punto de muestreo.	78
Gráfico 25. Condominios privados en el sector 2 y 3 de la cuenca media y baja. .	79
Gráfico 26. Retroexcavadora en el lugar dado por la CVC e INGEOMINAS para explotación de materias de arrastre.	80
Gráfico 27. Desembocadura del río Pance al río Jamundí.	80
Gráfico 28. Mapa elaborado a partir de la salida de campo.	81
Gráfico 29. PH de los tres meses analizados.	93
Gráfico 30. Conductividad del agua para los meses analizados.	94
Gráfico 31. Sólidos disueltos para los meses analizados.	96
Gráfico 32. Porcentaje de variación de la cobertura del bosque vs el promedio del (pH)	100
Gráfico 33. Porcentaje de variación entre la cobertura de cultivos vs el promedio del pH	102

Gráfico 34. Porcentaje de variación de la cobertura de área construida vs el promedio del pH.....	103
Gráfico 35. Porcentaje de variación de la cobertura de bosque construida vs el promedio de la conductividad eléctrica del agua	105
Gráfico 36. Porcentaje de variación de la cobertura de cultivos vs la conductividad eléctrica del agua.....	106
Gráfico 37. Porcentaje de variación de la cobertura de área construida vs la conductividad eléctrica del agua.....	108
Gráfico 38. Porcentaje de variación de la cobertura de bosque vs los sólidos disueltos en el agua.	109
Gráfico 39. Porcentaje de variación de la cobertura de cultivos vs los sólidos disueltos en el agua.....	110
Gráfico 40. Porcentaje de variación de la cobertura de Área construida vs los sólidos disueltos en el agua.....	112

TABLAS

Tabla 1. Puntos de muestreo (subcuencas) en el área de estudio.	57
Tabla 2. Distribución de las bandas en OLI y TIRS	59
Tabla 3. Clasificación de la cobertura del suelo para llevar a cabo la recolección de la muestra.	60
Tabla 4. Distancia en kilómetros cuadrados del área entre cada cobertura del suelo para el año 2013.	60
Tabla 5. Clasificación de las coberturas de suelo según la imagen de satélite Lansadt.	70
Tabla 6. Descripción de las coberturas de suelo para el año 2013.....	71
Tabla 7. Porcentaje total por coberturas de suelo para el año 2013 en la cuenca media y baja del río Pance.	72
Tabla 8. Parámetros fisicoquímicos del puente La Vorágine río Pance el mes de junio.	82
Tabla 9. Parámetros fisicoquímicos del Eco-parque río Pance para el mes de junio.	83
Tabla 10. Parámetros fisicoquímicos del Puente La Viga del río Pance para el mes de junio.	84
Tabla 11. Parámetros fisicoquímicos de la Desembocadura del río Pance para el mes de junio.....	84
Tabla 12. Parámetros fisicoquímicos del puente La Vorágine río Pance para el mes de agosto.	85
Tabla 13. Parámetros fisicoquímicos del Eco-parque río Pance para el mes de agosto.....	86

Tabla 14. Parámetros fisicoquímicos del puente La Viga del río Pance para el mes de agosto.	87
Tabla 15. Parámetros fisicoquímicos de la Desembocadura del río Pance para el mes de agosto.	87
Tabla 16. Parámetros fisicoquímicos del puente La Vorágine río Pance para el mes de octubre.	88
Tabla 17. Parámetros fisicoquímicos del Eco-parque río Pance para el mes de octubre.	89
Tabla 18. Parámetros fisicoquímicos del puente La Viga del río Pance para el mes de octubre.	89
Tabla 19. Parámetros fisicoquímicos de la Desembocadura del río Pance para el mes de octubre.	90
Tabla 20. Parámetros de la calidad del agua por puntos de muestreo para el mes de Junio del 2013.	91
Tabla 21. Parámetros de la calidad del agua por puntos de muestreo para el Agosto del 2013.	91
Tabla 22. Parámetros de la calidad del agua por puntos de muestreo para el mes de octubre del 2013.	92
Tabla 23. Color verdadero del agua para los meses analizados.	95
Tabla 24. Sólidos disueltos para los meses analizados.	95
Tabla 25. Sólidos suspendidos para los meses analizados.	97
Tabla 26. Cobertura del suelo en hectáreas para el año 2013.	97
Tabla 27. Suma parcial por coberturas de suelo.	98
Tabla 28. Porcentaje de variación de las coberturas de suelo para el año 2013.	98
Tabla 29. Promedio de los parámetros de la calidad del agua para el año 2013.	99
Tabla 30. Correspondencia entre el bosque y potencial de hidrogeno (pH).	100
Tabla 31. Correspondencia entre la cobertura de cultivos y potencial de hidrogeno (pH).	101
Tabla 32. Correspondencia entre la cobertura del área construida y el potencial de hidrogeno (pH).	103
Tabla 33. Correspondencia entre la cobertura de bosque y la conductividad eléctrica del agua.	104
Tabla 34. Correspondencia entre la cobertura de cultivos y la conductividad eléctrica del agua.	106
Tabla 35. Correspondencia entre la cobertura de área construida y la conductividad eléctrica del agua.	107
Tabla 36. Correspondencia entre la cobertura de bosque y los sólidos disueltos del agua.	108
Tabla 37. Correspondencia entre la cobertura de cultivos y los sólidos disueltos del agua.	109
Tabla 38. Correspondencia entre la cobertura de Área Construida y los sólidos disueltos del agua.	111

ANEXOS

Anexo A. Imagen Satelital del Landsat (8) del año 2013 del río Pance.	120
Anexo B. Imagen satelital con las bandas RGB (563).	121
Anexo C. Hoja de control y vigilancia externa de muestras establecidas por el laboratorio de ingeniería EIDENAR.	122
Anexo D. Informe de resultados para el muestreo del puente de la Vorágine del río Pance para el mes de octubre.	123
Anexo E. Informe de resultados para el muestreo del Eco parque río Pance para el mes de octubre.	124
Anexo F. Informe de resultados para el muestreo del puente la Viga del río Pance para el mes de octubre.	125
Anexo G. Informe de resultados para el muestreo de la desembocadura del río Pance para el mes de octubre.	126

ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS

ArcGICS: Es el nombre de un conjunto de productos de software en el campo de los Sistemas de Información Geográfica o SIG.

CINARA: Instituto de Investigación y Desarrollo en Abastecimiento de Agua, Saneamiento Ambiental y Conservación del Recurso Hídrico.

CVC: Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca.

EIDENAR: Escuela de Ingeniería de los Recursos Naturales y del Ambiente.

EMCALI: Empresas Municipales de Cali.

ESP: Empresa de servicio público.

FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación.

HIMAT: Instituto colombiano de Hidrología, Meteorología y adecuación de tierras.

INGEOMINAS: Instituto de Investigaciones Geológicas y Mineras.

LANDSAT (8): Es un satélite construido y puesto en órbita por Estados Unidos para la observación en alta resolución de la superficie terrestre.

MDE: Modelo digital de elevación.

NASA: Administración Nacional de la Aeronáutica y del Espacio.

OMS: Organización Mundial de la Salud.

RAS: Reglamento Técnico del sector de Agua Potable y Saneamiento Básico

SIG: Sistemas de Información Geográfica.

RESUMEN

El estudio de la calidad del agua involucra diferentes aspectos relacionados con la naturaleza física, química y biológica del agua en su estado natural, así como las alteraciones que sufre debido a los impactos generados por las actividades antropogénicas. Por ello, resulta necesario analizar los diferentes parámetros y procesos relacionados, de tal forma que pueda realizarse una revisión integral a sus características.

En ese sentido, la presente investigación fue llevada a cabo sobre la cuenca media y baja del río Pance; en ella se analizaron los cambios de cobertura del suelo (vegetación, pastos y áreas construidas) y sus efectos en la calidad del recurso hídrico. Los resultados se obtuvieron a partir de pruebas de laboratorio, en este caso el Laboratorio de Aguas y Residuos Ambientales de la Universidad del Valle, el cual cuenta con acreditación del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia, IDEAM. Además, se exploraron las coberturas de suelo por medio de una imagen satelital y trabajo de campo.

Para observar la influencia de la cobertura del suelo en la valoración de la calidad del agua a través del tiempo, se contó con una imagen satelital del proyecto Landsat identificada con path 09 y row 52, correspondiente a la ciudad de Santiago de Cali, obtenidas de Earthexplorer (USGS) y *land cover facility* de la Universidad de Maryland; la cual al ser geo-referenciada en el programa Arcgis 9.3, permitió la realización del mapa de cobertura del suelo (Bosque, Cultivos, Área Construida) para el año 2013. Se estableció además una correspondencia entre los promedios de cobertura de suelo y los promedios de calidad del agua como el pH, color verdadero, conductividad, sólidos disueltos, sólidos suspendidos totales, en tres meses: junio (seco), agosto (transición) y octubre (lluvias ligeras).

En cuanto a los resultados obtenidos, es importante mencionar que a pesar de que existe un crecimiento en la cobertura de bosque en la parte media baja para el año 2013, este mismo no puede contrarrestar la contaminación del agua. Esto si se tiene en cuenta que según el aumento observado en los gráficos de variación de los promedios de calidad del agua, ésta muestra una tendencia a ser regular.

Palabras Claves: Recurso Hídrico, calidad de agua, Cobertura de suelo, Pance, Cali.

ABSTRACT

The study of water quality involves different aspects of biological physical, chemical and water in its natural state as well as disturbance suffers from the impacts generated by anthropogenic activities. Therefore, it is necessary to analyze different parameters and related processes, so that a comprehensive review of their characteristics can be realized.

In that sense, this research was conducted on the middle and lower reaches of the river Pance; it changes in land cover (vegetation, pasture and built-up areas) and their effects on the quality of water resources were analyzed. The results were obtained from laboratory tests, in this case the Water and Environmental Laboratory Wastes from University of Valley, which has Accreditation Institute of Hydrology, Meteorology and Environmental Studies of Colombia, IDEAM. In addition, land covers were explored through a satellite image and field work.

To observe the influence of land cover in the assessment of water quality over time, he had a satellite image of Landsat project identified with path 09 and row 52, corresponding to the city of Santiago de Cali, obtained from Earthexplorer (USGS) and land cover facility at the University of Maryland; which to be geo-referenced in the Argics 9.3 program allowed for the map land cover (forest, crops, Built area) 2013. correspondence between average soil cover and averages was also established water quality such as pH, true color, conductivity, dissolved solids, total suspended solids in three months: June (dry), August (transition) and October (light rain).

As for the results, it is important to mention that even though there is an increase in forest cover in the lower middle of 2013, the same cannot counter water pollution. This bearing in mind that according to the increase observed in the graphs of variation of the average water quality, it shows a tendency to be regular.

Keywords: Water Resources, water quality, soil coverage, Pance, Cali.

INTRODUCCIÓN

El agua, al ser un recurso vital resulta imprescindible para la supervivencia del ser humano y la mayoría de las especies; es además, un recurso que con el paso del tiempo ha adquirido gran relevancia desde el punto de vista económico al ser utilizada en un buen número de actividades antropogénicas, de producción, y diversas formas de explotación del mismo. Esta realidad, conlleva a que aspectos clave como su conservación a partir del cuidado del suelo y de las cuencas hidrográficas, represente un desafío ante la creciente globalización y la proliferación de prácticas inadecuadas de cultivo, riego, entre otras.

Dicha situación, amerita parafrasear las palabras de Sarmiento¹, quien indicó en su momento que el manejo de las cuencas hidrográficas se ha enfocado principalmente en resolver el suministro de agua para el riego de grandes plantaciones, acueductos y generación de energía, sin darle la suficiente importancia a la producción y al manejo integrado de los recursos naturales que permitan a la población de las vertientes, su permanencia en el campo en condiciones que reduzcan el acelerado deterioro actual.

En el contexto colombiano, los esfuerzos intersectoriales se han materializado en políticas y lineamientos que generalmente dan lugar a planes de ordenamiento y manejo de cuencas, todo ello con el objeto de orientar el uso y manejo sostenible de los recursos naturales renovables, de manera que se consiga mantener o restablecer un adecuado equilibrio entre el aprovechamiento social y económico de tales recursos y la conservación de la estructura físico-biótica de la cuenca. En tal sentido, el Departamento del Valle del Cauca y puntualmente la ciudad de Santiago de Cali, están sujetos a normas que propenden por la conservación del recurso hídrico, más aun si se tiene en cuenta que la red hídrica de la capital se compone de siete ríos: Meléndez, Pance, Lili, Aguacatal, Cañaveralejo, y Cali, los cuales desembocan en el río Cauca.

Es por ello, que para efectos de este trabajo se tuvo en cuenta el río Pance, por tratarse de un afluente que nace en la región montañosa de la ciudad y que es relevante para la comunidad como fuente de ingresos, abastecimiento, recreación, entre otros. Actualmente en el cauce medio del río Pance, puntualmente en la zona conocida como La Vorágine, se vienen presentando actividades agrícolas y se ha desarrollado ampliamente la actividad comercial orientada al ecoturismo, por lo que es común encontrar un buen número de restaurantes, estaderos, cabañas, y fincas de veraneo que directa o indirectamente terminan impactando la salubridad del río debido a vertimientos, emisiones contaminantes, y prácticas

¹ SARMIENTO, Jesús. Introducción al manejo de cuencas hidrográficas. Bogotá. Universidad Santo Tomás. 1998.395 p.

inadecuadas en la disposición de residuos y desechos. Sumado a esto, en la parte baja del río Pance, desde el puente La Viga hasta la desembocadura del río Jamundí, se hace evidente la influencia de la construcción de parcelaciones, ganadería extensiva y cultivos de caña de azúcar, ocasionando un impacto directo a su cauce.

De acuerdo con estos antecedentes, se llevó a cabo un estudio a través de parámetros fisicoquímicos sobre el impacto de la cobertura del suelo (bosque natural, cultivos y áreas construidas) en la calidad del agua del cauce medio y bajo del río Pance. Para tal fin, se consideraron cuatro puntos de muestreo a lo largo del cauce del río (residencial, bosque, recreacional y cultivos). Los resultados obtenidos se compararon con los estándares de calidad para consumo humano vigente en Colombia y son expuestos en capítulos subsecuentes.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La Geografía Ambiental pese a no tener una definición única, tiende a ser un campo emergente de conocimiento en el que se evidencia la interrelación existente entre la geografía y las ciencias ambientales. Partiendo de tal planteamiento y considerándolo relevante para atender la dinámica cada vez más demandante del mundo, es pertinente para la geografía y puntualmente para efectos de este trabajo, estudiar eventos como el impacto que genera la cobertura del suelo en la calidad del agua, ya que con ello se contribuye a generar planes de mitigación en el corto, mediano y largo plazo.

Es así como desde una perspectiva geoambiental, cabe mencionar que a nivel nacional se presenta una problemática que contribuye al rápido deterioro de las cuencas hidrográficas, siendo el resultado de múltiples factores donde las actividades antropogénicas ocupan el primer lugar. Según cifras del Sistema de Información Ambiental de Colombia (SIAC)²:

El río Bogotá recibe cerca del 24% del total vertido a los sistemas hídricos del país, también son importantes los aportes contaminantes en las siguientes ocho subzonas, que incluyen los arroyos del Caribe, el río Porce, río Pance, los directos al Bajo Magdalena, el río Lebrija, Alto Putumayo y el Guatiquia, que reciben el 36% de la carga total vertida de carga orgánica y sustancias químicas. El vertimiento de sólidos totales en suspensión se estimó en 1.114.700 toneladas en el 2008, equivalente a 3.097 ton/día; de estas, el 8% proviene de aporte industrial, el 89% es doméstico y el 3%, cafetero.

La situación en Cali no es del todo ajena, según información del Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente (DAGMA), para el año 2013 “la calidad del recurso hídrico superficial del municipio de Santiago de Cali presenta índices que oscilan en su mayoría entre aceptable y malo de un año a otro”³. Este contexto se caracteriza por tener un sistema de acueducto conformado por cuatro fuentes superficiales (ríos Cali, Cauca, Meléndez y Pance), y cinco plantas de tratamiento. Una de ellas es La Rivera, la cual se abastece del Río Pance, donde trata sus aguas, con filtración múltiple y etapas básicas ya que sus aguas son de buena calidad, de baja turbiedad, y color. En temporada de lluvias y los días de alta afluencia de personas (bañistas), la bocatoma tiene que cerrar y operar desde su agua almacenada en la laguna para tales efectos.

² SISTEMA DE INFORMACIÓN AMBIENTAL DE COLOMBIA (SIAC). Calidad del agua superficial. {En línea}. {Consultado el 27 de enero de 2015}. Disponible en: <https://www.siac.gov.co/contenido/contenido.aspx?catID=860&conID=1373>

³ DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE GESTIÓN DEL MEDIO AMBIENTE (DAGMA). Informe Anual Estado de los Recursos Naturales y del Medio Ambiente Municipio de Santiago de Cali. Vigencia 2013.p.27

El río Pance al estar ubicado al sur de la ciudad y ser una de las fuentes hídricas de mayor importancia para la población, suele ser utilizado como área de esparcimiento y recreación por la comunidad caleña. Según el DAGMA, en cuanto a la calidad del agua para el periodo 2012-2013, esta fuente hídrica “presentó las mejores condiciones a la entrada al perímetro urbano en ambas vigencias al mantenerse aceptable, pero en la salida de éste cambió de aceptable a regular, situación que es generada por la sedimentación producida por la extracción de material de arrastre, que tiene este río”⁴.

Por lo anterior, resulta pertinente plantearse *¿Cuál es la correspondencia que existe entre la calidad del agua para el año 2013 y la valoración de cobertura del suelo en la cuenca media y baja del río Pance para el mismo año?* Partiendo de la hipótesis que *a mayor aumento de área construida en la parte media y baja en la cuenca, mayor contaminación en el agua del río, lo cual se refleja en los parámetros de calidad evaluados. De igual manera, los cambios de cobertura de cultivos, se reflejan en la disminución de la calidad del agua a lo largo del cauce. El poco incremento de la cobertura boscosa a lo largo de la cuenca hidrográfica no es capaz de contrarrestar la pérdida de calidad del agua a lo largo del río.*

⁴ Ibíd.p.28

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto de las áreas de coberturas de la parte media y baja del río Pance, sobre la calidad del agua en el mismo trayecto para el año 2013.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar la valoración de las áreas de coberturas del suelo en la cuenca media y baja del Río Pance para el año 2013.
- Describir las actividades antrópicas en el área de estudio observando su efecto sobre la calidad del agua a lo largo del río Pance en su parte media y baja.
- Identificar la correspondencia entre las áreas de coberturas del suelo a lo largo de la cuenca media y baja del río Pance y las variaciones en la calidad del agua para el año 2013.

3. MARCO REFERENCIAL

3.1. MARCO DE ANTECEDENTES

Existen estudios que demuestran como la calidad del agua está siendo afectada por diversos factores, entre ellos el uso del suelo, la producción industrial y agrícola, el tratamiento que se le da antes de ser vertida nuevamente a los cuerpos de agua, la cantidad misma del agua de los ríos y lagos ya que de ésta depende su capacidad de purificación. Entre dichos estudios, cabe mencionar los siguientes:

- Estudio de las relaciones entre cambio de uso de suelo, calidad del agua y salud pública, para valoración de servicios ambientales hidrológicos en la cuenca alta del río La Antigua, Veracruz.

Pierre⁵, llevó a cabo este estudio mediante una metodología que consistió en la descripción y análisis de la relación entre los datos de calidad del agua de los ríos, versus cobertura vegetal y calidad del agua versus salud pública de la zona de estudio, mediante un muestreo no aleatorio al agua de 10 ríos. En ellos se midieron parámetros como porcentaje de saturación de oxígeno, sólidos en suspensión, coliformes fecales, temperatura del agua y ambiente y por último los datos de caudal, durante el periodo de Julio-Septiembre de 2009. Encontró que existe una fuerte relación positiva entre la cantidad de sólidos en suspensión y los coliformes fecales mostrando significancia con todos los parámetros medidos.

- Uso del suelo y calidad del agua en quebradas de fincas con sistemas silvopastoriles en la subcuenca del Río Jabonal, Costa Rica.

Auquilla⁶ en su estudio buscaba analizar la variación de la calidad del agua y su relación con los usos de suelo y la época climática en fincas ganaderas, mediante parámetros fisicoquímicos y de macro invertebrados bentónicos, en los poblados de Peñas Blancas y Cerrillos en la Subcuenca del Río Jabonal, en Esparza, Costa Rica. Tomó muestras de agua durante los meses de marzo a septiembre del 2005 en tres puntos: uno a partir de la naciente, otro, aguas abajo de una franja de bosque y, por último, aguas abajo del área de pastoreo. El total de mediciones

⁵ PIERRE, Simón. Estudio de las relaciones entre cambio de uso de suelo, calidad del agua y salud pública, para valoración de servicios ambientales hidrológicos en la cuenca alta del río la antigua, Veracruz. Xalapa, México, 125 p.

⁶ AUQUILLA CISNEROS, Ruth Cecilia. Uso del suelo y calidad del agua en quebradas de fincas con sistemas silvopastoriles en la subcuenca del río Jabonal. Turrialba, 2005, 139p. Trabajo de investigación (Magíster Scientiae en Manejo Integrado de Cuencas Hidrográficas). Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza.

hechas fue de 65 distribuidas en época seca, transición y lluviosa. Los resultados de correlación y regresión, mostraron que la principal razón para la variación de la calidad del agua fue el cambio de uso de suelo en las fincas ganaderas, siendo los potreros, establos y asentamiento humanos los que más contribuyen a la contaminación. No obstante, entre las épocas de monitoreo no se registró diferencias en la mayoría de los parámetros fisicoquímicos que fueron considerados. Según los resultados, los nitratos, fosfatos, sólidos suspendidos, coliformes fecales, oxígeno disuelto y dureza total podrían ser los principales parámetros a tener en cuenta en las futuras evaluaciones.

- Determinación del efecto del uso (influencia antropogénica) sobre la calidad de agua de las fuentes de abastecimiento de la población en la cuenca del río Sarapiquí, Costa Rica.

Guerrero⁷ por su parte, analizó cómo el uso del suelo circundante y el estado de la captación afectan la calidad en las fuentes de abastecimiento de agua de la población de la cuenca del río ya mencionado. Para esto se realizó la toma de datos entre los meses de agosto a noviembre del 2008 y elaboró modelos de estimación de pérdida del suelo por medio de 37 puntos de muestreo (31 nacientes para consumo humano y 6 nacientes sin captar), por medio de pruebas de laboratorio como análisis de color, turbiedad, coliformes fecales, E. coli, fluoruro, conductividad, alcalinidad, pH, dureza total, análisis de varianza para cada variable y análisis de varianza multivariado junto con gráficos de conglomerados. Se estableció la relación existente entre los usos del suelo (bosque, regeneración, pasto, cultivos y urbano); el estado de la captación (muy bueno, bueno, regular, malo y sin captar) y el deterioro de la calidad del agua en las fuentes que se utilizan para consumo humano en esta cuenca para cada una de las nacientes. Concluyendo de esta manera cómo los factores que influyen directamente sobre la calidad del agua en las nacientes identificadas (uso del suelo, grado de pérdida del suelo asociado a la escorrentía superficial, estado de la captación y mantenimiento que se le da a dicha captación), no pueden ser analizados por separado. De ser así, dichos factores no jugarían un papel determinante en la calidad, a excepción del estado de la captación y su mantenimiento, cuya influencia permite su establecimiento y manipulación por parte de las ASADAS (Asociaciones Administradoras de Acueductos y Alcantarillados) para prevenir la influencia de otros factores sobre la calidad del agua en las nacientes en estudio.

⁷ GUERRERO HERNANDEZ, MANUEL. Determinación del efecto del uso (influencia antropogénica) sobre la calidad de agua de las fuentes de abastecimiento de la población en la cuenca del río Sarapiquí. San José, 2011, 234 p. Trabajo de grado (Magíster Scientiae en Manejo de Recursos Naturales). Universidad Estatal a Distancia. Escuela de Ciencias Exactas y Naturales. Programa de Maestría en Manejo de Recursos Naturales.

- Efecto del uso del suelo sobre la calidad del agua y las comunidades de peces en sistemas lóticos de la cuenca baja del río Santa Lucía. Uruguay.

En este estudio, Franco⁸ estableció cuatro puntos de muestreo diferentes en un área urbanizada y no urbanizada que permitiera comprobar las diferencias significativas entre los parámetros físico-químicos como temperatura, pH, oxígeno disuelto y conductividad, alcalinidad, sólidos totales y materia orgánica en suspensión; como forma de evaluar si existe una relación entre los valores del ICA (índice de calidad del agua) y el incremento del porcentaje del área urbana de cada sitio, se realizó una correlación no paramétrica de Spearman, la cual encontró al evaluar los valores del índice con respecto al uso del suelo que existe una fuerte relación entre el uso del suelo y la calidad de agua, donde se constató que las zonas que presentan una menor calidad del agua son aquellas áreas que presentan un alto porcentaje de urbanización en su cuenca de drenaje. Estos resultados hacen referencia a que la urbanización sin saneamiento en áreas agrícolas provoca un claro deterioro de la calidad del agua.

- Calidad Integral del Agua Superficial en la Cuenca Hidrológica del Río Amajac.

Otra investigación similar a las enunciadas fue la realizada por Acosta⁹. La metodología utilizada se basó en la expresión cuantitativa de la calidad del agua. Por medio de tres muestreos de agua (Primero Septiembre 2005, segundo noviembre del 2005, inmediatamente después que paso el Huracán Vilma y el tercero, en Enero del 2006) analizó parámetros como Oxígeno disuelto, Coliformes Fecales, pH, Demanda bioquímica de oxígeno, Nitratos, Fósforo total, Turbidez y Sólidos Totales Disueltos. Los datos permitieron establecer con técnicas estadísticas multivariadas (correlación lineal de Pearson) correlación entre las variables fisicoquímicas y microbiológicas, obtener el grado de asociación entre las variables analizadas entre la calidad del agua y la utilización del suelo en la cuenca del río. El análisis aplicado al estudio indicó que los componentes principales que representan la calidad integral del agua dentro de la cuenca estudiada son oxígeno disuelto, coliformes fecales, nitrógeno, fósforo, sulfatos, carbonatos, bicarbonatos, cloro y manganeso; los cuales explican más del 90% de la variabilidad total, lo que permitió concluir que las aguas del Río Amajac están libres de contaminantes y pueden utilizarse actividades agrícolas, engendrar peces y producción en hidroponía bajo condiciones de invernadero.

⁸ TEIXEIRA DE MELLO, Franco. Efecto del uso del suelo sobre la calidad del agua y las comunidades de peces en sistemas lóticos de la cuenca baja del río Santa Lucía. Uruguay, 2007, 58 p. Trabajo de grado (Magíster en Ciencias Ambientales). Universidad de la Republica.

⁹ ACOSTA HERNÁNDEZ, Elizabeth y otros. Contaminación del agua en el río Tulancingo, Estado de Hidalgo, México. En: Medioambiente en Iberoamérica. Visión desde la Física y la Química en los albores del Siglo XXI. Tomo I, por F Gallardo, pp: 335-341. Sociedad Iberoamericana de Física y Química Ambiental. Badajoz, España. 2006.

Actualmente en la ciudad de Santiago de Cali su acelerado crecimiento urbano ha conllevado a un sinnúmero de situaciones que inciden en el impacto de las cuencas de los ríos que atraviesan la ciudad, como lo son la urbanización en las riberas, vertimiento de aguas residuales, disposición de basuras, entre otras. Dentro del área de estudio en este caso el corregimiento de Pance se encuentra una población que suple sus necesidades con base en los recursos de la zona, ofreciendo de esta manera el desarrollo de actividades de recreación y esparcimiento entre las cuales se incluyen la pesca deportiva, camping, recorridos ecológicos, generando con ello problemas ambientales que se presentan en el río Pance, debido a la creciente demanda turística y la deficiente implementación de métodos de gestión y planificación en las áreas naturales, que conlleva a la utilización inadecuada y desmedida del agua, debido a la poca conciencia ambiental, la débil organización comunitaria y la poca información con que se cuenta sobre la calidad del agua.

En la cuenca hidrográfica del río Pance se han realizado diferentes trabajos que evalúan el estado de la cuenca en general, pero ninguno centra su interés en analizar el impacto que tiene la cobertura del suelo en la calidad del agua por medio de parámetros fisicoquímicos; por lo tanto este trabajo se constituye como uno de los primeros que intenta ubicar, analizar, y evaluar el efecto del cambio de cobertura sobre la calidad del agua en el cauce medio y bajo del río Pance en ciertas subcuencas.

3.2. MARCO CONTEXTUAL

Para efectos de tener una aproximación al área de estudio (parte alta, media y baja de la cuenca del río Pance), a continuación se presenta una breve descripción de la cuenca en general.

El río Pance nace en el cerro de Pance, la mayor altura de la Cordillera Occidental, a 4.200 m.s.n.m. y es el más alejado del perímetro urbano. Desemboca en el río Jamundí después de recorrer los grandes bosques húmedos de los Farallones y bajar por el corregimiento de Pance y La Vorágine, cruzando luego por el Parque de La Salud, los clubes sociales y caseríos como la Umbría y La Viga. Con una superficie de 8.975 ha, la cuenca está ubicada al sur occidente en zonas de ladera del municipio de Santiago de Cali, sobre la vertiente oriental de la Cordillera Occidental. La parte alta de la cuenca comprende desde el nacimiento hasta el corregimiento de La Vorágine y es la mejor conservada de las siete cuencas del municipio¹⁰, tal como se muestra en el Mapa Ubicación

¹⁰ DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE GESTION DEL MEDIO AMBIENTE (DAGMA). Informe de caracterización de aguas e índice de calidad de agua de los ríos Aguacatal, Cali, Cañaveralejo, Lili, Meléndez y Pance. 2010.

Geográfica del Municipio de Santiago de Cali y el corregimiento de Pance (Gráfico 1).

Es un río de características torrenciales, debido a que sus aguas descienden a gran velocidad por el cauce, impulsadas por las fuertes pendientes. Estas características de torrenciales incrementan las amenazas de avalanchas e inundaciones a lo largo del recorrido, especialmente en aquellos caseríos y corregimientos localizados en sus riveras¹¹. En la zona alta de la cuenca se encuentra gran parte del Parque Nacional Natural Los Farallones de Cali. El río transcurre densamente cubierto de vegetación natural, por un estrecho cañón en forma de V, con pendientes superiores a los 60°. Condición que dificulta el asentamiento humano en la parte alta.

En la zona media de la cuenca, desde La Vorágine un lugar visitado por los caleños los fines de semana hasta el club del Deportivo Cali, se presenta reducción de las pendientes que no superan los 20 grados.

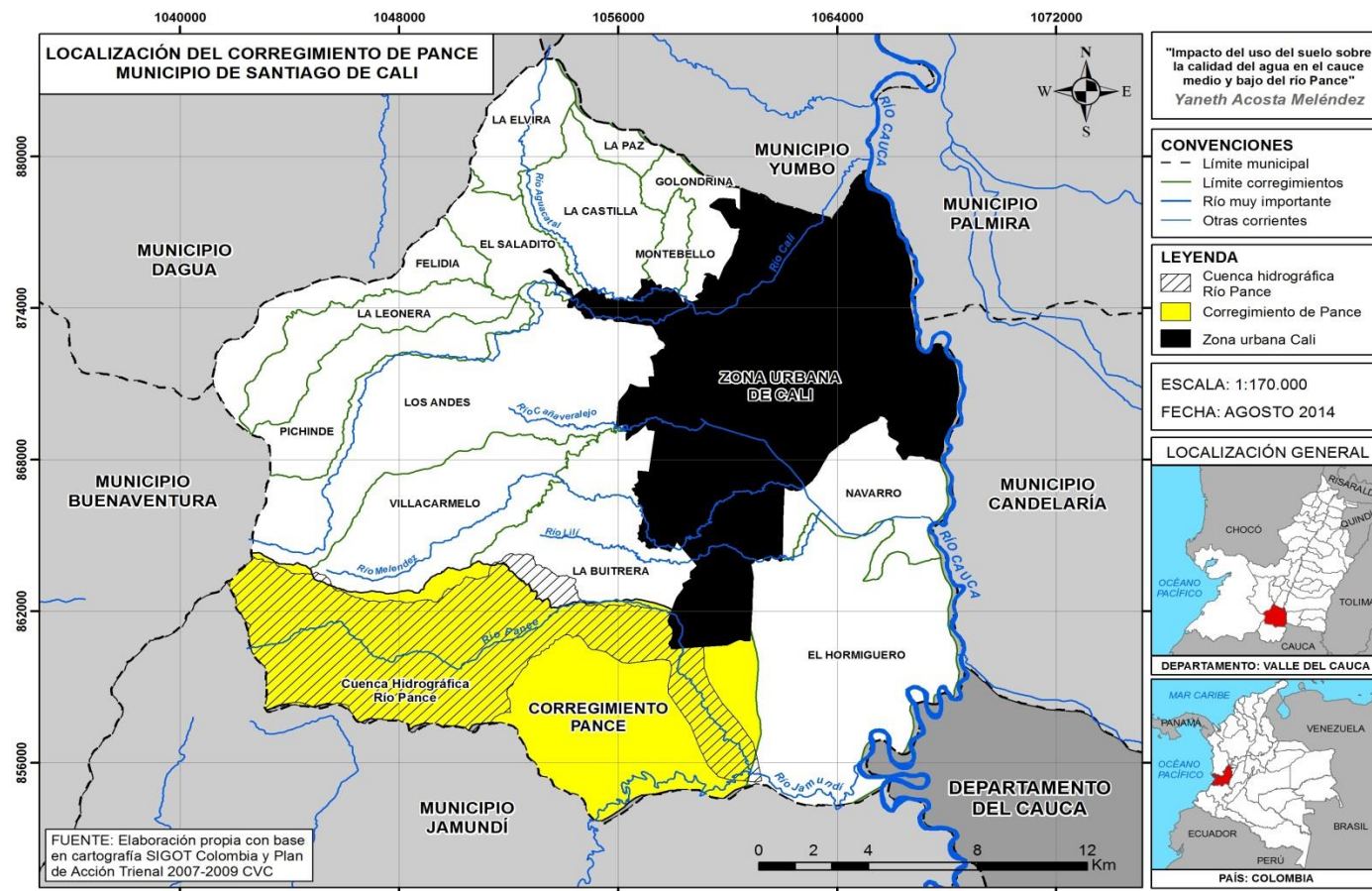
El parque de la salud, localizado en la parte media de la cuenca es destinado como uso recreacional. Es en este sector se localizan negocios relacionados con la actividad recreativa, los cuales ocupan zonas de protección y albergan una gran población en las riberas del río.

La zona baja de la cuenca desde el club Deportivo Cali hasta la desembocadura, se ha definido como una zona de pendientes bajas y cauce un poco profundo lo que hace que sus márgenes estén casi al mismo nivel que el terreno circundante, facilitando desbordamientos. El agua en esta parte se clasifica como intervenida y de calidad regular, debido a la concesión minera para la extracción de materiales de arrastre dada por el Ministerio de Minas y avalada por la CVC, también se encuentran condominios privados. En este punto la pérdida de vegetación arbórea es evidente, lo cual da paso a pastos y rastrojos, tal como se ilustra en el Mapa Ubicación de la cuenca del río Pance parte alta, media y baja (Gráfico 2).

En cuanto al lugar donde se desarrolló la investigación, es decir, la parte media de la cuenca del río, este es un sector caracterizado por presentar una reducción en las pendientes de sus terrenos, hasta el punto que estas no superan los 20°. En este sector existen predios donde se localizan negocios relacionados con la actividad recreativa, y de uso habitacional. Mientras que en la parte baja del río son pendientes muy bajas con un cauce poco profundo lo que hace que estén al mismo nivel circundante, lo que genera desbordamientos, de ahí en adelante la cobertura de suelo corresponde a cultivos, centros recreacionales, y de ganadería extensiva por su fácil acceso.

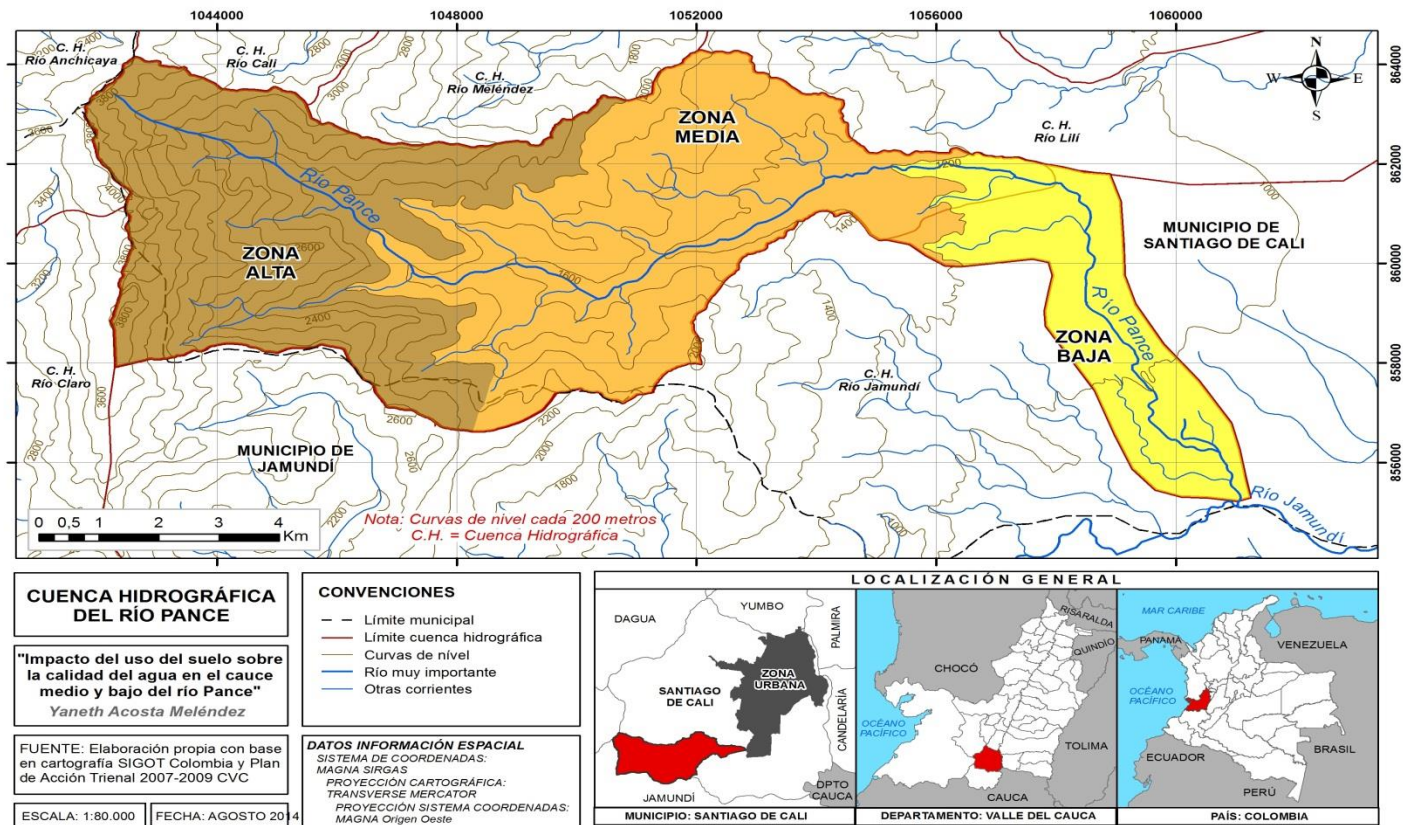
¹¹ Ibíd.p.12.

Gráfico 1. Mapa de Ubicación Geográfica del Municipio de Santiago de Cali y el corregimiento de Pance.



Fuente: La Autora, 2014. Con base en cartografía del SIGOT y plan de acción trienal 2007-2009 CVC.

Gráfico 2. Mapa Ubicación de la cuenca del río Pance parte alta, media y baja.



Fuente: La Autora, 2014. Con base en cartografía del SIGOT y plan de acción trienal 2007-2009 CVC.

3.3. MARCO TEÓRICO-CONCEPTUAL

3.3.1. El Agua y su ciclo

El agua es un recurso indispensable para los seres humanos por lo tanto entender el funcionamiento del ciclo hidrológico permite propiciar un manejo adecuado de las cuencas hidrográficas, ya que por medio de la lluvia, neblina y granizo, se posibilita el arrastre de sedimentos. Es por ello que la cuenca será el concepto principal a tener en cuenta en este trabajo, sin desconocer que sea necesario abordar conceptos como los expuestos a continuación.

3.3.1.1. El recurso agua

El agua es la sustancia que más abunda en la Tierra y es la única que se encuentra en la atmósfera en estado líquido, sólido y gaseoso. La mayor reserva de agua está en los océanos, que contienen el 97% del agua que existe en la Tierra, se trata de agua salada, que sólo permite la vida de la flora y fauna marina. El resto es agua dulce, pero no toda está disponible: gran parte permanece siempre helada, formando los casquetes polares y los glaciales, y la otra se encuentra en los ríos, lagos y ciénagas que son utilizados por los seres humanos para su consumo¹².

El agua resulta indispensable para la existencia y evolución de los ecosistemas. Es un factor derivado de condiciones climáticas y edafológicas por lo que su calidad y cantidad en la atmósfera y en el suelo tienen una repercusión directa en dichos ecosistemas. El agua es la parte esencial del protoplasma vegetal; constituyendo un elemento de gran importancia en la fotosíntesis y un medio indispensable de nutrición de las plantas. La importancia máxima corresponde al agua en el estado líquido.

El agua es un componente que ha estado presente en la tierra desde hace más de 3.000 millones de años¹³. La cantidad de ella en una región depende de su almacenamiento y mantenimiento según su área boscosa, imponiendo una regulación y conservación más racional de las reservas de agua, desde el momento de la captación, pasando por su consumo en ciudades y campos, hasta una adecuada y rigurosa purificación de los afluentes residuales.

¹² ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA (FAO). Ecología y enseñanza rural: El agua. {En línea} Organización de las Naciones Unidas. Roma. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/006/w1309s/w1309s00.htm#TopOfPage>

¹³ RIVADENEIRA, R. El sistema de agua potable y su influencia en la calidad de vida de los habitantes del caserío de la Paz y Huasimpamba bajo, parroquia La Matriz, Cantón, Pelileo, Provincia de Tungurahua. Ambato, Ecuador. 248 p. 2012.

El recurso del agua y su buen uso señalan el nivel de vida y desarrollo de los pueblos, por ello se hace necesario estudiar y resolver el problema del manejo y preservación del agua ante el gasto que viene en aumento, puesto que el agua dulce en este siglo XXI, va a ser el problema ambiental y político más decisivo que enfrentará la humanidad. El problema de escasez de agua debe conducir al ser humano a estudiar y desarrollar técnicas que permitan manipular el ciclo del agua en la naturaleza, para que la disponibilidad de agua aumente lo mismo que las crecientes demandadas de recursos hídricos.

3.3.1.2. Ciclo natural del agua

El ciclo natural del agua depende fundamentalmente de la interrelación entre una serie de factores: el volumen de las precipitaciones, así como su distribución en el tiempo y en el espacio; el sustrato geológico y el tipo de materiales, su permeabilidad y su resistencia; las características de los suelos, que influyen en la capacidad de retención de agua y de desarrollo de la vegetación

Es fundamental conocer cómo es el movimiento sobre la tierra, para saber en qué parte de este movimiento puede influir el ser humano. Como el agua siempre está en movimiento, siempre va a la atmosfera y regresa a la tierra en repetidas veces, entonces se dice que el agua se mueve en un ciclo conocido comúnmente como ciclo hidrológico, este presenta una interacción constante con el ecosistema debido a que los seres humanos dependen de este elemento para subsistir, el ciclo presenta dependencia de la atmosfera contaminada, ya que el grado de pureza del agua es un desarrollo convencional que va de la tierra a la atmosfera consecutivamente¹⁴.

El agua llega a la tierra como lluvia, neblina, rocío o, si hace suficiente frio en las nubes, como nieve, granizo, escarcha, procedente de la atmosfera donde se encuentra almacenada en forma de vapor, de este fenómeno conocido como la precipitación, no toda el agua cae directamente al suelo pues parte queda atrapada y retenida por el follaje, ramitas y ramas de vegetación, en forma de pequeñas gotas lo que es conocido con el nombre de interceptación. El agua cuando ha caído al suelo se escurre a través de su superficie y esto es conocido como escurrimiento superficial. Esta agua va a aumentar el caudal de los ríos, los cuales van a desembocar en el mar, en donde por acción del sol vuelve nuevamente a la atmosfera por la evaporación. Esta evaporación es colectada en las nubes a través de la condensación¹⁵.

El agua que transcurre por el suelo, entra a él aumentando su contenido de humedad, en forma de infiltración y regresa a parte de la atmosfera por efectos de

¹⁴ SARMIENTO, Jesús. Introducción al manejo de cuencas hidrográficas. Universidad Santo Tomás. Bogotá D.C. usta-RNR 395 p. 1998.

¹⁵ Ibíd.p.125.

traspiración de las plantas y la evaporación del suelo. El agua que se infiltró al suelo por percolación aumenta el almacenamiento de agua freática, la cual rinde sus flujos paulatinamente a los ríos o al mar, de donde regresa al lugar de origen nuevamente por evaporación.

3.3.1.3. Ciclo hidrológico

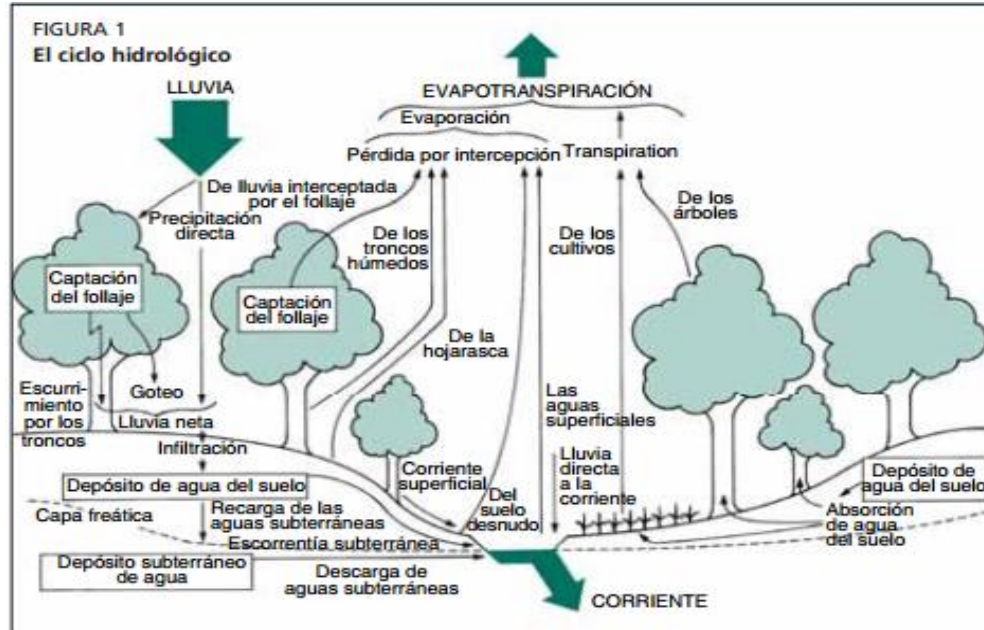
El ciclo hidrológico se podría definir como el “proceso que describe la ubicación y el movimiento del agua en nuestro planeta”. Es un proceso continuo en el que una partícula de agua evaporada del océano vuelve al océano después de pasar por las etapas de precipitación, escorrentía superficial y/o escorrentía subterránea.

El movimiento continuo del agua entre la tierra y la atmósfera se conoce como ciclo hidrológico. Se produce vapor de agua por evaporación en la superficie terrestre y en las masas de agua y por transpiración de los seres vivos. Este vapor circula por la atmósfera y precipita en forma de lluvia o nieve. Al llegar a la superficie terrestre, el agua sigue dos trayectorias. En cantidades determinadas por la intensidad de la lluvia, así como por la porosidad, permeabilidad, grosor y humedad previa del suelo, una parte del agua se vierte directamente en los riachuelos y arroyos, de donde pasa a los océanos y a las masas de agua continentales, el resto se infiltra en el suelo. Una parte del agua infiltrada constituye la humedad del suelo, y puede evaporarse directamente o penetrar en las raíces de las plantas para ser transpirada por las hojas. La porción de agua que supera las fuerzas de cohesión y adhesión del suelo, se filtra hacia abajo y se acumula en la llamada zona de saturación para formar un depósito de agua subterránea, cuya superficie se conoce como nivel freático. En condiciones normales, el nivel freático crece de forma intermitente según se va rellenando o recargando, y luego declina como consecuencia del drenaje continuo en desagües naturales como son los manantiales¹⁶

Esta agua de la atmosfera rellena los depósitos superficiales como los ríos y lagos, rehumedece el suelo y recarga acuíferos (estratos subterráneos de suelo permeable o roca). La mayor parte de la precipitación vuelve al mar directamente a través del flujo de agua subterránea costera o a través de las corrientes que se dirigen al mar, completando de esta manera el ciclo hidrológico. Es decir que el ciclo hidrológico se genera a partir de los siguientes pasos: precipitación, interceptación, evaporación, infiltración, transpiración, y escurrimiento superficial (ver figura, 1).

¹⁶ FRAUME, Néstor Julio. Manual abecedario ecológico: la más completa guía de términos ambientales. p.63

Gráfico 3. Ciclo hidrológico del agua



Fuente: FAO, 2003.

3.3.2. Propiedades físicas del agua

El agua pura es un líquido inodoro e insípido que sólo puede detectarse en capas de gran profundidad. El punto de congelación normal del agua es a los cero grados centígrados y su punto de ebullición se origina a los cien grados centígrados. El agua alcanza su densidad máxima a una temperatura de cuatro grados centígrados y se expande al congelarse¹⁷.

Como muchos otros líquidos, el agua puede existir en estado sobre-enfriado, es decir, que puede permanecer en estado líquido aunque su temperatura esté por debajo de su punto de congelación; se puede enfriar fácilmente a unos menos veinticinco grados centígrados (-25 °C) sin que se congele. Sus propiedades

¹⁷ CARDONA, Álvaro. El régimen jurídico de las Aguas. Instituto Colombiano de Derecho Ambiental. 4 p. 2003.

físicas se utilizan como patrones para definir, por ejemplo, escalas de temperatura¹⁸.

El agua es uno de los agentes con ionizantes más conocidos, puesto que todas las sustancias son de alguna manera solubles en agua, se le conoce frecuentemente como el disolvente universal. El agua se combina con ciertas sales para formar hidratos, reacciona con los óxidos de los metales formando ácidos y actúa como catalizador en muchas reacciones químicas importantes.

El agua es la única sustancia que existe a temperaturas ordinarias en los tres estados de la materia, o sea, sólido, líquido y gaseoso. Como sólido o hielo se encuentra en los glaciares y los casquetes polares, así como en las superficies de agua en invierno; también en forma de nieve, granizo y escarcha, y en las nubes formadas por cristales de hielo. Existe en estado líquido en las nubes de lluvia formadas por gotas de agua y en forma de rocío en la vegetación. Además, cubre las tres cuartas partes de la superficie terrestre en forma de pantanos, lagos, ríos, mares y océanos. Como gaseoso, o vapor de agua, existe en forma de niebla, vapor y nubes. El vapor atmosférico se mide en términos de humedad relativa, que es la relación de la cantidad de vapor de agua en el aire a una temperatura dada respecto a la máxima que puede contener a esa temperatura¹⁹.

El agua que se encuentra se mide también a través de la porción superior del suelo, en donde se adhiere, por acción capilar, a las partículas del mismo. En este estado, se le denomina agua ligada y tiene unas características diferentes del agua libre. Por influencia de la gravedad, el agua se acumula en los intersticios de las rocas debajo de la superficie terrestre formando depósitos de agua subterránea que abastecen a pozos y manantiales, y mantienen el flujo de algunos arroyos durante los períodos de sequía.

El agua es el componente principal de la materia viva, constituye del 50 al 90% de la masa de los organismos vivos. El protoplasma, que es la materia básica de las células vivas, consiste en una disolución de grasas, carbohidratos, proteínas, sales y otros compuestos químicos similares en agua. El agua actúa como disolvente transportando, combinando y descomponiendo químicamente esas sustancias. La sangre de los animales y la savia de las plantas contienen una gran cantidad de agua, que sirve para transportar los alimentos y desechar el material de desperdicio. El agua desempeña también un papel importante en la descomposición metabólica de moléculas tan esenciales como las proteínas y los

¹⁸ Ibíd. p.2

¹⁹ CARDONA, Álvaro. El régimen jurídico de las Aguas. Instituto Colombiano de Derecho Ambiental. 4 p. 2003.

carbohidratos. Este proceso, llamado hidrólisis, se produce continuamente en las células vivas²⁰.

Existe una ciencia que estudia la distribución del agua en la Tierra y se le conoce como la Hidrología la cual es la encargada de observar las reacciones físicas y químicas con otras sustancias existentes en la naturaleza, es decir su relación con la vida en el planeta.

3.3.3. Factores físicos y geográficos del agua

Factores como la estructura hidrográfica y el régimen de precipitación constituyen el marco físico para identificar, a grandes rasgos, las posibilidades de aprovechamiento y de protección del recurso hídrico.

El factor físico condiciona el espacio con sus accidentes, formas y aptitudes para el aprovechamiento, en tanto los factores geográficos condicionan la cantidad y distribución del agua caída los cuales afectan el medio físico, pudiendo ser de tipo local (regímenes de caudales). Si se conjugan los factores anteriores, se puede visualizar los eventos de escorrentía y flujos dentro de una dinámica que marca la naturaleza de las aptitudes y los tipos de aprovechamiento posibles: hidro-energía, adecuación de tierras, navegación, agua potable, uso doméstico, entre otros.

Los tipos de consumo señalados y el aumento de la población en el último siglo han causado a la vez un aumento en el consumo del agua, generando consigo campañas que permitan concientizar a las personas de cómo se debe utilizar el recurso hídrico.

3.3.4. Manejo integrado de una cuenca hidrográfica

El manejo de una cuenca hidrografía es una estrategia que sirve a la contribución del ordenamiento territorial, reduciendo la vulnerabilidad de desastres en especial a los de origen climático y desarrollo sostenible por los seres humanos.

El abordaje del manejo integrado de cuencas hidrográficas, se atribuye como una unidad lógica para la planificación, que obliga explícitamente a reconocer que el desarrollo basado sobre la tierra o el recurso hídrico, depende de la interacción de las actividades que tienen lugar en ella. Su ordenamiento implica la definición de objetivos y finalidades, el relevamiento de los factores y elementos que interactúan en la cuenca, el diagnóstico de situación, la planificación de acciones, el control y verificación de procedimientos, y la evaluación económica.

²⁰ DE ANDA CÁRDENAS, Pascual. Química I. Umbral editorial, S.A de CV. p.170.

3.3.5. Cuenca hidrológica

Las cuencas hidrológicas son unidades morfológicas constituidas por la cuenca hidrográfica y las aguas subterráneas. Cuando el relieve y fisiografía, tienen una forma y simetría diferente a la configuración geológica de la cuenca, se puede decir que existe una cuenca subterránea, que cambia la dirección del flujo superficial para alimentar a la cuenca hidrográfica como un todo²¹.

Las cuencas hidrológicas se conocen como una depresión del terreno que es limitada por puntos de mayor elevación en ella misma, es decir una parte del agua que cae dentro de su área es drenada hasta la principal corriente, situada en el eje central de la cuenca. Estas unidades son importantes dentro del proceso erosivo del relieve de la cuenca, ya que una parte de la lluvia se desliza por la superficie terrestre en forma de ríos propiciando de este modo la creación de las cuencas hidrográficas. (Ver Gráfico 4).

Gráfico 4. División hidrológica e hidrográfica de una cuenca.



Fuente: World Visión, 2004.

3.3.6. Cuenca hidrográfica

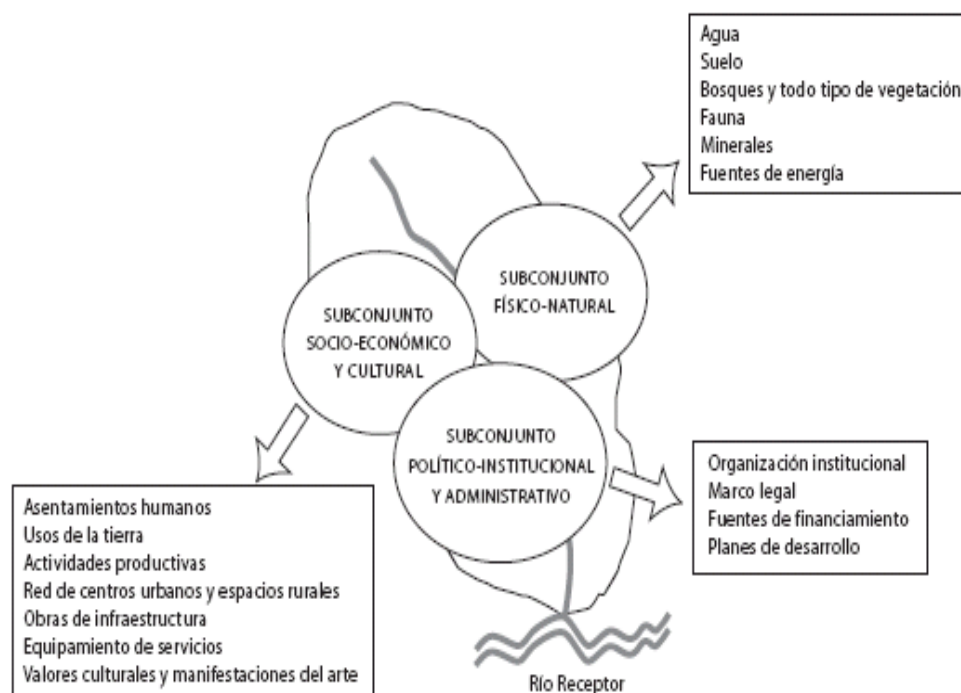
Una cuenca hidrográfica es un área natural que se crea principalmente por medio de la precipitación formando un curso principal de agua; la cuenca hidrográfica se

²¹ WORLD VISIÓN. Manual de manejo de cuencas: módulo 7. Monitoreo y evaluación de manejo de cuencas. El Salvador. 154 p. 2004.

conoce como la unidad fisiográfica conformada por el conjunto de los sistemas de cursos de agua definidos por el relieve. Los límites de una cuenca hidrográfica se definen naturalmente como divisoras de agua las cuales corresponden a las partes más altas del área que encierra un río. La cuenca es conformada por componentes biofísicos (agua, suelo), biológicos (flora y fauna) y antropogénicos (socioeconómicos, culturales, institucionales), que están todos interrelacionados y permiten un equilibrio de tal manera que al afectarse uno de ellos, se produce un desequilibrio que pone en peligro todo el sistema²². Puesto que la cuenca es la unión e inicio de los demás recursos naturales que hay en la tierra.

En el Gráfico 5 se esquematiza la cuenca hidrográfica como habitualmente se representa por (3) subconjuntos y sus elementos componentes que forman la estructura y funcionalidad de una cuenca. Son tres factores esenciales dentro de la relación de armonía sociedad-naturaleza, cuya ordenación y manejo adecuado condiciona la disponibilidad y la calidad del agua y los procesos asociados a ella, junto con la construcción de la sociedad a futuro en la cuenca hidrográfica.

Gráfico 5. Esquema de una cuenca hidrográfica



Fuente: Revista Forestal Venezolana, 2010.

²² RAMAKRISHNA, B. Estrategia de extensión para el manejo integrado de cuencas hidrográficas: conceptos y experiencias. San José, CR, IICA. P 19. 1997.

La cuenca hidrográfica es una división figurativa de la superficie terrestre que permite entender la interacción del sistema biofísico con el socioeconómico. Esta visión integral permite valorar el nivel de intervención del ser humano y los problemas generados en forma natural y antrópica, los cuales a veces corresponden a las partes altas, laderas, lugares ondulados, sitios planos y zonas bajas, cuando la cuenca conduce su drenaje a un océano.

3.3.6.1. Definición de cuenca hidrográfica desde la geografía

El concepto de cuenca hidrográfica ha sido utilizado por muchos geógrafos a través del tiempo. Es importante discutir qué el concepto enriquece, qué aporta a la disciplina, qué plantea en la utilización y formulación de los problemas de ordenamiento de cuencas.

Se expresa desde diferentes corrientes del pensamiento geográfico. Al considerar el foco de atención o abordaje que han incorporado diferentes corrientes²³, podemos ver los problemas que se presentan día a día. Una de las perspectivas se centra en cómo el ser humano se relaciona con el medio, la otra es aquella dedicada al estudio de las localizaciones a través de técnicas cuantitativas, especialmente relacionada a la teoría de los sistemas.

En realidad, el enfoque centrado en la relación entre el ser humano y el medio ambiente solo retoma como novedad a problemas tratados por las primeras corrientes de pensamiento geográfico moderno.

La nueva geografía y la geografía cuantitativa son corrientes del pensamiento geográfico que toman ambas perspectivas. Según Lobato Correa²⁴, la cuenca es como uno de los muchos criterios aplicados en la diferenciación de espacios, uno de los tantos que permite regionalizar. Pero para la nueva geografía significa uno de los más eficientes en la incorporación de las perspectivas mencionadas, combinándolas con la teoría de los sistemas.

Esta corriente define a la región como "...un conjunto de lugares en donde las diferencias internas de cada uno son menores de las que existen entre ellos y cualquier elemento de otro conjunto de lugares"²⁵. Aquí, el instrumento se basa en técnicas estadísticas cuya aplicación garantiza la correcta división regional de la superficie terrestre, y permite garantizar la máxima objetividad por parte del investigador que realice la división. Mientras que el sistema de regiones es un sistema clasificatorio, concebido ya como la división lógica de los individuos.

La clasificación regional realizada con base en la delimitación de cuencas hidrográficas cumple a la perfección con los requisitos de esta corriente ya que la cuenca constituye una unidad física bien caracterizada, cuya diferenciación es

²³ LOBATO CORREA, Roberto. Região e Organização Espacia. Editora: Ática. São Paulo, 2000.

²⁴ Ibíd.p.12

²⁵ Ibíd. p.14

excluyente de las otras partes de la superficie terrestre que son drenadas por un determinado curso de agua y sus tributarios, limitada, periféricamente por el llamado divisor de aguas²⁶.

El hecho de poder esquematizar para cualquier sistema hídrico una concatenación jerárquica de cuencas y subcuencas, desde las cabeceras hasta el curso de agua final que da el nombre a toda superficie drenada –su cuenca-, permite interpretar el terreno, como cara empírica, aquel sistema clasificatorio, tanto sea como división lógica como el agrupamiento de atributos de la superficie terrestre. Es decir, qué la cuenca hidrográfica es la expresión territorial de un segmento específico de la realidad social. Ya que si tomamos a la geografía como una ciencia de la sociedad su objeto deberá ser un segmento específico de la realidad. Una realidad que se encuentra diferenciada por grupos, cuyas razones y determinaciones no comienzan por un recorte del territorio elegido.

3.3.6.2. Componentes y elementos de la cuenca hidrográfica

La cuenca hidrográfica, se puede considerar como un sistema complejo compuesto por las interacciones de los subsistemas biofísico, económico, social y cultural.

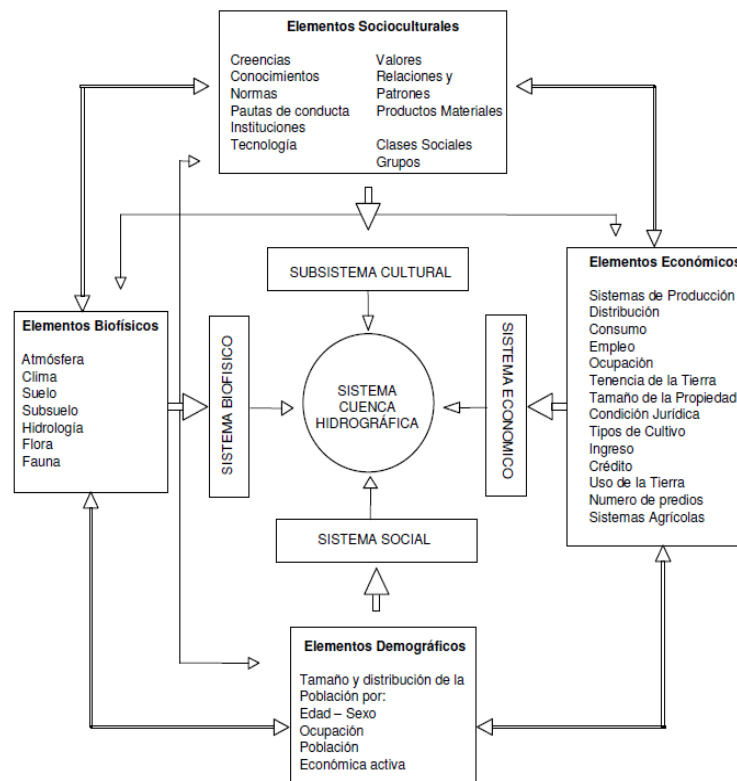
Como subsistema biofísico la cuenca está constituida por una oferta ambiental en un área delimitada por la divisoria de aguas y con características específicas de clima, suelos, bosques, red hidrográfica, cobertura del suelo, componentes geológicos, etc. Como subsistema económico la cuenca presenta una disponibilidad de recursos que se combinan con técnicas diversas para producir bienes y servicios; es decir, en toda cuenca hidrográfica existe alguna o algunas posibilidades de explotación o transformación de recursos. Como subsistema social involucra las comunidades humanas asentadas en su área, demografía, acceso a servicios básicos, estructura organizativa, formas de organización, actividades, entre otros, que necesariamente causan impactos sobre el ambiente natural. También incluye el conjunto de valores culturales y tradicionales, normas de conducta y creencias de las comunidades asentadas.

Presenta una disponibilidad de recursos que se combinan con técnicas diversas para producir bienes y servicios; es decir, en toda cuenca hidrográfica existe alguna o algunas posibilidades de explotación o transformación de recursos. Como subsistema social involucra las comunidades humanas asentadas en su área, demografía, acceso a servicios básicos, estructura organizativa, formas de organización, actividades, entre otros, que necesariamente causan impactos sobre el ambiente natural. También incluye el conjunto de valores culturales y tradicionales, normas de conducta y creencias de las comunidades asentadas.

²⁶ ROLIM PROCHNOW, Myriam. "Planeamiento de bacías hidrográficas". En: II Encuentro de geógrafos de América Latina. T° II; Geografía, poder y planificación. Montevideo, Marzo. 1989.

En el Gráfico 6 se presenta un modelo de interpretación de cuenca hidrográfica. En este sistema abierto existen influencias y dependencias entre y hacia los elementos de los subsistemas, lo cual se manifiesta en una dinámica de comportamiento que es compleja y que obliga a analizarla en forma integral²⁷.

Gráfico 6. Modelo conceptual para la interpretación de una cuenca hidrográfica.



Fuente: García, 2002.

3.3.7. Coberturas del suelo en una cuenca

Los bosques y el agua son los principales protagonistas del desarrollo de la vida en los ecosistemas: los primeros, por ser productores y partícipes de una gran cantidad de funciones, y el agua por ser el líquido conductor, regulador y portador

²⁷ GARCÍA, Wilealdo. Planificación de Cuencas Hidrográficas bajo la perspectiva de los sistemas complejos. Medellín. 2002. Tesis Posgrado (Especialista en Gestión Agroambiental). Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Facultad de Ciencias Humanas. 2002.

de la vida. Es comúnmente aceptado que la cobertura vegetal como los bosques permiten regular el caudal y a reducir la escorrentía²⁸.

La cobertura vegetal y los usos del suelo (los distintos propósitos humanos con los que se aprovechan estos atributos) determinan el funcionamiento de los ecosistemas terrestres: afectan directamente a su biodiversidad, contribuyen a los cambios climáticos locales, regionales y globales y son las fuentes primarias de la degradación de los suelos. La cobertura vegetal constituye la expresión conjunta de las plantas oriundas o introducidas y la utilización antrópica que se hace del medio biofísico de un área. Es una de las más importantes manifestaciones espaciales de los paisajes naturales y culturales de un territorio²⁹.

Para ordenar los bosques y los recursos hídricos con el fin de contribuir al bienestar humano no basta simplemente los conocimientos técnicos. Si bien la información técnica puede servir de base para evaluar la vinculación entre las distintas zonas de una cuenca hidrográfica y para realizar análisis económicos, es necesaria la transformación de esta información en prácticas de gestión que permitan crear un marco normativo que favorezca la integración de la ordenación de tierras y aguas.

La pérdida de cubierta forestal puede perjudicar el suministro de agua dulce, poner en peligro la seguridad alimentaria de millones de personas e impedirles ganarse la vida y mantener a sus familias. Es decir que los bosques permiten la filtración del agua, mejorando con ello la calidad del agua, siendo el principal ordenador del recurso para la utilidad de las tierras.

3.3.8. Manejo integrado de cuencas

Se define a la cuenca como un sistema porque se encuentra integrada por medio de subsistemas permitiendo con ello una mejor planificación, manejo, gestión, captación y concentración de aguas superficiales en el que interactúan recursos naturales y asentamientos humanos dentro de un complejo de relaciones, donde los recursos hídricos aparecen como factor determinante. El territorio cuenca es la relación entre sus habitantes, independientemente de si éstos se agrupan allí en comunidades delimitadas por razones político-administrativas, debido a su dependencia común a un sistema hídrico compartido, a los caminos y vías de acceso y al hecho de que deben enfrentar peligros comunes³⁰.

²⁸ ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA (FAO). Los bosques y el agua dulce: Conexiones vitales. {En línea}. Colombia. 2003. Disponible en <http://www.fao.org/spanish/newsroom/focus/2003/wfc2.htm>

²⁹ MENDOZA, Manuel y otros. Análisis de la aptitud territorial. Una perspectiva biofísica. México D.F. 2009. 144 p.

³⁰ GARCÍA, Wilealdo. Planificación de Cuencas Hidrográficas bajo la perspectiva de los sistemas complejos. Medellín. 2002. Tesis Posgrado (Especialista en Gestión Agroambiental). Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Facultad de Ciencias Humanas.

Son el conjunto de acciones que se realizan para proteger, conservar, utilizar, aprovechar, manejar y rehabilitar adecuadamente los recursos naturales en las cuencas hidrográficas de acuerdo a los enfoques sistémico, socio ambiental, integral, multi-interdisciplinario, intersectorial y del agua como recurso integrador de la cuenca. Promueve y busca la sostenibilidad ecológica, social y económica de los recursos naturales y el ambiente en el contexto de la intervención humana, sus necesidades y responsabilidades y del riesgo y la ocurrencia de desastres, principalmente de origen hidro-meteorológico³¹.

Dado que la cuenca hidrográfica está relacionada con la producción de algún tipo de bien o servicio para la comunidad que la habita, alguno de sus componentes y por consiguiente sus objetivos deben estar relacionados con algún bien o servicio como producción de agua para el consumo humano, producción de recursos naturales para su explotación y posterior transformación, protección de la biodiversidad, etc.

3.3.9. Calidad del agua

La definición de calidad del agua, es entendida desde diferentes ámbitos como al uso que se destina, de este modo las características físicas, químicas y biológicas de las aguas superficiales (quebradas, ríos y lagos) y subterráneas deben cumplir con los requerimientos establecidos para cada uso, como consumo humano, industrial, abrevaderos, agricultura, entre otros.

La calidad del agua está definida por su composición química y por sus características físicas y biológicas, adquiridas a través de los diferentes procesos naturales y antropogénicos. Estos implican contacto y disolución de los componentes minerales de las rocas sobre las cuales el agua actúa como agente meteorizante, en sus diferentes estados de agregación (sólidos, líquidos y gaseoso).

La calidad del agua de un río tiende a modificarse debido a actividades antrópicas como agricultura, ganadería entre otros. La calidad del agua en los sistemas de abastecimiento está amenazada por el mal uso que se tiene sobre el recurso hídrico, el cual influye en las descargas de aguas residuales sin tratamiento adecuado, siendo este un limitante para la infraestructura de tratamiento y la

³¹ JIMÉNEZ, Francisco. Reconocimiento inicial de la cuenca e identificación y caracterización de actores claves. Material de referencia en curso de Maestría en Manejo y gestión integral de cuencas hidrográficas I. Turrialba, CR. CATIE. 2009. 14 p

distribución del agua para consumo humano³². La calidad del agua está determinada por la presencia y la cantidad de contaminantes, identificables a través de indicadores físico-químicos como lo son el pH conductividad y la cantidad de sales generando la presencia de fertilizantes, plaguicidas, hidrocarburos, metales pesados y contaminación biológica (materia fecal, entre otros) contribuyen a la modificación de los indicadores físico, químico y biológico³³. Como ya se comentó los seres humanos tienen una gran influencia en todos estos factores. Ya que estos influyen en ser contaminantes directos en la calidad del agua.

Al evaluar la calidad de agua es importante identificar las actividades que ejercen influencia directa o indirecta, además de identificar las características geográficas del área (uso de la tierra, clima, pedología, hidrología), usos del agua (canales, embalses, abastecimiento para ciudades, industrias, agricultura, navegación, recreación, etc.); además de las fuentes contaminantes incluyendo, domésticas, industriales y agricultura³⁴.

3.3.10. Estándares de calidad de agua potable según la OMS

Desde 1958 la OMS, ha publicado periódicamente “Estándares Internacionales de Agua Potable” que luego se llamaron “Guías para la Calidad del Agua Potable”. Estas Guías internacionales buscan mejorar la calidad del agua potable y la salud humana al ser usadas como base para la regulación de los estándares de agua potable en los países alrededor de todo el mundo.

Hasta el momento se han publicado tres ediciones de las Guías de Calidad de Agua Potable. Las dos primeras ediciones fueron utilizadas como directrices para establecer las normas internas que regulan el agua potable de cada uno de los países. La tercera edición hace una evaluación de riesgo, es decir, describe un “Marco para la Seguridad de Agua potable ” y habla de los papeles y las responsabilidades de los distintos tenedores, incluyendo los papeles complementarios de reguladores nacionales, proveedores, comunidades y agencias "de vigilancia" independientes³⁵. En esta edición la información sobre

³² REYES, Karen. Análisis del estado de las fuentes de agua para consumo humano y funcionamiento de los acueductos rurales en la cuenca del río la Soledad, Honduras, 2006, 227p. Tesis (Mag. Sc. En Manejo de cuencas hidrográficas). Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Programa de Educación para el Desarrollo y la Conservación.

³³ *Ibíd.*

³⁴ CHAPMAN, D. Water Quality Assessments. A Guide to the use of biota, sediments and water in environmental monitoring. UNESCO. GB. 565 p. 1992.

³⁵ ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD (OMS). Guías para la calidad del agua potable Primer Apéndice a la Tercera Edición, Volumen 1, Recomendaciones. 2006.

muchas sustancias químicas fue revisada por la OMS para considerar la inclusión de nuevas sustancias químicas que no habían sido consideradas con anterioridad.

Para establecer los estándares adecuados para el agua potable, la OMS debe realizar una investigación y un análisis posterior que le permitan verificar si esos estándares cumplen su misión principal de proteger la salud pública. La OMS se encarga simplemente de concentrar y establecer las pautas, que son adoptadas e impuestas por algunos países voluntariamente, ya que cada país es libre de establecer sus propias normas, las cuales pueden ser menores, iguales y/o más estrictas que las recomendadas por la OMS. (Ver Gráfico 7)

Gráfico 7. Estándares de calidad para consumo humano.

PARAMETRO	UNIDAD	OMS	ARG	BOL	BRA	CÓL	CRI	CHI	ECU	SLV	GTM	MEX
Año		2006	1994	1997	1990	1998	1997	1984	1992	1997	1998	1994
Origen		Valores Guía	Código Alimentario	IBNORCA NB512	Porta- ría 36-GM	DEC 475/98	Dto. 25991-S	NCH 409/1	IEOS	NSO 130701	NGO 29001	NOM- 127- SSA1
MICROBIOLÓGICOS												
Coli fecales o E. coli	UFC/100mL	0	0	0	0	0	0	0	-	0	2.2	0
Coliformes Totales	UFC/100mL	0	3	0	0	1	-	1	1	0	2.2	2
Bact. Heterotróficas	UFC/mL	-	-	-	-	-	-	-	-	100	-	-
QUÍMICOS DE IMPORTANCIA PARA LA SALUD												
INORGÁNICOS												
Antimonio	mg/L	0.02	-	0.005	-	0.005	0.05	-	0.005	0.005	-	-
Arsénico	mg/L	0.01	0.05	0.05	0.05	0.01	0.01	0.05	0.05	0.01	0.01	0.05
Bario	mg/L	0.7	-	0.7	1	0.5	-	-	0.7	0.7	0.7	0.7
Boro	mg/L	0.5	-	0.3	-	0.3	-	-	0.3	0.3	0.3	-
Cadmio	mg/L	0.003	0.005	0.005	0.005	0.003	0.05	0.01	0.003	0.003	0.003	0.005
Cianuro	mg/L	0.07	0.1	0.07	0.1	0.1	0.05	0.2	0.1	0.05	0.07	0.07
Cobre	mg/L	2	1	1	1	1	2	1	1	1	1.5	2
Cromo	mg/L	0.05	0.05	0.05	0.05	0.01	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Fluoruro	mg/L	1.5	1.7	1.5	Variable	1.2	1.5	1.5	1.5	1.7	1.7	1.5
Manganeso	mg/L	0.4	0.1	0.1	0.1	0.1	0.5	0.1	0.1	0.1	0.5	0.15
Mercurio	mg/L	0.006	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
Moibdeno	mg/L	0.07	-	-	-	0.07	-	-	-	-	-	-
Níquel	mg/L	0.07	-	0.05	-	0.02	0.05	-	-	0.05	0.02	-
Nitrato	mg/L	50	45	-	10	10	50	10	10	10	45	10
Nitrato	mg/L	3	0.1	0.1	-	0.1	3	1	1	0.1	0.01	1
Plomo	mg/L	0.01	0.05	0.01	0.05	0.01	0.01	0.05	0.05	0.01	0.01	0.01
Selenio	mg/L	0.01	-	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.05

Fuente: OMS

Fuente: Normatividad de la OMS, 2006.

3.3.11. Normas de calidad del agua para consumo humano en Colombia

La calidad de los recursos hídricos se entiende como el conjunto de características físicas, químicas y biológicas que definen el agua en su estado natural, pero para establecer los parámetros que permiten clasificar el agua según su calidad es necesario especificar el uso predominante que se le dará. En el caso que nos interesa ahora, se abordará la calidad del agua para consumo humano.

Según las normas de calidad para consumo humano, desde 1984, con la emisión del decreto 1594 se estipulan los criterios de calidad que deben alcanzar las fuentes de agua para posibilitar los diferentes usos; en él se indican los criterios de calidad como guías para ser utilizadas para el ordenamiento, asignación de usos al recurso y determinación de las características del agua para cada uso. Establece además que los usos del agua serán: consumo humano y doméstico, preservación de flora y fauna, agrícola, pecuario, recreativo, industrial y transporte así como que en los sitios donde se asignen usos múltiples, los criterios de calidad para la destinación del recurso, corresponderán a los valores más restrictivos de cada referencia.

La Resolución 1096 de 2000 (RAS), contiene lineamientos para definir los niveles de tratamiento del agua para “consumo humano”, en función de la calidad de la fuente, que va desde aceptable a muy deficiente, de acuerdo con su grado de contaminación (Ver Gráfico 8).

Gráfico 8. Parámetros para los diferentes niveles de calidad establecidos en el RAS

Parámetros para los diferentes niveles de calidad establecidos en el RAS				
Parámetros	Nivel de calidad de acuerdo al grado de polución			
	1. Fuente aceptable	2. Fuente regular	3. Fuente deficiente	4. Fuente muy deficiente
DBO5 Promedio mensual mg/L	≤ 1.5	1.5 - 2.5	2.5 - 4	>4
DBO5 Máximo diario mg/L	1 - 3	3 - 4	4 - 6	>6
Coliformes totales (NMP/100 mL)				
Promedio mensual	0 - 50	50 - 500	500 - 5000	>5000
Oxígeno disuelto mg/L	>=4	>=4	>=4	<4
pH promedio	6.0 - 8.5	5.0 - 9.0	3.8 - 10.5	
Turbiedad (UNT)	<2	2 - 40	40 - 150	>= 150
Color verdadero (UPC)	<10	10 -20	20 - 40	>= 40
Gusto y olor	Inofensivo	Inofensivo	Inofensivo	Inaceptable
Cloruros (mg/L - Cl)	< 50	50 - 150	150 - 200	300
Fluoruros (mg/L - F)	<1.2	<1.2	<1.2	>1.7
GRADO DE TRATAMIENTO				
Necesita un tratamiento convencional	NO	NO	Si, hay veces (ver requisitos para uso FLDE: literal C.7.4.3.3)	SI
Necesita unos tratamientos específicos	NO	NO	NO	SI
Procesos de tratamiento utilizados	(1) = Desinfección + Estabilización	(2) = Filtración Lenta o Filtración Directa + (1)	(3) = Pretratamiento +[Coagulación +Sedimentación +filtración Rápida] o [Filtración Lenta Diversas Etapas] + (1)	(4) = (3) + Tratamientos específicos

Fuente: Universidad del Valle. Marcos legales e institucionales en Colombia y su impacto sobre Instituto CINARA, Universidad del Valle. (2006).

De igual manera, el RAS indica que las corrientes hídricas superficiales están sometidas a contaminación, por lo cual sólo pueden considerarse como fuente de agua “potable”, una vez se tomen medidas para la protección de la calidad del agua, como la vigilancia de la cuenca, aislamiento de las rondas hídricas e instalación de plantas de tratamiento de agua. En el caso en que la fuente de agua corresponda a recursos hídricos subterráneos, el reglamento indica los tratamientos que deben realizarse para la remoción de hierro y manganeso. Este reglamento establece que el agua para consumo humano debe cumplir los requisitos de calidad microbiológica, organoléptica y fisicoquímica exigidos en el Decreto 475 de 1998.

En materia de medidores, el RAS señala la obligatoriedad de instalar medidores domiciliarios para cada uno de los suscriptores individuales del servicio de acueducto. En este sentido, la Ley 142 de 1994, establece como un derecho tanto de la Empresa de Servicio Público (ESP) como del usuario, la medición de los consumos de agua, indicando que éste debe ser el elemento principal del precio que se cobre al suscriptor o usuario en la tarifa. Sin embargo, según los datos del MAVDT, en el sector rural, el avance en la instalación de micromedidores está muy rezagado, ya que en año 2005, sólo el 10,5% de los sistemas contaban con ellos.

La ley 142 también exige a todas las entidades prestadoras de servicios de acueducto y riego adelantar programas para instalar medidores de consumo a todos los usuarios cuyos costos pueden ser financiados por la ESP. El Decreto 302 de 2000 indica que los contratos de prestación del servicio pueden exigir a los suscriptores o usuarios la adquisición, instalación, mantenimiento y reparación de los instrumentos de medición de los consumos de agua cuando se establezca que el funcionamiento no permite determinarlos adecuadamente.

El Decreto 475 de 1998, que fue modificado por el Decreto 1575 de 2007 y sus resoluciones reglamentarias 2115 de 2007, 0811 de 2008 (Ver Gráfico 9). Señalan las normas que el agua suministrada para consumo doméstico por las Empresas de Servicio Público (ESP), debe cumplir con los requisitos independientemente de las características que tenga el agua de la fuente hídrica. El cambio de normatividad, obedeció a los nuevos conocimientos en materia de contaminantes del agua que afectan directamente a la salud humana y a que al nuevo arreglo institucional debía establecerse las labores de vigilancia y control según las competencias de cada entidad, así como al abuso del empleo de los parámetros de “agua segura” establecidos en el decreto 475.

Gráfico 9. Parámetros que definen la calidad del agua para consumo humano

Parámetros que definen la calidad del agua para consumo humano					
		Decreto 475 de 1998 Valor admisible (mg/l)		Resolución 2115 de 2007	
Características	Expresadas como	Agua potable	Agua segura	Agua para consumo humano	
Criterios organolépticos y físicos (Art. 7,36)	Color Verdadero	Unidades de Platino Cobalto (UPC)	< 15	<25	15 (a)
	Olor y sabor	-	Aceptable	Aceptable	Aceptable
	Turbiedad	Unidades nefelométricas de turbidez (UNT)	< 5	< 5	2
	Sólidos Totales	mg/L	< 500	< 1.000	
	Conductividad	microohms/cm	50 – 1.000	< 1.500	< 1.000
	Sustancias Flotantes	-	Ausentes	Aceptable	

Fuente. CGR – CDMA, 2007.

3.3.12. Parámetros de la calidad del agua

El monitoreo del agua se refiere a todas aquellas actividades que se realizan con el objetivo fundamental de establecer el comportamiento y tendencias de las distintas variables del recurso hídrico y que son de interés en el manejo de cuencas. Los parámetros físico-químicos para evaluar la calidad del agua permiten interpretar la situación real, o grado de alteración de los sistemas acuáticos. Unos se basan exclusivamente en análisis de las condiciones químicas, que si bien “en principio” son de una gran precisión, son testigos, de las condiciones instantáneas de las aguas y los efectos de los contaminantes se detectan si son dispuestos en el momento. Es decir, los resultados son puntuales en la dimensión cronológica y no revelan mucho de la evolución de una carga contaminante y la capacidad receptiva y amortiguadora de los ecosistemas acuáticos³⁶.

Los parámetros indicadores de contaminación o índices de calidad permiten medir los cambios percibidos en un cierto cuerpo de agua que puede ser afectado por distintos tipos de contaminación o degradación física³⁷. Es decir que cualquier cambio significativo en la concentración de algún parámetro indica sospecha de contaminación en el recurso hídrico.

3.3.12.1. Parámetros físicos de la calidad del agua

Los parámetros físicos del agua permiten determinar cualitativamente el estado y el tipo del agua, entre ellos se encuentra:

- Temperatura: La temperatura del agua es crítica, porque regula todas las actividades metabólicas. Por esta razón, al haber incremento de temperatura, las tasas de respiración aumentan; la solubilidad del oxígeno disminuye; sube la tasa de mineralización de la materia orgánica y, por ende, el consumo de oxígeno. Dicho de otra manera, la calidad del agua es alterada³⁸.

³⁶ TORO, Julia; SCHUSTER, Juan P; KUROSAWA, Jun; ARAYA, Elizabeth; CONTRERAS, Manuel. Diagnóstico de la calidad del agua en sistemas lóticos utilizando diatomeas y macroinvertebrados Rio Maipo (Santiago: Chile). Sociedad chilena de ingeniería hidráulica. 11 p. 2003.

³⁷ CUSTODIO, E; DIAZ, E. Calidad del agua subterránea. En: Hidrología subterránea. Eds. E. Custodio; Mr Ilamas. 2 ed. Tomo II. Barcelona, España, Omega. P. 18.28-18.31. 2001.

³⁸ ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA (FAO). An Assessment of the Impact of Cassava Production and Processing on the Environment and Biodiversity. Volume 5. Strategic Environmental Assessment. Rome, Italy. 138p. 2001. <http://www.fao.org/docrep/007/y2413e/y2413e00.htm#Contents>

- Potencial de hidrógeno o pH: Este parámetro mide el potencial de iones de hidrógeno presente en la muestra que se altera cuando hay degradación de materia orgánica. Las aguas naturales por lo general contienen bicarbonatos (cálcico, sódico, magnésico) y carbonatos (cálcico), los cuales son búfer que resisten a cambios en la concentración de hidrógeno; aquellas aguas que tienen alcalinidades altas resisten los cambios de pH. La mayoría de los organismos acuáticos se desarrollan en un pH de 5,6 a 8,5; rango que también es el requerido para el agua de consumo humano. Un pH bajo puede ser el resultado de lluvias ácidas y puede resultar perjudicial para los organismos acuáticos, pues afecta principalmente a invertebrados y embriones de peces.

- Color verdadero: Existen 2 tipos de color que son el verdadero y el aparente. El primero es el que se debe a las sustancias disueltas una vez eliminada la turbiedad. El segundo es el que resulta de las sustancias disueltas como por ejemplo las materias de suspensión. Se miden en unidades de platino cobalto (U-Pt-Co), basadas en 1mg/L de pt. Pueden deberse a la presencia de materias orgánicas coloreadas o de minerales como hierro³⁹. Los colores reales aparentes son aproximadamente idénticos en el agua clara y en las aguas de turbidez muy débil.

- Turbiedad: Es un estimador simple de los sólidos en suspensión. Se aplica a las aguas que contienen materia en suspensión en tal medida que interfiere con el paso de la luz a través del agua. A mayor penetración de la luz solar en la columna de agua, es menor la cantidad de sólidos o partículas en suspensión en la columna de agua y viceversa. Esto relacionado con el uso del suelo, tipo de suelos, cobertura del suelo, y periodos de muestreos, entre otros. Se expresa en unidades nefelométricas de turbiedad (UNT)⁴⁰.

- Conductividad. La unidad de la conductividad es medida en microsiemen por centímetro ($\mu\text{S}/\text{cm}$). La conductividad es la actividad eléctrica de los iones en una disolución y esto se calcula por medio de un conductímetro⁴¹.

³⁹ ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD (OMS). Guías para la calidad del agua potable. Segunda Edición. Volumen 3. Vigilancia y control de los abastecimientos de agua a la comunidad. Ginebra. Suiza. 101p. 1998.

⁴⁰ *Ibíd.*

⁴¹ APH A, WEF, AWWA (American Public Health Association, Water Environment Federation, and American Water Works Association). 2005. Standard Methods for the Examination of the Water and Wastewater, 21st. Edition: 2005 – Hardback. U.S.A. 1368 pp.

- Sólidos disueltos totales (SDT): los sólidos disueltos es una medida de cantidad de solidos después de ser evaporado la fase acuosa a una temperatura superior a 100°C. Se determinan por medio de la gravimetría⁴². En el agua para consumo humano, la mayoría de la materia orgánica se encuentra en forma de solidos disueltos y consiste en gases y gases disueltos.
- Solidos suspendidos totales (SST): Los sólidos suspendidos totales hacen referencia al material articulado que se mantiene en suspensión en las corrientes de agua superficial y/o residual. Se determina mediante método gravimétrico.

3.3.12.2. Parámetros de calidad química del agua

La calidad química está determinada por las sustancias de este tipo presentes en el agua recolectada en un punto específico y en un momento dado. Entre dicha sustancias figuran:

- Oxígeno disuelto (O₂D en mg/l): Es uno de los parámetros más relevantes a la hora de evaluar la calidad del agua. Está asociado a la contaminación orgánica. Su concentración aumenta al disminuir la temperatura y la salinidad y posee una relación directa con la pendiente y la aireación del cauce. Cuando existen condiciones aeróbicas se produce una mineralización que consume oxígeno y produce gas carbónico, nitratos y fosfatos. Una vez que se consume todo el oxígeno comienza la descomposición anaeróbica que produce metano, amonio, sulfuro de hidrógeno, mercaptanos⁴³.
- Nitrógeno: El nitrógeno en forma de nitrato y nitrito son los compuestos que llegan al agua mediante precipitación, escorrentía y por efluentes de industrias alimenticias, aguas residuales domésticas y agrícolas. Las fuentes de nitratos se obtiene de aguas de desecho con un mal tratamiento de drenaje; corrientes que desaguan aguas de tormenta conteniendo

⁴² ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD (OMS). Guías para la calidad del agua potable. Segunda Edición. Volumen 3. Vigilancia y control de los abastecimientos de agua a la comunidad. Ginebra. Suiza.101p. 1998.

⁴³ MITCHELL, M; STAPP, W; Bixby, K.. Manual de campo de proyecto del río. Una guía para monitorear la calidad del agua en el río Bravo. Segunda edición. Proyecto del Río. New México, USA. 200 p. 1991

conexiones ilegales de drenaje sanitarios y sistemas sépticos en mal funcionamiento⁴⁴.

- Fosfato: El fosfato orgánico es parte de las plantas y los animales que se adhiere a materia orgánica compuestas de plantas y animales vivos, ambos son los responsables de la presencia de algas y plantas acuáticas grandes. El exceso de fosfato ocasiona el proceso de eutrofización, que no es más que el enriquecimiento del agua por este compuesto principalmente de carácter antropogénico. El arrastre de tierras cultivadas con compuestos a base de fósforo, llega a los ríos inmediatamente después de una lluvia, así como el vertido de aguas servidas domésticas⁴⁵.

Los fosfatos están presentes en las aguas superficiales como resultado de la meteorización y lixiviados de las rocas portadoras de fósforo procedentes de la erosión del suelo, aguas residuales, escorrentía agrícola, y precipitación atmosférica⁴⁶.

- Carbonatos y bicarbonatos: Los carbonatos y bicarbonatos presentes en cuerpos naturales de agua dulce se originan generalmente del desgaste y disolución de rocas en la cuenca que contienen carbonatos tales como la piedra caliza. A pesar de que la piedra caliza no es muy soluble en agua pura, su disolución es promovida por la presencia de CO₂ disuelto en el agua. Siendo generados por sedimentos ricos en materia orgánica⁴⁷.
- Sulfatos: encuentran ampliamente distribuidos en la naturaleza y son relativamente abundantes en las aguas duras. El ion sulfato precipita en medio ácido con cloruro de bario formando cristales de sulfato de bario de tamaño uniforme. La cantidad de cristales es proporcional a la concentración de sulfatos en la muestra y la absorbancia luminosa de la

⁴⁴ Ibíd.

⁴⁵ Ibíd.

⁴⁶ KIELY, G. 1999. Ingeniería Ambiental. Fundamentos, entornos, tecnologías y sistemas de gestión. Madrid, España, Mc Graw-Hill. P. 91.

⁴⁷ KEVERN, R.N, DARRELL L. King L.D., y RING, R. 1996. Lake classification systems – part 1 The Michigan Riparian February 1996.

suspensión, se puede medir espectrofotométricamente a 420 nm, siendo la concentración de SO₄²⁻ determinada respecto a una curva de calibración⁴⁸.

- Cromo: El cromo se puede presentar en las aguas, tanto en forma hexavalente como trivalente, aunque esta última forma rara vez existe en aguas potables.

3.3.12.3. Parámetros de la calidad bacteriológica del agua

El agua destinada para el consumo humano y de uso doméstico debe estar libre de patógenos. La mayor parte de las enfermedades son transmitidas a través del agua, teniendo su origen en la ingestión del agua contaminada por organismos de origen fecal⁴⁹. Entre las más destacadas se encuentran:

- Coliformes fecales: Se componen por bacterias alojadas en el intestino de los animales de sangre caliente – incluido el ser humano—. Debido a que habita en las heces de los mismos, se convierte en un foco de transmisión latente. Una de las bacterias más conocidas y utilizadas dentro de los parámetros de calidad del agua es *Escherichia coli*. Los coliformes, específicamente los termotolerantes o coliformes fecales, se utilizan para evaluar el efecto de la desinfección en procesos de tratamiento de aguas residuales⁵⁰.
- Salmonella: Son el grupo más importante de bacterias gram negativas, presentes en las aguas potables y las más importantes en cuanto a número de epidemias causadas. La mayor parte de la contaminación bacteriana causante de infecciones, está asociada a la contaminación fecal del agua. Estas bacterias pueden causar cuadros clínicos y enfermedades gastrointestinales⁵¹.
- *Escherichia coli*: (*E. coli*) es una bacteria que se encuentra normalmente en el intestino del ser humano y de los animales de sangre caliente. La

⁴⁸ APHA-AWWA-WEF (2005) Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21th Edition. New York, 4-186, 4-188 y 4-189, método 4500-SO₄²⁻ E.

⁴⁹ HENRY, J.G.; HEINKE, G.W. 1999. Ingeniería Ambiental. México. Prentice Hall. P.283-284.

⁵⁰ RIPDA-CYTED. Agua potable para comunidades rurales, uso y tratamientos avanzados de aguas residuales domésticas. Buenos Aires, Argentina. 2003. [En línea] <http://tierra.rediris.es/hidrored/ebooks/ripda/>

⁵¹ HENRY, J.G.; HEINKE, G.W. 1999. Ingeniería Ambiental. México. Prentice Hall. P.283-284.

mayoría de las cepas de E. coli son inofensivas. Sin embargo algunas de ellas, como E. coli enterohemorrágica (EHEC), pueden causar graves enfermedades a través de los alimentos. La bacteria se transmite al hombre principalmente por el consumo de alimentos contaminados, como productos de carne picada cruda o poco cocida, leche cruda, y hortalizas y semillas germinadas crudas contaminadas.

3.3.13. Influencia de las coberturas del suelo sobre la calidad del agua

Los cambios en el uso de los cubiertos naturales en una cuenca, aguas arriba, acarrearán una modificación del ciclo hidrológico en sus aguas de acuerdo a su cantidad, calidad, oportunidad y lugar⁵². Las prácticas de uso de la tierra tienen impactos importantes, tanto en la disponibilidad como en la calidad de los recursos hídricos, los cuales pueden llegar a ser positivos y negativos dentro de esta misma⁵³. Muchos estudios como el expuesto por Corina Rodríguez, en el congreso de medio ambiente sobre los cambios de cobertura del suelo e impactos sobre el agua subterránea en un barrio al sur de Tandil, Buenos Aires, Argentina, demuestran como la calidad del agua está altamente relacionada con los cambios en la cobertura del suelo, como deforestación, agricultura, acuicultura, urbanismo, ganadería, plantaciones forestales, exceso de nutrientes y erosión⁵⁴.

Los cambios de cobertura y uso de la tierra sobre la calidad del agua han sido estudiados y analizados. Confirmando que estos son los que provocan alteraciones en los regímenes hídricos, cambios dramáticos de la calidad y cantidad del agua, especialmente al uso potable. Las prácticas de manejo en la cobertura del suelo tienen una estrecha relación entre la calidad y cantidad del agua⁵⁵. El deterioro de la calidad del agua se presenta por aumento de los sedimentos suspendidos, provenientes de la erosión de suelos por la construcción de urbanizaciones, la deforestación, actividades agrícolas y ganaderas, siendo

⁵² DOUROJEANNI, A; y JOURAVLEV, A. Gestión de recursos a nivel de cuencas. Curso manejo de cuencas hidrográficas I. CATIE, CR. 16 p. 2002.

⁵³ KIERSCH, B. 2000. Impactos del uso de la tierra sobre los recursos hídricos: una revisión bibliográfica. Taller electrónico. Relaciones tierra-agua en cuencas hidrográficas rurales. FAO, Roma, IT, 14 p.

⁵⁴ ZAMPELLA, R; PROCOPIO, N; LATHROP, R; DOW, C. Relationship of land-use/land-cover patterns and surface-water quality in the mullica river basin. Journal of the american water resources association. Vol, 43, No 3. 594-604 p. 2007.

⁵⁵ MITCHELL, M; STAPP, W; Bixby, K.. Manual de campo de proyecto del río. Una guía para monitorear la calidad del agua en el río Bravo. Segunda edición. Proyecto del Río. New México, USA. 200 p. 1991

este tipo de actividades las que mayor impacto causa en la buena calidad del agua⁵⁶.

La contaminación del agua es un problema local, regional y mundial y está relacionado con la contaminación del aire y con el modo como se utiliza el recurso tierra. El crecimiento demográfico, la industrialización y la concentración urbana, contribuyen al deterioro del medio ambiente, una amenaza para el hombre contemporáneo. Desde su origen, los grupos humanos se establecieron en las cercanías de los ríos, lagos o áreas costeras, por su dependencia vital del medio acuático, lo que provocó así los primeros indicios del deterioro de la calidad del agua y evidenció la contaminación.

3.3.14. Agricultura y Agua

La agricultura constituye una de las actividades más practicadas en el mundo, particularmente en áreas rurales. Su impacto sobre la calidad del agua es de mucha importancia. Aproximadamente el 70% de los recursos hídricos del mundo son usados por la agricultura, lo cual significa el principal factor de la degradación de éstos, como consecuencia de la erosión y de la escorrentía química, lo cual genera la contaminación directa a la calidad del agua.

Generalmente se ha llegado a establecer tres tipos de contaminantes del recurso hídrico: sólidos en suspensión, organismos vivos y componentes químicos. Los sólidos en suspensión provienen de los procesos de malas prácticas agrícolas que acentúan la erosión de los suelos tales como el arado, la labranza, la deforestación, el sobrepastoreo, entre otras.

El uso del agua en la agricultura y su impacto en los recursos hídricos son factores complejos y dinámicos, sobre todo si se consideran en el contexto de los efectos del cambio y la variabilidad del clima en los sistemas agrícolas. Ello implica, además, una negociación entre exigencias económicas, sociales y ambientales. Si bien se sabe que la agricultura es uno entre muchos otros sectores demandantes de agua (para usos, por ejemplo, urbanos, industriales, recreativos y para el mantenimiento de ecosistemas acuáticos), en la mayoría de los países el campo es el que más consume recursos hídricos (cultivos de riego y ganadería), al tiempo que su impacto en la calidad del agua es también significativo en muchos casos.

En la actualidad se acepta de forma generalizada la necesidad de mejorar la gestión de los recursos hídricos en la agricultura, en vista de la presión global que ejercen sobre ellos el aumento de la población y de la demanda de alimentos y fibras textiles, y en el contexto de la creciente preocupación por el cambio y la variabilidad del clima.

⁵⁶ SANDERS, L. 1998. A manual of field hydrogeology. Northeastern Illinois University. Illinois, United States of America. Prentice Hall, Inc. 377 p.

Para lograr lo anterior es preciso identificar los niveles de referencia que determinan cuándo un agricultor debe responder por la contaminación que genera (según el principio de «quien contamina, paga»), por ejemplo, cuando afecta la calidad del agua potable, y cuándo la sociedad debe apoyarle en el suministro de servicios para ecosistemas, como la conservación de humedales y la recarga de acuíferos. Esto entraña una mejor definición de los derechos de propiedad relacionados con la extracción de agua y de los derechos que permiten descargas en cuerpos de agua debidas a las actividades agrícolas.

3.3.15. Ganadería y agua

La ganadería es una de las prácticas de uso del suelo con mayor impacto sobre la calidad del agua, principalmente al nivel superficial. Cuando hay sobrepastoreo ésta provoca un impacto negativo a nivel bacteriológico, químico y físico en la calidad del agua, así como a la capacidad de infiltración de los suelos⁵⁷.

Habitualmente la ganadería tiende a ubicarse en lugares de alta precipitación, climas frescos, fuertes pendientes, cercanos a fuentes de agua. Los contaminantes en este caso los lixiviados provenientes de la actividad ganadera son arrastrados, con facilidad y rapidez, hacia las corrientes de agua, y estas a su vez provocan un impacto negativo, siendo más significativo en el caso que estas fuentes hídricas estén desprovistas de cobertura vegetal ribereña, la que juega un papel de protección a la calidad y cantidad del agua. La carencia de la zona boscosa, facilita que las corrientes arrastradas con una alta población de microorganismos patógenos, nutrientes, sólidos suspensos y otros, lleguen con mucha facilidad al cuerpo de agua⁵⁸.

Es decir que, la cantidad de agua utilizada para la producción ganadera puede superar la destinada a satisfacer las necesidades alimentarias humanas. En esas regiones, el deterioro directo e indirecto del agua disponible para otros usos puede ser también un problema importante: el ganado contamina el agua con patógenos que constituyen un riesgo para la salud humana; la modificación del uso de la tierra y el deterioro de la estructura del suelo influyen de forma considerable en la disponibilidad estacional de «aguas verdes».

3.3.16. Urbanismo y/o construcciones sobre el agua

El uso inapropiado que el hombre ha hecho de la tierra, eliminado las masas boscosas, ha sido causa principal en relación con el caudal de los ríos. Es decir, se refleja en la más rápida evacuación del agua y en la calidad de la misma.

⁵⁷ BROOKS, K.; FFOLLIOTT, P.; GREGERSEN, H.; THAMES, J. Hydrology and the management of watersheds. Ames, IA USA. Iowa State University Press. 392 p. 1991.

⁵⁸ REYNOLDS, J. Manejo integrado de aguas subterráneas. Un reto para el futuro. Editorial San José. Costa Rica, UNED. 348 p. 2002.

Los asentamientos humanos como poblados, ciudades pequeñas y medianas, metrópolis y megalópolis se construyen y se configuran modificando o transformando la naturaleza. La tierra, el aire, el agua, la flora y la fauna sirven de soporte a estas transformaciones y son, en sí, transformados por ellas. El producto de las mismas es un nuevo entorno construido, un ambiente "natural" nuevo que combina lo social con lo natural bajo patrones de alta centralidad y densidad: —un medio ambiente urbano. Tal medio ambiente es la expresión concreta y dinámica de aquellas unidades físico espaciales y eco demográficas que denominamos "ciudades"⁵⁹.

Según Glynn y Gary, en muchos países, gran parte de los desechos sólidos domésticos e industriales son acumulados, prácticamente sin procesar ni separar, en depósitos de basura, que constituyen la forma de manejo tradicional más económica. Sin embargo, muchas sustancias derivadas de la descomposición de los materiales depositados están sujetas a la lixiviación provocada por el agua de lluvia. Dichas sustancias son transportadas a través del suelo, hasta alcanzar los acuíferos y otras fuentes de agua superficiales.

3.3.17. Importancia del bosque en la calidad del agua

La contribución más significativa de los bosques para todos los seres vivos consiste en mantener una elevada calidad del agua. Esto se logra reduciendo al mínimo la erosión del suelo localmente, lo que disminuye los sedimentos en las masas de agua (humedales, estanques y lagos, arroyos y ríos), y atrapando o filtrando otros contaminantes del agua⁶⁰.

Sin embargo, la cubierta vegetal, y el bosque como estrato superior de un ecosistema forestal, contribuye a que a través de las escorrentías, tanto superficiales como subterráneas, el agua se acerque progresivamente, a la composición del agua destilada (agua que es sometida a un proceso de pureza, eliminando microorganismos, sales minerales y otros agentes extraños a la constitución del agua). Es decir que el agua que se drena de los bosques naturales muchas veces es de una pureza excepcional, reduciendo radicalmente la contaminación lo que permiten a bajo costo la purificación del agua para el uso doméstico. En gran medida esto se debe a que muchas de las actividades que

⁵⁹ LAVELL, A. Degradación Ambiental, Riesgo y Desastre Urbano: Hacia la Definición de una Agenda de Investigación. En: Fernández, M.A. (editora), Degradación Ambiental, Riesgo y Desastre Urbano, La Red, ITDG, Lima, Perú. 1996.

⁶⁰ ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA (FAO). State of the World's Forests. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. 2003. Italy. {En línea} <http://www.fao.org/docrep/005/y7581e/y7581e00.htm>

generan contaminación no se centran solo en los bosques naturales. La hojarasca, la vegetación del suelo, las capas de arbustos y los residuos que hay en el piso del bosque mantienen al mínimo la erosión de la superficie (y por tanto los sedimentos), y la densa capa de humus de los bosques también puede participar en la filtración del agua, lo que ayuda a reducir la contaminación del agua.

3.3.18. Zonas de protección ribereña como protección al recurso hídrico

Las franjas cubiertas de vegetación a lo largo de las orillas de los ríos tienen la función de proteger el recurso hídrico. Las zonas que no son alteradas por la tala y la explotación maderera con una gestión no parecen perjudicar estos servicios naturales de protección de la calidad del agua.

Las zonas de protección ribereña pueden estabilizar los bordes de las masas de agua circulante, reducir la erosión y la cantidad de sedimentos que llegan al agua. El piso y el suelo del bosque también pueden atrapar sedimentos que avanza la corriente de agua desde las zonas externas a la zona de protección. Los bosques que tienen estructura de sotobosque y densidad, a lo largo de los bosques pequeños del río, durante las crecidas del caudal, pueden dispersar las inundaciones, reducir la velocidad del río, asimismo la erosión; atrapando consigo nutrientes que arrastra el río aguas arriba de las escorrentías, previniendo de este modo la contaminación del río⁶¹.

Los ríos y las riberas boscosas contienen mayor índice de bioindicadores, que permite transformar la materia orgánica, nitrógeno, y fosforo que en los ríos con bordes desnudados lo que eleva la calidad del agua⁶². Por lo anterior es importante que en Colombia estas zonas recibieran protección jurídica que permita limitar el uso del bosque para llevar a cabo la explotación forestal.

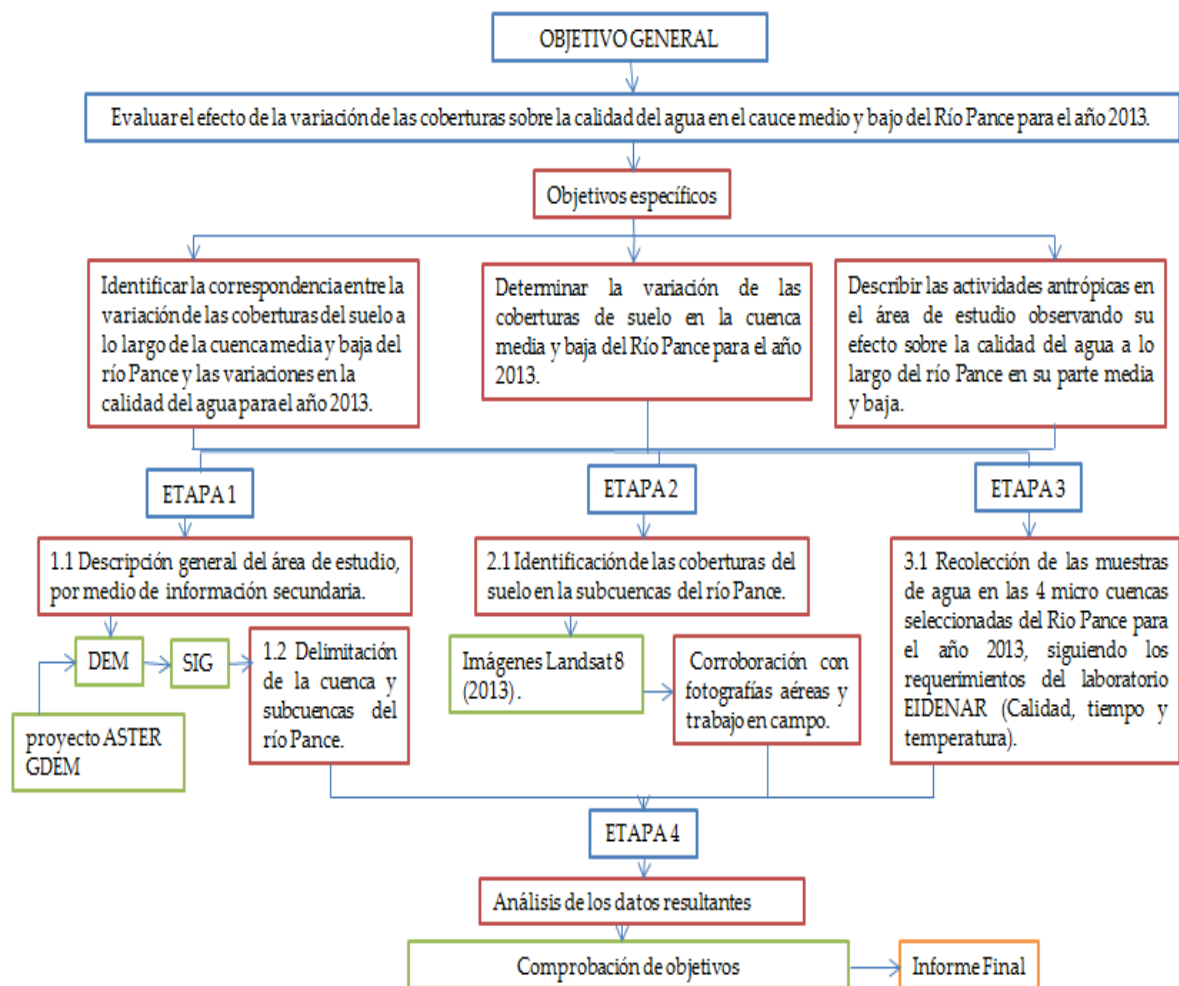
⁶¹ O' LAUGHLIN, J. y BELT, G.H. Functional approaches to riparian buffer strip design. *Journal of Forestry*, 93(2): 29–32 p. 1995.

⁶² MARGOLIS, A. Buggy water is cleaner. *Northern Woodlands*, 11(4): 43.2004

4. METODOLOGÍA

La investigación realizada fue del tipo descriptiva, teniendo como método de recolección de información las muestras fisicoquímicas representadas en las muestras de agua del río Pance. Su ejecución se llevó a cabo en cuatro etapas que se describen ampliamente, a partir del Gráfico 10 .

Gráfico 10. Esquema metodológico general

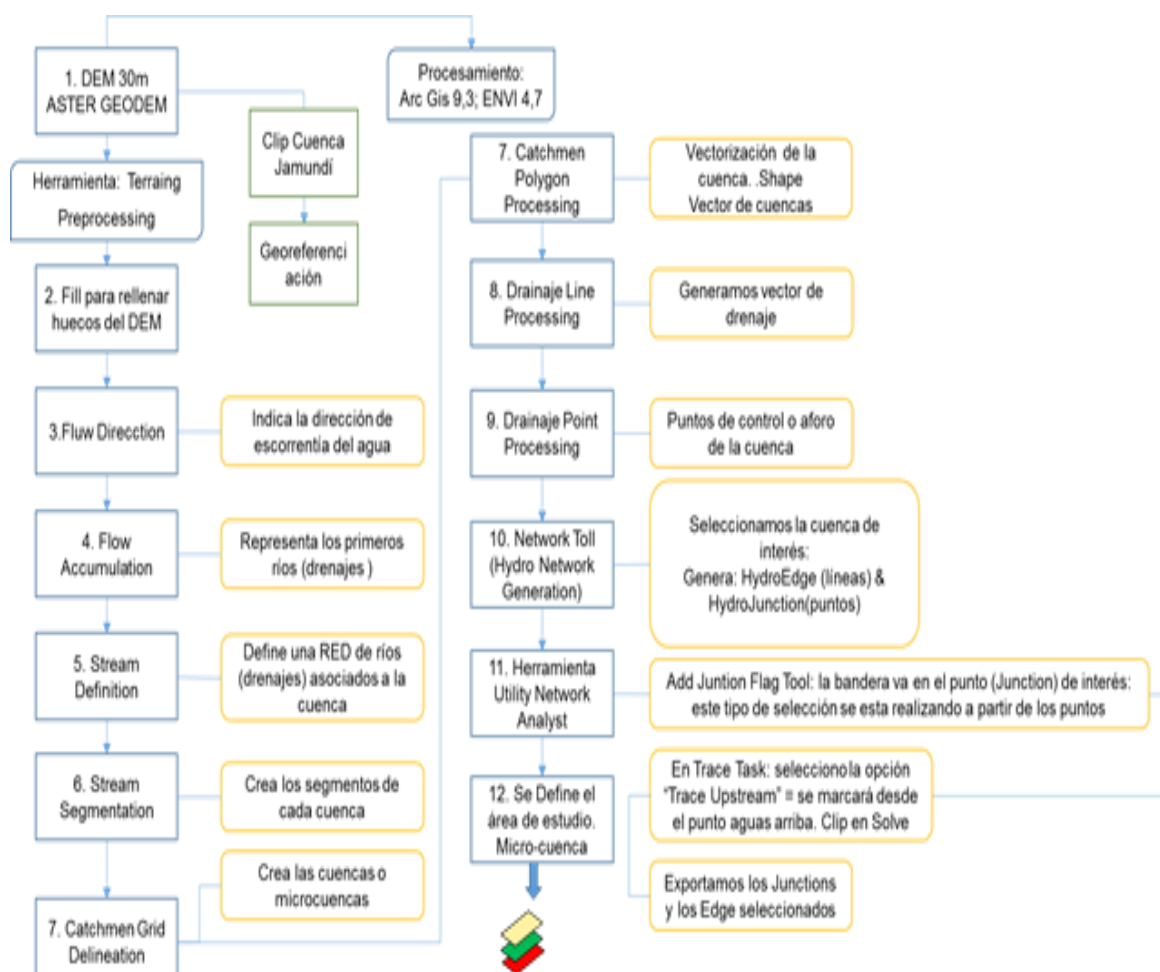


Fuente: La Autora, 2014.

- Etapa 1: delimitación del área de estudio.

Se realizó una búsqueda de información y revisión literaria sobre la cuenca del río Pance, lo que permitió conocer y describir el área de estudio a partir de un acercamiento general. A continuación en la figura 6, se presenta la metodología empleada para llevar a cabo la delimitación del área de estudio.

Gráfico 11. Metodología utilizada para definir el área de estudio de la cuenca.



Fuente: La Autora, 2014.

Para definir el área de estudio se usaron los datos del modelo de elevación del proyecto ASTER GDEM (*Global Digital Elevation Map*), los cuales están dispuestos en la web del servicio geológico de los Estados Unidos en el 2009. Se

descargó el DEM del terreno de la parte media y baja de la cuenca río Pance con una resolución de 30 metros.

Para llevar a cabo el procesamiento de delimitación de la cuenca y subcuencas del río Pance, por medio del ArcGis 9.3; ENVI 4.7, se generó un clip de la cuenca para comenzar con la georeferenciación.

Una vez definida la proyección se utilizó la herramienta Fill, la cual permitió rellenar los vacíos en la superficie raster para quitar las imperfecciones en la información del DEM.

Siguiendo con la delimitación se usó el Flow Direction, creándose un raster con la dirección de flujo de cada una de sus celdas indicando la dirección de escurrimiento del agua, seleccionándose el raster generado con el Fill.

Con la herramienta Flow Accumulation, se creó un raster para representar los primeros ríos seguido por Stream Definition, para definir una red de ríos asociados a la cuenca creándose segmentos para cada cuenca.

Con Catchment Grid Delineation, se creó la delimitación de la cuenca y las microcuencas para el caso de estudio, en un formato raster. En el siguiente paso Catchment Polygon Processing la cuenca se convirtió a polígono, para convertir los drenajes en polilíneas se abrió Drainage Line Processing y puntos de control con Drainage Point Processing.

Network Tool (Hydro Network Generation) se seleccionó la cuenca de interés para utilizarse la herramienta llamada Utility Network Analyst, la cual permite ubicar los puntos aguas arriba para ser exportador. Se determinaron las cuencas y los drenajes principales para una zona determinada, definiendo el perímetro del área de estudio y las subcuencas del río Pance. tal como se observa en el Gráfico 12 .

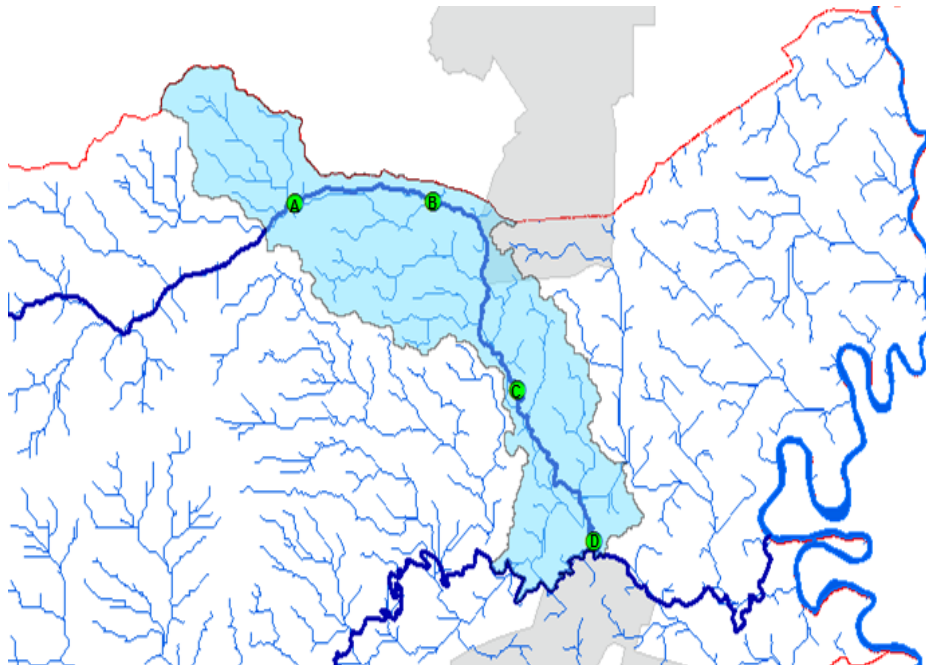
A continuación se procedió a definir los puntos de muestreo, los cuales se muestran en la gráfica 12, con las letras A, B, C y D. Los nombres de los puntos de muestreo se observan en la Tabla 1.

Tabla 1. Puntos de muestreo (subcuencas) en el área de estudio.

Cuenca del Río Pance	
Punto de muestreo	Nombre subcuencas
A	La Vorágine
B	Eco parque río Pance
C	Puente La Viga
D	Desembocadura al río Jamundí

Fuente: la Autora, 2014.

Gráfico 12. Área de estudio definida a partir de la metodología empleada.



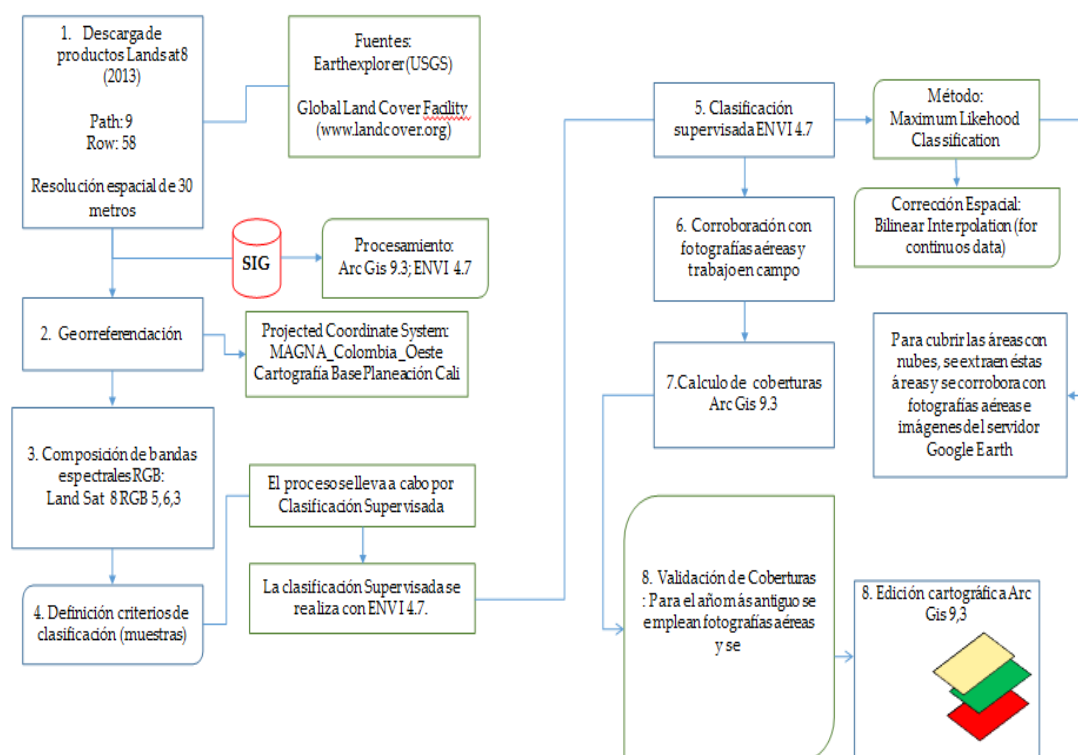
Fuente: la Autora, 2014.

- Etapa 2: identificación de los cambios de cobertura del suelo para el año 2013.

A continuación se describen detalladamente cada uno de los procesos contenidos en el diagrama para su consideración técnica y metodológica, para llevar a cabo la georeferenciación de la imagen satelital y la identificación de la cobertura del suelo para la zona de estudio (Ver Gráfico 13).

Una de las actividades que regularmente tiene lugar en la generación de mapas temáticos es la verificación en campo. Ya que permite corroborar que coberturas de suelo existen o que son imposibles versen totalmente en la imagen satelital.

Gráfico 13. Metodología general para la identificación de coberturas.



Fuente. Elaboración propia.

Para la realización del mapa de cobertura de suelo se utilizó una imagen de satélite Landsat identificada con path 09 y row 52, correspondiente a la ciudad de Cali con una resolución espacial de 30 metros, obtenida del Earthexplorer (USGS) y *land cover facility* de la Universidad de Maryland. Siendo una imagen TM, Landsat 8 para el año (2013), (Ver Anexo A).

El procesamiento digital de la imagen satelital se realizó por medio del programa ArcGis 9.3; ENVI 4.7, para ser georeferenciada y ubicar sus coordenadas dentro del marco de los datos del Projected Coordinate System: MAGNA_Colombia_Oeste teniendo como base la cartografía de Planeación municipal de Cali.

Se identificó qué coberturas del suelo se encuentran presentes en la imagen satelital por medio de la composición de bandas espectrales RGB (5, 6, 3) del Landsat (8) (Ver **Tabla 2**).

Tabla 2. Distribución de las bandas en OLI y TIRS

Landsat 8 Operational Land Imager (OLI) and Thermal Infrared Sensor (TIRS) February 11, 2013	Bandas	longitud de onda (micrómetros)	Resolución (metros)
	Banda 1 - Aerosol costero	0.43 - 0.45	30
	Banda 2 - Azul	0.45 - 0.51	30
	Banda 3 - Verde	0.53 - 0.59	30
	Banda 4 - Rojo	0.64 - 0.67	30
	Banda5 – Infrarrojo cercano (NIR)	0.85 - 0.88	30
	Banda 6 - SWIR 1	1.57 - 1.65	30
	Banda 7 - SWIR 2	2.11 - 2.29	30
	Banda 8 - Pancromático	0.50 - 0.68	15
	Banda 9 - Cirrus	1.36 - 1.38	30
	*Banda 10 – Infrarrojo térmico (TIRS) 1	10.60 - 11.19	100
	*Banda 11 - Infrarrojo térmico (TIRS) 2	11.50 - 12.51	100

Fuente. USGS, 2013.

Los criterios para localizar la recolección y clasificación de la muestra se llevaron a cabo en 4 puntos a lo largo de la cuenca media y baja; ya que un solo sitio de muestreo generalmente no es suficiente para definir la calidad del agua. Por lo tanto, la selección de los puntos, la frecuencia y el número de muestras dependieron básicamente de los objetivos y alcances del estudio, así como de las coberturas del suelo ubicados a lo largo de la recolección (Ver Tabla 3).

Tabla 3. Clasificación de la cobertura del suelo para llevar a cabo la recolección de la muestra.

	Puntos de muestreo	Clasificación la cobertura del suelo para llevar a cabo la recolección de la muestra
A	Puente La Vorágine	Bosque
B	Eco parque Río Pance	Bosque - Cultivos
C	Puente La Viga	Cultivos- Área construida
D	Desembocadura	Cultivos- Área construida

Fuente. La Autora, 2014.

Posteriormente, se corroboró con fotografías aéreas y trabajo de campo; para encontrar los errores de la fotografía aérea y de esta forma establecer la similitud con el resultado del trabajo de campo.

De otra parte, se hizo uso de la observación directa de carácter cualitativo que permite un acercamiento a la percepción y valoración de los puntos de muestreo dentro de las microcuencas del río Pance. Estos puntos de recolección de agua se ubicaron próximos a patrones de cobertura de suelo como: Bosque, cultivos y área construida, los cuales permitiera establecer una correspondencia con los resultados de los promedios de la calidad del agua.

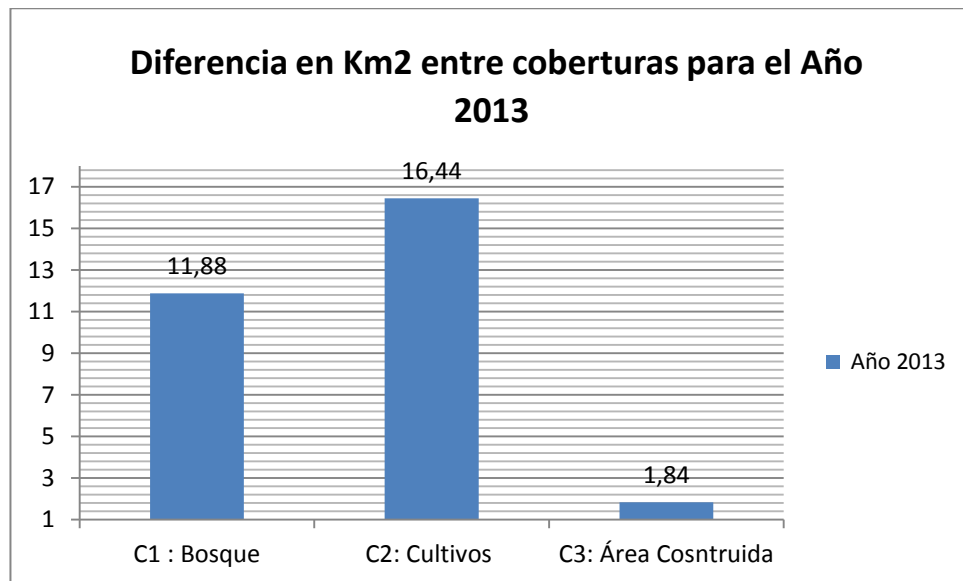
Para el cálculo de las coberturas en el argisc, (near_cover) se analizó el área en kilómetros cuadrados que tiene cada cobertura (bosque, cultivos y área construida) para ver cuál cobertura es más predominante para el 2013, como se puede (Ver Tabla 4) el predominio está representado por la cobertura de cultivos en la cuenca del río Pance. Es decir para elaborar esto se realiza por medio del Gricode una línea que permita calcular desde aguas abajo el valor total que tiene cada cobertura en cuanto a su distancia.

Tabla 4. Distancia en kilómetros cuadrados del área entre cada cobertura del suelo para el año 2013.

Símbolo	Coberturas del suelo en el área de estudio	Área Km² año 2013
	C1 : Bosque	11,89
	C2: Cultivos	11,46
	C3: Área Construida	193

Fuente. La Autora, 2014.

Gráfico 14. Diferencia en Kilómetros (Km2) entre coberturas para el año 2013.



Fuente. La Autora, 2014.

Para validar las coberturas generadas para el año 2013 según la imagen satelital, se hace uso de una serie de fotografías aéreas con vuelo (FAL 450) para el año 2013. Las cuales permitieran validar el tipo de cobertura del suelo existente; para luego con trabajo de campo analizar lo observado, (Ver Anexo B) se aplica el trabajo con las bandas (RGB, 5,6,3).

Banda 5 (MIR - infrarrojo medio): Indicador de cantidad de agua en la vegetación
Indicador de humedad de suelos.

Banda 6 (infrarrojo lejano): Incidencia hídrica, humedad de suelos, mapas térmicos.

Banda 3 (rojo): Medición de absorción de clorofila, buena discriminación ente coberturas vegetales.

El análisis visual de la imagen satelital implica un conocimiento previo del área de estudio. Este conocimiento previo implica la ubicación de la imagen en cierto contexto, influenciado por el tipo de análisis que se pretende realizar.

Dentro del mapa de cobertura del suelo para el año 2013 se consideró determinar una leyenda que permitiera generalizar la utilización de la cobertura del suelo en el cauce medio y bajo del río Pance, para permitir su clasificación de acuerdo al trabajo realizado en campo.

- Etapa 3: recolección de muestras

Los procedimientos para llevar a cabo la captación de muestras varían según los análisis que se van a efectuar y de las condiciones del cuerpo de agua; independientemente de los fines para los cuales han sido tomadas esas muestras, ellas deben ser representativas del cuerpo de agua de estudio.

La toma de muestras de agua se realizó de manera puntual en la lámina superficial del río. Se colectó una muestra por mes para junio, agosto y octubre del 2013, en la parte media y baja de la cuenca del río Pance. Se consideraron estos meses por ser la transición e inicio de épocas de lluvia en este caso para el mes de junio (seco) agosto (transición) octubre (lluvias ligeras) permitiendo observar cómo el clima influye en el cambio de la calidad del agua.

Las muestras de agua fueron recolectadas en un día entre semana con un periodo de cinco horas desde el punto 1 en este caso La Vorágine, hasta la desembocadura en el río Jamundí. Se decidió tomarlas entre semana al no haber alteración físico-química en el agua por actividades turísticas.

El total de muestras fue de 12, es decir, tres meses por cada uno de los cuatro puntos de muestreo. La toma de muestras se hizo conforme las recomendaciones del laboratorio del EIDENAR, principalmente en lo que tiene que ver con la recolección en un tiempo y lugar determinados. Cabe mencionar que no se realizó un muestreo probabilístico debido a que no se contaba con los recursos económicos suficientes para tener un tamaño de muestra representativa que nos permitiera establecer relaciones de causa-efecto. En este sentido por razones de comodidad solo se tomaron las 12 mediciones como ya se indicó, es decir se hizo un muestreo no probabilístico, lo que significa que se permite recopilar muestras en un proceso que no brinda a todos los individuos de la población iguales oportunidades de ser seleccionados.

Establecidos los puntos de muestreo para el análisis se procedió a tomar las muestras de agua, siguiendo el protocolo establecido por el IDEAM para los parámetros pH, Sólidos suspendidos, Color, sólidos disueltos y conductividad. Las muestras fueron analizadas en el laboratorio de la Escuela de Ingeniería de los Recursos Naturales y del Ambiente (EIDENAR).

Para llevar su seguimiento en la recolección de las muestras fue necesaria una hoja de control y vigilancia externa de muestras establecida por el laboratorio de ingeniería EIDENAR, tales directrices seguidas por el protocolo de muestreo puntual realizado al río Pance a los puntos establecidos (Ver Anexo C).

En cuanto a las herramientas utilizadas para la recolección de muestras físico-químicas, se tiene:

- Envase plástico de Polivinil Clorido Rígido (P.V.C) de un galón (1000 centímetros/cúbicos) (Ver Gráfico 15). Dado por el laboratorio del EIDENAR.

Gráfico 15. Envase plástico de un galón para recolección de muestras.



Fuente. La autora, 2014.

- Nevera de icopor con hielo, para la recolección de muestras de agua, ya que permite almacenar y transportar las muestras al laboratorio evitándose daño durante el recorrido al laboratorio (Ver Gráfico 16).

Gráfico 16. Nevera de icopor para almacenar las muestras recolectadas.



Fuente. La autora, 2014.

Como técnica de captación y transporte de las muestras para análisis fisicoquímico, se debió tomar la muestra donde el flujo del río era mayor, utilizando botellas con tapa y teniendo la precaución de no tocar el agua con la mano o que se ensucie. (Ver Gráfico 17).

Gráfico 17. Recolección de muestras de agua en el río Pance.



Fuente. La autora, 2014.

Los análisis se desarrollaron en el laboratorio de Aguas y Residuos Ambientales, en la Universidad del Valle, por la química Isabel Sánchez Pedraza y Adriana Pérez Mendoza, siendo ellas las coordinadoras del análisis (ver anexos B,C,D Y E).

- Etapa 4: análisis de los datos resultantes.

Para el procesamiento y análisis de los datos generados por el laboratorio de aguas de la Universidad del Valle y los datos de cobertura del suelo para el año 2013, Se hizo dos tipos de análisis: uno para los parámetros fisicoquímicos y otro para su observar la correspondencia entre estos y las variaciones de cobertura a lo largo de la cuenca.

Se realizó en hojas de cálculo del programa Microsoft Excel una serie de tablas y gráficos de líneas para cada uno de los porcentajes acumulados para cada cobertura del suelo considerando cada punto de muestreo (A, B, C y D), los porcentajes de los parámetros de calidad del agua posibles a calcularse.

Para llevar a cabo el procesamiento de los datos, se consideraron los siguientes pasos:

- cálculo de promedios de los parámetros fisicoquímicos.
- Elaboración de gráficos de doble eje para interpretar las posibles relaciones entre las variaciones de los porcentajes de cobertura y promedios de los parámetros fisicoquímicos.
- Interpretación de las gráficas.

Cabe aclarar que la información resultante del laboratorio se analizó bajo el resultado en comparación con los estándares establecidos, por medio de la estadística descriptiva. Utilizando como herramienta principal la tabla descriptiva en Excel, se realizó la interpretación de los parámetros fisicoquímicos del agua según las normas establecidas por la OMS. Para los tres meses considerados (se tomaron estos tres meses por encontrasen en un periodo de transición entre la temporada seca y de lluvias) a lo largo del río en los puntos A, B, C y D.

Consecuentemente, se realizaron gráficos a partir de tablas elaboradas en el programa Excel, y de esta manera se observaron los resultados del agua y el grado de contaminantes generados a partir de cada punto de muestreo.

En el análisis de correspondencia entre la cobertura del suelo y la calidad del agua, se consideraron los parámetros de calidad del agua en este caso los parámetros fisicoquímicos como el pH, conductividad y sólidos disueltos con base en las coberturas de suelo como bosque, cultivos y área construida. Al realizar el análisis se tuvo en cuenta los componentes que pudieran ser relacionados y en este caso permitieran ver el efecto que causaban dichas coberturas al recurso hídrico de la cuenca.

5. RESULTADOS

A continuación se presentan los resultados obtenidos conforme a las etapas anteriormente descritas y según cada objetivo propuesto en la investigación.

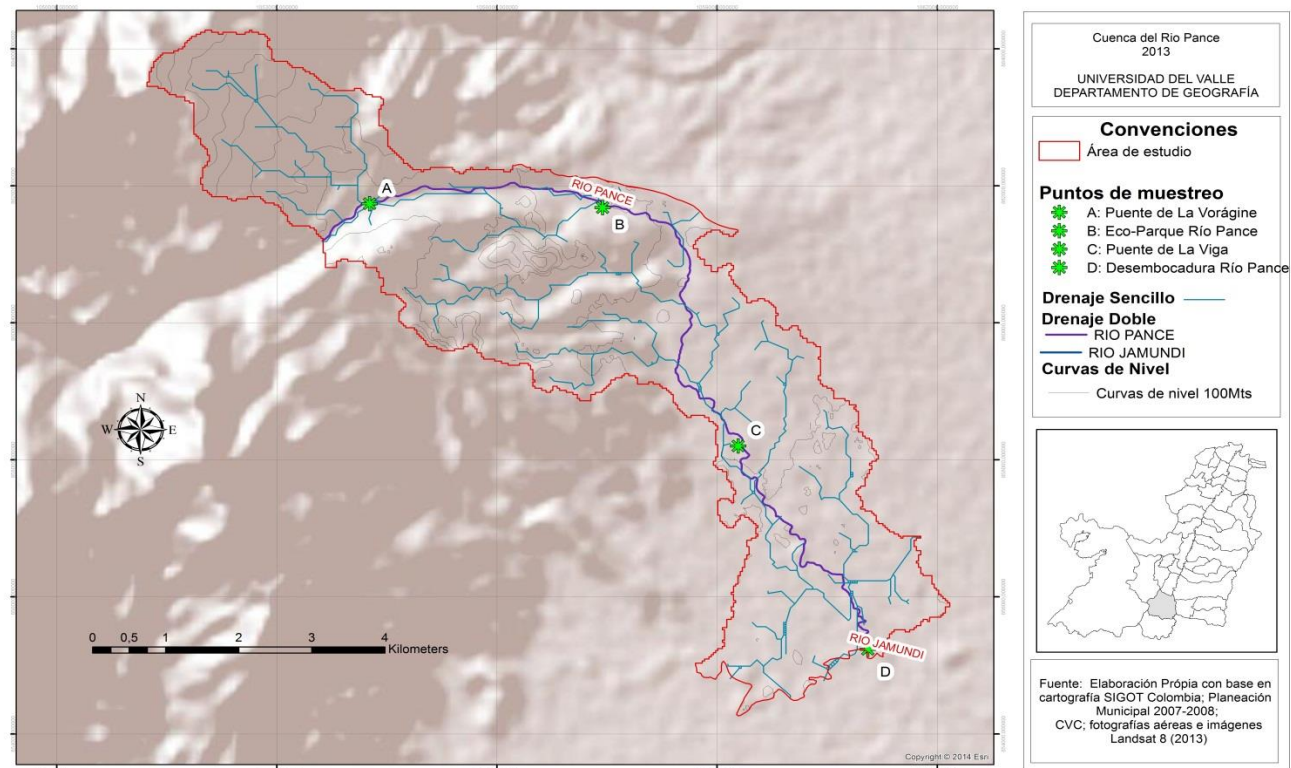
5.1. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO, DELIMITACIÓN DE LA CUENCA Y LAS SUBCUENCAS DEL RÍO PANCE.

El río Pance por sus aguas frías, cristalinas y aun con poca contaminación, es la última alternativa natural de recreación popular que le queda a la ciudad. Con una superficie de 8.975 ha, la cuenca está ubicada en el suroccidente de la zona de ladera del municipio de Santiago de Cali, sobre la vertiente oriental de la cordillera occidental. Es un río de características torrenciales, debido a que sus aguas descienden a gran velocidad por su cauce impulsadas por las fuertes pendientes de la parte alta de la cuenca. Esta característica de torrencialidad incrementa la amenaza de avalanchas e inundaciones a lo largo de su recorrido, especialmente en aquellos caseríos y corregimientos localizados sobre sus riveras.

Para la elaboración del mapa de la cuenca del río Pance se utilizó el modelo digital de elevaciones (M.D.E.) del proyecto ASTER GDEM el cual presenta cierta accidentalidad, debido a la ubicación dentro de los farallones de Cali, esta variabilidad altitudinal puede favorecer la presencia de una cierta diversidad de cobertura del suelo.

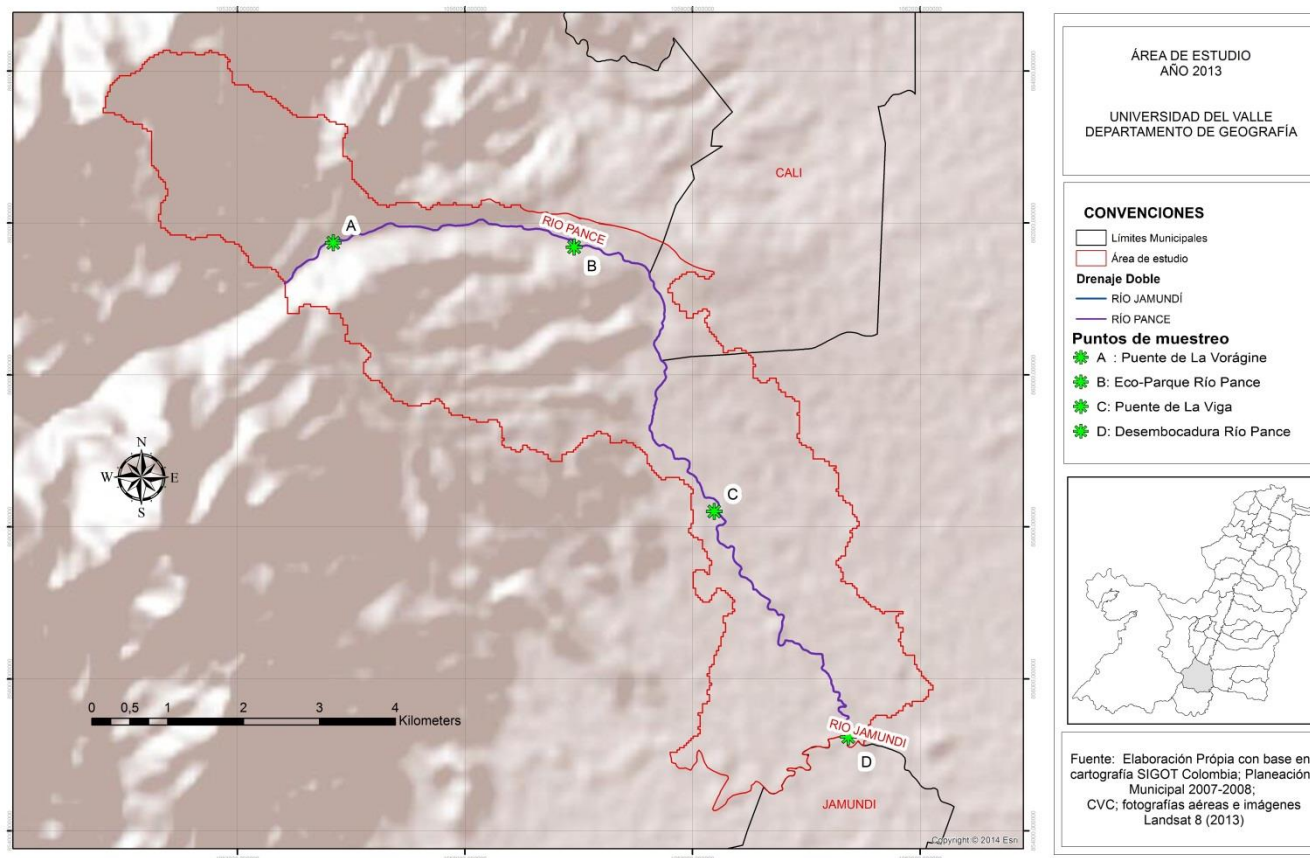
- Dentro del mapa de delimitación de la cuenca del río Pance, se puede observar su perímetro, curvas de nivel de 100 metros, el río Pance, su desembocadura al río Jamundí y los drenajes sencillos, identificándose también los puntos de muestreo. La elaboración se realizó con base en la cartografía del SIGOT, Planeación Municipal 2007-2008; CVC, fotografías aéreas e imágenes Lansadt (8) del año 2013 (Ver Gráfico 18).
- Se elaboró un mapa del área de estudio, contándose con el (MDE) para establecer las subcuencas del río Pance de acuerdo a las curvas de nivel y el trabajo de campo que permitiera observar por medio de las coberturas del suelo cuál de ellas afecta de manera directa a la contaminación aguas abajo del cauce medio y bajo del río Pance.

Gráfico 18. Mapa de la cuenca del río Pance



Fuente: la Autora, 2014. Con base en cartografía SIGOT, Planeación Municipal 2007-2008; CVC, Fotografías aéreas e imágenes Landsat 8 (2013).

Gráfico 19. Mapa área de estudio (subcuencas)



Fuente. La Autora, 2014. Con base en cartografía SIGOT, Planeación Municipal 2007-2008; CVC, Fotografías aéreas e imágenes Lansadt 8 (2013).

5.2. COBERTURAS DEL SUELO IDENTIFICADOS PARA EL AÑO DE 2013 SEGÚN LA IMAGEN LANDSAT

La interpretación se realizó en la pantalla de forma visual, con apoyo en la cartografía, fotografías aéreas y trabajo de campo. Para cumplir con esta etapa del proceso, se integró la cartografía analógica existente para el 2013 a escala 1:40.000 y una imagen satelital del mapeador temático Landsat (8). Para comprobar la exactitud de la clasificación de las coberturas usándose los cuatro puntos de muestreo obtenidos a través de las curvas de nivel. Fue necesario hacer varias correcciones de nubes para eliminar los errores atmosféricos.

Para la clasificación de las coberturas del suelo, se tuvo en cuenta las cubiertas dominantes en la imagen satelital; de este modo se establecieron las clases generadas de uso Bosque, Cultivos y Área construida, a partir de las clases específicas que aparecen en la Tabla 5.

Tabla 5. Clasificación de las coberturas de suelo según la imagen de satélite Lansadt.

Clase de cobertura del suelo general	Clase de uso no específica	Descripción
Bosque	Bosque natural y área semi-natural	Guadua, Mano de oso, Flor amarillo, ceiba,
		Samán, mestizo entre otros.
Cultivos (Territorios agrícolas)	Cultivos transitorios	Plátano, naranjas, tomates, cebolla.
	Cultivos diversos	Cultivos de caña de azúcar
Área Construida (Territorios artificializados)	Tejido Urbano (Zonas verdes)	Construcciones de todo tipos y tamaños
	Red Vial	Calles o vías de acceso.

Fuente. La Autora, 2014.

Para la identificación de los usos de la cobertura del suelo en la cuenca del río Pance, se utilizaron definiciones de las coberturas de suelo actuales, los cuales se presentan en la tabla 9.

Tabla 6. Descripción de las coberturas de suelo para el año 2013.

COBERTURAS DE SUELO	COMPONENTES	DESCRIPCIÓN
C1: BOSQUE	Bosque Natural	Es la vegetación de la cuenca que no ha sido alterada por el hombre o algún evento natural. Aunque en el río Pance aún existe bosque natural que no se ha intervenido, debido a que se encuentra dentro de los farallones de Cali, la constante deforestación y quema del bosque ha generado que el suelo se erosione lo que ha causado pérdida de flora y fauna autóctona del lugar.
	Área seminatural	La vegetación en estado de sucesión secundaria, producto de la remoción completa o parcial de la vegetación primaria, debido a causas antropogénicas o naturales. Estos bosques genéricamente comprenden diferentes etapas de sucesión vegetal que van desde formaciones tempranas, hasta bosques secundarios tardíos.
C2: CULTIVOS	Cultivos transitorios	Son aquellos cultivos cuyo ciclo vegetativo por lo regular es menor a un (1) año, llegando incluso a ser de solo unos pocos meses. Los cultivos transitorios se caracterizan porque al momento de la cosecha son removidos y para obtener una nueva cosecha es necesario volverlos a sembrar. Se diferencian en los diversos que son cultivos que se pierden en nutrientes cuando se cosechan.
	Cultivos diversos	Se entiende por cultivos diversos a todas las plantaciones de cultivos introducidos por las personas que residen en el sector del cultivo; Es decir son utilizados para la subsistencia de una población.
C3: ÁREA CONSTRUIDA	Tejido urbano	Son las áreas colonizadas y urbanizadas, en donde la comunidad tiene sus viviendas. En su mayor parte, áreas completamente cubiertas por cemento, debido a las carreteras y calles, lo que pone de manifiesto la pobre infiltración al suelo o recarga de acuíferos en las cuencas. Se ubican en la parte baja de la cuenca ocasionando desvíos del cauce por parte de las constructoras para el beneficio de ellas mismas, sin mitigar el problema ambiental sobre el río.
	Red vial	Conformada por las carreteras que constituyen la red vial circunscrita al ámbito local, cuya función es articular las capitales de provincia con capitales de distrito, éstas entre sí, con centros poblados o zonas de influencia local y con las redes viales nacional y departamental o regional.

Fuente. La Autora, 2014.

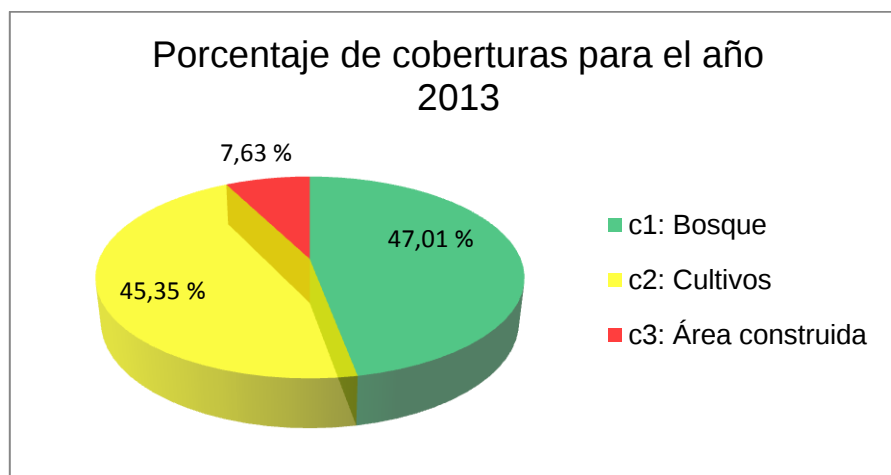
En la Tabla 6 y el Gráfico 20, se observa el valor total de coberturas por punto de muestreo y el porcentaje total de dichas coberturas, lo cual permite la interpretación del mapa de coberturas para el año 2013. La cuenca media y baja posee un área total de 2528 ha.

Tabla 7. Porcentaje total por coberturas de suelo para el año 2013 en la cuenca media y baja del río Pance.

COBERTURAS DEL SUELO	TOTAL (ha)	PORCENTAJE
c1: Bosque	1189	47,01%
c2: Cultivos	1146	45,35%
c3: Área construida	193	7,63%
	2528	100
		Total

Fuente. La Autora, 2014.

Gráfico 20. Porcentaje de coberturas para el año 2013



Fuente. La Autora, 2014.

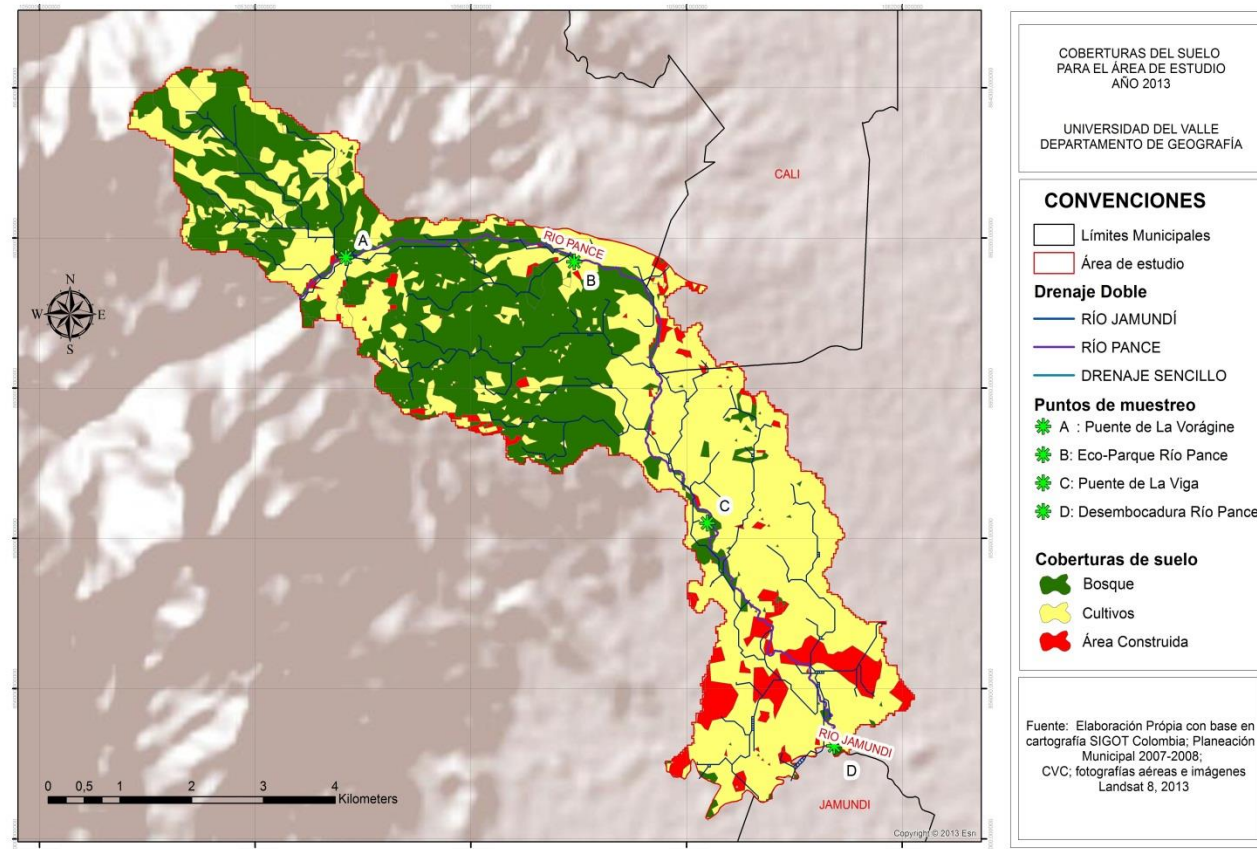
De acuerdo a lo anterior se logra ver que en el Gráfico 21, la cuenca media y baja del río Pance para el año 2013, se caracterizó por tener una cobertura predominante de bosque entre las que figura como de mayor importancia con un porcentaje de cobertura de 47,01% de la cuenca. Generalmente estos bosque se localizan en los zona norte y noreste de la cuenca, en las zonas del puente La Vorágine y el Eco parque río Pance.

Los cultivos son la segunda cobertura más extensa de la cuenca media con un 45,35% (11,46 ha), los cultivos son usados principalmente para el sostenimiento de la ganadería extensiva y otras actividades que ocupan las personas que habitan dicha cuenca. Los cultivos se encuentran ubicados en la parte en el noreste de la cuenca y sureste de la cuenca, en este caso en el Eco parque río Pance, puente La Viga, y la desembocadura al río Jamundí.

Área construida: corresponde a infraestructura que complementa el área de la cuenca cubriendo el área con 7,63% (193 ha). Las cuales se ubican en la parte sur de la cuenca baja del río Pance. Es importante señalar que esta zona esta presenta una alta alteración al río por parte de una concesión minera ubicada en el sector del puente de La Viga.

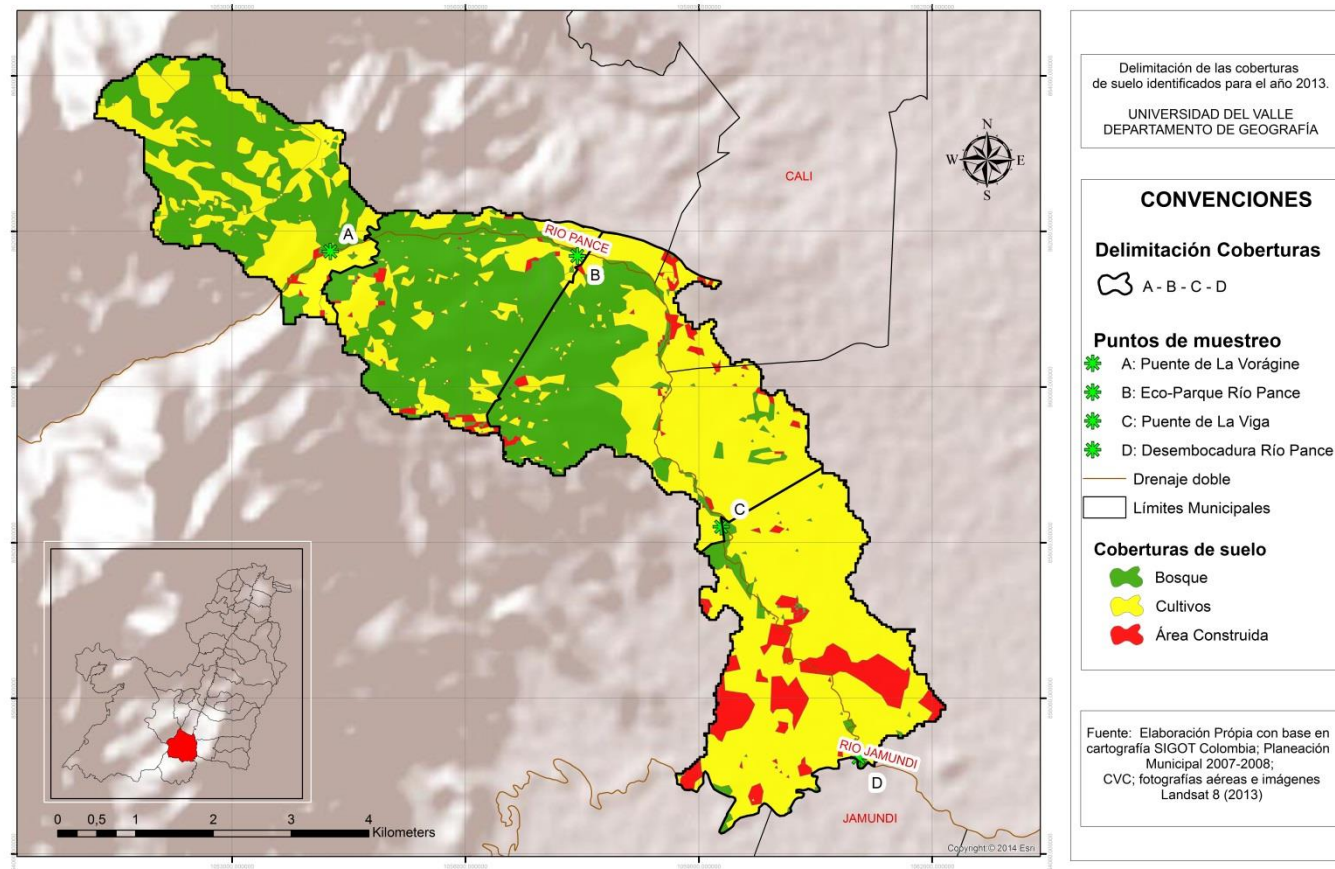
Por lo que es importante decir que aunque la cuenca es un lugar de recreación para la población caleña o poblaciones aledañas a la misma. La cobertura de bosque aun ocupa la mayor parte en hectáreas lo que permite tener zonas apropiadas para la regulación de contaminantes por medio de sedimentos ocasionadas por cultivos y áreas construidas.

Gráfico 21. Mapa Coberturas del suelo identificados para el área de estudio para el año 2013.



Fuente. La Autora, 2014. Con base en cartografía SIGOT, Planeación Municipal 2007-2008; CVC, Fotografías aéreas e imágenes Lansadt 8 (2013).

Gráfico 22. Delimitación de las coberturas del suelo identificados para el año 2013.



Fuente. La Autora, 2014. Con base en cartografía SIGOT, Planeación Municipal 2007-2008; CVC, Fotografías aéreas e imágenes Landsat 8 (2013).

Para validar la cobertura de suelo en la cuenca media y baja del río Pance para el año 2013, se realizó trabajo de campo basado en la observación directa desde el primer punto de muestreo en este caso el puente La Vorágine el cual se ubica en la parte norte de la cuenca en el kilómetro 12 ubicado a una altura de 1.125 - 1.240 msnm, hasta su desembocadura al río Jamundí. A continuación se describen aquellos aspectos relevantes en cada punto de la toma de muestras de agua en el río.

- En el punto de muestreo ubicado al norte de la cuenca en el puente de La Vorágine, en la cuenca media se encuentran casas y fincas de veraneo que son utilizadas por sus propietarios los fines de semana, como uso recreacional y agrícola ya que pasando por la ribera del río se encuentran establos y gallineros comerciales, tiendas que abastecen el pueblo. (Ver Gráfico 22).

Gráfico 22. Casa/Finca de veraneo ubicada al lado del puente la Vorágine.



Fuente: la Autora, 2014.

Continuando con el recorrido de la cuenca media del río Pance, se apreció que esta área cuenta con gran presencia de cobertura vegetal por estar ubicada en zonas de protección del Parque Nacional Farallones. Las construcciones ubicadas en este sector de la cuenca media, cuentan con canales de desagüe los cuales no se encuentran directos al río a comparación de pocas casas que no cuentan con desagüe y el vertimiento es directo en el río. Continuando con el recorrido es importante resaltar que las empresas municipales de Cali, (EMCALI) han realizado canales de desagüe, de los cuales ninguno presta el servicio de evacuar el agua lluvia en épocas de invierno, puesto que la contaminación generada por la basura dejada por los turistas genera taponamiento e inundaciones constantes.

Gráfico 23. Canal de desagüe aguas lluvias.



Fuente: La Autora, 2014.

Llegando al punto de muestreo 2, en este caso el Eco parque río Pance o también conocido como parque de la salud, se ubica un centro recreacional, ubicado aguas abajo al margen derecho de la vía, gran diversidad de atractivos, desde restaurantes, lagos de pesca, balnearios, etc (Ver Foto, 6). De acuerdo con el Plan de Ordenamiento de Santiago de Cali, el parque tiene una categoría de "Suelo de Protección", el cual es administrado por la Corporación Vallecaucana de las Cuencas Hidrográficas y el Medio Ambiente Corpocuenas, brindando a la comunidad Caleña y Vallecaucana un espacio de Recreación, Cultura, Turismo, Deporte y Educación Ambiental, un lugar que garantiza una sana recreación al aire libre a 10 minutos de Santiago de Cali.

Gráfico 24. Eco parque río Pance, segundo punto de muestreo.



Fuente: la Autora, 2014.

Durante el recorrido se logró apreciar un canal de desagüe más, pero se encontraba lleno de basura (botellas de gaseosa, bolsa de comestibles, comida y demás). Se aprecia aun en sus alrededores la presencia de bosque como en el primer punto de muestreo, así también de guaduas y cultivos transitorios en las casa/fincas cuenca abajo.

Llegando al final del punto de muestreo 2, se aprecia una planta de tratamiento de aguas superficiales de EMCALI asumida en el año 2005, llamada La Rivera, la cual se encarga de potabilizar el agua que va dirigida al sector de Pance en general, siendo su fuente de abastecimiento el mismo río. Terminando este para seguir con el recorrido se logra evidenciar un lote en venta propiedad de la constructora Meléndez S.A una empresa dedicada a la Promoción, Diseño, Construcción y Comercialización de Vivienda Familiar, Locales Comerciales y Urbanización de Terrenos, ubicada cerca de un drenaje secundario al río Pance (Ver Gráfico 25).

Gráfico 25. Condominios privados en el sector 2 y 3 de la cuenca media y baja.



Fuente. La autora, 2014.

Siguiendo con el recorrido se avanzó hacia el punto de muestreo número 3, o puente La Viga. Allí se evidenció un sector cada vez más urbanizado y con una gran presencia de universidades privadas, colegios, condominios y un centro recreacional bajo en nombre de Comfandi, generando desvíos del cauce del río para llevar a cabo las construcciones en dicha área.

Según lo observado durante el recorrido en la parte baja de la cuenca ya se evidencia gran parte de ausencia arbórea debido a las construcciones adelantadas en el sector. En el puente vehicular de La Viga se presenta una extracción de materiales de arrastre del río Pance, reduciendo sin prevención alguna el cauce normal del río.

Gráfico 26. Retroexcavadora en el lugar dado por la CVC e INGEOMINAS para explotación de materias de arrastre.



Fuente. La Autora, 2014.

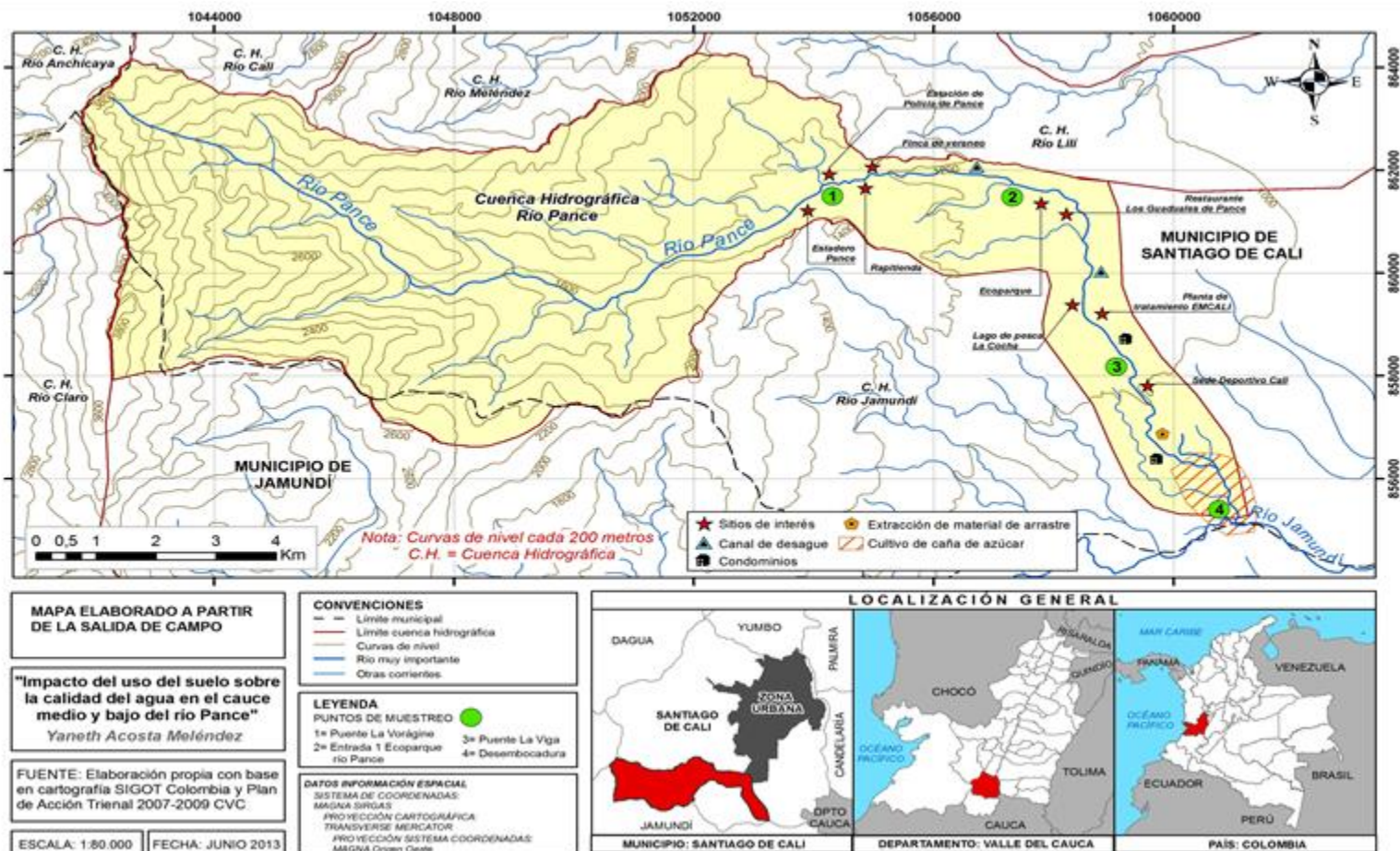
Para finalizar se encontró en la desembocadura del río Pance al río Jamundí, lugar que está rodeado de cultivos de caña de azúcar, observándose como se mezclan las aguas turbias del río Jamundí con las aguas limpias del río Pance identificando a simple vista las diferencias de sus aguas a partir del caudal, color, y temperatura, por lo que a decir el río Pance no presenta tanta contaminación a comparación con el río Jamundí (Ver **Gráfico 27**).

Gráfico 27. Desembocadura del río Pance al río Jamundí.



Fuente. La Autora, 2014.

Gráfico 28. Mapa elaborado a partir de la salida de campo.



Fuente: la Autora, 2014. Con base en cartografía del SIGOT y plan acción trienal 2007-2009 CVC.

5.3. RESULTADOS POR PARAMETROS FISICOQUIMICOS DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO PANCE DADAS POR EL LABORATORIO.

La toma de muestras se realizó de manera puntual al agua superficial del río Pance durante los meses de Junio, Agosto, y Octubre del 2013, en la parte media y baja de la cuenca del río Pance hasta la desembocadura del río al Jamundí. Los resultados permiten ver los cambios de la calidad del agua según las coberturas del suelo ubicadas en los puntos de muestreo.

Las tablas 8 a la 19, muestran los resultados de los parámetros medidos.

Procedencia: río Pance

Sitio de recolección: Puente La Vorágine

Clase de muestra: Agua Superficial

Condiciones ambientales de muestreo: Tiempo Seco

Periodo de análisis: 13-06-13 a 20-06-13 (Junio)

Tabla 8. Parámetros fisicoquímicos del puente La Vorágine río Pance el mes de junio.

Parámetros	Resultados	Incertidumbre **	Unidades	Método *	Documento
Color real	5,2		U P C	2120 C	
Conductividad	37,4	0,5	µs / cm	2510 B	SC-GT-12
pH	7,24	0,05	unidades	4500H. B	SC-CG-03
Solidos disueltos	32		mg / l	2540 C	
Solidos suspendidos totales	<7,90		mg / l	2540 D	SC-CG-10

Fuente: la Autora, 2014. A partir de los resultados de laboratorio.

* Los métodos mencionados corresponden al Standard Methods for the examination of water & wastewater, APH A-AWWA-WEF21 SI Edition, 2005.

** El valor de incertidumbre corresponde a un rango (+/-) el cual se aplica adicionándolo o restándolo al valor del resultado. La incertidumbre es calculada con un factor de cobertura (K=2) y un nivel de confianza del 95%.

Procedencia: río Pance
 Sitio de recolección: Entrada Eco-parque río Pance
 Clase de muestra: Agua Superficial
 Condiciones ambientales de muestreo: Tiempo Seco
 Periodo de análisis: 13-06-13 a 20-06-13 (Junio)

Tabla 9. Parámetros fisicoquímicos del Eco-parque río Pance para el mes de junio.

Parámetros	Resultados	Incertidumbre **	Unidades	Método *	Documen- to
Color real	5,2		U P C	2120 C	
Conductividad	38,2	0,5	μs / cm	2510 B	SC-GT-12
pH	7,25	0,05	unidades	4500H.B	SC-CG-03
Solidos disueltos	35		mg / l	2540 C	
Solidos suspendidos totales	<7,90		mg / l	2540 D	SC-CG-10

Fuente: La autora, 2014. A partir de los resultados de laboratorio.

Procedencia: río Pance
 Sitio de recolección: Puente la Viga del río Pance
 Clase de muestra: Agua Superficial
 Condiciones ambientales de muestreo: Tiempo Seco
 Periodo de análisis: 13-06-13 a 20-06-13 (Junio)

Tabla 10. Parámetros fisicoquímicos del Puente La Viga del río Pance para el mes de junio.

Parámetros	Resultados	Incertidumbre*	Unidades	Método *	Documento
Color real	7,8		U P C	2120 C	
Conductividad	43,7	0,5	µs / cm	2510 B	SC-GT-12
pH	7,28	0,05	unidades	4500H.B	SC-CG-03
Solidos disueltos	46		mg / l	2540 C	
Solidos suspendidos totales	<7,90		mg / l	2540 D	SC-CG-10

Fuente: la Autora, 2014. A partir de los resultados de laboratorio.

Procedencia: río Pance

Sitio de recolección: Desembocadura del río Pance

Clase de muestra: Agua Superficial

Condiciones ambientales de muestreo: Tiempo Seco

Periodo de análisis: 13-06-13 a 20-06-13 (Junio)

Tabla 11. Parámetros fisicoquímicos de la Desembocadura del río Pance para el mes de junio.

Parámetros	Resultados	Incertidumbre**	Unidades	Método *	Documento
Color real	8		U P C	2120 C	
Conductividad	45,2	0,5	µs / cm	2510 B	SC-GT-12
pH	7,29	0,05	unidades	4500H.B	SC-CG-03
Solidos disueltos	48,2		mg / l	2540 C	
Solidos suspendidos totales	<7,90		mg / l	2540 D	SC-CG-10

Fuente: la Autora, 2014. A partir de los resultados de laboratorio.

Procedencia: río Pance
 Sitio de recolección: Puente La vorágine
 Clase de Muestra: Agua Superficial
 Condiciones Ambientales de muestreo: Tiempo Seco
 Periodo de Análisis: 12-08-13 a 19-08-13 (Agosto)

Tabla 12. Parámetros físicoquímicos del puente La Vorágine río Pance para el mes de agosto.

Parámetros	Resultados	Incertidumbre**	Unidades	Método *	Documento
Color real	4,4		U P C	2120 C	
Conductividad	37,6	0,5	µs / cm	2510 B	SC-GT-12
pH	7,20	0,05	unidades	4500H.B	SC-CG-03
Solidos disueltos	33		mg / l	2540 C	
Solidos suspendidos totales	<7,90		mg / l	2540 D	SC-CG-10

Fuente: la Autora, 2014. A partir de los resultados de laboratorio.

Procedencia: río Pance
 Sitio de recolección: Eco-parque río Pance
 Clase de Muestra: Agua Superficial
 Condiciones Ambientales de muestreo: Tiempo Seco
 Periodo de Análisis: 12-08-13 a 19-08-13 (Agosto)

Tabla 13. Parámetros fisicoquímicos del Eco-parque río Pance para el mes de agosto.

Parámetros	Resultados	Incertidumbre **	Unidades	Método *	Documento
Color real	4,2		U P C	2120 C	
Conductividad	37,2	0,5	µs / cm	2510 B	SC-GT-12
pH	7,21	0,05	unidades	4500H.B	SC-CG-03
Solidos disueltos	30		mg / l	2540 C	
Solidos suspendidos totales	<7,90		mg / l	2540 D	SC-CG-10

Fuente: la Autora, 2014. A partir de los resultados de laboratorio.

Procedencia: río Pance
 Sitio de recolección: Puente la Viga del río Pance
 Clase de Muestra: Agua Superficial
 Condiciones Ambientales de muestreo: lluvia ligera
 Periodo de Análisis: 12-08-13 a 19-08-13 (Agosto)

Tabla 14. Parámetros fisicoquímicos del puente La Viga del río Pance para el mes de agosto.

Parámetros	Resultados	Incertidumbre **	Unidades	Método *	Documento
Color real	6,8		U P C	2120 C	
Conductividad	42,7	0,5	µs / cm	2510 B	SC-GT-12
pH	7,15	0,05	unidades	4500H.B	SC-CG-03
Solidos disueltos	47		mg / l	2540 C	
Solidos suspendidos totales	<7,90		mg / l	2540 D	SC-CG-10

Fuente: la Autora, 2014. A partir de los resultados de laboratorio.

Procedencia: río Pance

Sitio de recolección: Desembocadura del río Pance

Clase de Muestra: Agua Superficial

Condiciones Ambientales de muestreo: Tiempo Seco

Periodo de Análisis: 12-08-13 a 19-08-13 (Agosto)

Tabla 15. Parámetros fisicoquímicos de la Desembocadura del río Pance para el mes de agosto.

Parámetros	Resultados	Incertidumbre **	Unidades	Método *	Documento
Color real	8		U P C	2120 C	
Conductividad	44,2	0,5	µs / cm	2510 B	SC-GT-12
pH	7,35	0,05	unidades	4500H.B	SC-CG-03
Solidos disueltos	48,0		mg / l	2540 C	
Solidos suspendidos totales	<7,90		mg / l	2540 D	SC-CG-10

Fuente: la Autora, 2014. A partir de los resultados de laboratorio.

Procedencia: río Pance
 Sitio de recolección: Puente La Vorágine
 Clase de Muestra: Agua Superficial
 Condiciones Ambientales de muestreo: Lluvia ligera
 Periodo de Análisis: 18-10-13 a 23-10-13 (Octubre)

Tabla 16. Parámetros fisicoquímicos del puente La Vorágine río Pance para el mes de octubre.

Parámetros	Resultados	Incertidumbre**	Unidades	Método *	Documento
Color real	<0,2		U P C	2120 C	
Conductividad	36,4	0,5	µs / cm	2510 B	SC-GT-12
pH	7,26	0,05	unidades	4500H.B	SC-CG-03
Sólidos disueltos	47,5		mg / l	2540 C	
Sólidos suspendidos totales	<7,90		mg / l	2540 D	SC-CG-10

Fuente: la Autora, 2014. A partir de los resultados de laboratorio.

Procedencia: río Pance
 Sitio de recolección: Eco-parque río Pance
 Clase de Muestra: Agua Superficial
 Condiciones Ambientales de muestreo: Lluvia ligera
 Periodo de Análisis: 18-10-13 a 23-10-13 (Octubre)

Tabla 17. Parámetros fisicoquímicos del Eco-parque río Pance para el mes de octubre.

Parámetros	Resultados	Incertidumbre**	Unidades	Método *	Documento
Color real	<0.2		U P C	2120 C	
Conductividad	38,7	0,5	µs / cm	2510 B	SC-GT-12
pH	7,24	0,05	unidades	4500H.B	SC-CG-03
Solidos disueltos	53,5		mg / l	2540 C	
Solidos suspendidos totales	<7,90		mg / l	2540 D	SC-CG-10

Fuente: la Autora, 2014. A partir de los resultados de laboratorio.

Procedencia: río Pance

Sitio de recolección: Puente la Viga del río Pance

Clase de Muestra: Agua Superficial

Condiciones Ambientales de muestreo: Tiempo Seco

Periodo de Análisis: 18-10-13 a 23-10-13 (Octubre)

Tabla 18. Parámetros fisicoquímicos del puente La Viga del río Pance para el mes de octubre.

Parámetros	Resultados	Incertidumbre**	Unidades	Método *	Documento
Color real	<0,2		U P C	2120 C	
Conductividad	36,3	0,5	µs / cm	2510 B	SC-GT-12
pH	7,31	0,05	unidades	4500H.B	SC-CG-03
Solidos disueltos	49,5		mg / l	2540 C	
Solidos suspendidos totales	<7,90		mg / l	2540 D	SC-CG-10

Fuente: la Autora, 2014. A partir de los resultados de laboratorio.

Procedencia: río Pance
 Sitio de recolección: Desembocadura del río Pance
 Clase de Muestra: Agua Superficial
 Condiciones Ambientales de muestreo: Tiempo Seco
 Periodo de Análisis: 18-10-13 a 23-10-13 (Octubre)

Tabla 19. Parámetros fisicoquímicos de la Desembocadura del río Pance para el mes de octubre.

Parámetros	Resultados	Incertidumbre **	Unidades	Método *	Documento
Color real	<0,2		U P C	2120 C	
Conductividad	39,8	0,5	µs / cm	2510 B	SC-GT-12
pH	7,28	0,05	unidades	4500H. B	SC-CG-03
Solidos disueltos	82,5		mg / l	2540 C	
Solidos suspendidos totales	141		mg / l	2540 D	SC-CG-10

Fuente. La Autora, 2014. A partir de los resultados de laboratorio.

5.4. ANALISIS DE DATOS. RESULTADOS DE LA CALIDAD DEL AGUA

La cuantificación de los parámetros de calidad de las muestras de agua tomadas en los tres meses señalados en la metodología, fueron agrupados para observarlos en conjunto, como se puede ver en las Tablas 20, 21 y 22.

Tabla 20. Parámetros de la calidad del agua por puntos de muestreo para el mes de Junio del 2013.

PARAMETROS DE CALIDAD DEL AGUA DEL RIO PANCE					
Parámetros Junio	pH	Conductividad	Color	Sólidos Disueltos	Sólidos Suspendidos
Puntos de muestreo A	7,2 4	37,4	5,2	32	<7,90
Puntos de muestreo B	7,2 5	38,2	5,2	35	<7,90
Puntos de muestreo C	7,2 8	43,7	7,8	46	<7,90
Puntos de muestreo D	7,2 9	45,2	8	48,2	<7,90

Fuente. La Autora, 2014. A partir de los resultados de laboratorio.

Tabla 21. Parámetros de la calidad del agua por puntos de muestreo para el Agosto del 2013.

PARAMETROS DE CALIDAD DEL AGUA DEL RIO PANCE					
Parámetros Agosto	pH	Conductividad	Color	Sólidos Disueltos	Sólidos Suspendidos
Puntos de muestreo A	7,2	37,6	4,4	33	<7,90
Puntos de muestreo B	7,2 1	37,2	4,2	30	<7,90
Puntos de muestreo C	7,1 5	42,7	6,8	47	<7,90
Puntos de muestreo D	7,3 5	44,2	8	48	<7,90

Fuente. La Autora, 2014. A partir de los resultados de laboratorio.

Tabla 22. Parámetros de la calidad del agua por puntos de muestreo para el mes de octubre del 2013.

PARAMETROS DE CALIDAD DEL AGUA DEL RIO PANCE					
Parámetros Octubre	pH	Conductividad	Color	Sólidos Disueltos	Sólidos Suspendidos
Puntos de muestreo A	7,26	36,4	<0,2	47,5	<7,90
Puntos de muestreo B	7,24	38,7	<0,2	53,5	<7,90
Puntos de muestreo C	7,31	36,3	<0,2	49,5	<7,90
Puntos de muestreo D	7,28	39,8	<0,2	82,5	141

Fuente. La Autora, 2014. A partir de los resultados de laboratorio.

Para llevar a cabo la interpretación de los parámetros resultantes del laboratorio es importante tener en cuenta que la OMS señala características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para establecer de manera adecuada la calidad del agua para consumo humano.

Para los meses de Junio, Agosto y Octubre es importante tener en cuenta que la temperatura promedio del río Pance desde la partida inicial en este caso el puente La Vorágine fue de 17,01°C, mientras que la temperatura promedio en la desembocadura del río Jamundí, fue de 18,1 °C.

A continuación se presenta la interpretación de los resultados según el parámetro de calidad:

PH. El pH no solo determina la calidad del agua, sí no que permite observar cómo transcurre el agua por el cauce, y cómo afecta la solubilidad de varios minerales en el agua.

En el Gráfico 29, se evidencian los resultados de esta variable de calidad del agua. Los cuales al ser contrastados con los estándares de calidad del agua de la OMS para los 4 puntos muestreados, se encuentran dentro de la normatividad propuesta (5,0 a 9,0 unidades), es decir, apta para el consumo humano.

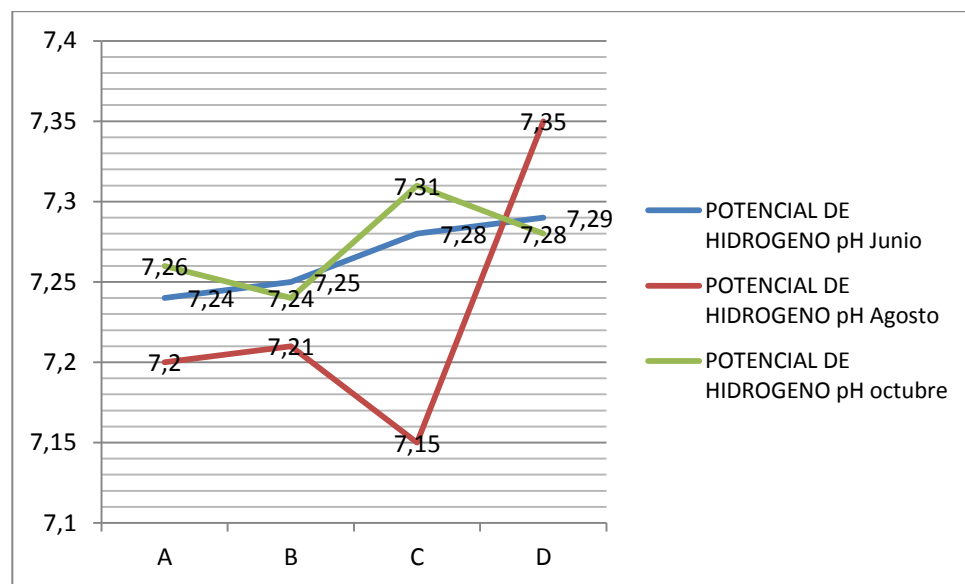
Por otro lado, es importante resaltar que las primeras muestras recolectadas se tomaron en tiempo seco y transitorio, lo que arroja que el pH analizado en el río Pance se encuentra en un rango básico entre 7,2 y 7,35 en unidades logarítmicas; lo que genera que el río transporte irregularmente materiales de suspensión. Es

contundente que los datos no van a generar un pH alto hasta que termine la lluvia o termine la torrencialidad del río.

Dentro de los pH analizados es importante decir que para los meses de junio se presentó un crecimiento constante en cuanto a los valores dados, mientras que para el mes de agosto y octubre se evidencia cómo para el punto de muestreo 3 en este caso el puente La Viga, tuvo una tendencia decreciente por lo que cabe deducir que para ese punto los materiales de arrastre disminuyeron a lo que podría deberse a que se producen con lluvias más duraderas y menos intensas y a la proximidad entre eventos que conllevaría a un proceso de agotamiento de hidróxido en el agua.

A lo largo del río, en los 3 meses, la tendencia del pH, fue aumentar lo cual tiene que ver con los aportes de materiales a medida que se desciende seguramente a que son materiales que contienen hidróxidos cuyo origen puede ser de la construcción o la concepción minera que se tiene para la extracción de materiales de arrastre.

Gráfico 29. PH de los tres meses analizados.

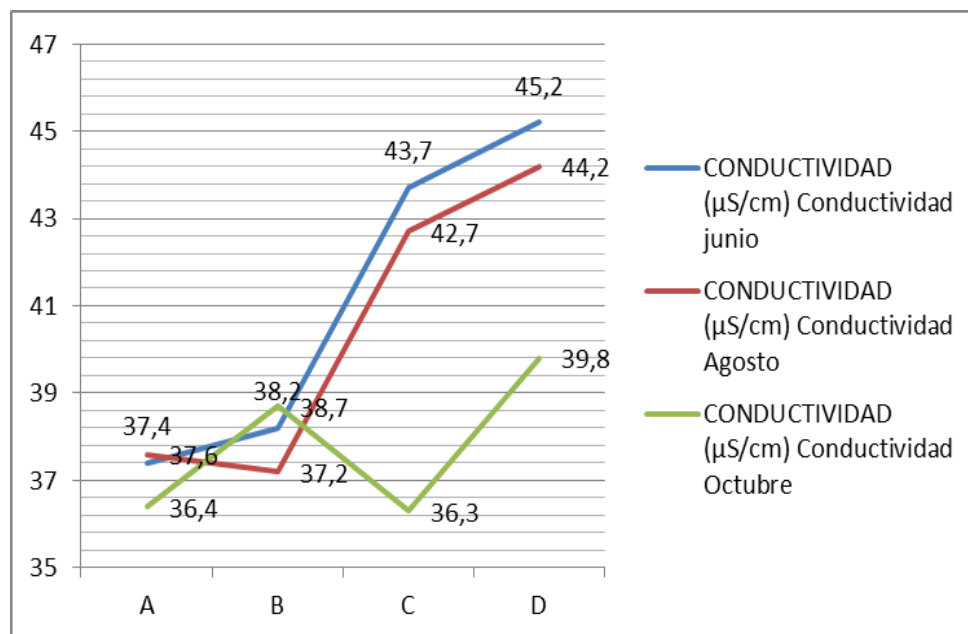


Fuente. La Autora, 2014. A partir de los resultados de laboratorio.

CONDUCTIVIDAD: De acuerdo al Gráfico 30, se puede observar que la conductividad oscila entre 36,3 y 45,2 $\mu\text{S}/\text{cm}$, esta variación es poca debido a que las cantidades de sales y sólidos solo cambian cuando se presentan lluvias generando arrastre de sedimentos lo ocurrido para el mes de octubre.

En octubre cierta variabilidad de la conductividad, debido a la que la muestra fue tomada cuando se presentaba lluvia ligera en la parte media y en la baja lo que genera que se disuelvan los gases y el polvo que se encuentran en el aire y por lo tanto, tengan valores de 36,4 – 39,8 $\mu\text{S}/\text{cm}$. La conductividad refleja la mineralización de las aguas (sólidos disueltos), dado que conjuga los cationes sodio, potasio, calcio, magnesio, así como los aniones carbonatos, bicarbonatos, sulfatos y cloruros principalmente; por lo tanto, se correlaciona con la dureza (calcio y magnesio) y la alcalinidad (principalmente carbonatos, bicarbonatos e hidroxilo) es decir que tiene mayor conductividad en el agua del río debido a las condiciones climáticas al momento de recolectar las muestras.

Gráfico 30. Conductividad del agua para los meses analizados.



Fuente. La Autora, 2014. A partir de los resultados de laboratorio.

COLOR: La Tabla 23, muestra el resultado del color verdadero del agua para los meses de Junio, Agosto y Octubre; un color aparente establecido en la legislación vigente, expresadas en unidades de platino colbato (UPC), con un valor de 5 UPC para ser deseable y admisible en un valor inferior a 10 se encuentran por debajo del valor; un valor aceptable establecido para garantizar que el agua para consumo humano.

Por cual el agua analizada en la parte media y baja de la cuenca, Aun presenta un color apto para ser tratado como agua para consumo humano. Es decir que El agua del río Pance puede considerarse de buena calidad; porque no contiene

microorganismos patógenos ni contaminantes a niveles capaces de afectar la salud de los habitantes aledaños al río Pance.

Tabla 23. Color verdadero del agua para los meses analizados.

COLOR VERDADERO (UPC)			
Puntos de muestreo	Color Junio	Color Agosto	Color Octubre
A	5,2	4,4	<0,2
B	5,2	4,2	<0,2
C	7,8	6,8	<0,2
D	8	8	<0,2

Fuente. Elaboración propia a partir de los resultados de laboratorio.

SOLIDOS DISUELTOS: En la Tabla 24, muestran los valores de los sólidos disueltos para los tres meses considerados. Se aprecia que a medida que se baja en la cuenca aumenta los sedimentos por lo que es importante decir que los cultivos y las áreas construidas presentan mayor contaminación para la calidad del agua en la parte baja del río Pance.

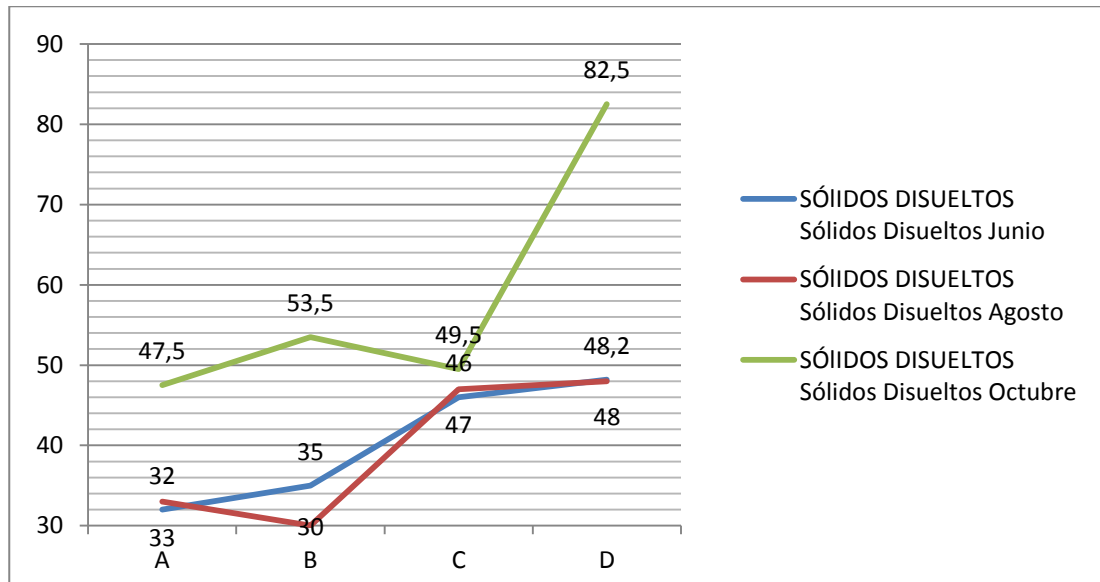
A lo largo del río la tendencia de los sólidos disueltos es a aumentar lo cual indica que hay una gran cantidad de descargas líquidas, como uno de los factores que más influye en la cantidad de sólidos disueltos generados por los desechos del ser humano. Es claro ver como el clima influye en el aumento de los sólidos disueltos porque es importante decir que en el mes de junio no se presentaron lluvias por lo que para el mes de octubre sí; lo que aumenta el contenido de oxígeno.

Tabla 24. Sólidos disueltos para los meses analizados.

SÓLIDOS DISUELTOS			
puntos de muestreo	Sólidos Disueltos Junio	Sólidos Disueltos Agosto	Sólidos Disueltos Octubre
A	32	33	47,5
B	35	30	53,5
C	46	47	49,5
D	48,2	48	82,5

Fuente. La Autora, 2014. A partir de los resultados de laboratorio.

Gráfico 31. Sólidos disueltos para los meses analizados.



Fuente. La Autora, 2014. A partir de los resultados de laboratorio.

SÓLIDOS SUSPENDIDOS: Los materiales flotantes de menor densidad en el agua son originados por fuentes antrópicas, Surgen a medida que el ser humano comienza a interactuar con el medio ambiente y con la inadecuada aglomeración de las poblaciones, y como consecuencia del aumento desmesurado y sin control alguno de industrias, y obras o actividad de intervención.

Según la tabla 28, las concentraciones de sólidos en suspensión obtenidas, para los tres meses en los 4 puntos de muestreo, mantienen una relación constante mientras que en el mes de octubre en el punto de muestreo D, la desembocadura presenta un valor de 141 porque tiene mayor turbiedad debido a la alta concentración de sedimentos a lo largo de la cuenca.

Los resultados anteriores revelan que existe una elevada homogeneidad entre la concentración de sólidos en suspensión registrados en los distintos meses. Las concentraciones más elevadas de sólidos en suspensión no sólo dependen de la cantidad y duración de las precipitaciones sino también de la cubierta vegetal y de las condiciones de humedad antecedente.

Tabla 25. Sólidos suspendidos para los meses analizados.

SÓLIDOS SUSPENDIDOS			
Puntos de muestreo	Sólidos Suspendidos Junio	Sólidos Suspendidos Agosto	Sólidos Suspendidos Octubre
A	<7,90	<7,90	<7,90
B	<7,90	<7,90	<7,90
C	<7,90	<7,90	<7,90
D	<7,90	<7,90	141

Fuente. La Autora, 2014. A partir de los resultados de laboratorio.

5.5. CAMBIOS DE LA COBERTURA PARA EL AÑO 2013

En la Tabla 26, se presentan las áreas delimitadas de acuerdo a las curvas de nivel dependiendo de la altura que se tiene desde su parte alta, media y baja, indicando cada una de las cuatro coberturas en la porción de la cuenca aguas arriba de cada punto de muestreo y hasta el anterior punto de muestreo para el año 2013. Como se puede observar hasta el punto de muestreo A el predominio de la cobertura es bosque natural; para el área correspondiente al punto B también se destaca la cobertura en Bosque y aparece en significativa cantidad el área construida. Para las áreas correspondientes a los puntos C y D, los valores más altos de cobertura corresponden a cultivos, a lo comparado con el crecimiento del punto D para el área construida, es decir que hubo un crecimiento mayor respectivamente a los anteriores puntos de muestreo.

Tabla 26. Cobertura del suelo en hectáreas para el año 2013.

COBERTURAS DEL SUELO EN HECTAREAS AÑO 2013						
COBERTURAS DEL SUELO	Área de influencia de los puntos de muestreo				TOTAL	PORCENTAJE
	Área A	Área B	Área C	Área D		
c1: Bosque	359	757	39	34	1189	47,01
c2: Cultivos	287	166	356	337	1146	45,35
c3: Área construida	6	17	26	144	193	7,63
					2528	100

Fuente. La Autora, 2014. A partir de los resultados de laboratorio.

En la Tabla 27, se presenta la suma parcial realizada para cada cobertura del suelo lo cual permite ver el valor total para cada cobertura es decir para el Bosque se tiene 3819, Cultivos 2695 y área construida 271 en este caso se lleva a cabo para la cobertura de bosque de la siguiente manera: $359+727= 1116$ $+39=1155$ $+34= 1189$ teniendo un total de 3819 para la cobertura de bosque.

Tabla 27. Suma parcial por coberturas de suelo.

	c1: BOSQUE	c2: CULTIVOS	c3: AREA COSNTRUIDA
Puntos de muestreo	SUMA PARCIAL	SUMA PARCIAL	SUMA PARCIAL
A	359	287	6
B	1116	453	23
C	1155	809	49
D	1189	1146	193
Total	3819	2695	271

Fuente. La Autora, 2014. A partir de los resultados de laboratorio.

En la Tabla 28, se presentan los porcentajes de variación que se tiene para cada cobertura del suelo, es decir de acuerdo a la suma parcial de los puntos de muestreo por cobertura con base en el total de cada una de ella se permite ver el incremento para Bosque, Cultivos y Área construida.

Tabla 28. Porcentaje de variación de las coberturas de suelo para el año 2013.

PUNTOS DE MUESTREO DE CALIDAD DEL AGUA	% DE VARIACIÓN C1	% DE VARIACIÓN C2	% DE VARIACIÓN C3
	BOSQUES	CULTIVOS	AREA CONSTRUIDA
A	9,40	10,64	2,21
B	29,22	16,80	8,48
C	30,24	30,01	18,08
D	31,13	42,52	71,21
	100	100	100

Fuente. La Autora, 2014. A partir de los resultados de laboratorio.

En la tabla 29, se encuentran los registros de análisis fisicoquímicos, medidos para los 3 meses (Junio, Agosto y Octubre), resultados como el pH, Conductividad y Solidos disueltos en promedio para cada punto de muestreo.

Tabla 29. Promedio de los parámetros de la calidad del agua para el año 2013.

PUNTOS DE MUESTREO DE CALIDAD DEL AGUA	PROMEDIO DE LOS PARAMETROS DE LA CALIDAD DEL AGUA		
	pH promedio	Conductividad promedio	Solidos disueltos promedio
A	7,2	37,13	37,5
B	7,2	38,03	39,5
C	7,24	40,9	47,5
D	7,3	43,07	59,6

Fuente. La Autora, 2014. A partir de los resultados de laboratorio.

En la tabla 30, de correspondencia entre el bosque y el pH se puede ver claramente que aunque existe un pequeño aumento de cobertura boscosa en el punto de muestreo C pero el cual no alcanza a contrarrestar e impedir que el pH se mantenga neutro e impida que la calidad del agua sea favorable para la biótica acuática o que sea limitante para ser de una excelente condición para consumo humano.

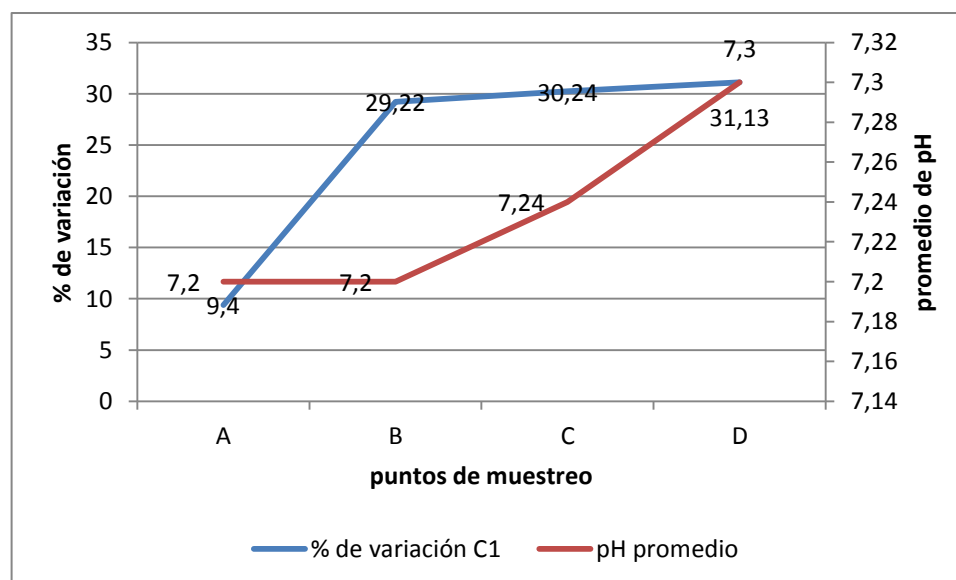
Tabla 30. Correspondencia entre el bosque y potencial de hidrogeno (pH).

Correspondencia entre bosque y pH		
Puntos de muestreo	% de variación C1	pH promedio
A	9,4	7,2
B	29,22	7,2
C	30,24	7,24
D	31,13	7,3

Fuente. La Autora, 2014. A partir de los resultados de laboratorio.

En el Gráfico 32, se puede ver como el bosque tiende a aumentar pero el pH de igual manera continua aumentando esto puede creerse que el porcentaje de bosque que aumenta no es suficiente para contrarrestar el pH a lo largo de río Pance. Una explicación a eso es que es muy posible que el pH esté ligado al aumento de cultivos o área construidos lo cual debilita la buena calidad que puede presentar el pH.

Gráfico 32. Porcentaje de variación de la cobertura del bosque vs el promedio del (pH)



Fuente. La Autora, 2014. A partir de los resultados de laboratorio.

En la tabla 31, de correspondencia entre cultivos y pH, podemos observar como el pH tiende a aumentar en el punto de muestreo C Y D, lo que hace que sea debido a que en el punto C (puente La Viga) se encuentra cultivos transitorios por las personas que viven cerca al río, a lo que se es evidente en el punto D con una gran presencia de cultivos de caña lo cual permite un incremento del pH en la parte media baja de la cuenca debido al efecto de la concentración del nitrógeno y fosforo asociado a los sedimentos generados por los cultivos y a los agroquímicos que son utilizados en estos cultivos los cuales al sedimentarse son transportados a lo largo del río.

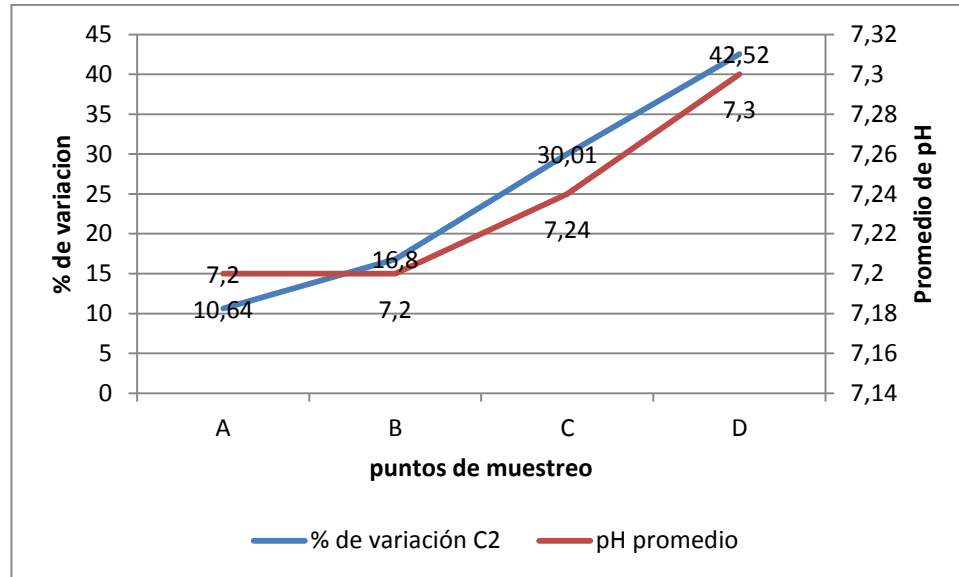
Tabla 31. Correspondencia entre la cobertura de cultivos y potencial de hidrogeno (pH).

Correspondencia entre Cultivos y pH		
puntos de muestreo	% de variación C2	pH promedio
A	10,64	7,2
B	16,8	7,2
C	30,01	7,24
D	42,52	7,3

Fuente. La Autora, 2014. A partir de los resultados de laboratorio.

En el Gráfico 33, se puede evidenciar como el pH, se mantiene constante para los 2 puntos de muestreo A y B esto puede ser claramente por la calidad de aguas que vienen de los farallones y que aún no se encuentran ocupadas por fincas que se dedican al cultivo y la ganadería a lo contrario cómo se logra evidenciar en el punto C y D que a causa de los cultivos anteriormente mencionados se logra ver en el aumento del pH, debido a que en las industrias azucareras el rendimiento de la sacarosa dependen de un pH neutro o no mayor de (8) que al neutralizado (suspensión de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ en el agua), permita un buen desarrollo del cultivo durante su crecimiento.

Gráfico 33. Porcentaje de variación entre la cobertura de cultivos vs el promedio del pH



Fuente. La Autora, 2014. A partir de los resultados de laboratorio.

En la tabla 32, de correspondencia entre el área construida y el pH, claramente se logra apreciar cómo en la parte media en este caso el puente la Vorágine, no existe infraestructura que diga que a causa de ellos el pH tienda a aumentar como lo es visible para los puntos de muestreo C y D con un crecimiento del (18,08 % y el 71,21%). Cabe decir que el pH aumenta debido a que las construcciones que se encuentran cerca al cauce lo que hace que el material utilizado para llevar a cabo la construcción de viviendas y también a raíz de la extracción de materiales de arrastre ubicado dentro de estos (2) puntos de muestreo Debido a que esta extracción de materiales libera grandes cantidades de sedimentos las cuales impactan las aguas superficiales del río lo cual se ve reflejado en el promedio del pH en un 7,3%.

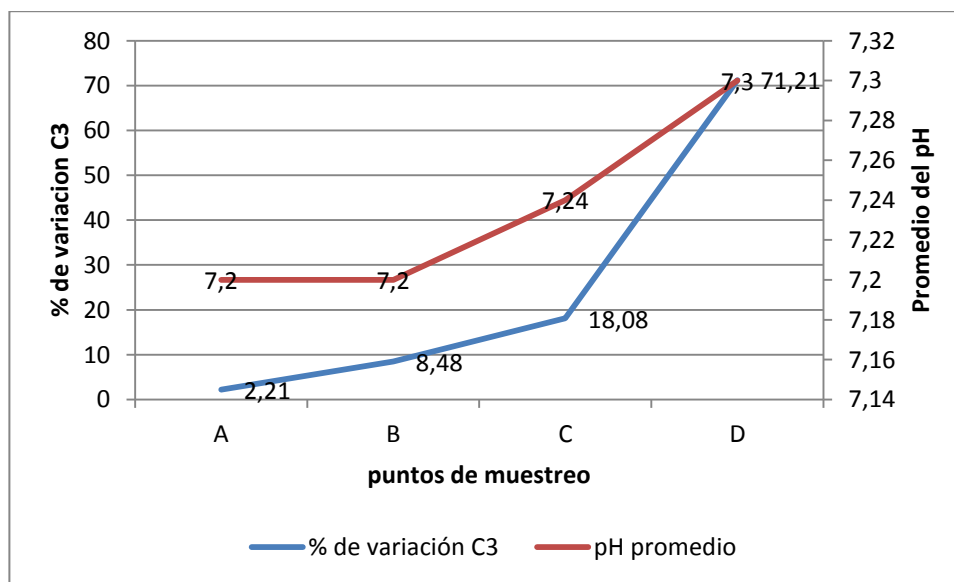
Tabla 32. Correspondencia entre la cobertura del área construida y el potencial de hidrogeno (pH).

Correspondencia entre área construida y pH		
puntos de muestreo	% de variación C3	pH promedio
A	2,21	7,2
B	8,48	7,2
C	18,08	7,24
D	71,21	7,3

Fuente. La Autora, 2014. A partir de los resultados de laboratorio.

En la gráfica lineal entre el área construida y el pH. Se ve como el pH se mantiene constante para los puntos de muestreo A y B pero al llegar al punto de muestreo C y D estos logran un aumento debido a la alta concentración de viviendas aguas abajo de la cuenca (ver gráfico 34).

Gráfico 34. Porcentaje de variación de la cobertura de área construida vs el promedio del pH



Fuente. La Autora, 2014. A partir de los resultados de laboratorio.

En la tabla 33, de correspondencia entre el bosque y la conductividad se puede ver claramente que el bosque en el punto de muestreo A en este caso el puente La vorágine no presente cambio alguno con respecto al punto de muestreo B ya que al encontrarse en la parte media de la cuenca, aun no presentan contaminaciones que lleven a cabo el aumento de sales y deterioren el bosque cómo se logra ver para el punto C y D en el sector del puente de La Viga y la desembocadura donde ya la zona de bosque aumenta muy poco, debido a las malas condiciones físicas de la cobertura del suelo por la aplicación de fertilizantes y micronutrientes para el crecimiento de cultivos.

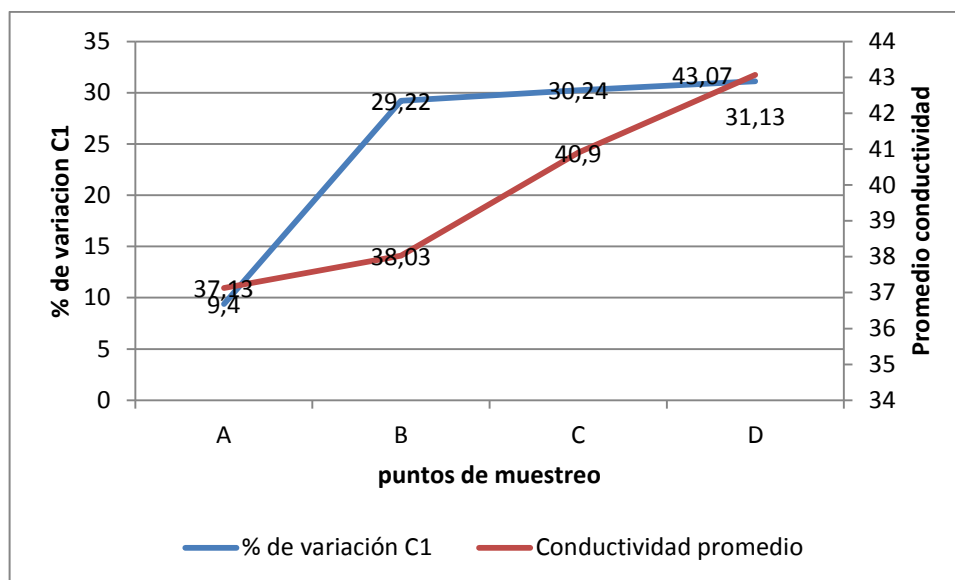
Tabla 33. Correspondencia entre la cobertura de bosque y la conductividad eléctrica del agua.

Correspondencia entre bosque y conductividad		
puntos de muestreo	% de variación C1	Conductividad promedio
A	9,4	37,13
B	29,22	38,03
C	30,24	40,9
D	31,13	43,07

Fuente. La Autora, 2014. A partir de los resultados de laboratorio.

En el Gráfico 35, de variación del bosque y la conductividad se logra apreciar lo interpretado en la tabla de como el bosque aumenta debido a que a la cobertura del bosque al tener un crecimiento poco no alcanza a controlar el aumento de sales que permita que esta misma se mantenga estable.

Gráfico 35. Porcentaje de variación de la cobertura de bosque construida vs el promedio de la conductividad eléctrica del agua



Fuente. La Autora, 2014. A partir de los resultados de laboratorio.

En la tabla 34, de correspondencia entre los cultivos y conductividad se puede ver claramente como los cultivos se mantienen un poco estables en los puntos A y B con un porcentaje de (10,64% y 16,8%) pero en comparación de los puntos C y D la conductividad aumento del (13,21%) entre el punto B y el punto C, esto puede indicar que los cultivos presentan una alta salinización y la alcalinización, lo cual se ve reflejado en el valor de conductividad para el punto C Y D (40,9% y 43,07%) es que a mayor aumento de salinidad de los puntos, mayor aumento de conductividad eléctrica se presentara.

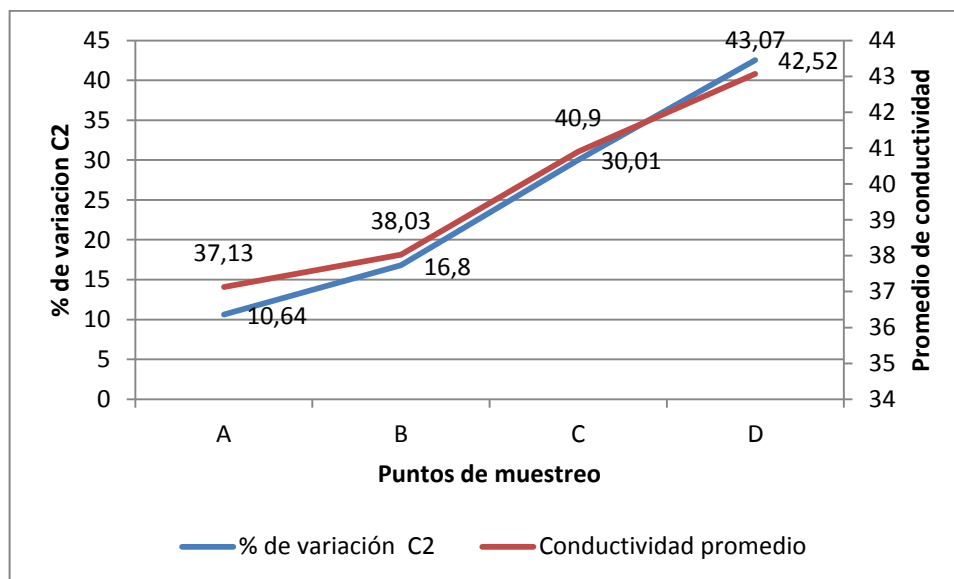
Tabla 34. Correspondencia entre la cobertura de cultivos y la conductividad eléctrica del agua.

Correspondencia entre cultivos y conductividad		
Puntos de muestreo	% de variación C2	Conductividad promedio
A	10,64	37,13
B	16,8	38,03
C	30,01	40,9
D	42,52	43,07

Fuente. La Autora, 2014. A partir de los resultados de laboratorio.

En el Gráfico 36, de variación entre los cultivos y la conductividad se puede ver como en los puntos de muestreo se logra ver el incremento a raíz de las sales y alcalinidad resultado que se lleva a cabo por la aplicación de los plaguicidas en las cercanías al río Pance. Generando con ello que la conductividad se incremente con base en la misma al aumento de los cultivos.

Gráfico 36. Porcentaje de variación de la cobertura de cultivos vs la conductividad eléctrica del agua.



Fuente. La Autora, 2014. A partir de los resultados de laboratorio.

En la tabla 35, de correspondencia entre el área construida y la conductividad se aprecia como el promedio de conductividad oscila entre (37,13% y 43,07%) es importante recordar que esta se encuentra como calidad buena por encontrarse en el rango de consumo humano. Es importante decir que la conductividad es generada por las sales los cuales son generados a raíz de consecuencias antrópicas que se ven dentro de la cuenca por factores de desarrollo como lo son las condominios que se centran alrededor del río, los cuales ocasionan con ellos desvíos o alteraciones directas al cauce para llevar a cabo dichas construcciones.

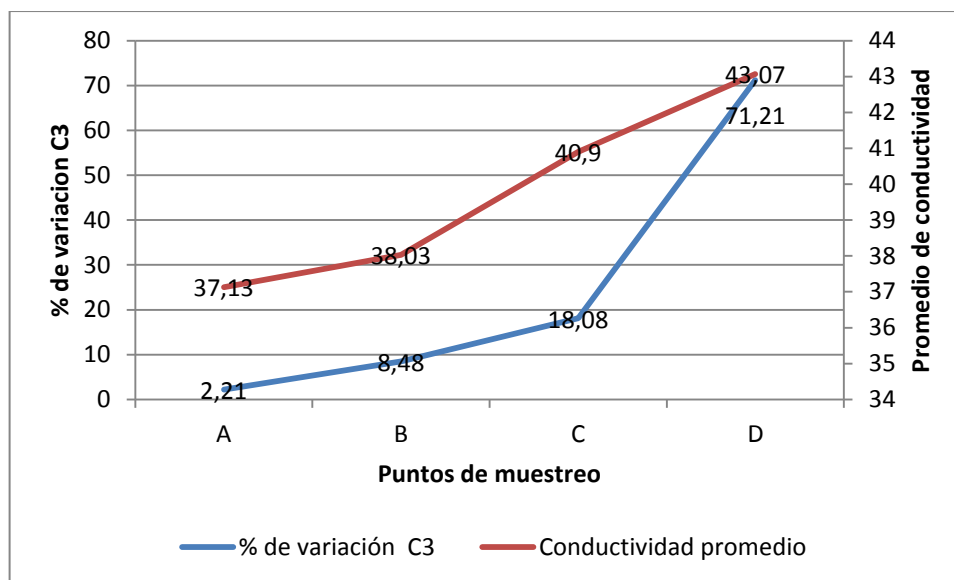
Tabla 35. Correspondencia entre la cobertura de área construida y la conductividad eléctrica del agua.

Correspondencia entre Área construida y conductividad		
Puntos de muestreo	% de variación C3	Conductividad promedio
A	2,21	37,13
B	8,48	38,03
C	18,08	40,9
D	71,21	43,07

Fuente. La Autora, 2014. A partir de los resultados de laboratorio.

En el Gráfico 37, de variación entre el área construida y la conductividad se logra ver el porcentaje de variación de la cobertura del área construida con base en el promedio de la conductividad refleja el aumento con base en la cobertura del área construida.

Gráfico 37. Porcentaje de variación de la cobertura de área construida vs la conductividad eléctrica del agua.



Fuente. La Autora, 2014. A partir de los resultados de laboratorio.

En la tabla 36, de correspondencia entre el bosque y los sólidos disueltos Los sólidos disueltos lo constituyen las sales que se encuentran presentes en el agua y que no pueden ser separados del líquido por algún medio físico, tal como: sedimentación, filtración, etc. La presencia de estos sólidos no es detectable a simple vista, por lo que se puede tener un agua completamente cristalina con un alto contenido de sólidos disueltos para este caso lo constituyen los puntos C y D para el bosque puntos que no alcanzan disminuir la cantidad de sales por el poco aumento que tiene esta cobertura.

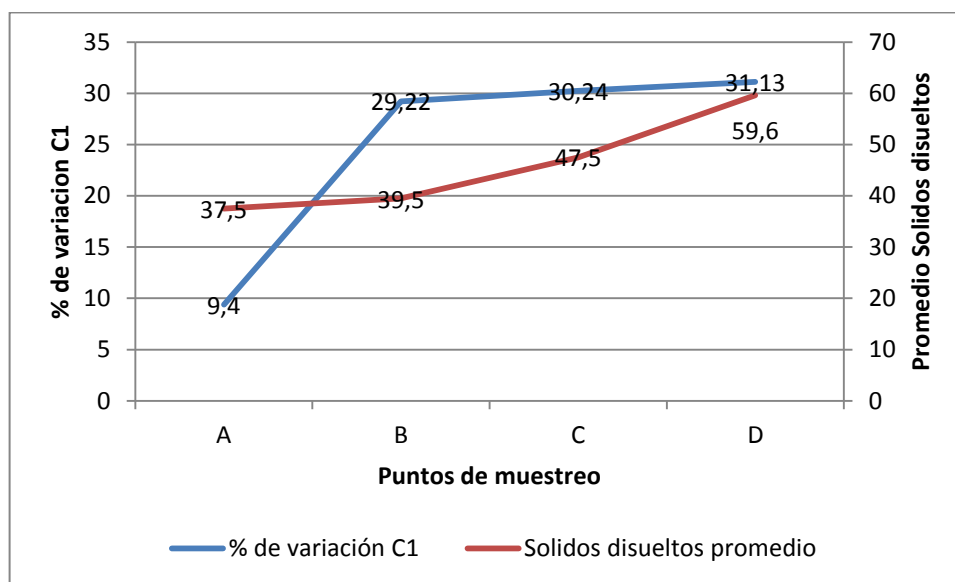
Tabla 36. Correspondencia entre la cobertura de bosque y los sólidos disueltos del agua.

Correspondencia entre Bosque y Solidos disueltos		
puntos de muestreo	% de variación C1	Solidos disueltos promedio
A	9,4	37,5
B	29,22	39,5
C	30,24	47,5
D	31,13	59,6

Fuente. La Autora, 2014. A partir de los resultados de laboratorio.

En el Gráfico 38, de correspondencia de variación del bosque con el promedio de los sólidos disueltos se logra ver como el porcentaje de variación del bosque es de un (9,4%) en relación al punto C y D con un (30,24% y 31,13%) pero el cual no es posible que determine en su aumento una buena filtración de sedimentos a la calidad del agua del cauce.

Gráfico 38. Porcentaje de variación de la cobertura de bosque vs los sólidos disueltos en el agua.



Fuente. La Autora, 2014. A partir de los resultados de laboratorio.

En la Tabla 37, de correspondencia entre la cobertura de cultivos y los sólidos disueltos se puede observar cómo se incrementa notablemente la cobertura de cultivos y a su vez los sólidos, lo que hace entender el aumento en los cultivos de caña de azúcar en los márgenes del río Pance para los puntos (C 30,01% y D del 42,52%). Permite un incremento en sólidos disueltos de un (47,55 y 59,6%) cabe aclarar que los cultivos que se encuentran ubicados en estos 2 puntos han desviado el caudal en un 80% con el objetivo de irrigar los cultivos para luego devolverlo al cauce. Pero el cual ahora contiene residuos de fertilizantes y pesticidas derivados de dichos cultivos.

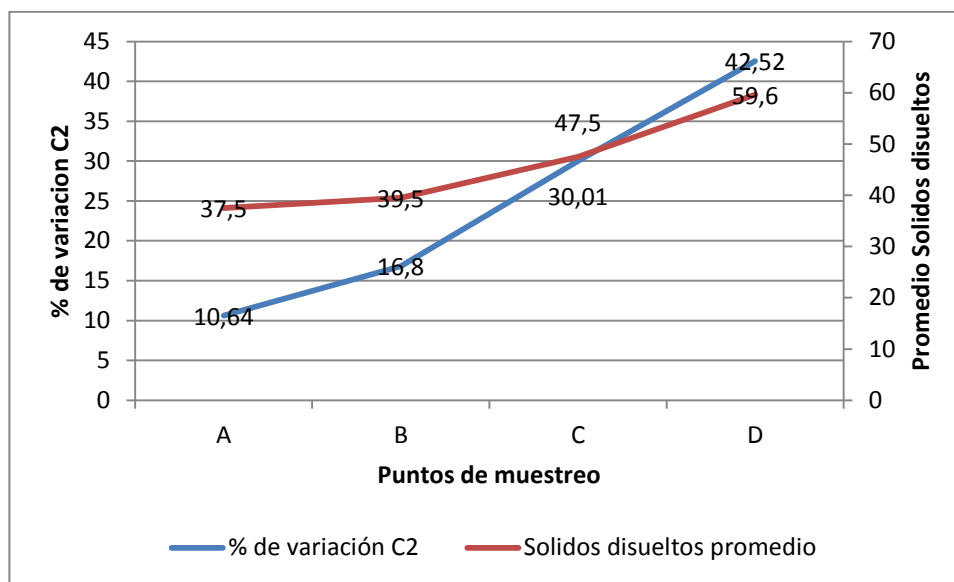
Tabla 37. Correspondencia entre la cobertura de cultivos y los sólidos disueltos del agua.

Correspondencia entre Cultivos y Solidos disueltos		
puntos de muestreo	% de variación C2	Solidos disueltos promedio
A	10,64	37,5
B	16,80	39,5
C	30,01	47,5
D	42,52	59,6

Fuente. La Autora, 2014. A partir de los resultados de laboratorio.

En el Gráfico 39, se logra ver a medida que se avanza en los puntos de muestreo los sólidos disueltos y los cultivos aumentan debido al aporte de sólidos que llegan por medio del afluente generalmente son residuos de suelo (arcillas, limos y arenas) lo que hace que exista un aumento constante a lo largo del río Pance.

Gráfico 39. Porcentaje de variación de la cobertura de cultivos vs los sólidos disueltos en el agua



Fuente. La Autora, 2014. A partir de los resultados de laboratorio.

En la tabla 41, de correspondencia entre la cobertura de suelo en este caso el área construida y los sólidos disueltos, se logra ver como el punto de muestreo A al punto de muestreo D se presenta un incremento potencial de área construida para el año 2013, lo que determina que el promedio de solidos disueltos debido a

la mala organización comunitaria y de obras civiles que se benefician de captaciones del directas al río.

Es importante señalar que la extracción legal e ilegal de material del lecho del río que se lleva a partir del punto C comprendido por el puente La Viga y la Desembocadura. Al remover la roca y grava que recubre el lecho arcilloso ocasiona que se disminuya el caudal y se propicie la evaporación lo cual genera aportes constantes de sólidos disueltos al río Pance lo que se ve reflejado en la gráfica que cada vez que aumenta el área construida los sólidos disueltos tienden a aumentar aguas abajo del cauce medio y bajo del río Pance.

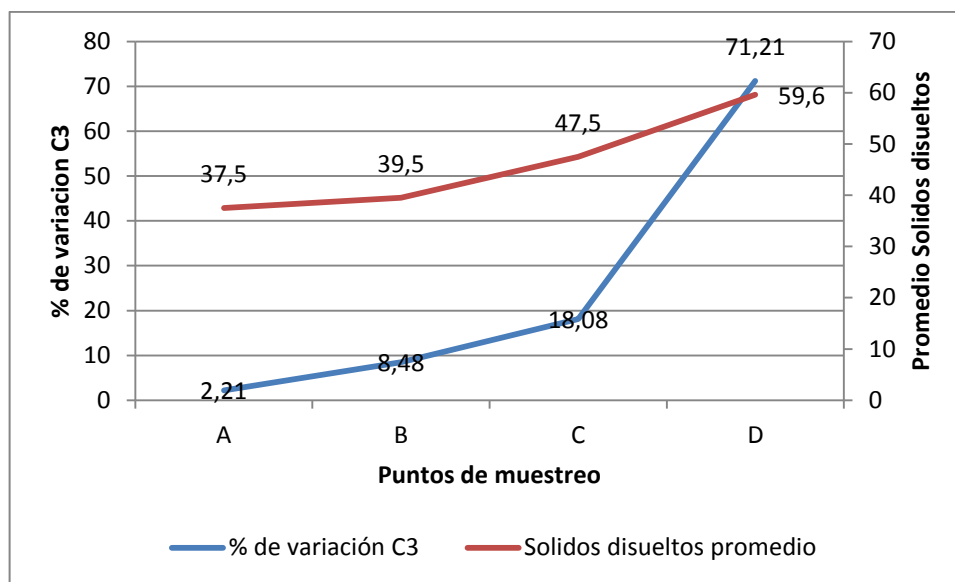
Tabla 38. Correspondencia entre la cobertura de Área Construida y los sólidos disueltos del agua.

Correspondencia entre Área construida y Sólidos disueltos		
puntos de muestreo	% de variación C3	Sólidos disueltos promedio
A	2,21	37,5
B	8,48	39,5
C	18,08	47,5
D	71,21	59,6

Fuente. La Autora, 2014. A partir de los resultados de laboratorio.

En el Gráfico 40, del porcentaje de variación del área construidas con el promedio de sólidos disueltos al igual que los casos anteriores según los resultados expuestos en la tabla.

Gráfico 40. Porcentaje de variación de la cobertura de Área construida vs los sólidos disueltos en el agua



Fuente. La Autora, 2014. A partir de los resultados de laboratorio.

6. CONCLUSIONES

La metodología seguida es apropiada para la consecución de los objetivos, ya que permitió dar cumplimiento a todo lo propuesto y establecer una variación de las coberturas de suelo en la cuenca media y baja del Río Pance para el año 2013 y las variaciones en la calidad del agua para el mismo año. Con ello, se logró confirmar la tesis que indica que a mayor aumento del área construida en la parte media y baja en la cuenca, mayor contaminación en el agua del río, lo cual se refleja en los parámetros de calidad evaluados. De igual manera, los cambios de cobertura de cultivos, se reflejan en la disminución de la calidad del agua a lo largo del cauce. El poco incremento de la cobertura boscosa a lo largo de la cuenca hidrográfica no es capaz de contrarrestar la pérdida de calidad del agua a lo largo del río.

El trabajo de campo permitió describir las actividades antrópicas en el área de estudio observándose por medio de la observación directa y con guía de un habitante de la población de Pance el efecto que tiene la cobertura del suelo sobre la calidad del agua a lo largo del río Pance en su parte media y baja.

Cabe concluir que la falta de control de las autoridades ambientales, la poca conciencia ambiental, el desconocimiento de los sistemas de tratamiento de aguas residuales, una disminución de la cobertura boscosa, una deficiente contabilidad de las captaciones de agua por carencia de obras civiles, un uso irracional del agua, el inadecuado manejo de los suelos, los cultivos de caña en la parte baja generan contaminación con agroquímicos, el vertimiento de aguas residuales al río Pance, una manejo inadecuado de los residuos sólidos y el aumento de la extracción del material de arrastre. Las consecuencias de ello son la pérdida de biodiversidad, una disminución en la oferta hídrica, el aumento de enfermedades gastrointestinales, y el menoscabo de la recreación.

Según los datos obtenidos por el laboratorio de la Universidad del Valle, se puede concluir que la calidad del agua del río Pance aún no presenta un alto nivel de contaminación según el resultado de la calidad del agua. Los puntos de muestreo en términos generales presentaron buenas condiciones en la calidad del agua, aunque es importante señalar que a pesar de que para el puente de la viga existe un crecimiento del bosque este mismo no logra contrarrestar los factores fisicoquímicos como el pH, Sólidos disueltos y conductividad, para mejorar la calidad del agua debido al crecimiento del área construida y la extracción de materiales de arrastre que se llevan a cabo en dicho lugar.

Las Variables como el pH y la Conductividad eléctrica se caracterizaron por presentar un comportamiento similar, con cambios abruptos especialmente en las estaciones del punto de muestreo C y D debido al aumento de bosque y de áreas

construidas; es posible decirse que cada cobertura del suelo influye de forma directa para cada parámetro físico-químico analizado.

Con este estudio se adiciona información a la escasa base de datos ambientales sobre el estudio sobre la calidad el agua según las coberturas de suelo en el cauce medio y bajo de la cuenca del río Pance. Se espera que este trabajo permita contribuir en las próximas investigaciones de cobertura del suelo y calidad del agua, manejar herramientas e información adecuada y de fácil acceso para no tener falencias durante el desarrollo.

La medición de parámetros físico-químicos en los cuerpos de agua, es tal vez la forma más sencilla de identificar sus variaciones composicionales tanto espaciales como temporales, resultantes de cambios en factores naturales como la litología, relieve, vegetación y clima de la región. Además, son útiles para determinar el grado de contaminación tanto orgánica como inorgánica. Por lo que resulta conveniente su uso en estudios preliminares de por ejemplo impacto ambiental

A pesar de que no es relevante, para futuras investigaciones de este tipo, es importante considerar que los análisis de laboratorio, se demoran mucho más del tiempo estipulado lo cual impide el continuo desarrollo de la metodología. También es necesario considerar los costos de los análisis de laboratorio y el tiempo requerido para la entrega de los resultados, ya que esto afecta las posibilidades de realización de la investigación.

Se puede concluir que el mapa de cobertura del suelo permite contribuir a la elaboración de planes de ordenamiento territorial, zonificaciones ambientales, a la gestión de los recursos naturales para identificar de esta forma los conflictos que se presentan a raíz de la utilización que se le da por parte de los usos y coberturas prolongadas dentro de ella. El indicador da una pauta de la capacidad de la tierra para sostener las actividades humanas y de la susceptibilidad a la degradación de la tierra.

Los cambios en la cobertura terrestre pueden ser indicadores directos de procesos de degradación (ej. deforestación) o indirectos, a través de la detección de cambios de uso de las tierras que impliquen mayores riesgos de degradación.

7. RECOMENDACIONES

Se recomienda adelantar trabajos de restauración del bosque del río Pance, ya que este estudio demostró que el retroceso de esta cobertura, afecta la calidad del agua a lo largo del río. Además de presentar enormes beneficios ambientales y eco turísticos que ofrecería esta franja de bosque a lo largo del río, desde el punto de vista ecológico y económico.

Se recomienda adelantar trabajos de investigación con mayor extensión temporal, de tal manera que aporten mayor información de los cambios en el tiempo conforme a las coberturas de suelo, y las actividades productivas que se desarrollan en la cuenca, y cuales repercuten en el componente ambiental.

Se propone que las entidades encargadas del recurso hídrico apliquen las leyes para el uso adecuado por parte de los habitantes ubicados en sus riberas o empresas privadas encargadas de la extracción de materiales de arrastre; y que estas no degraden el bosque y la calidad del agua para consumo humano, incluyendo en ellos un compromiso en su buena utilización. También recomienda hacer trabajos con la comunidad ubicada en la parte media de la cuenca que permitan mitigar los impactos causados por el vertimiento de aguas, y residuos sólidos al río Pance.

Siendo el río Pance un balneario de amplio uso durante los fines de semana, se recomienda realizar una investigación similar que considere los fines de semana; en este caso se espera que el pH y el color sean afectados por la cantidad de personas que utilizan el río para su recreación dando como resultado en la calidad del agua no apta para consumo humano.

Se recomienda que para la selección de los puntos de muestreo y los periodos a llevar a cabo el muestreo se tenga en cuenta el contraste a nivel temporal y espacial, con el fin de detectar cambios sutiles en la calidad del agua con la cobertura del suelo.

8. BIBLIOGRAFÍA

ACOSTA HERNÁNDEZ, Elizabeth y otros. Contaminación del agua en el río Tulancingo, Estado de Hidalgo, México. En: Medioambiente en Iberoamérica. Visión desde la Física y la Química en los albores del Siglo XXI. Tomo I, por F Gallardo, pp: 335-341. Sociedad Iberoamericana de Física y Química Ambiental. Badajoz, España.2006.

APH A, WEF, AWWA (American Public Health Association, Water Environment Federation, and American Water Works Association). 2005. Standard Methods for the Examination of the Water and Wastewater, 21st. Edition: 2005 – Hardback. U.S.A.1368 pp.

APHA-AWWA-WEF (2005) Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21th Edition. New York, 4-186, 4-188 y 4-189, método 4500-SO42- E.

AUQUILLA CISNEROS, Ruth Cecilia. Uso del suelo y calidad del agua en quebradas de fincas con sistemas silvopastoriles en la subcuenca del río Jabonal. Turrialba, 2005, 139p. Trabajo de investigación (Magíster Scientiae en Manejo Integrado de Cuencas Hidrográficas). Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza.

BROOKS, K.; FFOLLIOTT, P.; GREGERSEN, H.; THAMES, J. Hydrology and the management of watersheds. Ames, IA USA. Iowa State University Press. 392 p. 1991.

CARDONA, Álvaro. El régimen jurídico de las Aguas. Instituto Colombiano de Derecho Ambiental. 4 p. 2003.

CHAPMAN, D. Water Quality Assessments. A Guide to the use of biota, sediments and water in environmental monitoring. UNESCO. GB. 565 p. 1992.

CUSTODIO, E; DIAZ, E. Calidad del agua subterránea. En: Hidrología subterránea. Eds. E. Custodio; Mr llamas. 2 ed. Tomo II. Barcelona, España, Omega. P. 18.28-18.31. 2001.

DE ANDA CÁRDENAS, Pascual. Química I. Umbral editorial, S.A de CV. p.170.

DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE GESTIÓN DEL MEDIO AMBIENTE (DAGMA). Informe Anual Estado de los Recursos Naturales y del Medio Ambiente Municipio de Santiago de Cali. Vigencia 2013.p.28

DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE GESTION DEL MEDIO AMBIENTE (DAGMA). Informe de caracterización de aguas e índice de calidad de agua de los ríos Aguacatal, Cali, Cañaveralejo, Lili, Meléndez y Pance. 2010.

DOUROJEANNI, A; y JOURAVLEV, A. Gestión de recursos a nivel de cuencas. Curso manejo de cuencas hidrográficas I. CATIE, CR. 16 p. 2002.

FRAUME, Néstor Julio. Manual abecedario ecológico: la más completa guía de términos ambientales. p.63

GARCÍA, Wilealdo. Planificación de Cuencas Hidrográficas bajo la perspectiva de los sistemas complejos. Medellín. 2002. Tesis Posgrado (Especialista en Gestión Agroambiental). Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Facultad de Ciencias Humanas.

GUERRERO HERNANDEZ, MANUEL. Determinación del efecto del uso (influencia antropogénica) sobre la calidad de agua de las fuentes de abastecimiento de la población en la cuenca del río Sarapiquí. San José, 2011, 234 p. Trabajo de grado (Magíster Scientiae en Manejo de Recursos Naturales). Universidad Estatal a Distancia. Escuela de Ciencias Exactas y Naturales. Programa de Maestría en Manejo de Recursos Naturales

HENRY, J.G.; HEINKE, G.W. 1999. Ingeniería Ambiental. México. Prentice Hall. P.283-284.

JIMÉNEZ, Francisco. Reconocimiento inicial de la cuenca e identificación y caracterización de actores claves. Material de referencia en curso de Maestría en Manejo y gestión integral de cuencas hidrográficas I. Turrialba, CR. CATIE. 2009. 14 p

KEVERN, R.N, DARRELL L. King L.D., y RING, R. 1996. Lake classification systems – part 1The Michigan Riparian February 1996.

KIELY, G. 1999. Ingeniería Ambiental. Fundamentos, entornos, tecnologías y sistemas de gestión. Madrid, España, Mc Graw-Hill. P. 91.

KIERSCH, B. 2000. Impactos del uso de la tierra sobre los recursos hídricos: una revisión bibliográfica. Taller electrónico. Relaciones tierra-agua en cuencas hidrográficas rurales. FAO, Roma, IT, 14 p.

LAVELL, A. Degradación Ambiental, Riesgo y Desastre Urbano: Hacia la Definición de una Agenda de Investigación. En: Fernández, M.A. (editora), Degradación Ambiental, Riesgo y Desastre Urbano, La Red, ITDG, Lima, Perú. 1996

MENDOZA, Manuel y otros. Análisis de la aptitud territorial. Una perspectiva biofísica. México D.F. 2009. 144 p.

O' LAUGHLIN, J. y BELT, G.H. Functional approaches to riparian buffer strip design. *Journal of Forestry*, 93(2): 29–32 p. 1995.

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD (OMS). Guías para la calidad del agua potable Primer Apéndice a la Tercera Edición, Volumen 1, Recomendaciones. 2006.

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD (OMS). Guías para la calidad del agua potable. Segunda Edición. Volumen 3. Vigilancia y control de los abastecimientos de agua a la comunidad. Ginebra. Suiza. 101p. 1998.

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA (FAO). Ecología y enseñanza rural: El agua. {En línea} Organización de las Naciones Unidas. Roma. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/006/w1309s/w1309s00.htm#TopOfPage>

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA (FAO). Los bosques y el agua dulce: Conexiones vitales. {En línea}. Colombia. 2003. Disponible en <http://www.fao.org/spanish/newsroom/focus/2003/wfc2.htm>

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA (FAO). State of the World's Forests. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. 2003. Italy. {En línea} <http://www.fao.org/docrep/005/y7581e/y7581e00.htm>

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA (FAO). An Assessment of the Impact of Cassava Production and Processing on the Environment and Biodiversity. Volume 5. Strategic Environmental Assessment. Rome, Italy. 138p. 2001. <http://www.fao.org/docrep/007/y2413e/y2413e00.htm#Contents>

PIERRE, Simón. Estudio de las relaciones entre cambio de uso de suelo, calidad del agua y salud pública, para valoración de servicios ambientales hidrológicos en la cuenca alta del río la antigua, Veracruz. Xalapa, México, 125 p.

RAMAKRISHNA, B. Estrategia de extensión para el manejo integrado de cuencas hidrográficas: conceptos y experiencias. San José, CR, IICA. P 19. 1997.

REYNOLDS, J. Manejo integrado de aguas subterráneas. Un reto para el futuro. Editorial San José. Costa Rica, UNED. 348 p. 2002.

REYES, Karen. Análisis del estado de las fuentes de agua para consumo humano y funcionamiento de los acueductos rurales en la cuenca del río la Soledad, Honduras, 2006, 227p. Tesis (Mag. Sc. En Manejo de cuencas hidrográficas).

Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Programa de Educación para el Desarrollo y la Conservación.

RIPDA-CYTED. Agua potable para comunidades rurales, uso y tratamientos avanzados de aguas residuales domésticas. Buenos Aires, Argentina. 2003. [En línea] <http://tierra.rediris.es/hidrored/ebooks/ripda/>

RIVADENEIRA, R. El sistema de agua potable y su influencia en la calidad de vida de los habitantes del caserío de la Paz y Huasimpamba bajo, parroquia La Matriz, Cantón, Pelileo, Provincia de Tungurahua. Ambato, Ecuador. 248 p. 2012.

ROLIM PROCHNOW, Myriam. "Planeamiento de bacías hidrográficas". En: II Encuentro de geógrafos de América Latina. T° II; Geografía, poder y planificación. Montevideo, Marzo. 1989.

SANDERS, L. 1998. A manual of field hidrogeology. Northeastern Illinois University. Illinois, United States of America. Prentice Hall, Inc. 377 p.

SARMIENTO, Jesús. Introducción al manejo de cuencas hidrográficas. Bogotá. Universidad Santo Tomás. 1998. 395 p.

SISTEMA DE INFORMACIÓN AMBIENTAL DE COLOMBIA (SIAC). Calidad del agua superficial. {En línea}. {Consultado el 27 de enero de 2015}. Disponible en: <https://www.siac.gov.co/contenido/contenido.aspx?catID=860&conID=1373>

TEIXEIRA DE MELLO, Franco. Efecto del uso del suelo sobre la calidad del agua y las comunidades de peces en sistemas lóticos de la cuenca baja del río Santa Lucía. Uruguay, 2007, 58 p. Trabajo de grado (Magíster en Ciencias Ambientales). Universidad de la Republica.

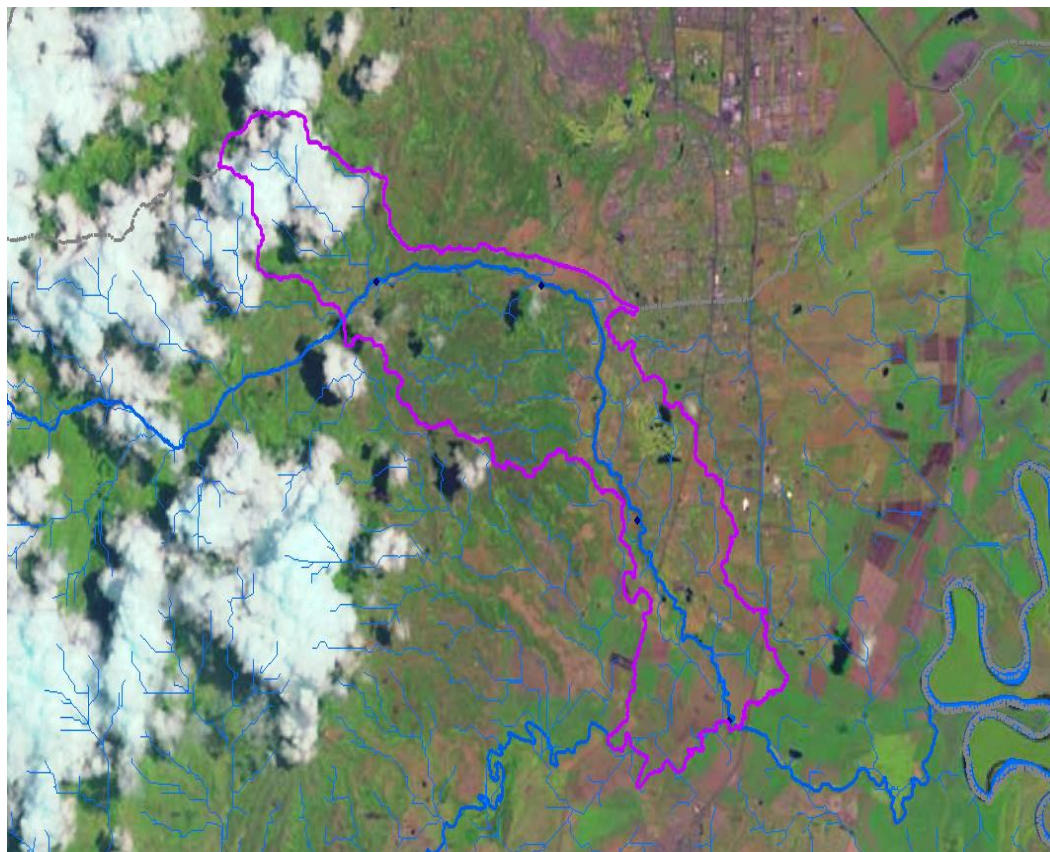
TORO, Julia; SCHUSTER, Juan P; KUROSAWA, Jun; ARAYA, Elizabeth; CONTRERAS, Manuel. Diagnóstico de la calidad del agua en sistemas lóticos utilizando diatomeas y macroinvertebrados Río Maipo (Santiago: Chile). Sociedad chilena de ingeniería hidráulica. Chile. 11 p. 2003.

WORLD VISIÓN. Manual de manejo de cuencas: módulo 7. Monitoreo y evaluación de manejo de cuencas. El Salvador. 154 p. 2004.

ZAMPELLA, R; PROCOPIO, N; LATHROP, R; DOW, C. Relationship of land-use/land-cover patterns and surface-water quality in the mullica river basin. Journal of the american water resources association. Vol, 43, No 3. 594-604 p. 2007.

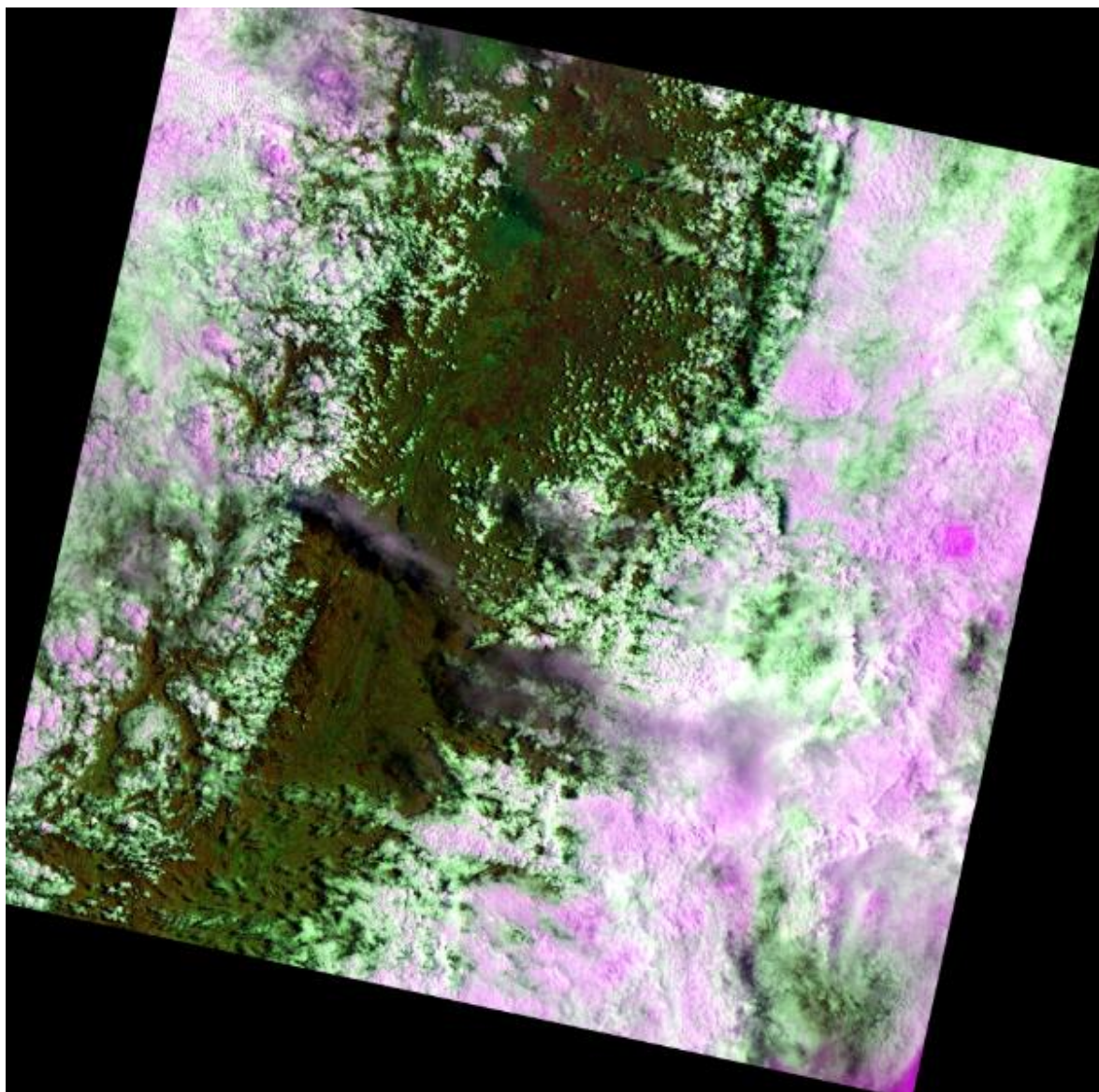
ANEXOS

Anexo A. Imagen Satelital del Landsat (8) del año 2013 del río Pance.



Fuente: USGS Landsat 8 Product, 2013.

Anexo B. Imagen satelital con las bandas RGB (563).



Fuente. USGS Landsat 8 Product, 2013.

		FACULTAD DE INGENIERÍA - EIDCHAR Área de Ingeniería Sanitaria y Ambiental Laboratorios de Servicios a la Comunidad		CONTROL Y VIGILANCIA EXTERNA DE MUESTRAS	
FECHA: _____ RESPONSABLE DEL MUESTREO: _____					
A. SITIO DE MUESTREO / CLIENTE		Plan de muestreo (P) _____	Cobertura (P) _____	Análisis ordenado por (Horas) _____	
Cliente (Empresa) _____		Dirección del cliente _____		Teléfono del cliente _____	Municipio (Cliente) _____
Departamento (cliente) _____		Dirección, Municipio y Departamento del sitio de muestreo _____		Procedencia del sitio de muestreo _____	
B. TIPO DE MUESTREO / CLASE DE MUESTRA					
Procedimiento de toma y preservación de muestras SC PM 01		Si _____ Otro _____	Tipo de muestreo: _____	Puntual _____ Compuesto _____	Integrada _____ Otra _____
Clase de muestra _____		1 Canal _____ 2 Agua Superficial _____ 3 Agua de Mar _____	4 Agua Subterránea _____ 5 Agua de Lago _____ 6 Agua de Piscina _____	7 Agua Residual Doméstica _____ 8 Agua Residual Industrial _____ 9 Agua residual tratada _____	10. Agua potable _____ 11 Lodos _____ 12 Sedimentos _____
				13 Residuos sólidos urbanos _____ 14 Residuos sólidos industriales _____ 15 Lixiviados _____	16. Otras _____
C. VARIABLES DE CAMPO DE MEDICIONES PUNTUALES					
Punto (P) _____	Clase de muestra (P) _____	Sitio de recolección _____	Hora _____	Caudal (P) _____	Temperatura (°C) _____
					pH (Resistencia) _____
					Conductividad _____
					Oxígeno disuelto (mg/l) _____
					Cloro residual (mg/l) _____
					Otras _____
					Capacidad de Recipientes _____
					Código interno Muestra (P) _____
D. RESPONSABLES					
Supervisa el muestreo en la empresa _____		Nombre (S) completo(S) _____		Fecha (dd-mm-aa) _____	Firma (S) _____
Muestreo/Entrega _____					
Transporte _____					
Recepción/Almacenamiento _____					
Ingreso al Centro Mío (H) () S () _____		Hora de ingreso _____		Firma responsable _____	Hora de salida _____
E. RECEPCIÓN DE MUESTRAS:		Refrigeración: Buena () Aceptable () Mala ()		Temperatura _____	Preservación: Si () No ()
Cloración () pH _____		Grasas y Aceites () pH _____		Oxígeno disuelto () pH _____	Hidrocarburos () pH _____
COD () pH _____		Durezas () pH _____		Cloro () _____	Fosfatos () pH _____
F. CONDICIONES AMBIENTALES: Tiempo seco () Tiempo lluvioso () Lluvia ligera () No aplica () Otro _____					
G. PARÁMETROS A ANALIZAR					
H. OBSERVACIONES					

122

Anexo D. Informe de resultados para el muestreo del puente de la Vorágine del río Pance para el mes de octubre.

Laboratorio Acreditado por el IDEAM para los Parámetros DBO₅, DCO, pH, Sólidos Suspendedos Totales, Grasas y/o Aceites, Cloruros, Dureza Total, Sulfatos, Muestreo (Simple, Compuesto e Integrado), Conductividad Eléctrica y Toxicidad Aguda para Daphnia Pulex. Según Resolución N° 2961 de 2012

 FACULTAD DE INGENIERIA - EIDENAR
Área de Ingeniería Sanitaria y Ambiental
Laboratorios de Servicios a la Comunidad

INFORME DE RESULTADOS
Informe N° 621.2013

Fecha:

Día	Mes	Año
05	11	13

Cliente: Yaneth Acosta Meléndez	N° cotización: 352.2013	Dirección: Calle 101# 22B-07	Teléfono: 4000136 - 3170952081
Plan de Muestreo: -----	Municipio: Cali	Departamento: Valle del Cauca	
Procedencia: Río Pance	Sitio de Recolección: Puente La Vorágine		
Tipo de Muestreo: Puntual	Clase de muestra: Agua superficial		
Norma / Procedimiento de muestreo: -----			
Recolectado por: Yaneth Acosta	Fecha de Muestreo: 18-10-13		
Condiciones Ambientales durante el muestreo: Lluvia ligera **	Hora / Jornada: 9:00		
Fecha de Recepción en el Laboratorio: 18-10-13	Periodo de Análisis: 18-10-13 a 23-10-13		
Código Interno de Muestra: 621	Análisis Ordenado Por: Yaneth Acosta		

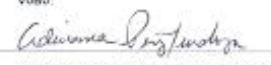
Parámetros	Resultado	Incertidumbre**	Unidades	Método*	Documento
Color real	<0.2	--	U.P.C.	SM 2120 C	-
Conductividad ^{25°C}	36.4	0.4	µS / cm	SM 2510 B	SC-GT-12
pH ^{25°C}	7.26	0.05	Unidades	SM 4500H ⁺ B	SC-GT-03
Sólidos Disueltos	47.5	--	mg / l	SM 2540 C	-
Sólidos Suspendedos Totales ^{20°C}	<7.90	-	mg / l	SM 2540 D	SC-GT-10

* Los métodos mencionados con letras iniciales (SM) corresponden al Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater, APHA-AWWA-WEF, 21st Edition, 2005.
 ** El valor de incertidumbre corresponde a un rango (+/-), el cual se aplica adicionándolo o restándolo al valor del resultado. La incertidumbre está calculada con un factor de cobertura (K=2) y un nivel de confianza del 95%.
 *** Parámetro DBO₅: Fecha / Hora inicio: ----- Fecha / Hora término:-----

Observaciones:
 *1 Lluvia ligera al sector de la cuenca media del Río Pance.

Nota:
 • Este informe de resultados es válido únicamente para las muestras analizadas y relacionadas en él.
 • Estos resultados no deben reproducirse sin aprobación escrita del Laboratorio de Aguas y Residuos Ambientales.
 • El presente documento posee elementos de seguridad que permiten verificar su autenticidad.

Aprobado por: 
 Tecnóloga Qca. ADRIANA PEREZ MENDOZA
 TQ-866
 Coordinador de Laboratorio (E.)

VoBo: 
 Tecnóloga Qca. ADRIANA PEREZ MENDOZA
 TQ-866
 Coordinador de Análisis

LABORATORIOS DE SERVICIOS A LA COMUNIDAD. LABORATORIO DE AGUAS Y RESIDUOS AMBIENTALES.
 UNIVERSIDAD DEL VALLE. CIUDAD UNIVERSITARIA MELENDEZ. Edificio 336 Teléfax 3312175. Teléfono: 3212266

Anexo E. Informe de resultados para el muestreo del Eco parque río Pance para el mes de octubre.

Laboratorio Acreditado por el IDEAM para los Parámetros DBO₅, DQO, pH, Sólidos Suspendedos Totales, Grasas y/o Aceites, Cloruros, Dureza Total, Sulfatos, Muestreo (Simple, Compuesto e Integrado), Conductividad Eléctrica y Toxicidad Aguda para Daphnia Pulex. Según Resolución N° 2961 de 2012.

INFORME DE RESULTADOS

Informe N° 622 2013

Fecha	Cia	Mes	Año
	05	11	13

Cliente: Yaneth Acosta Meléndez	N° cotización: 382.2013	Dirección: Calle 101# 22B-07	Teléfono: 4000136 - 3178952081
Plan de Muestreo: -----	Municipio: Cali	Departamento: Valle del Cauca	
Procedencia: Río Pance	Sitio de Recolección: Ecoparque Río pance		
Tipo de Muestreo: Puntual	Clase de muestra: Agua superficial		
Norma / Procedimiento de muestreo: -----			
Recolectado por: Yaneth Acosta	Fecha de Muestreo: 18-10-13		
Condiciones Ambientales durante el muestreo: Lluvia ligera *1			Hora / Jornada: 9:15
Fecha de Recepción en el Laboratorio: 18-10-13	Periodo de Análisis: 18-10-13 a 23-10-13		
Código Interno de Muestra: 622	Análisis Ordenado Por: Yaneth Acosta		

Parámetros	Resultado	Incertidumbre**	Unidades	Método*	Documento
Color real	<0.2	--	U.P.C.	SM 2120 C	-
Conductividad TM	38.7	0.4	µS / cm	SM 2510 B	SC-GT-12
pH TM	7.24	0.05	Unidades	SM 4500H ⁺ B	SC-GT-03
Sólidos Disueltos	53.5	--	mg / l	SM 2540 C	-
Sólidos Suspendedos Totales TM	<7.90	-	mg / l	SM 2540 D	SC-GT-10

* Los métodos mencionados con letras iniciales (SM) corresponden al Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater, APHA-AWWA-WEF, 21st Edition, 2005.

** El valor de incertidumbre corresponde a un rango (+/-), el cual se aplica adicionándolo o restándolo al valor del resultado. La incertidumbre está calculada con un factor de cobertura (K=2) y un nivel de confianza del 95%.

*** Parámetro DBO₅: Fecha / Hora inicio: ----- Fecha / Hora término: -----

Observaciones:
*1 Lluvia ligera al sector de la cuenca media del Río Pance.

Nota:

- Este informe de resultados es válido únicamente para las muestras analizadas y relacionadas en él.
- Estos resultados no deben reproducirse sin aprobación escrita del Laboratorio de Aguas y Residuos Ambientales.
- El presente documento posee elementos de seguridad que permiten verificar su autenticidad.

Aprobado por: <i>Adriana Pérez Mendoza</i> Tecnóloga Qca. ADRIANA PEREZ MENDOZA TQ-666 Coordinador de Laboratorio (E.)	VoBo: <i>Adriana Pérez Mendoza</i> Tecnóloga Qca. ADRIANA PEREZ MENDOZA TQ-666 Coordinador de Análisis
---	---

LABORATORIOS DE SERVICIOS A LA COMUNIDAD. LABORATORIO DE AGUAS Y RESIDUOS AMBIENTALES.
UNIVERSIDAD DEL VALLE. CIUDAD UNIVERSITARIA. MELENDEZ. Edificio 336. Telefax 3312175, Teléfono: 3212266

Anexo F. Informe de resultados para el muestreo del puente la Viga del río Pance para el mes de octubre.

Laboratorio Acreditado por el IDEAM para los Parámetros CBO₅, DQO, pH, Sólidos Suspendedos Totales, Grasas y/o Aceites, Cloruros, Dureza Total, Sulfatos, Muestreo (Simple, Compuesto e Integrado), Conductividad Eléctrica y Toxicidad Aguda para Daphnia Pulex. Según Resolución N° 2961 de 2012.

INFORME DE RESULTADOS
Informe N° 623 2013

Fecha:

Cia	Mes	Año
05	11	13

Cliente: Yaneth Acosta Meléndez	N° cotización: 382 2013	Dirección: Calle 101# 22B-07	Teléfono: 4000135 - 3-78952081
Plan de Muestreo: -----	Municipio: Cali	Departamento: Valle del Cauca	
Procedencia: Río Pance	Sitio de Recolección: Puente La Viga		
Tipo de Muestreo: Puntual	Clase de muestra: Agua superficial		
Norma / Procedimiento de muestreo: -----			
Recolectado por: Yaneth Acosta	Fecha de Muestreo: 18-10-13		
Condiciones Ambientales durante el muestreo: Tiempo seco	Hora / Jornada: 9:45		
Fecha de Recepción en el Laboratorio: 18-10-13	Periodo de Análisis: 18-10-13 a 23-10-13		
Código Interno de Muestra: 623	Análisis Ordenado Por: Yaneth Acosta		

Parámetros	Resultado	Incertidumbre**	Unidades	Método*	Documento
Color real	<0,2	--	U.P.C.	SM 2120 C	-
Conductividad **	36,3	0,4	µS / cm	SM 2510 B	SC-GT-12
pH **	7,31	0,05	Unidades	SM 4500H* B	SC-GT-03
Sólidos Disueltos	49,5	--	mg / l	SM 2540 C	-
Sólidos Suspendedos Totales **	<7,90	-	mg/l	SM 2540 D	SC-GT-10

* Los métodos mencionados con letras iniciales (SM) corresponden al Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater, APHA-AWWA-WEF, 21st Edition, 2003.
 ** El valor de incertidumbre corresponde a un rango (+/-), el cual se aplica adicionándolo o restandolo al valor del resultado. La incertidumbre está calculada con un factor de cobertura (K=2) y un nivel de confianza del 95%.
 *** Parámetro DBO₅: Fecha / Hora inicio: ----- Fecha / Hora término: -----

Observaciones:

Nota:

- Este informe de resultados es valido únicamente para las muestras analizadas y relacionadas en él.
- Estos resultados no deben reproducirse sin aprobación escrita del Laboratorio de Aguas y Residuos Ambientales.
- El presente documento posee elementos de seguridad que permiten verificar su autenticidad.

Aprobado por: 
 Tecnóloga Qca. ADRIANA PEREZ MENDOZA
 TQ-866
 Coordinador de Laboratorio (E.)

VoBo: 
 Tecnóloga Qca. ADRIANA PEREZ MENDOZA
 TQ-866
 Coordinador de Análisis

LABORATORIOS DE SERVICIOS A LA COMUNIDAD, LABORATORIO DE AGUAS Y RESIDUOS AMBIENTALES
 UNIVERSIDAD DEL VALLE, CIUDAD UNIVERSITARIA, MELENDEZ, Edificio 336 Teléfax 3312175, Teléfono: 3212266

Anexo G. Informe de resultados para el muestreo de la desembocadura del río Pance para el mes de octubre.

Laboratorio Acreditado por el IDEAM para los Parámetros DBO₅, DQO, pH, Sólidos Suspendedos Totales, Grasas y/o Aceites, Cloruros, Dureza Total, Sulfatos, Muestreo (Simple, Compuesto e Integrado), Conductividad Eléctrica y Toxicidad Aguda para Daphnia Pulex. Según Resolución N° 2961 de 2012.



FACULTAD DE INGENIERÍA -EIDENAR
Área de Ingeniería Sanitaria y Ambiental
Laboratorios de Servicios a la Comunidad

INFORME DE RESULTADOS

Informe N° 624 2013

Fecha	Día	Mes	Año
	05	11	13

Cliente: Yaneth Acosta Meléndez	N° cotización: 352 2013	Dirección: Calle 101# 228-07	Teléfono: 4000136 - 3178962081
Plan de Muestreo: -----	Municipio: Cali	Departamento: Valle del Cauca	
Procedencia: Río Pance	Sitio de Recolección: Desembocadura		
Tipo de Muestreo: Puntual	Clase de muestra: Agua superficial		
Norma / Procedimiento de muestreo: -----			
Recolectado por: Yaneth Acosta	Fecha de Muestreo: 18-10-13		
Condiciones Ambientales durante el muestreo: Tiempo seco			Hora / Jornada: 10:07
Fecha de Recepción en el Laboratorio: 18-10-13	Período de Análisis: 18-10-13 a 23-10-13		
Código Interno de Muestra: 624	Análisis Ordenado Por: Yaneth Acosta		

Parámetros	Resultado	Incertidumbre**	Unidades	Método*	Documento
Color real	<0.2	--	U.P.C.	SM 2120 C	-
Conductividad ^{1K}	39.8	0.4	µS / cm	SM 2510 B	SC-GT-12
pH ^{1A}	7.28	0.05	Unidades	SM 4500H ⁺ B	SC-GT-03
Sólidos Disueltos	82.5	--	mg / l	SM 2540 C	-
Sólidos Suspendedos Totales ^{1A}	141	11	mg/l	SM 2540 D	SC-GT-10

* Los métodos mencionados con letras iniciales (SM) corresponden al Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater, APHA-AWWA-WEF, 21st Edition, 2005.

** El valor de incertidumbre corresponde a un rango (+/-), el cual se aplica adicionándolo o restándolo al valor del resultado. La incertidumbre está calculada con un factor de cobertura (K=2) y un nivel de confianza del 95%.

*** Parámetro DBO₅: Fecha / Hora inicio: ----- Fecha / Hora término: -----

Observaciones:

Nota:

- Este informe de resultados es válido únicamente para las muestras analizadas y relacionadas en él.
- Estos resultados no deben reproducirse sin aprobación escrita del Laboratorio de Aguas y Residuos Ambientales.
- El presente documento posee elementos de seguridad que permiten verificar su autenticidad.

Aprobado por:

Adriana Pérez Mendoza
Tecnóloga Qca. ADRIANA PEREZ MENDOZA
TQ-866
Coordinador de Laboratorio (E.)

VoBo:

Adriana Pérez Mendoza
Tecnóloga Qca. ADRIANA PEREZ MENDOZA
TQ-866
Coordinador de Análisis

LABORATORIOS DE SERVICIOS A LA COMUNIDAD. LABORATORIO DE AGUAS Y RESIDUOS AMBIENTALES.
UNIVERSIDAD DEL VALLE. CIUDAD UNIVERSITARIA. MELENDEZ. Edificio 336 Telefax 3312175. Teléfono: 3212206