

**ANÁLISIS MULTITEMPORAL DEL CAMBIO EN EL CAUCE FLUVIAL
DE LA QUEBRADA LA PARROQUIA EN EL MUNICIPIO DE
FUSAGASUGÁ, PARA LOS AÑOS 1951, 1988, 1996 Y 2010.**



YOHAN SEBASTIAN BERMUDEZ SARMIENTO

**UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
TECNOLOGÍA EN CARTOGRAFÍA
FUSAGASUGÁ
2018**

**ANÁLISIS MULTITEMPORAL DEL CAMBIO EN EL CAUCE FLUVIAL
DE LA QUEBRADA LA PARROQUIA EN EL MUNICIPIO DE
FUSAGASUGÁ, PARA LOS AÑOS 1951, 1988, 1996 Y 2010.**

YOHAN SEBASTIAN BERMUDEZ SARMIENTO

COD: 190214203

DIRECTOR

Adrián Alejandro González Rodríguez

Ing. Msc. (C) CIC Geomática

**“Trabajo de grado modalidad pasantía presentado como requisito para
obtener el título de tecnólogo en cartografía”**

**UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
TECNOLOGIA EN CARTOGRAFÍA
FUSAGASUGÁ
2018**

NOTA DE ACEPTACIÓN

ADRIÁN ALEJANDRO GONZÁLEZ RODRÍGUEZ
Director de proyecto

EDDIER FERNANDO ÁVILA
Jurado

JAVIER ROMERO
Jurado

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradecer a Dios, familia y amigos por el apoyo brindado durante la formación académica.

De igual manera, agradecer al profesor Ing. Msc. (C) Adrián Alejandro Gonzales director del trabajo de grado por su tiempo, disposición y compromiso durante la elaboración del proyecto, al geólogo Msc. Edward Salazar tutor de la secretaria de Agricultura, Ambiente y Tierras por su colaboración, su interés, y su aporte intelectual para con el proyecto. Por otra parte, agradecer al cuerpo docente del programa Tecnología en Cartografía por el apoyo incondicional y sus conocimientos transmitidos para la formación personal y profesional, al secretario de Agricultura, Ambiente y Tierras Dr. Yhon Fredy Vargas por la confianza depositada y la oportunidad de realizar las prácticas académicas en dicha entidad.

DEDICATORIA

A mi familia, por ser el pilar fundamental durante la formación como Tecnólogo en Cartografía, a las personas que depositaron su confianza en mí, me apoyaron y creyeron desde el principio en mis capacidades y propósitos. A mis docentes quienes me formaron y prepararon para la vida profesional, ya que sin ellos no hubiera sido posible alcanzar este logro.



TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	15
1. OBJETIVOS.....	17
1.1. Objetivo General.....	17
1.2. Objetivos Específicos.....	17
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	18
3. JUSTIFICACIÓN.....	19
4. MARCO TEÓRICO.....	21
5. MARCO GEOGRÁFICO	25
5.1. Localización y características del Municipio de Fusagasugá.	25
5.2 Localización y características de la Quebrada La Parroquia.....	26
6. MARCO LEGAL	27
7. DESARROLLO METODOLOGICO	29
7.1. MAPAS GENERADOS.....	38
7.1.1 Mapa análisis multitemporal año 1951	38
7.1.2 Mapa análisis multitemporal año 1988	39
7.1.3 Mapa análisis multitemporal año 1996	40
7.1.4 Mapa análisis multitemporal año 2010	41
7.1.5 Mapa de predios Urbanos susceptibles por fenómenos de inundación a causa del desbordamiento de la Quebrada la Parroquia	42
7.1.6 Mapa de predios Rurales susceptibles por fenómenos de inundación a causa del desbordamiento de la Quebrada la Parroquia	43
8. RESULTADOS.....	44



ANÁLISIS MULTITEMPORAL DEL CAMBIO EN EL CAUCE FLUVIAL DE LA QUEBRADA LA PARROQUIA EN EL MUNICIPIO DE FUSAGASUGÁ, PARA LOS AÑOS 1951, 1988, 1996 Y 2010.

8.1 Análisis multitemporal año 1951	46
8.2 Análisis multitemporal año 1988:	48
8.3 Análisis multitemporal año 1996:	50
8.4 Análisis multitemporal año 2010:	53
8.5 Predios urbanos susceptibles a fenómenos de inundaciones por el desbordamiento del cauce de la Quebrada La Parroquia:	58
8.6 Predios rurales susceptibles a fenómenos de inundaciones por el desbordamiento del cauce de la Quebrada La Parroquia:	60
9. CONCLUSIONES	61
10. RECOMENDACIONES	63
11. GLOSARIO.....	64
12. BIBLIOGRAFIA Y CIBERGRAFÍA	65



ANÁLISIS MULTITEMPORAL DEL CAMBIO EN EL CAUCE FLUVIAL DE LA QUEBRADA LA PARROQUIA EN EL MUNICIPIO DE FUSAGASUGÁ, PARA LOS AÑOS 1951, 1988, 1996 Y 2010.

LISTA DE IMÁGENES

<i>Imagen. 1 Localización Zona de estudio. Elaboración propia.</i>	25
<i>Imagen. 2 Localización Quebrada La Parroquia. Elaboración propia.</i>	26
<i>Imagen. 3 Diagrama de Metodología, el cual ilustra los procedimientos aplicados para obtener los resultados del análisis multitemporal del cambio en el cauce de la Quebrada La Parroquia.</i>	29
<i>Imagen. 4 Fotografía aérea año 1951. Fuente: IGAC. Suministrada por la Secretaria de Agricultura Ambiente y Tierras.</i>	32
<i>Imagen. 5 Fotografía aérea año 1988. Fuente: IGAC. Suministrada por la Secretaria de Agricultura Ambiente y Tierras</i>	32
<i>Imagen. 6 Fotografía aérea año 1996. Fuente: IGAC. Suministrada por la Secretaria de Agricultura Ambiente y Tierras</i>	33
<i>Imagen. 7 Ortofotomosaico año 2010. Suministrada por la Secretaria de Agricultura Ambiente y Tierras. Resolución espacial 2,5 cm.</i>	33
<i>Imagen. 8 Brazo de la Quebrada La Parroquia denominado Quebrada NN en el año 1951</i>	47
<i>Imagen. 9 Tramo Canal Cerrado Av. Las Palmas año 1951.</i>	47
<i>Imagen. 10 Primera Intervención a la Quebrada La Parroquia en Box Couvert. Año 1988.</i>	49
<i>Imagen. 11 Desplazamiento de Cauce del año 1951 respecto al año 1988 a causa de la construcción de edificaciones en el actual Barrio Coburgo.</i>	50
<i>Imagen. 12 Segundo Tramo del Box Couvert año 1996.</i>	51
<i>Imagen. 13 Canal Cerrado identificado en el año 1996 construido con fines urbanísticos interviniendo el cauce de la Quebrada La Parroquia.</i>	52
<i>Imagen. 14 Canalización al cauce de la Quebrada La Parroquia en Bóveda de cauce cerrado. Año 1996.</i>	53
<i>Imagen. 15 Canalización de cauce abierto a la Quebrada La Parroquia. Año 2010.</i>	54
<i>Imagen. 16 Canalización en Bóveda subterránea al cauce de la Quebrada La Parroquia. Año 2010.</i>	55
<i>Imagen. 17 Canalización en Bóveda de cauce cerrado. Identificada en el análisis del año 2010.</i>	56
<i>Imagen. 18 Canalización en cauce abierto identificado en el análisis del año 2010.</i>	57
<i>Imagen. 19 Cauce Natural de la Quebrada La Parroquia, Identificado en el año 2010.</i>	58
<i>Imagen. 20 Predios Urbanos susceptibles a inundaciones a causa del desbordamiento de la Quebrada La Parroquia, incluidos los predios constituidos en la ronda hidráulica de la Quebrada NN.</i>	59
<i>Imagen. 21 Predios rurales susceptibles a inundaciones a causa del desbordamiento de la Quebrada La Parroquia.</i>	60



ANÁLISIS MULTITEMPORAL DEL CAMBIO EN EL CAUCE FLUVIAL DE LA QUEBRADA LA PARROQUIA EN EL MUNICIPIO DE FUSAGASUGÁ, PARA LOS AÑOS 1951, 1988, 1996 Y 2010.

LISTA DE MAPAS

<i>Mapa 1 Análisis Multitemporal del cauce de la Quebrada La Parroquia en el año 1951.</i>	<i>38</i>
<i>Mapa 2 Análisis Multitemporal del cauce de la Quebrada La Parroquia en el año 1988.</i>	<i>39</i>
<i>Mapa 3 Análisis Multitemporal del cauce de la Quebrada La Parroquia en el año 1996.</i>	<i>40</i>
<i>Mapa 4 Análisis Multitemporal del cauce de la Quebrada La Parroquia en el año 2010.</i>	<i>41</i>
<i>Mapa 5 Predios Urbanos susceptibles a fenómenos de Inundación.</i>	<i>42</i>
<i>Mapa 6 Predios Rurales susceptibles a fenómenos de Inundación.</i>	<i>43</i>



ANÁLISIS MULTITEMPORAL DEL CAMBIO EN EL CAUCE FLUVIAL DE LA QUEBRADA LA PARROQUIA EN EL MUNICIPIO DE FUSAGASUGÁ, PARA LOS AÑOS 1951, 1988, 1996 Y 2010.

LISTA DE TABLAS

<i>Tabla 1 Fotografías aéreas empleadas.</i>	<i>31</i>
<i>Tabla 2 Cambios identificados en el cauce de la Quebrada La Parroquia.</i>	<i>44</i>
<i>Tabla 3 Simbología empleada en los mapas multitemporales de análisis de la Quebrada La Parroquia durante los años de estudio.</i>	<i>45</i>



RESUMEN

De acuerdo a los objetivos, las tareas y las labores que se desarrollan en la Secretaría de Agricultura, Ambiente y Tierras (SAAT), se encontró necesario dar iniciativa al proyecto que tuvo como fin el análisis multitemporal del cambio en el cauce fluvial de la Quebrada La Parroquia en el Municipio de Fusagasugá, ya sea por factores antrópicos o causas naturales, con el fin de determinar factores de susceptibilidad y riesgo asociados al cambio de cauce, es decir, si las edificaciones o la infraestructura actual presenta susceptibilidad por inundaciones o procesos de socavación lateral, asociadas al cambio o intervención del cauce. Para alcanzar los objetivos propuestos, se utilizaron fotografías aéreas, información de campo y registros históricos, que fueron analizados en un sistema de información geográfica (SIG), lo cual permitió realizar el debido análisis y dar el uso adecuado a la información primaria con la que se contaba, para con ello obtener resultados acertados a la hora de finalizar el proyecto. Uno de los resultados correspondió a un mapa multitemporal que ilustra temporalmente los rangos de divagación de cauce y un buffer probable de las zonas que presentarían problemas en caso de inundación. La investigación fue de vital importancia para el Municipio de Fusagasugá y para los habitantes del sector, ya que se logró realizar una reconstrucción y ubicación de las obras que se realizaron para la intervención del cauce de la Quebrada La Parroquia.

El presente proyecto también tuvo como fin demostrar el trabajo que se realizó mediante el desarrollo e implementación de las prácticas académicas o pasantías requeridas como opción de grado para el programa de Tecnología en Cartografía de la Facultad de Ciencias Agropecuarias en la Universidad de Cundinamarca (UDEC). Las prácticas mencionadas anteriormente se realizaron en la Secretaría de Agricultura, Ambiente y Tierras (SAAT) del Municipio de Fusagasugá la cual cuenta con un convenio existente con la Universidad de Cundinamarca. Se observó que el cauce de la Quebrada La Parroquia empezó a verse intervenido desde el año 1988, como también se pudo identificar que sufrió un desplazamiento en su cauce de aproximadamente dos (2) metros al sur de la Quebrada con fines urbanísticos. En relación a lo anterior, también se obtuvo como resultado



ANÁLISIS MULTITEMPORAL DEL CAMBIO EN EL CAUCE FLUVIAL DE LA QUEBRADA LA PARROQUIA EN EL MUNICIPIO DE FUSAGASUGÁ, PARA LOS AÑOS 1951, 1988, 1996 Y 2010.

un análisis del cambio del cauce fluvial debido a las intervenciones de estructuras hidráulicas que sufrió la Quebrada durante los años estudiados.

Por otra parte, se generó un mapa de susceptibilidad por inundación a causa del desbordamiento del cauce de la Quebrada La Parroquia para la zona rural y urbana, identificando los predios que se encuentran constituidos dentro de la ronda hidráulica de 30 metros a lado y lado del cauce del cuerpo de agua, mediante el cual se identificaron 734 predios en la zona urbana y 44 en la zona rural del Municipio de Fusagasugá susceptibles a fenómenos de inundación por el desbordamiento del cauce de la Quebrada La Parroquia.

Palabras claves: Cauce Fluvial, Fotografías aéreas, Quebrada La Parroquia, análisis multitemporal.



ABSTRACT

According to the objectives, tasks and work that are carried out in the Secretariat of Agriculture, Environment and land (SAAT), it was necessary to give initiative to the project that was aimed at the multitemporal analysis of the change in the fluvial channel of La Quebrada LA Parish in the municipality of Fusagasugá, either by anthropic factors or natural causes, in order to determine susceptibility and risk factors associated with the change of runway, ie if the buildings or the current infrastructure presents susceptibility By flooding or lateral undermining processes, associated with the change or intervention of the runway. In order to achieve the proposed objectives, aerial photographs, field information and historical records were used, which were analyzed in a geographic information system (GIS), which allowed to perform the proper analysis and to give the appropriate use to the Primary information with which it was counted, in order to obtain successful results when completing the project. One of the results corresponded to a multitemporal map that temporarily illustrates the ranges of channel rambling and a probable buffer of the areas that would present problems in the event of flooding. The investigation was of vital importance for the municipality of Fusagasugá and for the inhabitants of the sector, since it was possible to carry out a reconstruction and location of the works that were made for the intervention of the channel of the Quebrada La Parroquia.

The present project also aimed to demonstrate the work that was done through the development and implementation of the academic practices or internships required as a grade option for the technology program in cartography of the Faculty of Sciences Agriculture in the University of Cundinamarca (UDECA). The aforementioned practices were carried out in the Ministry of Agriculture, Environment and Land (SAAT) of the municipality of Fusagasugá which has an existing agreement with the University of Cundinamarca. It was observed that the channel of the ravine the parish began to be intervened since the year 1988, as it was also possible to identify that it suffered a displacement in its channel of approximately two (2) meters to the south of the ravine for urbanistic purposes. In relation to the above, it was also obtained as a result an analysis of the



ANÁLISIS MULTITEMPORAL DEL CAMBIO EN EL CAUCE FLUVIAL DE LA QUEBRADA LA PARROQUIA EN EL MUNICIPIO DE FUSAGASUGÁ, PARA LOS AÑOS 1951, 1988, 1996 Y 2010.

change of the fluvial channel due to the interventions of hydraulic structures that suffered the Quebrada during the years studied.

On the other hand, a map of susceptibility was generated by flooding because of the overflow of the stream of the ravine the parish for the rural and urban zone, identifying the grounds that are constituted within the hydraulic round of 30 meters to side and side Of the water body channel, by means of which were identified 734 in the urban zone and 44 in the rural area of the municipality of Fusagasugá susceptible to phenomena of flood by the overflow of the channel of the ravine the parish.

Key words: Fluvial channel, aerial photographs, The Parroquia Creek, multitemporal analysis.



INTRODUCCIÓN

Los cuerpos de agua son considerados como uno de los recursos naturales más importantes para los seres humanos, ya que gracias a ellos se pueden llevar a cabo las actividades de la vida cotidiana, suplir las necesidades de los seres vivos y mantener los ecosistemas en equilibrio. Gran parte de la sociedad, no es consciente de la importancia de estos y siguen causando daños a los afluentes hídricos sin percatarse que en el futuro pueden escasear y agotar generando problemas sociales y ambientales de gran magnitud, ya que las personas no contarían con la cantidad necesaria de agua para satisfacer sus necesidades, para sus quehaceres diarios, mantener en pie sus cultivos, su ganado, sus cosechas, entre otras. Por ende, el presente proyecto tuvo como fin realizar el análisis multitemporal del cambio en el cauce de la Quebrada La Parroquia la cual nace en la cuchilla del Cerro Fusacatán y desemboca en la Quebrada Sabaneta en el Municipio de Fusagasugá. Dicha quebrada llamó la atención para ser estudiada, debido a su gran longitud y su extendido cauce combinados con las épocas en que se registran precipitaciones elevadas y la falta de cultura ciudadana que se ha encargado de contaminar, arrojar desechos, canalizar improvisadamente la quebrada y desviarla de su cauce original para distintos fines. Lo mencionado anteriormente ha traído y provocado grandes problemas de inundaciones a causa del desbordamiento de este cuerpo de agua, las cuales afectan a la población que habita en cercanías a su cauce, generando pérdidas materiales además de la afectación de predios y viviendas.

Es importante tener en cuenta el artículo 83 de la ley 2811 de 1974, donde hace referencia a los cuerpos de agua señalando que, *“a excepción de derechos adquiridos por particulares, son bienes imprescindibles del Estado el álveo o cauce natural de las corrientes y que además se define como ronda hidráulica a una faja paralela para este caso, a la línea del cauce permanente de ríos y lagos de hasta 30 metros de ancho”*. Según la guía metodológica para la delimitación de zonas de ronda en la jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR) el Decreto de la ley 2811 de 1974 establece que los dueños de los predios ribereños están obligados a dejar libre de edificaciones y cultivos el espacio necesario para los usos autorizados por ministerio de la



ANÁLISIS MULTITEMPORAL DEL CAMBIO EN EL CAUCE FLUVIAL DE LA QUEBRADA LA PARROQUIA EN EL MUNICIPIO DE FUSAGASUGÁ, PARA LOS AÑOS 1951, 1988, 1996 Y 2010.

ley, y en cuanto a permisos de ocupación de ronda, en el artículo 132 se encuentra especificado que, *“sin permiso, no se podrán alterar los cauces y que se negará el permiso cuando la obra implique peligro para la colectividad o para los recursos naturales”*. Con respecto a los predios que se encuentran construidos en ronda hidráulica, la ley 388 de 1997 de ordenamiento territorial en el artículo 104 numeral 1, establece *“que quienes urbanicen o construyan en zonas calificadas como de riesgo, para este caso las rondas de cuerpos de agua, incurrirán en una infracción urbanística lo cual acarreará multas de carácter económico”*. Además, el Decreto 1600 de 2005 en los artículos 58 y 67, dice que no procede al reconocimiento de edificaciones que se encuentren en zonas de protección.

El estudio se realizó empleando fotografías aéreas que fueron proporcionadas por la Secretaría de Agricultura, Ambiente y Tierras y empleando algunas de las diferentes ramas de la Geomática, como lo son los Sistemas de información geográfica (SIG) y la fotogrametría digital, mediante las cuales se logró evidenciar cuál fue el cambio del cauce de la Quebrada La Parroquia con respecto a los años seleccionados para el estudio. Se empleó el Software ArcGis para el respectivo análisis, manipulación, tratamiento e interpretación de los datos para obtener resultados específicos para que cumplieran con los objetivos estipulados y que contaran con la calidad necesaria de los datos para la validez del proyecto.



1. OBJETIVOS

1.1. OBJETIVO GENERAL

Identificar, analizar y cuantificar las zonas en las cuales presenta cambios el cauce de la Quebrada La Parroquia para los años 1951, 1988, 1996 y 2010.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Adquirir las fotografías aéreas que permitan evidenciar la zona de interés para el estudio.
- Realizar la georreferenciación de las fotografías aéreas seleccionadas para el análisis multitemporal.
- Interpretar el Cauce de la Quebrada La Parroquia para cada uno de los años correspondientes mediante el proceso de digitalización.
- Definir el tipo de cambio que presento el cauce de la Quebrada.



2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El Municipio de Fusagasugá se ubica en el Departamento de Cundinamarca, es conocido como la Ciudad Jardín de Colombia y además es la capital de la Provincia del Sumapaz. Es allí donde se encuentra la fuente hídrica Quebrada La Parroquia, la cual nace en la cuchilla del Cerro Fusacatán lugar en el cual se centra el desarrollo del proyecto.

En el transcurso del desarrollo de las pasantías que se desarrollaron en la Secretaría de Agricultura Ambiente y Tierras (SAAT), desde la parte de la gestión del riesgo se consideró necesario adquirir información actualizada, clara, concisa y además a una escala detallada y apropiada de trabajo en referencia a los cuerpos de agua presentes en el Municipio, donde se decidió optar por la Quebrada La Parroquia como área de estudio, debido a la poca información que se encontraba en referencia a esta y a las problemáticas que ha presentado con respecto a las construcciones aledañas a su cauce, por el desbordamiento de dicha fuente hídrica en temporadas que registran niveles muy elevados de precipitación. Además, era necesario realizar una reconstrucción de las obras que fueron adelantando las diferentes administraciones para intervenir el cauce de la Quebrada La Parroquia, para estar al tanto de las alteraciones que había sufrido este afluente hídrico y así, estar preparados en caso de alguna emergencia que pudiese presentarse a causa de este cuerpo de agua.

De no obtenerse información de dicho curso de agua, podrían presentarse problemas en temporadas que presenten gran cantidad de precipitación, las cuales provocarían inundaciones en vías y predios aledaños a la Quebrada y que no podrían ser manejadas de la mejor manera ni ser realizadas las obras de prevención necesarias para mitigar el riesgo por falta de información con respecto al curso de agua.



3. JUSTIFICACIÓN

El agua es un recurso natural fundamental e insustituible, sin el cual no es posible la vida, ni la actividad del hombre (Hanssen,1996). Los cursos de agua como caños, arroyos, ríos y quebradas que recorren por las diferentes ubicaciones geográficas de la tierra, son de vital importancia para las actividades diarias y las distintas necesidades de las personas que habitan en ella, además de ser uno de los recursos imprescindibles para el funcionamiento de los ecosistemas. Desde la perspectiva de la Gestión del Riesgo, la utilización inadecuada de estos cursos fluviales, podría ser la causante de los problemas de inundaciones que presentan los habitantes en temporadas de altas precipitaciones las cuales, debido a las intervenciones mal planificadas al cauce de la Quebrada, producen los desbordamientos de agua inesperados que afectan predios y vías cercanas a este.

Dichos cursos de agua, con el paso de los años presentan cambios en sus cauces ya sea por procesos morfológicos naturales o por construcción de estructuras hidráulicas antrópicas que no soportan los caudales que se registran en temporadas invernales con niveles de precipitación muy elevados, se preveía que ciertos tramos de la quebrada estaban siendo intervenidos por la población o habitantes de propiedades privadas que residen en cercanías al cauce de la Quebrada, los cuales estarían taponando dichos sectores del afluente activo, además de desviar su curso hídrico natural para realizar actividades con fines no permitidos y almacenar el líquido en lagos artificiales como también en reservorios de agua que probablemente no cuenten con ningún permiso o conocimiento por parte de la Corporación Autónoma Regional (CAR), lo cual les permita su correcta elaboración.

El Municipio de Fusagasugá, no contaba con información reciente y actualizada de la Quebrada La Parroquia, lo cual resaltaba la importancia y la viabilidad de realizar dicho estudio. Para el Municipio y la Secretaría de Agricultura, Ambiente y Tierras (SAAT), se consideraba de vital importancia realizar la recolección de información actualizada con referencia al estado en el que se encuentran los cursos de agua que circulan por el Municipio, ya que esto permitirá el adecuado



ANÁLISIS MULTITEMPORAL DEL CAMBIO EN EL CAUCE FLUVIAL DE LA QUEBRADA LA PARROQUIA EN EL MUNICIPIO DE FUSAGASUGÁ, PARA LOS AÑOS 1951, 1988, 1996 Y 2010.

conocimiento del territorio, usos del suelo, y condiciones de amenazas naturales asociadas a eventos hidrometeorológicos como inundaciones o avenidas torrenciales.



4. MARCO TEÓRICO

El desarrollo del presente proyecto, se encuentra dentro del marco de la Gestión del Riesgo, para lo cual es necesario mencionar temáticas que se refieran a este y aporten ideas claras y concisas para familiarizarse con ello.

La Gestión del Riesgo de Desastre (GRD), es un conjunto de decisiones administrativas de organización y conocimientos operacionales que sociedades y comunidades desarrollan con el fin de implementar políticas y estrategias para reducir el impacto de amenazas naturales y desastres ambientales. Se puede complementar definiéndolo como un proceso a través del cual una sociedad, influye positivamente en los niveles de riesgo que sufren, o podrían sufrir (Wilches Chaux, 1998). Este marco se considera importante puesto que no se podría pensar en desarrollo si esto se acompaña por un aumento en los niveles de riesgo de la sociedad y, en consecuencia, posibles daños y pérdidas para la sociedad (Lavell 1998, 1999).

En relación al tema mencionado anteriormente, es necesario hablar sobre los factores de riesgo de desastre donde se pueden encontrar dos tipos de ellos, a lo cual los primeros hacen referencia a eventos físicos potencialmente dañinos los cuales se pueden clasificar como naturales, socio-naturales, antrópico-tecnológicos y antrópico-contaminantes (Lavell, 1996). En segundo lugar, se encuentran los de vulnerabilidad que se refieren a una condición derivada y causal que se verifica cuando procesos sociales hacen que un elemento de la estructura social, sea propenso a sufrir daños y pérdidas al ser impactado por un evento físico peligroso particular.

Después de haberse mencionado el marco dentro del cual se encuentra el proyecto, seguido a ello se debe entrar a indagar e informar sobre todo lo que haga referencia y esté ligado a los cursos de agua, su procedencia, sus características y todo lo demás que sea necesario mencionar acerca de ellos.



ANÁLISIS MULTITEMPORAL DEL CAMBIO EN EL CAUCE FLUVIAL DE LA QUEBRADA LA PARROQUIA EN EL MUNICIPIO DE FUSAGASUGÁ, PARA LOS AÑOS 1951, 1988, 1996 Y 2010.

En primer lugar, es pertinente conocer la definición de cursos de agua y a que hacen referencia estos, que según el instituto de Hidrología, meteorología, y estudios ambientales (IDEAM) los cursos de agua corresponden a aquellos cauces o almacenamiento de agua como arroyos, quebradas, ríos, lagos, lagunas, pantanos, humedales y acuíferos que conforman el sistema hidrográfico de una cuenca geográfica, por otro lado, se encuentra (Chorley y Keneddy, 1971) que afirman que los cursos fluviales son sistemas en equilibrio dinámico y que, además, según Werritty (1997) se encuentran en ajuste permanente en el espacio y en el tiempo ante las fluctuaciones de caudal líquido y sólido, lo cual se traduce en movilidad lateral y vertical. Ya que el área de estudio se encuentra rodeada por distintos cursos de agua, es pertinente que se diferencien cada una de estas terminologías según lo establecido por el instituto de Hidrología, meteorología, y estudios ambientales (IDEAM):

Caños: Se establecen como un curso natural de agua de flujo intermitente que es propio de zonas planas.

Quebrada: Se entiende como un curso natural de agua, por lo general pequeño y poco profundo de flujo permanente, que puede ser turbulento y el cual es tributario de un río.

Ríos: un río presenta unas corrientes de agua de grandes dimensiones el cual sirve de canal natural en una cuenca de drenaje y además tienen numerosos componentes únicos, especialmente relacionados con la organización física en el eje horizontal (Vannote *et al.* 1980).

Lagunas: Deposito natural de agua dulce o salada, en conexión con el mar que no abastece ni es abastecida cuya profundidad es mayor a los 10 metros.

Definidos los tipos y características de los cuerpos de agua se define el concepto de intervención antrópica o cambios naturales en el cauce y los factores que inciden en este, se considera necesario aclarar que los ríos, cualquiera que sea el tamaño de su cuenca, experimentan cambios constantes en su forma y en las dimensiones de sus parámetros más importantes, pues constituyen sistemas dinámicos controlados por el régimen hidrológico y por las características del transporte de sedimentos, ya que los sistemas fluviales no están exentos de tales influencias. En los ríos también



ANÁLISIS MULTITEMPORAL DEL CAMBIO EN EL CAUCE FLUVIAL DE LA QUEBRADA LA PARROQUIA EN EL MUNICIPIO DE FUSAGASUGÁ, PARA LOS AÑOS 1951, 1988, 1996 Y 2010.

se encuentran los cambios autogénicos inherentes al régimen fluvial y los cambios alogénicos que son producidos en respuesta a alteraciones del sistema, incluyendo las inducidas por el hombre (Lepold *et al*, 1964, Wallick *et al*, 2007, Tockner *et al*, 2009) (Lewin, 1977).

En síntesis, las relaciones entre los elementos geomorfológicos y antrópicos y los cambios del cauce pueden ser problemáticos debido a la multiplicidad de factores que contribuyen al cambio, la variación intrínseca del río en su forma y procesos, las amplias escalas espaciales y temporales en las que actúan dichos sistemas, y el hecho de que la firma del cambio puede no ser la única para mecanismos causales específicos. Como se mencionó anteriormente, los cauces pueden presentar cambios a causa de los factores antrópicos, ya que actividades como la agricultura, la ganadería, la industria y la urbanización, suelen modificar las características físicas de arroyos, ríos y sus riveras (Seeboounruang, 2012). En complemento al tema de los factores antrópicos los cambios de usos del suelo por incremento poblacional, deforestaciones, urbanizaciones, drenajes entre otros, alteran el régimen hidrológico y las relaciones suelo-agua en las laderas, teniendo una repercusión inmediata en los cauces en términos de aportes totales, distribución de las mismas a lo largo del año, y carga de sedimentos o erosión neta transportada hacia los cauces (Gonzales del Tánago y García de Jalon, 1981). Las fuentes de agua superficial son un eje fundamental en el desarrollo de los seres humanos, que permiten el abastecimiento para las diferentes actividades socioeconómicas llevadas a cabo en la sociedad, pero que dichas actividades causan alteración y deterioro de las mismas (Organización de las Naciones Unidas, 1992). La mayoría de las actividades antrópicas producen cambios en los cauces fluviales, tales cambios inducidos por el hombre incluyen efectos directos causados por la planificación deliberada del río para controlar la corriente, regular el suministro de agua o mejorar la navegación (Park, 1981). Adicionalmente, los cambios morfológicos pueden resultar también del confinamiento del cauce por el hombre, por ejemplo, la instalación de carreteras y otras obras de ingeniería junto al cauce puede retrasar la migración autogénica de meandros aguas abajo, modificar la forma de estos e incluso provocar cierres y estrangulamientos de meandros (Lewin y Brindle, 1977).



ANÁLISIS MULTITEMPORAL DEL CAMBIO EN EL CAUCE FLUVIAL DE LA QUEBRADA LA PARROQUIA EN EL MUNICIPIO DE FUSAGASUGÁ, PARA LOS AÑOS 1951, 1988, 1996 Y 2010.

Dejando de un lado al hombre como causante de las modificaciones del cauce fluvial se encuentran agentes de tipo natural que modifican el régimen hidrológico, por ejemplo, la morfología de un tramo fluvial está controlada por una serie de variables interrelacionadas con tendencia al equilibrio dinámico, estas variables son la hidráulica del flujo, la configuración del canal, la carga transportada, el material del lecho y de los bancos (Morisawa, 1985). Por otro lado, se encuentran autores como Schumm y Lichty (1965) y Lane y Richards (1997) los cuales sostienen que los factores responsables de los cambios del cauce son numerosos y bien conocidos, e incluyen modificaciones en el régimen de caudal, erosionabilidad de los márgenes o aportes de sedimentos.

Es importante mencionar el tema de las inundaciones dentro del marco del estudio, pues estas desempeñan un papel único como mecanismos para iniciar y favorecer cambios acelerados del cauce que pueden tener o no otras causas principales, o para cambiar tendencias en el ajuste morfológico del cauce, además las inundaciones pueden considerarse factores detonantes de toda una cascada de alteraciones en las que un impacto puede provocar una serie de ajustes subsecuentes (Nakamura *et al.*, 2000), que a su vez estas pueden atribuirse a la variabilidad climática y el cambio climático aunque estas dos están generando frecuentes anomalías de precipitación (Vincent, 2007, Brown y Funk, 2008, Magrin *et al.*, 2007) que impactan ecosistemas y sectores socioeconómicos del país, con pérdidas de vidas humanas, de bienes, migraciones masivas, degradación ambiental, escasez de alimentos, energía, aguas y otras necesidades básicas (Carvajal y Ordoñez, 2010).

Mencionadas las problemáticas por las cuales puede producirse el fenómeno a estudiar incluyendo las inundaciones y haciendo referencia a lo anterior, América Latina – Caribe es una región muy afectada por desastres socio-naturales a lo cual Colombia no es una excepción en cuanto al tema de inundaciones y todo lo relacionado con gestión del riesgo (Vargas, 2002). Por ello se considera de vital importancia la realización del proyecto propuesto para poder dar el manejo correcto a las situaciones que se presentan en el área en la cual se desarrollará el estudio.



5. MARCO GEOGRÁFICO

5.1. Localización y características del Municipio de Fusagasugá.

El municipio de Fusagasugá se encuentra ubicado en el flanco occidental de la cordillera oriental en el Departamento de Cundinamarca (imagen 1), es considerado como la capital de la Provincia del Sumapaz, sus coordenadas geográficas corresponden a los $4^{\circ} 20' 00''$ de latitud Norte y a los $74^{\circ} 21' 00''$ de longitud Oeste, su extensión total es de 204 kilómetros cuadrados, su zona rural cuenta con 191 kilómetros cuadrados y la zona urbana con 13 kilómetros cuadrados. Sus temperaturas varían entre los 9°C y los 25°C , su precipitación media anual oscila entre 1080 y 1720 mm/año (Salazar, 2015).

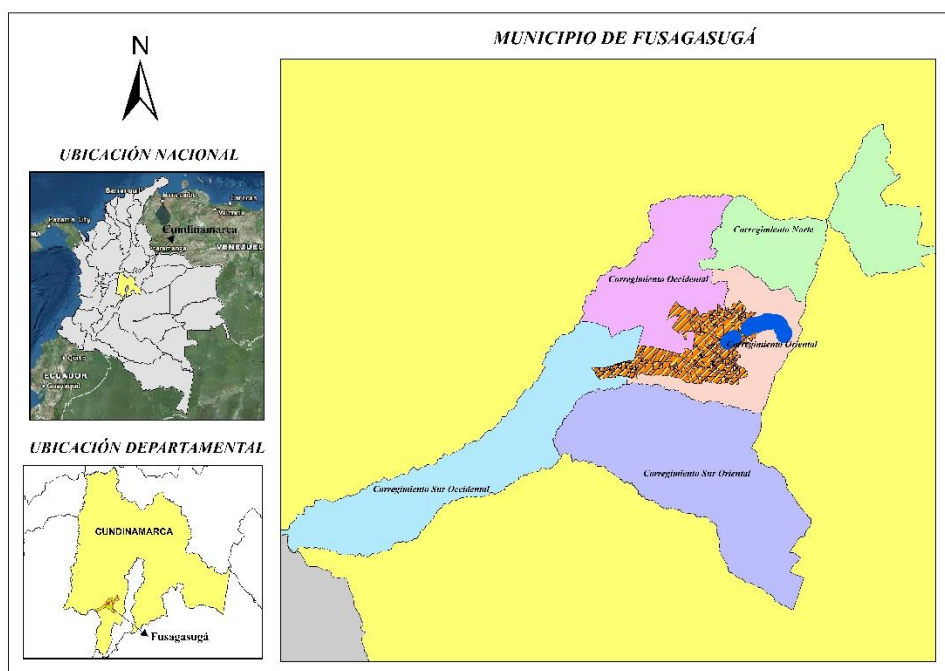


Imagen. 1 Localización Zona de estudio. Elaboración propia.

El Municipio se encuentra localizado a 59 Km al suroccidente de Bogotá, en una meseta que delimita el Río Cuja y el Río Chocho, el Cerro de Fusacatán y el Cerro del Quinini que conforman el valle de los Sutagaos y la altiplanicie de Chinauta.

5.2 Localización y características de la Quebrada La Parroquia

Esta Quebrada nace en la cuchilla del Cerro Fusacatán ubicada en la cordillera oriental y desemboca en la Quebrada Sabaneta, dicho afluente hídrico recibe el vertimiento de las aguas residuales de la comuna oriental y parte de la comuna centro (Alcaldía de Fusagasugá, 2009).

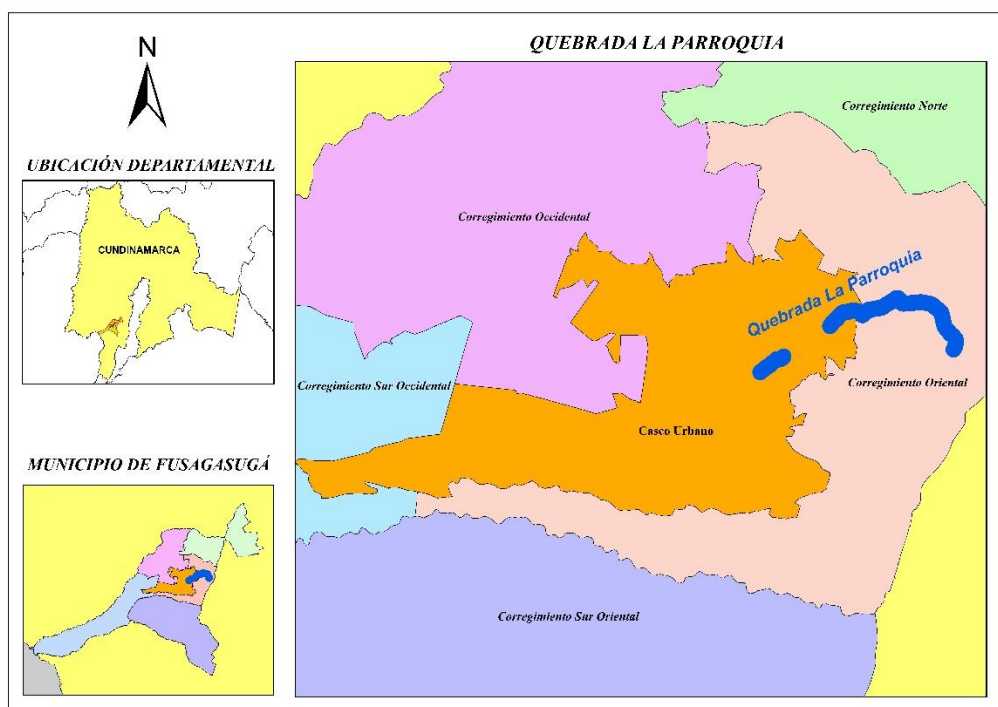


Imagen. 2 Localización Quebrada La Parroquia. Elaboración propia.

Esta Quebrada es reconocida en el Municipio de Fusagasugá por su gran longitud y amplitud de su cauce, además, por la avenida torrencial que se presentó el 30 de octubre de 2014 en el cual se vieron afectados varios predios del Barrio Pekín, Antiguo Pekín y otros sectores del Municipio, generando esto grandes pérdidas materiales y cobrando la vida de un habitante del sector.



6. MARCO LEGAL

Haciendo referencia al Marco Legal, se mencionaron algunas leyes y decretos ambientales de vital importancia para el debido sustento de los resultados y conclusiones que se obtuvieron durante el desarrollo del proyecto las cuales se mencionan a continuación:

Ley 2811 de 1974: Mediante el cual se dicta el código nacional de recursos naturales renovables y de protección al medio ambiente.

En el capítulo número II de la ley 2811 de 1974 referente al dominio de las aguas y los cauces en el artículo N° 83 se encuentra que, salvo derechos adquiridos por particulares, son bienes inalienables e imprescindibles del Estado: el álveo o cauce natural de las corrientes, el lecho de los depósitos naturales de agua, las playas marítimas, fluviales y lacustres, una faja paralela a la línea de mareas máximas o a la del cauce permanente de ríos y lagos hasta de treinta metros de ancho, las áreas ocupadas por los nevados y por los cauces de los glaciares y los estratos o depósitos de las aguas subterráneas. Continuando con dicha Ley, en el artículo N°86 se encuentra establecido que toda persona tiene derecho a utilizar las aguas de dominio público para satisfacer sus necesidades elementales, las de su familia y sus animales, siempre que con ello no cause daños a terceros, además resalta que el uso debe hacerse sin establecer derivaciones, ni emplear maquina ni aparato, ni detener o desviar el curso de las aguas ni deteriorar el cauce o las márgenes ni la corriente.

Resolución número 64 de 1994: Suscrita por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi, la cual establece las especificaciones técnicas mínimas que deben cumplir las personas naturales o jurídicas para realizar trabajos fotogramétricos y cartográficos en el territorio nacional, la cual mediante un artículo único resuelve en el numeral uno referente a las normas de precisión final que la precisión final de un mapa en referencia a la planimetría el 90% de los puntos deben estar localizados dentro de 0.5 mm a escala de plano de sus posiciones verdaderas.

Ley 388 de 1997: Conocida como Ley de desarrollo Territorial, la cual establece un mandato para que todos los municipios del País formulen sus respectivos planes de Ordenamiento Territorial. En su capítulo número IX sobre licencias y sanciones urbanísticas en el artículo 104°



ANÁLISIS MULTITEMPORAL DEL CAMBIO EN EL CAUCE FLUVIAL DE LA QUEBRADA LA PARROQUIA EN EL MUNICIPIO DE FUSAGASUGÁ, PARA LOS AÑOS 1951, 1988, 1996 Y 2010.

numeral uno, establece que, acarrearán multas sucesivas entre (100) y (500) salarios mínimos legales vigentes a quien desarrolló una construcción, urbanización o parcelación en terrenos de protección ambiental, o calificados en zonas calificadas como de riesgo, como humedales, rondas de cuerpos de agua o de riesgo geológico.

Decreto 1600 de 2005: Mediante el presente Decreto se reglamentan las disposiciones sobre licencias urbanísticas, reconocimiento de edificaciones y legalización de asentamientos humanos, la cual en el título II que hace referencia al reconocimiento de la existencia de edificaciones para lo cual en su artículo 58° referido a situaciones en las que no procede al reconocimiento de edificaciones, establece que no procederá al reconocimiento de las mismas si se encuentran localizadas en áreas o zonas de protección ambiental y el suelo calificado como de protección en el POT o en los instrumentos que lo desarrollen y complementen, salvo que se trate de zonas sometidas a medidas de manejo especial ambiental para la armonización y/ o normalización de las edificaciones preexistentes a su interior. De igual forma no reconocerá edificaciones que se encuentren en zonas declaradas como de alto riesgo no mitigable y que se encuentren identificadas en el POT y en los instrumentos que lo desarrollen y lo complementen.

Ley 1523 de 2012: Por esta Ley, se adopta la política nacional de gestión del riesgo de desastres y se establece el sistema nacional de gestión del riesgo de desastres y se dictan otras disposiciones. En su artículo N° 1 de la gestión del riesgo de desastres, lo define como un proceso social orientado a la formulación, ejecución, seguimiento y evaluación de políticas, estrategias, planes, programas, regulaciones, instrumentos, medidas y acciones permanentes para el conocimiento y la reducción del riesgo y para el manejo de desastres con el propósito explícito de contribuir a la seguridad, el bienestar, la calidad de vida de las personas y el desarrollo sostenible.

7. DESARROLLO METODOLOGICO

De acuerdo con los objetivos propuestos, se desarrolló una metodología que permitiera dar cumplimiento a cada uno de ellos la cual se evidenciará en el siguiente diagrama (imagen 3):

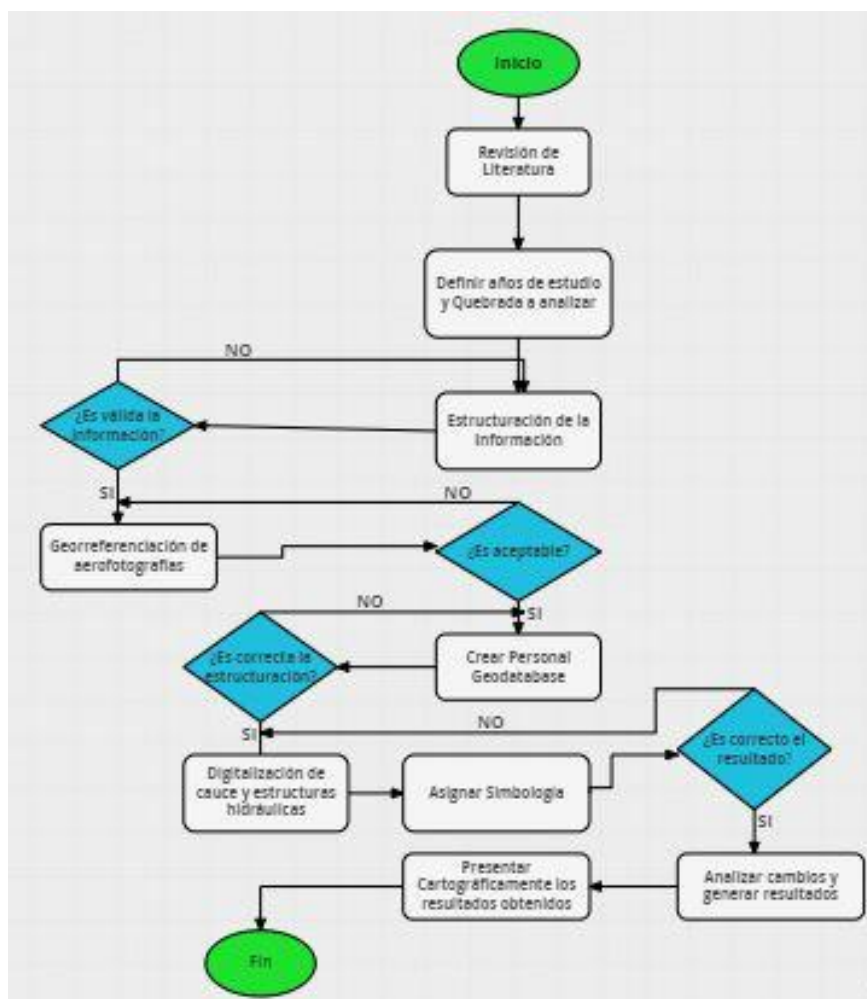


Imagen. 3 Diagrama de Metodología, el cual ilustra los procedimientos aplicados para obtener los resultados del análisis multitemporal del cambio en el cauce de la Quebrada La Parroquia.

Metodología: Para la realización del proyecto se emplearon diferentes técnicas mediante las cuales se logró cumplir de manera correcta la totalidad de los objetivos planteados con el fin de que la investigación arrojara resultados precisos y que además contaran con la calidad necesaria para ser aprobados.



ANÁLISIS MULTITEMPORAL DEL CAMBIO EN EL CAUCE FLUVIAL DE LA QUEBRADA LA PARROQUIA EN EL MUNICIPIO DE FUSAGASUGÁ, PARA LOS AÑOS 1951, 1988, 1996 Y 2010.

En primer lugar, fue necesario entrar a estudiar e indagar la parte teórica sobre estudios de igual magnitud o similares al propuesto para con ello evaluar las distintas formas mediante las cuales se pudiera abordar el proyecto, con el fin de analizar las metodologías empleadas, los análisis realizados y los resultados obtenidos que se encontraron en las bibliografías consultadas, además de tener conocimiento de cómo se encontraba y se trataba esa problemática no solo a nivel local, sino en cualquier parte del mundo.

Seguido de ello se procedió a la organización de la información primaria con la que se disponía, que hacía referencia a las fotografías aéreas con las que se contó para la realización del trabajo, las cuales fueron suministradas por la Secretaría de Agricultura, Ambiente y Tierras donde se desarrollaron las respectivas prácticas académicas o pasantías. Esta información se almacenó en una respectiva tabla de datos sencilla, la cual especificara el número de vuelo, el número de la fotografía, el año en que fue tomada y su correspondiente escala para tener claridad de la información con la que se contaba.

Para dar inicio con la sistematización de la información, el paso a seguir fue georreferenciar las fotografías aéreas para seleccionar las que permitieran ubicar la zona en la cual se evidenciara la totalidad del cauce de la Quebrada La Parroquia y así determinar los respectivos años que se seleccionaron para el análisis multitemporal. Para el proceso de georreferenciación se empleó el Software ArcGis en su módulo denominado ArcMap el cual permite al usuario mediante las diferentes herramientas que ofrece, georreferenciar o dar coordenadas reales a las fotografías aéreas. Una vez se cargadas las fotografías en el software, se procedió a seleccionar el sistema de coordenadas que se empleó para la georreferenciación el cual correspondió a MAGNA Colombia Bogotá para el caso del presente estudio. Seleccionado el sistema de coordenadas necesariamente debía contarse con una imagen la cual ya contará con unas coordenadas reales para tomarla como referencia. Se capturaron en promedio un total de 20 a 30 puntos de control por fotografía para obtener como resultado una georreferenciación precisa la cual no presentara desfases a la hora de ser empleada. Cabe resaltar que los puntos de control se tomaron de la fotografía aérea hacia la



ANÁLISIS MULTITEMPORAL DEL CAMBIO EN EL CAUCE FLUVIAL DE LA QUEBRADA LA PARROQUIA EN EL MUNICIPIO DE FUSAGASUGÁ, PARA LOS AÑOS 1951, 1988, 1996 Y 2010.

que ya se encontraba georreferenciada. En cuanto al método de transformación correspondiente a la georreferenciación el que se empleó para el proyecto fue el método proyectado, ya que el señalado fue el que presentó un valor menor de RMS (3,4 m) y se ajustaba de manera correcta a los elementos presentes en las fotografías. Esta transformación requiere como mínimo la captura de 5 puntos de control para poderlo emplear. Es necesario mencionar que el residual total o RMS correspondió según al señalado en la resolución N° 64 de 1994 suscrita por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), la cual establece que en planimetría el 90% de los puntos deben estar dentro de 0.5 mm por la Escala de la Fotografía o mapa.

Una vez georreferenciadas las fotografías aéreas, se seleccionaron las que permitieran una mejor visualización y las cuales ubicaran la zona de estudio en el centro de la fotografía, ya que hacia los bordes de esta se iban a presentar mayores desfases con respecto a la fotografía base de la georreferenciación. La información de las aerofotografías seleccionadas para el análisis multitemporal se encuentra almacenada en la tabla que se muestra a continuación (tabla 1), además de la visualización del área de estudio comprendida en cada fotografía la cual se ilustra en las imágenes posteriores a la tabla número uno (imagen 4,5,6,7).

Tabla 1 Fotografías aéreas empleadas.

TIPO IMÁGEN	N° VUELO	N° FOTOGRAFÍA	AÑO	ESCALA
Fotografía aérea	C - 382	873	1951	1: 25.000
Fotografía aérea	C - 2342	44	1988	1: 34.800
Fotografía aérea	C - 2584	48	1996	1: 28.650
Ortofotomosaico			2010	1: 10.000



ANÁLISIS MULTITEMPORAL DEL CAMBIO EN EL CAUCE FLUVIAL DE LA QUEBRADA LA PARROQUIA EN EL MUNICIPIO DE FUSAGASUGÁ, PARA LOS AÑOS 1951, 1988, 1996 Y 2010.

- **Fotografía aérea año 1951.**



Imagen. 4 Fotografía aérea año 1951. Fuente: IGAC. Suministrada por la Secretaria de Agricultura Ambiente y Tierras.

- **Fotografía aérea año 1988.**



Imagen. 5 Fotografía aérea año 1988. Fuente: IGAC. Suministrada por la Secretaria de Agricultura Ambiente y Tierras



ANÁLISIS MULTITEMPORAL DEL CAMBIO EN EL CAUCE FLUVIAL DE LA QUEBRADA LA PARROQUIA EN EL MUNICIPIO DE FUSAGASUGÁ, PARA LOS AÑOS 1951, 1988, 1996 Y 2010.

- **Fotografía aérea año 1996.**

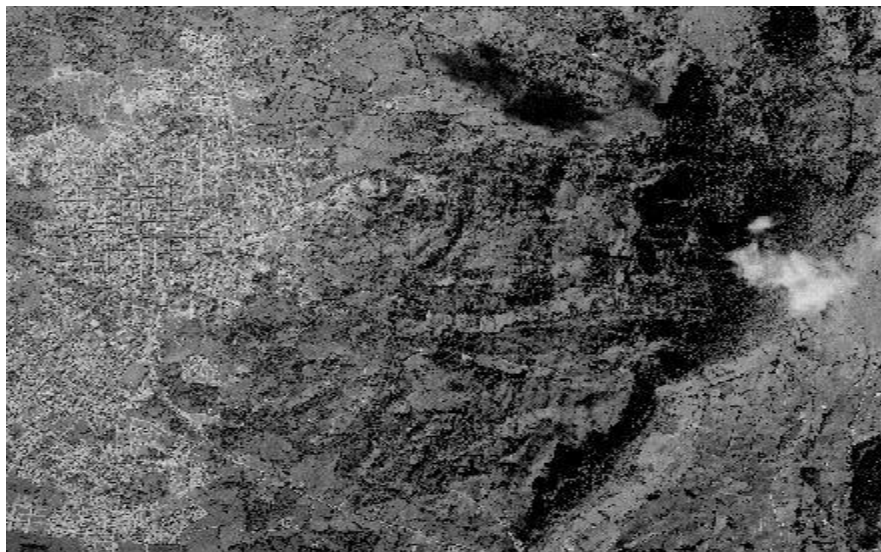


Imagen. 6 Fotografía aérea año 1996. Fuente: IGAC. Suministrada por la Secretaria de Agricultura Ambiente y Tierras

- **Ortofotomosaico año 2010.**



Imagen. 7 Ortofotomosaico año 2010. Suministrada por la Secretaria de Agricultura Ambiente y Tierras. Resolución espacial 2,5 cm.



ANÁLISIS MULTITEMPORAL DEL CAMBIO EN EL CAUCE FLUVIAL DE LA QUEBRADA LA PARROQUIA EN EL MUNICIPIO DE FUSAGASUGÁ, PARA LOS AÑOS 1951, 1988, 1996 Y 2010.

En cuanto al formato en el que se guardaron las fotografías georreferenciadas que se emplearon en el estudio, correspondió al formato TIFF ya que este permitía una mejor visualización de las coberturas presentes en la fotografía.

Una vez terminada la georreferenciación y con los recortes de las áreas de estudio, se procedió a crear la respectiva Geodatabase de tipo personal ya que no se requirió gran cantidad de espacio de almacenamiento de datos. En esta personal Geodatabase se creó un *Feature dataset* para cada año a estudiar, es decir uno para el año 1951, uno para el 1988, uno para el 1996 y uno para el 2010 con el mismo sistema de coordenadas empleado en la georreferenciación que en este caso fue MAGNA Colombia Bogotá. Con respecto a los *Feature datasets* se creó un *Feature class* de tipo línea y se definió el nombre de drenaje sencillo para la digitalización del centro del cauce de la quebrada y uno para el drenaje doble de igual forma de tipo línea para la digitalización de cada lado del cauce de la Quebrada La Parroquia. Además, en esta GDB se crearon *Feature class* de tipo polígono para la identificación de las estructuras hidráulicas correspondientes a canalizaciones rectangulares, canalizaciones trapezoidales, canalizaciones en bóveda y para la ilustración del box culvert de cada año estudiado. De igual forma allí se encontraron almacenados los *Feature Class* de los tramos viales con geometría de tipo línea y los puentes vehiculares y peatonales que se señalaron con un punto en la digitalización.

Se procedió a realizar el análisis de los cambios que ha venido presentando el curso de agua en su cauce, durante los años estudiados mediante la digitalización de la totalidad del cauce registrando los tramos de cauce abierto, tramos en bóveda, tramos canalizados, tramos del box culvert, tramos viales, puentes vehiculares y puentes peatonales, como también los lugares en los cuales la Quebrada permitía identificar su cauce abierto, pero en canal. En ciertos lugares por los cuales circulaba la Quebrada, la fotografía aérea no permitió la interpretación correcta del cauce para lo cual se decidió digitalizarlo como un cauce interpretado que se simbolizó mediante una línea punteada para así poder distinguirla del cauce identificado con certeza. Dicho proceso se



ANÁLISIS MULTITEMPORAL DEL CAMBIO EN EL CAUCE FLUVIAL DE LA QUEBRADA LA PARROQUIA EN EL MUNICIPIO DE FUSAGASUGÁ, PARA LOS AÑOS 1951, 1988, 1996 Y 2010.

realizó con la herramienta para digitalizar que ofrece ArcMap, donde se almacenó en la correspondiente tabla de atributos la digitalización correspondiente al año de la fotografía.

Para la ilustración de los cambios que ha presentado el cauce de la quebrada La Parroquia desde el año 1951 hasta el 2010, se generaron múltiples mapas temáticos a una escala que permitiera la correcta visualización de dichos cambios, los cuales se ilustraron mediante polígonos que reflejaran el cambio que había sufrido este con respecto al año anteriormente analizado (mapa 1,2,3,4).

En cuanto a la elaboración del mapa de susceptibilidad por inundación a causa del posible desbordamiento de la Quebrada La Parroquia, fue realizado de acuerdo al cauce actual de la Quebrada en mención y con la base predial rural y urbana con la que cuenta el Municipio de Fusagasugá, la cual fue suministrada por la Secretaría de Agricultura, Ambiente y Tierras donde se realizaron las prácticas académicas. Para generar dicho mapa de susceptibilidad por inundación, se aplicó un buffer o zona de influencia de 30 metros a lado y lado de las márgenes del cauce de la Quebrada correspondientes a la ronda hidráulica establecida por ley. Cabe resaltar que la ronda hidráulica fue aplicada de igual manera para el cauce del brazo de la Quebrada La Parroquia que se identificó en el año 1951 denominado como Quebrada NN, ya que todos los cuerpos de agua por naturaleza tienden a seguir su cauce original en caso de presencia de inundaciones por desbordamientos del mismo, como el ocurrido el 30 de octubre del 2014 en el Municipio de Fusagasugá. Una vez realizado el buffer de la ronda hidráulica, se procedió a realizar un cruce entre las dos capas por medio de una selección por localización, la cual permitió identificar los predios urbanos y rurales que se encontraban constituidos dentro de la margen de 30 metros de ronda de la Quebrada La Parroquia. Mediante la obtención de dichos predios, se generaron dos mapas de susceptibilidad por inundación (mapa 5 y 6) correspondientes a la zona urbana y a la zona rural a escala 1: 10.000 para así poder apreciar claramente los elementos expuestos en dichos mapas. Cabe resaltar, que la susceptibilidad a fenómenos de inundaciones para los predios de la zona rural del Municipio, se generó de acuerdo a los perfiles topográficos que se obtuvieron a



ANÁLISIS MULTITEMPORAL DEL CAMBIO EN EL CAUCE FLUVIAL DE LA QUEBRADA LA PARROQUIA EN EL MUNICIPIO DE FUSAGASUGÁ, PARA LOS AÑOS 1951, 1988, 1996 Y 2010.

partir de un modelo digital de terreno generado con base en las curvas de nivel para identificar el comportamiento de las pendientes y el cambio de alturas que se presentaba en la zona, y así, definir hasta que sector de los predios podrían ser susceptibles por una posible inundación a causa del desbordamiento del cauce de la Quebrada La Parroquia.

Universo, población y muestra: El fenómeno que se estudió se refiere a la totalidad de la longitud del cauce de la Quebrada La Parroquia, desde su punto de nacimiento hasta la desembocadura en la Quebrada Sabaneta. La población hace referencia a los habitantes de los sectores aledaños al cauce del curso de agua, que pueden verse afectados o se encontraran en amenaza por fenómenos de desbordamiento, inundación o avenida torrencial en su cauce.

Técnicas o instrumentos para la recolección de datos: Los instrumentos de trabajo empleados correspondieron a las aerofotografías de los diferentes años que fueron seleccionados, los registros de inundaciones con los cuales cuenta la SAAT y todos los documentos con relación a la Gestión del Riesgo.

Infraestructura y Equipos: Las instalaciones con las cuales se contó para la elaboración de dicho proyecto, correspondieron a los laboratorios de la Universidad de Cundinamarca (UDEC) y las instalaciones de la Secretaría de Agricultura, Ambiente y Tierras, empleando las estaciones fotogramétricas con las que cuenta la Universidad.

Método de análisis: Se realizó un análisis multitemporal por medio de técnicas de teledetección aplicadas a las fotografías aéreas las cuales permitieron la identificación de las coberturas necesarias para cumplir los objetivos del proyecto.



ANÁLISIS MULTITEMPORAL DEL CAMBIO EN EL CAUCE FLUVIAL DE LA QUEBRADA LA PARROQUIA EN EL MUNICIPIO DE FUSAGASUGÁ, PARA LOS AÑOS 1951, 1988, 1996 Y 2010.

Recursos: Los recursos empleados durante el desarrollo del proyecto correspondieron a los siguientes:

Humanos: *Pasante:* Quien realizó las pasantías requeridas como opción de grado y autor del desarrollo del proyecto.

Tutor interno: Docente de la Universidad de Cundinamarca el cual realizó el debido acompañamiento en actividades y revisión de documentos durante el tiempo de pasantía.

Tutor externo: Geólogo de la Secretaría de Agricultura, Ambiente y Tierras, el cual se encargó del acompañamiento, revisión del proyecto y de la corroboración de que el pasante cumpliera con los objetivos del estudio, desempeñara las labores encargadas en la Secretaría y cumpliera con las horas requeridas como tiempo de pasantía.

Institucionales: *Universidad de Cundinamarca (UDEC):* Entidad pública, donde se realizó la formación al pasante como Tecnólogo en Cartografía y fueron requeridas las pasantías que se desarrollaron en la Secretaría de Agricultura, Ambiente y Tierras.

Secretaría de Agricultura, Ambiente y Tierras (SAAT): Dicha entidad se encuentra adscrita a la Alcaldía del Municipio de Fusagasugá y es allí donde se desarrollaron las labores de pasantías.

Físicos, logísticos y/o técnicos: Se emplearon las instalaciones de la Universidad de Cundinamarca y la Secretaría de Agricultura, Ambiente y Tierras. Además, se utilizaron los equipos de los Laboratorios de la UDEC, y las fotografías aéreas e informes suministrados por parte de la SAAT. En cuanto a software se empleó ArcGis, Excel y Word.

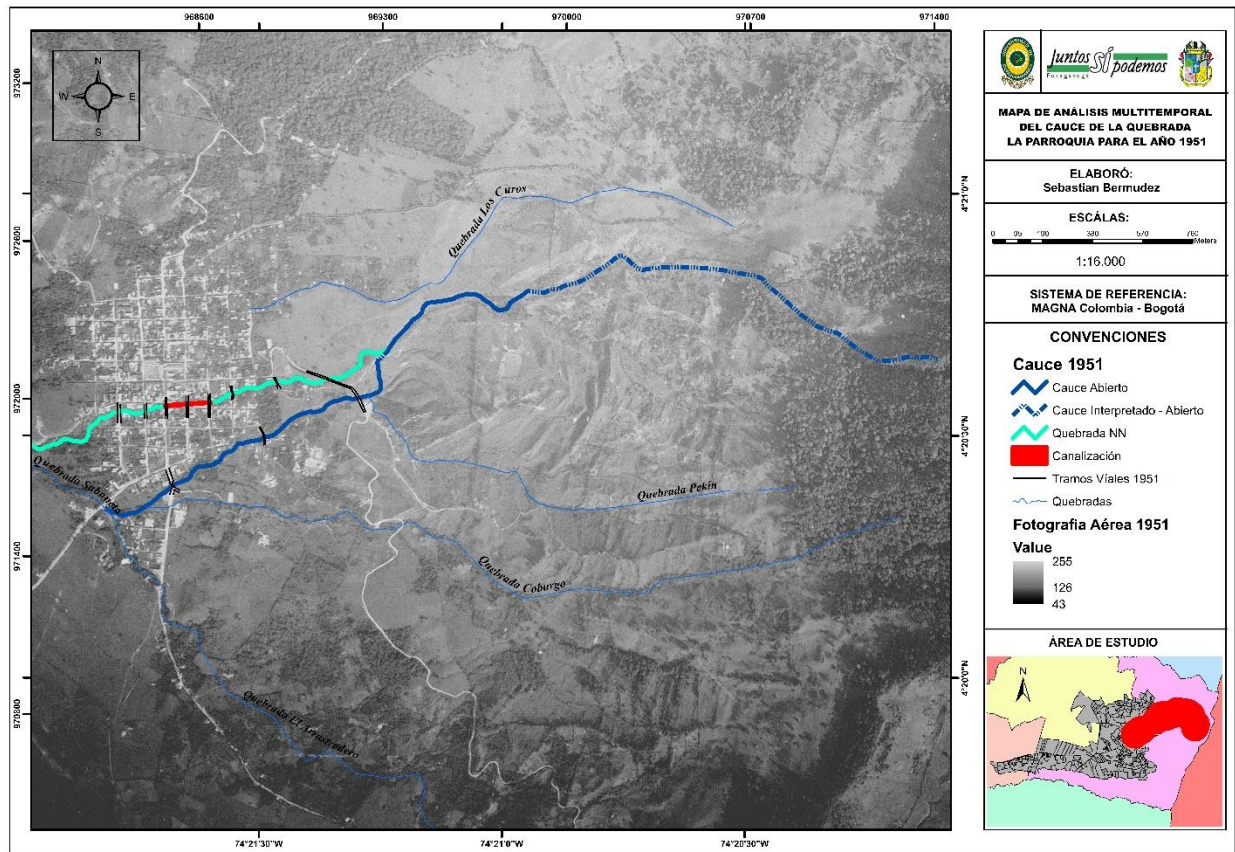


ANÁLISIS MULTITEMPORAL DEL CAMBIO EN EL CAUCE FLUVIAL DE LA QUEBRADA LA PARROQUIA EN EL MUNICIPIO DE FUSAGASUGÁ, PARA LOS AÑOS 1951, 1988, 1996 Y 2010.

7.1. MAPAS GENERADOS

Durante el análisis multitemporal realizado al cauce de la Quebrada La Parroquia, se generaron un total de seis (6) mapas temáticos de los cuales cuatro ilustran los cambios que presentó dicho cauce con respecto a los años analizados durante la realización del proyecto. Los siguientes dos mapas permiten identificar los posibles predios urbanos y rurales susceptibles a fenómenos de inundación a causa del desbordamiento de la Quebrada La Parroquia, por encontrarse constituidos dentro de la ronda hidráulica establecida para el cuerpo de agua en mención.

7.1.1 Mapa análisis multitemporal año 1951

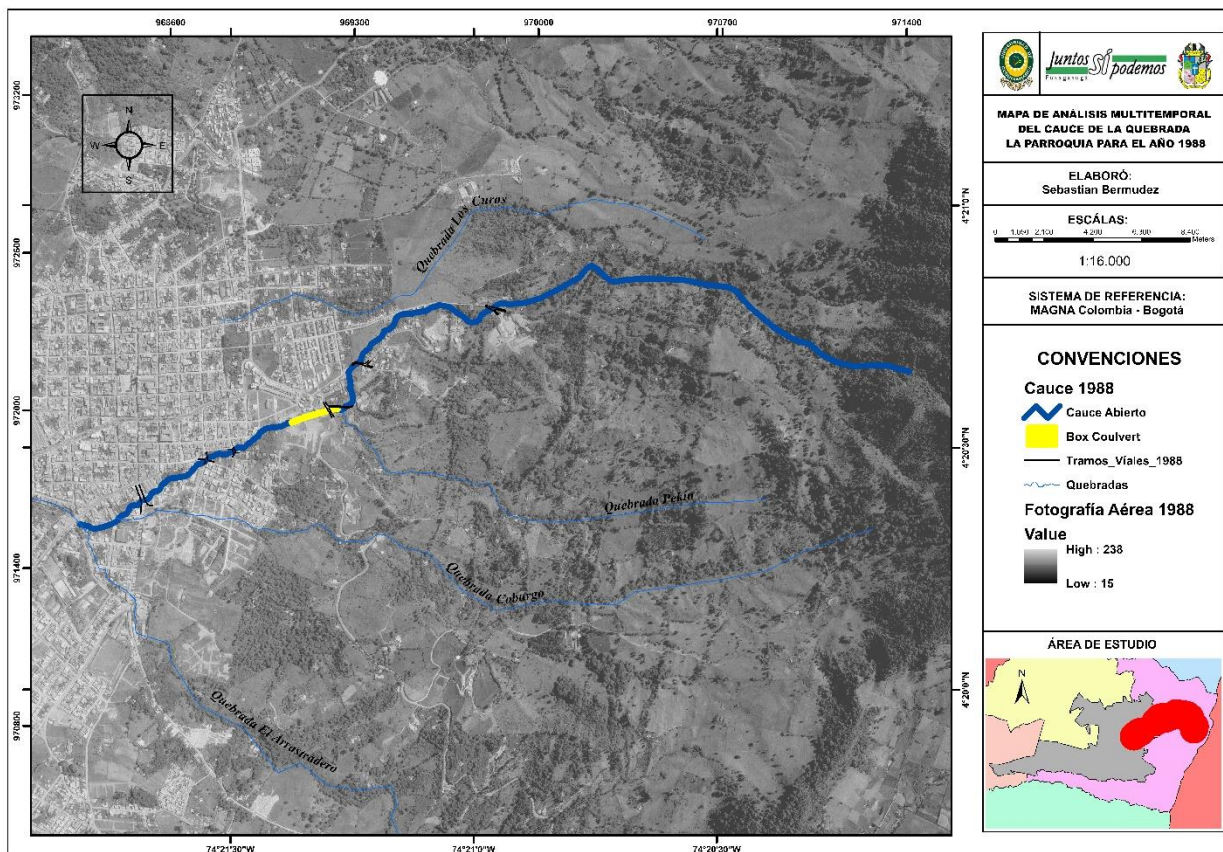


Mapa 1 Análisis Multitemporal del cauce de la Quebrada La Parroquia en el año 1951.



ANÁLISIS MULTITEMPORAL DEL CAMBIO EN EL CAUCE FLUVIAL DE LA QUEBRADA LA PARROQUIA EN EL MUNICIPIO DE FUSAGASUGÁ, PARA LOS AÑOS 1951, 1988, 1996 Y 2010.

7.1.2 Mapa análisis multitemporal año 1988

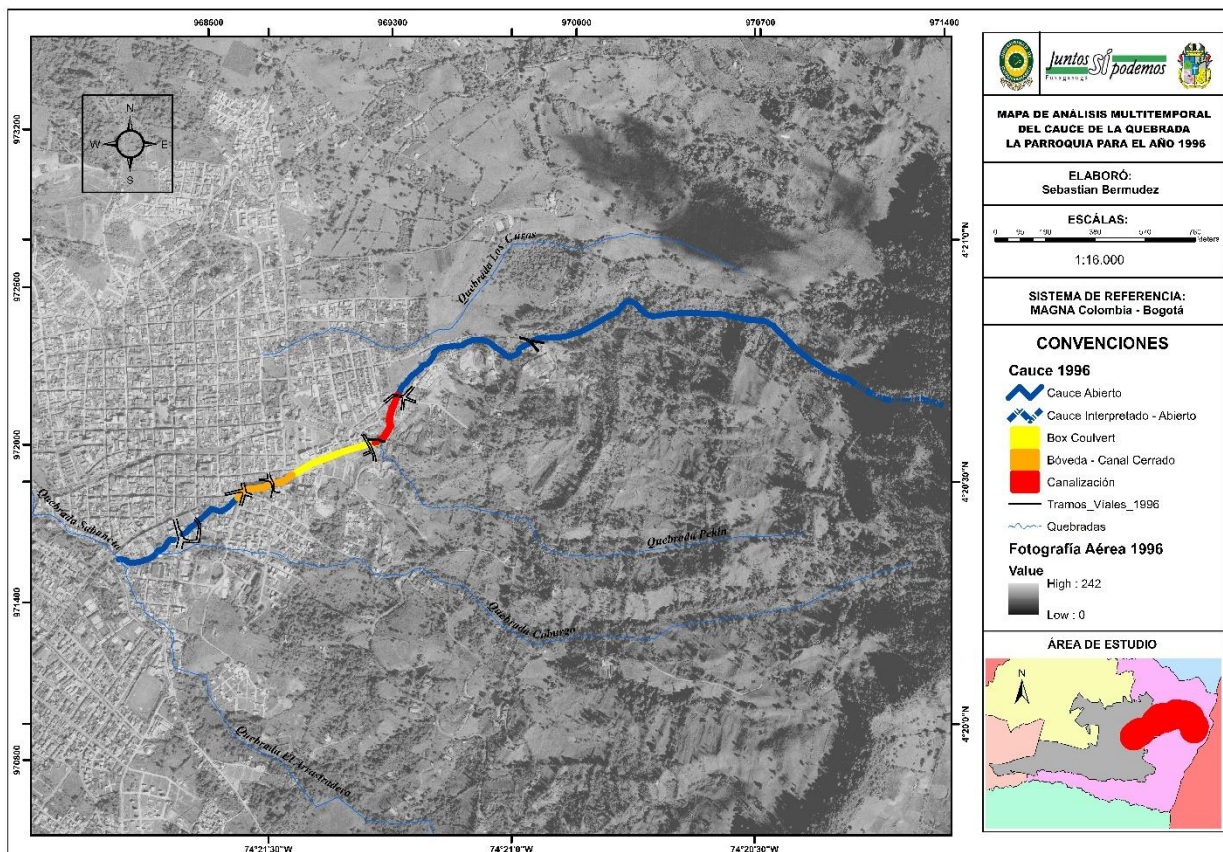


Mapa 2 Análisis Multitemporal del cauce de la Quebrada La Parroquia en el año 1988.



ANÁLISIS MULTITEMPORAL DEL CAMBIO EN EL CAUCE FLUVIAL DE LA QUEBRADA LA PARROQUIA EN EL MUNICIPIO DE FUSAGASUGÁ, PARA LOS AÑOS 1951, 1988, 1996 Y 2010.

7.1.3 Mapa análisis multitemporal año 1996

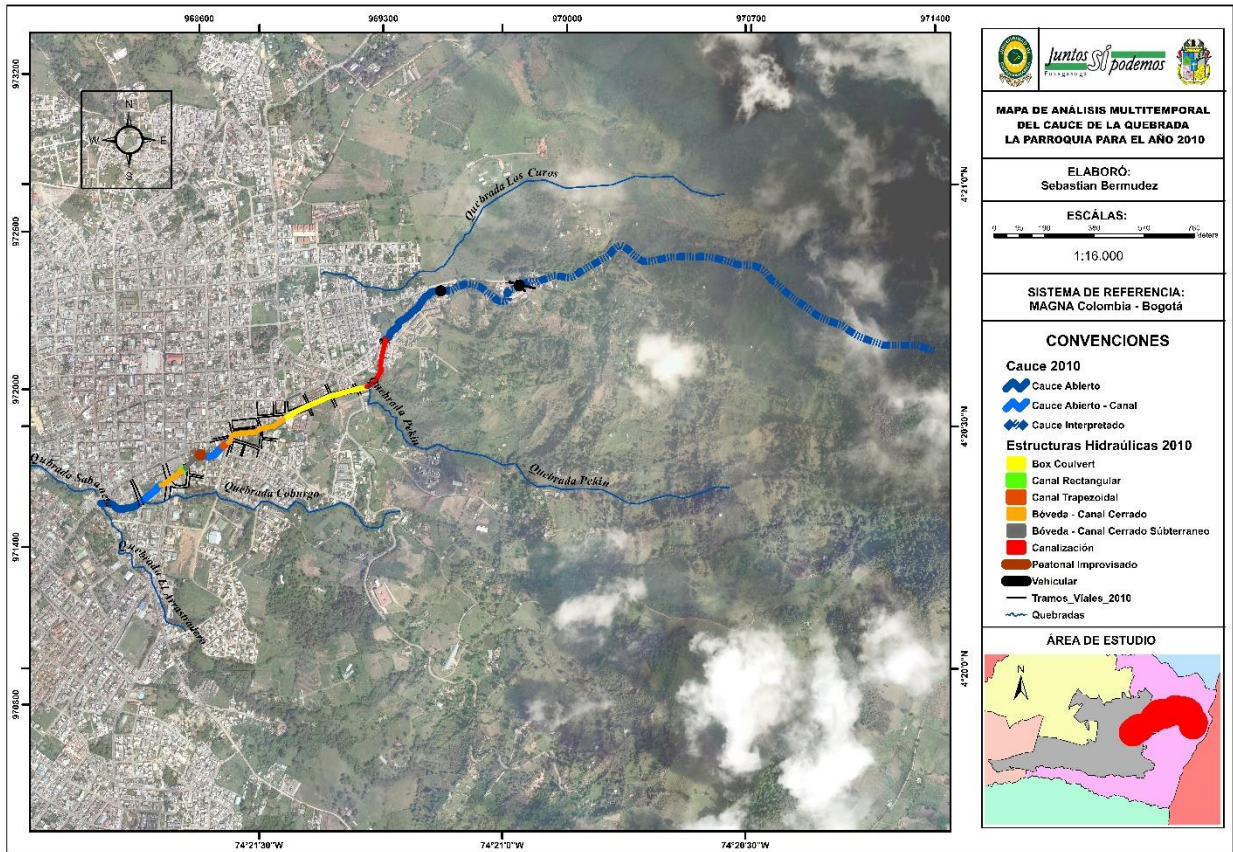


Mapa 3 Análisis Multitemporal del cauce de la Quebrada La Parroquia en el año 1996.



ANÁLISIS MULTITEMPORAL DEL CAMBIO EN EL CAUCE FLUVIAL DE LA QUEBRADA LA PARROQUIA EN EL MUNICIPIO DE FUSAGASUGÁ, PARA LOS AÑOS 1951, 1988, 1996 Y 2010.

7.1.4 Mapa análisis multitemporal año 2010

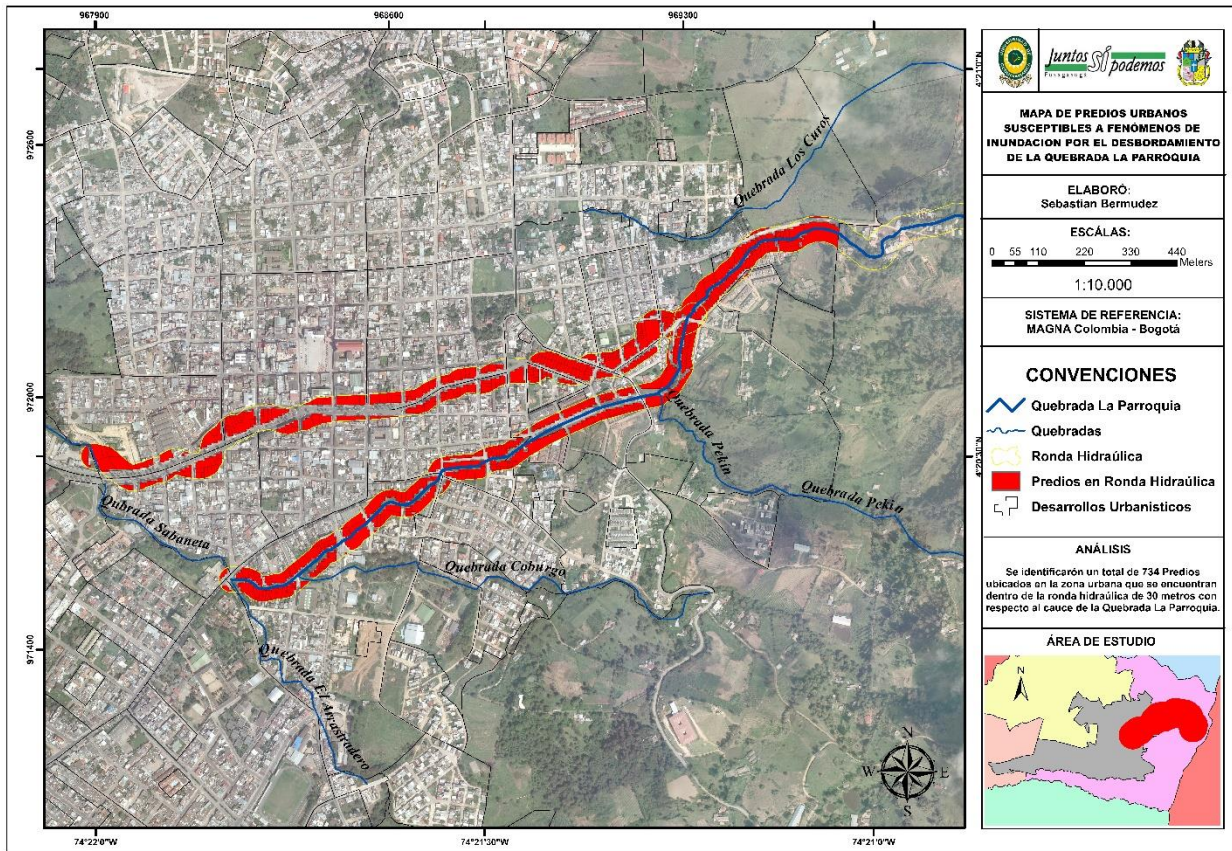


Mapa 4 Análisis Multitemporal del cauce de la Quebrada La Parroquia en el año 2010.



ANÁLISIS MULTITEMPORAL DEL CAMBIO EN EL CAUCE FLUVIAL DE LA QUEBRADA LA PARROQUIA EN EL MUNICIPIO DE FUSAGASUGÁ, PARA LOS AÑOS 1951, 1988, 1996 Y 2010.

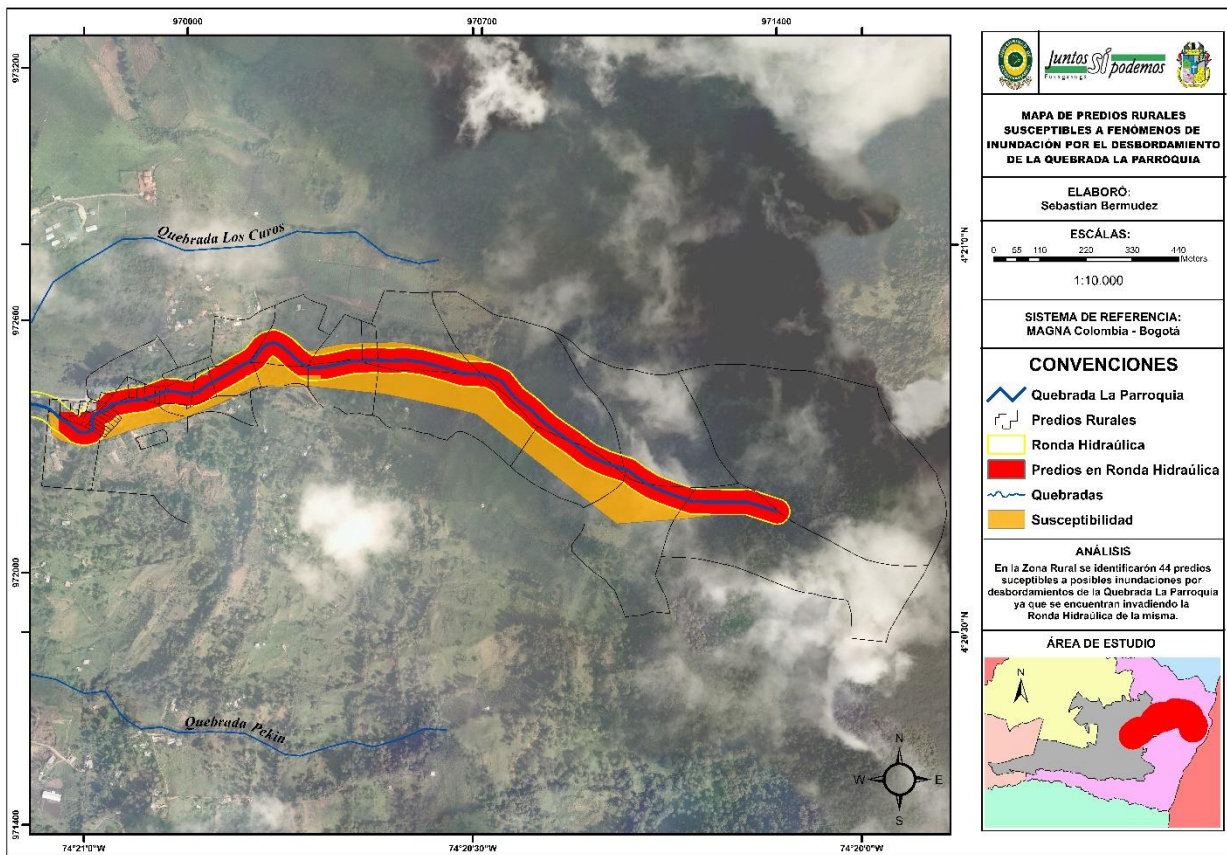
7.1.5 Mapa de predios Urbanos susceptibles por fenómenos de inundación a causa del desbordamiento de la Quebrada la Parroquia





ANÁLISIS MULTITEMPORAL DEL CAMBIO EN EL CAUCE FLUVIAL DE LA QUEBRADA LA PARROQUIA EN EL MUNICIPIO DE FUSAGASUGÁ, PARA LOS AÑOS 1951, 1988, 1996 Y 2010.

7.1.6 Mapa de predios Rurales susceptibles por fenómenos de inundación a causa del desbordamiento de la Quebrada la Parroquia



Mapa 6 Predios Rurales susceptibles a fenómenos de Inundación.



8. RESULTADOS

Mediante el análisis multitemporal se logró registrar la longitud total del cauce de la Quebrada La Parroquia sin ningún tipo de canalizaciones o intervenciones, la cual correspondió a 3,8 kilómetros, con el transcurrir del tiempo y la evolución del urbanismo en el Municipio esta longitud total fue cambiando de acuerdo a las intervenciones realizadas a la Quebrada para la implementación de proyectos urbanísticos, viales y con el fin de prevenir cualquier tipo de fenómenos de inundaciones. Dichos cambios fueron analizados temporalmente y se ilustran en la tabla (tabla 2) que se muestra a continuación:

Tabla 2 Cambios identificados en el cauce de la Quebrada La Parroquia.

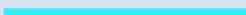













AÑO	CAUCE ABIERTO	CANAL CAUCE ABIERTO	CANAL CAUCE CERRADO	BOX COULVERT	BÓVEDA CANAL CERRADO	BÓVEDA SUBTERRANEA
1951	3.800 metros					
Quebrada NN 1951	1.414 metros		173 metros			
1988	3600 metros			200 metros		
1996	2990 metros		210 metros	358 metros	242 metros	
2010	2586 metros	214 metros	210 metros	358 metros	357 metros	75 metros



ANÁLISIS MULTITEMPORAL DEL CAMBIO EN EL CAUCE FLUVIAL DE LA QUEBRADA LA PARROQUIA EN EL MUNICIPIO DE FUSAGASUGÁ, PARA LOS AÑOS 1951, 1988, 1996 Y 2010.

Para identificar los cambios que presentó el cauce de la Quebrada La Parroquia durante los análisis que se presentan a continuación con respecto a cada año estudiado, se elaboró la siguiente tabla que muestra la simbología que se estableció para reflejar dichos cambios en el cauce fluvial de acuerdo al atributo registrado. La tabla (tabla 3) que se presenta a continuación hace referencia a la simbología de las imágenes 8 hasta la 19:

Tabla 3 Simbología empleada en los mapas multitemporales de análisis de la Quebrada La Parroquia durante los años de estudio.

ATRIBUTO	SIMBOLOGÍA
Cauce Abierto Quebrada NN	
Cauce Abierto	
Cauce Interpretado - Abierto	
Cauce Abierto - Canal	
Box Coulvert	
Canalización	
Bóveda – canal cerrado	
Bóveda – canal cerrado subterráneo	
Canal Rectangular	
Canal Trapezoidal	
Puente peatonal-artesanal	
Puente Vehicular	
Tramos Viales	
Quebradas	



8.1 Análisis multitemporal año 1951

Durante el análisis realizado al cauce fluvial de la Quebrada La Parroquia para el año 1951 correspondiente a la fotografía N° 873 del vuelo C – 382 se obtuvo como resultado el mapa ilustrando el cauce principal de la Quebrada La Parroquia (**mapa 1**), el cual alcanzaba una longitud de cauce abierto de 3,8 kilómetros en su recorrido desde la Cuchilla del Cerro Fusacatán hasta la desembocadura en la Quebrada Sabaneta. Se interpreta que para 1951 la quebrada no presentaba ningún tipo de intervención antrópica asociada a obras hidráulicas o construcción de edificaciones. En la interpretación del cauce, se logró estimar el punto en el cual presentaba la mayor amplitud, el cual correspondió a 7,6 metros aproximadamente y se encontraba situado en el actual barrio Antiguo Pekín. La amplitud promedio de cauce de la Quebrada La Parroquia en el año 1951, correspondió a 4,5 metros.

Durante la identificación del cauce de la Quebrada se reconoció un brazo que discurría en dirección NE – SW que fue denominado en el estudio como NN y señalado en el mapa (mapa 1) con una tonalidad azul celeste, el cual discurría por la actual urbanización Pekín y Antiguo Pekín, pasaba por en medio de los actuales barrios llamados Emilio Sierra y Antonio Nariño (**imagen 8**). Adicionalmente, el cauce discurría por en medio de la actual Avenida de las Palmas donde su cauce presentó una canalización cerrada de 173 metros aproximadamente, a causa de la construcción de un tramo vial para luego continuar en cauce abierto circulando por la división de los barrios Luxemburgo y Potosí hasta verter sus aguas en otro sector de la Quebrada Sabaneta (**imagen 9**). La Quebrada en mención, presentaba una longitud aproximada de 1587 metros y un ancho de cauce de aproximadamente 8 metros según los datos registrados en la tabla 2.

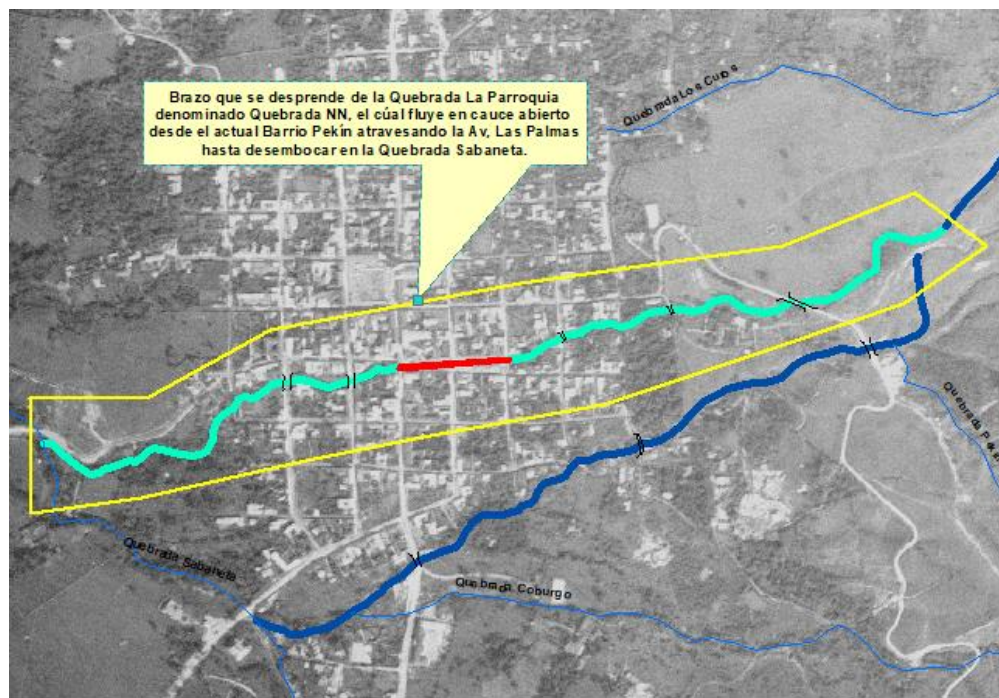


Imagen. 8 Brazo de la Quebrada La Parroquia denominado Quebrada NN en el año 1951



Imagen. 9 Tramo Canal Cerrado Av. Las Palmas año 1951.



En cuanto a la zona rural, se definió un cauce interpretado que se generó con respecto a las curvas ya que por la antigüedad y la resolución de la fotografía aérea se dificultó en algunos sectores la identificación del cauce, y se decidió señalizarlo como un cauce interpretado, además de definirle una simbología diferente en cuanto al cauce identificado plenamente. La simbología para este cauce interpretado se definió como una línea punteada, pero de igual color que la del resto de la longitud del cauce de la Parroquia. La amplitud de cauce promedio en la zona rural correspondió a 4,7 metros y el punto de mayor amplitud de cauce registrado fue de 7,8 metros.

8.2 Análisis multitemporal año 1988:

En la interpretación del cauce realizado a la fotografía aérea N° 44 del vuelo C – 2342 la cual fue capturada en el año 1988, se logra identificar parte del casco urbano del Municipio de Fusagasugá y la zona oriental donde se ubica el cerro del Fusacatán, se logró realizar la comparación con el año anteriormente interpretado correspondiente a 1951. En el proceso de identificación del cauce, se evidenció la aparición de un tramo correspondiente a una estructura hidráulica construida con fines de urbanísticos para dar control al cauce del afluente. Dicha estructura hidráulica se identificó como el primer tramo construido del Box Couvert instaurado en el actual barrio urbanización antiguo Pekín, el cual, de acuerdo a documentos suministrados por la Secretaría de Agricultura Ambiente y Tierras, corresponde a una estructura de cemento de aproximadamente dos metros de ancho el cual transporta el cauce de la Quebrada La Parroquia de manera cerrada. Se identificó que la estructura del box couvert comienza unos metros después de que la Quebrada Pekín vierta sus aguas en la Quebrada la Parroquia en la vía que del Municipio de Fusagasugá conduce al Municipio de Pasca, recorriendo unos 200 metros aproximadamente en sentido NE – SW para finalizar su canalización al cauce de la quebrada en la calle 9° con carrera 2 y luego continuar su paso por el casco urbano del Municipio de Fusagasugá en cauce natural abierto sin ningún tipo de intervenciones hasta su punto de desembocadura en la Quebrada Sabaneta en el Barrio Potosí luego de confluir con la Quebrada Coburgo y la Quebrada el arrastradero. Cabe resaltar que la única intervención que presento la Quebrada en el año 1988 fue el tramo de 200 metros aproximadamente referido al box couvert, es decir los otros 3,6 Kilómetros del total de su longitud, los recorría en cauce abierto.



ANÁLISIS MULTITEMPORAL DEL CAMBIO EN EL CAUCE FLUVIAL DE LA QUEBRADA LA PARROQUIA EN EL MUNICIPIO DE FUSAGASUGÁ, PARA LOS AÑOS 1951, 1988, 1996 Y 2010.

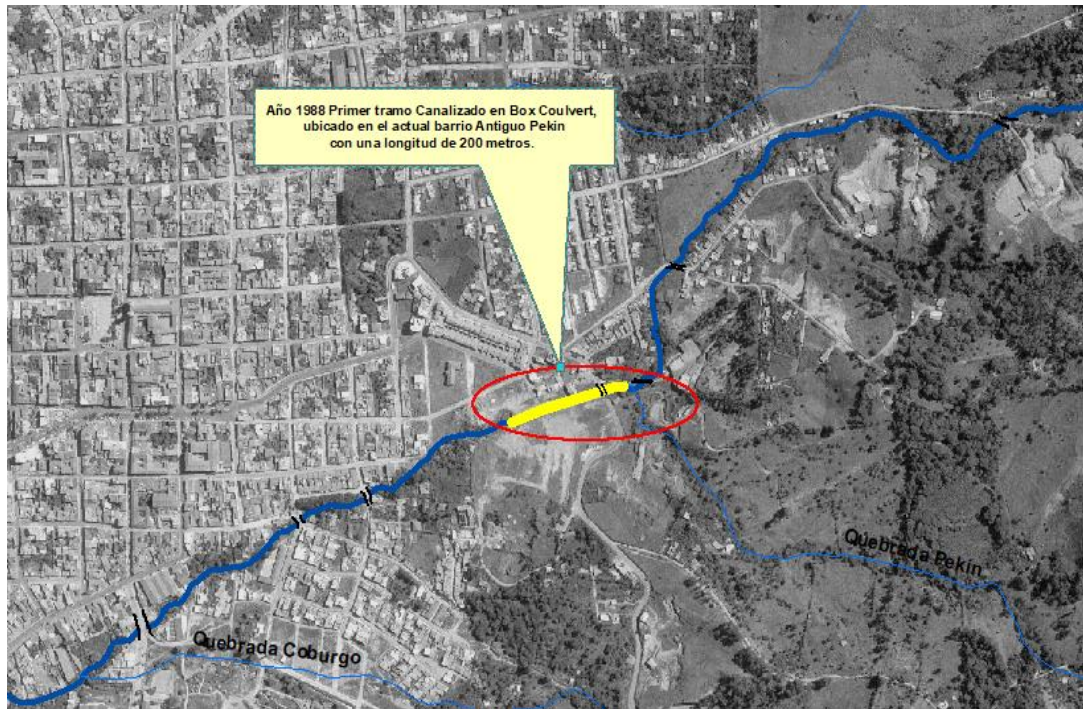


Imagen. 10 Primera Intervención a la Quebrada La Parroquia en Box Couvert. Año 1988.

Continuando con los resultados que se obtuvieron de la interpretación del cauce en el año 1988, se identificó que el brazo que se desprendía de la quebrada La Parroquia denominado Quebrada NN, simbolizada con una línea de color azul Celeste (imagen 7), en el año 1988 no se encontró evidencia del recorrido de su cauce por el casco urbano de Fusagasugá, es decir desapareció totalmente y fue intervenida antropicamente. No fue posible identificar en que año desapareció, pero de acuerdo con la información suministrada por parte de la secretaria de infraestructura, la quebrada NN se encuentra en la actualidad canalizada por medio de un tubo de 1 metro de diámetro en la parte central de la Av. de las palmas y que hace descarga de igual forma en otro punto de la quebrada Sabaneta.

Por otra parte, en cuanto a los desplazamientos que se evidenciaron tomando como referencia el cauce interpretado del año 1951 realizando los contrastes con el interpretado del año 1988 (imagen 11), se evidenció que el cauce tuvo un desplazamiento de 2,5 metros aproximadamente

hacia el sur de la Quebrada La Parroquia que tras el análisis realizado mediante las fotografías aéreas se llegó a la conclusión de que pudo ser a causa de la construcción de edificaciones en lo que hoy en día es conocido como el barrio Coburgo en el Municipio de Fusagasugá.

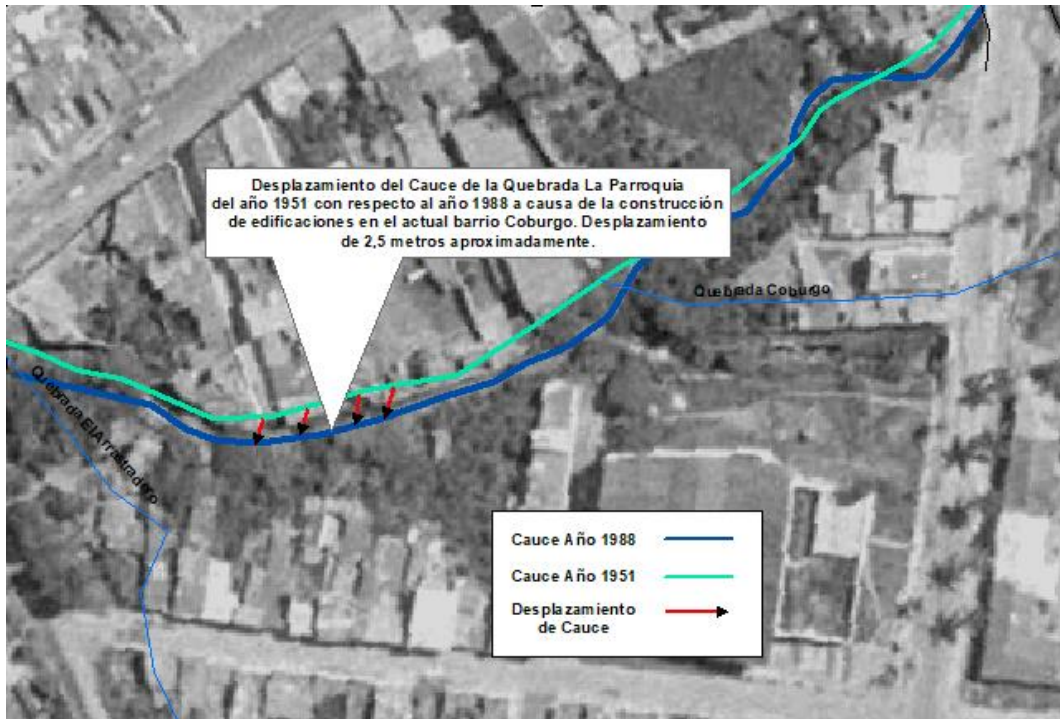


Imagen. 11 Desplazamiento de Cauce del año 1951 respecto al año 1988 a causa de la construcción de edificaciones en el actual Barrio Coburgo.

8.3 Análisis multitemporal año 1996:

Dando continuidad a los resultados que se obtuvieron por medio del análisis multitemporal realizado al cauce de la Quebrada La Parroquia, se analizaron los cambios e intervenciones que sufrió dicho cauce esta vez en el año 1996 para el cual se utilizó la fotografía aérea N° 48 del vuelo C – 2584 realizado por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). Como se mencionó en el análisis realizado al año 1988, el brazo que desprendía de la Quebrada La Parroquia identificado como Quebrada NN no se volvió a identificar durante el estudio realizado.



ANÁLISIS MULTITEMPORAL DEL CAMBIO EN EL CAUCE FLUVIAL DE LA QUEBRADA LA PARROQUIA EN EL MUNICIPIO DE FUSAGASUGÁ, PARA LOS AÑOS 1951, 1988, 1996 Y 2010.

En relación a los cambios que sufrió el cauce para el año estudiado en el presente análisis, se observó la construcción del segundo tramo del box coulvert dando continuación al tramo que se presentó en el año 1988 para canalizar el cauce de manera cerrada aguas abajo del primer tramo construido en el actual barrio urbanización antiguo Pekín. Este segundo tramo empieza seguido al construido en el año anteriormente analizado correspondiente al 1988, y finaliza en la Carrera 2 con Calle 9ª sector en el cual el antiguo barrio Pekín colinda con el actual Barrio Antonio Nariño. Este segundo tramo canalizado en box coulvert presenta una longitud de 158 metros aproximadamente (tabla 2).

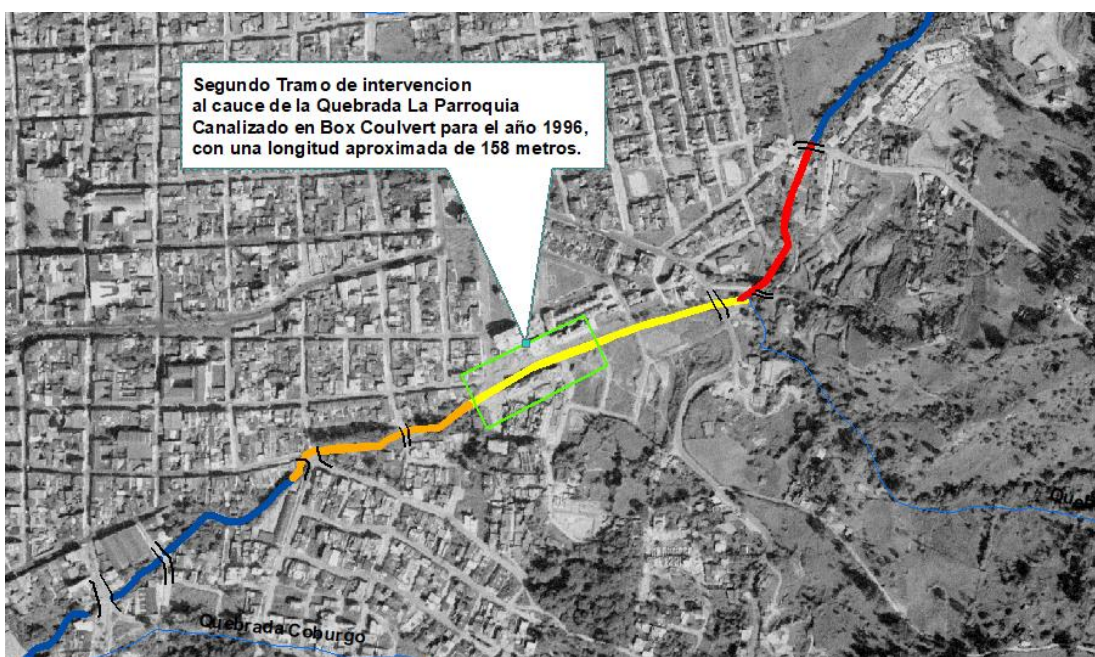


Imagen. 12 Segundo Tramo del Box Couvert año 1996.

Además de la realización del segundo tramo del box coulvert, se evidenció otra intervención identificada como una estructura hidráulica para intervenir el cauce abierto natural de la Quebrada La Parroquia y pasar este a una canalización de cauce cerrado con el fin de la construcción de varias edificaciones en el actual barrio Pekín. Se logró observar que la canalización iniciaba en la actual calle 6B, bajando por la carrera 5B atravesando por el Barrio Pekín en sentido NE – SW finalizando subterráneamente unos metros después del comienzo de la estructura hidráulica Box

Coulvert. Esta canalización conto con una longitud de unos 210 metros aproximadamente (tabla 2).

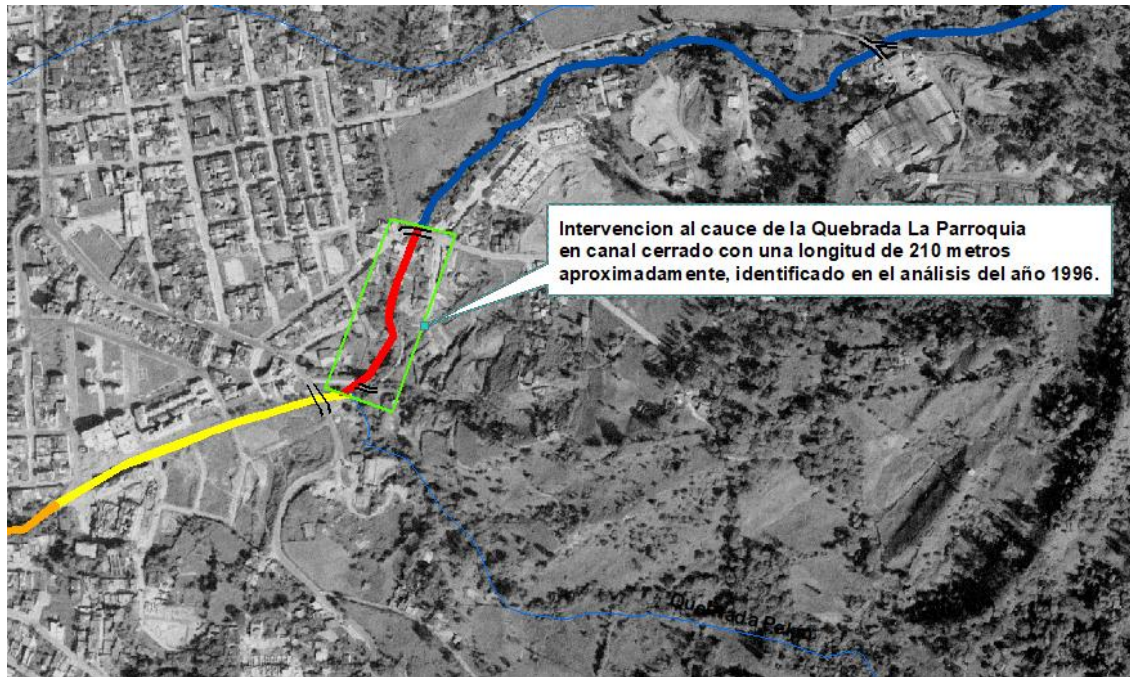


Imagen. 13 Canal Cerrado identificado en el año 1996 construido con fines urbanísticos interviniendo el cauce de la Quebrada La Parroquia.

Por otra parte, uno metros más abajo de la canalización a la cual se hizo referencia en la imagen anterior (imagen 12), justo después de la finalización del Box Coulvert, se evidenció otra estructura hidráulica la cual se definió como una canalización en bóveda de tipo cerrado al cauce de la Quebrada La Parroquia, de acuerdo a un informe realizado en el plan parcial de renovación o redesarrollo de la zona centro. Esta canalización, presentó una longitud de 242 metros aproximadamente, desde su punto de inicio justo en la terminación del box coulvert, hasta unos metros adentro de las instalaciones de la que hoy en día se conoce como la escuela Camilo Torres, es decir que dicha canalización recorre por en medio de la totalidad del actual Barrio Antonio Nariño hasta que este colinda con el actual Barrio Coburgo ubicados en la Comuna Oriental del Municipio de Fusagasugá.

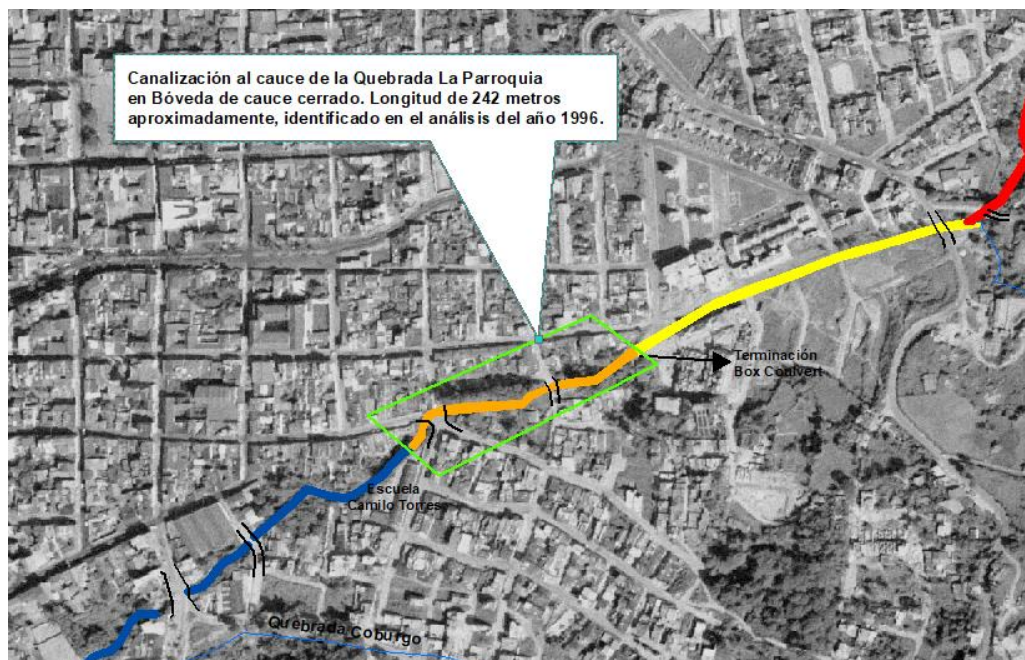


Imagen. 14 Canalización al cauce de la Quebrada La Parroquia en Bóveda de cauce cerrado. Año 1996.

8.4 Análisis multitemporal año 2010:

Para finalizar el análisis multitemporal de los cambios que presentó el cauce de la Quebrada La Parroquia, se realizó la interpretación del año 2010 por medio del Ortofotomosaico del Municipio de Fusagasugá (imagen 7) proporcionado por la Secretaría de Agricultura, Ambiente y Tierras.

En el análisis realizado anteriormente del año 1996 se pudo observar la segunda parte del box culvert y la canalización de parte del cauce de la quebrada en una bóveda de cauce cerrado. En la interpretación del cauce de la Quebrada en el 2010, se observó que seguido de la bóveda que finalizaba en el predio de la Escuela Camilo Torres se presentó una canalización de cauce abierto de tipo trapezoidal al cauce de la Quebrada, dicha canalización presento una longitud aproximada de 122 metros, hasta llegar a un puente peatonal improvisado, instaurado por la comunidad.



ANÁLISIS MULTITEMPORAL DEL CAMBIO EN EL CAUCE FLUVIAL DE LA QUEBRADA LA PARROQUIA EN EL MUNICIPIO DE FUSAGASUGÁ, PARA LOS AÑOS 1951, 1988, 1996 Y 2010.

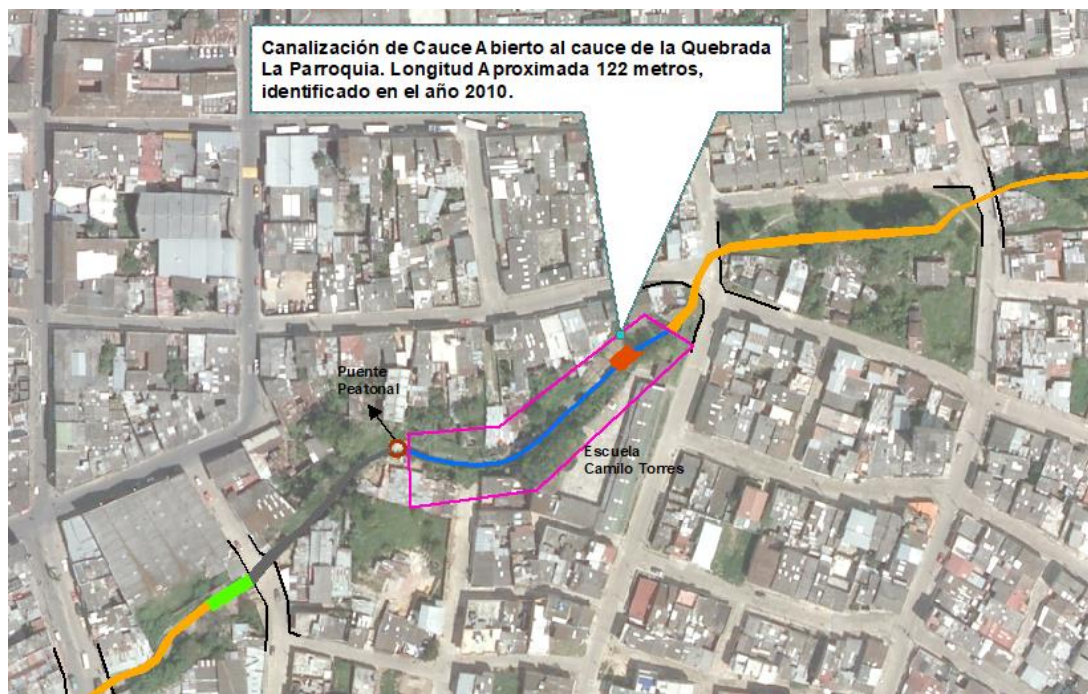


Imagen. 15 Canalización de cauce abierto a la Quebrada La Parroquia. Año 2010.

Seguido del canal de cauce abierto el cual finalizó en el puente peatonal improvisado, se observa una nueva estructura hidráulica correspondiente a una bóveda de canal cerrado subterránea, que finaliza en la Carrera 5ª con Calle 11ª la cual pasa por un costado del punto reconocido en el Municipio como cinema Los Ángeles. Dicha estructura presenta una longitud de 75 metros aproximadamente. La canalización se presentó debido a la construcción de edificaciones con el fin de evitar inundaciones a causa del desbordamiento de su cauce y evitar problemas ambientales por los olores que despide dicho afluente hídrico. En cuanto a la morfología del cauce, se observó que con respecto a cómo se encontraba en el año 1996 no cambio para el 2010, únicamente se realizó la canalización en bóveda de cauce cerrado, pero respetando su recorrido original.



Imagen. 16 Canalización en Bóveda subterránea al cauce de la Quebrada La Parroquia. Año 2010.

Luego de la identificación de la canalización en bóveda subterránea, se observó que en la terminación de ésta aparece una nueva canalización en bóveda con un tipo de canal esta vez rectangular que pasa por el Barrio Coburgo ubicado en la comuna oriental del Municipio, además pasa subterráneamente por la carrera 6ta y finaliza en un predio que actualmente funciona como parqueadero en este mismo sector. Esta canalización presentó una longitud aproximada de 115 metros en su recorrido (tabla 2).

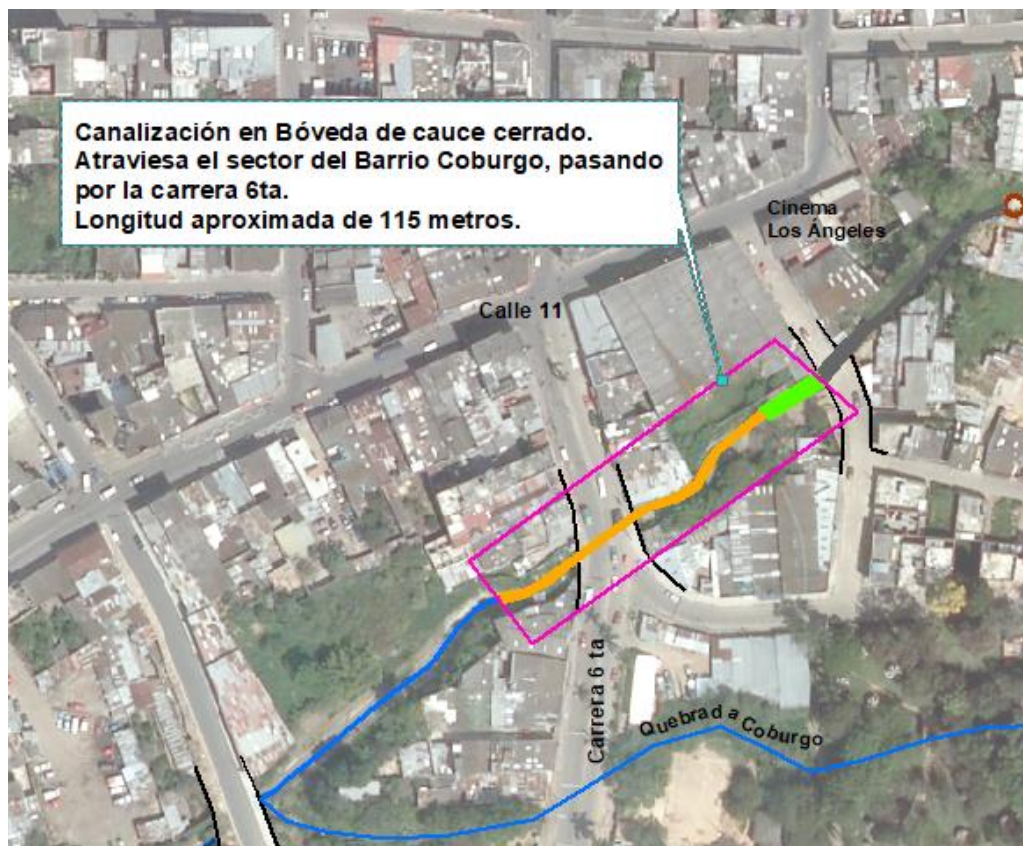


Imagen. 17 Canalización en Bóveda de cauce cerrado. Identificada en el análisis del año 2010.

En el sector final de la canalización en bóveda al cauce de la Quebrada La Parroquia, se identificó que continúa su recorrido por el casco urbano del Municipio de Fusagasugá en un canal de cauce abierto de más o menos 7 metros de ancho el cual no se ilustraba en el análisis realizado al año 1996. Dicha canalización, finalizó justo en la construcción de una vía y puente vehicular y peatonal que se identificó en la parte posterior del coliseo de deportes Carlos Ileras ubicado en la carrera 8va con Diagonal 11, además en este mismo sector la Quebrada Coburgo vierte sus aguas en la Quebrada La Parroquia. Esta canal de cauce abierto, presentó una longitud aproximada de 92 metros desde el inicio el sector final del canal en bóveda, hasta la construcción de la vía en la parte posterior del coliseo de deportes hasta la calle 11. Cabe resaltar que, en cuanto a la morfología del cauce con respecto a la identificada en el año 1996, para la canalización que se observó en el 2010



ANÁLISIS MULTITEMPORAL DEL CAMBIO EN EL CAUCE FLUVIAL DE LA QUEBRADA LA PARROQUIA EN EL MUNICIPIO DE FUSAGASUGÁ, PARA LOS AÑOS 1951, 1988, 1996 Y 2010.

se desvió el cauce aproximadamente 1,5 o 2 metros ya que la canalización se presentó casi que en ángulo recto.

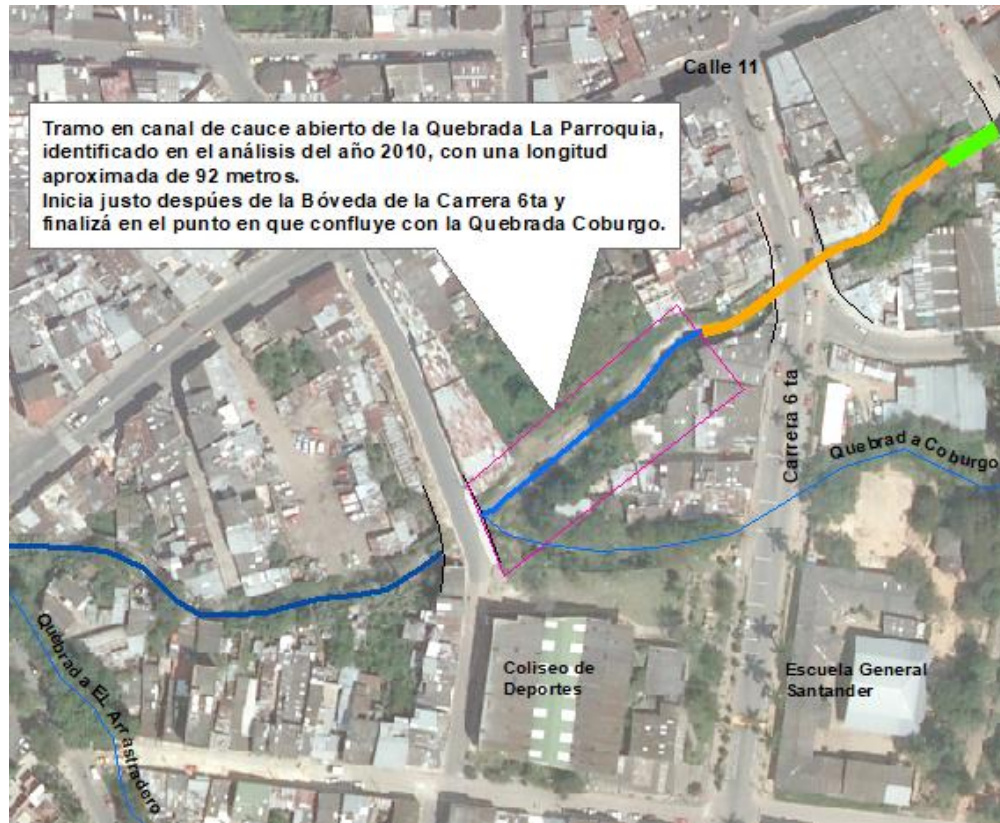


Imagen. 18 Canalización en cauce abierto identificado en el análisis del año 2010.

Para finalizar con el análisis del año 2010, justo después de la terminación del puente peatonal y vehicular de la carrera 8va en la parte posterior del coliseo Carlos Lleras Restrepo, se observó como el cauce de la Quebrada La Parroquia fluye de manera natural sin ningún tipo de intervenciones de estructuras hidráulicas hasta confluir con la Quebrada El Arrastradero para encontrarse en dicho punto con la reconocida Quebrada Sabaneta en el sector en el cual el Barrio Coburgo colinda con el Barrio Potosí ubicado en la comuna centro y el Sector Fontanar el cual forma parte de la comuna occidental. Este tramo del cauce natural de la Parroquia, presentó una longitud aproximada de 155 metros.

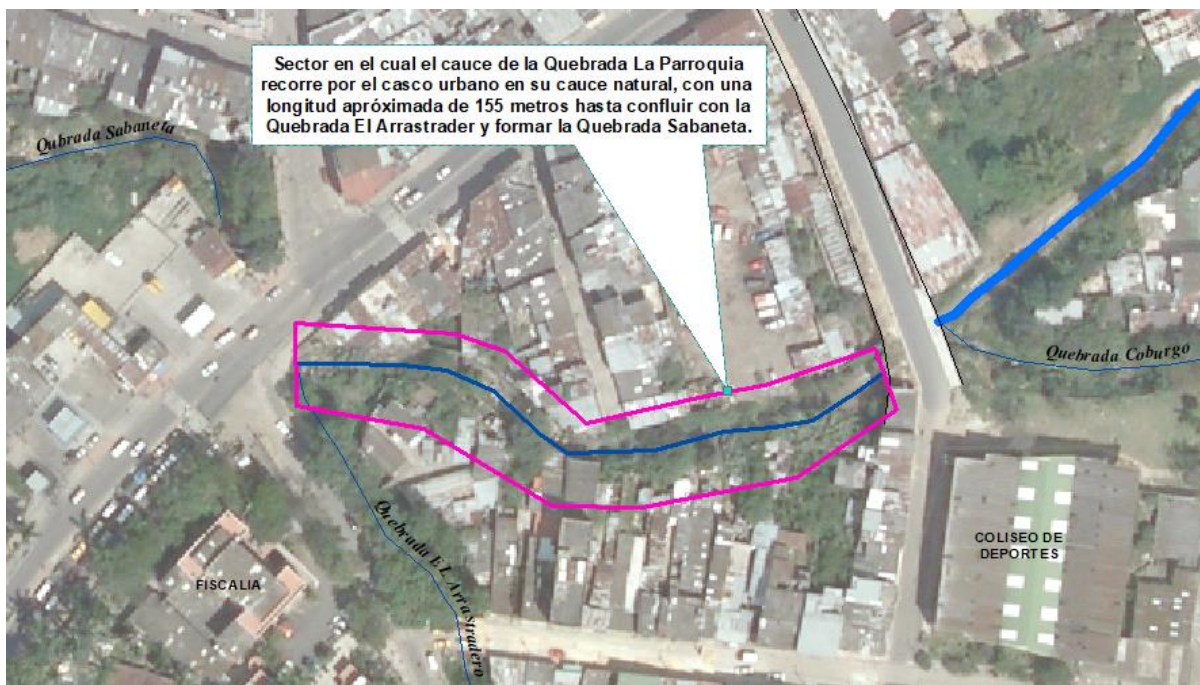


Imagen. 19 Cauce Natural de la Quebrada La Parroquia, Identificado en el año 2010.

8.5 Predios urbanos susceptibles a fenómenos de inundaciones por el desbordamiento del cauce de la Quebrada La Parroquia:

Posterior a los análisis multitemporales aplicados mediante el uso de fotografías aéreas para evidenciar los cambios que presentó el cauce de la Quebrada La Parroquia con respecto a los años identificados, se decidió generar un mapa de susceptibilidad de predios urbanos y rurales a fenómenos de inundaciones a causa del desbordamiento de la Quebrada La Parroquia y NN, para ello, se utilizó la base predial actualizada con la que cuenta el Municipio de Fusagasugá, donde se logró identificar por medio de una zona de influencia de 30 metros en cada margen de la Quebrada correspondiente a la ronda hidráulica establecida en la *ley 2811 de 1974* los predios que podrían verse afectados en caso de un posible desbordamiento de su cauce (imagen 20). Para la zona urbana se identificaron un total de 734 predios que se ubican en los Barrios Pekín, urbanización antiguo Pekín, Barrio Antonio Nariño y Barrio Coburgo, ubicados en las comunas oriental y centro. En dicho análisis se incluyeron los predios que se encontraban en la ronda hidráulica del brazo de la Quebrada La Parroquia, identificado en el análisis multitemporal del año 1951 el cual se denominó



ANÁLISIS MULTITEMPORAL DEL CAMBIO EN EL CAUCE FLUVIAL DE LA QUEBRADA LA PARROQUIA EN EL MUNICIPIO DE FUSAGASUGÁ, PARA LOS AÑOS 1951, 1988, 1996 Y 2010.

como Quebrada NN (imagen 8) ya que a pesar de que en la actualidad no se tiene evidencia del cauce del afluente, estos predios podrían verse afectados por inundaciones debido a que los cuerpos de agua por naturaleza tienden a buscar su cauce originario natural. En cuanto a las vías que podrían ser afectadas en caso de inundación se identificaron algunas principales como por ejemplo la totalidad de la Av. Las palmas, la carrera 1E con Diagonal 6 hasta la carrera 4E con calle 6C, además la calle 9 con transversal 4AE hasta la carrera 1E de la misma calle, justo por donde se encuentra la estructura hidráulica Box Couvert. Otra de las vías que podrían verse afectadas sería la calle 7B con carrera 7 hasta la carrera 9 del mismo tramo vial. Cabe resaltar que se debe tener en cuenta la pendiente en la que se encuentran situados los predios, ya que podrían no ser afectados en su totalidad, a lo que también podría adicionársele la magnitud de la inundación.



Imagen. 20 Predios Urbanos susceptibles a inundaciones a causa del desbordamiento de la Quebrada La Parroquia, incluidos los predios constituidos en la ronda hidráulica de la Quebrada NN.

8.6 Predios rurales susceptibles a fenómenos de inundaciones por el desbordamiento del cauce de la Quebrada La Parroquia:

En cuanto a la identificación de predios rurales susceptibles a fenómenos de inundaciones a causa de la presencia de crecientes súbitas en el cauce de la Quebrada La Parroquia, se logró realizar la identificación de 44 predios ubicados en la zona rural del Municipio de Fusagasugá los cuales se encontraban dentro de la franja de 30 metros que corresponde a la ronda hidráulica establecida, dichos predios se encuentran localizados en el corregimiento oriental del Municipio en la Vereda Pekín.

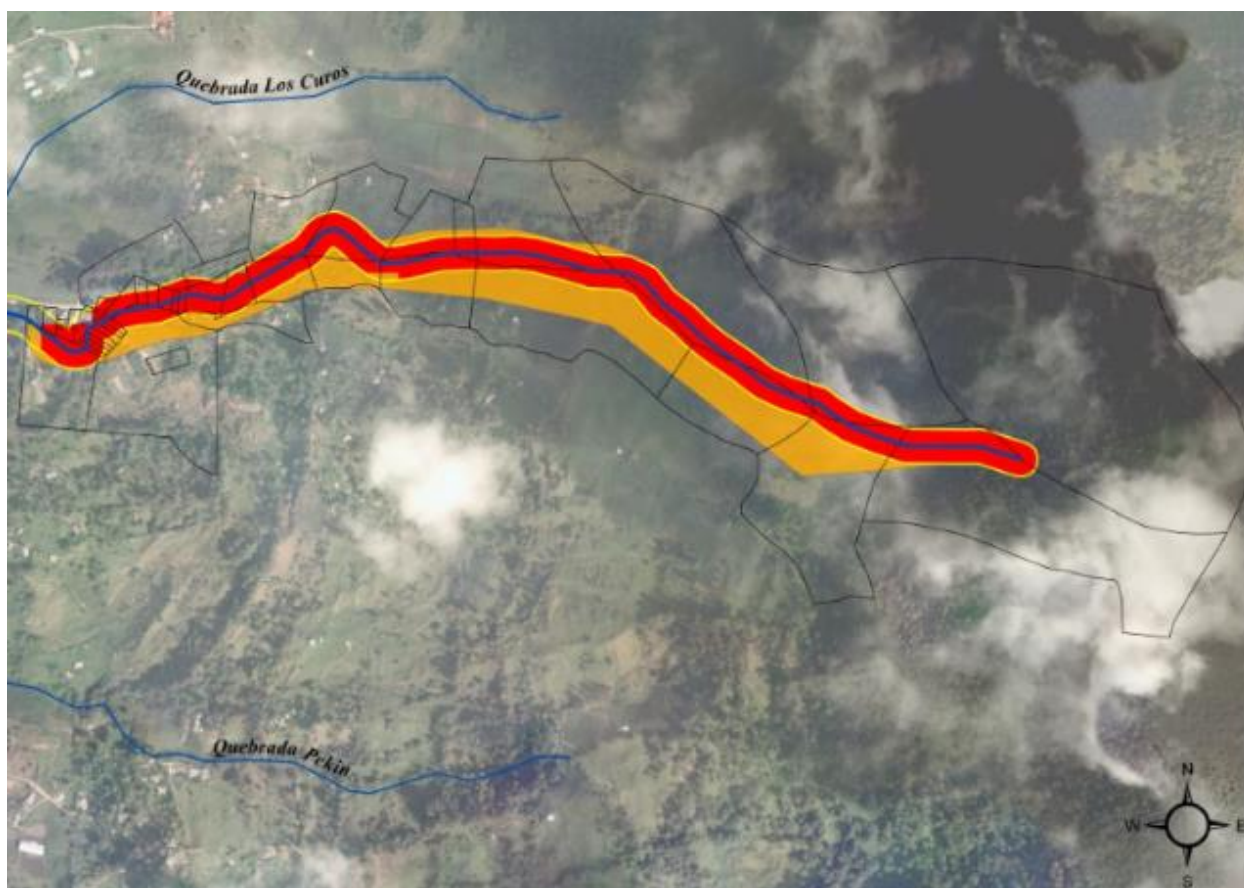


Imagen. 21 Predios rurales susceptibles a inundaciones a causa del desbordamiento de la Quebrada La Parroquia.



9. CONCLUSIONES

- Para el año 1951 la Quebrada La Parroquia presentaba un afluente adicional o tributario denominado en el trabajo como Quebrada NN que discurría por los barrios Pekín, Antiguo Pekín, por en medio del barrio Antonio Nariño y Emilio Sierra, circulaba por la totalidad de la Av. Las Palmas continuaba su recorrido por la división del barrio Potosí y Luxemburgo hasta desembocar en la Quebrada Sabaneta. Dicho afluente presentaba una longitud de 1414 metros en cauce abierto y 173 metros se encontraban canalizados, para un total de 1587 metros de longitud.
- En 1988 el cauce de la Quebrada analizada presentó la primera modificación correspondiente a la construcción del primer tramo del box couvert en el barrio Antiguo Pekín. Además, para el 1988 el cauce de la Quebrada NN desapareció por completo.
- La Quebrada la Parroquia, sufrió una desviación de cauce de aproximadamente 2,5 metros hacia el costado sur, a causa de la urbanización del barrio coburgo en el año 1988.
- En 1996 las obras ingenieriles tomaron fuerza con respecto al cauce de la Quebrada La Parroquia, presentando este la construcción del segundo tramo del box couvert, una canalización de cauce cerrado y una canalización en bóveda de cauce cerrado correspondientes a una intervención de 810 metros aproximadamente al cauce de la Quebrada estudiada.
- El canal rectangular, canal trapezoidal, la bóveda subterránea de cauce cerrado y el canal de cauce abierto se identificaron en el análisis del año 2010, queriendo esto decir, que para la fecha el cauce de la Quebrada La Parroquia se encuentra intervenida en 1214 metros de sus 3,8 km totales de longitud.
- En el casco urbano del Municipio de Fusagasugá, se encuentran 734 predios constituidos dentro de la ronda hidráulica de 30 metros establecida por ley, susceptibles a inundaciones por el desbordamiento del cauce de la Quebrada La Parroquia incluidos los situados en la ronda hidráulica del cauce de la Quebrada NN.



ANÁLISIS MULTITEMPORAL DEL CAMBIO EN EL CAUCE FLUVIAL DE LA QUEBRADA LA PARROQUIA EN EL MUNICIPIO DE FUSAGASUGÁ, PARA LOS AÑOS 1951, 1988, 1996 Y 2010.

- En el Corregimiento Oriental, Vereda Pekín, zona rural del Municipio de Fusagasugá, se encuentran 44 predios susceptibles a fenómenos de inundación por el desbordamiento de la Quebrada La Parroquia y que se encuentran situados en la ronda hidráulica de dicho cuerpo de agua.
- Del cauce actual de la Quebrada La Parroquia que corresponde a 3,8 kilómetros, 2.586 metros circulan en cauce abierto natural, es decir el 68%. Otros 214 metros correspondientes al 6% se encuentran en canal de cauce abierto. En canal de cauce cerrado se aprecian 210 metros que equivalen a otro 6%. En cuanto al box coulvert, se evidenció que presenta una longitud de 358 metros equivalentes al 9%. Otros 357 metros equivalentes al 9% se encuentran en una estructura hidráulica de tipo bóveda de canal cerrado y finalmente 75 metros se encuentran en una bóveda subterránea que en porcentaje equivalen a 2%.
- Los análisis multitemporales son de gran importancia ya que permiten identificar cómo eran las coberturas de la superficie terrestre años atrás, y así, realizar comparaciones de los cambios que presentan estas con respecto a los factores determinantes que pueden alterar sus componentes naturales.



10. RECOMENDACIONES

- Se recomienda a los habitantes de predios aledaños a las márgenes sur y norte de la Quebrada la Parroquia abstenerse de arrojar elementos que puedan ocasionar taponamientos en el cauce que conlleven a producir inundaciones en temporadas que se presenten altos niveles de precipitaciones.
- Ya que se identificaron predios que se encuentran invadiendo la ronda hidráulica de 30 metros con respecto al cauce de la Quebrada La Parroquia y estos pueden verse afectados en caso de desbordamiento de la misma, se recomienda en caso de emergencia desplazarse a las zonas altas a las cuales no puedan alcanzar los niveles de caudales que presente el cuerpo de agua a causa de un desbordamiento.
- De igual forma se recomienda que en el sector rural del Municipio de Fusagasugá, los habitantes no desvíen el cauce de la Quebrada sin el debido permiso y conocimiento por parte de la Corporación Autónoma Regional (CAR) ya que esto podría ocasionar problemas a los predios cercanos a dicha Quebrada.



11. GLOSARIO

- **ANTRÓPICO:** este término es reconocido por todo aquello que resulta de la actividad humana y sus consecuencias, además, es todo lo opuesto a los procesos naturales en los que no interviene el hombre. También puede entenderse como los efectos que la acción humana produce en el medio ambiente.
- **BOX COULVERT:** Es una estructura elaborada en concreto reforzado los cuales componen un sistema modular en el que cada parte se conecta con el otro para formar un túnel, cada elemento se empalma con el otro a través de un espigo que lleva incorporado un sellante bituminoso que al estar sometido a presión forma un sello hidráulico hermético.
- **CANALIZAR:** Este proceso consiste en la construcción de una estructura en cemento o tubo para regular o reforzar el cauce de un cuerpo de agua.
- **CAUCE:** El Cauce de un cuerpo de agua puede entenderse como un canal por donde se transporta el agua de un lugar a otro, o un canal mediante el cual circula el agua de una corriente. (IDEAM)
- **CURVAS DE NIVEL:** Las curvas de nivel son el resultado de la intersección del terreno con una serie de planos horizontales y equidistante, las cuales también reciben el nombre de isohipsas.
- **GEOMORFOLOGÍA:** Es la ciencia encargada de estudiar las formas de la tierra, dicha ciencia tiene que dar génesis del relieve y tipificar sus geo-formas, además de explicar fuerzas y procesos y clasificar resultados.
- **RONDA HIDRÁULICA:** Es una faja paralela de 30 metros a lado y lado del cauce de los cuerpos de agua, la cual debe estar libre de cualquier tipo de estructura que pueda verse involucrada en aumentos del caudal de dichos cuerpos de agua.



12. BIBLIOGRAFIA Y CIBERGRAFÍA

- ALCALDÍA DE FUSAGASUGÁ. Plan parcial de renovación o redesarrollo zona centro. Fusagasugá.: 2009, 182 p.
- ATENCIA VERGARA, Vidal Andrés, CONTRERAS CHAVEZ, John Jairo, VERGARA HERRERA, David Manuel. Estudio multitemporal de imágenes satelitales con fines de delimitación del complejo bajo San Jorge margen izquierdo (B13) y diagnóstico de zonas intervenidas antropicamente (agricultura y ganadería). Tesis para optar el título de Ingeniero Agrícola Sincelejo.: Universidad de Sucre. 2008. 117p.
- ATUESTA CEPEDA, Constanza, BURGOS NAVARRO, Manuel Santiago, GARCÍA PACHÓN, María del Pilar, MONTES CORTÉS, Carolina, NEGRETE MONTES, Rodrigo Elías, ROJAS MEJÍA, Bibiana. Código Nacional de recursos naturales renovables y de protección al medio ambiente. Decreto Ley 2811 de 1974. Bogotá.: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2014. 244 p.
- CARVAJAL ESCOBAR, Yesid. Inundaciones en Colombia. ¿Estamos preparados para enfrentar la variabilidad y el cambio climático?. Revista memorias, 2011. Vol. 9, 105-119 p.
- CASTILLO MONTOYA, Esther, BELMONTE SERRATO, Francisco, ANDRADE LIMAS, Elizabeth. Uso de herramientas SIG en la identificación y valoración de cambios en cauces de ramblas costeras. Murcia.: Papeles de Geografía, 2012. ISSN 0213-1781.
- CEBALLOS LÓPEZ, Julián David. Modelación hidráulica y morfodinámica de causes sinuosos aplicación a la Quebrada la Marinilla (ANT). Boletín de ciencias de la tierra, 2011. 107-118 p. ISSN electrónico 2357-3740. ISSN impreso 0120-3630.
- CONESA GARCÍA, Carmelo, PÉREZ CUTILLAS, Pedro, GARCÍA LORENZO, Rafael, MARTÍNEZ SALVADOR, Alberto. Cambios históricos recientes de cauces y llanuras aluviales inducidos por la acción del hombre. Murcia.: Departamento de geografía, 2012. 159-176 p. ISSN 1139-7136.



ANÁLISIS MULTITEMPORAL DEL CAMBIO EN EL CAUCE FLUVIAL DE LA QUEBRADA LA PARROQUIA EN EL MUNICIPIO DE FUSAGASUGÁ, PARA LOS AÑOS 1951, 1988, 1996 Y 2010.

- CONESA GARCÍA, Carmelo. Cambio ambiental y equilibrio dinámico de los cauces. Murcia.: Papeles de geografía, 1999. 31-46 p.
- Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca – CAR. Guía metodológica para la delimitación de zonas de ronda. Bogotá.: 29 p.
- ELORDI, María Lucila, COLMAN LERNER, Jorge Esteban, PORTA, Andrés. Evaluación del impacto antrópico sobre la calidad del agua del arroyo Las Piedras, Buenos Aires, Argentina. La Plata.: Acta bioquím, clím. Latinoam., 2016. Vol 50, 669-677 p. ISSN 1851-5114.
- ELOSEGI, Arturo. Conceptos y técnicas en ecología fluvial. 1 ed. España.: Rubes Editorial, 2009. 437 p. ISBN 978-84-96515-87-1.
- FORERO BERNAL, Claudia Alexandra, ZABALA PARRA, Paola Andrea, BOADA RODRIGUEZ, Albeiro. Análisis espacio temporal de la incidencia antrópica en la cuenca del Río Cauca, en el departamento del Valle, Colombia. Perspectiva geográfica, 2016. Vol 22 N°1, 127-146p.
- GARCÍA MARTINEZ, B, BAENA ESCUDERO, R, POSADA SIMEÓN, C. La acción antrópica como inductora de cambios en el patrón fluvial del Rio Rivera de Huelva (sector Guillena-Sevilla). Sevilla.: Dpto. geografía física y Análisis geográfico regional. 473-476p. S/n 41004.
- GEOCING S.A.S. Informe de geología y geomorfología casco urbano y zona de expansión Fusagasugá. Bogotá D.C.: 2018, 84 p.
- GRUPO TÉCNICO SUBDIRECCIÓN DE GEOMORFOLOGÍA Y SUELOS IDEAM. Análisis multitemporal del cauce del Rio Magdalena en el periodo 1980 – 2000 Sector Barrancabermeja – Bocas de Ceniza. Bogotá, DC.: 2002. 35p.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM. Hidrología. 27 febrero 2018. Disponible en internet: <http://www.ideam.gov.co/web/atencion-y-participacion-ciudadana/hidrologia>.



ANÁLISIS MULTITEMPORAL DEL CAMBIO EN EL CAUCE FLUVIAL DE LA QUEBRADA LA PARROQUIA EN EL MUNICIPIO DE FUSAGASUGÁ, PARA LOS AÑOS 1951, 1988, 1996 Y 2010.

- Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI), Soluciones prácticas ITDG. Gestión del riesgo de desastres para la planificación del desarrollo local. Lima.: caritas del Perú, 2009. 88 p.
- LAVELL, Allan. Sobre la gestión del riesgo: Apuntes hacia una definición. 23 p.
- MAGNANTE, Leandro, DEGIOVANNI, Susana, DOFFO, Nelso. Análisis de los cambios morfológicos y morfodinámicos del arroyo el cano (Córdoba) en la última centuria: factores de control, causas e implicancias ambientales. Córdoba.: revista de la asociación geológica Argentina, 2014. 56-68 p.
- NARVÁEZ, Lizardo, LAVELL, Allan, PÉREZ ORTEGA, Gustavo. La gestión del riesgo de desastres: un enfoque basado en procesos. Lima.: Biblioteca Nacional del Perú, 2009. 101 p. ISBN 978-9972-787-88-1.
- OLLEDO ORJUELA, Alfredo, BALLARÍN FERRER, Daniel, MORA MUR, Daniel. Cambios en el cauce y llano de inundación del Río Ebro (Aragón) en los últimos 80 años. Zaragoza.: Geographicalia, 2006. 109p. ISSN 0210-8380.
- PINILLA, L, PÉREZ GONZÁLEZ, A, BENITO, G. Cambios históricos de los cauces de los ríos Tajo y Jarama en Aranjuez. Madrid.: Geogaceta, 1995. 101-104 p. ISSN 0213683X.
- RUBIO FERNANDEZ, Virginia, HERNANDEZ SANTON, Carmen. La evolución reciente del cauce del río Ara. Logroño.: Cuadernos I. geográfica, 1990. 99-108 p.
- SALAZAR ORTÍZ, Edward Alexis. Informe técnico componente de amenazas naturales por fenómenos de remoción en masa y condición de riesgo asociado para la zona rural y urbana del Municipio de Fusagasugá Cundinamarca.: Fusagasugá, 2015. 101 p.
- SUAREZ, Carlos, PACHECO, Henry. Cambios en el delta del Río Motatán relacionados con intervención antrópica. Noroeste de Venezuela-estado Trujillo. Mérida.: Revista geográfica venezolana, 2007. Vol. 49 núm 1, 85-92p. ISSN 1012-1617.



ANÁLISIS MULTITEMPORAL DEL CAMBIO EN EL CAUCE FLUVIAL DE LA QUEBRADA LA PARROQUIA EN EL MUNICIPIO DE FUSAGASUGÁ, PARA LOS AÑOS 1951, 1988, 1996 Y 2010.

- TRIANA GOMEZ, Max Alejandro, LOPEZ VALENCIA, Otoniel. Plan para el Manejo Ambiental de la Microcuenca Quebrada La Resaca. Florencia.: Ministerio del Medio Ambiente, 1998. 141 p.