

MODELO DE GESTIÓN DEL RECURSO HÍDRICO BAJO LINEAMIENTOS DE LA
NUEVA RURALIDAD. CASO DE ESTUDIO, FINCA SAN LUIS, GAMBITA
SANTANDER

AUTOR: OSCAR FARID GONZÁLEZ PÁEZ

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL
TUNJA
2019



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA
T U N J A



MODELO DE GESTIÓN DEL RECURSO HÍDRICO BAJO LINEAMIENTOS DE LA
NUEVA RURALIDAD. CASO DE ESTUDIO, FINCA SAN LUIS, GAMBITA
SANTANDER

AUTOR: OSCAR FARID GONZÁLEZ PÁEZ

Trabajo presentado como requisito para optar al título de Profesional en Ingeniería
Ambiental – Ingeniero Ambiental

Director: Ingeniera Ambiental y Sanitaria Claudia Roció Suarez Castillo Magister en
Ingeniería Civil con énfasis en recurso hídrico e hidroinformática

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL
TUNJA
2019



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA
T U N J A



Índice General

Resumen	10
Abstract	10
Introducción	11
Objetivos	12
Objetivo general	12
Objetivos específicos	12
Antecedentes	12
Lineamientos de la nueva ruralidad	12
Política de gestión del recurso hídrico	13
Simulación hidrológica Hec-hms	13
Ámbito internacional.	14
Ámbito nacional.	15
Marco teórico	16
Metodología	17
Metodología diagnóstico	17
Metodología estrategias de uso sostenible del recurso hídrico.	19
Metodología de planificación	20
Análisis y discusión de resultados	21
Diagnostico actual de la zona de estudio	21
Información y localización.	21
Características ambientales.	22
Zonificación ambiental.	22
Pendientes de la microcuenca.	23
Amenaza por remoción en masa.	24
Riesgo por inundaciones.	25



<i>Conflicto del recurso hídrico.</i>	26
Descripción socioeconómica.	27
<i>Descripción social.</i>	27
<i>Descripción económica.</i>	28
<i>Sector Agrícola.</i>	28
<i>Sector Pecuario.</i>	29
Características geomorfológicas de la microcuenca.	29
<i>Tiempo de concentración.</i>	29
Simulación hidrológica HEC-HMS.	31
<i>Valores geomorfológicos.</i>	31
<i>Polígonos de Thiessen.</i>	32
<i>Curvas de Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF).</i>	33
<i>Hietogramas de aguaceros en bloques alternos.</i>	34
<i>Modelo HEC-HMS.</i>	37
<i>Hidrograma 2,33 años.</i>	38
<i>Hidrograma 50 años.</i>	40
<i>Hidrograma 100 años.</i>	41
Aforo.	43
<i>Punto 1.</i>	45
<i>Punto 2.</i>	46
<i>Punto 3.</i>	47
<i>Punto 4.</i>	48
<i>Punto 5.</i>	48
<i>Comparaciones de caudales.</i>	49
Balance hídrico Soil Conservation Service (SCS).	50
<i>Método del número de curva CN del Soil Conservation Service para estimar abstracciones de la precipitación caudales ecológicos.</i>	50
Estrategias sostenibles de uso para el recurso hídrico.	52
<i>Actividades Agropecuarias Sugeridas.</i>	52
<i>Estrategias y tecnologías sostenibles para el uso del recurso hídrico.</i>	54
<i>Prácticas de conservación en cultivos para el manejo de riego y humedad.</i>	55



Cooperación y adaptación al cambio climático.	55
Estrategias y/o tecnologías para la captación y almacenamiento del recurso hídrico.	
-----	56
Cisterna en forma de tinaja.	56
Condiciones medioambientales y climáticas.	56
Reservorios o lagunas pequeñas.	56
Condiciones medioambientales y climáticas.	57
Captación del agua mediante el techo de las casas.	57
Condiciones medioambientales y climáticas.	58
Estrategias y/o tecnologías sostenibles para distribución del recurso hídrico con fines agropecuarios.	58
Distribución por aspersión.	59
Contextos agroecológicos.	60
Contribución a la adaptabilidad al cambio climático.	60
Distribución por aspersión mediante sistema micro jet.	60
Contextos agroecológicos.	60
Contribución a la adaptabilidad al cambio climático.	61
Distribución mediante microriego.	61
Contextos agroecológicos.	61
Contribución a la adaptabilidad al cambio climático.	61
Distribución de microriego mediante goteo.	62
Contribución a la adaptabilidad al cambio climático.	62
Modelo de planificación de la finca San Luis mediante los lineamientos de la nueva ruralidad.	62
Formación de cultivos y prácticas para la conservación del suelo.	63
Cultivos en fajas.	63
Cultivos en contorno.	64
Cultivos agroforestales.	65
Zanjas de desviación y caminos de agua.	66
Terrazas.	66
Terrazas de banco.	66



<i>Terrazas individuales.</i> -----	67
Utilización de aguas residuales provenientes de la actividad pecuaria. -----	67
<i>Mejora de la calidad del suelo.</i> -----	68
<i>Contribución de nutrientes.</i> -----	68
<i>Aumento del rendimiento de los cultivos.</i> -----	68
Abono orgánico como fertilizante a los cultivos proveniente del estiércol de los bovinos, porcinos y avícolas. -----	68
<i>Compost.</i> -----	68
<i>Bocashi.</i> -----	69
<i>Biol.</i> -----	69
Impacto social y humanístico del proyecto -----	69
Conclusiones -----	70
Recomendaciones -----	71
Referencias -----	72



Índice de tablas

Tabla 1. Metodología diagnóstico -----	17
Tabla 2. Metodología estrategias de uso sostenible del recurso hídrico -----	19
Tabla 3. Metodología de planificación -----	20
Tabla 4. Cultivos transitorios.-----	28
Tabla 5. Cultivos permanentes. -----	29
Tabla 6. Inventario de ganado. -----	29
Tabla 7. Características geomorfológicas de la microcuenca.-----	30
Tabla 8. Tiempo de concentración en horas con diferentes metodologías.-----	30
Tabla 9. Tiempo de concentración promedio. -----	30
Tabla 10. Valores geomorfológicos de la microcuenca a modelar. -----	31
Tabla 11. Coordenadas de puntos de aforo. -----	43
Tabla 12. Datos sección punto 1. -----	45
Tabla 13. Datos sección punto 2. -----	46
Tabla 14. Datos sección punto 3. -----	47
Tabla 15. Datos sección punto 4. -----	48
Tabla 16. Datos sección punto 5. -----	48
Tabla 17. Comparaciones de caudales.-----	49
Tabla 18. Cultivos sugeridos y caudales de demanda. -----	53
Tabla 19 Caudal de demanda en la crianza de Res. -----	53
Tabla 20. Caudal de demanda del sacrificio de Res. -----	53
Tabla 21. Caudal de demanda total. -----	54
Tabla 22. Ventajas y desventajas de la cisterna en forma de tinaja. -----	56
Tabla 23. Ventajas y desventajas de los reservorios. -----	57
Tabla 24. Ventajas y desventajas de la captación del agua mediante el techo de las casas. -----	57
Tabla 25. Ventajas y desventajas de la distribución por aspersión. -----	59
Tabla 26. Ventajas y desventajas de la aspersión con microjet -----	60
Tabla 27. Ventajas y desventajas del microriego. -----	61
Tabla 28. Ventajas y desventajas del microriego mediante goteo. -----	62



Índice de ilustraciones

Ilustración 1. Localización de la finca San Luis. -----	21
Ilustración 2. Precipitación mensual multianual de la zona.-----	22
Ilustración 3. Zonificación ambiental-----	23
Ilustración 4. Pendientes de la microcuenca.-----	24
Ilustración 5. Amenaza por remoción en masa. -----	25
Ilustración 6. Riesgo por inundaciones-----	26
Ilustración 7. Conflicto del recurso hídrico. -----	27
Ilustración 8. Microcuenca a modelar. -----	31
Ilustración 9. Polígonos de Thiessen.-----	33
Ilustración 10. Curvas IDF estación Palermo-----	34
Ilustración 11. Curvas IDF estación Sotaquira. -----	34
Ilustración 12. Hietograma estación Palermo 2,33 Años. -----	35
Ilustración 13. Hietograma estación Palermo 50 años. -----	35
Ilustración 14. Hietograma estación Palermo 100 años. -----	36
Ilustración 15. Hietograma estación Sotaquira 2,33 Años. -----	36
Ilustración 16. Hietograma estación Sotaquira 50 años. -----	37
Ilustración 17. Hietograma estación Sotaquira 100 años. -----	37
Ilustración 18. Hidrograma 2,33 años.-----	38
Ilustración 19. Datos hidrograma 2,33 años. -----	39
Ilustración 20. Hidrograma 50 años. -----	40
Ilustración 21. Datos hidrograma 50 años.-----	40
Ilustración 22. Hidrograma 100 años.-----	41
Ilustración 23. Datos hidrograma 100 años. -----	42
Ilustración 24. Localización de puntos de aforo. -----	44
Ilustración 25. Sección transversal punto 1.-----	45
Ilustración 26. Sección transversal punto 2.-----	46
Ilustración 27. Sección transversal punto 3.-----	47
Ilustración 28. Sección transversal punto 4.-----	48
Ilustración 29. Sección transversal punto 5.-----	49
Ilustración 30. Caudales disponibles. -----	51



<i>Ilustración 31. Curva de duración de caudal 1987.</i> -----	52
<i>Ilustración 32. Localización de cultivos en fajas</i> -----	64
<i>Ilustración 33. Localización cultivos en contorno.</i> -----	65
<i>Ilustración 34. Localización cultivos agroforestales.</i> -----	66
<i>Ilustración 35. Localización cultivos en terrazas.</i> -----	67



Resumen

El presente estudio de investigación se realizó en la finca San Luis del municipio de Gambita Santander, con la finalidad de proponer un modelo de gestión del recurso hídrico bajo lineamientos de la nueva ruralidad. Para ello, se identificaron 3 fases importantes (diagnostico actual de la zona, estrategias de uso sostenible y planificación). En el diagnóstico realizado se determinaron aspectos sociales, económicos y ambientales. En el aspecto social se verifico que la mayoría de la población del municipio se aloja en las zonas rurales y en cuanto a la economía, dicha población realiza actividades agropecuarias enfocadas en lo tradicional, finalmente en los aspectos ambientales, se realizaron simulaciones hidrológicas e hidráulicas para determinar el porcentaje de riesgo en cuanto a inundaciones que se pueden presentar en la finca a partir del rio Chontales, además, se ejecutó el balance hídrico mediante la metodología Soil Conservation Service para determinar el caudal ecológico y disponible en un periodo de años de 1984 hasta el 2005 y, posteriormente, se efectuó el aforo del rio para determinar la cantidad de caudal presente para la utilización en las actividades agropecuarias. En cuanto a las estrategias de uso sostenible del recurso hídrico se tuvo en cuenta las características climáticas y medioambientales de la finca San Luis y se propusieron diferentes tecnologías de almacenamiento y distribución del recurso hídrico teniendo en cuenta la conservación y protección del mismo. Finalmente, se propusieron diversas formas de realizar los cultivos agrícolas en complemento con las estrategias de uso sostenible y la reutilización del agua residual y estiércol de los animales en las actividades agrícolas para así, darle un aprovechamiento al agua. Es importante recalcar que la investigación se realizó desde un enfoque del aprovechamiento de los recursos naturales sin comprometer la estructura ecológica del ecosistema.

Abstract

This research study was carried out at the San Luis farm in the municipality of Gambita Santander, with the proposal to propose a water resource management model under the guidelines of the new rurality. For this, 3 important phases were identified (current diagnosis of the area, sustainable use strategies and planning). In the diagnosis made, social, economic and environmental aspects were determined. In the social aspect it was verified that the majority of the population of the municipality is housed in rural areas and as for the economy, said population carries out agricultural activities focused on the traditional, finally on environmental aspects, hydrological and hydraulic simulations are used to determine the percentage of risk in terms of



floods that may occur in the farm from the Chontales river, in addition, the water balance was executed through the methodology of the Soil Conservation Service to determine the ecological flow and available over a period of years from 1984 to 2005 and, subsequently, the capacity of the river was carried out to determine the amount of flow present for use in agricultural activities. Regarding the strategies for sustainable use of the water resource, the climatic and environmental characteristics of the San Luis farm were taken into account and different technologies for storage and distribution of the water resource were proposed taking into account its conservation and protection. Finally, various ways of carrying out agricultural crops were proposed in addition to the strategies of sustainable use and the reuse of wastewater and animal manure in agricultural activities, thus giving water use. It is important to emphasize that the research was carried out from a focus on the use of natural resources without compromising the ecological structure of the ecosystem.

Introducción

Una cuenca hidrográfica es de suma importancia puesto que es reconocida como la unidad territorial más óptima en cuanto a la gestión del recurso hídrico, debido a que es delimitada por la naturaleza, fundamentalmente por los límites creados por sectores de escurrimiento de las aguas superficiales. De igual manera, el recurso hídrico de una cuenca hidrográfica puede llegar a ser administrado de manera eficiente y controlada en diferentes aspectos: como un bien económico, social, cultural, político y principal recurso natural que interactúa con las diferentes tipologías de otros recursos y con acciones antrópicas presentes en la zona. (Garcés, 2011)

La adecuada planificación de los recursos hídricos relaciona la importancia de analizar el comportamiento hidrológico presente en la zona. Por tal motivo se estudia las características físicas y biológicas de la zona, como factores de altitud, latitud y las actividades económicas de la población, ya que se aprovecha como instrumento para diferentes actividades humanas; debido a que su preservación y adecuado uso son indispensables en términos de un desarrollo económico. De igual manera, el recurso hídrico al ser el componente principal del ciclo hidrológico, cualquier alteración a este puede ocasionar fuertes complicaciones que dificultan el abastecimiento de agua para consumo humano, la agricultura, y la biodiversidad (García-González, Carvajal-Escobar, & Jiménez-Escobar, 2007). Por tal motivo, es de suma importancia la implementación de un sistema de gestión de los recursos hídricos con bases a la nueva ruralidad en la finca San Luis, ya que, a



partir de él, se genera protección y un adecuado uso al agua que generarían resultados agradables en el ambiente, en lo social y económico.

Objetivos

Objetivo general

Formular un modelo de gestión del recurso hídrico bajo lineamientos de la nueva ruralidad. Caso de estudio, finca San Luis, Gambita Santander.

Objetivos específicos

- ✓ Diagnosticar las condiciones hidrológicas y socioeconómicas actuales de la zona de estudio.
- ✓ Establecer estrategias sostenibles de uso del recurso hídrico acorde con las condiciones encontradas en el diagnóstico realizado.
- ✓ Proponer un modelo de planificación para la finca San Luis desde los lineamientos de la nueva ruralidad.

Antecedentes

Lineamientos de la nueva ruralidad

En la última década se han generado debates sobre el mundo rural, donde los aspectos sociales, ambientales y económicos se conjugan para la construcción de una nueva visión que cambien el pensamiento y la imagen que asocia lo político, económico social y agrícola. En la actualidad, el sector rural se proyecta como una zona adecuada para generar diversas actividades relacionadas a lo económico y social, a partir de los recursos naturales presentes en las zonas (Edelmira Perez C., 2008). El desarrollo rural sostenible ligado a la elaboración de la nueva ruralidad solicita la creación de diferentes alternativas de tipo innovadoras que beneficien las actividades relacionadas a lo económico con lo productivo en los sectores rurales con capacidad de costear sin deudas a largo plazo, donde principalmente se busca la protección y el buen manejo de los recursos naturales y el medio ambiente (Valle, 2004).

En Colombia se habla del concepto de nueva ruralidad desde la reciente década donde se relaciona los recursos naturales en su totalidad con las zonas urbana. La Universidad Javeriana en



conjunto con el consejo latinoamericano de ciencias sociales investigan la relación del concepto con los sectores urbanos con mayor presencia de los recursos naturales (Ruiz & Delgado, 2008). Sin embargo, Colombia es el país de Latinoamérica donde se ha desarrollado la urbanización más acelerada en comparación con los demás países, trayendo consigo dificultades en las áreas rurales (el campo), ya que en el año 1960 la mitad de la población se encontraba en el campo y las ciudades, pero en la actualidad tan solo el 25% se encuentra en lo rural (Perfetti del Corral, 2009)

Política de gestión del recurso hídrico

El modelo de gestión de los recursos naturales y principalmente de los recursos hídricos se entiende a partir del planteamiento de objetivos, los ámbitos de acciones y requisitos para la eficacia de la misma. La gestión del agua, principalmente en las cuencas hidrográficas para que sea eficaz es de manera indispensable el acompañamiento de mecanismos de voluntariado y mecanismos de control, donde se necesita el apoyo de las actividades económicas y el seguimiento de las entidades gubernamentales (Maroneze, Zepka, Vieira, Queiroz, & Jacob-Lopes, 2014).

Colombia se ubica entre los países con mayor abundancia del recurso hídrico, sin embargo, al momento de relacionarse con las actividades agrícolas y economías de las regiones es uno de los países con baja oferta hídrica, que trae consigo problemáticas ambientales en los ecosistemas y por ende, un mayor impacto en el recurso debido a la introducción del ser humano (MinAmbiente, 2010). En el país, la política de gestión integral del recurso hídrico la establece el ministerio de ambiente, el cual la proyecta a 12 años (2010 – 2022) donde se enmarcan diferentes principios fundamentales del recurso como: el ahorro, uso eficiente y uso principal, manejo adecuado del uso público y la gestión integrada del mismo (MinAmbiente, 2010). De igual manera se establecen objetivos que involucran la gestión del agua asociado a la oferta en temporada seca, disminución de la contaminación y la contribución de las entidades gubernamentales y los usuarios. No obstante, la gestión del recurso hídrico abarca aspectos de vital importancia como los económicos, sociales, ambientales y políticos (MinAmbiente, 2010).

Simulación hidrológica Hec-hms

Las diferentes soluciones de métodos para la simulación y el modelamiento hidrológico de manera continua se remontan al siglo XX con una trayectoria trascendental hasta el día de hoy, donde se han propuesto gran cantidad de métodos desde la simplicidad hasta la complejidad del



software donde se manejan unos conjuntos de variables (Viviroli, Mittelbach, Gurtz, & Weingartner, 2009). Además, las evoluciones de los sistemas de información geográfica han sido de gran ayuda ya que facilita la relación e incorporación de diferentes datos: datos topográficos, morfológicos y geográficos, donde se analiza la distribución espacial de los mismos en la cuenca (.,Nagraj 2015).

Los cambios y mejoras de la metodología indirecta de evaluación en relación a los recursos hídricos ligados a la evolución de los sistemas de información geográfica, han abierto debates a los análisis del proceso hidrológico, tratando diferentes tiempos cortos donde se genera detalles más específicos (Carvajal, Arango, & Jiménez, 2007).

Ámbito internacional. Estudios realizados en diferentes países como Australia, Estados Unidos y Sudáfrica, buscan la determinación de los diferentes caudales presentes en la zona de estudio (caudal máximo, caudal medio y caudal mínimo). La obtención de los caudales se realiza a través del software HEC-HMS con la modelación y simulación continua de escorrentía. Por ende, los estudios relacionan lo implementado por el departamento de ciencias geológicas de la Universidad de Texas. A partir de ello, se realizó la modelación y simulación de los diferentes caudales del río San Antonio, generalizando la relación lluvia-escorrentía en la cuenca estudiada. Para ello se necesitó la utilización de datos topográficos y morfológicos para ser analizados mediante los sistemas de información geográfica, de igual manera se analizaron los datos de las lluvias que tuvieran la influencia en el río (Carvajal et al., 2007).

En el continente asiático especialmente el país de Malasia se han realizado estudios hidrológicos con la aplicación del modelo HEC-HMS, en el que se efectuó en una cuenca que cuenta con 8.2 hectáreas, en el río Skudai. En la investigación se basaron en realizar monitoreo de la escorrentía presente en una tormenta en diferentes intervalos de tiempo que se presentó en la cuenca. Estos intervalos de tiempo se realizaron a mediados de los años 2002, 2003 y 2004, con la finalidad principal de determinar los sectores de inundación que afectaran las plantaciones de aceite y que trajeran consigo mismo problemáticas sociales y económicas en la zona (Yusop, Chan, & Katimon, 2007)

De igual manera la utilización de modelos hidrológicos por medio del software HEC-HMS se ha implementado en países subdesarrollados, donde se destacan los países de Venezuela y Cuba. Siendo este primero utilizado para caracterizar los puntos altos de dos tormentas particulares que



perjudicaron el estado de Carabobo en los años 1971 y 2088, y para ello se necesitaron diferentes metodologías con el objetivo de obtener los hidrogramas unitarios de crecidas presentes en los años mencionados y así, crear estrategias de prevención y control para efectos de posibles riesgos en el futuro (Ventura & P, 2014). El segundo caso, utilizado en el país cubano, donde a partir de la última década se ha evolucionado el uso del modelo hidrológico con la finalidad de obtener los hidrogramas en diferentes sectores del país, en específico la cuenca las Coloradas, donde se aplicó el modelo, generando resultados no confiables y verídicos ante los científicos debido a que en la zona de estudio se dificulta la observación y la organización de los datos hidrológicos a utilizar (Sifontes, Empresa, & Inrh, 2012)

Ámbito nacional. En Colombia se inició el uso de la modelación y simulación hidrológica en la década de los ochenta, por medio de programas como el Linear Perturbation Model; posteriormente en la época de los noventa se implementó la operación con modelación hidrológica continua con única finalidad de obtener los cálculos de los caudales. No obstante, la experiencia a largo plazo arrojó resultados negativos y no favorables debido a errores de cálculos de las variables de entrada que exigía el software (Carvajal et al., 2007)

Para los años 2010 y 2011 el fenómeno de la niña trajo consigo problemáticas de inundación en los municipios de Ciénaga y Zona bananera ubicados en el departamento de Magdalena. La problemática surge a partir de las actividades agrícolas y pecuarias de los municipios que reducen la ronda hídrica del río Frio ocasionando fuertes pérdidas económicas en la población y aumento en la vulnerabilidad de inundación y riesgo de perder la vida. Para ello, se plantearon diversas estrategias para reducir los impactos en los municipios en la que se destaca la simulación hidrológica e hidráulica mediante el software HEC-HMA del cauce del río Frio con el objetivo de precisar las zonas propensas a riesgos de inundabilidad de alta magnitud (Moreno, Fontalvo, & Antonio, 2017)

En el Urabá Antioqueño se realizó la modelación del comportamiento de tres cuencas para determinar los caudales multianuales de las mismas a partir de un estudio de balance hídrico. Las cuencas estudiadas son las de los ríos Turbo, Guadualito y Currulao, donde se necesitó la información del IDEAM de la precipitación y evapotranspiración para el desarrollo de la investigación. Desafortunadamente los resultados arrojados en la simulación hidrológica no fueron verídicos ni validados debido a la falta de estaciones en los ríos. Por tal motivo la recomendación



de estudio es la implementación de instrumentos en la zona que faciliten y aprueben la realización de futuras investigaciones. (Amaya, Tamayo, Vélez, Vélez, & Álvarez, 2009)

Marco teórico

Modelo de gestión: Es un modelo de referencia donde se especifica las funciones básicas y necesarias para la administración y cumplimiento de un objetivo (MinAmbiente, 2010).

Microcuenca: Es el área de las aguas superficiales que vierten a una red natural de caudal continuo (Minambiente, 2013).

Nueva ruralidad: La nueva ruralidad busca un enfoque proteccionista desde las zonas rurales trayendo consigo nuevas prácticas sostenibles en las actividades agropecuarias (De Grammont, 2008).

Modelación hidrológica: Representación sistematizada de un sistema real bajo una simulación proyectada en años (*Hidrologia Aplicada - Ven Te Chow, David R. Maidment y Larry W. Mays.pdf*, n.d.).

Tiempo de concentración: es caracterizado como el tiempo de respuesta de una cuenca donde este, llegue al punto estacionario durante un aguacero o tormenta uniforme, es decir, el tiempo preciso para que el sistema de la cuenca asista la dirección del flujo desde el punto más lejano hasta el punto de cierre (Vélez Upegui & Botero Gutiérrez, 2011)

Curvas IDF: Las curvas de intensidad, duración y frecuencia, son representadas en la dimensión de la lluvia presente en una tormenta referida en milímetros por hora, en una duración determinada en minutos y finalmente, la frecuencia referida en años (Temez, 1987).

Hidrograma: Es una representación gráfica que demuestra la variación generada en un determinado tiempo (*Hidrologia Aplicada - Ven Te Chow, David R. Maidment y Larry W. Mays.pdf*, n.d.).

Aforo: Medición del caudal presente en el agua en un lugar determinado de conducción del flujo (MARBELLO PÉREZ, 2005)



Caudal ecológico: es un valor donde establece la cantidad del flujo requerido en un cauce para conservar los procesos de los ecosistemas acuáticos que brindan bienes y servicios eco sistémicos (World Wildlife Fund, 2010).

Caudal disponible: Es la cantidad de agua en determinado tiempo que es utilizada para satisfacer las necesidades básicas de la población (IDEAM, 2017).

Sostenibilidad: Es la capacidad del aprovechamiento de los recursos naturales sin comprometer la estructura ecológica para las futuras generaciones (Macedo, 2005).

Conservación ambiental: Son las diferentes estrategias utilizadas con la finalidad de regular y disminuir el daño ambiental provocado por las actividades productivas en general donde se busca mantener un equilibrio eco sistémico (MinAmbiente, 2010).

Gestión ambiental: Son los determinados pasos realizados para prevenir y mitigar los problemas ambientales con el objetivo de alcanzar un desarrollo sostenible (Red de Desarrollo Sostenible de Colombia, 2012).

Metodología

Metodología diagnóstico

Tabla 1. Metodología diagnóstico

Nº	ACTIVIDADES	DESARROLLO
1	Solicitar información al IDEAM de los datos de precipitación en la zona de estudio	Se solicitó al IDEAM la información de los datos de precipitación presentes entre los años 1980 y 2016.
2	Recolectar información necesaria del tema de investigación	Se realizó una búsqueda continua y exhaustiva en bases de datos y revistas con la finalidad de encontrar la información necesaria que esté acorde con el tema de investigación a trabajar.
3	Seleccionar la información específica y reciente del tema de investigación	Se efectuó una lectura detallada de la información encontrada para definir y analizar los



		estudios recientes que estén ligados con el tema de investigación.
4	Completar datos recibidos del IDEAM	A partir de la información entregada del IDEAM se completaron los datos faltantes de precipitación.
5	Información y localización de la zona de estudio.	Se determinó la localización de la finca San Luis en la cuenca media y baja del rio Suarez y su posterior información descrita en los siguientes numerales.
6	Características ambientales	Se realizó la identificación de las características ambientales relacionadas a la microcuenca estudiada.
7	Descripción socioeconómica	Se hizo una descripción socioeconómica de la zona de estudio donde se determine las labores sociales y las actividades ejecutadas en relación de la economía.
8	Determinar el tiempo de concentración	Se utilizaron diferentes métodos para determinar el tiempo mínimo necesario en la que el agua llega al punto de salida de la cuenca hidrográfica, las ecuaciones a utilizar fueron las siguientes (Temez, Kirpich, Ventura, Pilgrim y Mcdermott, Californiana, Clark, Bransby-William, Valencia y Zuluaga y Giandotti). Al determinar el tiempo de concentración por los métodos mencionados anteriormente, se realizó un promedio entre los más similares para así, determinar el tiempo de concentración que se utilizó en el estudio.
9	Polígonos de Thiessen	Se realizaron polígonos de Thiessen para determinar las estaciones con influencia en la zona de estudio.
10		Por medio de los valores máximos mensuales de precipitación en 24 horas entre los años 1980 y



	Realizar curvas de intensidad, duración y frecuencia	2016, se construyeron las curvas de duración, intensidad y frecuencia en los periodos de retorno de 2,33, 50 y 100 años.
11	Simulación hidrológica	La simulación hidrológica se implementó por medio del Software HEC-HMS con el fin de conocer los caudales presentes a partir de la esorrentía en la zona de estudio teniendo en cuenta los periodos de retorno de 2,33, 50 y 100 años.
12	Aforo del rio	La determinación del caudal presente en el rio se ejecutó a partir de la metodología de velocidad por área. En el caso de la velocidad, se obtuvo por medio del correntómetro perteneciente a la programa de Ingeniería Ambiental de la Universidad Santo Tomas seccional Tunja.
13	Determinar caudales del rio (caudal mínimo, caudal ecológico y caudal disponible)	Los caudales se obtuvieron por medio de la metodología de balance hídrico.

Metodología estrategias de uso sostenible del recurso hídrico.

Tabla 2. Metodología estrategias de uso sostenible del recurso hídrico

Nº	ACTIVIDADES	DESARROLLO
1	Actividades sugeridas	Se determinaron las diferentes actividades económicas agropecuarias a implementar con el respectivo caudal de demanda y el área a utilizar.
2	Estrategias de uso	Se buscaron diferentes estrategias de uso del recurso hídrico teniendo en cuenta su contribución al cambio climático.
3	Tecnologías de almacenamiento	Se propusieron diversas estructuras y tecnologías de almacenamiento del agua teniendo en cuenta las diversas ventajas que poseen y las características



		medioambientales y climáticas necesarias para la implementación.
4	Estrategias de uso del recurso hídrico	Finalmente, se propusieron actividades de distribución del agua con base a la economía del campesino trayendo consigo ventajas en su construcción, operación y mantenimiento. Además, se tuvieron en cuenta las condiciones agroecológicas para la construcción y el aporte en la adaptabilidad al cambio climático.

Metodología de planificación

Tabla 3. Metodología de planificación

Nº	ACTIVIDADES	DESARROLLO
1	Formación de cultivos y prácticas.	Se propusieron diversas maneras de formación de cultivos que contribuyan a la conservación del suelo y el aprovechamiento del terreno teniendo en cuenta las pendientes presentes.
2	Reutilización del agua residual.	El agua residual proveniente de los lugares de sacrificio animal contiene diferentes características viables para la reutilización en los cultivos agrícolas. Por ende, se recomendó el riego mediante estas aguas que así, disminuirá la demanda de los cultivos y la minimización de riesgo a pérdidas del agua.
3	Utilización del estiércol animal.	El estiércol generado por los animales se recomendó ser utilizado para la creación de abono orgánico en diferentes presentaciones que estén al alcance de los campesinos y garanticen la conservación del suelo.



Análisis y discusión de resultados

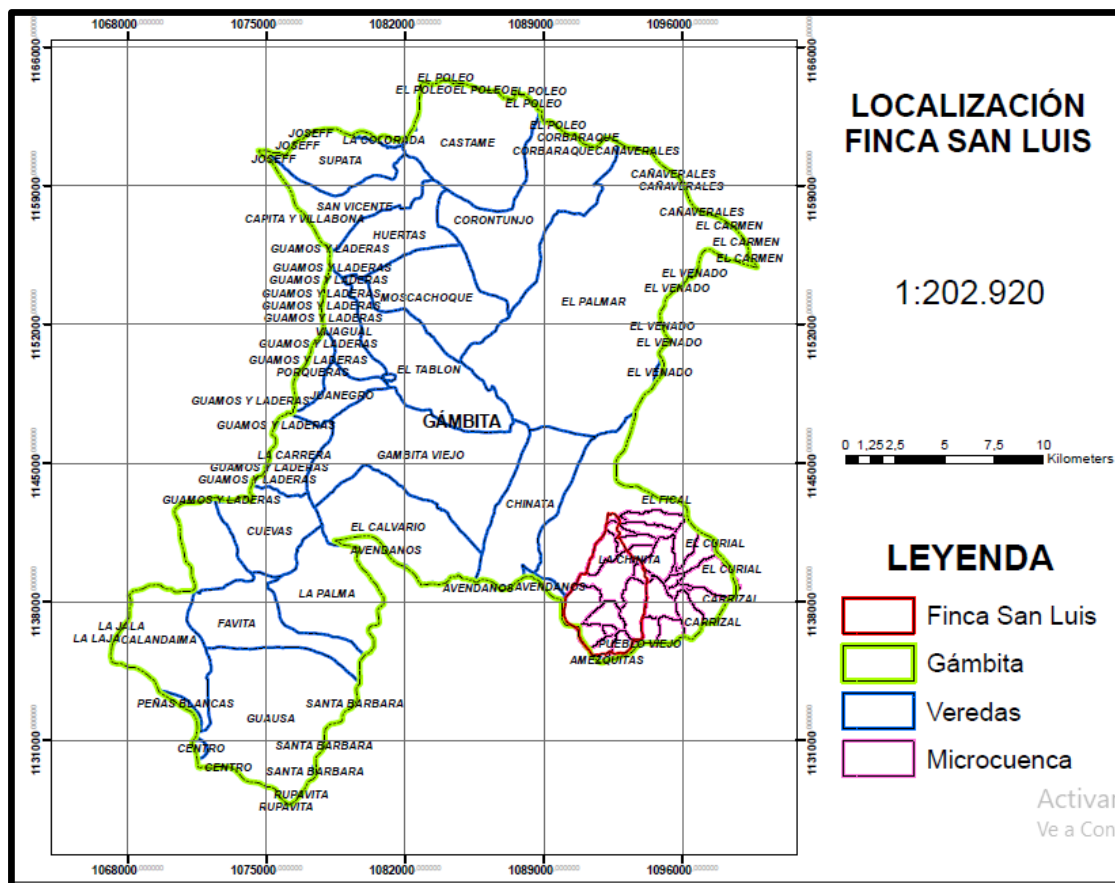
Diagnostico actual de la zona de estudio

Información y localización.

La finca San Luis se encuentra ubicada en la microcuenca del río Chontales la cual se ubica en la subcuenca del río Lenguaruco, generando así, su desembocadura a dicho río. Donde finalmente, la subucenca es perteneciente a la cuenca media y baja del río Suarez.

Por otra parte, la finca se ubica en la vereda La Chinita del municipio de Gambita-Santander, cuenta con una extensión total de 1812 hectáreas. En su territorio se encuentra la fuente hídrica del río Chontales, el cual es el principal para el abastecimiento de las actividades económicas productivas.

Ilustración 1. Localización de la finca San Luis.



Fuente: Autor.

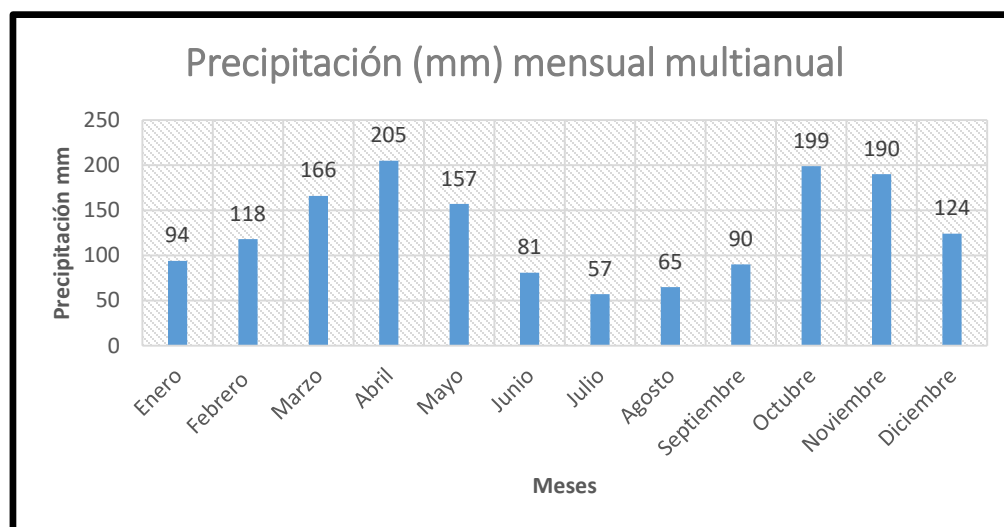


UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA
T U N J A



En la zona de influencia de la finca San Luis se encuentran las estaciones pluviométricas de Sotaquirá y Palermo las cuales son las encargadas de recolectar la información de precipitación. En el caso específico de este estudio, se toman los datos presentes durante los años de 1980 a 2014 puesto que es la máxima fecha de información disponible. Los datos analizados fueron la precipitación mensual multianual para tener un valor a través de los años.

Ilustración 2. *Precipitación mensual multianual de la zona.*



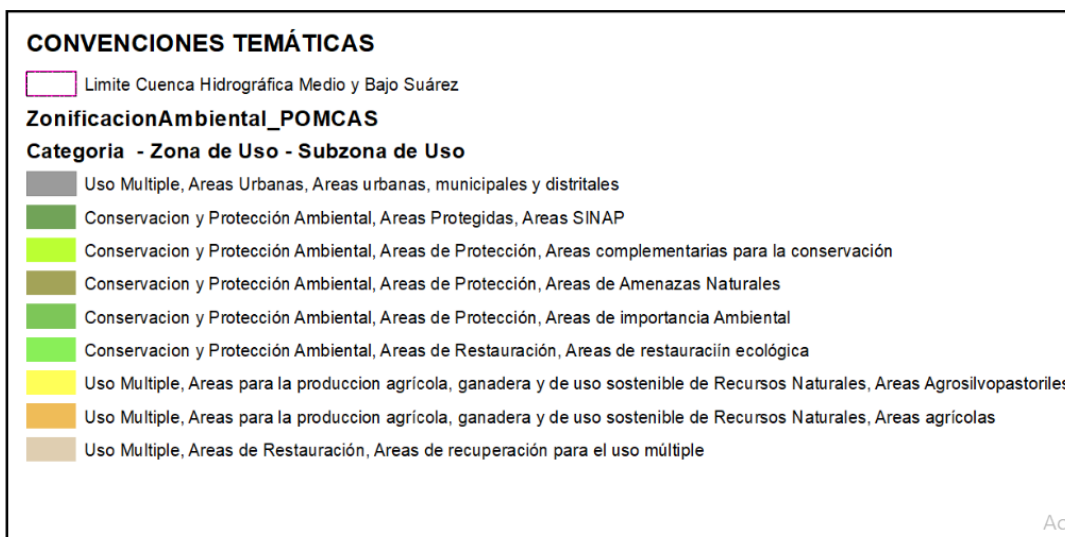
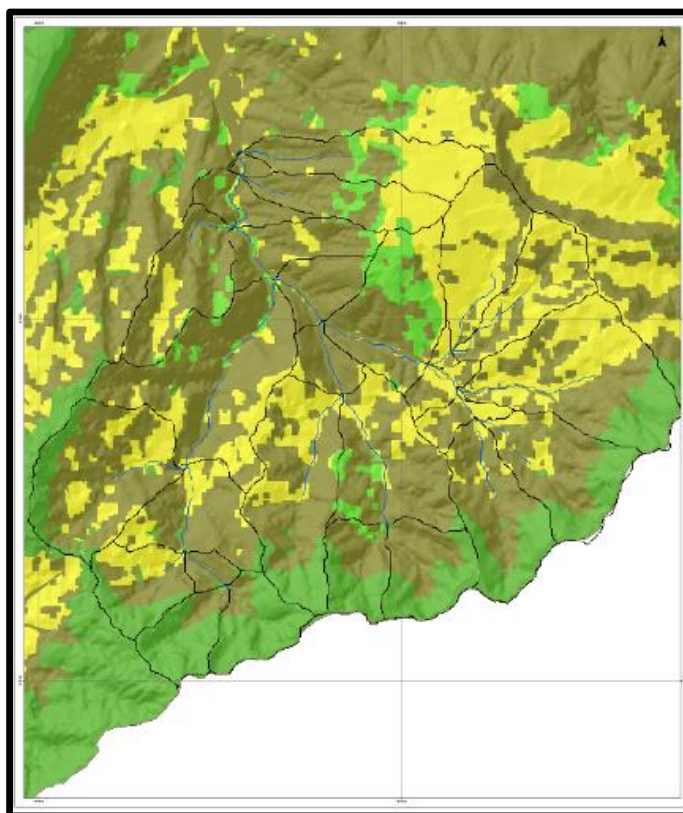
Fuente: Autor.

Características ambientales. El Plan de Manejo y Ordenamiento de una cuenca (POMCA) es el instrumento guía con mayor jerarquía en cuanto al manejo adecuado de los recursos naturales presentes en una cuenca hidrográfica. Por ende, el documento tiene en cuenta las características ambientales que se presentan para estudiar la influencia que se genera en la gestión de los recursos. En este caso, las características ambientales utilizadas son relevantes debido a la geomorfología de la microcuenca.

Zonificación ambiental. De acuerdo a la zonificación ambiental de la microcuenca se encuentran diferentes categorías establecidas. En la parte superior se establecen zonas de conservación y protección ambiental debido a la inclinación presente y, teniendo en cuenta que desde este punto nacen las fuentes hídricas que abastecerán las actividades económicas propuestas. En las partes medias de la microcuenca se establecen terminaciones para el uso múltiple de actividades agropecuarias en relación al uso sostenible de los recursos naturales (CAR et al., 2015).



Ilustración 3. Zonificación ambiental



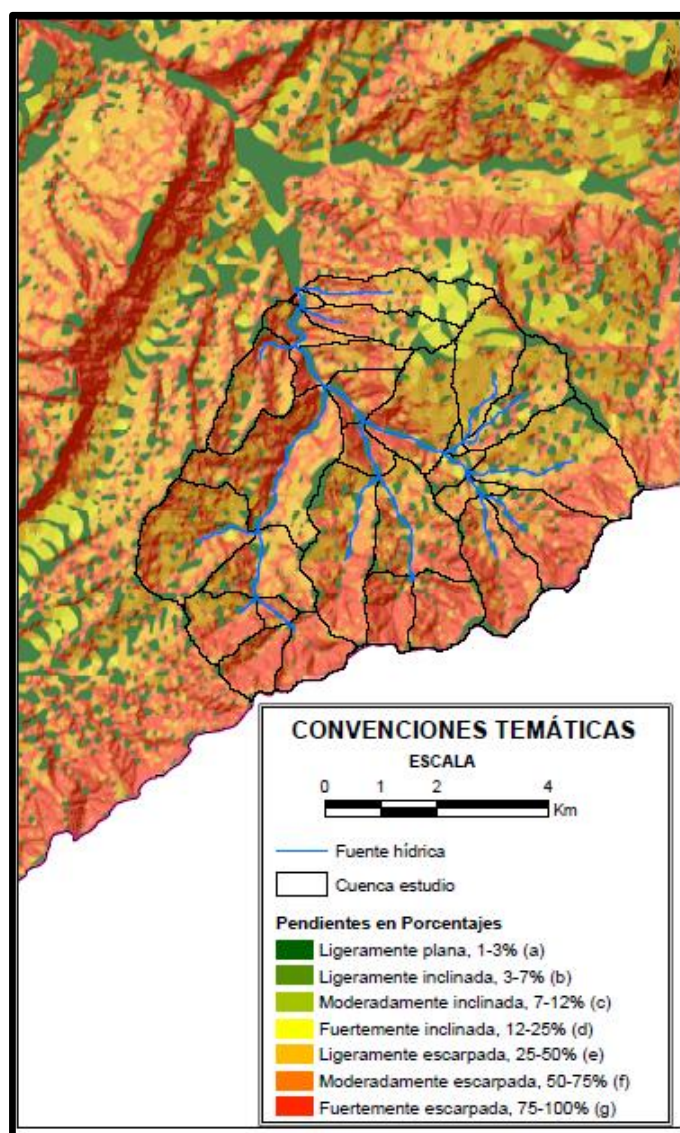
Fuente: Autor.

Pendientes de la microcuenca. En relación al documento establecido como la Ordenación y Manejo de las Cuencas Hidrográficas (POMCA) en la zona donde se ubica la microcuenca del río



Chontales se presentan fuertes inclinaciones a partir del 25%. Trayendo consigo pendientes ligeramente escarpada, moderadamente escarpada y fuertemente escarpada, estos rangos utilizados son los establecidos en la Guía técnica para la Formulación de los Planes de Manejo y Ordenación de las Cuencas Hidrográficas (Minambiente, 2013).

Ilustración 4. Pendientes de la microcuenca.



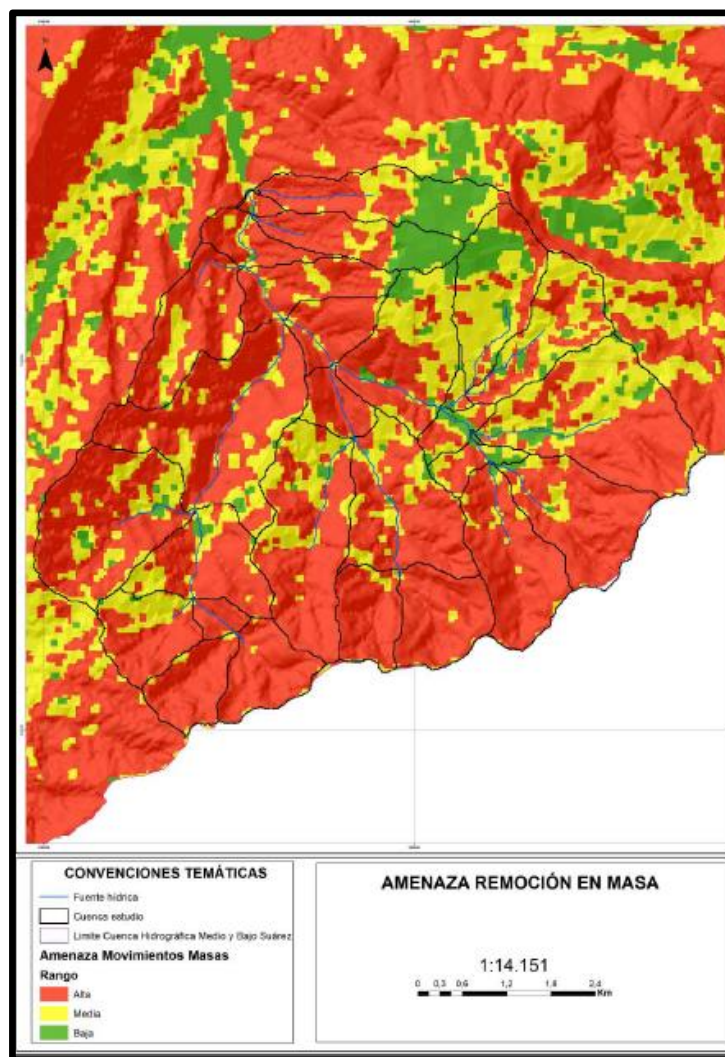
Fuente: Autor.

Amenaza por remoción en masa. Según (CAR et al., 2015) la amenaza por remoción en masa presente en la cuenca es categorizada alta debido a las pendientes encontradas ya que en el sector de la microcuenca del río Chontales se observan con mayor porcentaje las pendientes superiores



al 25%. Esto conlleva, a buscar alternativas sostenibles aprovechando el terreno topográfico con estrategias agropecuarias en pro de la conservación de los recursos naturales presentes en el ecosistema.

Ilustración 5. Amenaza por remoción en masa.

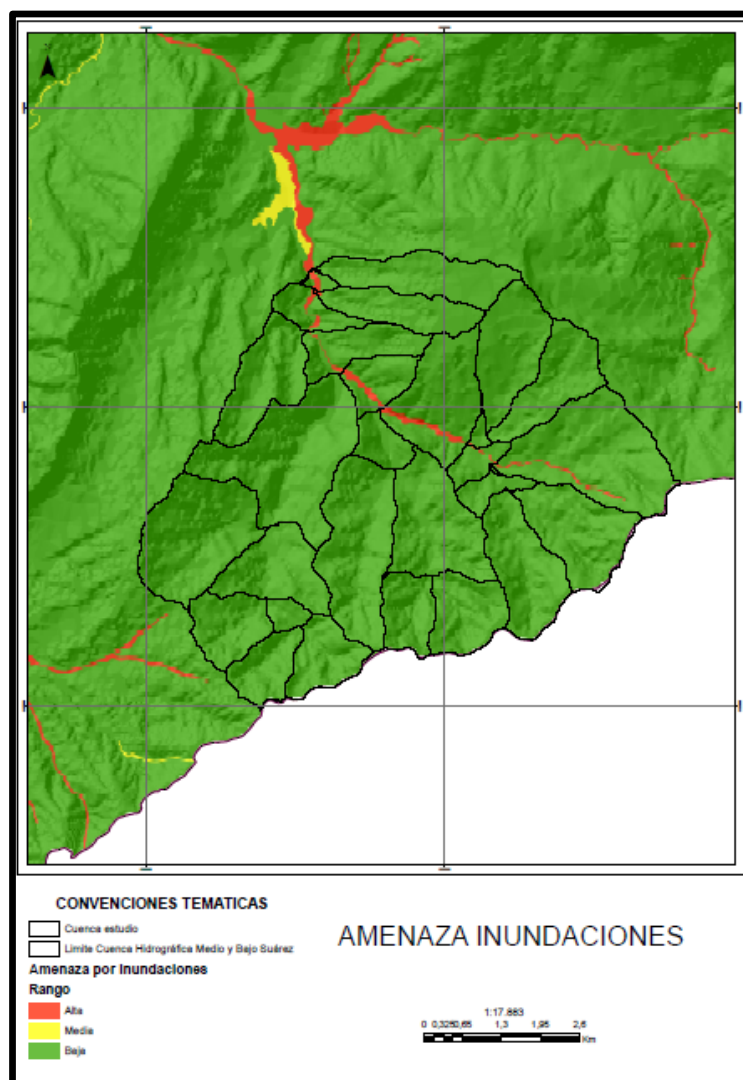


Fuente: Autor.

Riesgo por inundaciones. Con base en establecido en el POMCA el sector de la microcuenca del río chontales la presencia de riesgo a inundaciones es baja debido a las fuertes pendientes que se encuentran allí y, el caudal que conlleva el río. Esto indica, que no se presenta ningún riesgo de pérdida agropecuaria, económica y de vida llegado el caso se presente una tormenta (CAR et al., 2015).



Ilustración 6. Riesgo por inundaciones

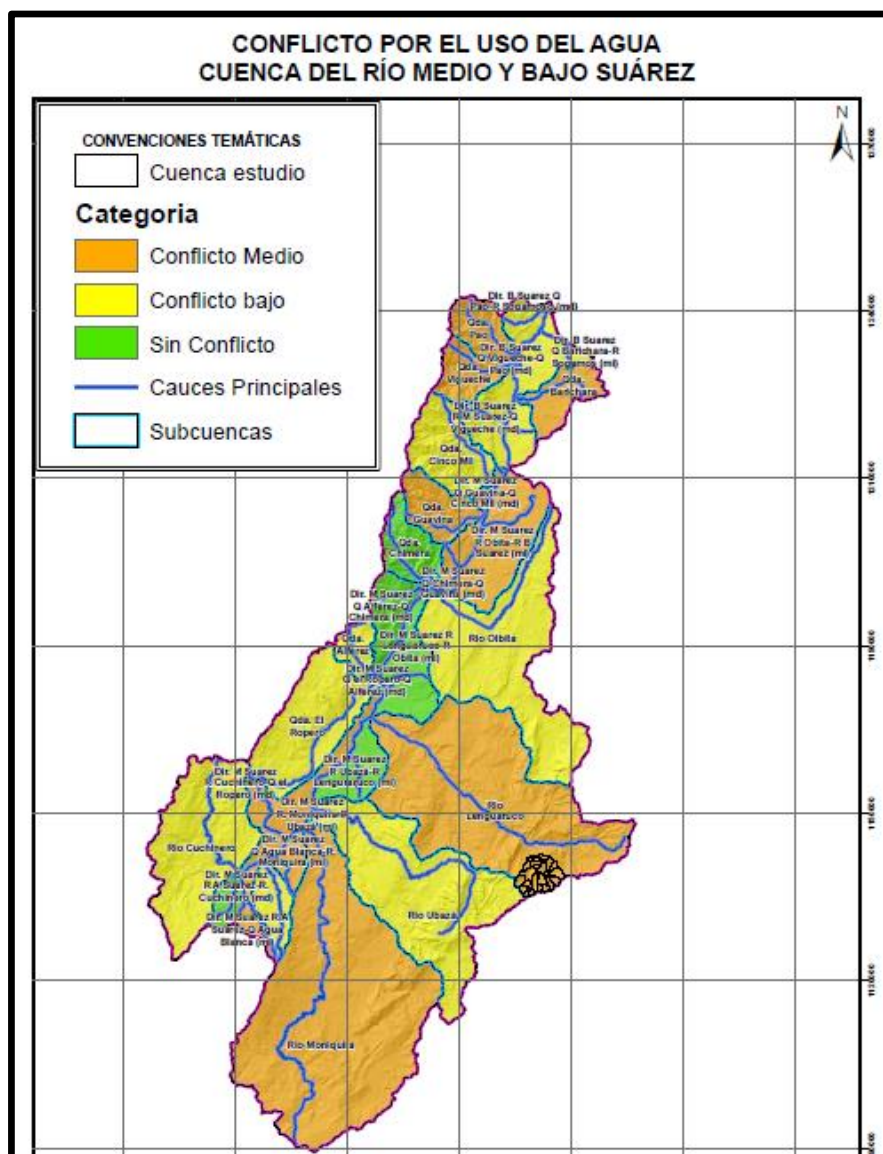


Fuente: Autor.

Conflicto del recurso hídrico. El conflicto de uso del recurso hídrico presentado en la microcuenca se da principalmente debido a que esta zona tiene déficit de agua en temporada seca, es decir, presenta poca precipitación en dicho periodo. Esto conlleva, al conflicto de uso por medio de los habitantes para satisfacer sus necesidades básicas (CAR et al., 2015).



Ilustración 7. Conflicto del recurso hídrico.



Fuente: Autor.

Descripción socioeconómica.

Descripción social. La población de Gambita se define como un municipio rural debido a las características que presenta en relación a la economía y la geografía (Territorial & Resumen, 1997). A raíz del censo reciente realizado por el DANE en el año 2005 se cuenta con una población de 4.667 repartidos en la extensión de su territorio. Se evidencia la definición del municipio debido a que en la cabecera municipal tan solo se cuenta con 525 habitantes, y en la zona rural se cuenta con 4.142 habitantes. Además, Gambita confronta dificultades en su organización debido a la falta



de participación de la sociedad, por tal motivo se caracteriza en ser un municipio individualista. No obstante, las pocas organizaciones presentes en el municipio son de alto reconocimiento y representativas (Territorial & Resumen, 1997).

Descripción económica.

Sector Agrícola. Con base en lo establecido en el documento Plan de Manejo y Ordenación de la cuenca hidrográfica “POMCA” del río medio y bajo Suárez, se establecen diferentes categorías de actividades económicas relacionadas a la producción agrícola. Las diferentes actividades se categorizan dependiendo el tiempo de producción, nombrando así, cultivos transitorios y permanentes.

Cultivos transitorios. Es importante tener en cuenta que se les denomina cultivos transitorios a los cultivos que poseen un tiempo corto para generar la producción en general, este tiempo de producción no es mayor a 1 año, además después de realizada la cosecha el terreno permite ejecutar la plantación nuevamente del cultivo (DANE, 2016). Por tal motivo, el municipio de Gambita cuenta con diferentes cultivos transitorios que contribuyen a la producción agrícola y la economía. Entre ellos se encuentran:

Tabla 4. Cultivos transitorios.

Cultivos Transitorios			
Cultivo	Área cosechada (Ha)	Producción (Ton)	Rendimiento (Ton/año)
Maíz tradicional	13	21	1,62
Yuca	75	600	8

Fuente: Autor.

Cultivos permanentes. Se conoce como cultivos permanentes a aquellos que al momento de realizar la plantación el tiempo de duración productiva es largo, generalmente brindan diferentes cosechas a lo largo de su vida útil y no se requiere nueva plantación para ello (DANE, 2016). Por tal razón, el municipio de Gambita cuenta con diferentes cultivos permanentes que contribuyen a la producción agrícola y la economía. Entre ellos se encuentran:



Tabla 5. Cultivos permanentes.

Cultivos Permanentes			
Cultivo	Área cosechada (Ha)	Producción (Ton)	Rendimiento (Ton/año)
Café	49,83	24,91	0,5
Plátano	3	18	6

Fuente: Autor.

Sector Pecuario. Las actividades económicas relacionadas a la actividad productiva en el sector pecuario son enfocadas en la tradición, es decir, se basan en la producción de bovinos, aves y porcinos. Los valores de inventario de ganados se encuentran (CAR et al., 2015). Dichas actividades contribuyen con la economía del territorio del municipio de Gambia.

Tabla 6. Inventario de ganado.

Bovinos	Porcinos	Aves
11.577	145	3.500

Fuente: Autor.

Características geomorfológicas de la microcuenca.

Tiempo de concentración. El tiempo de concentración es caracterizado como el tiempo de respuesta de una cuenca donde este, llegue al punto estacionario durante un aguacero o tormenta uniforme, es decir, el tiempo preciso para que el sistema de la cuenca asista la dirección del flujo desde el punto más lejano hasta el punto de cierre (Vélez Upegui & Botero Gutiérrez, 2011). Dicho tiempo varía dependiendo de las características geomorfológicas y de precipitación, siendo este último el más importante debido a que los aguaceros o tormentas presentes en la zona varían en intensidad y duración.

Entre las características geomorfológicas indispensable para determinar el tiempo de concentración están, el área total en kilómetros cuadrados (Km^2), la longitud del cauce en kilómetros (Km) y la pendiente (S)(Vélez Upegui & Botero Gutiérrez, 2011). Dichas características son utilizadas dependiendo las diferentes fórmulas aplicadas al momento de determinar el tiempo de concentración de la cuenca.



En la cuenca del rio chontales se realiza el montaje para determinar las características principales a utilizar en el estudio.

Tabla 7. Características geomorfológicas de la microcuenca.

Datos de la microcuenca	
L Cauce (Km)	15,16524041
L Cauce (m)	15165,24041
Pendiente (S)	5,064212498
Área (Km2)	44,95655871

Fuente: Autor

Para determinar el tiempo de concentración en el estudio se utilizaron diferentes metodologías con la finalidad de obtener una cantidad de resultados para así, adquirir la información verídica a partir de un promedio. Entre las metodologías realizadas se encuentran Temez, Kirpich, Ventura-Heraz, Californiana, Valencia y Zuluaga, Pilgrim y McDermott, Bransby-Williams, Clark y Giandotty (Blanquer, 2011).

Tabla 8. Tiempo de concentración en horas con diferentes metodologías.

Tc (Temez)	1,740641996
Tc (Kirpich)	0,295730159
Tc (Ventura-Heras)	2,99459006
Tc (Californiana)	0,286787889
Tc (Valencia y Zuluaga)	2,93301158
Tc (Pilgrim y McDermott)	3,227564686
Tc (Bransby-Williams)	1,823346529
Tc (Clark)	1,978168614
Tc (Giandotti)	2,244837478

Fuente: Autor.

Tabla 9. Tiempo de concentración promedio.

Tiempo concentración (Hora)	1,947186555
------------------------------------	-------------



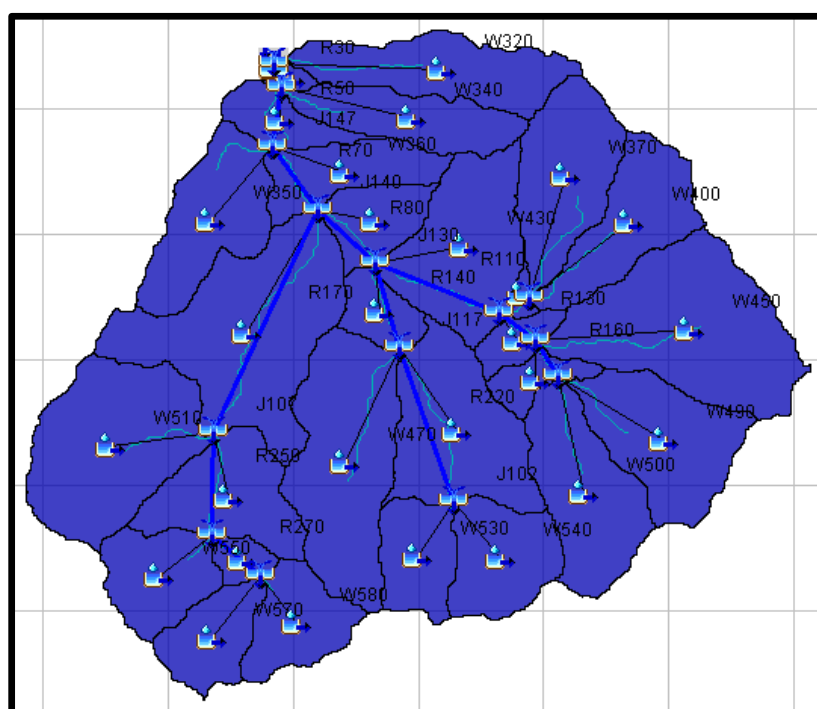
Tiempo concentración (Min)	116,8311933
-----------------------------------	-------------

Fuente: Autor.

Simulación hidrológica HEC-HMS. Para la elaboración de la simulación hidrológica se tienen en cuenta diferentes aspectos que influyen de manera correcta en dicha simulación. Entre los aspectos relevantes se encuentra las características y valores geomorfológicas de la zona, la relación de las estaciones de influencia en las subcuencas, la generación de las curvas de intensidad, duración y frecuencia (IDF) y la creación de los hietogramas de bloques alternos.

Valores geomorfológicos.

Ilustración 8. Microcuenca a modelar.



Fuente: Autor.

Tabla 10. Valores geomorfológicos de la microcuenca a modelar.

ANCHO PROMEDIO (Km)	5,86132375
FACTOR DE FORMA (adimensional)	0,76418474
DENSIDAD DE DRENAJE (adimensional)	0,33733099



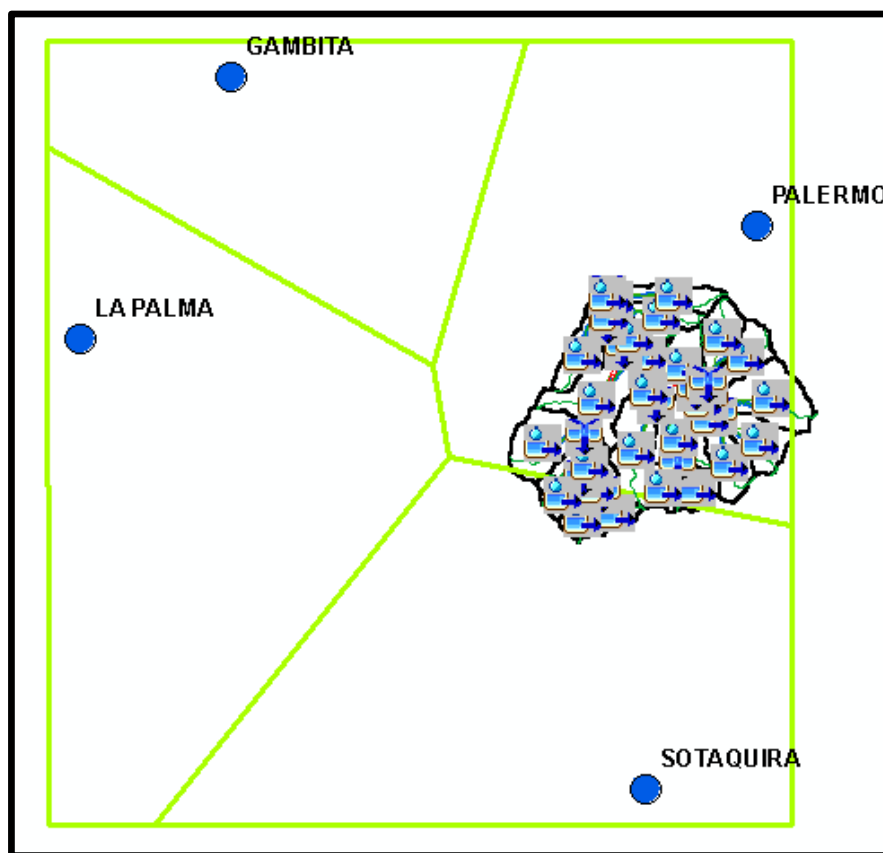
Fuente: Autor.

En relación a los valores obtenidos de las características y comportamiento de la microcuenca se infiere que, es una cuenca exorreica, la cual es caracterizada principalmente por ser un sistema abierto de circulación de agua superficial debido a que su desembocadura se genera fuera del territorio (Mar). De igual manera, al determinar el valor del factor de forma 0,76418474 se determina que la cuenca es ensanchada, debido a que se establece en un rango de 0,6 – 0,8. Por consiguiente se afirma que entre más circular sea la cuenca, se genera mayor posibilidad de que se presente una creciente, pues se caracteriza por tener mayor escorrentía (Santos Jaimes, Ramírez Jaimes, Cárdenas Arias, & Hernández Arroyo, 2018). Además, el valor obtenido de la densidad de drenaje es de 0,33733099, y se infiere que la zona de la cuenca presenta un drenaje regular, ya que el valor se establece en un rango de $0 < Dd < 1.0$ y determina que la densidad es baja, manifestando un territorio con drenaje bajo, esto debido a la composición de los materiales presentes en la cuenca en relación a su litología (Gil, Gentili, & Campo, 2009)

Polígonos de Thiessen. Para la generación de las curvas IDF del estudio es de vital importancia conocer la influencia de las diferentes estaciones en la cuenca a estudiar, en este caso se tomaron 4 estaciones pluviométricas de referencia (La palma, Gambita, Sotaquira y Palermo) con el fin de determinar las áreas y estaciones con mayor influencia que aportaran los datos específicos para realizar la simulación hidrológica en el modelo HEC-HMS. Al generar los polígonos de Thiessen, se observa que la estación pluviométrica de Palermo es la principal con mayor cobertura de área en relación a la influencia de la cuenca, de igual manera, la estación pluviométrica de Sotaquira aporta un porcentaje menor de influencia para la ejecución del estudio y, finalmente las estaciones de La palma y Gambita no contribuyen en la influencia de la cuenca a estudiar (Ilustración 9). Por tal motivo, se genera el estudio con datos arrojados por las estaciones Sotaquira y Palermo.



Ilustración 9. Polígonos de Thiessen.

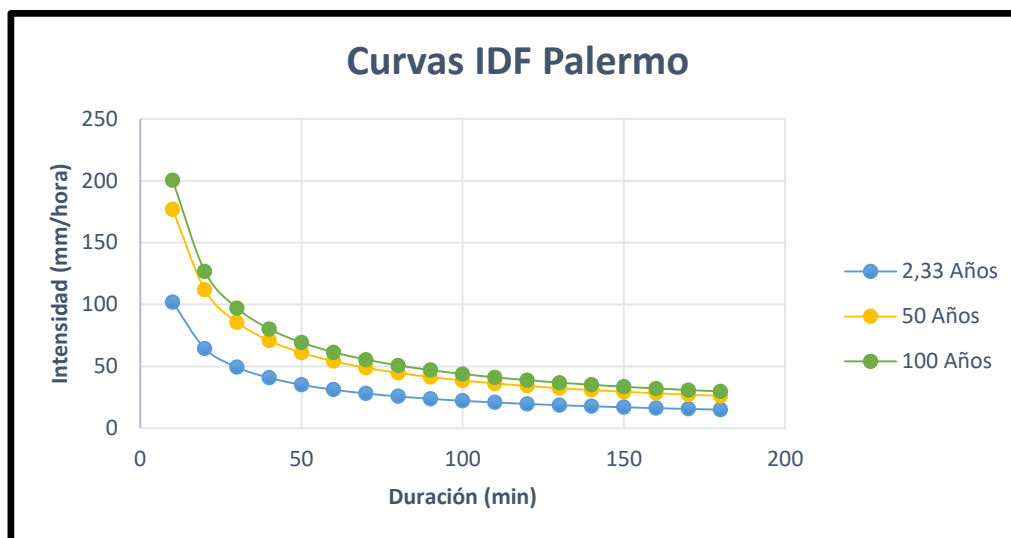


Fuente: Autor.

Curvas de Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF). La creación de las curvas IDF se realiza a partir de diferentes puntos significativos de la intensidad media presente en la precipitación en diferentes duraciones, que corresponden a un periodo de retorno específico (Temez, 1987). Las curvas IDF son esenciales para diseñar la construcción de embalses, presas, drenajes y demás, con el objetivo de conocer el caudal en diferentes periodos de retorno (Mauricio, Castellanos, Xiomara, & Aponte, 2013)

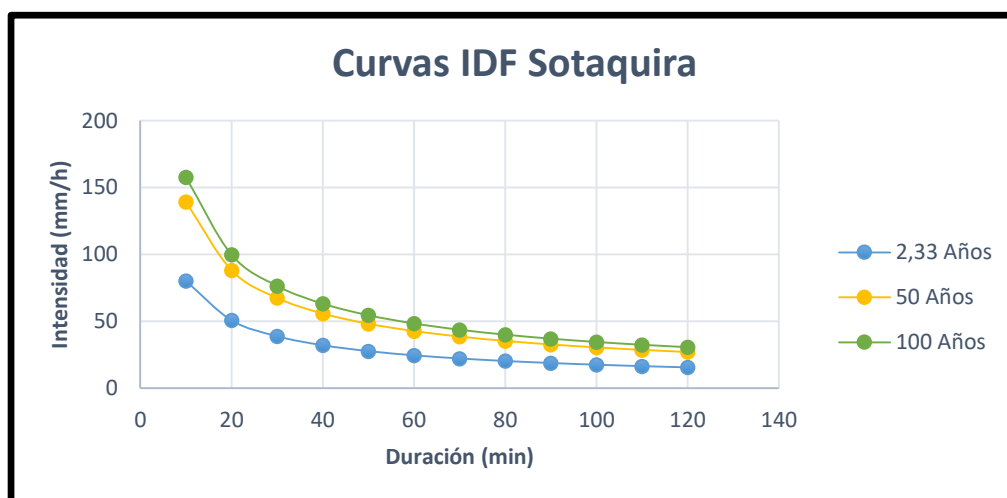


Ilustración 10. Curvas IDF estación Palermo



Fuente: Autor.

Ilustración 11. Curvas IDF estación Sotaquira.



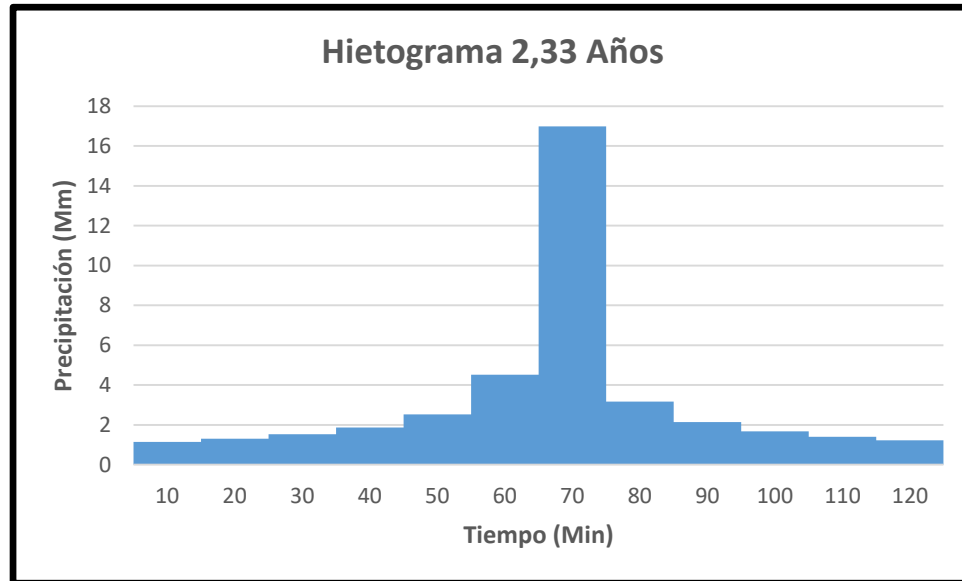
Fuente: Autor.

Hietogramas de aguaceros en bloques alternos. Los hietogramas son diseñados a partir de las intensidades generadas en la creación de las Curvas IDF. La metodología de bloques alternos es sencilla respecto a la generación de los hietogramas, los cuales arrojan como resultado la profundidad de precipitación ocurrida en un intervalo de tiempo. En este caso, se diseñaron los hietogramas en bloques alternos para cada estación (Palermo y Sotaquira) dependiendo los



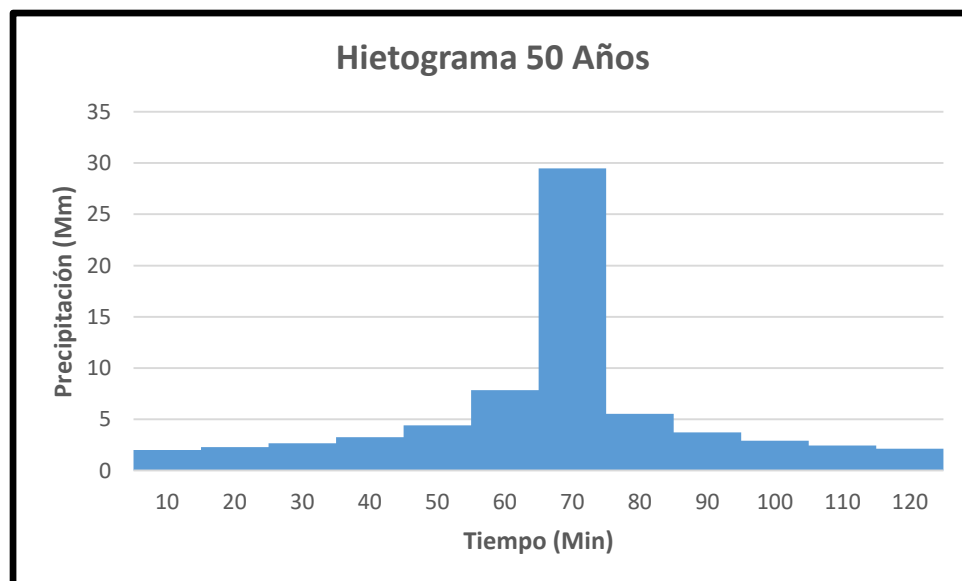
diferentes periodos de retorno (2,33, 50 y 100 años) con un intervalo de tiempo de 10 minutos hasta llegar a 120 minutos (aproximación al tiempo de concentración)

Ilustración 12. Hietograma estación Palermo 2,33 Años.



Fuente: Autor.

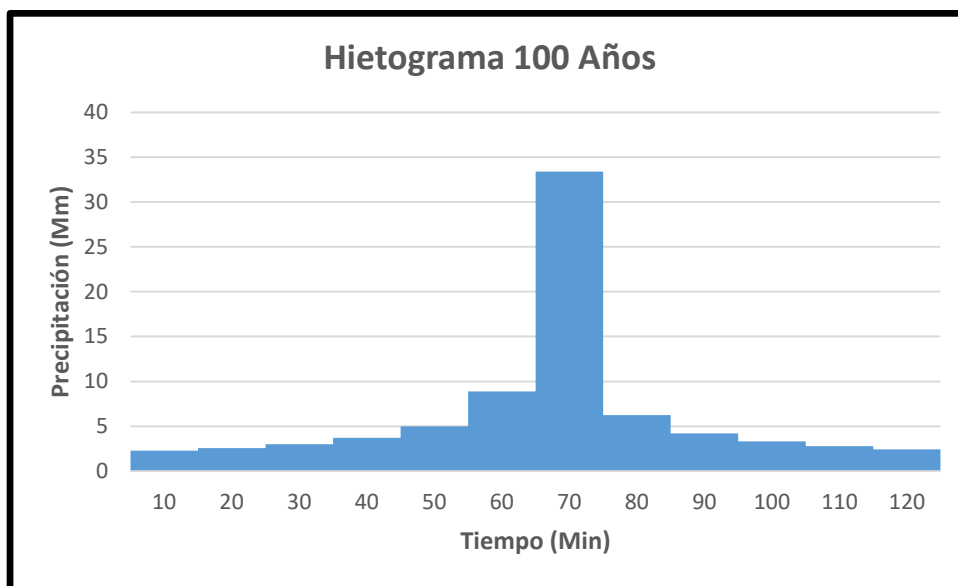
Ilustración 13. Hietograma estación Palermo 50 años.



Fuente: Autor.

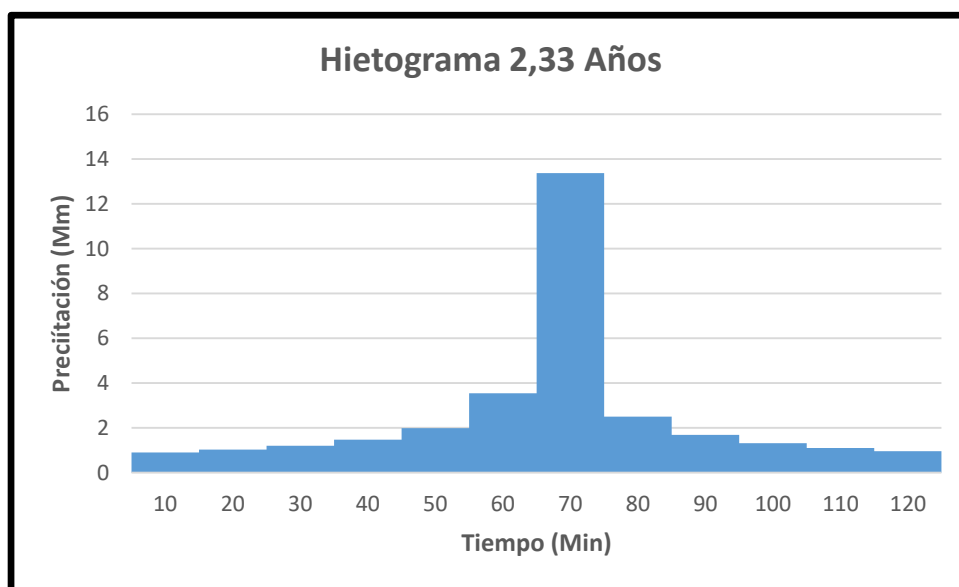


Ilustración 14. Hietograma estación Palermo 100 años.



Fuente: Autor.

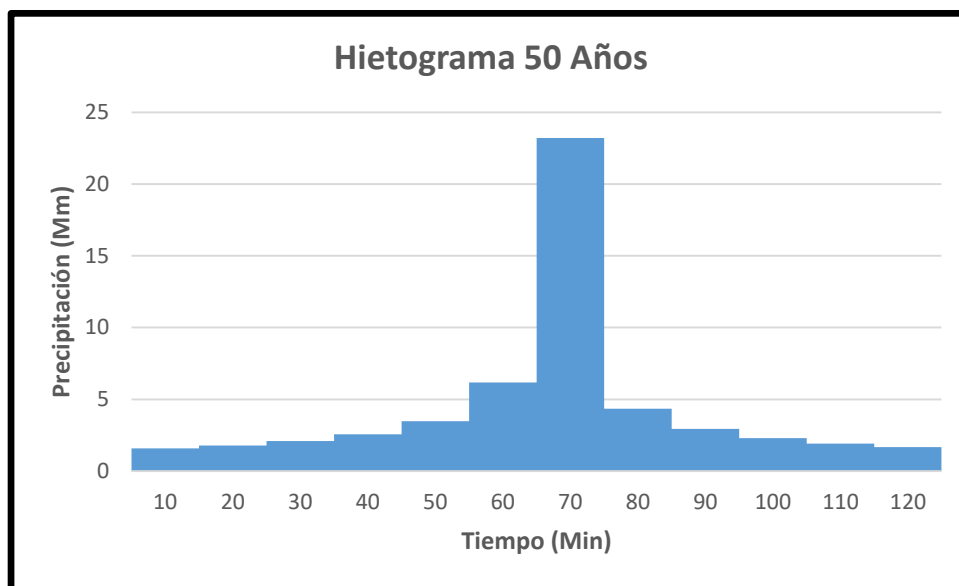
Ilustración 15. Hietograma estación Sotaquira 2,33 Años.



Fuente: Autor.

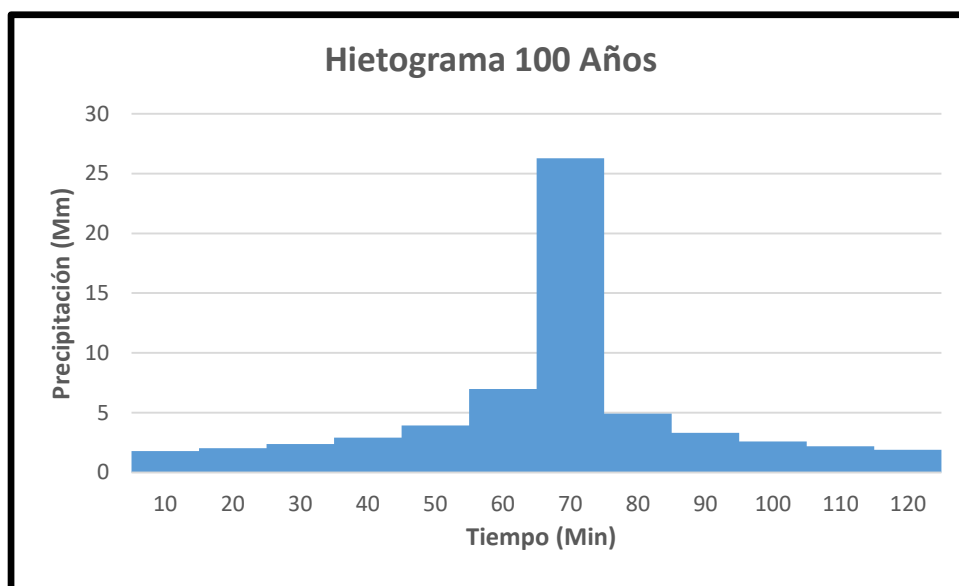


Ilustración 16. Hietograma estación Sotaquira 50 años.



Fuente: Autor.

Ilustración 17. Hietograma estación Sotaquira 100 años.



Fuente: Autor.

Modelo HEC-HMS. La circulación de avenidas o hidrogramas hace referencia a como se propagan las avenidas a través de la red de cauces. La metodología implementada en el modelo HEC-HMS para la circulación del hidrograma es la Muskingum. Ésta es la técnica hidrológica más



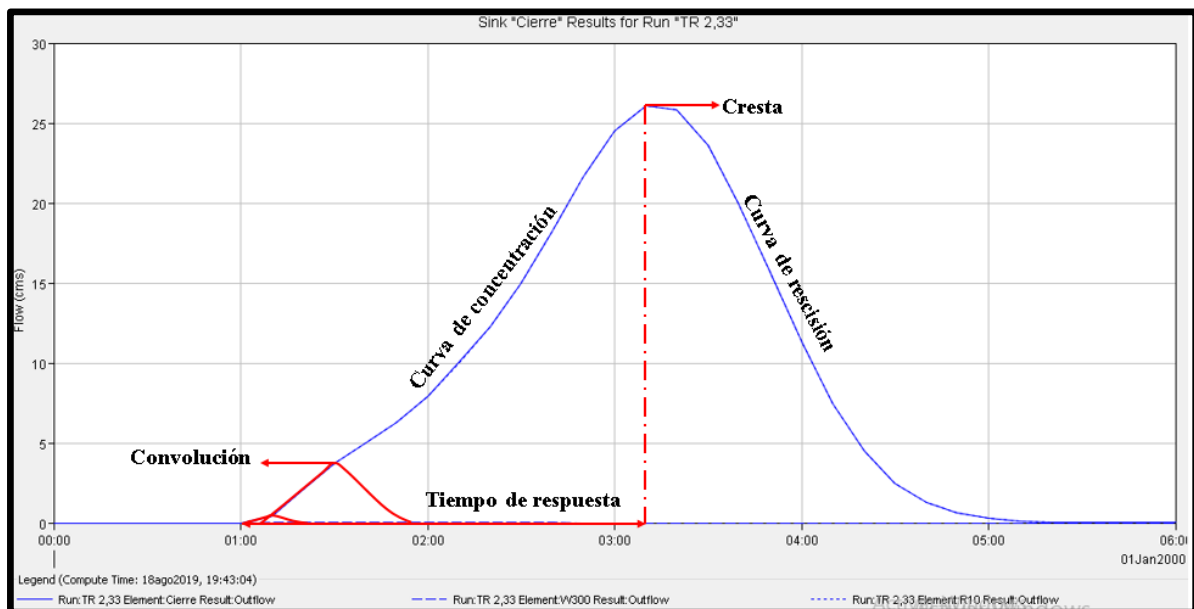
difundida para manejar relaciones variables de descargas-almacenamientos (*Hidrologia Aplicada - Ven Te Chow, David R. Maidment y Larry W. Mays.pdf, n.d.*).

La simulación hidrológica llevada a cabo en el estudio, se realizó dependiendo los factores característicos de la cuenca donde se tiene en cuenta la extensión total de su área, el tiempo de concentración y características como la pendiente y el tipo de suelo con l finalidad de determinar el número de curva. Dichos factores son hallados anteriormente para la simulación mediante el modelo HEC-HMS.

En relación a las características de los hidrogramas generados por el HEC- HMS, se pudo identificar que estos presentan una alteración de pulsos en intervalos de tiempos específicos a lo que se denomina convolucion, la cual se refiere a los hidrogramas unitarios que se conforman a partir de diferentes hietogramas donde, al realizar la respectiva suma se obtiene un hidrograma que en 24 horas utiliza diferentes intervalos de tiempo, es decir, que hace referencia a la intensidad generada en un tiempo determinado en relación con la escorrentía en un tiempo posterior (*Hidrologia Aplicada - Ven Te Chow, David R. Maidment y Larry W. Mays.pdf, n.d.*)

Hidrograma 2,33 años.

Ilustración 18.*Hidrograma 2,33 años.*



Fuente: HEC-HMS.



Ilustración 19. Datos hidrograma 2,33 años.

Project: Tesis		Simulation Run: TR 2,33	
Sink: Cierre			
Start of Run: 01ene2000, 00:00	Basin Model:	Tesis	
End of Run: 01ene2000, 06:00	Meteorologic Model:	Tesis	
Compute Time: 18ago2019, 19:43:04	Control Specifications: TR 2,33_control		
Volume Units: ☒ MM ☐ 1000 M3			
Computed Results			
Peak Discharge: 26,1 (M3/S)		Date/Time of Peak Discharge: 01ene2000, 03:10	
Volume: 3,55 (MM)			

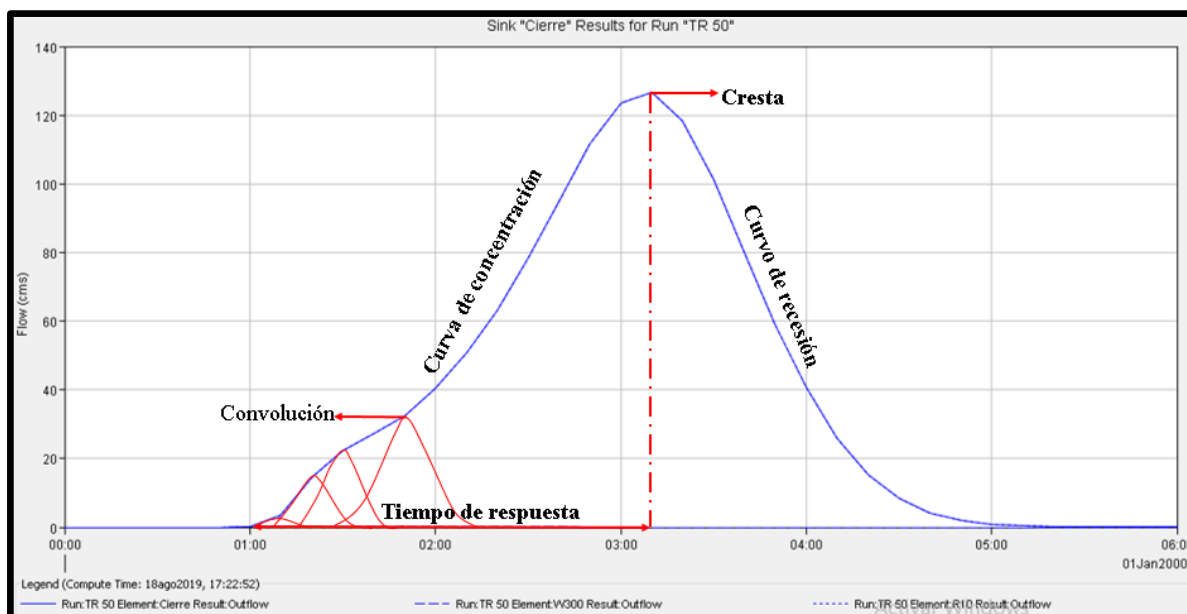
Fuente: HEC-HMS

En la simulación hidrológica generada para 2,33 años se realiza el respectivo análisis de diferentes factores que conforman el hidrograma, entre ellos se encuentra la curva de concentración la cual se estima en un determinado tiempo que se establece entre la 1:00 hasta las 3:10 de la madrugada, esta curva hace referencia al aumento progresivo del caudal. De igual manera, se establece el tiempo de respuesta de la cuenca, que se encuentra en el mismo lapso de tiempo de la curva de concentración debido a que a que el inicio de la lluvia se genera a la 1:00 y dicho tiempo termina hasta alcanzar la cresta que está ubicada a las 3:10 de la madrugada. Igualmente, se establece la cresta del hidrograma donde, alcanza su caudal máximo el cual corresponde a $26,1 \text{ m}^3/\text{s}$, dicha cresta se localiza en el intervalo de tiempo de 3:10 de la madrugada. Además, se estima la curva de recesión la cual especifica el momento que se genera la correspondiente disminución progresiva del caudal, esta curva se encuentra establecida entre las 3:10 y las 5:10 de la madrugada. De igual forma, en la simulación hidrológica para el año 2,33 se obtienen 2 puntos de convolución señalados en los tiempos 1:10 y 1:30 donde se diferencia la alteración progresiva de los pulsos en relación a la intensidad generada. Finalmente, cabe resaltar que el área bajo la curva del hidrogarama corresponde al volumen generado en el tiempo de duración de la lluvia, el cual corresponde a un valor de 3,55 Mm.



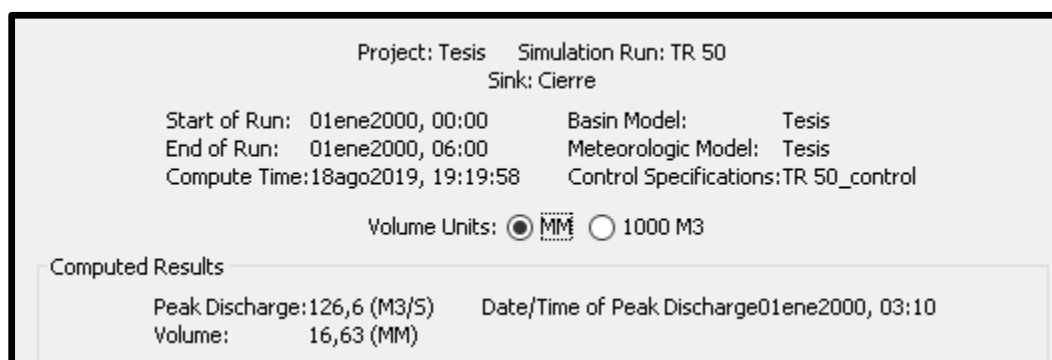
Hidrograma 50 años.

Ilustración 20. Hidrograma 50 años.



Fuente: HEC-HMS.

Ilustración 21. Datos hidrograma 50 años.



Fuente: HEC-HMS.

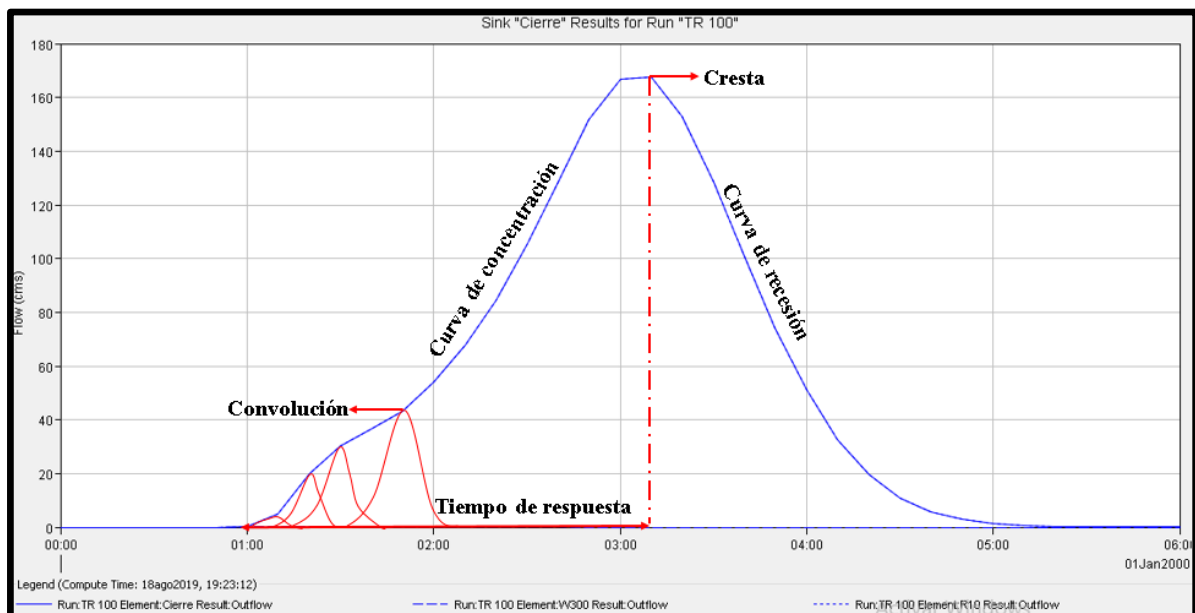
En la simulación hidrológica generada para 50 años se realiza el respectivo análisis de diferentes factores que conforman el hidrograma, entre ellos se encuentra la curva de concentración la cual se estima en un determinado tiempo que se establece entre la 1:00 hasta las 3:10 de la madrugada, esta curva hace referencia al aumento progresivo del caudal. De igual manera, se establece el tiempo de respuesta de la cuenca, que se encuentra en el mismo lapso de tiempo de la curva de concentración debido a que a que el inicio de la lluvia se genera a la 1:00 y dicho tiempo termina



hasta alcanzar la cresta que está ubicada a las 3:10 de la madrugada. Igualmente, se establece la cresta del hidrograma donde, alcanza su caudal máximo el cual corresponde a 126,6 m³/s, dicha cresta se localiza en el intervalo de tiempo de 3:10 de la madrugada. Además, se estima la curva de recesión la cual especifica el momento que se genera la correspondiente disminución progresiva del caudal, esta curva se encuentra establecida entre las 3:10 y las 5:30 de la madrugada. De igual forma, en la simulación hidrológica para 50 años, se obtienen 4 puntos de convolución señalados en los tiempos 1:10, 1:20, 1:30 y 1:50 donde se diferencia la alteración progresiva de los pulsos en relación a la intensidad generada. Finalmente, cabe resaltar que el área bajo la curva del hidrograma corresponde al volumen generado en el tiempo de duración de la lluvia, el cual corresponde a un valor de 16,63 Mm.

Hidrograma 100 años.

Ilustración 22. Hidrograma 100 años.



Fuente: HEC-HMS.



Ilustración 23. Datos hidrograma 100 años.

Project: Tesis		Simulation Run: TR 100	
Sink: Cierre			
Start of Run: 01ene2000, 00:00	Basin Model:	Tesis	
End of Run: 01ene2000, 06:00	Meteorologic Model:	Tesis	
Compute Time: 18ago2019, 19:23:12	Control Specifications: TR 100_control		
Volume Units: ☒ MM ☐ 1000 M3			
Computed Results			
Peak Discharge: 167,6 (M3/S)	Date/Time of Peak Discharge: 01ene2000, 03:10		
Volume: 21,94 (MM)			

Fuente: HEC—HMS.

En la simulación hidrológica generada para 100 años se realiza el respectivo análisis de diferentes factores que conforman el hidrograma, entre ellos se encuentra la curva de concentración la cual se estima en un determinado tiempo que se establece entre la 1:00 hasta las 3:10 de la madrugada, esta curva hace referencia al aumento progresivo del caudal. De igual manera, se establece el tiempo de respuesta de la cuenca, que se encuentra en el mismo lapso de tiempo de la curva de concentración debido a que el inicio de la lluvia se genera a la 1:00 y dicho tiempo termina hasta alcanzar la cresta que está ubicada a las 3:10 de la madrugada. Igualmente, se establece la cresta del hidrograma donde, alcanza su caudal máximo el cual corresponde a 167,6 m³/s, dicha cresta se localiza en el intervalo de tiempo de 3:10 de la madrugada. Además, se estima la curva de recesión la cual especifica el momento que se genera la correspondiente disminución progresiva del caudal, esta curva se encuentra establecida entre las 3:10 y las 5:30 de la madrugada. De igual forma, en la simulación hidrológica para 100 años, se obtienen 4 puntos de convolución señalados en los tiempos 1:10, 1:20, 1:30 y 1:50 donde se diferencia la alteración progresiva de los pulsos en relación a la intensidad generada. Finalmente, cabe resaltar que el área bajo la curva del hidrogarama corresponde al volumen generado en el tiempo de duración de la lluvia, el cual corresponde a un valor de 21,94 Mm.

Finalmente, en los hidrogramas obtenidos para los periodos de retorno 2,33, 50 y 100 años se presenta variaciones en las convoluciones, esto debido al aumento de los pulsos de la intensidad de la lluvia en el transcurso del tiempo, es decir, que la intensidad de precipitación varía altamente al aumentar los años (*Hidrologia Aplicada - Ven Te Chow, David R. Maidment y Larry W. Mays.pdf*, n.d.). Al realizar la comparación de los hidrogramas, el cambio de 2,33 a los siguientes



años se muestra un aumento en 2 convoluciones, no quiere decir que en 2,33 no los presente, solamente que como el aumento de los años es extenso se evidencia de manera mayor las alteraciones en los pulsos de intensidad. No obstante, es importante recalcar que la variación del cambio climático no solo se debe a las actividades naturales, sino también antropogénicas (Oreskes, 2005) y esto ocasiona aumento o disminución de la precipitación en diferentes zonas, dependiendo del calentamiento y las alteraciones que sufra el recurso suelo (García et al., 2018).

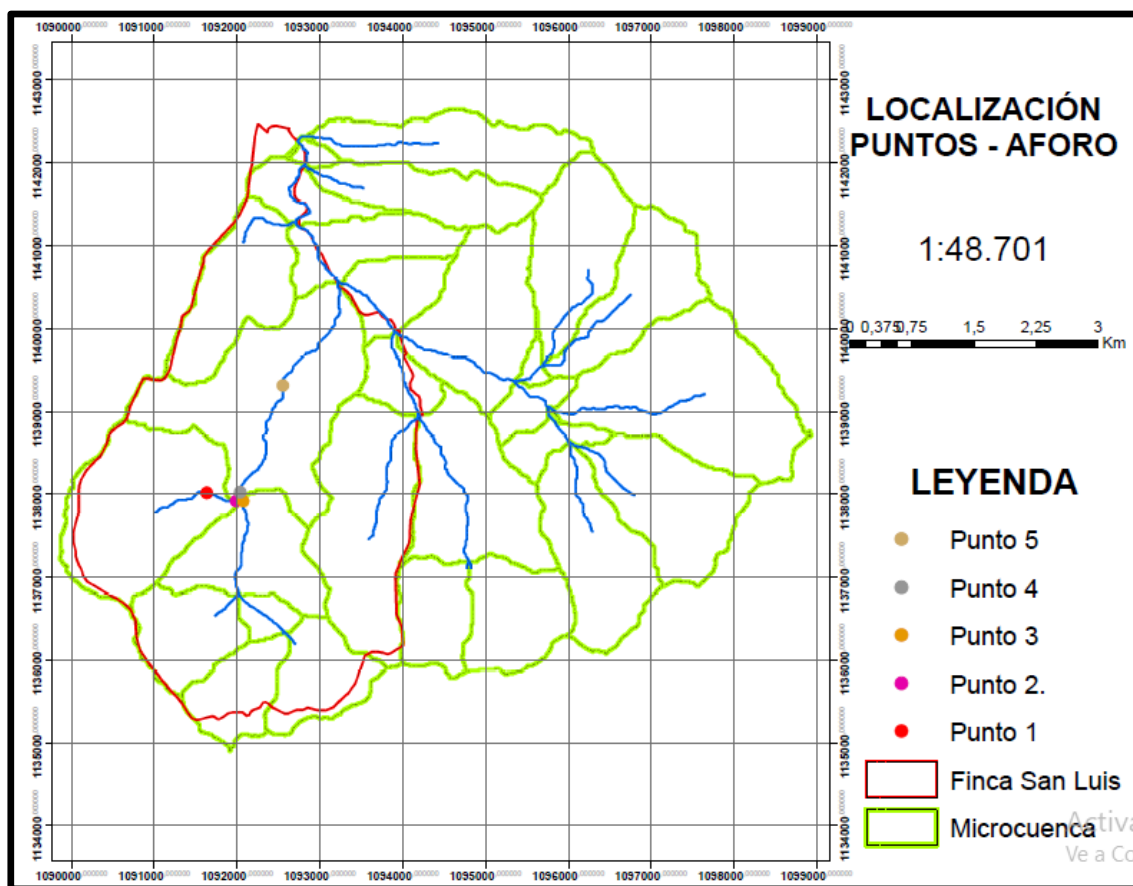
Aforo. La ejecución del aforo en el río Chontales se realizó para determinar el caudal de oferta que brinda el cauce con la finalidad de utilizarlo en las actividades económicas a proponer enfocadas en la nueva ruralidad. Se determinaron 5 puntos de aforo teniendo en cuenta zonas estratégicas por la unión de las quebradas que conforman el río principal.

Tabla 11. *Coordenadas de puntos de aforo.*

PUNTO	ALTITUD	LONGITUD	ALTURA
Aforo 1	N 05° 51' 43,07"	W 73° 14' 10,17"	2279 m.s.n.m
Aforo 2	N 05° 51' 53,81"	W 73° 14' 7,17"	2245 m.s.n.m
Aforo 3	N 05° 51' 59,80"	W 73° 14' 11,47"	2225 m.s.n.m
Aforo 4	N 05° 52' 01,60"	W 73° 14' 10,80"	2224 m.s.n.m
Aforo 5	N 05° 52' 35,42"	W 73° 14' 26,86"	2152 m.s.n.m

Fuente: Autor.



Ilustración 24. Localización de puntos de aforo.

Fuente: Autor.

El aforo de los puntos se ejecutó mediante la metodología de molinete, utilizando el correntómetro de la facultad de Ingeniería Ambiental de la Universidad Santo Tomas seccional Tunja. Sin embargo, en relación a esta metodología se debe tener en cuenta recomendaciones generales al realizar dicho procedimiento en corrientes naturales. Dichas recomendaciones son las siguientes para el estudio según (MARBELLO PÉREZ, 2005)

- ✓ Para profundidades de 0.0 a 3.0 metros se requieren 3 tomas de velocidad
- ✓ Tomar las velocidades en puntos diferentes

A partir de las recomendaciones mencionadas anteriormente, se ejecutó el aforo del río en los 5 puntos en 2 ocasiones teniendo en cuenta la temporada de lluvia y sequía. En temporada de lluvia se efectuó el aforo en el mes de abril y en temporada seca se efectuó en el mes de septiembre. En este caso, se realizó la comparación de los caudales obtenidos en las dos temporadas para



determinar la disminución del flujo y su totalidad en temporada de sequía el cual es utilizado para el abastecimiento de las actividades económicas productivas. Realizando los cálculos en las diferentes secciones de muestreo se obtienen los siguientes resultados.

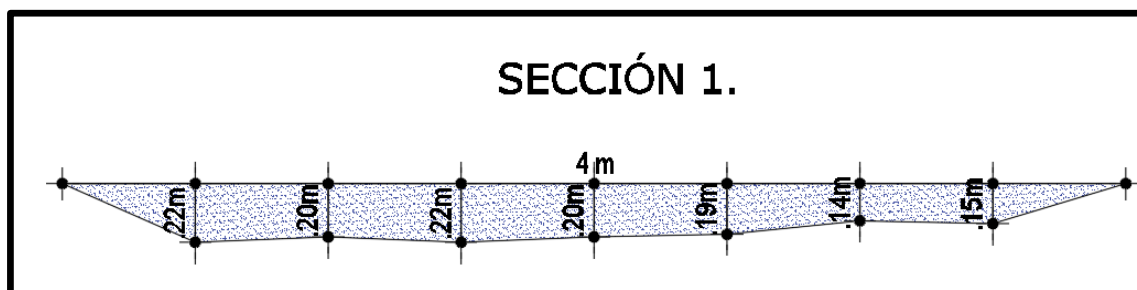
Punto 1.

Tabla 12. Datos sección punto 1.

PUNTO DE MUESTREO (m)	PROFUNDIDAD OBTENIDA (m)	VELOCIDAD (m/s)
0,5	0,22	0,2
1	0,20	N.A
1,5	0,22	0,1
2	0,20	N.A
2,5	0,19	0,1
3	0,14	N.A
3,5	0,15	0
PROMEDIO	0,18875	0,1

Fuente: Autor.

Ilustración 25. Sección transversal punto 1.



Fuente: Autor.

$$\text{Área} = 0,6355$$

$$\text{Caudal} = \text{Área } m^2 * \text{Velocidad } \frac{m}{s}$$



$$Caudal = 0,6355m^2 * 0,1 \frac{m}{s}$$

$$Caudal = 0,0635m^3/s$$

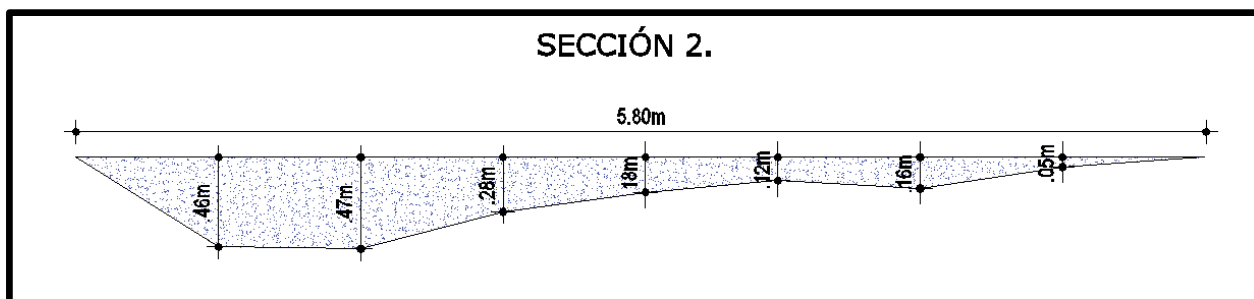
Punto 2.

Tabla 13. Datos sección punto 2.

PUNTO DE MUESTREO	PROFUNDIDAD OBTENIDA (m)	VELOCIDAD (m/s)
0,73m	0,46	0,1
1,46 m	0,47	N.A
2,19 m	0,28	0,1
2,92 m	0,18	N.A
3,65 m	0,12	0,3
4,38 m	0,16	N.A
5,11m	0,5	0,1
PROMEDIO	0,31	0,15

Fuente: Autor.

Ilustración 26. Sección transversal punto 2.



Fuente: Autor.

$$\text{Área} = 1,3409m^2$$

$$Caudal = \text{Área } m^2 * \text{Velocidad } \frac{m}{s}$$

$$Caudal = 1,3409m^2 * 0,15 \frac{m}{s}$$

$$Caudal = 0,2011m^3/s$$



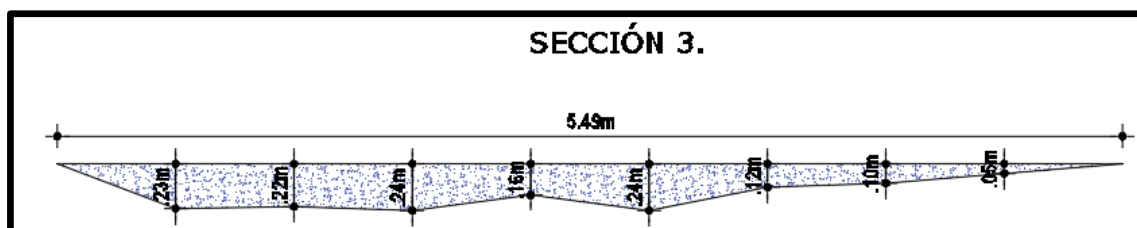
Punto 3.

Tabla 14. Datos sección punto 3.

PUNTO DE MUESTREO	PROFUNDIDAD OBTENIDA (m)	VELOCIDAD (m/s)
0,61m	0,23	0,2
1,22 m	0,22	N.A
1,83 m	0,24	0,6
2,44 m	0,16	N.A
3,05 m	0,24	0,6
3,66 m	0,12	N.A
4,27 m	0,10	0,1
4,88	0,5	N.A
PROMEDIO	0,226	0,375

Fuente: Autor.

Ilustración 27. Sección transversal punto 3.



Fuente: Autor.

$$\text{Área} = 0,8284\text{m}^2$$

$$\text{Caudal} = \text{Área m}^2 * \text{Velocidad } \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$\text{Caudal} = * 0,375 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$\text{Caudal} = 0,31065\text{m}^3/\text{s}$$



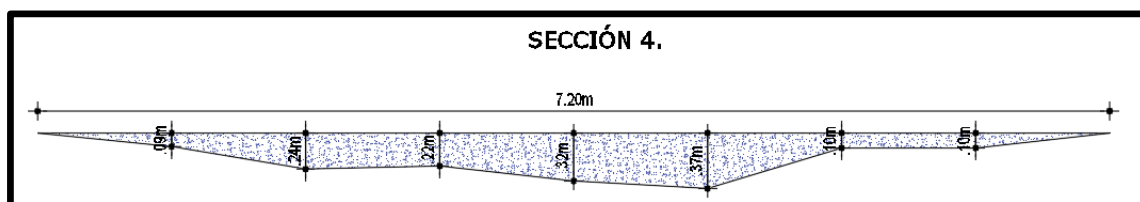
Punto 4.

Tabla 15. Datos sección punto 4.

PUNTO DE MUESTREO	PROFUNDIDAD OBTENIDA (m)	VELOCIDAD (m/s)
0,9m	0,9	0,1
1,8 m	0,24	N.A
2,7 m	0,22	0,1
3,6 m	0,32	N.A
4,5 m	0,37	0,6
5,4 m	0,1	N.A
6,3 m	0,1	0,1
PROMEDIO	0,321	0,225

Fuente: Autor.

Ilustración 28. Sección transversal punto 4.



Fuente: Autor.

$$\text{Área} = 1,3297\text{m}^2$$

$$\text{Caudal} = \text{Área m}^2 * \text{Velocidad } \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$\text{Caudal} = 1,3297\text{m}^2 * 0,225 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$\text{Caudal} = 0,29910\text{m}^3/\text{s}$$

Punto 5.

Tabla 16. Datos sección punto 5.

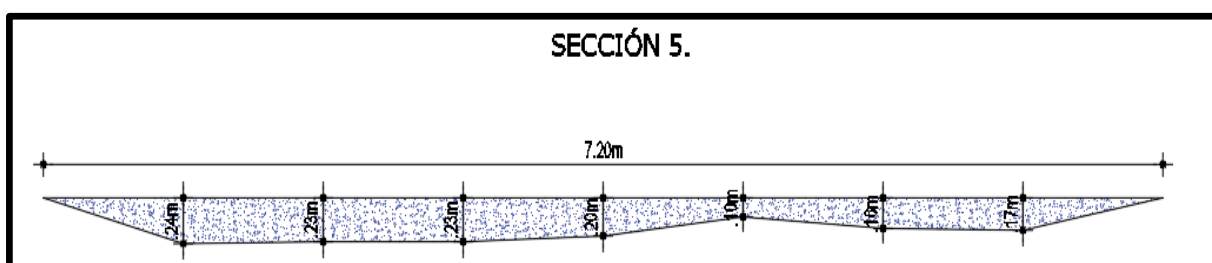
PUNTO DE MUESTREO	PROFUNDIDAD OBTENIDA (m)	VELOCIDAD (m/s)
-------------------	--------------------------	-----------------



0,9 m	0,24	0,2
1,8 m	0,23	N.A
2,7 m	0,23	0,6
3,6 m	0,20	N.A
4,5 m	0,10	0,2
5,4 m	0,16	N.A
6,3 m	0,17	0,3
PROMEDIO	0,19	0,325

Fuente: Autor.

Ilustración 29. Sección transversal punto 5.



Fuente: Autor.

$$\text{Área} = 1,2219 \text{ m}^2$$

$$\text{Caudal} = \text{Área m}^2 * \text{Velocidad } \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$\text{Caudal} = 1,2219 * 0,325 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$\text{Caudal} = 0,329 \text{ m}^3/\text{s}$$

Comparaciones de caudales.

Tabla 17. Comparaciones de caudales.

Sección	Abril (temporada de lluvia)	Septiembre (temporada de sequía)
1	Q = 0,732 m ³ /s	Q = 0,0635m ³ /s
2	Q = 0,606 m ³ /s	Q = 0,2011m ³ /s
3	Q = 1,1423 m ³ /s	Q = 0,31065m ³ /s



4	$Q = 2,5586 \text{ m}^3/\text{s}$	$Q = 0,29910 \text{ m}^3/\text{s}$
5	$Q = 4,9 \text{ m}^3/\text{s}$	$Q = 0,329 \text{ m}^3/\text{s}$

Fuente: Autor.

Como se observan detalladamente los caudales en cada sección de muestreo disminuyeron en cantidad en temporada de sequía, esto quiere decir, que para las actividades a proponer se encuentra dificultad para que la oferta hídrica presenten en el río supla la demanda que necesitan dichas actividades para su funcionamiento.

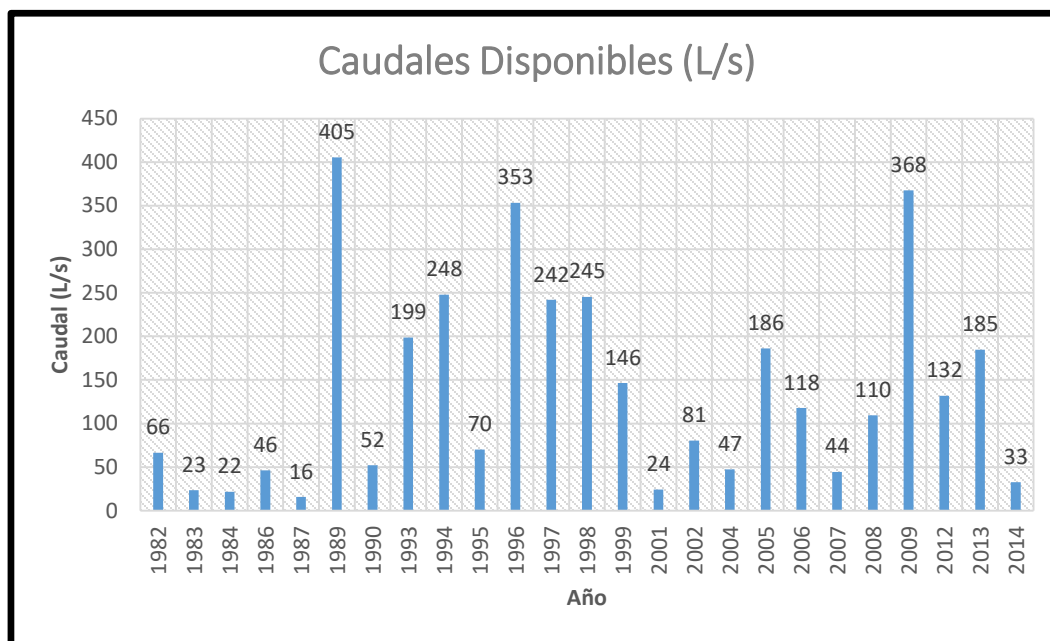
Balance hídrico Soil Conservation Service (SCS).

Método del número de curva CN del Soil Conservation Service para estimar abstracciones de la precipitación caudales ecológicos. El Soil Conservation Service de los Estados Unidos de América, SCS, desarrollo el método denominado número de curva de escorrentía CN, para la determinar las abstracciones de una tormenta, las cuales incluyen la intercepción, la detención superficial y la infiltración (*Hidrología Aplicada - Ven Te Chow, David R. Maidment y Larry W. Mays.pdf*, n.d.)

En este método, la profundidad de escorrentía (es decir, la profundidad efectiva de precipitación) es una función de la profundidad total de precipitación y de un parámetro de abstracción referido al número de curva de escorrentía, denominado número de curva o CN. El número de curva varía en un rango de 1 a 100, existiendo una función de las siguientes propiedades productoras de escorrentía de la hoya hidrográfica: (1) tipo de suelo hidrológico, (2) utilización y tratamiento del suelo, (3) condiciones de la superficie del terreno, y (4) condición de humedad antecedente del suelo. (Goyena, 2019)

Por medio de este método y según los datos hidrológicos del POMCA del año 1980 hasta 2014 medido en las estaciones de Sotaquira y Palermo, se realizó el cálculo del caudal medio, mínimo y ecológico presentado en el río Chontales en el municipio de Gambita-Santander, generando caudales disponibles para cada año correspondiente. Sin embargo, debido a que la metodología del SCS es lluvia-escorrentía los valores de los caudales son dependientes de la precipitación generada en la zona. Por tal razón, los resultados detallan caudales acordes a la precipitación presentada en la zona de estudio.

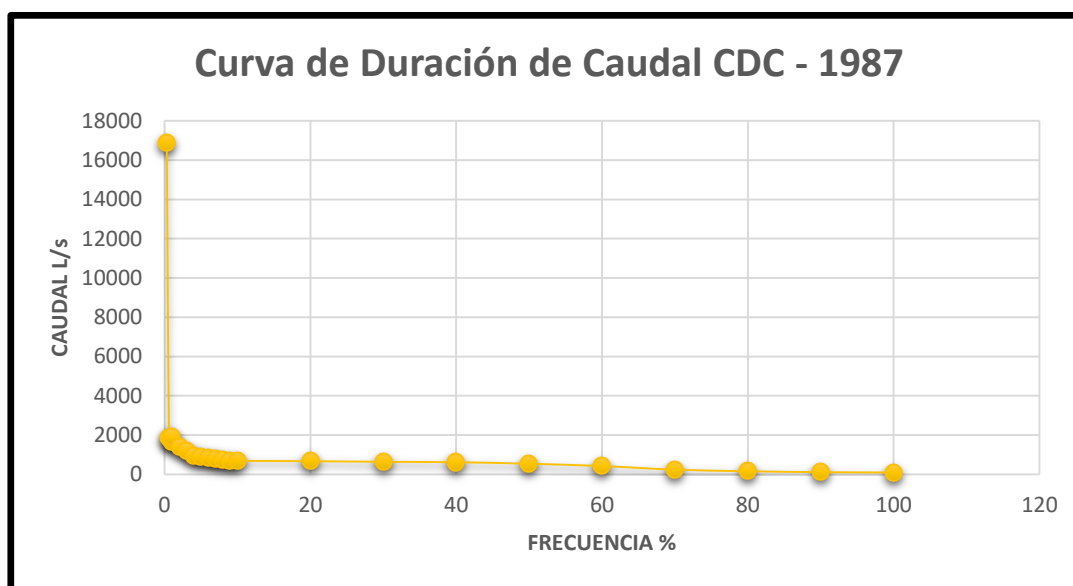


Ilustración 30. Caudales disponibles.**Fuente:** Autor.

En la ejecución del balance hídrico mediante el método Soil Conservation Service en el transcurso de los años de 1980 a 2014 se encuentran variaciones en los caudales, los cuales son dependientes de la precipitación que se genera en la zona. No obstante, es importante recalcar que la obtención de los caudales disponibles se realiza mediante la resta del caudal mínimo y el caudal ecológico.

El caudal ecológico es un valor donde establece la cantidad del flujo requerido en un cauce para conservar los procesos de los ecosistemas acuáticos que brindan bienes y servicios eco sistémicos (World Wildlife Fund, 2010). Y, el caudal mínimo es aquel que se obtiene en el 95% del caudal medio presentado en el año. En este caso, la Figura XX. Muestra el ejemplo de la curva de duración de caudales para obtener el caudal mínimo en el año 1987 debido a que en este año se presentó mayor sequía que los demás.



Ilustración 31. Curva de duración de caudal 1987.

Fuente: Autor.

Estrategias sostenibles de uso para el recurso hídrico.

Hablar de sostenibilidad en el ámbito rural es de suma importancia debido a la falta de conocimiento de la población en este tema, y el desinterés de las entidades gubernamentales en apoyar lo relacionado al uso eficiente y eficaz de los recursos naturales en los sectores rurales. La sostenibilidad implica conseguir un equilibrio entre los aspectos sociales, económicos y ambientales, por tal motivo, plantear estrategias sostenibles radica en planificar diversas series de acciones meditadas donde su fin sea aportar valores de viabilidad, equidad y soportables en los aspectos mencionados anteriormente (FAO, 2016).

En efectos de la investigación se plantean diversas actividades productivas agropecuarias para ser implementadas en la finca San Luis del municipio de Gambita. Estas actividades económicas a ejecutar, se plantearon teniendo en cuenta que dicho municipio al ser límite con Boyacá cuenta con características óptimas para la producción agropecuaria (Territorial & Resumen, 1997).

Actividades Agropecuarias Sugeridas. A raíz de que Gambita cuenta con características agropecuarias favorables se sugiere la implementación de actividades económicas relacionadas en la plantación de cultivos y la crianza y sacrificio de carne. A continuación, se dan a conocer las actividades económicas sugeridas teniendo en cuenta la población de los municipios de Gambita



y Paipa debido a que las cabeceras municipales se encuentran más cercanas. En este caso, se utilizaron los datos de población total de los municipios brindada por el DANE mediante los censos de los años 1993 y 2005 y se ejecutó la proyección de población a 25 años (hasta 2044) como lo establece el RAS título B.

Tabla 18. Cultivos sugeridos y caudales de demanda.

Cultivos					
Población Proyectada 2044	Cultivos	Área Requerida (Ha)	Caudal de demanda (m3/año)	Caudal de demanda (m3/día)	Caudal de demanda (m3/s)
51.550	Cacao	96	4642259,259	12718,51852	0,147205075
	Maíz	26	1128069	3090,6	0,035770833
	Café	26	1253,41	3,434	3,97454E-05
	Trigo	30	447646,4286	1226,428571	0,014194775
	Cebada	9	261127,0833	715,4166667	0,008280285
Total	N.A	187	6480355,181	17754,39776	0,205490715

Fuente: Autor.

Tabla 19 Caudal de demanda en la crianza de Res.

Crianza Res					
Población Proyectada 2044	Crianza a de res	Área Requerida (Ha)	Caudal de demanda (m3/año)	Caudal de demanda (m3/día)	Caudal de demanda (m3/s)
51.550	Res	4	150412,85	412,09	0,00476956
	Cerdo	2	18432,5	50,5	0,000584491
	Pollo	24	141008,625	386,325	0,004471354
Total	N.A	30	309853,975	848,915	0,009825405

Fuente: Autor.

Tabla 20. Caudal de demanda del sacrificio de Res.

Sacrificio Res



Población Proyectada 2044	Crianza a de res	Área Requerida (Ha)	Caudal de demanda (m3/año)	Caudal de demanda (m3/día)	Caudal de demanda (m3/s)
51.550	Res	0,2715	15453000	42336,9863	0,490011416
	Cerdo	0,2715	3090600	8467,39726	0,098002283
	Pollo	0,5	6644790	18204,90411	0,210704909
Total	N.A	1,043	25188390	69009,28767	0,798718607

Fuente: Autor.

Tabla 21. Caudal de demanda total.

Caudal de demanda Total		
Caudal de demanda (m3/año)	Caudal de demanda (m3/día)	Caudal de demanda (m3/s)
31978599,16	87612,60043	1,014034727

Fuente: Autor.

Estrategias y tecnologías sostenibles para el uso del recurso hídrico. En primera instancia, es importante tener en cuenta las características agroecológicas de la zona de estudio, en este caso las características de la finca San Luis donde se supone que existen diferentes aspectos para la identificación y determinación de las estrategias y tecnológicas sostenibles para el uso eficiente del agua (Fao, 2011). Estos aspectos benefician la efectividad de las estrategias y/o tecnologías y la respectiva contribución a la gestión del recurso hídrico. Según (Fao, 2011) los aspectos a tener en cuenta son los siguientes:

- ✓ Precipitación promedio anual
- ✓ Caudal de oferta del río que pasa en la cercanía de la finca
- ✓ Suelo
- ✓ Pendiente del terreno

Por otra parte, otros aspectos a tener en cuenta para implementar las estrategias de uso sostenible es la interacción con la sociedad donde se debe realizar un diagnóstico del conocimiento de la población sobre la utilización de las estrategias sostenibles para la gestión integrada del



recurso hídrico. En este diagnóstico se valora la tenencia de tierra, nivel de conocimiento, acceso a asistencia técnica, totalidad de mano de obra, disposición económica y experiencias en las tecnologías sostenibles (FAO, 2016).

Prácticas de conservación en cultivos para el manejo de riego y humedad. En la actualidad existen diversas practicas enfocadas al manejo sostenible del recurso suelo que benefician la conservación in situ del agua, donde reflejan lo indispensable de tener un conocimiento sobre los temas de conservación del agua y la relación con los demás componentes estratégicos del entorno natural (Machado et al., 2015).

En énfasis, a la gestión del recurso hídrico con relación al buen manejo, cuidado y uso eficiente, las nuevas tecnologías aplicables generan un apoyo de conservación y recarga hídrica a las cuencas y microcuencas hidrográficas. Estas prácticas y/o tecnologías desarrollan un conocimiento a los agricultores sobre el manejo sostenible del agua tratando temas de protección ambiental, debido a que al realizarse una gestión adecuada esto contribuye al fortalecimiento de los demás recursos naturales presentes (Fao, 2011) Las practicas con enfoques de conservación y protección ambiental son las siguientes:

- ✓ Riego por medio de la construcción de canales no revestidos.
- ✓ Rastrojo utilizado como Mulch.
- ✓ Captación del agua mediante la creación de terrazas.
- ✓ Captación de agua mediante la técnica de bacheo.
- ✓ Utilización de barreras vivas.
- ✓ Reforestación natural en zonas de recarga hídrica.
- ✓ Agroforestería.

Cooperación y adaptación al cambio climático. Mencionadas anteriormente las practicas agroecológicas con enfoque de protección ambiental tienen contribución en la disminución de la alteración en el suelo y el aumento en conjunto con el mantenimiento de la vegetación. Estas alternativas de adaptabilidad al cambio climático permiten la colaboración de la mejora de las condiciones medioambientales de los ecosistemas.

Según (Fao, 2011) las practicas con enfoques de conservación y protección ambiental contribuyen de manera general con los siguientes resultados:



- ✓ Disminución de la erosión
- ✓ Incremento de la biodiversidad.
- ✓ Disminución de la escorrentía.
- ✓ Aumento de la materia orgánica.
- ✓ Disminución de contaminación de fuentes hídricas.
- ✓ Disminución de riesgo a inundaciones.
- ✓ Fijación de carbono.

Estrategias y/o tecnologías para la captación y almacenamiento del recurso hídrico.

Cisterna en forma de tinaja. La tecnología de Cisterna en forma de tinaja es una estructura para el almacenamiento de agua con fines domésticos y agrícolas, específicamente esta estructura es utilizada al momento de presentarse sequias prolongadas. Generalmente, es de forma cilíndrica y se ubica en el subsuelo, esta tecnología puede ser complementada con la captación de agua por medio del techo (Tecnología & Finca, n.d.). Además, contribuye a la adaptabilidad al cambio climático y presenta diversas ventajas.

Tabla 22. Ventajas y desventajas de la cisterna en forma de tinaja.

Ventajas	Desventajas
✓ Poca área de ocupación ✓ Fácil construcción ✓ Se recarga median el techo con el agua proveniente de la lluvia	✓ Según el tamaño su uso es limitado ✓ No recomendable en suelos arcillosos

Fuente: Autor.

Condiciones medioambientales y climáticas. La estructura se puede utilizar en lugares donde no se cuenta con precipitaciones altas y una buena distribución, incluso puede ser utilizada en zonas donde no se cuenta con precipitación igual o mayor a 2.500 mm pero que no se cuente con buena distribución (Fao, 2011).

Reservorios o lagunas pequeñas. Estas estructuras son diseñadas con la finalidad de captar el agua lluvia o almacenar agua proveniente de un río, con la finalidad de ser utilizada en condiciones de sequias prolongadas por medio de sistemas de microriego. Es importante recalcar que es una construcción diseñada de manera artificial y se deben tener en cuenta las características del suelo,



generalmente son diseñadas en terrenos fuertes donde la probabilidad de remoción en masa es mínima (Adolfo, 2010). Estas estructuras de almacenamiento de recurso hídrico cuentan con diferentes ventajas.

Tabla 23. Ventajas y desventajas de los reservorios.

Ventajas	Desventajas
✓ Obra con mayor durabilidad ✓ Coste de construcción y mantenimiento bajos. ✓ Fácil construcción. ✓ Aprovechamiento del agua mediante la gravedad.	✓ Se requiere firmeza del suelo. ✓ Se requiere fuente hídrica permanente. ✓ Las pérdidas del agua mediante la evaporación son altas si se construyen de poca profundidad. ✓ No se adecua en terrenos con altas pendientes.

Fuente: Autor.

Condiciones medioambientales y climáticas. Existen 2 condiciones primordiales a tener en cuenta para cumplir exitosamente con la estructura. Estas condiciones son: contar con el recurso hídrico seguro y contar con un suelo de mayor firmeza (suficiente arcilla). La estructura de reservorio es implementada en lugares con poca presencia de precipitación, se recomienda que las zonas no superen los 1.500 mm anuales y además no se cuenta con buena distribución de la lluvia (Fao, 2011).

Captación del agua mediante el techo de las casas. Esta estrategia y/o tecnología consiste en la captación del agua lluvia mediante el techo por medio de una estructura en forma de canaleta que garantice la conducción del flujo hacia una estructura de almacenamiento y así, darle uso posteriormente en actividades de consumo o agrícola. El área de la estructura de almacenamiento depende de la capacidad de captación, la precipitación presente y la demanda que requiere el respectivo uso (*Guía De Diseño Para Captación Del Agua De Lluvia*, 2004). Además, esta estrategia y/o tecnología posee diferentes ventajas.

Tabla 24. Ventajas y desventajas de la captación del agua mediante el techo de las casas.

Ventajas	Desventajas
----------	-------------



✓ Bajo costo de construcción. ✓ Implementación y mantenimiento sencillo. ✓ Apropiado en lugares con continua precipitación. ✓ Utilización de materiales locales.	✓ La totalidad del agua captada depende el área de recolección. ✓ El agua requiere tratamiento para consumo humano. ✓ Sin mantenimiento, se presenta crecimiento de bacterias. ✓ No es un sistema permanente.
---	--

Fuente: Autor.

Condiciones medioambientales y climáticas. En esta estrategia es indispensable recalcar que se puede implementar en lugares donde se presentan sequias prolongadas, es decir, en lugares con precipitaciones menores a 1.500 mm anuales y que la distribución no es regular. No obstante, esta estrategia se puede utilizar en cualquier tipo de condición climática dependiendo la estructura de almacenamiento (Fao, 2011).

Estrategias y/o tecnologías sostenibles para distribución del recurso hídrico con fines agropecuarios. Los sistemas de riego relacionados a la sostenibilidad se han implementado a través de ríos y su conducción se estima por medio de la gravedad mediante canales no revestidos y tubería (FAO, 2016). En la actualidad, se han buscado sistemas de riego con énfasis en la disminución de pérdida del agua, contribuyan al equilibrio eco sistémico y garanticen la durabilidad del recurso hídrico en años. Por consiguiente, se han implementado sistemas de micro riego que garantizan el no desperdicio, el buen manejo del agua y la confiabilidad de los productores (Fao, 2011)

La forma de aplicación de agua a los cultivos interviene en el rendimiento de los cultivos, sistemas agroforestales y la ganadería. Además, se debe tener en cuenta las características agroecológicas del terreno para tener mayor efectividad. Las metodologías de riego más utilizadas según (Fao, 2011) son las siguientes:

- ✓ Gravedad
- ✓ Goteo
- ✓ Subirrigación
- ✓ Aspersión y micro aspersión



De las metodologías mencionadas es importante tener en cuenta que no todas contribuyen a la adaptabilidad al cambio climático, de hecho, tan solo los métodos presurizados (aspersión, micro aspersión y goteo). Por ende, en la investigación se sugieren las metodologías presurizadas por su aporte al cambio climático.

Distribución por aspersión. Dicha técnica y/o estrategia reside en hacer llegar el agua mediante mangueras, por lo general se utilizan mangueras de media pulgada para que genere presión, puesto que su funcionamiento se basa en la presión que genera el agua, es recomendable que la fuente hídrica se encuentre en zonas superiores a los cultivos ya que por medio de gravedad el agua genera su propia presión (Vageli, Doukas, & Sasaki, 2018). Dicho sistema de riego mediante aspersión es válido y aceptado para productores pequeños sin embargo deben satisfacer ciertos criterios:

- a. El sistema debe ser implementado mediante instrumentos y materiales locales.
- b. Es de bajo costo, sin embargo, debe estar en las condiciones óptimas para los campesinos.
- c. El riego debe contribuir a la preservación del recurso hídrico mediante el uso eficiente y eficaz.
- d. Fácil manejo y mantenimiento sin embargo no debe dificultar las labores de los trabajadores.

Además, la distribución mediante aspersión presenta diferentes ventajas:

Tabla 25. Ventajas y desventajas de la distribución por aspersión.

Ventajas	Desventajas
✓ Puede ser utilizado por todo el tiempo de duración del cultivo. ✓ Sistema con poca inversión y mano de obra. ✓ La implementación y mantenimiento es de bajo costo en comparación con los demás sistemas tradicionales.	✓ El agua necesita cierta presión para el funcionamiento. ✓ Puede llegar a sufrir daños a los animales.

Fuente: Autor.



Contextos agroecológicos. Dicha herramienta de riego no genera ningún tipo de limitación topográfica y la estructura del suelo. El mayor beneficio que presenta dicha estrategia y/o tecnología es que puede ser implementada en pendientes superiores al 30 %. Además, se recomienda que sea utilizada en lugares donde no se presenta precipitación mayor a 1.500 mm anuales (Fao, 2011).

Contribución a la adaptabilidad al cambio climático. Genera contribución para la adaptabilidad al cambio climático siempre y cuando se maneje un uso eficiente y eficaz al recurso hídrico.

Distribución por aspersión mediante sistema micro jet. Es una estrategia y/o tecnología de tipo artesanal debido a que no genera alteración al suelo y al cultivo y presenta su distribución de manera regular en todo el terreno (Demin, 2014). Este tipo de micro riego se puede utilizar en diferentes cultivos, específicamente en los sugeridos en esta investigación. La aspersión con microjet presenta algunas características:

- a. Las partes son construidas con materiales resistentes y de alta calidad.
- b. Boquillas con diferentes mediciones.
- c. Diversa gama de caudales y diámetros de tubería.

Además, la distribución mediante aspersión con microjet presenta diferentes ventajas:

Tabla 26. Ventajas y desventajas de la aspersión con microjet

Ventajas	Desventajas
✓ No necesita mano de obra para la instalación. ✓ No requiere conocimiento técnico. ✓ Estructura sutil con materiales resistentes encontrados en la zona.	✓ Requiere presión del agua. ✓ En presencia de vientos fuertes puede alterar la distribución.

Fuente: Autor.

Contextos agroecológicos. La estrategia y/o tecnología es implementada en lugares donde se cuenta con poca precipitación, generalmente en zonas con inferioridad a 1.500 mm anuales. Sin embargo, puede ser implementada en lugares con mayor presencia de precipitación para ser utilizada en momentos de sequías y tiene gran beneficio si se presenta una inclinación fuerte debido



a que su funcionamiento se basa en presión del agua. Además, no tiene restricciones en la estructura del suelo (Fao, 2011).

Contribución a la adaptabilidad al cambio climático. La distribución de aspersión mediante microjet es una fuente de riego con viabilidad a la contribución para adaptarse al cambio climático y la regulación del uso del recurso hídrico, pero se recomienda el uso de esta tecnología junto con el uso eficiente y eficaz de dicho recurso.

Distribución mediante microriego. Para la utilización del microriego es necesario que los cultivos se encuentren en lugares con cercanía a las fuentes hídricas y que se presente inclinación para que el agua sea transportada por medio de la gravedad. Es una tecnología viable debido a que su construcción se puede realizar con materiales presentes en las zonas y no requiere una alta inversión. Es importante recalcar que riego que esta tecnología se puede combinar con el riego por goteo (Pereira, de Juan Valero, Picornell Buendía, & Martín-Benito, 2004). El microriego presenta diferentes ventajas en su utilización:

Tabla 27. Ventajas y desventajas del microriego.

Ventajas	Desventajas
✓ Costo de inversión bajo. ✓ No requiere alta presión para su funcionamiento. ✓ Costo bajo en su mantenimiento. ✓ Fácil construcción. ✓ Adaptable a cualquier topografía presente.	✓ El material utilizado se deteriora, por ende, se debe cubrir. ✓ Vida útil inferior a 4 años.

Fuente: Autor.

Contextos agroecológicos. En esta tecnología se debe tener en cuenta las características del suelo como la capacidad de infiltración, tipo de suelo, porcentaje de retención de humedad y período de siembra. Sin embargo, es viable la implementación de esta estrategia en relación del clima ya que puede ser utilizada en condiciones secas y semisecas (Fao, 2011).

Contribución a la adaptabilidad al cambio climático. La tecnología con base en microriego es favorable debido que optimizan y racionan el recurso hídrico dirigido a las plantaciones de los



cultivos. Por tal motivo, su contribución al cambio climático es alto debido a que es una herramienta que garantiza el uso eficiente y eficaz del agua, y mejora los niveles de producción ara una siembra continua.

Distribución de microriego mediante goteo. Es importante tener en cuenta que en este sistema existen diversas maneras de realizar el riego a los cultivos, sin embargo, la forma con mayor efectividad es mediante una manguera de polietileno (Goteo, 2005). Esta distribución con la utilización de manguera de polietileno contiene diferentes ventajas:

Tabla 28. Ventajas y desventajas del microriego mediante goteo.

Ventajas	Desventajas
✓ Utilizada en pendientes altas sin ocasionar erosión. ✓ Poca perdida de agua por evaporación. ✓ Disminuye costos de mantenimiento. ✓ No genera la compactación del terreno. ✓ Buen manejo y control del agua aplicada. ✓ Mayor aprovechamiento del agua por parte de las plantas.	✓ Necesita buen tratamiento y cuidado. ✓ El agua debe estar limpia para que no genera obstrucción.

Fuente: Autor.

Contribución a la adaptabilidad al cambio climático. El microriego mediante goteo es una tecnología eficaz en la contribución a la adaptabilidad al cambio climático debido a que se realiza un uso eficiente del agua, siendo la tecnología que utiliza menor cantidad de agua en comparación a los medios de distribución por gravedad, además, genera una aplicación homogénea en el cultivo, minimiza las perdidas por evaporación y reduce la demanda hídrica (Fao, 2011).

Modelo de planificación de la finca San Luis mediante los lineamientos de la nueva ruralidad.

La planificación de la finca San Luis en relación a las actividades económicas agropecuarias desde los lineamientos de la nueva ruralidad, es un factor determinante para la conservación y preservación de los recursos naturales y en especial el recurso hídrico donde, se determinaron las estrategias y/o tecnologías sostenibles del uso eficiente y eficaz del agua en el numeral anterior.



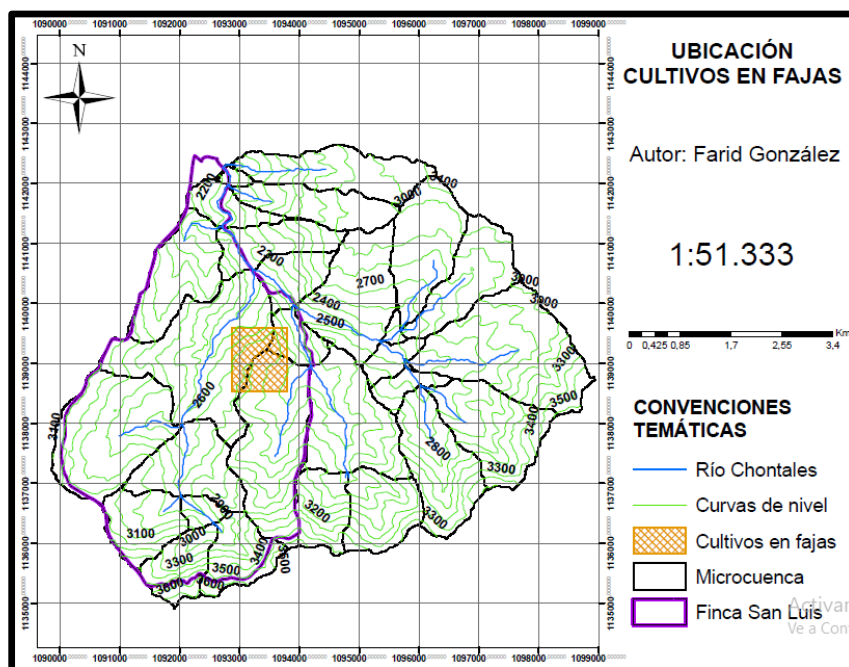
Por tal motivo, en este caso, se busca darle un enfoque de protección ambiental a las actividades agrícolas y el aprovechamiento de los residuos generados en las actividades pecuarias con el objetivo de mantener un equilibrio ecosistémico desde el aprovechamiento de los recursos naturales sin comprometer la estructura ecológica del ecosistema.

Es importante tener en cuenta que la planificación consiste en la unión de esfuerzos y pasos para cumplir los objetivos planteados (Toro L. V., 2012). Por ende, en esta sección de la investigación se desean proponer los últimos pasos para cumplir con la planificación de la finca San Luis desde los lineamientos de la nueva ruralidad, donde se abarcarán temas relacionados a la formación de los cultivos buscando un enfoque de conservación del suelo y el aprovechamiento del recurso hídrico proveniente de la actividad pecuaria.

Formación de cultivos y prácticas para la conservación del suelo.

Cultivos en fajas. El sistema de los cultivos en fajas y la rotación de cultivos en contorno, son actividades agrícolas que contribuyen a la conservación del suelo. Estos cultivos pueden estar colocados de manera perpendicular a la pendiente donde se recomienda que dicha pendiente no sobre pase el 20%. Es importante recalcar que existen 2 diferentes maneras de realizar la siembra de los cultivos en fajas: (1) cultivos en fajas transversales al viento. En este caso, dicha formación garantiza la disminución de la erosión eólica y (2) cultivos de fajas en contorno. Donde dicha formación contribuye a minimizar la presencia de la erosión hídrica (Bouwman & Landdon, 1984). Se recomienda localizar los cultivos en fajas de acuerdo a la ilustración 32.

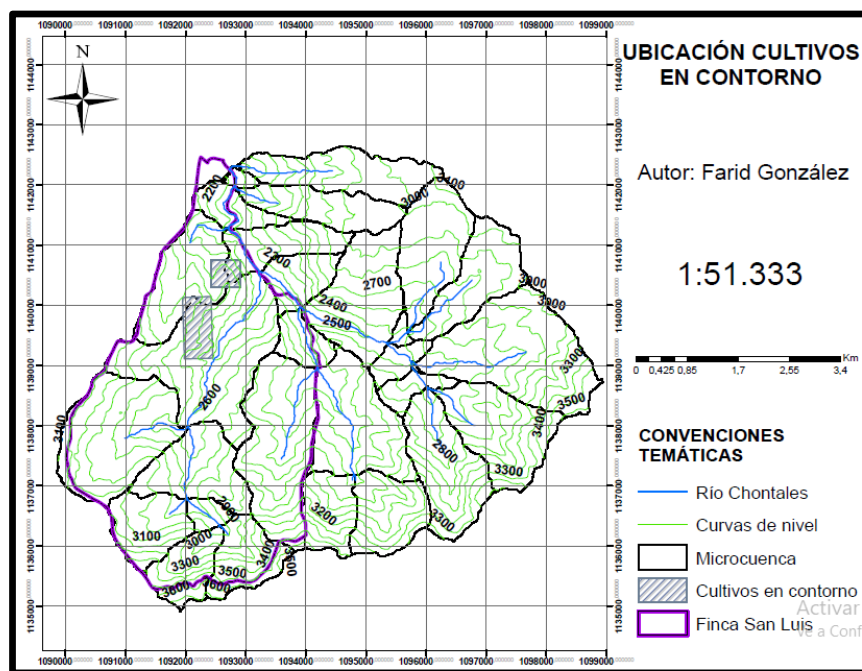


Ilustración 32. Localización de cultivos en fajas**Fuente: Autor.**

Cultivos en contorno. Dicha práctica de la siembra de cultivos en contorno es una labor fundamental en relación a la conservación del suelo, donde la siembra se realiza teniendo en cuenta las curvas de nivel presentes en la zona garantizando así, la disminución de la escorrentía superficial y restricción de la erosión preliminar (Red & Coope-, 1999). Es recomendable que la implementación de esta práctica se realice en terrenos donde se presenten pendientes de hasta el 50 % sin embargo, esta acción se debe combinar junto con la práctica de las zanjas de desviación y caminos de agua. Esta actividad es una de las más sencillas en cuanto a la conservación de suelos y que no requiere inversión de mano de obra en su distribución del agua debido a que se espera la utilización del agua lluvia (Bouwman & Landdon, 1984). Se recomienda localizar los cultivos en contorno de acuerdo a la ilustración 33.



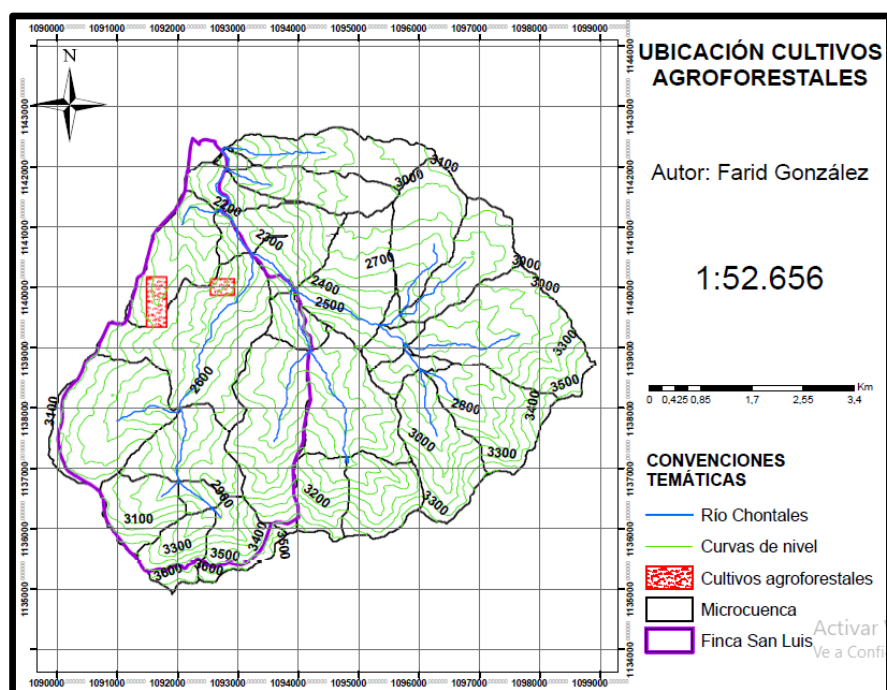
Ilustración 33. Localización cultivos en contorno.



Fuente: Autor.

Cultivos agroforestales. Es un sistema y/o tecnología utilizada para el uso de la tierra donde se combina arboles junto con cultivos con la finalidad de optimizar e incrementar la producción de manera sostenible. Además, esta práctica ha sido establecida en diferentes condiciones ecológicas, sociales y económicas donde contribuyen al uso adecuado de los recursos naturales y son viables en suelos que presenten alto porcentaje de fertilidad (Ramírez, 2002). Se recomienda localizar los cultivos en cultivos agroforestales de acuerdo a la ilustración 34.



Ilustración 34. Localización cultivos agroforestales.

Fuente: Autor.

Zanjas de desviación y caminos de agua. Estas prácticas son combinadas con la finalidad de conservar el suelo. Las zanjas de desviación son denominadas pequeños canales no revestidos que direccionan el flujo proveniente de la escorrentía hacia los caminos de agua y dicha práctica tiene la finalidad de conducir el recurso a lugares o estructuras de almacenamiento para el aprovechamiento y la disminución de la erosión (Bouwman & Landdon, 1984).

Las zanjas de desviación controlan aproximadamente el 60 % de la erosión hídrica producida en terreno sin vegetación y a su vez, facilita la conducción del flujo a los caminos de agua donde su única función es dirigir el recurso a lugares de almacenamiento.

Terrazas. Esta práctica es la más eficiente en relación a la disminución y control de la erosión hídrica (Pérez-Sánchez & Juan-Pérez, 2013). Por tal motivo, existen diferentes maneras de implementar las terrazas entre las que se encuentran. Terrazas de banco, terrazas de huerto y terrazas individuales. En este caso, se propone las terrazas de banco y las terrazas individuales.

Terrazas de banco. Son secciones construidas perpendicularmente a la pendiente del terreno de forma horizontal y son separadas mediante taludes construidos con distancia dependiente del tipo

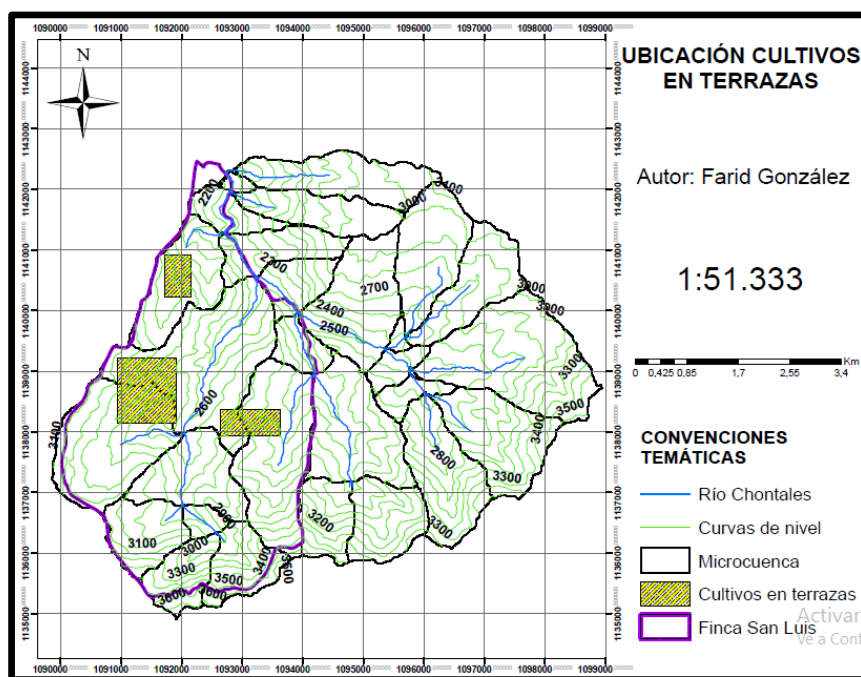


de cultivo implantado. En general, las terrazas de banco son similares a la forma de las escaleras y la diferencia con las demás terrazas es que en esta forma de banco se puede implementar todo tipo de cultivo. Sin embargo, la formación de las terrazas de banco genera costos altos debido a que deben estar construidas con rigidez que disminuya la remoción en masa del terreno (Bouwman & Landdon, 1984).

Terrazas individuales. Tiene la formación sencilla en plataformas construidas de manera perpendicular a la pendiente donde principalmente se plantan árboles frutales o forestales debido a que la terraza se diseña con la limitación de un solo árbol (Bouwman & Landdon, 1984).

Se recomienda localizar los cultivos en cultivos en terrazas de acuerdo a la ilustración 35.

Ilustración 35. Localización cultivos en terrazas.



Fuente: Autor.

Utilización de aguas residuales provenientes de la actividad pecuaria. El aprovechamiento de las aguas residuales es importante puesto que en los últimos años se ha venido utilizando con gran porcentaje debido a las ventajas que posee según (F, C, P, & C, 2006).

- ✓ Mejora la calidad del suelo.
- ✓ Contribución de nutrientes.



- ✓ Aumenta el rendimiento de los cultivos.

Mejora de la calidad del suelo. Este aporte generado a la calidad del suelo se da principalmente por el aumento de materia orgánica donde depende del tipo de suelo presente. Esta contribución se da en suelos donde hay poca presencia de actividad agrícola, en zonas secas y alejadas de las fuentes hídricas (Bouwman & Landdon, 1984).

Contribución de nutrientes. El aporte generado por las aguas residuales en relación a los nutrientes es de gran valor debido a los altos contenidos de Nitrógeno, Fosforo y Potasio. Por ende, es recomendable el riego de cultivos con dicha agua (Bouwman & Landdon, 1984).

Aumento del rendimiento de los cultivos. Por lo general, el porcentaje de rendimiento de los cultivos irrigados mediante las aguas residuales en comparación con los irrigados con las aguas blancas es alto, debido a la presencia de los nutrientes mencionados anteriormente que aceleran el proceso de cosecha disminuyendo los tiempos de los cultivos (Bouwman & Landdon, 1984).

Abono orgánico como fertilizante a los cultivos proveniente del estiércol de los bovinos, porcinos y avícolas. La utilización de los abonos orgánicos en la agricultura tiene gran aporte al desarrollo de las raíces, aporta gran disponibilidad de alimento para la planta, disminuye la erosión, minimiza la contaminación de los suelos, preserva y conserva el medio ambiente y la salud humana (Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca del Ecuador, 2014). Además, genera una contribución económica a los agricultores debido a que disminuye los costos en la compra de fertilizantes. Es de importancia tener en cuenta que el estiércol generado por los animales se utilizara en diferentes presentaciones de abono orgánico que se mencionaran en los siguientes numerales.

Compost. Este abono orgánico resulta de la descomposición de desechos de origen vegetal donde existe la presencia del aire y de los microorganismos que se encargan de darle el valor nutricional para la utilización en los cultivos (Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca del Ecuador, 2014). Las fuentes con altos porcentajes de nitrógeno es el estiércol proveniente de los bovinos y cerdos el cual es el principal elemento para la creación del abono orgánico del compost. Asimismo, la generación del compost contiene diferentes ventajas según (Garro, 2016):

- ✓ Mejora y aumenta la totalidad de la materia orgánica
- ✓ Aumenta la retención de los nutrientes.



- ✓ Aumenta la actividad biológica presente en el suelo.
- ✓ Mejora la estructura y textura del suelo.

Bocashi. Es diseñado a partir de desechos orgánicos generados por los animales bovinos, vacunos y aves que aportan gran beneficio en la estructura del suelo y el rendimiento del cultivo. La gallinaza es el estiércol que genera mayor contribución de nutrientes de mayor impacto en la producción agrícola (Garro, 2016). De igual manera, el abono orgánico en presentación bocashi contiene diferentes ventajas:

- ✓ Alta carga microbiana para el mejoramiento de la actividad biológica del suelo.
- ✓ Mejoramiento del rendimiento y eficacia de los cultivos.
- ✓ Mayor beneficio energético minimizando las pérdidas por volatilización.

Biol. El biol, es un fertilizante diferente a los demás debido a que su presentación se genera en forma líquida mediante la descomposición anaerobia de elementos orgánicos. Es un fertilizante con gran porcentaje de fertilidad donde es viable de manera ecológica y económicamente. Asimismo, contiene nutrientes que aportan beneficios a la estructura del suelo y aceleran la producción agrícola de los campesinos como hasta un 50 % y a su vez, genera la recuperación de los cultivos afectados en presencia de heladas. El biol se obtiene mediante biodigestores donde se genera por medio de la fermentación del agua y el estiércol (Sistemabiobolsa, 2011).

Impacto social y humanístico del proyecto

La realización del estudio de investigación garantiza una adecuada distribución del recurso hídrico disponible ante actividades agrícolas y pecuarias en la Finca San Luis. El modelo de gestión abarca las diferentes estrategias implementadas con la finalidad de aprovechar el agua en niveles máximos, y trayendo consigo la conservación y preservación del flujo, puesto que es vital para la biota acuática y terrestre en cercanía al cauce.

Una vez terminada y entregada la investigación, se pone en disposición el cumplimiento de esta por medio de los habitantes de la finca San Luis, donde a partir de ellos se tendrá el manejo adecuado del recurso hídrico. En caso del no cumplimiento del modelo de gestión o una falla presente en este, se generarán impactos ambientales en el agua, suelo y habitantes a largo plazo. Los impactos ambientales se reflejan en la pérdida y agotamiento del recurso hídrico donde se afecta principalmente en las actividades agropecuarias y el hábitat de las especies del río. Estos



impactos ambientales que se presenten, traerán consigo perjuicios sociales que en el mayor de los casos se generaría una problemática por el uso del preciado recurso hídrico.

En relación a la economía, las actividades agropecuarias propuestas generarán empleo a la población cercana y contribuirán en el apoyo alimenticio a la comunidad de Gambita y Paipa, abriendo campo en el mercado local y generando reconocimiento al modelo de planificación implementado por la finca San Luis.

Conclusiones

El diagnóstico realizado demuestra diferentes aspectos en relación a factores económicos, sociales y ambientales presentes en la zona de estudio. El factor económico demuestra que el municipio de Gambita es fuerte en producción agropecuaria y, por ende, se proponen las actividades de manera sostenible trayendo consigo el factor social debido a que la población de dicho municipio tiene mayor porcentaje en la zona rural. Finalmente, el factor ambiental enfocado a la conservación y protección del recurso hídrico demuestra que la finca San Luis tiene conflicto medio de uso debido a que no presenta precipitaciones superiores a los 1600 mm anuales.

Además, se determina la relación entre el modelo HEC-HMS y el riesgo por inundaciones debido a que el modelo simula los caudales máximos en años futuros para establecer amenazas por inundaciones, esto establece que no se presenta ningún riesgo en la zona debido a la presencia de las pendientes de la zona. Asimismo, el modelo permite determinar la construcción de obras hidráulicas cercanas al cauce ya que estas se deben diseñar teniendo en cuenta el caudal máximo simulado. Por otra parte, la relación entre el conflicto de uso del recurso hídrico, el balance hídrico, las condiciones climáticas y el aforo donde determinan que la finca San Luis en temporada seca, cuenta con dificultades en la oferta del recurso hídrico para abastecer las necesidades básicas de las actividades económicas productivas propuestas, por tal motivo, es indispensable la restricción de las actividades en temporada seca con el fin de no comprometer el caudal ecológico el cual es indispensable para conservar los procesos de los ecosistemas acuáticos que brindan bienes y servicios eco sistémicos.

Las estrategias de almacenamiento y uso sostenible del recurso hídrico demuestran que se pueden implementar en la finca San Luis puesto que son diseñadas a partir de materiales presentes en las zonas rurales y de fácil mantenimiento, además, cumplen con las condiciones



medioambientales y climáticas. En cuanto a las estrategias de uso del agua son altamente eficaces en relación a la adaptabilidad al cambio climático debido a su aporte en el manejo eficiente y eficaz del agua y, las condiciones agroecológicas no son restricciones para su implementación debido a que la finca San Luis cuenta con las características óptimas para su utilización. Asimismo, estas estrategias propuestas para la planificación son adecuadas para el aprovechamiento del recurso hídrico sin comprometer la estructura ecológica.

Finalmente, se plantean las opciones de la formación de los cultivos que se adecua a las condiciones topográficas y garantizan efectividad, conservación y protección ambiental del agua y el suelo. Esta formación propuesta de cultivos es una opción viable en cuanto al cumplimiento de los lineamientos de la nueva ruralidad. Además, se propone la utilización del estiércol de los animales para la elaboración de fertilizantes en las presentaciones más óptimas, de fácil creación, mayor rendimiento de los cultivos, protección del suelo y disminución de costos de los campesinos.

Recomendaciones

Se recomienda la implementación de las estrategias y/o tecnologías con materiales que se encuentren en la zona para garantizar la reutilización de materiales desechados. Una vez implementadas, deberán someterse a una continua y rigurosa supervisión estructural y calidad para el buen funcionamiento de la obra.

Es importante el acompañamiento de las entidades gubernamentales en el seguimiento y monitoreo de las estrategias sostenibles de uso del recurso hídrico para así, replicar la información en las demás fincas de productores pequeños y construir las tecnologías de almacenamiento y construcción en pro de la conservación y protección ambiental de los recursos naturales sin comprometer la estructura ecológica del ecosistema.

Para la implementación de un sistema ecoturístico es importante realizar un análisis del mercado de la zona teniendo en cuenta la ubicación de la finca y sus características geomorfológicas, de esta manera se determinará el promedio de personas que visitará la finca y así, se puede implementar un sistema de gestión del recurso hídrico enfocado en el manejo eficiente y eficaz del agua para consumo.



Por último, se recomienda que las actividades económicas productivas se implementen en el primer semestre del año debido a que en esa temporada se encuentran precipitaciones altas que contribuyen al aumento del caudal del río para que la oferta hídrica supla la demanda requerida por las actividades y no se altere el caudal ecológico en el cauce para la subsistencia de las especies presentes allí.

Referencias

- . N. S. P. (2015). Geographical Information System (Gis) for Water Resources Management. *International Journal of Research in Engineering and Technology*, 02(13), 417–422.
<https://doi.org/10.15623/ijret.2013.0213078>
- Adolfo, S. A. (2010). *Manual De Especificaciones Técnicas En El Sector Agropecuario De Costa Rica Y Recomendaciones Para Su Utilización*. Retrieved from http://www.mag.go.cr/biblioteca_virtual/bibliotecavirtual/a00273.pdf
- Amaya, G., Tamayo, C. R., Vélez, M. V., Vélez, J. I., & Álvarez, O. D. (2009). *Modelación del comportamiento hidrológico de tres cuencas en el Urabá Antioqueño - Colombia Modeling the hydrological behavior of three catchments in the Uraba Region – Colombia*. 21–38.
- Blanquer, J. G. (2011). *Métodos para determinar el tiempo de concentración de una cuenca hidrográfica*. Retrieved from <http://riunet.upv.es/handle/10251/10779>
- Bouwman, A., & Landdon, R. (1984). *Pnud fao*. 1–40.
- CAR, CAS, Consorcio POMCA 2015, Corpoboyacá, MINAMBIENTE, & MINHACIENDA. (2015). “ Todos unidos por el río Suárez nuestra fuente. *Actualización POMCA Río Medio y Bajo Suárez*, 246.
- Carvajal, Y., Arango, D., & Jiménez, H. (2007). Estimación de caudales promedios mensuales por subcuencas hidrológicas mediante modelación con HEC-HMS. *Tecnura*, 2(21).
- DANE. (2016). 3er Censo Nacional Agropecuario. In *Ministerio de agricultura* (Vol. 2).
- De Grammont, H. C. (2008). *La Nueva Ruralidad en América Latina. EL Concepto De Nueva Ruralidad* (pp. 380:19-23). pp. 380:19-23.
- Demin, P. (2014). Aportes para el mejoramiento del manejo de los sistemas de riego. *Instituto*



- Nacional de Tecnología Agropecuaria*, 1, 1–24. Retrieved from https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_aportes_para_el_mejoramiento_del_manejo_de_los_sistemas_de_riego.pdf
- Edelmira Perez C. (2008). *Dialnet-ElMundoRuralLatinoamericanoYLaNuevaRuralidad-4015487*. 180–193.
- F, M. A. M., C, M. P. R., P, J. P., & C, G. H. (2006). Uso de las aguas residuales para el riego de cultivos agrícolas, en la agricultura urbana. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 15(3), 17–21.
- Fao. (2011). *Buenas prácticas tecnológicas*. Retrieved from www.gwpcentroamerica.org.
- FAO, 2016. (2016). Agricultura sostenible: Una herramienta para fortalecer la seguridad alimentaria y nutricional en América Latina y el Caribe. *Fao*, 48. Retrieved from <http://www.fao.org/3/a-i5754s.pdf>
- Garcés, J. A. (2011). Paradigmas del conocimiento y sistemas de gestión de los recursos hídricos: La gestión integrada de cuencas hidrográficas. *Revista REDESMA*, 5(1), 30–41.
- García-González, M. L., Carvajal-Escobar, Y., & Jiménez-Escobar, H. (2007). Integrated water resource management as a strategy for adaptation to climate change. *Ingeniería y Competitividad*, 29(1), 19–29.
- García, P. E., Badano, N. D., Menéndez, A. N., Bert, F., García, G., Podestá, G., ... Arora, P. (2018). Influencia de los cambios en el uso del suelo y la precipitación sobre la dinámica hídrica de una cuenca de llanura extensa. Caso de estudio: Cuenca del Río Salado, Buenos Aires, Argentina. *Ribagua*, 5(2), 92–106. <https://doi.org/10.1080/23863781.2018.1495990>
- Garro, J. (2016). *El Suelo Y Los Abonos Orgánicos*. 1–100. Retrieved from <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F04-10872.pdf>
- Gil, V., Gentili, J. O., & Campo, A. M. (2009). Influencia De La Litología En La Variación De Los Parámetros Morfométricos, Sistema De Ventania, Argentina. *Papeles de Geografía*, 2009(49–50), 55–68.
- Goteo, M. de riego por. (2005). *De operación y mantenimiento de un sistema de*.



- Goyena, R. (2019). 濟無No Title No Title. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Guía De Diseño Para Captación Del Agua De Lluvia*. (2004).
- Hidrologia Aplicada - Ven Te Chow, David R. Maidment y Larry W. Mays.pdf*. (n.d.).
- IDEAM. (2017). Guia Metodologica Para La Estimacion Del Caudal Ambiental. *Direccion de Gestion Integral Del Recurso Hidrico*.
- Macedo, B. (2005). El concepto de sostenibilidad. *Oficina Regional de Educacion Para America Latina y El Caribe-UNESCO*, 4.
- Machado, H., Miranda, T., Bover, K., Oropes, K., Suset, A., & Lezcano, J. C. (2015). Planning on farm, a tool for the development of sustainable agriculture. *Pastos y Forrajes*, 38(3), 195–201. Retrieved from http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942015000300007&lng=en&nrm=iso&tlng=en
- MARBELLO PÉREZ, R. (2005). 9. Hidrometría Y Aforo De Corrientes Naturales. *Manual De Prácticas De Laboratorio De Hidráulica*, 37.
- Maroneze, M. M., Zepka, L. Q., Vieira, J. G., Queiroz, M. I., & Jacob-Lopes, E. (2014). A tecnologia de remoção de fósforo: Gerenciamento do elemento em resíduos industriais. *Revista Ambiente e Agua*, 9(3), 445–458. <https://doi.org/10.4136/1980-993X>
- Mauricio, P., Castellanos, A., Xiomara, L., & Aponte, S. (2013). *Evaluación de métodos de construcción de curvas IDF a partir de distribuciones de probabilidad y parámetros de ajuste IDF construction methods ' evaluation , from probability distributions and adjustment ' s parameters*. 22(35), 25–33.
- MinAmbiente. (2010). *Política Nacional Recurso Hídrico*.
- Minambiente, M. de A. y desarrollo sostenible. (2013). *Guia Tecnica Par Ala Formulacion De Los Planes De Ordenación Y Manejo De Cuencas Hidrográficas*.
- Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca del Ecuador. (2014). *Elaboración, uso y manejo de abonos orgánicos*. 1–20. Retrieved from <http://balcon.magap.gob.ec/mag01/magapaldia/HOMBRO A HOMBRO/manuales/Manual>



Elaboración de abonos orgánicos.pdf

MOPU. (1987). *Cálculo hidrometeorológico de Caudales Máximos en Pequeñas Cuencas Naturales*. 124.

Moreno, R., Fontalvo, P., & Antonio, J. (2017). *Análisis hidrológico e hidráulico de la cuenca del río Frio , municipios de Ciénaga y zona bananera , departamento del Magdalena* *Hydrologic and hydraulic analysis of the Frio river basin* ,. 9(1).

Oreskes, N. (2005). E SSAY on Climate Change. *Science*, 306(January), 2004–2005.
<https://doi.org/10.1126/science.1103618>

Pereira, L. S., de Juan Valero, J. A., Picornell Buendía, M. R., & Martín-Benito, J. M. T. (2004). *El riego y sus tecnoogías*.

Pérez-Sánchez, J. M., & Juan-Pérez, J. I. (2013). Caracterización y análisis de los sistemas de terrazas agrícolas en el valle de Toluca, México. *Agricultura Sociedad y Desarrollo*, 10(4), 397. <https://doi.org/10.22231/asyd.v10i4.133>

Perfetti del Corral, J. (2009). *crisis y pobreza rural en Colombia*. 1–8. Retrieved from
<http://www.rimisp.org/wp-content/uploads/2013/02/Crisis-pobreza-rural-Colombia-policy-briefs-DTR.pdf>

Ramírez, W. (2002). *Manejo de Sistemas Agroforestales*. 11. Retrieved from
https://biblioteca.ihatuey.cu/link/libros/sistemas_agroforestales/manejo.pdf

Red de Desarrollo Sostenible de Colombia. (2012). Difundido en Internet por la RED DE DESARROLLO SOSTENIBLE. *Gestion Ambiental*, 1, 1–3.

Red, P., & Coope-, I. (1999). *Obras de conservación de suelos y agua en laderas**. 1–20.
<https://doi.org/10.1177/0143624417743119>

Ruiz, N., & Delgado, J. (2008). Territorio y nuevas ruralidades: un recorrido teórico sobre las transformaciones de la relación campo-ciudad. *Eure*, 34(102), 77–95.
<https://doi.org/10.4067/S0250-71612008000200005>

Santos Jaimes, A., Ramírez Jaimes, Z. Y., Cárdenas Arias, C. G., & Hernández Arroyo, E. (2018). Comportamiento de la Resistencia al desgaste erosivo de recubrimientos de



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA
T U N J A



- alúmina. *Respuestas*, 23(1), 6. <https://doi.org/10.22463/0122820x.1323>
- Sifontes, V. E., Empresa, I., & Inrh, R. (2012). *Modelación hidrológica con HEC-HMS en cuencas montañosas de la región oriental de Cuba Hydrological modeling with HEC-HMS in mountainous basins of. XXXIII*(1), 94–105.
- Sistemabiobolsa. (2011). Manual de biol. *Manual de Biol*, 24.
- Tecnología, D. D. E. L. A., & Finca, E. N. L. A. (n.d.). *Cisterna tipo tinaja*. 1–5.
- Territorial, E. D. E. O., & Resumen, D. (1997). *Esquema de ordenamiento territorial documento resumen*. 1–30.
- Toro L. V., M. (2012). La Planificación : Características y Desarrollo del Proceso Resumen. *Políticas de Planificación y Supervisión Educativa*, 1–5.
- Vageli, D. P., Doukas, S. G., & Sasaki, C. T. (2018). Inhibition of NF-κB prevents the acidic bile-induced oncogenic mRNA phenotype, in human hypopharyngeal cells. *Oncotarget*, 9(5), 5876–5891. <https://doi.org/10.18632/oncotarget.23143>
- Valle, L. M. (2004). *Nueva Ruralidad*. 1–12.
- Vélez Upegui, J. J., & Botero Gutiérrez, A. (2011). Estimación del tiempo de concentración y tiempo de rezago en la cuenca experimental urbana de la quebrada San Luis, Manizales (Estimation of the time of concentration and the lag time at San Luis creek basin, Manizales). *Dyna*, 78(165), 58–71. Retrieved from <https://www.redalyc.org/html/496/49622372006/>
- Ventura, F. V., & P, E. G. (2014). *Validación del modelo HEC HMS en la cuenca del río Cabrales para el análisis hidrológico HEC HMS model validation in Cabrales river basin for hydrologic analysis*.
- Viviroli, D., Mittelbach, H., Gurtz, J., & Weingartner, R. (2009). Continuous simulation for flood estimation in ungauged mesoscale catchments of Switzerland - Part II: Parameter regionalisation and flood estimation results. *Journal of Hydrology*, 377(1–2), 208–225. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2009.08.022>
- World Wildlife Fund. (2010). Caudal ecológico. *Caudal Ecológico: Salud Al Ambiente, Agua*



Para La Gente., 1–4.

Yusop, Z., Chan, C. H., & Katimon, A. (2007). Runoff characteristics and application of HEC-HMS for modelling stormflow hydrograph in an oil palm catchment. *Water Science and Technology*, 56(8), 41–48. <https://doi.org/10.2166/wst.2007.690>



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA
T U N J A

