

Diseño de una herramienta didáctica sobre algunos componentes del ciclo hidrológico como apoyo a la asignatura de hidrología y climatología y el semillero de gestión integral del patrimonio hídrico- GIPH.

Sebastián Benjumea Serna

Víctor Manuel Ortega Narváez

Propuesta de investigación articulada a una línea de investigación

Tutor:

Ángela María Álzate Álvarez

Universidad Católica de Manizales

Facultad de Ingeniería y Arquitectura

Ingeniería Ambiental

Manizales

2017

Contenido

1. Resumen:.....	6
2. Abstract.....	7
3. Introducción:.....	8
4. Objetivos:	9
4.1 Objetivo General:.....	9
4.2 Objetivos Específicos:	9
5. Marco Teórico	10
5.1 Antecedentes	10
5.2 Marco Conceptual:.....	12
5.3. Marco Normativo:.....	14
6. Metodología:.....	16
6.1 Fase I: Diseño de los módulos relacionados con los componentes del ciclo hidrológico.	16
6.2 Fase II: Creación de la plataforma.	16
6.3 Fase III: modelamiento de algunos aspectos y características del ciclo hidrológico en la cuenca del río Chinchiná.....	17
7. Localización de la zona de estudio	17
7.1 Generalidades:	18
8. Cumplimiento de objetivos.....	20
8.1. Módulo 1:.....	20
8.2 Modulo 2.....	35
8.3 Modulo 3.....	43
8.4. Módulo 4.....	42
9. Datos de la modelación en Arc-gis.....	45
9.1. Modelación de la cuenca rio Chinchiná en Arc- gis	50
9.1.2 Temperatura	54
9.1.3 Red hídrica	56
9.1.5 Microcuencas	60
9.1.6 Clasificación Caldas-Lang.....	63
10. Conclusiones.....	66
11. Recomendaciones.....	67

12. Referencias	67
13. Anexos.....	70

|

Lista de tablas y figuras:

Figuras:

Figura 1 Delimitación de la cuenca del río Chinchiná	18
Figura 2 Red hídrica de la cuenca del río Chinchiná.....	19
Figura 3 Representación del ciclo hidrológico	21
Figura 4 Principales tipos de precipitación: convectiva, orográficas y frontales	22
Figura 5 Pluviómetro	23
Figura 6 Tipos de Pluviógrafos	25
Figura 7 Evaporación.....	26
Figura 8 Tanque de Evaporación.....	27
Figura 9 Tanque clase A.....	28
Figura 10. Evaporímetro de Piche	29
Figura 11 Condensación	29
Figura 12 Transpiración.....	30
Figura 13 Potometro	31
Figura 14 Lisímetro	32
Figura 15 Componentes que intervienen en la intercepción.....	33
Figura 16 Escorrentía superficial.....	33
Figura 17 la altura en milímetros del agua de lluvia escurrida y extendida	37
Figura 18 Precipitación media anual Rio Chinchiná.....	46
Figura 19 Balance hidroclimático (Río Chinchiná).....	47
Figura 20 Caudal Promedio (Rio Chinchina).....	48
Figura 21 Rendimiento Hidrico (Rio Chinchina) (Corpocaldas, 2013)	48
Figura 22 Escorrentía promedio (Río Chinchiná)	49
Figura 23 Análisis comparativo caudales (Río Chinchiná)	50
Figura 24 Modelación de clasificación precipitaciones promedio (Cuenca rio Chinchiná).....	52
Figura 25 Modelación de temperaturas promedio (Cuenca rio Chinchiná)	54
Figura 26 Modelación red hídrica (Cuenca rio Chinchiná).....	56
Figura 27 Modelación de subcuentas (Cuenca rio Chinchiná).....	58
Figura 28 Modelación de micro cuencas (Cuenca rio Chinchiná)	60
Figura 29 Modelación clasificación Caldas-Lang (Cuenca rio Chinchiná)	63

Tablas:

Tabla 1 Red de drenaje (Corpocaldas, 2013)	45
Tabla 2 Parámetros fisiográficos y morfométricos (Río Chinchiná) (Corpocaldas, 2013)	45
Tabla 3 Estadística descriptiva modelación hidrológica (Río Chinchiná)	47
Tabla 4 Áreas subcuencas de río Chinchiná.....	65
Tabla 5 División de subcuencas de río Chinchiná en micro cuencas y quebradas.....	64
Tabla 6 Clasificación Caldas Lang.....	71
Tabla 7 Extensión clasificación Caldas Lang.....	71

1. Resumen:

Como apoyo a la asignatura de hidrología y climatología y el semillero de gestión integral del patrimonio hídrico, se propuso desarrollar una herramienta didáctica sobre los componentes del ciclo hidrológico; para esto, se construyó una plataforma virtual en el programa OpenSim Second Life y una modelación en el software ArcGis de algunas variables del ciclo hidrológico para la cuenca del río Chinchiná. En dicha plataforma se encuentran audios y definiciones concretas sobre módulos específicos ya seleccionados sobre hidrología y climatología divididos así:

- Escorrentía superficial que contará con los subtemas de evapotranspiración y precipitación.
- Escorrentía sub superficial que contará con los subtemas de infiltración y porosidad del suelo.
- Escorrentía subterránea que contará con los subtemas de Ley de Darcy, conductividad hidráulica, permeabilidad del suelo, redes de flujo subterránea, zonas de recarga y descarga hídrica.

Adicionalmente, se encontrarán los enlaces que direccionan a la modelación de la cuenca, donde los estudiantes que utilicen esta herramienta didáctica comprenderán los fenómenos propuestos en la misma. Se propuso este proyecto toda vez que, las tecnologías de información actualmente permiten que las personas desarrollen un aprendizaje más profundo, por lo cual se identificó la necesidad de implementar una nueva herramienta basada en estas nuevas tecnologías ya que la asignatura y el semillero no contaban con un apoyo de esta naturaleza.

2. Abstract

As a support to the subject of hydrology and climatology and the semillero of integral management of the hydric patrimony, it was proposed to develop a didactic tool on the components of the hydrological cycle; for this, a virtual platform was built in the OpenSim Second Life program and a modeling in the ArcGis software of some variables of the hydrological cycle for the Chinchiná river basin. On this platform there are audios and specific definitions on specific modules already selected on hydrology and climatology divided as follows:

- Surface runoff that will have the evapotranspiration and precipitation subtopics.
- Sub-surface runoff that will have sub-themes of infiltration and soil porosity.
- Underground runoff that will have sub-themes of Darcy's Law, hydraulic conductivity, soil permeability, underground flow networks, recharge and water discharge zones.

Additionally, the links that address the modeling of the basin will be found, where students who use this didactic tool will understand the phenomena proposed in it. This project was proposed whenever information technologies currently allow people to develop a deeper learning, which identified the need to implement a new tool based on these new technologies since the subject and the seedbed did not have a support of this nature.

3. Introducción:

La modelación de características hidrológicas, es una herramienta de gran importancia para el estudio de fenómenos naturales que afectan la humanidad. En la actualidad, con el manejo de estos modelos, se puede realizar el análisis y la prevención de riesgos generados por el recurso hídrico; además, el grado de confiabilidad que generan algunos software nos pueden permitir tomar decisiones teniendo una certeza de las diferentes variables, ya sea en los planes de ordenamiento de recurso hídrico, o para exigir criterios de diseño capaces de funcionar adecuadamente ante situaciones que puedan afectar la integridad de las personas.

Una herramienta virtual para la educación de estudios de ingeniería ambiental en temas de hidrología y manejo de Sistemas de información Geográfico (SIG) es de gran importancia en la actualidad, puesto que el avance de tecnología ha permitido que el manejo de software y búsqueda de conceptos se haga cada más efectivo y con mejor accesibilidad, por lo cual una plataforma virtual sobre un tema en específico ayudará a los estudiantes a tener una mejor comprensión en el campo de la hidrología.

El manejo de SIG en aplicaciones ingenieriles de hidrología permite la delimitación automática de macrocuencas y subcuencas, actualizando las características e información (Temperaturas, Precipitaciones, Volumen de escorrentía, Extensión de la cuenca y división de ella) de la cuenca para delimitación y protección de estas.

La aplicabilidad de la modelación hidrológica puede llevarnos a áreas de la ingeniería ambiental que se enfocan en la preservación del recurso hídrico y zonas naturales a través de software de fácil acceso en la red.

4. Objetivos:

4.1 Objetivo General:

Diseñar una herramienta didáctica sobre componentes del ciclo hidrológico y características de la cuenca del río Chinchiná, para la asignatura de hidrología y climatología y semillero de gestión integral del patrimonio hídrico-GIPH.

4.2 Objetivos Específicos:

- Construir los módulos sobre los componentes del ciclo hidrológico en la plataforma virtual Open Sim Second Life.
- Modelar virtualmente algunos aspectos de la cuenca hidrográfica del río Chinchiná a través del software Arc-Gis y sus respectivas extensiones.
- Diseñar el manual de desarrollo de mapas en Arc-Gis.

5. Marco Teórico

En la actualidad se debe reconocer que los avances de la tecnología van a un ritmo acelerado, las prácticas educativas con estos avances generan que los docentes tengan la obligación de una capacitación continua en la actualidad de la tecnología. Es por ello que esta información fue sustraída en el marco teórico de documentos indexados con el objetivo de tener información universal entendible para el lector, se escogió un autor peruano llamado Juan Julio Ordoñez Gálvez el cual es el referente de la información sobre todo el ciclo hidrológico que se encuentra en la tesis y la plataforma educativa creada en Opem Sim Second Life.

5.1 Antecedentes

Se presenta un proyecto para profesores y estudiantes llamado Added Value of teaching in a Virtual Word, este pretendía actualizar al profesorado sobre las nuevas tecnologías de comunicación enfocados hacia el aprendizaje que se presentan en el momento. Las TICs en Europa dieron un revuelo desde los años 90 por lo cual la capacitación de los profesores para el manejo de estas hacia los estudiantes se volvió algo de gran prioridad en las instituciones generando nuevas herramientas pedagógicas de enseñanza. Todas estas herramientas metodológicas que presenta el proyecto estas enfocadas a difundir información importante sobre diferentes temas y promover nuevas herramientas didácticas de mayor aprendizaje. (Kiobus Ingenieros, 2010).

Rivero (2016) menciona que actualmente existen universidades y academias de formación que ofrecen capacitación a través de estas tecnologías. La selección del mundo virtual depende de la actividad educativa que se quiera llevar cabo o los fines que se persiguen con la formación.

De acuerdo con lo anterior la presente investigación aborda el diseño de estrategias educativas a través del mundo virtual Second Life, con ejemplos reales de cómo pueden ser usados para educar. Para ello se realizó un diseño instruccional en la plataforma tecnológica Educativa Moodle representado en imágenes. Para organizar la información y ejemplos de estrategias en el aula virtual se trabajó con la metodología PACIE de La Fundación para la Actualización Tecnológica en Latinoamérica (FATLA). También se utilizó la aplicación Sloodle, la cual permite fusionar el mundo Second Life y la plataforma educativa Moodle de software libre, con la finalidad de que las actividades realizadas en el mundo virtual queden registradas en dicha plataforma educativa.

Se ha desarrollado a través de un proyecto de innovación educativa puesto en marcha en la asignatura Estrategias Creativas en publicidad, del Grado en Publicidad y relaciones públicas semi presencial de la Universidad Rey Juan Carlos en España. Se trata de una asignatura en la que se prepara a los estudiantes para una actividad profesional que exige la interacción ‘cara a cara’ con otras personas, el trabajo en equipo, el debate, la defensa y crítica de las ideas. Algo especialmente complejo en una titulación online. De ahí que los objetivos que se persiguen tengan una doble dimensión: la docente, que se centra en el estudiante como agente activo de aprendizaje y la que se enfoca hacia las técnicas didácticas en la enseñanza a distancia y sus soportes técnicos (González, 2014; p.22).

La investigación titulada Plataforma válida para simulaciones educativas tiene como objetivo comparar escenarios, modificando las circunstancias, para así encontrar posibles mejoras que se puedan implementar al realizar la práctica en la realidad. Son muchos los beneficios que se pueden obtener a través de las simulaciones educativas, por ejemplo, observar y analizar el efecto que tiene en los estudiantes el interactuar en un espacio distinto

y que considerando la forma de acceso – a través de sus ordenadores personales en sus casas.
(Cervantes, 2012, p. 2).

5.2 Marco Conceptual:

Ciertas aplicaciones de la ingeniería hidrológica pueden requerir análisis complejos, que involucran variaciones temporales y espaciales de precipitación, abstracciones hidrológicas y escurrimiento. Típicamente estos análisis encierran un gran número de cálculos y por ello pueden realizarse con una computadora digital. El uso de computadoras en todos los aspectos de la ingeniería hidrológica, ha llevado a incrementar el énfasis en la modelación de cuencas. La modelación de cuencas comprende la integración de los procesos hidrológicos en un ente modelo, por ejemplo, un modelo de cuenca, con propósitos ya sea de análisis, diseño, escurrimiento a largo plazo, predicción de volumen o pronóstico de flujo en tiempo real (Ponze, 1989; p.1).

El agua es el origen de la vida y es necesaria para un correcto desarrollo del ambiente. Según Umaña (2002):

Esta regula la distribución y la densidad de la vegetación sobre la superficie de la tierra y con esto ejerce un control sobre la vida misma. El estudio de una cuenca hidrográfica permite tener una visión completa del comportamiento de una zona determinada dado un evento de precipitación teniendo en cuenta parámetros como el área de la cuenca, pendiente, orden de la corriente, densidad de la corriente, factores que condicionan la escorrentía. (p.14)

Sucesivas transformaciones del estado físico del agua que se producen en la naturaleza, permiten separar el ciclo hidrológico en sistemas como: el sistema de agua atmosférica conformada por evaporación y la precipitación, el sistema de agua superficial y referente a la escorrentía, el sistema de agua sub-superficial que es la infiltración y el sistema subterráneo o flujo subterráneo. Esto ocurre en una superficie de tierra que drena agua hacia una corriente delimitada por una línea divisoria de aguas, conocido como cuenca hidrográfica.

La precipitación en una cuenca varía en el espacio y en el tiempo, es decir la lluvia no es uniforme en toda el área de la cueca y está a su vez cambia su intensidad a través del tiempo. Por lo tanto, en el análisis hidrológico espacial de una cuenca debe tenerse en cuenta un tratamiento distribuido de la precipitación para intervalos de tiempos dados en función de las mediciones de la estación pluviométricas (Murillo, Zea y Córdoba 2006, p.103).

Construcción del modelo y su aplicación:

En un principio la construcción de una cuenca hidrográfica en un software de modelación se deben tener claros los componentes del modelo, estos se ensamblan como partes alcanzando una cadena lógica. La lluvia y la nieve deben ir en un principio seguido de la generación del hidrograma de la sub cuenca y combinación hidrográfica.

La resolución del modelo debe ser solicitada al inicio de la construcción y aplicación del modelo. Depettris (1989) define que la resolución “se refiere a la capacidad del modelo de representar con seguridad ciertas escalas de problemas. La resolución está relacionada a la escala de la cuenca y el objetivo del modelado” (p. 14).

Depettris (1989) menciona en su documento:

“La modelación del escurrimiento de cuencas grandes puede requerir una resolución amplia, con pasos de tiempo del orden de uno o más días y tamaño de subcuenca y longitudes de tramos del canal concordantes” (p.14).

Los modelos del evento requieren una resolución final, comúnmente con pasos de tiempo que van desde varios minutos a unas pocas horas, dependiendo del tamaño de la cuenca. Los modelos de proceso continuo están diseñados para procesos de largo plazo, con fluctuaciones menores en las variables de modelo. De allí que en los modelos de proceso continuo es posible una resolución mayor (Depettris, 1989, p.14).

5.3. Marco Normativo:

La normativa que se acopla a esta investigación, debe tener temas relacionados con la organización de las cuencas y el uso de estas en un territorio determinado, ya que en esta se encuentra el uso de un software que entre sus usos funciona para la organización del territorio, permitiendo tomar decisiones sobre el dominio de las aguas.

Entre las normas más importantes se encuentra el Decreto ley 2811 de 1974 que menciona en el capítulo II título II los diferentes modos de obtener derecho al uso de las aguas en dónde el artículo 86 muestra que toda persona tiene derecho a manejar las aguas de dominio público para satisfacer sus necesidades básicas y las de su familia. Este decreto ley puede hacerse valer siempre y cuando no se cause daños a terceros o se quiera desviar el curso del caudal del río ya que este puede deteriorar el cauce o las márgenes de la corriente, asimismo la fuente hídrica no debe recibir alteración o contaminación que impida su utilización por terceros (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010).

Por otra parte, la ley 9 de 1979 menciona en el título 2 que el suministro del agua permite las medidas sanitarias necesarias para el agua. Esta investigación, como se mencionó anteriormente funciona para la organización del territorio de las aguas y en esta ley se incluyen artículos como el 55 que dicta los establecimientos de concentraciones de personas cerca de las fuentes hídricas que suministren agua para el consumo humano. También el artículo 56 menciona la prohibición de concentraciones cerca de la fuente en la cual se pueda generar contaminación a la misma. Este proyecto también se centra en una línea donde se analiza las aguas subterráneas de la cuenca del río Chinchiná y en esta ley aparecen artículos que tienen concordancia con el tema, entre estos se encuentra el artículo 59 donde los entes que se encargan del suministro de agua potable a las poblaciones deberán ejecutar un control sanitario sobre la superficie de los acuíferos y sobre las áreas de recarga hídrica para impedir su deterioro. El artículo 62 indica que toda persona que obtenga uso de aguas subterráneas estará sujeto a las normas sanitarias establecidas en el presente capítulo y su regulación (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010).

La Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico fue planeada como una herramienta para la protección de este recurso en el territorio colombiano incluyendo las aguas subterráneas, esta contiene unos objetivos y estrategias para el uso y beneficio del agua. Los objetivos que presenta el documento promueven la prevención de la contaminación hídrica, considerando el correcto uso sostenible respecto a la conjunción de aspectos sociales, económicos y ambientales (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010).

6. Metodología:

6.1 Fase I: Diseño de los módulos relacionados con los componentes del ciclo hidrológico.

- Revisión bibliográfica de antecedentes sobre el ciclo hidrológico de la cuenca río Chinchiná.
- Revisión de los lineamientos ambientales establecidos por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS) y el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) y demás instituciones que trabajan sobre el tema.
- Revisión del documento sobre el Plan de Ordenación y Manejo (POMCA) del río Chinchiná.

6.2 Fase II: Creación de la plataforma.

- La plataforma virtual tendrá como principio una interfaz donde se encontrarán los aspectos conceptuales y metodológicos sobre el ciclo hidrológico.
- Se tendrá la opción de escoger el tipo de característica del ciclo hidrológico a conceptualizar.
- Los módulos contarán con una información específica en la cual estará la justificación y el objetivo del módulo en hidrología y climatología.

Módulos creados:

Módulo 1:

- Escorrentía superficial
- Evaporación y Transpiración
- Condensación e Intercepción
- Precipitación

Módulo 2:

- Escorrentía subsuperficial
- Infiltración
- Porosidad del suelo

Módulo 3:

- Escorrentía subterránea
- Conductividad hidráulica
- Ley de Darcy
- Zona de recarga y descarga hídrica
- Permeabilidad
- Evapotranspiración real
- Evapotranspiración potencial

6.3 Fase III: Modelamiento de algunos aspectos y características del ciclo hidrológico en la cuenca del río Chinchiná.

- Revisar los artículos y modelos sobre ArcGIS teniendo en cuenta todos sus respectivos principios hidrológicos, hidráulicos y climatológicos para mostrar algunos procesos hidrológicos y climatológicos de la cuenca.
- Modelar los aspectos (precipitación-escorrentía) la cuenca del río Chinchiná, con los datos obtenidos en las entidades ambientales.
- Clasificar la cuenca del Río Chinchiná según la clasificación Caldas-Lag con las relaciones precipitación-temperatura.

7. Localización de la zona de estudio

La zona de estudio se encuentra en la región centro-sur del departamento de caldas, esta zona es la cuenca del río Chinchiná que cuenta con una extensión de 1054.25Km² (Corpocaldas, 2013).

Figura 1 Delimitación de la cuenca del río Chinchiná

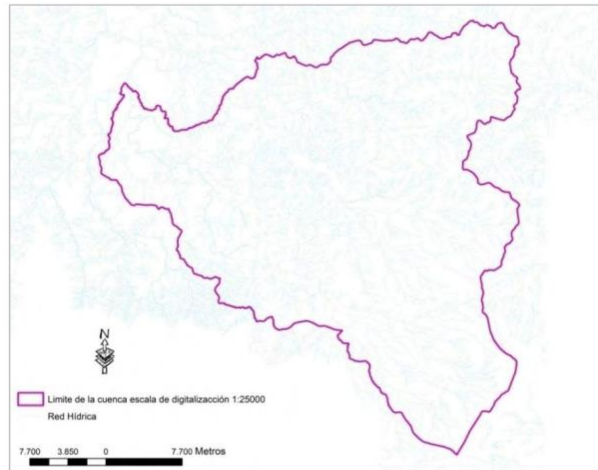


Figura 1. El área de color púrpura permite visualizar la delimitación de la cuenca del río Chinchiná y lo que se encuentra el color azul claro da a conocer la red hídrica completa a la que compete el río Chinchiná. (Corpocaldas, 2013)

7.1 Generalidades:

En la cuenca del río Chinchiná encontramos 10 zonas de vida: Nieve, Páramo pluvial Subandino, tundra pluvial, bosque pluvial montano, bosque muy húmedo Montano, bosque muy húmedo Montano bajo, Bosque húmedo Montano bajo, Bosque muy húmedo Premontano, Bosque húmedo Premontano y Bosque húmedo Tropical. Sin embargo, según Corpocaldas (2010) el 57% del área de la cuenca corresponde a sólo dos zonas de vida: el Bosque húmedo Montano Bajo (29%) y el Bosque muy húmedo premontano (28%) (Corpocaldas, 2013; p.31).

Donde se encuentran de igual manera según Corpocaldas (2013) 10 áreas protegidas, 6 Reservas forestales protectoras, un Distrito de conservación de suelos y dos reservas de la Sociedad Civil:

- Parques Nacionales: parque nacional natural los Nevados.
- Reservas forestales Protectoras: Plan alto, Cuenca Hidrográfica de Río Blanco y quebrada Olivares, Bosques de la CHEC, Torre 4, La Marina, Sabinas

- Distritos de Conservación de Suelos: Guacas – Rosario
- Reservas de la Sociedad Civil: Tandem, Tucurrumbí

Las cuales cuenta con una red hídrica como se muestra en la siguiente ilustración:

Figura 2 Red hídrica de la cuenca del río Chinchiná

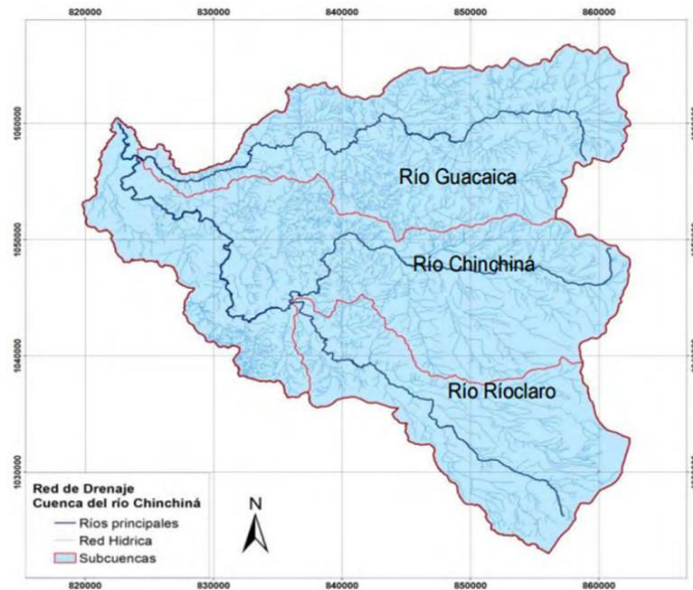


Figura 2 Red hídrica de la cuenca del río Chinchiná en donde el color rosa da a conocer las subcuencas del río Chinchiná y el azul oscuro los principales ríos que se encuentran en su red hídrica. (Corpocaldas, 2013)

En la cuenca del río Chinchiná se encuentran 61 microcuencas según el informe del POMCA en el (2013), las cuales son los siguientes:

- 1) Subcuenca del río Guacaica: Río Blanco y las quebradas Olivares, Moravia, El Crucero, Negra, Las Ánimas, Cajones, San Narciso, El Gus, Mina rica, San Juan, San Andrés, San Pedro, San Pablo, El Cofre, Farallones, Los Alpes, La Matilda, Dantas y los aferentes directos al río Guacaica.
- 2) Subcuenca del río Chinchiná: Aferentes directos y las quebradas Carminales, los

Lobos, Cartagena, El Purgatorio, Manzanares, El Rosario, Cameguadua, Los Cuervos, San Juan o San Julián, San Miguel, El Arroyo, La Floresta, La Diana, El Chiflón, Marmato, Versailles, Palogrande, Camelia, 2515-002-091, La Monina, El Molino, El Perro, Manizales, Chupaderos, Palmichal, La María o Tolda Fría, La Oliva, La Rochela, La Zulia, El Diamante, La Siberia, La Negra.

3) Sub cuenca del río Río claro: río Molinos y las quebradas Santo Domingo, La Bella, Las Nereidas, Juntas y los aferentes directas al Río claro.

8. Cumplimiento de objetivos

1.) Construir los módulos sobre los componentes del ciclo hidrológico en la plataforma virtual R campus.

Los componentes pertenecientes al ciclo hidrológico en este diseño son:

8.1. Módulo 1:

Ciclo Hidrológico:

Es el proceso por el cual el recurso hídrico atraviesa una serie de etapas para filtrarse de la tierra a la atmósfera y regresar a ella, esta consiste en un principio de una evaporación desde el suelo o mar seguido de una condensación de nubes y precipitación que por ultimo resulta acopio de agua en el suelo para luego volver a evaporación (Eoarth, 2012).

Desde los planteamientos de Guevara (1991) el ciclo hidrológico involucra un proceso permanente, este movimiento del ciclo hidrológico se debe a dos orígenes, el sol que suministra la energía para llevar el agua a las nubes y la gravedad de la tierra, que permite que el agua condensada descienda a manera de precipitación. (p.358).

Figura 3 Representación del ciclo hidrológico



Figura 3: La presente imagen nos indica brevemente el ciclo del agua en donde se puede visualizar la escorrentía superficial que cae a los lagos y ríos de un territorio para que después la evaporación del agua convierta estas partículas nuevamente en precipitación en los mares y zonas de recarga hídrica en las montañas. (Eoearth, 2010)

Precipitación

Estas son generadas por el cambio de la temperatura o de presión. La precipitación en el ciclo hidrológico cumple el papel más importante ya que es la única entrada al sistema hidrológico. La formación de esta demanda la condensación del vapor de agua atmosférico.

Los procesos termodinámicos son beneficiosos para ejecutar la saturación de las partículas atmosféricas primeramente no saturadas.

Existen diferentes tipos de precipitación como las que se presentan en la siguiente imagen Convectiva, orográfica y frontales.

Figura 4 Principales tipos de precipitación: convectiva, orográficas y frontales

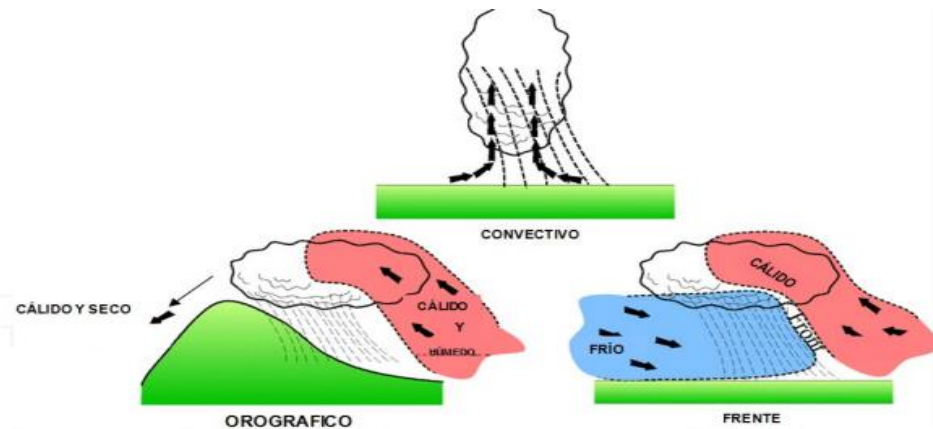


Figura 4: Esta ilustración representa los 3 tipos de precipitación que existen, 1) Convectiva: en donde existe una subida de masas de aire a la atmosfera, 2) Orográfica: se presencia una barrera topográfica, 3) Frontal: se asocian a las superficies de contacto entre la temperatura de la masa de aire. (Musy, Andre, 2001)

Convectiva

Este tipo de precipitación resulta de un ascenso de las masas del aire en la atmósfera. Se asocian a los cúmulos, desarrollo vertical significativo, y son generados así por el proceso de Bergeron. Este tipo de precipitaciones que resulta de este proceso es habitualmente tormentosa, de corta duración y de intensidad fuerte. (Ordoñez, 2011, p.12).

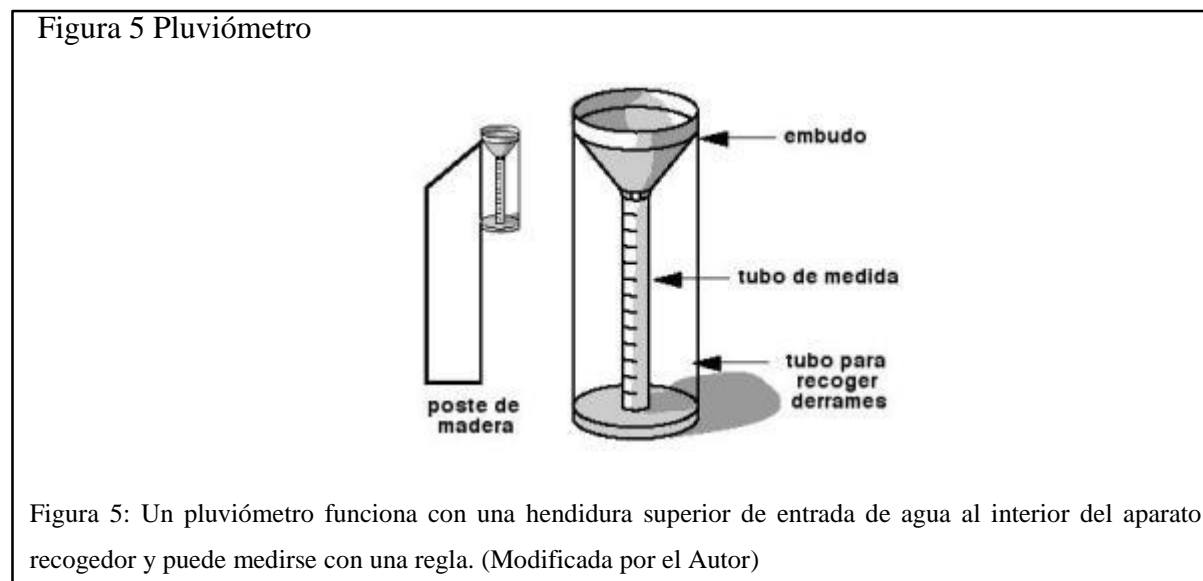
Orográfica

Este tipo de precipitación se relaciona con la presencia de una muralla geodésica, depende de la altitud, pendiente y de su orientación, pero también de la distancia que separa el origen de la masa del aire caliente del lugar del levantamiento. (Ordoñez, 2011; p. 12)

Frontal.

Se relacionan a las zonas de contacto entre la temperatura de la masa de aire, el gradiente térmico vertical, la humedad y de los índices del recorrido. Los frentes fríos crean precipitaciones cortas e intensas. Los frentes calientes generan precipitaciones de larga duración, pero no muy intensas (Ordoñez, 2011; p.12).

Las herramientas de medición para la precipitación incluyen aparatos para medir el tamaño y la repartición de las gotas de agua en un territorio determinado. Todas las precipitaciones se miden sobre la base vertical de agua que se acopia sobre una superficie a nivel. Este tipo de aparatos permite que la medida se presente en milímetros y décimos de milímetro (Ordoñez, 2011, p.15).



Medidores de precipitación

Dentro de las herramientas utilizadas para registrar la precipitación Ordoñez (2011) presenta en su documento:

“Los de observación directa, registradores, acumuladores y los automáticos cuya función es registrar en forma continua las actividades pluviométricas y su transmisión

directa a la zona de interés para los análisis correspondientes” (Ordoñez, 2011; p.16).

Pluviómetros

Es un depósito abierto, cuyos lados sean verticales, puede utilizarse para medir la lluvia; sin embargo, debido a los efectos del viento y el salpicado, las mediciones no son comparables a menos que sean del mismo tamaño y forma, y estén expuestos de un modo similar (Ordoñez, 2011, p.16).

Adicionalmente, Ordoñez (2011), menciona que entre las particularidades más importantes respecto a su instalación se encuentran el soporte superior cortado en bisel y la fácil separabilidad que da el soporte para realizar la lectura correcta de la precipitación a medir.

Pluviógrafos

Desde la perspectiva de Ordoñez (2011) estos son las herramientas predestinadas a medir la distribución de la precipitación en un determinado territorio. Con estos se puede estar al tanto de la cantidad de lluvia a través de un período y su intensidad.

Existen 4 tipos los cuales son:

- a) Flotador sin sifón automático.
- b) Flotador con sifón automático.
- c) De balanza.
- d) De oscilación.

Pluviógrafo de cubeta basculante

Este aparato tiene un funcionamiento en el que el agua baja hacia colector que se dirige a una sección en donde hay dos cubetas: cuando cae 0,1 mm de lluvia se llena una de

las cubetas produciéndose un desequilibrio que hace que la cubeta se voltee, vertiendo su contenido en una vasija y moviendo el segundo compartimiento al lugar correspondiente. Cuando la cubeta se voltea actúa un circuito eléctrico, haciendo que una pluma produzca una marca sobre un papel colocado en un tambor giratorio. (Ordoñez, 2011, p. 17)

Pluviógrafo de balanza:

Este instrumento pesa el recurso hídrico en sus estados líquido y sólido (nieve) estos caen en una recipiente ubicado sobre un entable con resorte o báscula. El acrecentamiento en peso se registra en una carta. (Ordoñez, 2011, p. 17)

Figura 6 Tipos de Pluviógrafos

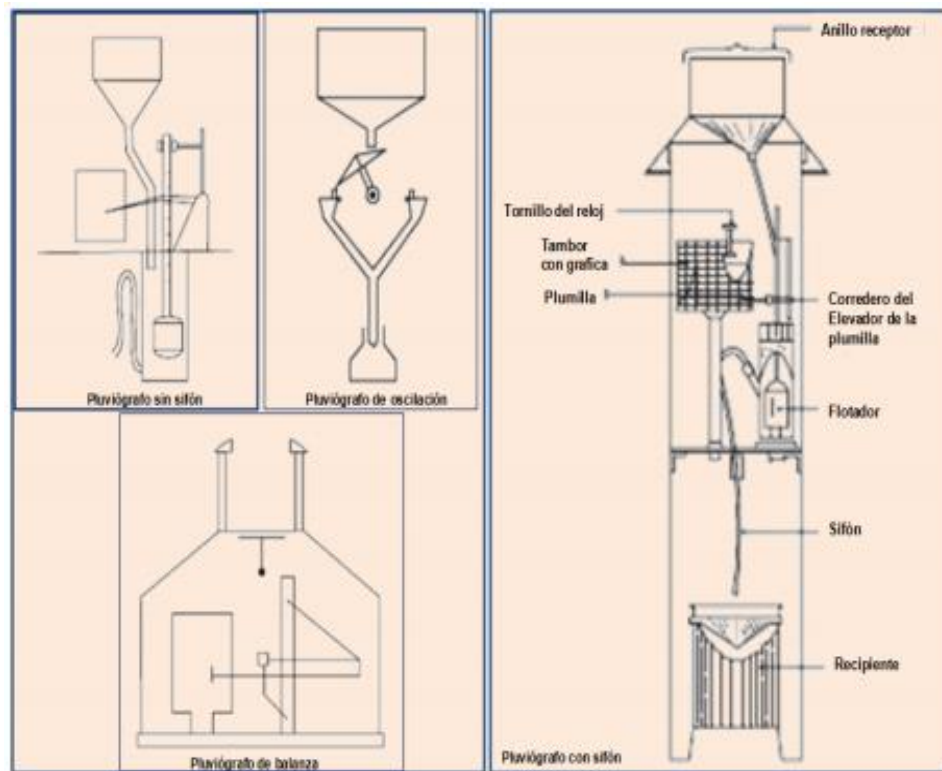
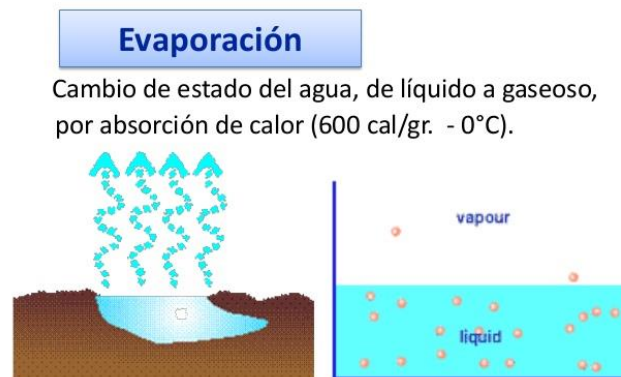


Figura 6: En esta imagen se puede visualizar los tipos de Pluviógrafo, 1) Pluviógrafo sin sifón, 2) Pluviógrafo de oscilación, 3) Pluviógrafo de balanza, 4) Pluviógrafo con sifón. (Adaptado por Ordoñez, 2011)

Evaporación

Este proceso se podría definir como aquel mediante el cual ocurre un proceso de transición en el que se cambia el recurso hídrico líquido en un estado gaseoso. La evaporación puede presentarse únicamente si el agua está presente y demanda que la humedad en la atmósfera sea menor que la superficie de evaporación.

Figura 7 Evaporación



Fuente: Soto, 2016

Para la medición de esta variable Ordoñez (2011) propone que se deben tener en cuenta que

“La radiación solar y la fricción de entre el flujo del viento y la superficie del agua, se genera la evaporación desde las superficies libres de agua, para lo cual se utiliza los evaporímetros, también conocidos como atmómetros o atmidómetros” (Ordoñez, 2011, p. 22).

Son de 4 tipos:

Tanques de evaporación

Estos permiten obtener la medida del agua disipada por evaporación en un recipiente de

dimensiones regulares. Los modelos se distinguen por el tamaño, forma y ubicación. Habitualmente con estos se logran obtener medidas superiores a la evaporación real por lo que es necesario de un corrector de esta medida. (Ordoñez, 2011, p. 22)

Figura 8 Tanque de Evaporación



Figura 8: El tanque de evaporación permite estimar los efectos combinados de radiación solar, viento, temperatura y humedad sobre la evaporación de una superficie de agua libre. (Ordoñez, 2011)

Tanque clase A

Depósito cilíndrico de chapa galvanizada con un diámetro de 120 cm y 25,4 cm de altura, instalado sobre un enrejado de madera, a unos 15 cm del suelo. El agua, previamente medida, debe mantenerse en días sucesivos entre dos señales a 20 y 17,5 cm del fondo del recipiente. La medición se realiza apoyando en un tubo de nivelación un tornillo micrométrico que tiene un extremo un gancho cuya punta se enrasa con el nivel del agua (Ordoñez, 2011, p. 23).

Figura 9 Tanque clase A



Figura 9: El tanque de evaporación se instala en un lugar abierto, de radio no menor a 50 m. A su alrededor está cubierto por césped, mantenido por medio de cortes frecuentes a 5 cm de altura. (Ordoñez, 2011)

Evaporímetros de balanza

Ordoñez (2011) define esto como un pequeño depósito de 250 cm² de sección y 35 mm de profundidad, lleno de agua e instalado sobre una balanza de tipo pesa-cartas, en la que se hacen lecturas sucesivas para medir la pérdida de peso. La pequeña dimensión del depósito hace que sus paredes influyan demasiado en la evaporación. Como ventaja principal tiene el hecho de que permite llevar un registro continuo de la variación de la evaporación, si se le adaptan los adecuados elementos registradores. (Ordoñez, 2011; p.23)

Superficies de papel húmedo (Evaporímetro de pinche)

El evaporímetro de Piché se basa en la idea de humedecer constantemente un papel expuesto al aire. El depósito humedecedor es un tubo graduado, que se coloca invertido con la boca libre hacia abajo. Esta se tapa con un papel secante sujeto por medio de una arandela metálica. La evaporación produce el secado del papel y una succión de agua

del depósito. Se medie el descenso de agua en el tubo (Ordoñez, 2011; p. 24).

Figura 10. Evaporímetro de Piche

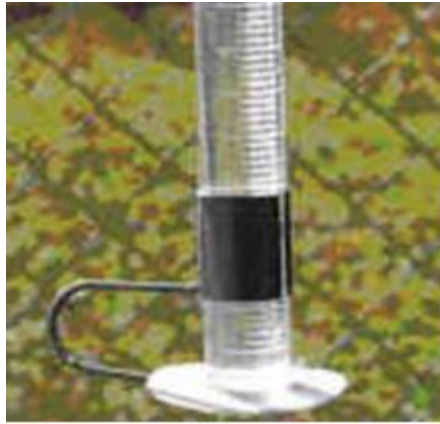


Figura 10: Está formado por un tubo de vidrio cerrado por un extremo y abierto por el otro, que se llena de lluvia; su parte abierta se tapa mediante un disco de papel secante. (Baylina, 2010)

Condensación

Se puede definir como un cambio en el estado del recurso hídrico de vapor a líquido. Esta ocurre cuando un vapor se enfría. Este proceso libera energía de calor para el medio ambiente.

Figura 11 Condensación



Figura 11: Se presenta como un proceso físico que consiste en el pasaje lento de un estado líquido hacia un estado gaseoso. (Banco de imágenes, 2016)

Transpiración

Esta es generada por la humedad en las plantas, esta función permite a cualquier organismo eliminar el exceso de agua que existe en el organismo. Para la generación de esta se necesita un ambiente de buena luz, viento y humedad en el suelo.

Figura 12 Transpiración



Figura 12: Después de absorber agua del suelo, las plantas liberan el H₂O a través de sus hojas. (Biogeo, 2011)

Desde esta misma perspectiva, Ordoñez (2011) define que la transpiración es la pérdida del recurso hídrico por la vegetación de la tierra habitualmente en forma de vapor dirigido a la atmosfera, este proceso favorece la absorción. (p. 24).

Hay diferentes métodos:

– Potómetro

Según Ordoñez (2011):

“Teniendo un recipiente milimetrado con una burbuja dentro que está conectado a al depósito de agua donde está la planta, con la burbuja se cuantifica el volumen de agua que la planta evapotranspiración” (Ordoñez, 2011, p. 25).

Figura 13 Potometro

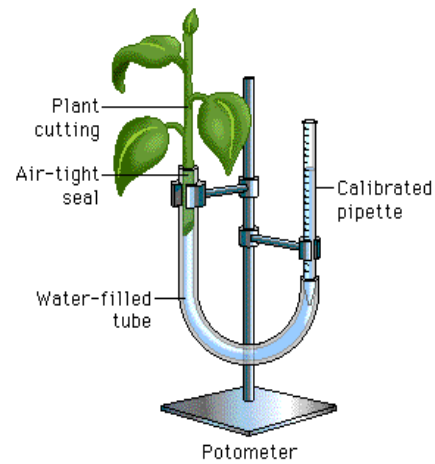


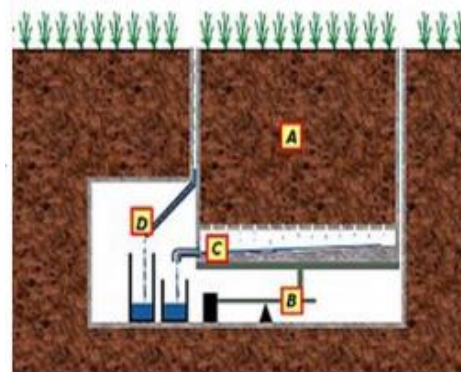
Figura 13: Se compone de un frasco para el agua, un soporte de vidrio para las plantas y un tubo graduado para mediciones. (Vásquez, 2012; p.1)

– Lisímetro

Se utilizan en agricultura y para Ordoñez (2011) es concebido como:

“Una báscula sobre la cual está situada un área experimental. El cambio de peso que se realice por pérdida de agua en forma de vapor, lo cuantifica la báscula en forma de agua perdida” (Ordoñez, 2011; p. 25).

Figura 14 Lisímetro



Modelo esquemático de un lisímetro de balanza

Leyenda:

A) Terreno en estudio

B) Balanza

C) Recolección del agua de drenaje

D) Recolección del agua de escorrentía

Figura 14. Representación esquemática del lisímetro de pesaje. (Giancarlo Dessì, 2006)

– Intercepción

Se define como el volumen de agua que cae a las superficies vegetales de la tierra (Ramas y tallos), el agua que es interceptada por las plantas vuelve a ser evaporada hacia la atmosfera y no llega a la tierra para ser filtrada o escurrida. Esta acción consiste en bloquear el proceso de agua lluvia para llegar al suelo y quedar entre la vegetación del lugar.

Figura 15 Componentes que intervienen en la intercepción

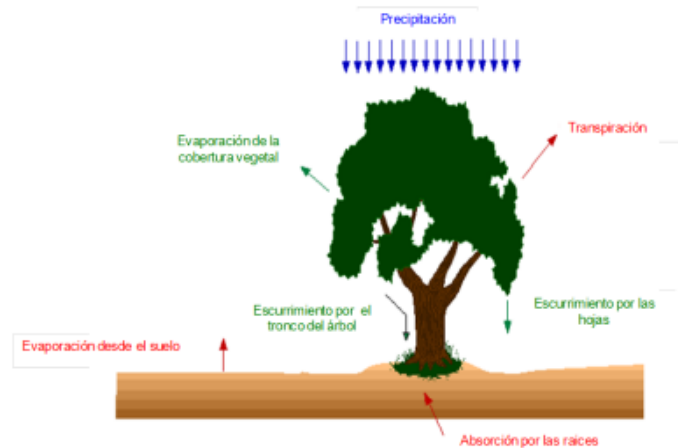


Figura 15: Parte de la precipitación hace recepción por la cubierta vegetal del árbol. (Musy, André, 2001)

– Escorrentía superficial

Volumen de agua lluvia superficial que no es infiltrada y que cae fluyendo por las superficies de laderas en un denominado territorio. Parte del agua de precipitación que intercepta el territorio es infiltrada, la otra se escurre por la red de drenaje hasta llegar a una red fluvial o cuerpo de agua.

Figura 16 Escorrentía superficial

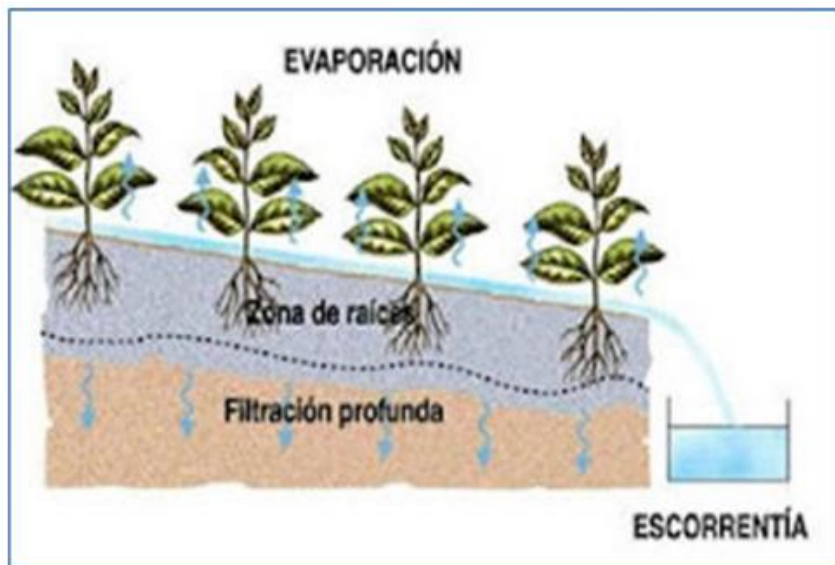


Figura 16: La elevación en milímetros de H₂O en laderas y extendida sobre la cuenca. (Ecured, 2016)

-Esguurrimiento superficial

Se presenta como el volumen de las precipitaciones que bajan sobre el cuerpo hídrico, restando la detención superficial y la infiltración. Para Ordoñez. (2011) es función de la intensidad de la precipitación y de la permeabilidad de la superficie del suelo, de la duración de la precipitación, del tipo de vegetación y de la pendiente de la superficie del suelo. La aportación de una cuenca se representa comúnmente en una gráfica llamada "hidrograma" (Ordoñez, 2011; p. 29).

Aforo

Para saber el volumen que escurre en el cuerpo de agua se debe calcular las corrientes, estas se realizan en estaciones hidrométricas o de manera particular. Estos se hacen a través de cierto intervalo de tiempo, con cuyos datos se realizan las gráficas de Caudal (m^3/s) contra tiempo (h), llamadas hidrogramas (Ordoñez, 2011, p. 29).

Existen principalmente 3 tipos de aforo:

-Sección de control

Se especifica como aquélla que consiste de un vertedero construido especialmente para aforar una corriente. Este método es el más preciso de todos para el aforo, pero es relativamente costoso y en general, sólo se puede usar cuando los gastos no son muy altos. Un inconveniente de los vertedores es que generan un remanso aguas arriba de la sección. Por ello, este método es adecuado en ríos pequeños, cauces artificiales o cuencas experimentales (Ordoñez, 2011, p. 30).

-Relación sección-pendiente

Según Ordoñez 2011 este método se utiliza para estimar el gasto máximo que se presenta durante una avenida reciente en un río donde no se cuenta con ningún otro tipo de aforo. Para su aplicación se requiere solamente contar con la topografía de un tramo del cauce

y las marcas del nivel máximo del agua durante el paso de la avenida (Ordoñez, 2011; p.30).

-Relación sección-velocidad

Según Ordoñez (2011):

“Consiste en calcular la velocidad en distintos puntos de la sección transversal y posteriormente deducir el caudal por medio de la ecuación $Q = V A$ ”.

8.2 Modulo 2

– Escorrentía subsuperficial

Según Ordoñez (2011):

Es el agua que ha sido previamente infiltrada y no alcanza el almacenamiento subterráneo o acuífero, por lo tanto, debe ser considerada como parte de la escorrentía (p. 14).

– Infiltración

La infiltración es el proceso de entrada de agua en el suelo, esta penetra las capas permeables que existen en el suelo. Depende de las características del suelo y su capacidad para infiltrar o almacenar agua. Es un proceso complicado que obedece al tiempo de infiltración, al contenido originario de agua en el suelo y de los cambios que experimenta durante los riegos sucesivos (Ordoñez, 2011; p.26).

Proceso de infiltración

El proceso se puede presentar únicamente si hay espacio útil para el recurso hídrico adicional en el área del suelo. Este depende de la porosidad del suelo y de la tasa a la cual el agua antes infiltrada puede alejarse de la superficie a través del suelo. La tasa máxima a la que el agua puede entrar en un suelo se conoce como capacidad de infiltración. Si la llegada del agua a la superficie del suelo es menor que la capacidad de infiltración, toda el agua se infiltra. Si la intensidad de precipitación en la superficie del suelo ocurre a una tasa que excede la capacidad de infiltración, el agua comienza a estancarse y se produce la escorrentía sobre la superficie de la tierra, una vez que la cuenca de almacenamiento está llena. (Ordoñez, 2011; p.26).

Métodos de cálculo de la infiltración

Existen diferentes formas de averiguar el volumen del agua en un suelo. Algunas técnicas de evaluación son el método Verde-Ampt, SCS, Horton, y la ley de Darcy.

Para medir este parámetro en el suelo se usan los infiltrómetros, (Ordoñez, 2011) menciona en su documento que estos funcionan para saber la volumen de infiltración en áreas cerradas y chicas. Estos se utilizan con frecuencia en cuencas pequeñas. Cuando la superficie muestra gran variación en el suelo y vegetación, ésta se divide en espacios uniformes.

(p.26).

Infiltró metros de carga constante

Permiten estar al tanto de la cantidad de agua que desciende por el área porosa en el suelo en un área cerrada a partir del agua que debe agregarse a dicha área para mantener un tirante constante. El agua se introduce en ambos compartimentos, los cuales deben conservar el mismo tirante. La capacidad de infiltración del suelo se determina a partir de la cantidad de agua que hay que agregar al aro interior para mantener su tirante constante (Ordoñez, 2011; p.26)

Figura 17 la altura en milímetros del agua de lluvia escurrida y extendida

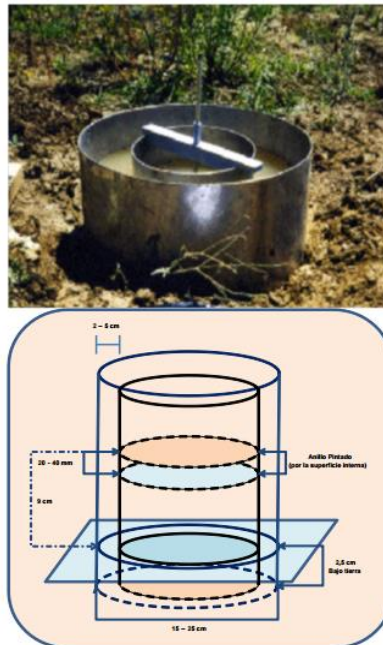


Figura 17: Radica en un cilindro de 15 cm de largo, se coloca en él una determinada cantidad de agua y se observa el tiempo que tarda en infiltrarse.

Porosidad del Suelo

Se presenta como el porcentaje del volumen de la tierra no obstruido por sólidos. Regularmente el volumen del suelo está representado por 50% materiales sólidos y 50% de espacio poroso. Dentro de este espacio agujereado se pueden diferenciar macroporos y microporos, nutrientes y gases que pueden circular o estancarse. (Unidas, 2017; p. 1).

Densidad del Suelo

La densidad real varía con la proporción de elementos que componen el suelo y en general se encuentran alrededor de 2,65. Una densidad aparente alta indica un suelo compacto o tenor elevado de partículas granulares como la arena. Una densidad aparente baja no indica necesariamente un ambiente favorecido para el crecimiento de las plantas (Unidas, 2017; p.1).

8.3 Modulo 3

Escorrentía subterránea:

Se define como el agua lluvia que cae por el fenómeno de percolación y alcanza la zona saturada de recarga de recurso hídrico subterráneo.

La página de (Acuaclub, 2017) presenta que:

“El agua subterránea puede volver a la atmósfera por evapotranspiración cuando el nivel saturado queda próximo a la superficie del terreno” (Acuaclub, 2017; p.1).

Conductividad hidráulica

Otra utilidad del conocimiento de la hidrodinámica del acuífero es la caracterización para su explotación y gestión, ya sea para abastecimiento de agua potable o para riego, y por lo tanto definir los perímetros de protección de las captaciones y modelos de gestión con el fin de plantear regulaciones de los sistemas de explotación y hacer el seguimiento del estado de las aguas subterráneas (Acuaclub, 2017; p.1).

Conductividad hidráulica en suelos parcialmente saturados

La ley de Darcy es válida para flujo de agua en medios parcialmente saturados siempre y cuando se tenga en cuenta la dependencia de la conductividad hidráulica con el contenido de humedad. El comportamiento general de la función $K(\theta)$ está bien establecido, gracias a investigaciones en el área de la hidráulica de suelos y extracción de petróleo. Se ha encontrado que K decrece muy rápidamente a medida que el contenido de humedad disminuye respecto al valor de saturación (Acuaclub, 2017; p.1).

Ley de Darcy

Según Barbecho (2012) Darcy encontró que la velocidad del agua que fluye en un medio poroso es directamente proporcional al gradiente hidráulico causado por el flujo. La forma más general de la ley de Darcy expresa que el agua en un medio poroso, se mueve en dirección contraria al gradiente de energía ∇h y a una velocidad q proporcional al gradiente. El factor de proporcionalidad involucrado se conoce como conductividad hidráulica $[K]$, la cual depende de la naturaleza del medio y de su grado de saturación:

$$\bar{q} = -[K] \cdot \nabla \bar{h}$$

Donde q , es el vector velocidad de Darcy del líquido. $[K]$ es la

conductividad hidráulica; escribiéndose ésta como un tensor de segundo grado para un suelo anisotrópico, h es el potencial total del agua en el suelo, que tiene naturaleza escalar, y ∇ es el operador gradiente, que da el carácter vectorial al producto ∇h (Barbecho, 2012; p. 23).

La conductividad hidráulica bajo condiciones saturadas es constante en cada punto bajo una gran cantidad de suposiciones, independientemente de la presión del agua. Sin embargo para condiciones parcialmente saturadas la conductividad hidráulica es variable y depende del contenido de humedad del suelo y en consecuencia de la succión del agua en el suelo (Barbecho, 2012, p.23).

El gradiente de potencial en suelo, ∇h , varía de acuerdo con la zona donde se esté trabajando. En la zona vadosa los principales componentes del potencial total son la carga gravitacional, h_g , y la carga matricial, h_m , de manera que la ley de Darcy se expresa en este caso como:

$$\bar{q} = -[K] \cdot \nabla(h_g + h_m)$$

Barbecho (2012) menciona que si el suelo no se encuentra saturado, el flujo se encuentra en la zona vadosa, y en esta posición, la conductividad hidráulica depende del contenido de humedad del punto en consideración, θ . La Ley de Darcy se escribe como:

$$\bar{V} = -[K(\theta)] \cdot \nabla(h_g + h_m)$$

Considerando únicamente flujo unidimensional en dirección Z se tiene que:

$$\bar{q} = -K(\theta) \cdot \frac{\partial}{\partial Z}(Z + h_m) = -K \left(\frac{\partial h_m}{\partial Z} + 1 \right)$$

(Barbecho, 2012; p.24)

- Permeabilidad del suelo

Mientras más permeable sea el suelo, mayor será la filtración. La FAO (2014) precisa los que factores afectan a la permeabilidad del suelo en ocasiones se trata de factores en extremo localizados, como fisuras y cárcavas. Un estudio serio de los perfiles de suelo proporciona una indispensable comprobación de dichas mediciones. Las observaciones sobre la textura del suelo, su estructura, consistencia, color y manchas de color, la disposición por capas, los poros visibles y la profundidad de las capas impermeables como la roca madre y la capa de arcilla*, constituyen la base para decidir si es probable que las mediciones de la permeabilidad sean representativas (Fao, 2014; p.1).

Evapotranspiración real

La evapotranspiración real es la cantidad de agua, expresada en mm/día, que es naturalmente evaporada desde la superficie de un terreno y transpirada por la cubierta vegetal. Valero, López, Fabeiro, y Olalla, (1999) menciona que, cuando se toca el punto de la evapotranspiración real se hace referencia a la que se obtiene en un balance de humedad en el suelo. En un balance hídrico, la evapotranspiración potencial sólo se lleva a cabo cuando el suelo dispone de bastante agua para suplirla, de modo que en los períodos sin humedad en el suelo el valor de la pérdida de humedad puede ser menor que el calculado, es lo que se conoce como evapotranspiración real, que para un mes en concreto sería la suma de la precipitación en ese periodo y la reserva de agua del suelo

al inicio del mismo. Solo cuando el valor anterior supera a la evaporación potencial, puede satisfacerse ésta y, en este caso, coincide con la real, el exceso de agua permanece como reserva del suelo. En los períodos más húmedos, dicho exceso, puede superar a la capacidad de reserva y existirá una evacuación de la sobrante por drenaje o escorrentía superficial si la permeabilidad del suelo es inferior a la intensidad de la precipitación. (Valero, López, Fabeiro, y Olalla, 1999; p.214).

Evapotranspiración potencial

ETESA en (2009) menciona que es un significativo mecanismo del balance hídrico por el que se determinan los descensos de agua desde una superficie de la tierra. El cálculo de las pérdidas es necesario para el cálculo del volumen de agua útil en la superficie utilizado por las plantas para su desarrollo y producción.

8.4. Módulo 4

Actualmente existen muchos software para la modelación de cuencas, muchos de estos tratan líneas de aprendizajes específicas, lo que los hace muy interesantes ya que se realiza el estudio detallado de un tema específico, como lo son el modelamiento numérico que permita evaluar las distintas labores mineras que están en constante interacción con el agua subterránea mediante el MODFLOW, el uso y preservación de recursos hídricos a través del modelamiento en el software.

Además, debemos tener presente el movimiento ambiental actual y los requerimientos de las corporaciones reguladoras que solicitan un monitoreo en periodos cortos sobre la calidad del agua tanto subterránea como superficial.

Sauquillo (2009) señala que:

“Debido a que los procesos del ciclo hídrico son distribuidos espacialmente y temporalmente, para ello se debe interpretar los datos de química del agua de manera que provean información respecto al estado original de los recursos hídricos” (Sauquillo, 2009; p.1).

La explotación minera es una de las acciones más contaminantes para la naturaleza esta erradica hábitats, deteriora los ríos con sus metales extractivos, deforesta la vegetación generando terrenos secos sin nutrientes y genera una contaminación atmosférica por parte de la maquinaria utilizada para estas acciones; la afectación del recurso hídrico cercano a la extracción minera genera un descenso del caudal aguas abajo impidiendo su disponibilidad. (Sauquillo, 2009).

El agua subterránea es un recurso que tiene la tierra de difícil acceso para disponibilidad humana, sin embargo en la actualidad existen diferentes tecnologías que pueden conseguir información sobre esta y su variación en el tiempo con medidas realizadas en los pozos (Montoya, 2017).

Modflow en Minería

Montoya (2017) sugiere:

“Modflow es desarrollado por el Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS), cuenta con una nueva interface MODEL MUSE que es una plataforma de pre y pos procesamiento también desarrollada por la USGS que implementa MODFLOW”. (Montoya, 2017).

Hidrología Aplicada con HEC-HMS

Los principales procesos hidrológicos, incluyendo precipitación, evapotranspiración,

interceptación de lluvia, humedad de suelo, agua subterránea y escorrentía. El enfoque se centra en el entendimiento de los procesos físicos que conforman el ciclo hidrológico global, regional y en la escala de cuenca. (Montoya, 2017; p.1)

Modelamiento de Ríos con HEC-RAS

HEC-RAS es una versátil herramienta desarrollada por el U.S. Army Corps of Engineers, la cual permite desarrollar de una manera sencilla e intuitiva para el usuario, diversos análisis hidráulicos en una y dos dimensiones para una red de cauces naturales o artificiales.

Este software posee diferentes componentes de análisis que hacen de éste una herramienta muy completa utilizada en la actualidad en el planeamiento de proyectos hidráulico. Los principales procesos incluidos son:

- (1) cálculo del tirante para condiciones de flujo estacionario.
- (2) simulación de flujo no estacionario en una y dos dimensiones.
- (3) cálculo de transporte de sedimentos.
- (4) análisis de calidad de agua.

Es importante mencionar que además de estos componentes de análisis de río, el sistema contiene también diversas herramientas para el diseño de estructuras hidráulicas (Montoya, 2017).

Para una mejor conceptualización del software y sus utilidades específicas presentamos tutoriales de fácil acceso de la empresa Gidahatari (2018) en cada uno de ellos se encuentra la información necesaria para los procesos aplicativos de estas tecnologías. Para ello presentamos los respectivos links de acceso a la página principal de YouTube (2018).

Tutoriales:

- Minería: <https://www.youtube.com/watch?v=OV0GsYwHVLM>

- Hidrología Aplicada: <https://www.youtube.com/watch?v=5XJVqvHieQs>
- Modelamiento de ríos: <https://www.youtube.com/watch?v=8AeMfiVxh4o>

9. Datos de la modelación en Arc-gis

Para la modelación en Arc-GIS se utilizará la información extraída del POMCA del 2013 de la cuenca del río Chinchiná.

A continuación, se muestra toda la información:

Tabla 1 Red de drenaje (Corpocaldas, 2013)

Parámetro	Cuenca Chinchiná	Río Guacaica	Rioclaro
Densidad de drenaje km/km ²	0.61	0.56	0.67
Densidad de Corriente	0.31	0.30	0.31
Orden de cuenca	1	2	2
Coefficiente de torrencialidad	3.21	5.38	1.30

Tabla 2 Parámetros fisiográficos y morfométricos (Río Chinchiná) (Corpocaldas, 2013)

Parámetro	Unidades	Cuenca Chinchiná	Río Guacaica	Rioclaro
Área	km ²	1052.25	337.81	244.58
Perímetro	km	184.35	117.57	91.26
Longitud Cuenca	km	49.72	38.64	29.31
Longitud del cauce	km	77.58	52.67	36.87
Índice de Forma	-	0.42	0.23	0.28
Coefficiente de compacidad	-	1.61	1.80	1.65
Coefficiente de asimetría	-	1.01	1.24	1.63
Índice de Alargamiento	-	1.03	2.61	1.86
Relación de elongación	-	0.73	0.54	0.60
Pendiente Media	%	36.18	37.38	40.28
Elevación mínima	msnm	804	872	1390
Elevación máxima	msnm	5262	3882	5262
Elevación media	m	2482	2398	3282

Precipitación media anual de la cuenca:

Figura 18 Precipitación media anual Rio Chinchiná

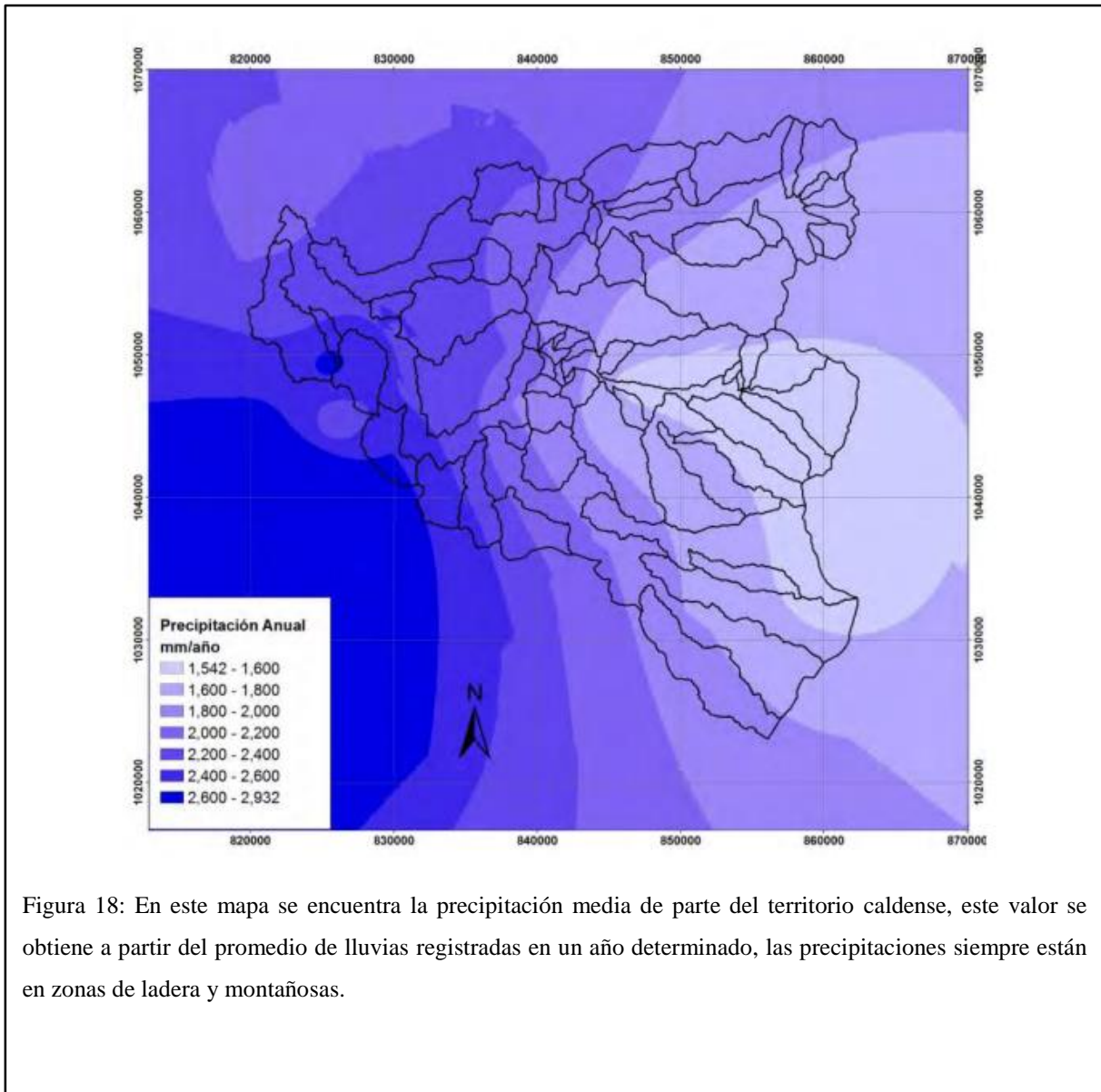
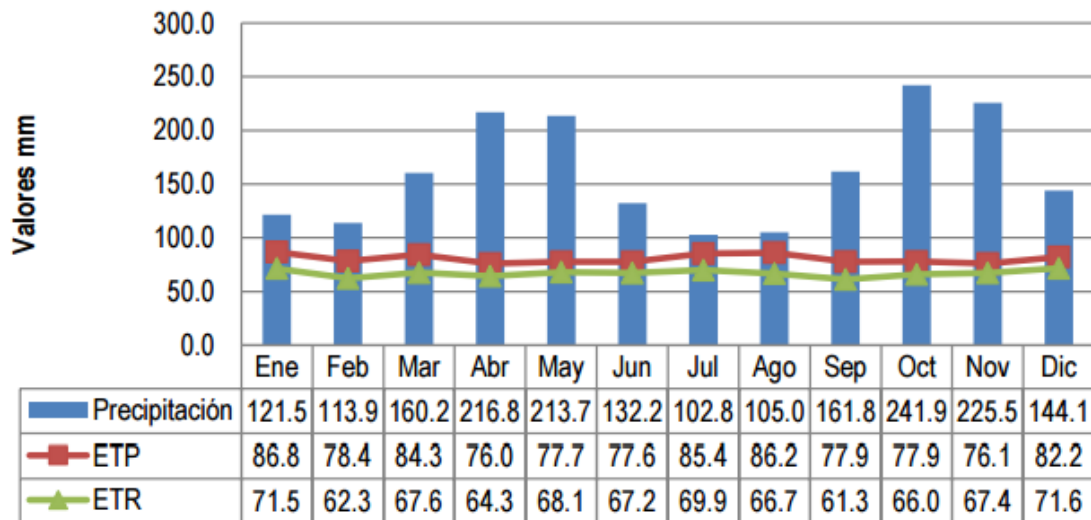


Figura 18: En este mapa se encuentra la precipitación media de parte del territorio caldense, este valor se obtiene a partir del promedio de lluvias registradas en un año determinado, las precipitaciones siempre están en zonas de ladera y montañosas.

Figura 19 Balance hidroclimático (Río Chinchiná)



ETP: Evapotranspiración Potencial; ETR: Evapotranspiración Real

Figura 19: El balance hídrico compara los aportes de agua que entran al sistema mediante la precipitación, con respecto a las salidas dadas por la evapotranspiración de las plantas. (Corpocaldas, 2013)

Oferta hídrica

Tabla 3 Estadística descriptiva modelación hidrológica (Río Chinchiná)

Microcuenca	Área	Estadística descriptiva Modelación hidrológica m ³ /s						
	km ²	Qp50	Qpromedio	Desvest	CV, %	Q max	Qmin	Nivel de confianza (95.0%)
Subcuenca Río Chinchiná	469.86	14.04	16.96	11.40	67.23	95.70	2.65	0.21
Río Guacaica	337.81	9.68	12.61	10.19	80.80	95.48	1.66	0.19
Río Rioclaro	244.58	7.04	9.08	6.77	74.64	78.64	1.47	0.13

Caudal anual

Figura 20 Caudal Promedio (Rio Chinchina)

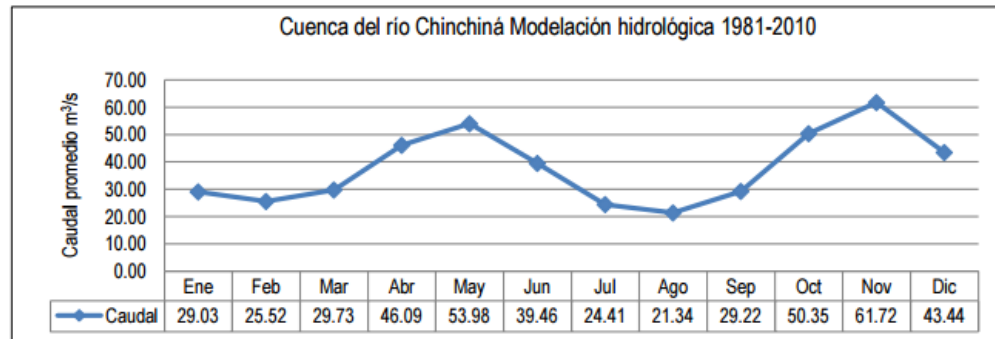


Figura 20: Se refiere a la variación de los caudales a lo largo del año.

Rendimiento hídrico

Figura 21 Rendimiento Hídrico (Rio Chinchiná)

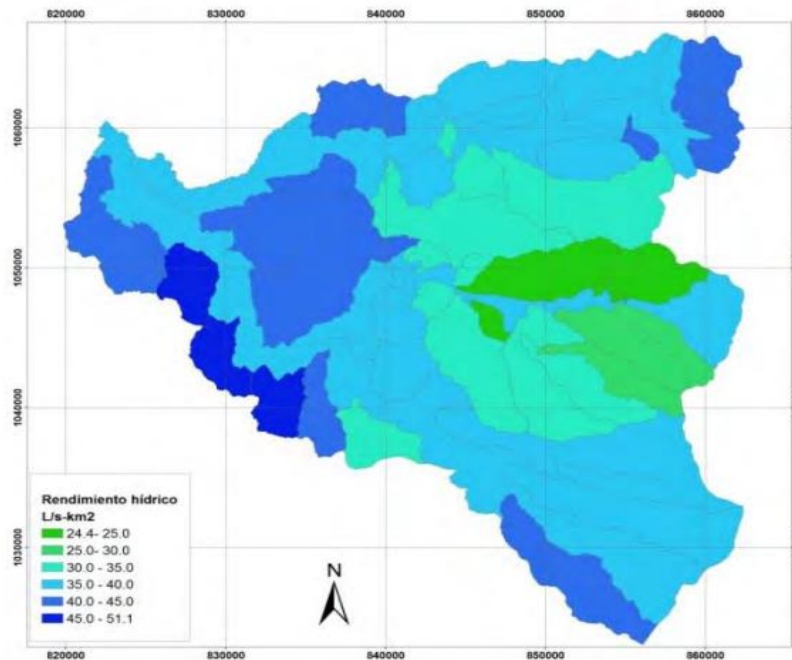


Figura 21: De la precipitación total anual de la cuenca, el 95% se convierte en escorrentía directa. Estos valores fluctúan entre el 57% para la subcuenca del río Chinchiná, 58% para el río Guacaica y 67% para el río claro. (Corpocaldas, 2013)

Escorrentía promedio

Figura 22 Escorrentía promedio (Río Chinchiná)

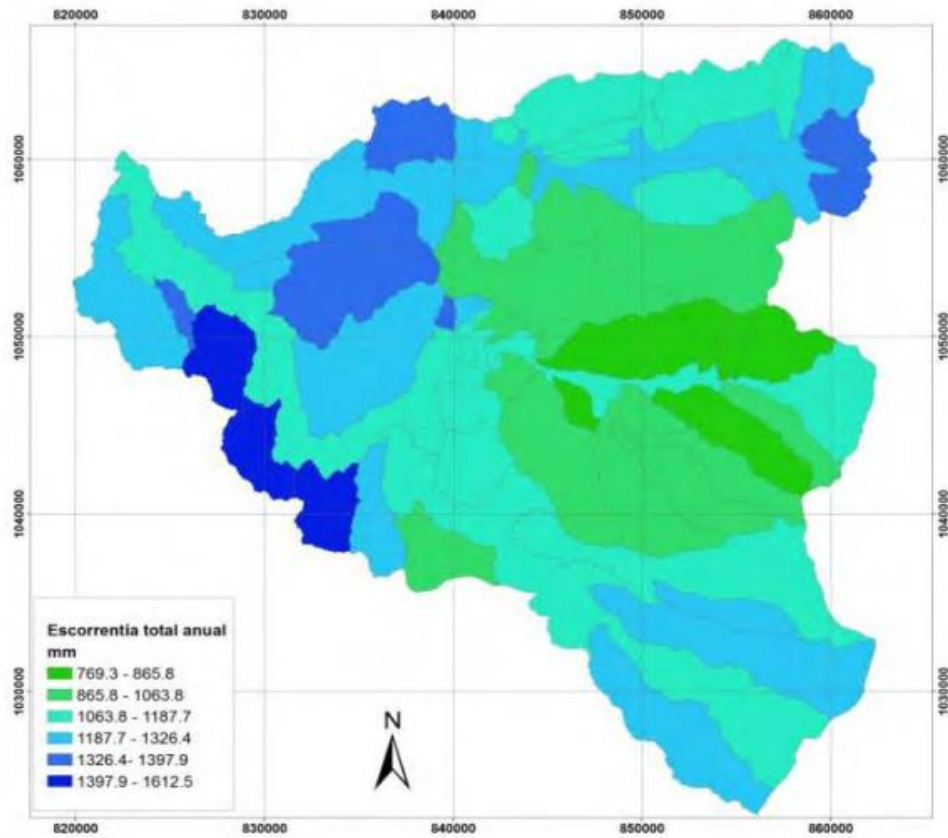


Figura 22: La cartografía incluida en este servicio contiene la escorrentía total anual media (mm). La escorrentía es el agua que escurre por la red de drenaje hasta alcanzar la red fluvial y su cálculo es necesario para la evaluación de los recursos hídricos. (Corpocaldas, 2013)

Demanda hídrica

Figuran 23 Análisis comparativo caudales (Río Chinchiná)

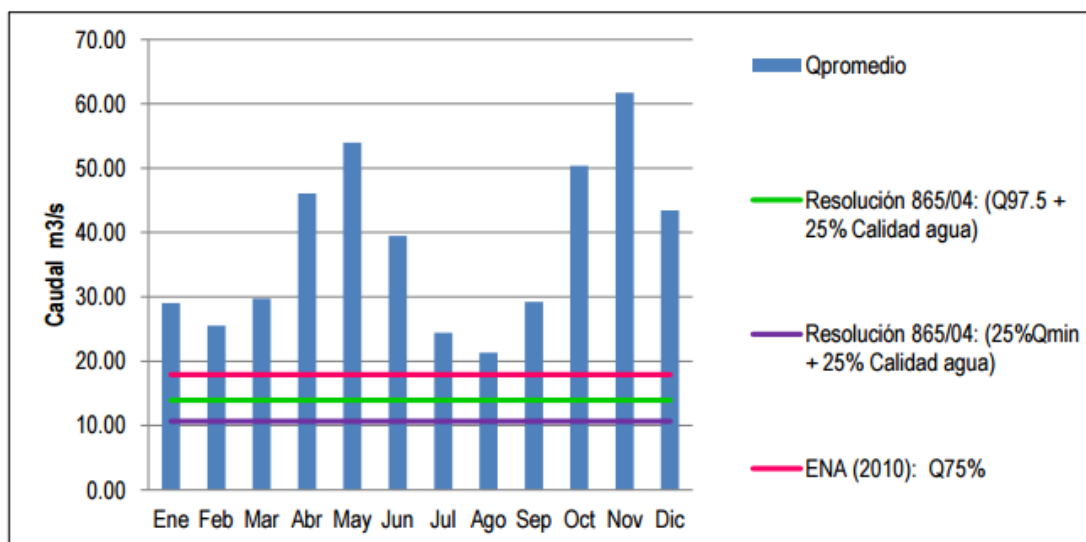


Figura 23. Presenta el análisis comparativo de los caudales ambientales por la metodología para proyectos licenciados, según la condición hidrológica. (Corpocaldas, 2013)

9.1. Modelación de la cuenca río Chinchiná en Arc- gis

La página de IDEAM (2014) menciona:

“Un modelo hidrológico es el sistema físico real que generalmente representamos es la 'cuenca hidrográfica' y cada uno de los componentes del ciclo hidrológico. De esta manera un modelo matemático nos ayudará a tomar decisiones en materia de hidrología” (IDEAM, 2014).

La oferta hídrica que presenta el departamento de caldas hace referencia al estudio del recurso natural, en este caso de la cuenca del río Chinchiná se debe garantizar la sostenibilidad de este recurso mediante la gestión y uso eficiente de este recurso.

Para la modelación de la cuenca del río Chinchiná se contó con la información brindada de la Corporación Autónoma Regional (Corpocaldas, 2013) con el fin de realizar un estudio

técnico-educativo sobre los elementos de la cuenca que se encuentran ahí presentes.

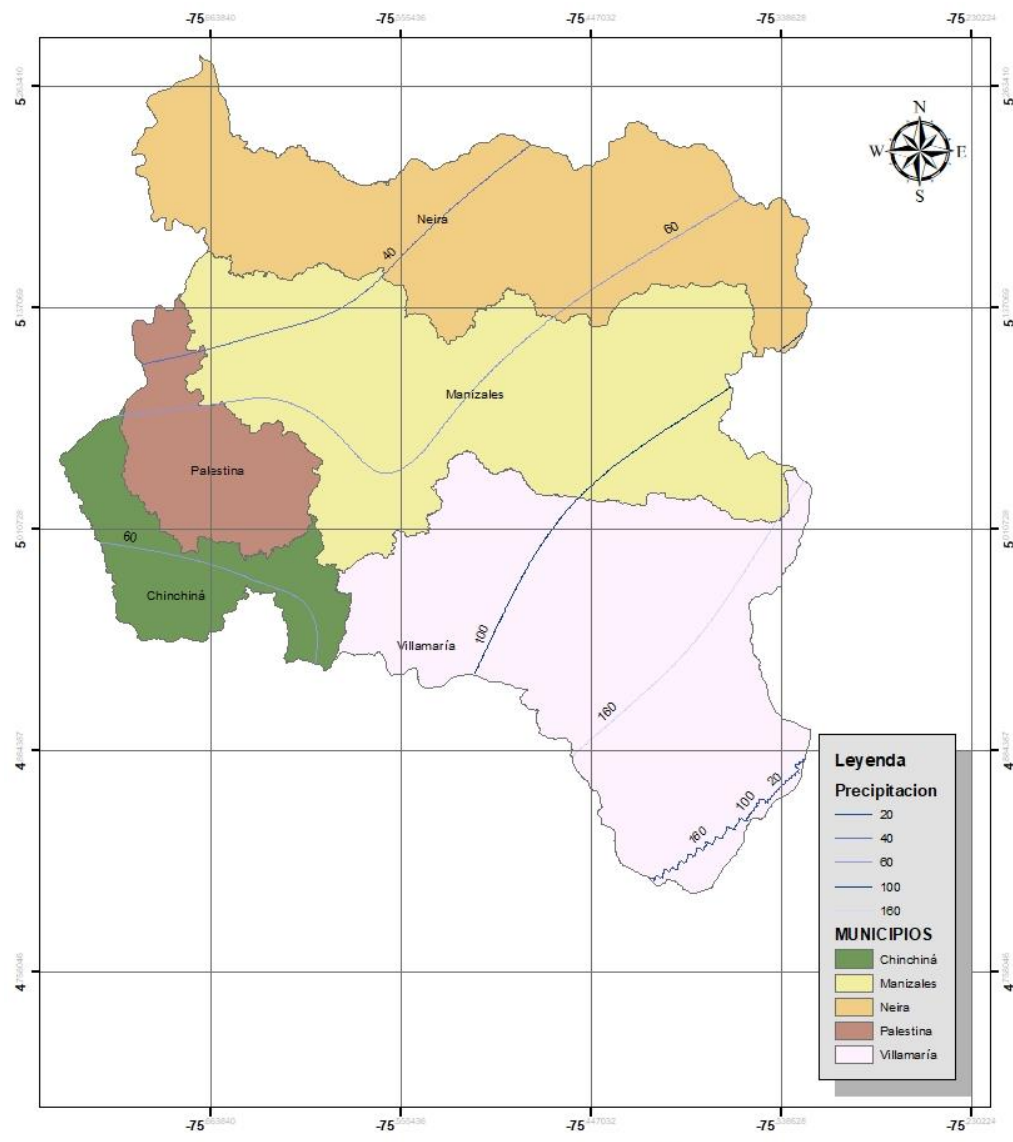
Se modelaron los fenómenos de precipitación y temperatura, con datos obtenidos del SIGOT con el fin de realizar una clasificación Caldas-Lang y así poder definir el suelo de la cuenca.

Posteriormente se utilizaron los shapefile de COORPOCALDAS, a estos se le realizaron modificación con el fin de obtener las subcuencas y micro cuencas, la gestión del recurso hídrico debe estar sustentada por el conocimiento del comportamiento de esta.

Para la red hídrica se utilizó un Modelo de elevación digital (DEM) con el propósito de obtener los drenajes, barras y lagunas con las que cuenta la cuenca como se muestran en los mapas.

9.1.1 Precipitación

Figura 24 Modelación de clasificación precipitaciones promedio (Cuenca rio Chinchiná)



Universidad Católica de Manizales
 Facultad de Ingeniería y Arquitectura
 Programa Ingeniería Ambiental
 Hidrología y Climatología
 Semillero de Gestión Integral del Patrimonio Hídrico- GIPH.

Municipios de la Cuenca
 Chinchiná
 Manizales
 Neira
 Palestina
 Villamaría

Universidad Católica de Manizales
 Precipitaciones Promedio
 Clasificación

Victor Manuel Ortega N
 Sebastian Benjumea S
 Fuente:
 Corporación USGS
 SIGOT

Para la modelación de precipitación media se obtuvo a partir de aritmética, polígonos de Thiessen e isoyetas. A esta se le incorpora el posterior análisis de la precipitación.

El volumen y estacionalidad de las precipitaciones de la zona en la que se encuentra la cuenca del río Chinchiná son aspectos fundamentales para entender los caudales de la cuenca y su régimen fluvial.

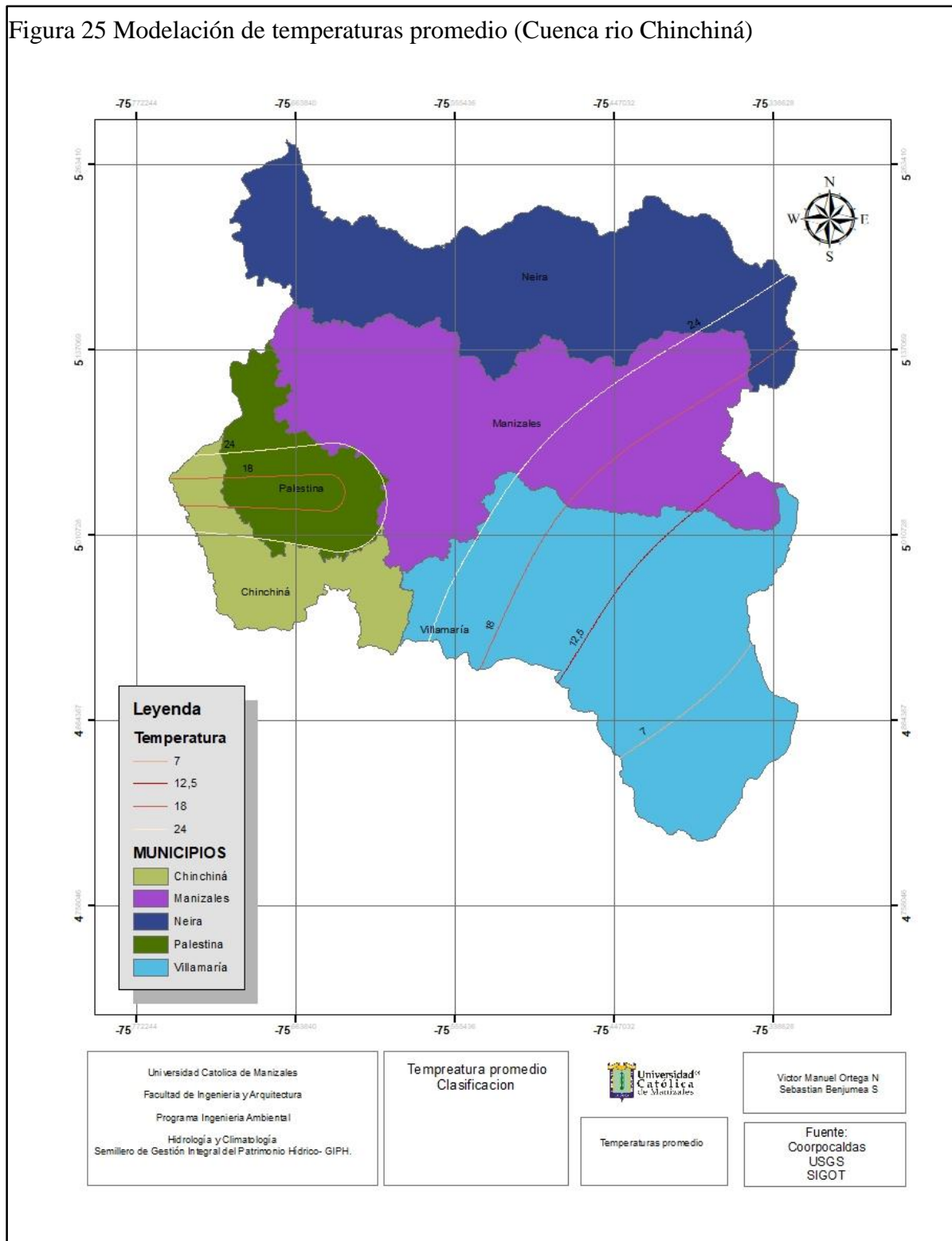
El estudio de las precipitaciones es primordial dentro de cualquier indagación hidrológica, para cuantificar los recursos hídricos y la prevención de avenidas y estudios de erosión.

Cada país instala una red de pluviómetros, estos datos son los que se utilizan para cualquier estudio.

En el mapa 1 podemos visualizar las curvas de precipitación para la cuenca del río Chinchiná en el territorio caldense mostrando la reducción de la precipitación desde el Sureste de la cuenca hacia el Noroeste de esta por la diferencia de alturas que existe en el territorio de la cuenca del río Chinchina; con estas isoyetas que muestra el mapa podemos evaluar la superficie de cada una y este valor sirve para ponderar la precipitación media asignada a cada parte de terreno como lo es Manizales, Villamaria, Chinchiná, Neira y Palestina.

9.1.2 Temperatura

Figura 25 Modelación de temperaturas promedio (Cuenca rio Chinchiná)



El mapa numero 2 nos muestra las diferencias de temperaturas que presenta la cuenca del rio Chinchiná en toda su extensión. En Colombia la temperatura en los últimos años ha aumentado 6 ° C y estos datos permiten interpretar en qué condiciones se encuentra la temperatura para tomar decisiones sobre el manejo integral de la cuenca.

Para el desarrollo del mapa se debe contar con información climatológica dada por estaciones meteorológicas del territorio de la cuenca, la delimitación de esta fue a partir de mapas obtenidos del SIGOT y USGS, a partir de esto se utilizó el software Arcgis para el desarrollo del mapa.

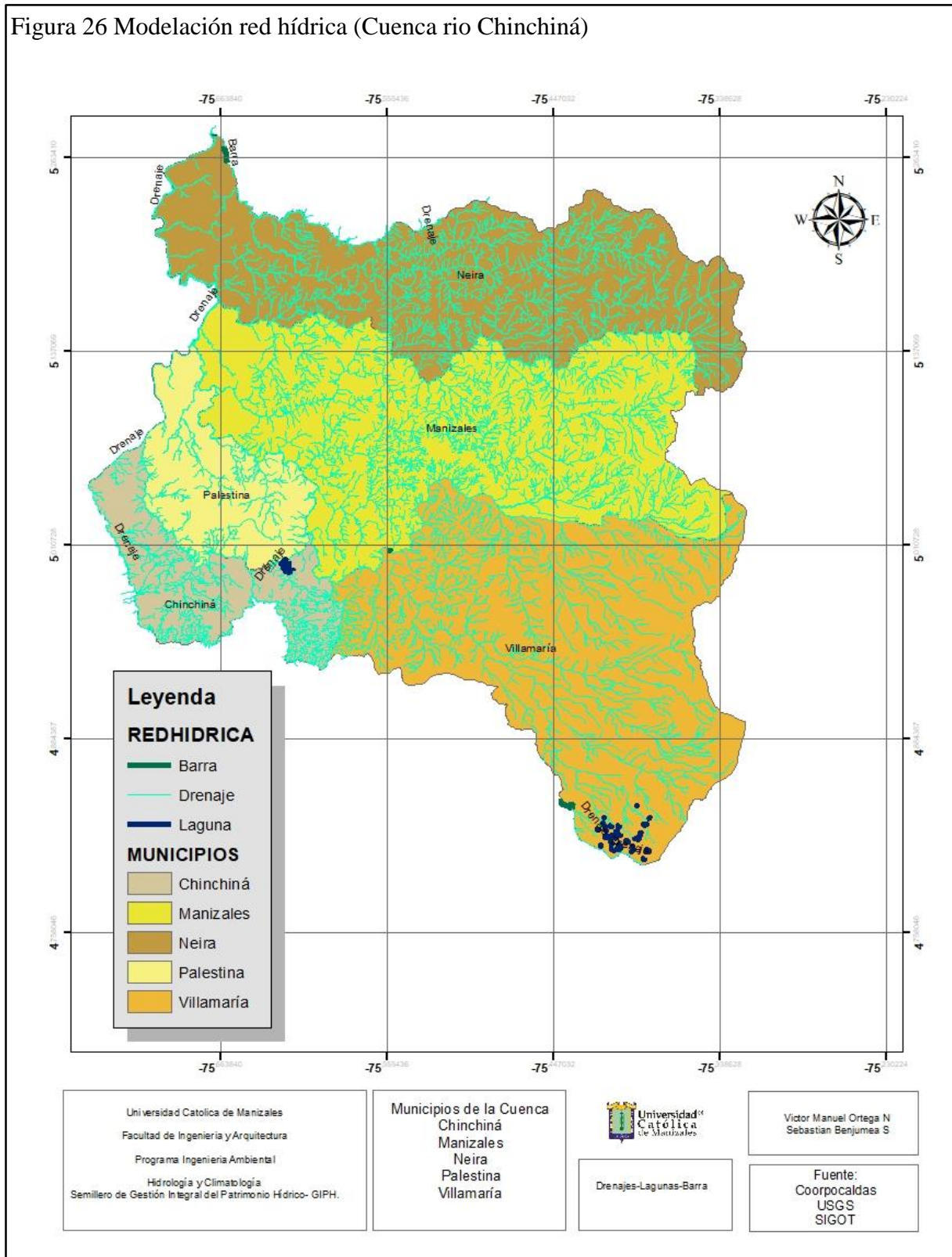
La temperatura junto al relieve son factores fundamentales que pueden afectar las características de la cuenca, tratándose de regímenes fluviales y caudales de esta. Una temperatura muy elevada podría afectar o provocar pérdidas de agua por la evaporación.

Caldas en un territorio vulnerable a los desastres naturales, precipitaciones, deslizamientos e inundaciones son algunos de los fenómenos naturales que afectan a los ciudadanos de la zona (Cuenca rio Chinchiná) con más frecuencia siendo estos factores determinantes en la prevención de estos desastres.

Un problema del aumento de la temperatura altera el patrón de lluvias, cambio en el pH de sus aguas, efectos adversos a las especies, intensidad de los eventos naturales de la cuenca y de aquí en adelante muchos problemas ambientales relacionados con el actual cambio climático que hay en el territorio colombiano.

9.1.3 Red hídrica

Figura 26 Modelación red hídrica (Cuenca rio Chinchiná)



A partir de este aspecto en la cuenca hidrográfica del río Chinchiná se pueden determinar el uso que tiene la red hídrica de la cuenca en cuanto a los usuarios que tienen captaciones y vertimientos en el trayecto de esta.

La delimitación de las áreas ambientalmente protegidas en el territorio caldense es algo de vital importancia para las personas que hacen uso de esta red hidrográfica, ya que la protección de este recurso en zonas de recarga hídrica (paramos) y zonas boscosas permite la sostenibilidad de este medio que sustenta a las personas.

Este mapa generado por Arcgis al igual que el de subcuencas y microcuencas pueden ser modificados de tal manera que arroje datos sobre características de elevación y terreno, en algunos casos donde se tienen datos de caudales anuales o mensuales se puede obtener los índices de descensos de agua en temporadas de temperatura alta.

9.1.4 Subcuencas

Figura 27 Modelación de subcuencas (Cuenca río Chinchiná)

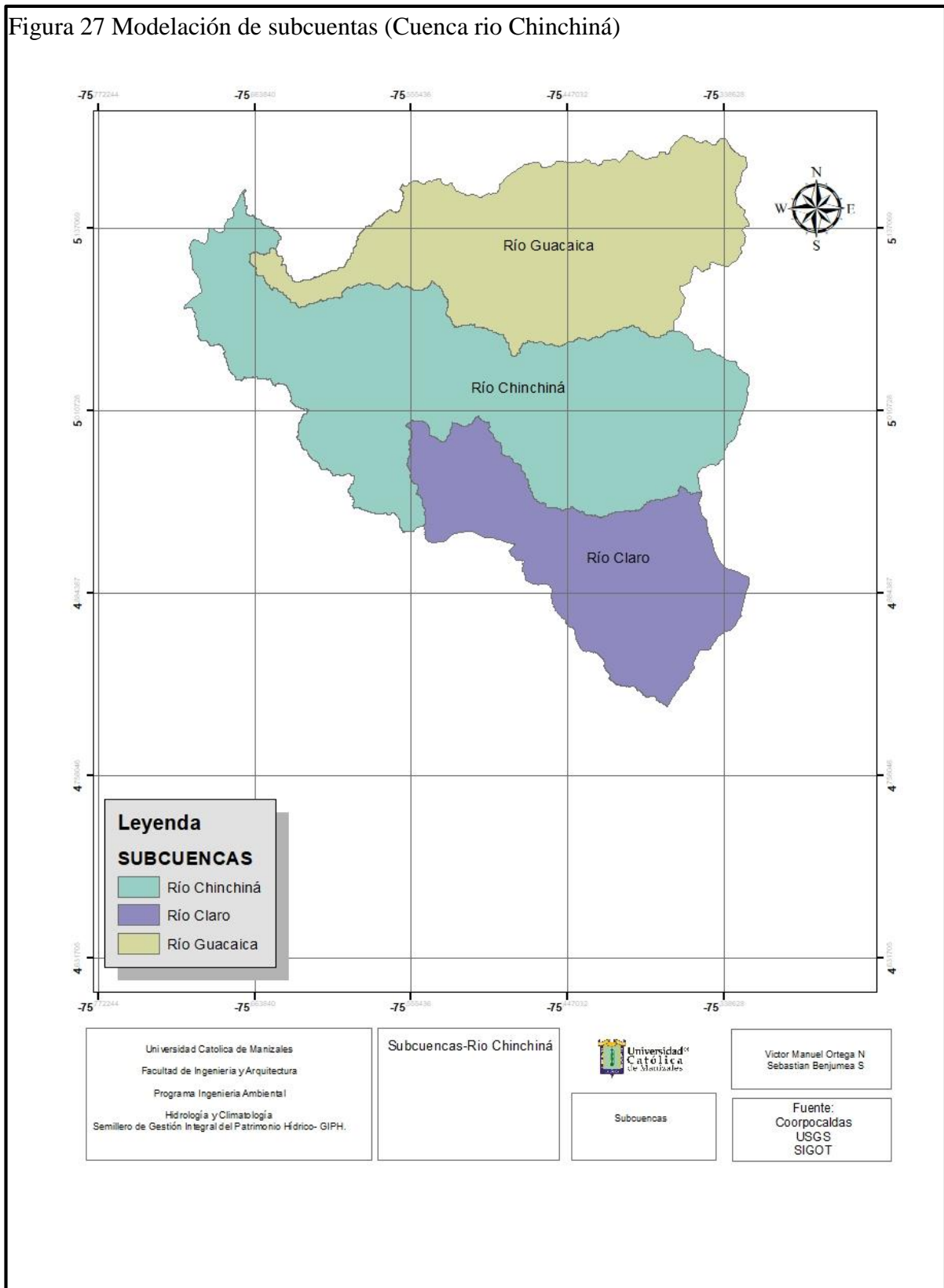


Tabla 4

Nombre	Tipo	Área(Ha)
Río Claro	Subcuenca	24457,4731
Río Chinchiná	Subcuenca	48593,5516
Río Guacaica	Subcuenca	33781,1339
(Áreas subcuencas de río Chinchiná)		

Para la construcción de este mapa de subcuencas del río Chinchiná se utilizaron herramientas de Arc gis en donde se divide la cuenca en partes más pequeñas, así calculando las áreas de las tres sub cuencas y generando una forma más o menos complicada de calcular estos parámetros. Esta herramienta que nos proporciona ESRI calcula las líneas de drenaje dentro la distancia a necesitar, además facilita la ubicación de las líneas de flujo dentro de una distancia conservadora.

Para el ordenamiento de cunecas hidrográficas en el territorio caldense se es necesaria la división de la cuenca completa, en este caso son 3 subcuencas que abastecen a la cuenca principal guacaica, río blanco y Chinchiná.

Tabla 5. División de subcuencas de río Chinchiná en micro cuencas y quebradas

Subcuenca	MicroCuenca	Area (Ha)
Río Guacaica	Quebrada San Pablo	1349,99365
Río Guacaica	Quebrada Negra	2073,60949
Río Guacaica	Quebrada San Juan	2186,26422
Río Guacaica	Río Guacaica	14630,8482
Río Guacaica	Quebrada El Junco	1544,25247
Río Guacaica	Quebrada Minarica	1620,67078
Río Chinchiná	Río Chinchiná	13337,691
Río Guacaica	Quebrada del Aguila	1071,98567
Río Guacaica	Río Blanco	4670,52645
Río Guacaica	Quebrada Olivares	4075,79872
Río Chinchiná	Quebrada Manzanares	3318,54093
Río Chinchiná	Quebrada Carminales	2765,73911
Río Chinchiná	Quebrada Cartagena	1500,07052
Río Chinchiná	Quebrada Manizales	2766,32109
Río Chinchiná	Quebrada El Rosario	3879,05954
Río Chinchiná	Quebrada La Siberia	1397,13021
Río Chinchiná	Quebrada La Negra	1087,40728
Río Chinchiná	Quebrada Come Guadua	1347,83112
Río Chinchiná	Quebrada La Oliva	2013,55325
Río Chinchiná	Quebrada Termales	1454,36122
Río Chinchiná	Quebrada Chupaderos	3135,09397
Río Chinchiná	Quebrada Romerales	1790,31101
Río Chinchiná	Quebrada La Maria o Tolda Fria	2362,95417
Río Chinchiná	Quebrada Los Cuervos	1342,69221
Río Claro	Río Claro	8373,33186
Río Claro	Quebrada Santo Domingo	1421,37607
Río Chinchiná	Quebrada San Juan	1331,82464
Río Claro	Quebrada La Bella	1502,12078
Río Claro	Río Molinos	4848,83714
Río Claro	Quebrada Hojas Anchas	1011,39197
Río Claro	Quebrada Las Nereidas	3988,44553
Río Claro	Quebrada Juntas	3311,96978
Río Chinchiná	Quebrada de Los Lobos	345,907388
Río Chinchiná	Quebrada Del PurgatoRío	415,883168
Río Chinchiná	Quebrada El Diamante	430,699579
Río Guacaica	Quebrada San Pedro	557,184228
Río Chinchiná	Quebrada El Perro	339,585921
Río Chinchiná	Quebrada Los Frailes	650,226643

Las herramientas de Arcgis para la generación de mapas de micro cuencas hidrográficas son de gran importancia para el análisis de territorio en cuanto a uso del recurso hídrico, estos nos permiten como ingeniero tener facilidades a datos con herramientas de software actualizadas.

La cuenca del río Chinchiná está dividida en pequeños afluentes llamados micro cuencas, estas se encuentran distribuidas sobre parte del territorio caldense en donde son utilizadas por la población dándole diferentes usos a este recurso. Quebradas como la olivares son utilizadas para vertimientos contaminantes generados por las personas e industrias cercanas, el uso eficiente del agua es muy importante para mantener estas micro cuencas en estados óptimos para nuestro abastecimiento, el mal uso de estas y la contaminación por encima de los límites permisibles en leyes como la 0631 de 2015 pueden generar problemas a parte de la población sido este recurso no apto para consumo humano teniendo en cuenta los índices de materia orgánica que genera esta contaminación.

9.1.6 Clasificación Caldas-Lang

Figura 29 Modelación clasificación Caldas-Lang (Cuenca rio Chinchiná)

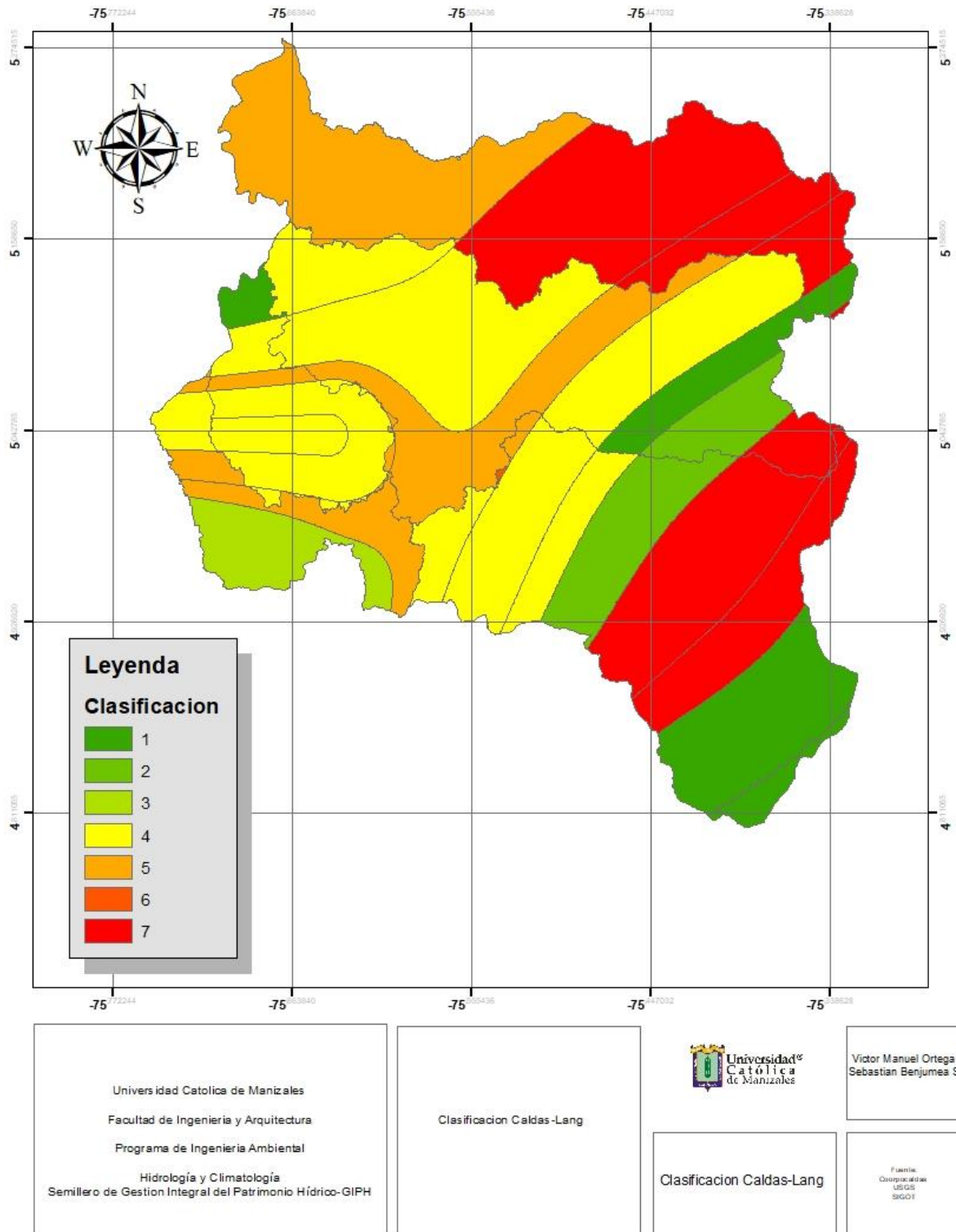


Tabla 6 Clasificación Caldas Lang

Clasificación	Núm.
Frio Semi húmedo	1
Templado Húmedo	2
Templado Semiárido	3
Templado Semi húmedo	4
Cálido Semi húmedo	5
Cálido Húmedo	6
Frio Húmedo	7

Tabla 7 Extensión clasificación Caldas Lang

Área (Ha)	Núm.
154201355,5	1
95867343,61	2
48113303,49	3
479222825,3	4
302115926,8	5
370556,1597	6
406112960,2	7

La clasificación Caldas Lang es de gran importancia en el análisis de un territorio determinado ya que esta nos permite diferenciar los distintos tipos de zonas de vida que existen en la región que ubica la cuneca del río Chinchiná, estas áreas se denotan porque sus condiciones ambientales son similares de acuerdo a parámetros de temperatura, precipitación y evapotranspiración. En la tierra se pueden clasificar estas zonas en latitud, altitud y características básicas de clima, estos parámetros desarrollan una vegetación y una fauna característica siendo el resultado la división del territorio de la cuenca del río Chinchiná en diferentes tipos de bosque.

Esta herramienta que permite realizar Arc gis es de gran importante en el campo de la ingeniería ambiental ya que este es un sistema de clasificación ecológico con límites bien definidos y sensibles a los pequeños cambios que ocurren en la vegetación del territorio de la

cuenca, esta además permite reconocer los cambios introducidos por el hombre. La ventaja de tener estos recursos es que puede ser usado para otros fines y ser utilizado para seleccionar los lugares con mejor oportunidad de actividad agrícola sin mayores daños ambientales, la prevención del impacto ecológico y la degradación del ambiente son temas de gran importancia en la actualidad y el uso de tecnologías nuevas facilita el análisis y la toma de decisiones frente a esto mostrando su importancia relativa para la conservación.

10. Conclusiones:

- La investigación presentada en este documento como propuesta de creación de una herramienta tecnológica, elemento que cada día juega un papel más importante en la educación actual presencial y a distancia por sus facilidades en la búsqueda de información universal. Es por esto que la práctica de nuevas tecnologías implementadas en el proceso de enseñanza de la hidrología y SIG mediante una plataforma virtual, con módulos específicos facilitaría el aprendizaje y aumentaría las capacidades de los estudiantes, tanto en el uso de software, como en el conocimiento propiamente dicho.
- Los nuevos modelos de educación virtual como el presentado en nuestra tesis pueden entrar en la educación superior, vivimos en una sociedad de constante cambio y los estilos de enseñanza – aprendizaje han tenido que modificarse dando la oportunidad a nuevas modalidades para educación y capacitación en diferentes temas con la finalidad de garantizar la adquisición de aprendizajes significativos.
- Los sistemas de información geográfica en la actualidad juegan un papel muy importante para los ingenieros ambientales, la correcta utilización de estos programas puede ser muy útiles en aplicaciones específicas (Hidrología) pudiendo obtener el conocimiento de información espacial y la representación gráfica de diferentes áreas para la toma de

decisiones.

- La elaboración de un manual de procesos para la ejecución de mapas basados en SIG es de vital importancia debido a que el estudiante tendrá una herramienta de apoyo al momento de enfrentarse a las incertidumbres que generan la elaboración de mapa en el software Arc gis.

11. Recomendaciones

- Se recomienda realizar un estudio técnico en base a la plataforma virtual creada en nuestro proyecto para la afinidad de las diferentes carreras en la Universidad Católica de Manizales como arquitectura y publicidad ya que en el mundo Second Life se pueden encontrar temas de diferentes intereses que pueden ayudar a adquirir nuevas competencias en la nueva era de enseñanza digital.
- Se recomienda para futuros estudiantes que deseen seguir con nuestro proyecto la nueva creación de módulos referentes a temas de ingeniería ambiental de la actualidad ya que cada día se suman nuevas investigaciones y tecnologías que permiten al ingeniero ambiental tener facilidades y conocimiento sobre las nuevas herramientas que se presentan en el momento.
- Para futuros proyectos de pregrados, se recomienda la ampliación del terreno en la plataforma virtual creada en Second Life, este aumento del terreno nos permitirá generar la idea de la creación de una moodle virtual nueva para UCM en el que estén presentes todos los programas que se dictan en la universidad teniendo una nueva herramienta general de TIC con la que estudiantes y docentes trabajarían virtualmente.
- Este trabajo de pregrado cumple con algunos de los objetivos PEU 2018 – 2025 (Mega 1, 5 y 6) desarrollando infraestructura tecnológica, promoviendo valores institucionales y mejorando así las relaciones del conocimiento, la comunidad universitaria y su entorno.

12. Referencias

- Barbecho, J. G & Calle, E. J. (2012). Caracterización de conductividad Hidráulica de los suelos de la sub cuenca del rio Tarqui. (*Tesis de Pregrado*). Universidad de Cuenca: Ecuador.
- Cervantes, M. A. (2012). Enseñanza virtual en second life: una opcion online animada para las universidades y las artes. *IV Jornada campus virtual*. Lima Perú.
- Corpocaldas. (2013). *Plan Ordenación y Manejo de la cuenca Hidrográfica del Rio Chinchiná*. Recuperado de <http://www.corpocaldas.gov.co/publicaciones>
- Decreto Ley N° 2811. *Diario Oficial de la República de Colombia*, Bogotá, Colombia, 18 de diciembre 1974.
- Depettris, C.A (1989). Modelos Hidrológicos, *Cursos de Grado de Ingeniería Civil*, 14.
- Earth encyclopedia (15,02, 2017). *Ciclo hidrológico*. Recuperado de <https://editors.eol.org/eoearth/index.php?title=Project:About&oldid=134175>.
- Ecured. (25,10,2016). *Conceptos*. Recuperado de <https://www.ecured.cu>
- ETESA. (2009). *Evapotranspiración Potencial*. Recuperado de hidromet.com.pa: http://www.hidromet.com.pa/balance_hidrico.php
- FAO. (26,03,2017). *Food and Agriculture Organization of the United Nations*. Recuperado de ftp://ftp.fao.org/fi/cdrom/fao_training/fao_training/general/x6706s/x6706s09.htm
- González, M. B.,Rodríguez T.C & Rajas, M (2014). Mundos virtuales 3D para la comunicación e interacción en el momento educativo online. *Historia y comunicación Social*, 9, 417-430. Recuperado de

<http://revistas.ucm.es/index.php/HICS/article/view/44967/42346>

Guevara, E. (2001). Los estudios de Postgrado en Ingeniería Ambiental en la Universidad de Carabobo. Una innovación para el desarrollo. *Revista INGENIERÍA UC*, 8 (2), s.p

IDEAM (19,10,2017). *Modelación Hidrológica*. Recuperado de

<http://www.ideam.gov.co/web/agua/modelacion-hidrologica>

Kiobus Ingenieros. (30,12,2017) *Tecnologías de la información y la comunicación*

Recuperado de <http://www.eduonline.ua.es/jornadas2010/comunicaciones/337.pdf>

Ley N° 9 de 1979. *Ministerio de agricultura República de Colombia*, Bogotá, Colombia, 24 de enero de 1979. Oo9

Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial. (2010). *Política nacional del recurso hídrico*, Colombia, marzo de 2010.

Montoya S. (2017). *Curso de Modflow en mdinería*. Lima:Perú

Murillo.W., Zea, J.A y Córdoba, S (2006), Estimación de la precipitación media, evaluación de la red pluviométrica y cuantificación del balance hídrico en la cuenca del río quito. *Meteorol. Colombia*, 10, 100-110

Musy, A. (2001). Cours "Hydrologie générale". *Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne. IATE/HYDRAM*.

Ordoñez, J.J (2001) Cartilla técnica: Ciclo hidrológico. Sociedad Geográfica de Lima: Perú

Ponze, V. M. (1989). Engineering Hydrology. *Apuntes de hidrología*, 9, 6-7.

Rivero, N. D. (2016). Estrategias innovadoras basadas en el mundo virtual Second Life para complementar el proceso educativo en la educación superior apoyados en la

plataforma tecnológica Moodle de forma iconográfica. *Virtual educa, centro de convenciones*.

Sauquillo H. (2009). La importancia de las aguas subterráneas. *Revista Real Academia Ciencias Exactas 103*, 97-114

Umaña Ed. (2002), *Educación ambiental con enfoque en manejo de cuencas y prevención de desastres*. Republica de Nicaragua: Universidad Nacional Agraria.

Valero, J.A., López, H., Fabeiro, C y Olalla, M. d. (1999) Efecto del déficit de suministro de agua en el rendimiento y en la calidad de un cultivo de maíz dulce. *ITEA. Producción vegetal*,95 (3) 218-240

Vásquez, V.M (18 de septiembre 2012) Medida de la transpiración en luz y oscuridad. Efecto de la capa limítrofe [Mensaje en un blog]. Recuperado de <http://theenvironmentalistjournal.blogspot.com.co/2012/09/medida-de-la-transpiracion-en-luz-y.html>

13. Anexos

Glosario

– Cuenca hidrográfica:

Según la página de Ecured (2016) son aquellas que hacen que el agua que proviene de las montañas o del deshielo, descienda por la depresión hasta llegar al mar. En algunos casos, la cuenca puede no alcanzar el nivel del mar si se trata de un valle encerrado por montañas, en cuyo caso la formación acuífera será una laguna o lago (Ecured, 2016).

– Plataforma virtual:

Las plataformas virtuales según Losada (2004) define que son programas orientados a la Internet, se utilizan para el diseño y desarrollo de cursos o módulos didácticos en la red internacional. Permiten mejorar la comunicación (alumno-docente; alumno-alumno) y desarrollar el aprendizaje individual y colectivo (Losada, 2004).

– Modelación:

El modelo científico es un instrumento de la investigación de carácter material o teórico, creado para reproducir el objeto que se está estudiando. Según la página de Ecured (2016) constituye una reproducción simplificada de la realidad que cumple una función heurística que permite descubrir nuevas relaciones y cualidades del objeto de estudio. Un modelo científico es la configuración ideal que representa de manera simplificada una teoría. Es un instrumento de trabajo que supone una aproximación intuitiva a la realidad y que tiene por función básica la de ayudar a comprender las teorías y las leyes (Ecured, 2016).

– Software:

Según la página de Ecured (2016) define que hace referencia a un programa o conjunto de programas de cómputo que incluye datos, procedimientos y pautas que permiten realizar distintas tareas en un sistema informático. Este término se utiliza para referirse de una forma muy genérica a los programas de un dispositivo informático (Ecured, 2016).

– Aprendizaje:

Según la página de Ecured (2016) define que el aprendizaje consiste en adquirir, procesar, entender y aplicar una información que nos ha sido enseñada o que hemos adquirido mediante

la experiencia a situaciones reales de nuestra vida. El aprendizaje es el resultado de procesos de estudio, experiencia, instrucción, razonamiento y observación (Ecured, 2016).

– Ciclo Hidrológico:

El ciclo hidrológico o ciclo del agua según Godoy (2012) es el proceso de circulación del agua entre los distintos compartimentos de la hidrósfera. Se trata de un ciclo biogeoquímico en el que hay una intervención mínima de reacciones químicas, y el agua solamente se traslada de unos lugares a otros o cambia de estado físico (Godoy, 2012).

– Hidrología:

Según Marcano (2012) define que es:

La disciplina científica dedicada al estudio de las aguas de la Tierra, incluyendo su presencia, distribución y circulación a través del ciclo hidrológico, y las interacciones con los seres vivos. También trata de las propiedades químicas y físicas del agua en todas sus fases. (p.15)

– Climatología:

La climatología es la ciencia que estudia el clima y todas sus variaciones en el espacio – tiempo, esta no pretende previsiones inmediatas sino estudiar sus características a largo plazo.

– Precipitación

La precipitación, ya sea como lluvia o como nieve según Ponze (1989) “es el proceso que guía el modelado de una cuenca. El escurrimiento de superficie es una consecuencia directa del exceso de lluvia y-o del deshielo de la nieve” (p.6)

– Intensidad de lluvia

La intensidad de la lluvia según Ponze (1989) varía ampliamente en el tiempo y en el espacio. En la práctica, es necesario hacer uso de promedios espaciales y temporales de modo de proveer

descripciones útiles de lluvia. Para cuencas pequeñas, la intensidad de lluvia promedio durante un período igual al tiempo de concentración es usualmente el parámetro de lluvia primario. Para las cuencas de tamaño medio, el énfasis va desde la intensidad de la lluvia a la profundidad de la tormenta, la duración de la tormenta, y una distribución temporal de la lluvia conveniente. Para las cuencas grandes la distribución espacial de la lluvia se vuelve el factor de control.

– Infiltración

La infiltración está vista como el mecanismo de abstracción primario en los modelos de eventos aislados. Según Ponze (1989) los valores y las cantidades de infiltración determinan en gran parte las cantidades de escurrimiento superficial. Tanto los modelos determinísticos, como los conceptuales, o los paramétricos son usados en el modelado del proceso de infiltración. Por ejemplo, un modelo determinístico es la fórmula de Green y la Ampt que está basada en la física del proceso de infiltración. Un ejemplo típico de un modelo conceptual es el método de la curva de escurrimiento SCS, que está basada en asumir la proporcionalidad entre la retención y el escurrimiento. Los modelos paramétricos son también ampliamente usados, vea, por ejemplo, la función general de tasa de pérdida.

– Evaporación

En el modelado de cuencas que menciona Ponze (1989) define a estas como:

Un componente de evaporación es utilizado para cuantificar la pérdida de agua de lagos y reservorios. El proceso es particularmente importante para modelado continuo en regiones áridas y semiáridas. En este caso, la evaporación de lagos y reservorios puede representar una contribución sustancial al balance de agua de la cuenca. (p.12)

– Evapotranspiración

La evapotranspiración se ve como el mecanismo abstractivo primario de modelos de proceso continuo. La evapotranspiración es tomada en cuenta ya sea como evapotranspiración potencial o evapotranspiración real. La ETP es modelada de forma similar a la evaporación. Los métodos para calcular la ETP están clasificados en:

(1) modelos de temperatura

(2) modelos de radiación

(3) modelos combinados

(4) modelos de pan evaporación.

Las fórmulas empíricas u otras estimaciones de evapotranspiración son utilizadas en la modelación de procesos continuos. (Ponze, 1989, p.12)

– Escurrimiento

A partir de los planteamientos de Ponze (1989) se reconocen dos modos diferentes de escurrimiento con propósitos de modelación:

(1) escurrimiento en la cuenca

(2) escurrimiento en el canal de corriente.

El escurrimiento de cuenca tiene características tridimensionales, pero eventualmente este tipo de escurrimiento se concentra a la salida de la cuenca. Después de abandonar la cuenca el escurrimiento entra la red del canal donde se vuelve un flujo corriente del canal.

