

Análisis de los factores hidrológicos en relación con los eventos ocurridos en la cuenca alta del Río Chicamocha en Boyacá a través del uso de sistemas de información geográfica entre los años 2011-2019

Analysis of hydrological factors in relation to events occurring in the upper basin of the Chicamocha River in Boyacá through the use of geographic information systems between the years 2011-2019

Juan Camilo Gómez, Valerie Lopez Escnadon

Resumen



Los sistemas de información geográfica son herramientas ampliamente utilizadas para el estudio dentro de la disciplina del ingeniero ambiental. La comprensión del territorio toma un nuevo significado para el análisis de las condiciones únicas de cada zona de investigación. El ejercicio de la simulación con la ayuda de la aplicación colaboratory de google de la cuenca alta del Río Chicamocha en nacimiento y paso por diferentes municipios del departamento de Boyacá supone un paso importante para el planteamiento de modelos ambientales para la zona. La cuenca alta de este río presentó una gran variación en su caudal en la última década, esto por influencia de diferentes factores que hicieron que afectaron la cuenca de forma directa, como en el caso de la contaminación y deforestación. Así como otros que la afectaron de forma indirecta, como en el caso del fenómeno del niño que se reflejó en la precipitación. Es una mezcla de circunstancias que se reflejaron tanto de forma global como local en la zona delimitada de estudio que provocaron estos cambios. Sin embargo, aún

Abstract



Geographic information systems are specific tools for study within the discipline of the environmental engineer. The understanding of the territory takes on a new meaning for the analysis of the unique conditions of each research area. The exercise of the spatial simulation of the upper basin of the Chicamocha River at birth and passing through different municipalities of the department of Boyacá is an important step for the development of environmental models for the area. The upper basin of this river presents a great variation in its flow in the last decade, this due to the influence of different factors that made the basin directly, as in the case of contamination and deforestation. As well as others that affect the indirect form, as in the case of the phenomenon of the child that is reflected in the crisis. It is a mixture of circumstances that can be identified in the study boundary zone that will cause these changes. However, there are still bets on creativity applied to different models for the recovery of this river, from regulating its flow to recovering its water quality.

Recibido / Received: 05 de Abril de 2019 Aprobado / Approved: 18 de Mayo de 2019

Tipo de artículo / Type of paper: Investigación científica y tecnológica

Afiliación Institucional de los autores / Institutional Affiliation of authors: Universidad El Bosque

Autor para comunicaciones / Author communications: Jcagomezc@unbosque.edu.co, Vlopezes@uelbosque.edu.co

Los autores declaran que no tienen conflicto de interés.

quedan apuestas a la creatividad aplicada a diferentes modelos para la recuperación de este río, desde la regulación de su caudal hasta la recuperación de la calidad del agua de este. Por eso el estudio ambiental toma una nueva dimensión dentro de las posibilidades de estudio de esta cuenca.

Palabras clave: Precipitación, Evaporación, Cuenca, Velocidad, Caudal, Cobertura, Río Chicamocha, Topografía.

That is why the environmental study takes a new dimension within the possibilities of studying this basin.

Keywords: Precipitation, Evaporation, Basin, Speed, Flow, Coverage, Rio Chicamocha, Topography.

Introducción

El departamento de Boyacá, está ubicado en el centro del país, en la cordillera oriental de los andes, posee una superficie de 23.189 km² y limita con los departamentos de Santander y norte de Santander, Arauca, Casanare, Meta, Cundinamarca y Antioquia. Al situarse en la cordillera de los Andes, el relieve pertenece al sistema andino en su mayor parte, cuenta con un relieve variado donde se incluyen unidades morfológicas tales como la cordillera oriental, altiplano y piedemonte de los llanos orientales, juntos con valle del río Magdalena; abarca desde los 500 msnm hasta los 5.380 msnm (Instituto Geográfico Agustín Codazzi, s.f.).

Boyacá posee diferentes pisos térmicos gracias a esta variedad en el relieve donde “se caracteriza por poseer una serie de valles con gran fertilidad, que se alternan con montañas más o menos altas” (Observatorio Ambiental de Boyacá, s.f.). Esto influye en su clima, ya que la principal fuente de humedad se da gracias a los vientos alisios del oriente del país, los cuales descargan dicha

humedad en el flanco oriental de la cordillera. El área de estudio abarca principalmente el altiplano, el cual se caracteriza por bajos niveles de precipitación (Corpoboyaca, 2015). El sistema hidrológico de Boyacá comprende un amplio número de lagunas, ríos y quebradas que nacen en la cordillera oriental o en defecto de afluentes directos o tributarios. Dentro del departamento algunos de los encargados en la vigilancia ambiental son CORPOBOYACA, CORPOCHIVOR y CORPORINOQUIA (Observatorio Ambiental de Boyacá, s.f.).

La cuenca alta del Río Chicamocha está formada por un altiplano y sus bordes, donde se destaca la zona de Paipa al ser rodeada por “cadenas de montañas en rocas sedimentarias con algunos cuerpos volcánicos en los alrededores, con un relieve de pendientes predominantemente suaves” (Corpoboyaca, 2015). En el paso del Río Chicamocha dentro del departamento de Boyacá se encuentra un paisaje de planicies formadas por el arrastre de agua y la gravedad, este fenómeno es el que dio origen al cañón del Chicamocha que forma parte de la cuenca alta y funciona el Parque Nacional del Chicamocha, este río se considera

una de las fuentes hídricas más importantes de la zona (Ríos del planeta, 2020; Corpoboyaca, 2015).

El presente trabajo se llevó a cabo con datos obtenidos de las bases de datos de las estaciones del IDEAM y mapas de Google Earth en conjunto con los mapas de coberturas disponibles en los servidores de QGIS. Para la obtención de los resultados en el presente estudio, además del uso de diferentes fuentes de información para lograr un mejor entendimiento del territorio delimitado alrededor de la cuenca del Chicamocha se implementaron diferentes herramientas para el tratamiento de los datos. Como bien menciona el título, un factor fundamental fue el uso de sistemas de información geográfica; para esto se hizo uso del software QGIS, lo cual permitió una mejor comprensión de la zona y de los datos debido a la posibilidad que brinda esta herramienta para la proyección geográfica de estos. La capacidad que brindan los sistemas de georreferenciación de visualizar la información así como de almacenarla y procesarla para diferentes fines, como en este caso que se asoció a un enfoque hidrológico. En conjunto se hizo uso de la herramienta Collaboratory de Google para procesar los datos y así obtener gráficas apropiadas de los valores de precipitación, caudal, entre otros. La visualización de datos de Collaboratory en conjunto con la proyección geográfica facilitada por el software QGIS suponen una mejor comprensión del área de estudio, garantizando mejores resultados para el análisis y diagnosticó pautados en los objetivos.

Objetivos

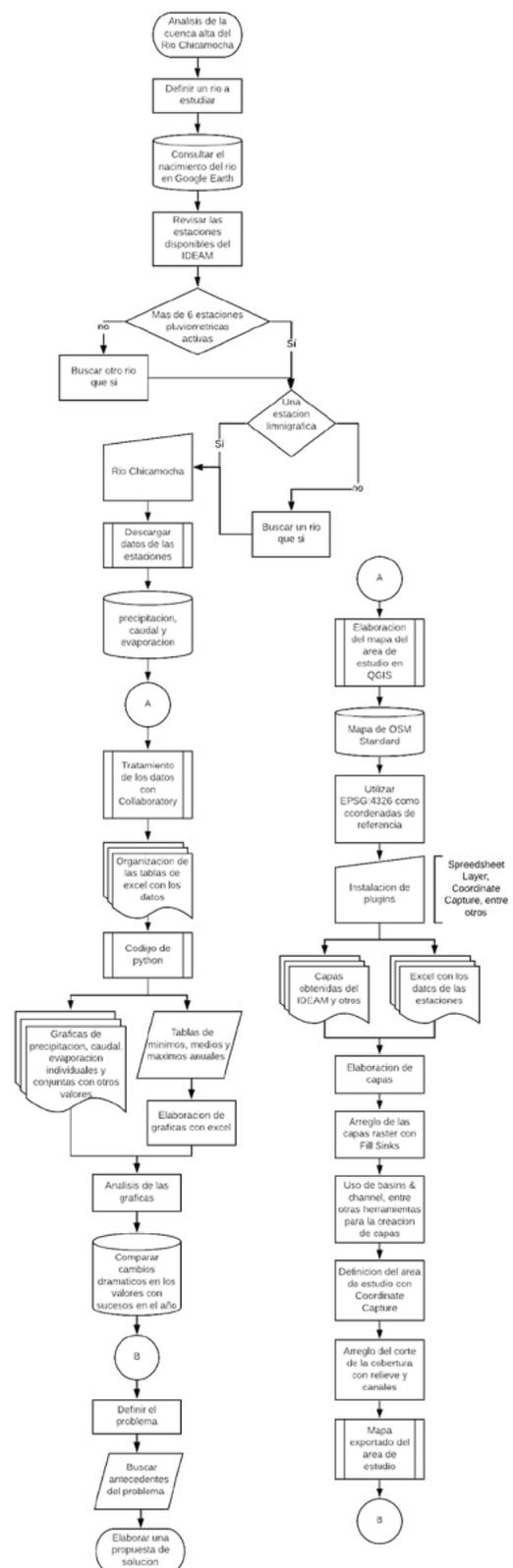
General:

- Simulación de la hidrología de la cuenca alta del río Chicamocha utilizando herramienta de sistemas de información geográficas y google Collaboratory.

Específicos:

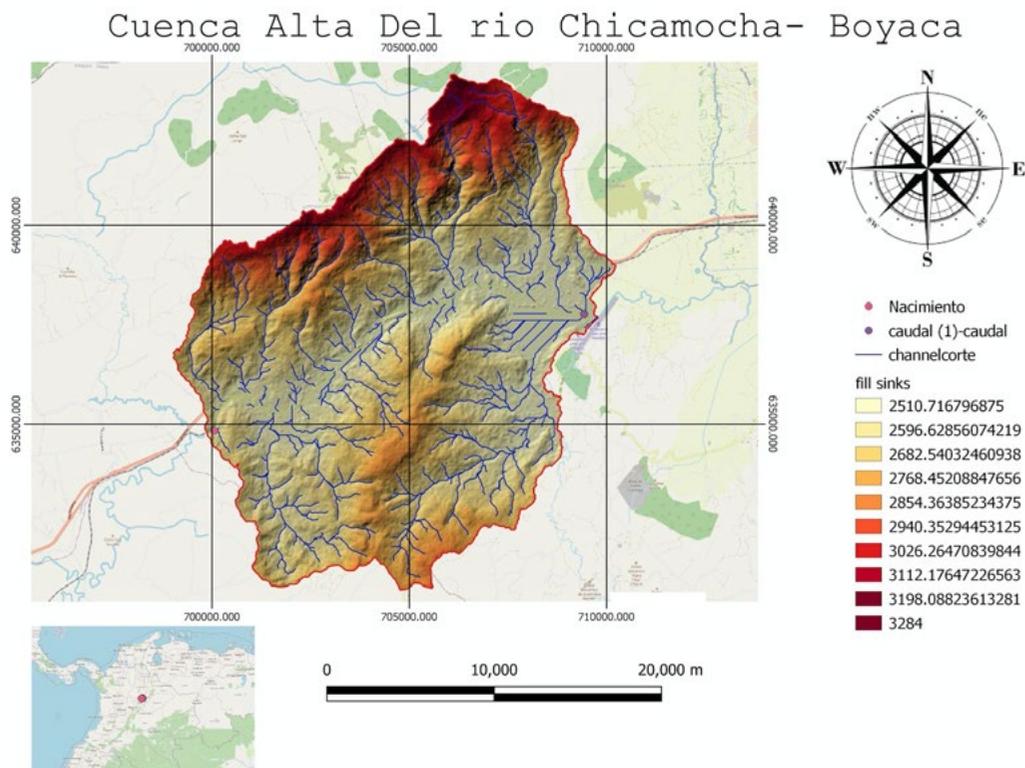
- Diagnosticar el estado del Río Chicamocha desde su nacimiento hasta su paso por el municipio de Corrales en el departamento de Boyacá.
- Analizar la cuenca alta del Río Chicamocha y el área de influencia de este.
- Diseñar un modelo sostenible para el apropiado aprovechamiento hidrológico del Río Chicamocha.

Metodología

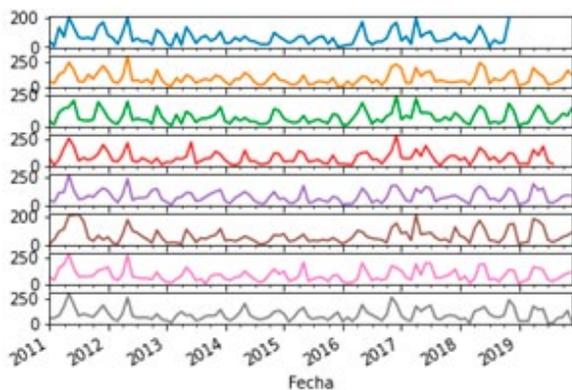


Resultados

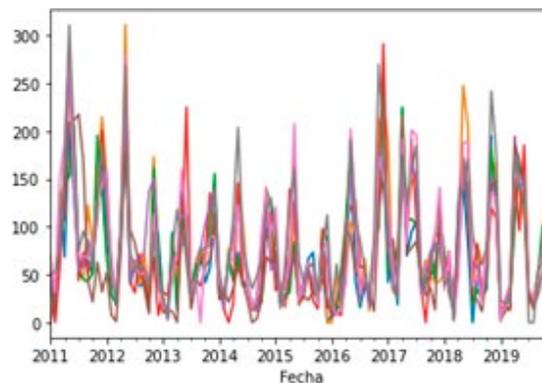
Imagen 1. Mapa delimitado del área de estudio en la cuenca alta del Río Chicamocha elaborado mediante el uso del software QGIS para el modelamiento geográfico.



- Resultados de las estaciones ubicadas en la cuenca alta del Río Chicamocha tomadas del análisis del collabratory de precipitación sobre las estaciones de *Belencito* (azul), *Duitama* (naranja), *Nobsa* (verde), *San Antonio* (rojo), *Surbata Bonza* (violeta), *Tibasosa* (fucsia), *Tunguavita* (rosa) y *Sotaquira* (gris); para caudal la estación La Siberia; y evaporación con las estaciones de Surbata Bonza y Tunguavita.



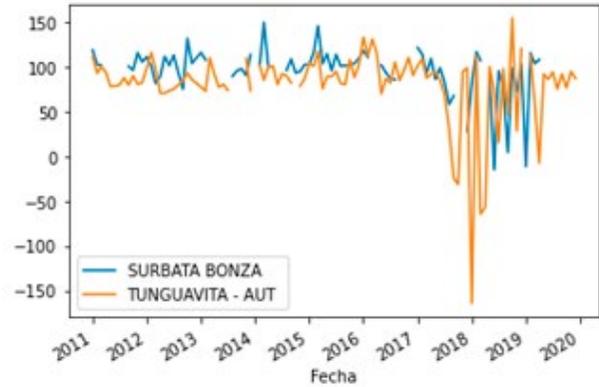
Gráfica 1: Datos de precipitación por años desde 2011-2019 de estaciones cercanas a la cuenca alta del río Chicamocha.



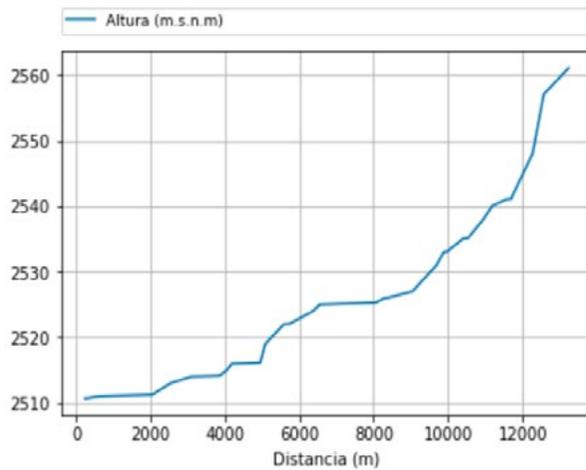
Gráfica 2: Datos de precipitación analizados por mes y año desde 2011- 2019 de las estaciones cercanas a la cuenca del río



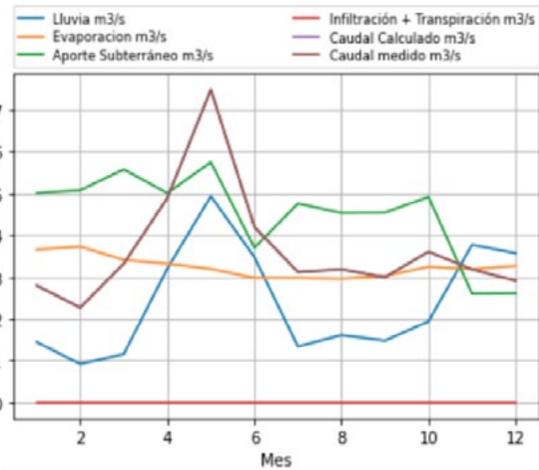
Gráfica 3: Datos de caudal del río Chicamocha desde el año 2011-2019 de la estación la Siberia ubicada en Paipa Boyacá.



Gráfica 4: Datos de evaporación de las estaciones cercanas a la cuenca alta del río Chicamocha desde el año 2011-2019.



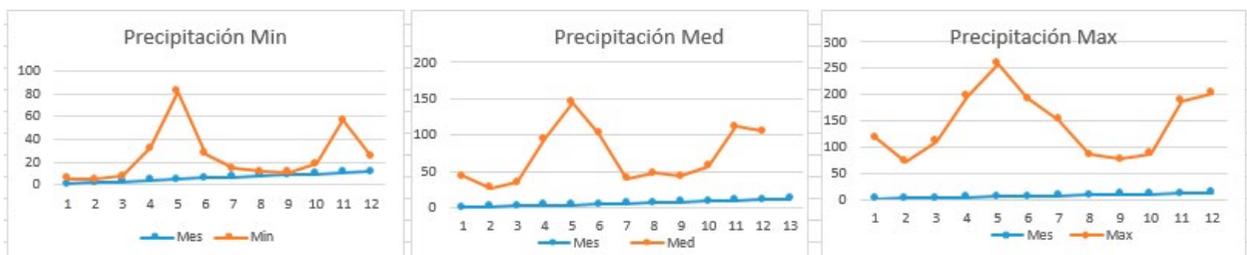
Gráfica 5: Gráficas de la elevación del relieve que se produce a lo largo del área delimitada para el estudio de la cuenca.



Gráfica 6: Resultados de los promedios medios mensuales de las diferentes variables consideradas para el estudio hidrológico 2011-2019.

- Promedios mínimos, medios y máximos de resultados de las diferentes estaciones meteorológicas de la cuenca alta del río Chicamocha de precipitación, caudal y evaporación.

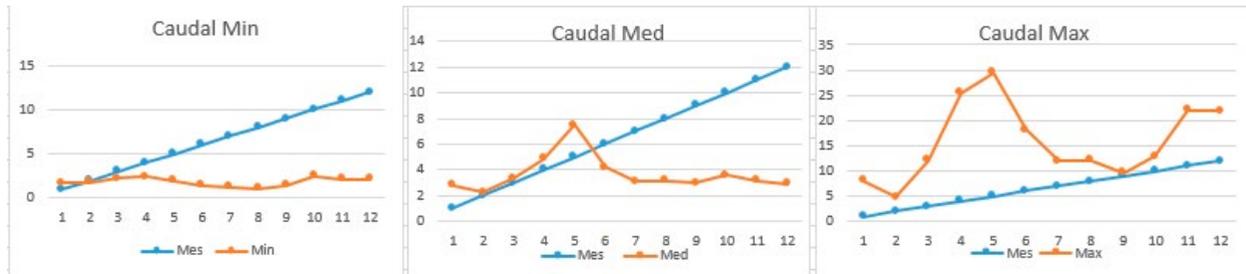
Gráficas 7: Gráficas de promedio de precipitación mínima, media y máxima mensual desde el año 2011-2019.



Se analizó en los resultados que en los meses de Enero, Febrero y Marzo se vio el punto mínimo de precipitación se refleja en la gráfica 7, aumentando en los meses de Abril, Mayo y Junio donde se ve el punto máximo de precipitación en el mes de Mayo, disminuyendo en los meses de Julio,

Agosto y Septiembre y vuelve a ver un aumento de lluvia en los meses de Octubre y Noviembre, y dando de nuevo una disminución en el mes de Diciembre esto en el promedio que se reflejó en los datos obtenidos y en las gráficas 7 donde se tomaron los años desde el 2011 hasta 2019.

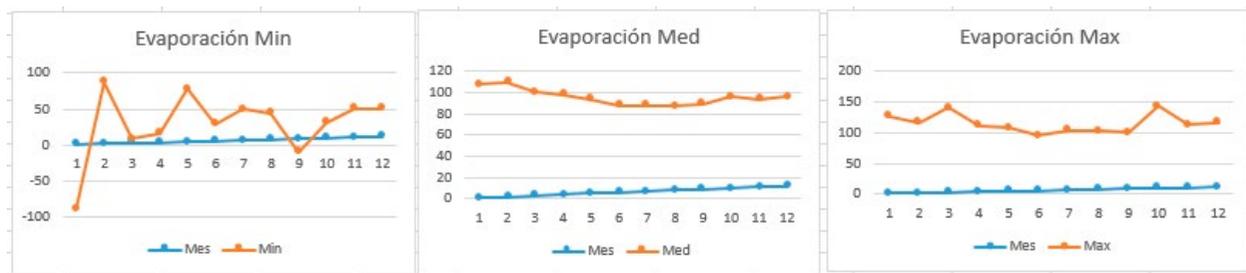
Gráficas 8: Gráficas de promedio de caudal mínimo, medio y máximo mensual desde el año 2011-2019.



Se refleja en la gráficas 8 que el caudal mínimo en todos los meses se mantiene constante, y observamos que el caudal aumenta en los meses de marzo y abril, encontrando

el punto máximo del caudal en el mes de mayo y disminuyendo en el mes de junio, aumentando de nuevo en el mes de octubre.

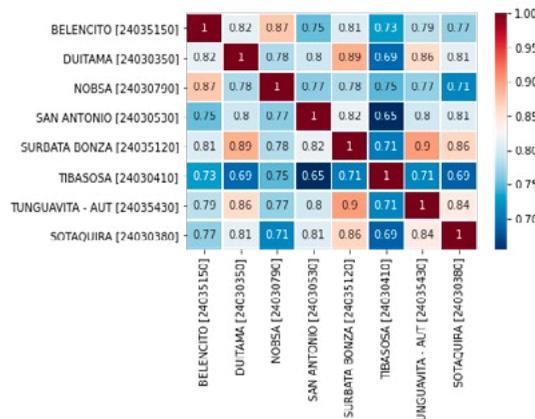
Gráficas 9: Gráficas de promedio de evaporación mínima, media y máxima mensual desde el año 2011-2018.



Se observa en las gráficas 9 que el promedio de evaporación entre los años 2011 y 1019 más alta se presenta en el mes de

octubre y la más baja en el mes de enero, manteniendo su capacidad media constante durante todos los meses.

Gráfica 10: Relación de precipitación de las diferentes estaciones seleccionadas de la cuenca alta del Río Chicamocha.



Análisis de resultados

Para el presente estudio primeramente se definió un área donde se abarcara el nacimiento del Río Chicamocha y una buena extensión de su cuenca, el área definida se dispuesta en la imagen 1 la cual tiene una extensión de 89,162,190.062 m²; el área de estudio es correspondiente a la cuenca alta, donde este mapa se obtiene a partir de los datos recolectados por el IDEAM sobre las estaciones pluviométricas y limnimétrica seleccionadas para posteriormente tratar los datos con herramientas como Collaboratory y QGIS. En la imagen 1 se pueden apreciar los canales presentes en la zona así como el relieve de esta misma zona, este río cuenta con muchos afluentes de los cuales recibe aportes en su caudal.

El presente análisis abarca un número de estaciones a lo largo de la cuenca alta del Chicamocha, desde su nacimiento entre Tuta y Sotaquirá hasta su paso por los municipios de Paipa, Duitama, Tibasosa, Nobsa y Sogamoso. Cabe destacar que “existen dos embalses que regulan las aguas del río Chicamocha, que son el Embalse de la Copa, ubicado en el río Tuta y el de La Playa, en el Jordán y el lago Sochagota, en la localidad de Paipa” (Ríos del planeta, 2020). Los principales usos que se le da al Río en este trayecto son para actividades agropecuarias e industriales, con un promedio de 4.59 m³ de agua por segundo destinada para riego, consumo humano y otros (Corpoboyaca, 2015).

Como se puede apreciar en las gráficas 7, el mínimo medio de precipitación mensual corresponde a 27.2 m³/s y el máximo medio mensual a 145.3 m³/s dentro del área delimitada. Para la evaporación se muestran las gráficas 9 donde la evaporación media mínima mensual es de 87.2 m³/s y el medio máximo mensual es de 109.9 m³/s, es decir, en el mínimo de evaporación la diferencia es dramática en comparación con la lluvia en época de sequía en la zona, mientras que el pico de evaporación es mucho menor a la cantidad de precipitación registrada; si bien Boyacá presenta la mayoría de los pisos términos sin embargo en esta zona se podría descartar este factor ya que la altura va por encima de los 2000 msnm, de igual forma como menciona Forero (2017), sería necesario confirmar si la temperatura del suelo puede influir en los valores de evaporación de la zona. En cuanto al caudal, las gráficas 8 demuestran que el caudal medio mínimo

mensual es de 2.3 m³/s y el medio máximo mensual es de 7.5 m³/s, estos valores a diferencia de los de evaporación media y los aportes de precipitación no presentan tantas variaciones de mes a mes, al comparar dichas gráficas de promedio se puede confirmar que el caudal es más constante a lo largo del tiempo.

Como análisis global de este sistema hidrológico se puede apreciar la gráfica 6, con valores procesados a través de una gráfica hecha con la herramienta Collaboratory, en esta se puede apreciar la comparación de las diferentes variables consideradas, donde se aprecian los valores medios mensuales y se dejan de lado los mínimos y máximos, logrando observar en esta gráfica que el valor más constante es la evaporación.

Boyacá se divide en tres áreas pluviométricas comprendidas como: “el altiplano central, de menor pluviosidad, con promedios anuales del orden de 1.000 mm, y las vertientes altas en ambos flancos de la cordillera Central, con promedios anuales inferiores a 2.500 mm; el altiplano central presenta un régimen de lluvias bimodal caracterizado por dos períodos que se presentan entre abril y junio, y octubre y noviembre; el resto del año se considera como período seco aun cuando se presentan lluvias aisladas” (Instituto Geográfico Agustín Codazzi, s.f.). Como se demuestra con la gráfica 6, el mes de mayo representa los picos en cuanto a valores uno solo de precipitación y caudal si no también de aporte subterráneo, esto concuerda con el primer periodo de lluvias mencionado por el IGAC, de la misma manera, los tres presentan su mínimo en agosto, donde nuevamente presentan un incremento en octubre aunque este segundo periodo de lluvias anual es leve a comparación del primero; también se observa en la gráfica un incremento de la precipitación y disminución del aporte subterráneo en los meses de noviembre y diciembre.

Continuando con la gráfica 6 pero en relación con el caudal, se aprecia que el pico de este va de la mano con el pico de lluvia, por lo que se demuestra la relación directa, sin embargo se nota la diferencia en la mayor parte del año entre estos dos valores. Donde casi todo el año el caudal es mayor se puede deducir que es a causa de que este río drena alrededor de la tercera parte de Boyacá y gran número de fuentes hídricas aportan agua para el Río Chicamocha, entre los cuales resaltan por

mayor relevancia dentro del departamento de Boyacá los ríos Sotaquirá, Tuta Surba, Chiticuy, Chiquito Monguí, Gámeza, Susacón y Río Nevado, además se encuentran embalses como La Playa y Topocoro (CORPOBOYACA, 2015).

Pasando a un enfoque macro, se consideran ahora las gráficas 1 y 2 para precipitación, para esto se demuestra el comportamiento desde 2011 hasta 2019 en 8 estaciones diferentes en la cuenca alta del Río Chicamocha. En la gráfica 1 se observan los valores individuales de cada estación a lo largo de los años, mientras que en la gráfica 2 se aprecia la comparación conjunta de todas las estaciones por año; como se denota en la gráfica 2, en el año 2014, 2015, 2016 y 2018 se vio una baja dramática en la precipitación, según IDEAM esto se debió a la presencia del fenómeno del niño en el país, siendo 2016 el año más afectado. Durante el periodo de 2014 hasta mayo del 2016 se presentó de forma global un fenómeno del niño tan fuerte que muchos medios, tanto nacionales como internacionales, le llamaron el fenómeno del “niño Godzilla” o “superniño”, cosa que se refleja en la gráfica al ser el inicio de 2016 el periodo de lluvias más bajo del periodo de 9 años, mientras que en 2011 se registró el fenómeno de la niña en el país, razón por la cual se pueden apreciar los picos más altos. Finalizando con el análisis de precipitación encontramos la gráfica 10 que demuestra la correlación de Pearson entre los valores de la precipitación de las 8 estaciones; al ser todos los valores $0 < r < 1$ se obtiene que todas las correlaciones fueron positivas, la que presentó una menor correlación global con el resto de estaciones fue la estación de Tibasosa aunque de la misma manera resultó positiva.

En la gráfica 3 se representan los valores anuales de caudal, correspondientes a la estación La Siberia. En esta gráfica se observa una baja gramática dentro del periodo comprendido entre 2014-2016. Además del fenómeno del niño mencionado anteriormente, según la Corporación Autónoma de Boyacá y el IDEAM, entre 2014 y 2015 se presentó en el Departamento de Boyacá una deforestación de aproximadamente 500 hectáreas, “el estudio de la cobertura o uso de la superficie de la cuenca nos da a conocer cómo se encuentra compuesta la superficie del terreno a partir de los usos del suelo” (Forero, 2015). Bajo esta tesis si vemos la relación deforestación-caudal el comportamiento de la gráfica toma un nuevo sentido

ya que para 2018 este departamento se sitúa entre los 5 departamentos con menor deforestación del país, por lo que desde 2017 se aprecia la solución de este problema. Aunque esto no duró mucho ya que la deforestación en Boyacá volvió a incrementar en 2019, como mencionó la responsable de ejecutar las políticas ambientales de la Gobernación, “Boyacá es uno de los departamentos donde la deforestación ha sobrepasado la tasa límite” (Pesca, 2019). Para la evaporación anual expresada en la gráfica 4, hay algunas inconsistencias en la estación de Surbata Bonza; el único cambio dramático en la gráfica se presenta en 2018 donde la evaporación disminuye dramáticamente, si se observa el escenario desde un visión holística para 2018 tanto la precipitación como el caudal se estaban recuperando por lo que la entrada del recurso hídrico pudo influir en la disminución de la evaporación; a forma de análisis termodinámico, a mayor masa, mayor cantidad de calor es necesario para producir el cambio de fase, principio que se aplica también al agua.

En la gráfica 5 se demuestra que el relieve dentro del área definida del Río Chicamocha varía entre los 2510 msnm y los 2560 msnm, esto a causa de que el área delimitada para el estudio es relativamente pequeña a comparación de la extensión del Río Chicamocha que llega hasta el Departamento de Santander, por los que el área estudiada, mayormente dentro del altiplano, no presenta estas alteraciones tan dramáticas en el relieve como menciona su nombre.

El Río Chicamocha es de suma importancia, al ser uno de los ríos con mayor extensión del país y ser de las principales fuentes de abastecimiento de muchos de los municipios del Departamento de Boyacá. En los últimos años se han visto varias problemáticas asociadas a este, como se mencionó anteriormente en el análisis con las graficas, muchos años se vieron disminuciones en la precipitación y en el caudal. Sin embargo, durante más de un momento se registraron incrementos en los valores se destaca como problemática resultante las crecientes en el caudal, provocando estado de alerta en más de una ocasión para los municipios aledaños durante época de lluvias. “el análisis de las cuencas hidrográficas desde la perspectiva del ordenamiento territorial es una preocupación relativamente reciente si se compara con la preocupación y el debate en la agenda global que permanentemente se da en torno al

reconocimiento del agua como bien económico y social, la disponibilidad, escasez y deterioro del agua, del aprovechamiento más eficiente de los recursos hídricos, de los conflictos por el agua y de las organizaciones para la gestión del agua, entre otros temas (SUBDERE, 2013). Con esta cita se describe precisamente el problema que se presenta con el Río Chicamocha, puesto que la problemática no gira en torno al abastecimiento del recurso hídrico, si no a la problemática que supone la falta de consideración de la cuenca dentro de los planes de ordenamiento del territorio.

De igual manera, tratamos con el aprovechamiento irresponsable, ya que el Río Chicamocha es el segundo río más contaminado en Colombia, a causa de las actividades económicas de la zona provocando otra problemática ya que de este depende el suministro hídrico de varias poblaciones. De acuerdo a estudios realizados por la Corporación Autónoma Regional de Boyacá, el 40% de sus agentes contaminadores provienen de Tunja, 30% de Duitama, y 20% de Sogamoso; las actividades principales en el departamento de Boyacá comprenden producción agrícola y ganadera, minería, industria siderurgia, entre otras, a causa de esto se genera una descarga importante de “residuos industriales, pesticidas, desechos agrícolas y ganaderos, derivados de carbón y otros elementos de producción de acero, mercurio, cianuro, sulfatos, entre otros, que contaminan la fuente y producen olores repugnantes en diversos tramos” (Corpoboyaca, s.f.). Incluso se registran tramos del río donde las aguas no son aptas para ningún tipo de uso. “La falta de importantes y suficientes medidas ambientales, han sido determinantes para que la degradación de las aguas haya adquirido los alcances actuales, así como la falta de inversión y el monitoreo a empresas que vierten sus desechos al río” (Ríos del planeta, 2020).

Propuesta de un modelo para el apropiado aprovechamiento del recurso hídrico

La gobernación de Boyacá en conjunto con las entidades ambientales correspondientes, lanzaron en 2015 un modelo de PORH (Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico) para la cuenca media y alta del Río Chicamocha, donde establecen que “parte fundamental del diagnós-

tico para el PORH es determinar la línea base de carga de los usuarios que hacen aportes directos o indirectos al río Chicamocha” (Corporación Autónoma de Boyacá, 2015). También se mencionó que se estaba realizando un monitoreo de 24 horas a los municipios y a las industrias significativas de la zona, con este tipo de estudios fisicoquímicos y biológicos se puede diagnosticar con certeza el tipo de tratamiento que necesita el río para su recuperación. Ya que el periodo considerado para este trabajo fue de 9 años donde se vieron cambios bastante dramáticos en las diferentes entradas y salidas del caudal primeramente sería necesario establecer el mismo estudio con un mayor periodo de tiempo para encontrar una línea clave del comportamiento del río. Sin embargo, la primera propuesta prevista es la recuperación del recurso, ya que la serie de contaminación que se aporta al río también influye, de la misma manera que la deforestación.

Como menciona (Forero, 2016) “la siembra de la madera, se realizará como reforestación, con el fin de que ayude a la preservación de agua al existir una temperatura menor del suelo respecto a la temperatura de la lluvia”, así que la primera recomendación es la reforestación en la zona cercana a la cuenca para ayudar a regular el río, de la misma manera tener un sistema forestal ayuda a evitar inundaciones. No obstante, es necesario hacer los estudios apropiados, desde las especies nativas aptas para la tarea, como el tipo de suelo, el área necesaria, entre otras; ya que “debe entenderse que reconstituir los bosques de las cuencas es una tarea gigantesca que requiere de un contexto complejo. Eso debe ser muy bien comprendido para evitar malgastar recursos y provocar más frustraciones” (Dourojeanni, 2017).

El trabajo conjunto de un sistema natural como la cobertura vegetal y un sistema artificial como las plantas de tratamiento de agua residuales (PTAR) suponen un nuevo ambiente para el río. Cabe recordar que en la extensión del río hay zonas donde es agua no es apta para ningún tipo de uso, por eso se ve necesaria la implementación de PTARs en puntos estratégicos en los municipios más contaminantes para la recuperación de la calidad del agua, así como exigir a las industrias que lleven a cabo un tratamiento previo a la expulsión del recurso de vuelta al río. Para esto es necesario hacer los estudios correspondientes de calidad del agua para determinar el tipo de

tratamiento apropiado. Por la otra parte, se dice que la vegetación, tanto la herbácea como la arbustiva pero en especial la arbórea, al encontrarse al lado del río provoca el enfriamiento en la raíz del árbol, también permite infiltrar en el suelo el agua de las precipitaciones que, a modo de esponja, la almacena y luego la suelta, limpia y fresca, a lo largo del año por lo que el agua se vuelve aprovechable por el río en época seca (Dourojeanni, 2017; Forero, 2017). Es por esto que se recalca el beneficio tanto de la siembra de árboles como del tratamiento de agua con PTAR, la situación actual en la que se encuentra el río amerita la intervención apropiada en este.

Conclusiones

Este río es de suma importancia para el estudio ambiental de Colombia, desde más de un punto de vista; ya que la zona que abarca la cuenca del Río Chicamocha posee mucho potencial de la misma forma que el propio río, al ser el principal abastecedor de la zona y un punto de encuentro para muchas otras cuencas. Gracias a las herramientas de información geográfica se pudo comprender un poco más a fondo el uso de este río por parte de los municipios aledaños y su conexión con el sistema hídrico del territorio.

En cuanto a los datos mencionados, comparándolos con respecto al uso actual del agua proveniente del Río Chicamocha dado por Corpoboyaca se tiene un valor de 4.59 m³/s, por lo que es correcto afirmar que no hay preocupación en cuanto a falta del recurso para el abastecimiento, en los meses de sequía ya hay medidas que aseguran la distribución del recurso sin problemas, además de que se cuenta con embalses.

El Río Chicamocha, a pesar de haber sufrido de épocas con bajo caudal es más susceptible a desbordarse que a secarse, es algo que se debería tener en consideración a la hora de implementar planes de ordenamiento territorial cercanos al río, también se debe tener en cuenta el uso de coberturas arbóreas dentro de estos planes para evitar la posibilidad de un riesgo de inundación y al mismo tiempo ayudar en la época de sequía.

La mayor problemática del río es la contaminación de este, hay muchos tramos donde la contaminación es demasiado alta y eso se debe a la cantidad de contami-

nantes que llegan por parte de las actividades económicas presentes en los municipios del área, perjudicando a sí mismos al contaminar la propia fuente de abastecimiento que tienen. Por eso hay que tener en consideración los diferentes parámetros fisicoquímicos y biológicos presentes en el río para la toma de decisiones a futuro en cuanto al desarrollo socio-económico de la zona.

Agradecimientos

Los siguientes agradecimientos van dirigidos hacia el profesor Gonzalo Forero y la Universidad El Bosque que gracias a ellos nos vimos con el reto que supuso elaborar este trabajo, dejándonos una gran cantidad de aprendizajes no solo en el área de sistemas hidrológicos sino de conocimientos en softwares de georeferenciación y demás herramientas para el desempeño de nuestro trabajo. También queremos agradecer al IDEAM, entre otras entidades por mantener al alcance público los diferentes datos de las estaciones de maneras convenientes, accesibles y actualizadas, lo que permitió el desarrollo de este trabajo.

Referencias

- [1] Corpoboyacá. (2015). POMCA cuenca alta del Río Chicamocha. Corporación Autónoma Regional de Boyacá. [Online] Disponible en: <https://www.corpoboyaca.gov.co/ventanilla/pomca-cuenca-alta-del-rio-chicamocha/> [Consultado el 24 de Julio del 2020].
- [2] IGAC. (2006). Fondo para el financiamiento del sector agropecuario. FINAGRO. Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Colombia.
- [3] Observatorio Ambiental de Boyaca. (s.f). Estructura. Gobernación de Boyaca. [Online] Disponible en: <https://www.boyaca.gov.co/ambiental/estructura/> [Consultado el 24 de Julio del 2020].
- [4] Rios del Planeta. (2020). Río Chicamocha: mapa y todo lo que desconoce de él. [Online] Disponible en: <https://riosdelplaneta.com/rio-chicamocha/> [Consultado el 24 de Julio del 2020].
- [5] SUBDERE. (2013). Guía análisis y zonificación de cuencas hidrográficas para el ordenamiento

- territorial. 1er. Ed., Subsecretaría de Desarrollo Regional y Administrativo, Chile. [Online] Disponible en: https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/36817/S2014205_es.pdf [Consultado el 24 de Julio del 2020].
- [6] Dourojeanni, M. (5 de Mayo de 2007). La importancia de los bosques para enfrentar inundaciones y aluviones. Obtenido de Info Bosques : <http://infobosques.com/portal/noticias-y-eventos/la-importancia-de-los-bosques-para-enfrentar-inundaciones-y-aluviones/>
- [7] IDEAM. (2020). Consulta y descarga de datos hidrológicos . Obtenido de IDEAM: <http://dhime.ideam.gov.co/atencionciudadano/>
- [8] Vega, P. (2015). DIAGNÓSTICO DEL PLAN DE ORDENAMIENTO HÍDRICO – PORH DE LA CUENCA MEDIA Y ALTA DEL RÍO CHICAMOCHA. Boyaca: Ing Focol.
- [9] Alberto, F. B. (2016). La madera Colombiana, oportunidad de regeneración del flujo de los ríos mediante una producción sostenible y competitiva. Bogota.
- [10] Alberto, F. B. (2017). Análisis hidrológico de la cuenca del río calandaima y modelamiento hidráulico para el sistema de suministro de agua para la vereda san antonio en apulo cundinamarca. Bogota.
- [11] Alberto, F. B. (2020). Propuesta de almacenamiento de agua lluvia para suministrarla al municipio de Albán utilizando HEC-GeoHMS. Bogota.