



ACTUALIZACIÓN DEL COMPONENTE DE RIESGOS HÍDRICOS DE LA EVALUACIÓN REGIONAL DEL AGUA (ERA) DE LA CUENCA MEDIA Y BAJA DEL RÍO BOGOTÁ

Juan Camilo Moreno Villamizar

Universidad El Bosque
Facultad de Ingeniería
Programa Ingeniería Ambiental
Bogotá, **24 de Octubre del 2018**

ACTUALIZACIÓN DEL COMPONENTE DE RIESGOS HÍDRICOS DE LA EVALUACIÓN REGIONAL DEL AGUA (ERA) DE LA CUENCA MEDIA Y BAJA DEL RÍO BOGOTÁ

Juan Camilo Moreno Villamizar

Trabajo realizado de la práctica empresarial, presentado como requisito parcial para optar al título de:

Ingeniero Ambiental

Director (a):

Hernando Niño Parra

Líneas de Investigación:

Manejo Integrado del Recurso Hídrico

Gestión Integral del Recurso Hídrico

Universidad El Bosque

Facultad de Ingeniería

Programa Ingeniería Ambiental

Bogotá, Colombia

2018

Acta de sustentación

Nota de Salvedad de Responsabilidad Institucional

La Universidad El Bosque, no se hace responsable de los conceptos emitidos por los investigadores en su trabajo, solo velara por el rigor científico, metodológico y ético del mismo en aras de la búsqueda de la verdad y la justicia.

Este documento va dedicado a mis padres, por el gran esfuerzo otorgado para el cumplimiento de mi carrera, su apoyo y soporte en el transcurso de esta. Mis abuelos que ya no me acompañan, pero que a pesar de su inmensa falta, deseo colocar este trabajo en sus nombres.

Agradecimientos

Agradezco al Ingeniero Ambiental, especialista en Recurso Hídrico, Stevens Robayo, por su acompañamiento durante el transcurso del proyecto, sus aportes, enseñanzas y conocimientos, como tutor empresarial de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca [CAR].

Asimismo, doy gracias a Dios por guiar mi camino para el desarrollo de esta investigación, por brindarme los conocimientos y capacidades suficientes para el cumplimiento de mis objetivos.

Finalmente, agradezco a Sebastián Hernández Badillo, David Leonardo Ceballos, Diego Mauricio Suancha y Stephany Camelo Jiménez, los cuales me brindaron su apoyo, no solo en el periodo de tiempo de realización del proyecto, sino además, durante el transcurso de todo mi estudio académico, en los momentos de dificultad y de éxito, formando ahora parte de mi familia.

Tabla de Contenido

1	Resumen.....	13
2	Palabras Clave	13
3	Abstract	14
4	Keywords	14
5	Introducción	15
6	Pregunta Problema	16
7	Planteamiento del Problema	16
8	Justificación.....	17
9	Objetivos.....	18
9.1	Objetivo General	18
9.2	Objetivos Específicos.....	18
10	Marco de Referencia.....	19
10.1	Marco Teórico.....	19
10.1.1	<i>Política Nacional de Gestión Integral del Recurso Hídrico.....</i>	<i>19</i>
10.1.2	<i>Estudio Nacional del Agua (ENA)</i>	<i>19</i>
10.1.3	<i>Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico en Colombia</i>	<i>19</i>
10.1.4	<i>Evaluación Regional del Agua (ERA).....</i>	<i>20</i>
10.1.5	<i>Gestión de Riesgo del Recurso Hídrico</i>	<i>20</i>
10.2	Estado del Arte	21
10.3	Antecedentes	23
10.4	Marco Conceptual	25
10.4.1	<i>Amenaza</i>	<i>25</i>
10.4.2	<i>La vulnerabilidad del sistema hídrico</i>	<i>25</i>
10.4.3	<i>La vulnerabilidad del recurso hídrico</i>	<i>25</i>

10.4.4	<i>Riesgo a los sistemas hídricos</i>	25
10.4.5	<i>Riesgos del recurso hídrico</i>	25
10.4.6	<i>Inundación</i>	25
10.4.7	<i>Avenidas torrenciales</i>	25
10.4.8	<i>Índice de retención y Regulación Hídrica (IRH)</i>	25
10.4.9	<i>Índice de variabilidad (IV)</i>	26
10.4.10	<i>Índice morfométrico de torrencialidad (IMT)</i>	27
10.4.11	<i>Índice de vulnerabilidad frente a eventos torrenciales (IVET)</i>	29
10.4.12	<i>Curva de Duración de Caudales</i>	29
10.4.13	<i>Densidad de Drenaje</i>	30
10.4.14	<i>Pendiente media de la cuenca (Lm)</i>	30
10.4.15	<i>Coeficiente de compacidad o Índice de Gravellius (Kc)</i>	30
10.5	Marco Normativo	30
10.6	Marco Geográfico	33
10.6.1	<i>Cuenca del Río Bogotá</i>	33
10.6.2	<i>Cuenca Baja del Río Bogotá</i>	33
10.6.3	<i>Cuenca Media del Río Bogotá</i>	39
10.7	Marco Institucional – Organigrama	42
11	Metodología	43
11.1	Matriz Metodológica	43
11.2	Área de Investigación y Líneas de Investigación	46
11.3	Método de Investigación	46
11.4	Enfoque	46
11.5	Alcance	46
12	Resultados	48
12.1	Determinación de los Límites Húmedo, Medio y Seco, a partir de los Caudales Medios Mensuales de las Series Históricas de las estaciones trabajadas	53
12.2	Cálculo del Índice de Retención y Regulación Hídrica (IRH)	58
12.2.1	<i>Definición de Variables</i>	58
12.2.2	<i>Determinación y Categorización del IRH</i>	64
12.2.3	<i>Curva de Duración de Caudales Medios Mensuales</i>	65
12.3	Índice de Variabilidad	66
12.4	Índice Morfométrico de Torrencialidad (IMT)	73

12.5	Índice de Vulnerabilidad a Eventos Torrenciales (IVET)	77
13	Análisis	85
13.1	Índice de Retención y Regulación Hídrica - IRH	85
13.2	Índice de Variabilidad – IV	91
13.3	Índice Morfométrico de Torrencialidad – IMT	96
13.4	Índice de Vulnerabilidad a Eventos Torrenciales – IVET	103
14	Conclusiones	109
15	Recomendaciones	111
16	Glosario	112
17	Bibliografía	113

Lista de Tablas

<i>Tabla 1. Categorías IRH a partir de su rango de valores obtenidos</i>	26
<i>Tabla 2. Categorías Índice de Variabilidad</i>	26
<i>Tabla 3. Categorías del Índice Morfométrico de Torrencialidad</i>	27
<i>Tabla 4. Categorías Morfométricas con base a la correlación de las variables del índice Morfométrico</i>	28
<i>Tabla 5. Categorías del Índice de Vulnerabilidad a Eventos Torrenciales - IVET</i>	29
<i>Tabla 6. Marco Normativo relacionado con el Recurso Hídrico</i>	30
<i>Tabla 7. Subcuencas pertenecientes a la Cuenca Baja del Río Bogotá</i>	39
<i>Tabla 8. Subcuencas pertenecientes a la Cuenca Media del Río Bogotá</i>	39
<i>Tabla 9. Matriz Metodológica del Proyecto de Investigación</i>	43
<i>Tabla 10. Estaciones trabajadas para el cálculo de Indicadores en la Cuenca Baja del Río Bogotá</i> ...	48
<i>Tabla 11. Estaciones trabajadas para el cálculo de Índices en la Cuenca Media del Río Bogotá</i>	49
<i>Tabla 12. Series Histórica de Caudales Medios Mensuales de la Cuenca Baja del Río Bogotá - Estación Manzanares</i>	52
<i>Tabla 13. Serie Histórica de Caudales Medios Mensuales de la Cuenca Media del Río Bogotá - Estación Villablanca</i>	53
<i>Tabla 14. Límite Húmedo, Medio y Seco para la Cuenca Baja del Río Bogotá - Estación Manzanares</i>	54

<i>Tabla 15. Límite Húmedo, Medio y Seco para la Cuenca Media del Río Bogotá - Estación Villablanca</i>	54
<i>Tabla 16. Límite Húmedo, Medio y Seco para la Cuenca Baja del Río Bogotá.....</i>	55
<i>Tabla 17. Límite Húmedo, Medio y Seco para la Cuenca Media del Río Bogotá.....</i>	57
<i>Tabla 18. Formato de Tabla de Percentiles para el cálculo del Índice de Retención y Regulación Hídrica (IRH) para la Cuenca Baja del Río Bogotá - Estación Manzanares</i>	58
<i>Tabla 19. Formato de Tabla de Percentiles para el cálculo del índice de Retención y Regulación Hídrica (IRH) para la Cuenca Media del Río Bogotá - Estación Villablanca.....</i>	61
<i>Tabla 20. Índice de Retención y Regulación Hídrica (IRH) y su categorización para la Cuenca Baja y Media del Río Bogotá - Estación Manzanares y Villablanca.....</i>	64
<i>Tabla 21. Índice de Retención y Regulación Hídrica (IRH) y su categorización para la Cuenca Baja del Río Bogotá.....</i>	64
<i>Tabla 22. Índice de Retención y Regulación Hídrica (IRH) y su categorización para la Cuenca Media del Río Bogotá.....</i>	65
<i>Tabla 23. Determinación del Índice de Variabilidad (IV) para la Cuenca Baja del Río Bogotá - Estación Manzanares.....</i>	67
<i>Tabla 24. Determinación del Índice de Variabilidad (IV) para la Cuenca Baja del Río Bogotá - Estación Villablanca</i>	69
<i>Tabla 25. Índice de Variabilidad (IV) y su categorización para la Cuenca Baja y Media del Río Bogotá - Estación Manzanares y Villablanca</i>	72
<i>Tabla 26. Índice de Variabilidad (IV) y su categorización para la Cuenca Baja del Río Bogotá</i>	72
<i>Tabla 27. Índice de Variabilidad (IV) y su categorización para la Cuenca Media del Río Bogotá</i>	73
<i>Tabla 28. Índice Morfométrico de Torrencialidad (IMT) y su categorización para la Cuenca Baja y Media del Río Bogotá - Estación Manzanares y Villablanca.....</i>	73
<i>Tabla 29. Índice Morfométrico de Torrencialidad (IMT) y su categorización para la Cuenca Baja del Río Bogotá.....</i>	75
<i>Tabla 30. Índice Morfométrico de Torrencialidad (IMT) y su categorización para la Cuenca Media del Río Bogotá.....</i>	76
<i>Tabla 31. Índice de Vulnerabilidad a Eventos Torrenciales (IVET) y su categorización para la Cuenca Baja y Media del Río Bogotá - Estación Manzanares y Villablanca.....</i>	77

Tabla 32. Índice de Vulnerabilidad a Eventos Torrenciales (IVET) y su categorización para la Cuenca Baja del Río Bogotá	77
Tabla 33. Índice de Vulnerabilidad a Eventos Torrenciales (IVET) y su categorización para la Cuenca Media del Río Bogotá	78
Tabla 34. Resumen de indicadores (IRH, IV, IMT, IVET) para la Cuenca Baja del Río Bogotá con su respectiva categorización	79
Tabla 35. Resumen de indicadores (IRH, IV, IMT, IVET) para la Cuenca Media del Río Bogotá con su respectiva categorización	80
Tabla 36. Comparación de indicadores del Componente de Riesgos (IRH, IV, IMT, IVET) de la Cuenca Baja del Río Bogotá 2014 - 2017.....	81
Tabla 37. Comparación de Indicadores del Componente de Riesgos (IRH, IV, IMT, IVET) de la Cuenca Media del Río Bogotá, 2014 - 2017	83

Lista de Figuras

Figura 1. Mapa de la Cuenca Baja del Río Bogotá.....	38
Figura 2. Mapa de la Cuenca Media del Río Bogotá.....	41
Figura 3. Jerarquización de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca [CAR]	42
Figura 4. Mapa de Estaciones de la Cuenca Baja del Río Bogotá	¡Error! Marcador no definido.
Figura 5. Mapa de las Estaciones de la Cuenca Media del Río Bogotá	51
Figura 6. Curva de Duración de Caudales Medios Mensuales para la Estación Manzanares	66
Figura 7. Curva de Duración de Caudales Medios Mensuales para la Estación Villablanca	66
Figura 8. Mapa del Índice de Retención y Regulación Hídrica - IRH, para la Cuenca Baja del Río Bogotá	87
Figura 9. Comparación del Índice de Retención y Regulación Hídrica (IRH) - Cuenca Baja del Río Bogotá	88
Figura 10. Comparación del Índice de Retención y Regulación Hídrica (IRH) - Cuenca Media del Río Bogotá	89
Figura 11. Mapa del Índice de Retención y Regulación Hídrica - IRH para la Cuenca Media del Río Bogotá	90
Figura 12. Comparación del Índice de Variabilidad (IV) - Cuenca Baja del Río Bogotá.....	92
Figura 13. Mapa del Índice de Variabilidad (IV) para la Cuenca Baja del Río Bogotá	93

<i>Figura 14. Comparación del Índice de Variabilidad (IV) - Cuenca Media del Río Bogotá</i>	<i>94</i>
<i>Figura 15. Mapa del Índice de Variabilidad (IV) para la Cuenca Media del Río Bogotá.....</i>	<i>95</i>
<i>Figura 16. Mapa del Índice Morfométrico de Torrencialidad (IMT) para la Cuenca Baja del Río Bogotá.....</i>	<i>97</i>
<i>Figura 17. Categorización del Índice Morfométrico de Torrencialidad (IMT) para la Cuenca Baja del Río Bogotá - 2014</i>	<i>98</i>
<i>Figura 18. Categorización del Índice Morfométrico de Torrencialidad (IMT) para la Cuenca Baja del Río Bogotá - 2017</i>	<i>99</i>
<i>Figura 19. Categorización del Índice Morfométrico de Torrencialidad (IMT) para la Cuenca Medial del Río Bogotá - 2014</i>	<i>100</i>
<i>Figura 20. Mapa del Índice Morfométrico de Torrencialidad (IMT) para la Cuenca Media del Río Bogotá</i>	<i>101</i>
<i>Figura 21. Categorización del Índice Morfométrico de Torrencialidad (IMT) para la Cuenca Media del Río Bogotá - 2017</i>	<i>102</i>
<i>Figura 22. Categorización del Índice de Vulnerabilidad a Eventos Torrenciales (IVET) para la Cuenca Baja del Río Bogotá - 2014.....</i>	<i>103</i>
<i>Figura 23. Categorización del Índice de Vulnerabilidad a Eventos Torrenciales (IVET) para la Cuenca Media del Río Bogotá - 2017</i>	<i>104</i>
<i>Figura 24. Mapa de Índice de Vulnerabilidad a Eventos Torrenciales (IVET) para la Cuenca Baja del Río Bogotá.....</i>	<i>105</i>
<i>Figura 25. Categorización del Índice de Vulnerabilidad a Eventos Torrenciales (IVET) para la Cuenca Media del Río Bogotá - 2014.....</i>	<i>106</i>
<i>Figura 26. Categorización del Índice de Vulnerabilidad a Eventos Torrenciales (IVET) para la Cuenca Media del Río Bogotá - 2017.....</i>	<i>107</i>
<i>Figura 27. Mapa del Índice de Vulnerabilidad a Eventos Torrenciales - IVET para la Cuenca Media del Río Bogotá.....</i>	<i>108</i>

Lista de Ecuaciones

<i>Ecuación 1. Índice de Retención y Regulación Hídrica [IRH].....</i>	<i>26</i>
<i>Ecuación 2. Índice de Variabilidad [IV]</i>	<i>26</i>

1 Resumen

El presente documento contiene la elaboración y evaluación del componente de Riesgo del Recurso Hídrico, en este caso, acerca de la Cuenca Media y Baja del Río Bogotá. Asimismo, una comparación pertinente con la primera línea de investigación realizada en el año 2014, identificando cambios entre la serie histórica, en términos de amenaza, vulnerabilidad, inundación y avenidas torrenciales. Todo lo anterior, se realizó según la metodología ERA (Evaluación Regional del Agua), propuesto por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM).

La metodología mencionada posee un enfoque sistémico que integra la topografía, estadística, geología, hidrología, cuencas hidrográficas, meteorología, con el objetivo de determinar los diferentes índices de categorización para la comprensión y entendimiento completo del actual estado de las subcuencas estudiadas, además, permitiendo evaluar el comportamiento de los caudales en una serie histórica determinada, facilitando el establecimiento de programas de control, compensación y prevención de impactos ambientales, ya sea por causas de origen natural o antrópico.

Los productos obtenidos hacen referencia a un aumento por parte de la vulnerabilidad del recurso hídrico en la Cuenca Media del Río Bogotá y un estado Medio – Alto en la Cuenca Baja del Río Bogotá. A partir de la comparación obtenida, se estimó que aproximadamente el 74% de las estaciones estudiadas y analizadas constan de bajas capacidades de retención y regulación hídrica, afectando el régimen de los caudales. Conforme a lo anterior, este estudio puede fundamentar el desarrollo de políticas públicas para el Manejo Integrado del Recurso Hídrico correcto en las cuencas.

2 Palabras Clave

Vulnerabilidad, morfometría, susceptibilidad, amenaza, Sistema Hídrico, Recurso Hídrico, Índice de Vulnerabilidad a Eventos Torrenciales.

3 Abstract

This document contains the establishment and evaluation of the Risk component of Water Resources, in this case, about “Cuenca Baja y Media del Río Bogotá”. Further, a relevant comparison with the first research carried out in the 2013, identifying changes between the historical series, in terms of threat, vulnerability, flood and torrential floods. All of the above was carried out according to the ERA (Regional Water Assessment) methodology, proposed by the Institute of Hydrology, Meteorology and Environmental Studies (IDEAM).

The aforementioned methodology has a systemic approach that integrates topography, statistics, geology, hydrology, watersheds, meteorology, with the objective of determining the different categorization indexes for the comprehension and complete understanding of the current state of the studied sub-watershed, also allowing to evaluate the behavior of the flows in a determined historical series, facilitating the establishment of programs of control, compensation and prevention of environmental impacts, due by causes of natural or anthropic origin.

The products obtained refer to an increase on the part of the vulnerability of the water resource in the “Cuenca Media del Bogotá” and a Middle - High state in the “Cuenca Baja del Río Bogotá”. From the comparison obtained, it was estimated that approximately 74% of the stations studied and analyzed consist of low water retention and regulation capacities, affecting the flow regime. In accordance with the above, this study can support the development of public policies for the Integrated Management of the correct Water Resources in the basins.

4 Keywords

Vulnerability, morphometry, susceptibility, threat, Water System, Water Resource, Vulnerability Index to Torrential Events.

5 Introducción

En la actualidad, contar con la correcta y actualizada información sobre los Riesgos del Recurso Hídrico, es de vital importancia, ya que tiene como objetivo la prevención y mejora de la calidad de vida de un determinado grupo de comunidades que se encuentren aledañas a la zona de cuencas y subcuencas. Por lo anterior se determina que la calidad de información en este tipo de componente puede afectar a todo tipo de sectores en el territorio nacional, desde el Plan de Ordenamiento Territorial (POT) de un Municipio, hasta el uso de suelo que se le pueda dar. Todo lo anterior debe ser mantenido dentro de un margen sistémico, donde el cuidado del recurso hídrico y las amenazas que este traiga a partir de las características naturales o intervenciones antrópicas, debe ser visto desde el punto de vista social, económico y ambiental, ofreciendo siempre medidas de prevención para las comunidades.

Con el fin de optimizar la gestión integral del recurso hídrico a cargo de las diferentes Corporaciones Autónomas Regionales del país y a su vez de las Secretarías de Ambiente de grandes ciudades, el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) seleccionó a tres Corporaciones Autónomas Regionales: Corporación Autónoma Regional de las cuencas de los ríos Negro y Nare (CORNARE), Corporación Autónoma Regional de Caldas (CORPOCALDAS) y la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR), con el propósito de implementar las Evaluaciones Regionales del Agua (ERA) con un mayor detalle regional, con el objetivo de conocer la dinámica, el estado, la cuantificación y la calidad del recurso hídrico. La Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR) viene adelantando estos estudios como parte de las temáticas relacionadas con la Gestión Integral del Recurso Hídrico de su jurisdicción, que se incluyeron en los Planes de Acción 2012 – 2015 y 2016 – 2019.

El Decreto 1640 de 2012, Artículo 8, emitido por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), establece que todas las Corporaciones Autónomas Regionales del país deben adelantar la Evaluación Regional del Agua, en todas las cuencas de su jurisdicción. Conforme a lo anterior, la CAR mediante un convenio con el IDEAM se enfocan en la determinación de aspectos influyentes para cada cuenca, como lo es la definición de la oferta, demanda, calidad del agua y riesgo en cuanto al recurso hídrico superficial y subterráneo. Con base a lo anterior, en el presente documento se aborda el aspecto de Riesgo del Recurso Hídrico, siguiendo la metodología ERA (Evaluación Regional del Agua), propuesto por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), en la Cuenca Media y Baja del Río Bogotá.

6 Pregunta Problema

¿Qué información existente se debe incluir en la actualización de la Evaluación Regional del Agua – ERA, desde el componente de Riesgos del Recurso Hídrico?

7 Planteamiento del Problema

El conocimiento de la dinámica y tendencia de los sistemas hídricos como resultado de la interacción de los procesos naturales y antrópicos para una adecuada administración (IDEAM, 2013), es un componente de vital importancia actualmente. El crecimiento demográfico que se ha vivido en los últimos años, ha ocasionado consecuencias a los cuerpos hídricos que se encuentran en los alrededores de los asentamientos urbanos, provocando no solo el deterioro de la calidad de estos, además, la reducción del caudal que estos proporcionaban inicialmente. Precisamente, por falta de control de estos tipos de impactos, se puede ver reflejado como a nivel nacional el recurso hídrico se ha convertido en un tema controversial y polémico, ya que muchas zonas se encuentran afectadas por fenómenos climatológicos como “El Niño” o “La Niña” y, el estado no ha proporcionado un papel férreo y consistente en la proporción de ayudas y medidas de prevención a las poblaciones damnificadas.

Asimismo, se ha de tener en cuenta que los impactos relacionados con este recurso natural, se ven altamente observados en el ciclo hidrológico, causando en zonas áridas una evaporación con mayor velocidad que lo natural, aumentando las precipitaciones y escorrentía, provocando un mayor número de inundaciones, como lo fue evidenciado en el 2016 por la Alerta Amarilla en la Cuenca Media del Río Bogotá y sus afluentes, precisamente, por el crecimiento en los niveles de precipitación y los desbordamientos ocasionados cerca al Distrito Capital (El Espectador, 2016). El aumento de inundaciones en zonas no preparadas para estas, con una tasa baja de resiliencia a este tipo de amenazas, provocaría el aumento de índices de morbilidad y mortalidad del país, además de un decrecimiento económico por el suministro de ayuda, compensación y control.

Finalmente, si no se tuvieran en cuenta las razones anteriores y, todo fuera hipotéticamente utópico, uno de los principales problemas que posee Colombia es la calidad de información y la cantidad de esta sobre una determinada temática. Los impedimentos para la obtención de esta, ralentiza la toma de decisiones que garantizan el uso sostenible del recurso hídrico, la administración de este y la identificación de las problemáticas ambientales, sociales y económicas que estas llevan consigo.

8 Justificación

Con el objetivo de mejorar la Gestión Integral del Recurso Hídrico, el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [IDEAM], desarrollo el Estudio Nacional del Agua, con el que se buscó la formulación de estrategias para abordar en profundidad la interrelación entre las diferentes esferas y sus áreas del conocimiento, hidrología, meteorología, ecología, geología y las ciencias sociales (principalmente la económica), logrando una aproximación ambiental al conocimiento de la realidad del país, asimismo, para entender la interdependencia del agua con la biodiversidad, el suelo, el subsuelo y la atmósfera. Se profundiza en el conocimiento sobre el comportamiento del ciclo hidrológico en el territorio del país, de sus cuencas hidrográficas, cuerpos de agua y aguas subterráneas. Hace comprensible, entre otros aspectos, su dinámica, condiciones de ocurrencia y distribución, características de calidad y uso, para evidenciar la complejidad del asunto y la necesidad de asumirlo de manera interdisciplinaria con rigor en el método, cuidado, finura y bases científicas sólidas. También señala escenarios que deben considerarse necesariamente para la planeación y el desarrollo económico y social del país (ENA, 2014).

Actualizar constantemente este tipo de información ofrece el desarrollo de nuevas políticas públicas para la preservación y control de zonas vulnerables o, que se encuentren en amenaza, ya sea por impactos negativos de origen natural o antrópico. Además, realizar zonificaciones de los diferentes puntos de control, con el fin de determinar la presión o carga que ejerce algún proceso productivo, ya sea agrícola o ganadero, a los cuerpos hídricos aledaños, en términos de la captación de agua y alteración del caudal de entrada y salida.

9 Objetivos

9.1 Objetivo General

Actualizar el componente de Riesgo del Recurso Hídrico con base a la metodología ERA [Evaluación Regional del Agua], propuesta por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [IDEAM], para la cuenca Media y Baja del Río Bogotá.

9.2 Objetivos Específicos

1. Analizar el comportamiento de los caudales, a partir de las diferencias entre caudales mínimos y máximos, de cada subcuenca presente en la Cuenca Media y Baja del Río Bogotá.
2. Evaluar el nivel de susceptibilidad de cada subcuenca perteneciente en la Cuenca Media y Baja del Río Bogotá, que pueda presentar eventos torrenciales.
3. Estimar la relación existente entre los indicativos de la torrencialidad con las condiciones hidrológicas en las subcuencas a trabajar.
4. Realizar un análisis de los indicadores actuales obtenidos mediante la metodología propuesta por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [IDEAM], con los obtenidos en la primera línea de investigación del componente de Riesgo del Recurso Hídrico.

10 Marco de Referencia

10.1 Marco Teórico

10.1.1 Política Nacional de Gestión Integral del Recurso Hídrico

La Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico (PNGIRH), es el documento donde se establecen los objetivos, estrategias, metas, indicadores y líneas de acción estratégicas para el Manejo del Recurso Hídrico en el país, en un período de tiempo de 12 años (MAVDT, 2010).

Esta Política Hídrica Nacional, surge como meta de lo establecido en el Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2006-2010 “Estado Comunitario: Desarrollo para Todos”, capítulo 5 “Una gestión ambiental y del riesgo que promueva el desarrollo sostenible”, en el cual, incorporó como una de sus líneas de acción, la denominada Gestión Integral del Recurso Hídrico (GIRH) con el trabajo coordinado entre el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), el Departamento Nacional de Planeación (DNP), el IDEAM y la participación de otros actores relevantes. Este componente plantea el reto de garantizar la sostenibilidad del recurso, entendiendo que su gestión se deriva del ciclo hidrológico que vincula una cadena de interrelaciones entre diferentes componentes naturales y antrópicos. Además, el PND estableció que se requiere abordar el manejo del agua como una estrategia de carácter nacional desde una perspectiva ambiental e integral que recoja las particularidades de la diversidad regional y las potencialidades de la participación de actores sociales e institucionales (MAVDT, 2010).

10.1.2 Estudio Nacional del Agua (ENA)

El Estudio Nacional del Agua 2014 (ENA, 2014), es un estudio técnico - científico, que permite reconocer el estado y la dinámica del agua en Colombia. Éste logra identificar subzonas hidrográficas y cuencas que se deben priorizar, con el fin de mejorar la gestión sobre el recurso hídrico por sus vulnerabilidades, presiones por usos y afectaciones a la calidad.

En este tipo de estudio se puede evidenciar el producto del fortalecimiento de los Institutos de Investigación Ambiental. El IDEAM se encuentra generando constantemente, documentos que se convierten en el compás para la toma de decisiones y para la generación de conciencia frente al cuidado de las fuentes hídricas (IDEAM, 2010).

10.1.3 Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico en Colombia

El Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico - PORH es el instrumento de planificación que le permite a la Autoridad Ambiental competente intervenir los cuerpos de agua, con el objetivo de alcanzar y mantener las condiciones de calidad y cantidad requeridas para garantizar su funcionalidad ecosistémica y sus usos actuales y potenciales, en un período de tiempo mínimo de diez años.

El ordenamiento del recurso hídrico permite que a través de los análisis que se realizan en el proceso de formulación del plan, se determine la destinación que, para los diferentes usos, como el agrícola, recreativo, pecuario, industrial y el consumo humano entre otros. Con base a lo anterior, se contribuye

a que las fuentes mantengan al máximo sus condiciones de calidad, cantidad y también condiciones para la preservación de la vida acuática, no solo los peces sino también los microorganismos presentes en los ríos, esto permite conocer la calidad y así involucrarla al momento de determinar los usos, que al mismo tiempo permita seguir desarrollando actividades sociales y productivas.

Al finalizar el proceso, la Autoridad Ambiental y la comunidad en general tendrán:

- Clasificación de las aguas.
- El inventario de usuarios del cuerpo de agua.
- Los objetivos de calidad a ser cumplidos y alcanzados por dichos usuarios en el corto mediano y largo plazo.
- Los usos permitidos.
- Las posibilidades de aprovechamiento.
- Programas, proyectos y monitoreo, cuyo propósito, será obtener la mejor condición natural que sea posible para el cuerpo de agua.

El Ordenamiento del Recurso Hídrico permite a través de los análisis que se realizan en el proceso de formulación del plan, se determine la destinación para los diferentes usos, como el agrícola, recreativo, pecuario, industrial y el consumo humano entre otros (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2018).

10.1.4 Evaluación Regional del Agua (ERA)

Es un procedimiento evaluativo del Recurso Hídrico en las regiones, de constante actualización por parte de la información obtenida y la construcción del conocimiento. Se pretende que se constituya en un insumo técnico, con el objetivo de la planificación, priorización de acciones y toma de decisiones en área de jurisdicción de las Autoridades Ambientales y en las unidades de análisis hídricas que la integran. Con el objetivo de generar información de forma sistemática y sistémica, facilitando la articulación de los Sistemas de Información al Interior de las Autoridades Ambientales, entre ellas y con las Entidades Nacionales (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2018).

10.1.5 Gestión de Riesgo del Recurso Hídrico

La Gestión del Riesgo está relacionado con el manejo y gestión del déficit y del exceso de agua, asociado a la gestión de las cuencas hidrográficas deterioradas, a la pertinencia de los proyectos hidráulicos con el conocimiento de la variabilidad climática e hidrológica del país, al crecimiento no planificado de la demanda sobre una oferta neta limitada, a conflictos por el uso del agua y, a las deficientes e inadecuadas acciones para la gestión del riesgo por eventos socio - naturales que aumentan la vulnerabilidad del recurso (Ministerio de Medio Ambiente, 2010).

El déficit de agua genera problemas de disponibilidad, desabastecimiento y racionamiento de agua con sus consecuentes efectos nocivos sobre la calidad de vida de la población y sus actividades económicas. Aunque el mayor uso de agua es para la actividad agropecuaria, los aspectos más críticos de

disponibilidad tienen relación con el abastecimiento de agua potable para la población, para los procesos industriales y para la generación de energía eléctrica (Ministerio de Medio Ambiente, 2010).

El exceso de agua genera inundaciones, avenidas torrenciales y/o deslizamientos que afectan la oferta hídrica al contaminar con sedimentos las fuentes de agua y causando destrucción de los sistemas de abastecimiento y distribución, ocasionando impactos directos a la disponibilidad, y calidad del agua para para los diferentes usuarios, así como la inversión de recursos adicionales para el diseño y construcción de obras de rehabilitación y reconstrucción de los sistemas (Ministerio de Medio Ambiente, 2010).

De acuerdo con la información sobre consolidado anual de emergencia de la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres - UNGRD, entre 2005 y 2015, el mayor número de eventos asociados con el recurso hídrico fueron las inundaciones (62%), seguidas de los deslizamientos (32%), la sequía (2,2%) y por último las avalanchas (1.8%) (Ministerio de Medio Ambiente, 2010).

De acuerdo con el diagnóstico de riesgos asociados al recurso hídrico contenido en la Política Nacional para la Gestión Integral de Recurso Hídrico – PNGIRH, los riesgos asociados al recurso hídrico corresponden a:

- Riesgo por desabastecimiento de agua para el consumo humano, actividades productivas y conservación de ecosistemas.
- Riesgo por sequía y desertificación para las actividades agropecuarias.
- Riesgo por contaminación hídrica para la población y los ecosistemas.

10.2 Estado del Arte

Los artículos científicos estudiados permiten una extensión adicional de información y análisis sobre las variables desarrolladas en el estudio. A partir, de investigaciones similares a la actual, se siguieron guías desarrolladas por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, en el cual se mencionan propuestas metodológicas para la evaluación de vulnerabilidad de cuerpos hídricos, asimismo, información necesaria para la evaluación de estos y los aspectos cartográficos para la representación de los índices analizados por cada Cuenca.

Conforme a lo mencionado, este estudio abarco de manera sustancial una serie de artículos relacionados con la Gestión Integral del Agua. En el Estudio de Caso de Bogotá para la Gestión Integral de Aguas Urbanas, realizado por el Banco Mundial (2012), en el cual se menciona las principales entidades públicas encargadas de la gestión ambiental y de los recursos hídricos en el área metropolitana de Bogotá son el Distrito Capital de Bogotá, la autoridad ambiental regional (Corporación Autónoma Regional - CAR) para la cuenca del río Bogotá, y la empresa de agua y alcantarillado (Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá EAAB). El Distrito es propietario de la EAAB, que es una empresa 100% pública municipal. El Distrito también es el dueño mayoritario de la empresa de energía hidroeléctrica local (Empresa Generadora de Energía (EMGESA).

Hacen énfasis en las mayores rivalidades ambientales con el agua residual que se sitúa en la Cuenca Media del Río Bogotá y como estas son descargadas tres afluentes principales: Salitre, Fucha y

Tunjuelo. El caudal medio en el río Bogotá antes de entrar en la ciudad es de 12 m³/s y Bogotá descarga 22 m³/s de aguas residuales adicionales, de las que sólo el 20 por ciento recibe tratamiento primario en la planta de tratamiento de aguas residuales Salitre, en el norte de la ciudad. Como consecuencia, el río está muy contaminado y tiene oxígeno disuelto igual a cero y altos niveles de DBO₅, SST y coliformes fecales. El embalse del Muña en donde, por bombeo, se almacena el agua del río Bogotá para su uso en el sistema de generación hidroeléctrica ubicado aguas abajo de Bogotá, también está muy contaminado (Banco Mundial, 2012).

Como resultados ofrece estrategias para la gestión de las aguas residuales como lo son:

(1) La optimización y construcción de pequeñas plantas municipales de tratamiento de aguas residuales en la cuenca alta del Río Bogotá, (2) restauración ambiental del embalse del Muña, (3) el control de inundaciones, y (4) programa de manejo de aguas residuales para la ciudad de Bogotá, que plantea la ampliación de la PTAR Salitre a una planta de tratamiento secundaria de 7 m³/s y la construcción de interceptores y una planta de gran tamaño (alrededor de 14 m³/s) aguas abajo de Bogotá, en el sitio denominado “Canoas”. La PTAR Salitre tratará las aguas residuales de la zona norte de Bogotá y suministrará agua tratada para mantener el caudal del río Bogotá y complementar el abastecimiento de agua para el cercano distrito de riego La Ramada. Las aguas residuales de las otras dos microcuencas (Fucha y Tunjuelo) en Bogotá serán recolectadas y transportadas aguas abajo hasta la planta de Canoas, ubicada a unos 10 kilómetros aguas abajo de Bogotá la cual proporcionará inicialmente tratamiento primario, con una optimización a tratamiento secundario después del 2020.

(Banco Mundial, 2012)

Para la realización de las estrategias anteriormente mencionadas, se deben seguir criterio para la priorización de las Cuencas Hidrográficas objetos de Ordenación y Manejo, en donde, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2014), por parte de la Dirección de Gestión Integral del Recurso Hídrico, definen dichos criterios de priorización a partir de la constitución de un modelo conceptual en el cual los clasifican en factores que definen categorías de análisis y que conforman los componentes y los parámetros correspondientes a variables de naturaleza medible y que permiten configurar las características propias de cada cuenca para la determinación de la prioridad que éstas tendrán.

Todo lo anterior, con el objetivo de identificar:

Desequilibrios físicos, químicos o ecológicos del medio natural. Degradación de las aguas en calidad y cantidad. Impactos generados por el desarrollo de megaproyectos de especial importancia económica – social o de utilidad pública. Amenazas que afecten los ecosistemas estratégicos de la cuenca, la vida y/o calidad de vida de sus habitantes y su desarrollo socio-económico. Presencia de ecosistemas estratégicos para la conservación del recurso hídrico y recursos naturales asociados. Cuencas con baja capacidad institucional y deficientes o inexistentes mecanismos de participación para la toma de decisiones en el uso y aprovechamiento de los recursos naturales.

(MADS, 2014)

Uno de los principales componentes que permite la categorización de las cuencas es el morfométrico, ya que la morfometría particular de cada cuenca hidrográfica es proporcional con la posibilidad de cosecha hídrica, ante eventos climáticos, y con la generación de una respuesta a los mismos, como ser la escorrentía superficial, expresada en términos de caudales, la incidencia en el transporte de sedimentos y nutrientes a lo largo de los ecosistemas que la integran. Todo lo anterior, debido a que la morfometría de Cuencas resulta de gran utilidad permitiendo determinar la semejanza de los flujos de diferentes tamaños, además, su fin radica en aplicar los resultados de los modelos elaborados en pequeña escala a prototipos de gran escala y hacer los comparativos necesarios (Cardona, 2012).

10.3 Antecedentes

La Gestión Integral de Recurso Hídrico (GIRH) en las regiones, requiere información y conocimiento adecuado sobre el comportamiento y estado del agua (en términos de cantidad y calidad), expresados en la distribución espacial y variación temporal de variables relacionadas con oferta, disponibilidad, calidad, uso, demanda, amenazas y vulnerabilidades de los sistemas hídricos y del recurso, asociados con variabilidad climática y posibles escenarios de cambio climático (IDEAM, 2013).

De acuerdo con lo anterior, la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR), adoptó en su Plan de Acción 2012 – 2015, la formulación de la Evaluación Regional del Agua (ERA), la cual fue reglamenta en el Decreto 1640 de agosto de 2012 en su artículo 8°, con el fin de que las Autoridades Ambientales realicen el análisis integrado de la oferta, demanda, calidad y análisis de los riesgos asociados al Recurso Hídrico en su jurisdicción, en relación con el Estudio Nacional del Agua ENA 2010, siguiendo los Lineamientos Conceptuales y Metodológicos para la Evaluación Regional del Agua propuestos por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM, con el objetivo de llevar a mayor detalle el estado del Sistema Hídrico en las cuencas de jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca - CAR, por medio de procedimientos para conocer el estado de los componentes de las ERA, en relación con indicadores que dan muestra de la situación actual que allí se presenta (ENA, 2014).

El Decreto 2811 de 1974 crea el Código Nacional de Recursos Naturales que tiene como objetivo preservar, restaurar y conservar los recursos naturales renovables con el fin de asegurar la disponibilidad permanente de éstos, para el bienestar de los presentes y futuros habitantes del territorio nacional, así mismo prevenir, controlar y regular los efectos nocivos de la explotación de estos recursos sobre el medio ambiente (Alcaldía de Bogotá, 1974).

Las Corporaciones Autónomas Regionales remiten las directrices, normas y reglamentos, para que los municipios y distritos las tengan en cuenta en la elaboración y adopción de los Planes de Ordenamiento Territorial en: Los aspectos relacionados con el ordenamiento espacial del territorio; En cuanto a la reserva, alindamiento, administración o sustracción de los distritos de manejo integrado, los distritos de conservación de suelos, las reservas forestales y parques naturales de carácter regional, el manejo de cuencas hidrográficas y la conservación de áreas de especial importancia ecosistémica; Sobre prevención de amenazas y riesgos naturales, el señalamiento y localización de las áreas de riesgo para asentamientos humanos, así como las estrategias de manejo de zonas expuestas a amenazas y riesgos naturales (MADS, 2018).

En el año 2010 se publicó la Política Nacional para la Gestión Integrada del Recurso Hídrico (PNGIRH), generada por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), a partir de la

cual el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) adquiere la iniciativa de elaborar un Estudio Nacional del Agua (ENA) en el mismo año, con el propósito de dar a conocer la situación actual y los posibles escenarios futuros del agua en Colombia en sus componentes de oferta, demanda, calidad, disponibilidad y riesgo hidrológico a partir de sus características, dinámica e interacciones con el medio natural y con la sociedad. Esta información permite que las instituciones dispongan de herramientas actualizadas que permitan la toma de decisiones y el fortalecimiento de escenarios de planificación regional (MAVDT, 2010).

El Estudio Nacional del Agua (ENA) del año 2014, se constituye como insumo técnico para la planificación y la gestión integrada del recurso hídrico en el marco de la Política Nacional para la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos que lidera el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. El documento consta de nueve capítulos que parten de unas consideraciones generales en las que se dan a conocer los lineamientos conceptuales y metodológicos, las premisas, las innovaciones temáticas, la estructura y la estrategia definida para generar un modelo hidrológico de análisis integral que dé cuenta de los indicadores hídricos, las vulnerabilidades del agua y los recursos hídricos frente a presiones, afectaciones y variabilidad climática, y las proyecciones de la demanda. Las principales temáticas desarrolladas en este estudio son: aguas superficiales y subterráneas, demanda, huella hídrica, calidad, sedimentos, respuesta hidrológica a los diferentes escenarios de variabilidad y hidroclimática, indicadores de presión y afectación, vulnerabilidades con enfoque de riesgo y proyecciones de la demanda (IDEAM, 2015).

El Código Nacional de los Recursos Naturales Renovables y de Protección al medio ambiente, Decreto Ley 2811 de 1974, establece principios, normas generales y regulaciones para la planificación y el manejo de los recursos naturales renovables en el territorio colombiano. El Código, es considerado como la principal norma sustantiva que tiene el país en materia ambiental. Su contenido presenta un conjunto de normas cuyo fin consiste en la preservación y manejo sostenible de los recursos naturales renovables del país (Pérez, 2002).

La ley 99 de 1993, por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, reordena el Sector Público, encargado de la gestión y conservación del Medio Ambiente y los Recursos Naturales Renovables y se organiza el Sistema Nacional Ambiental – SINA cuya misión consiste en dirigir la gestión ambiental, administrar los recursos naturales renovables, y fortalecer una relación de respeto y armonía entre el hombre y la naturaleza. De igual manera se promueven políticas para recuperación, conservación, manejo, uso y aprovechamiento de los Recursos Naturales Renovables y el Medio Ambiente de la Nación, con el fin de garantizar el desarrollo sostenible. Además de esto la Ley establece algunos mecanismos de participación de la comunidad en materia ambiental (Perea, 2008).

En el 2014 se publica una nueva versión del Estudio Nacional del Agua (ENA - 2014), el cual profundiza acerca del conocimiento sobre el comportamiento del ciclo hidrológico en el territorio del país, de sus cuencas hidrográficas, cuerpos de agua y aguas subterráneas. Hace comprensible, entre otros aspectos, su dinámica, condiciones de ocurrencia y distribución, características de calidad y uso, para evidenciar la complejidad del asunto y la necesidad de asumirlo de manera interdisciplinaria con rigor en el método, cuidado, finura y bases científicas sólidas. También señala escenarios que deben considerarse necesariamente para la planeación y el desarrollo económico y social del país (ENA, 2014).

10.4 Marco Conceptual

10.4.1 Amenaza

Se entiende por amenaza a los sistemas hídricos naturales y su aprovechamiento en las ERA, a la probabilidad de que se presenten eventos de origen natural o antrópico, que puedan afectar de manera total o parcial, temporal o definitiva, los procesos naturales del agua y su aprovechamiento por el ser humano. (IDEAM, 2013)

10.4.2 La vulnerabilidad del sistema hídrico

Se define como la susceptibilidad de estos a la disminución de los caudales, la recarga de acuíferos, la capacidad de regulación hídrica y de depuración, la cual se encuentra determinada por las características intrínsecas de los sistemas hídricos y el grado de exposición a eventos naturales o antrópicos (IDEAM, 2013).

10.4.3 La vulnerabilidad del recurso hídrico

Se define como la susceptibilidad a presentarse desabastecimiento por la disminución de la oferta o por limitación de disponibilidad al uso por efectos de la contaminación. Está determinada por las condiciones naturales que regulan la oferta y la capacidad natural de asimilación, en relación con las necesidades de la demanda y uso de recurso (IDEAM, 2013).

10.4.4 Riesgo a los sistemas hídricos

Analiza qué tan probable es que se presente daños y pérdidas en estos sistemas que puedan afectar de manera total o parcial los procesos naturales del ciclo del agua, debido a la ocurrencia de eventos amenazantes (IDEAM, 2013).

10.4.5 Riesgos del recurso hídrico

Analiza qué tan probable es que se presenten afectaciones en el uso y aprovechamiento de este, por una inadecuada relación entre la demanda y la oferta del sistema hídrico (IDEAM, 2013).

10.4.6 Inundación

Son procesos naturales que se han producido a lo largo del tiempo y que han sido la causa de la formación de llanuras en los valles de los ríos y evolución de tierras fértiles (IDEAM, 2013).

10.4.7 Avenidas torrenciales

Corresponden a crecientes súbitas en cauces de montaña, con descargas pico de gran magnitud, producidas por tormentas severas generalmente de limitada extensión en el área. Son uno de los tipos más comunes de amenaza y son extremadamente peligrosas, debido a su naturaleza rápida (IDEAM, 2013).

10.4.8 Índice de retención y Regulación Hídrica (IRH)

Este índice mide la capacidad de retención de humedad de las cuencas con base en la distribución de las series de frecuencias acumuladas de los caudales medios. Este índice se mueve en el rango entre 0 y 1, siendo los valores más bajos los que se interpretan como de menor regulación. (IDEAM, 2010).

$$IRH = \frac{V_p}{V_t}$$

Ecuación 1. Índice de Retención y Regulación Hídrica [IRH]

Donde:

IRH: Índice de Retención y Regulación Hídrica

V_p: Volumen representado por el área que se encuentra por debajo de la línea del Caudal Medio en la Curva de Duración de Caudales Medios (m³).

V_t: Volumen Total representado por el área bajo la curva de duración de Caudales Medios (m³).

Tabla 1. Categorías IRH a partir de su rango de valores obtenidos

RANGO DE VALORES IRH	CATEGORÍA	CARACTERÍSTICAS
> 0.85	MUY ALTO	Capacidad de la Cuenca para retener y regular Muy Alta
0.75 - 0.85	ALTO	Capacidad de la Cuenca para retener y regular Alta
0.65 - 0.75	MEDIO	Capacidad de la Cuenca para retener y regular Media
0.50 - 0.65	BAJO	Capacidad de la Cuenca para retener y regular Baja
< 0.50	MUY BAJO	Capacidad de la Cuenca para retener y regular Muy Baja

Fuente: IDEAM (2013)

10.4.9 Índice de variabilidad (IV)

Muestra el comportamiento de los caudales en una determinada Cuenca definiendo una cuenca torrencial como aquella que presenta una mayor variabilidad, es decir, donde existen diferencias grandes entre los caudales mínimos que se presentan y los valores máximos. (IDEAM, 2013).

$$IV = \sqrt{\frac{\sum(\log Q_i - \log Q_{prom})^2}{n - 1}}$$

Ecuación 2. Índice de Variabilidad [IV]

Tabla 2. Categorías Índice de Variabilidad

CATEGORÍA	ÍNDICE DE VARIABILIDAD	VULNERABILIDAD
1	< 0,15	MUY BAJA
2	0,16 - 0,30	BAJA
3	0,31 - 0,45	MEDIA
4	0,46 - 060	ALTA

5	> 0,61	MUY ALTA
---	--------	----------

Fuente: IDEAM (2013)

10.4.10 Índice morfométrico de torrencialidad (IMT)

Este índice integra el coeficiente de compacidad o de forma, la pendiente media de la cuenca y la densidad de drenaje (parámetros morfométricos), los cuales son indicativos de la forma como se concentra la escorrentía, la oportunidad de infiltración, la velocidad y capacidad de arrastre de sedimentos en una cuenca, así como la eficiencia o rapidez de la escorrentía y de los sedimentos para salir de la cuenca luego de un evento de precipitación, con el fin de poder inferir cual podría ser el nivel de susceptibilidad de dicha cuenca a eventos torrenciales (IDEAM, 2013).

Tabla 3. Categorías del Índice Morfométrico de Torrencialidad

ESCALA		1	2	3	4	5
Densidad de Drenaje (Km/Km2)	1: 10.000	< 1,50	1,51 - 2,00	2,01 - 2,50	2,51 - 3,00	> 3
	1: 25.000	< 1,20	1,21 - 1,80	1,81 - 2,00	2,001 - 2,50	> 2,5
	1:100.000	< 1,00	1,01 - 1,50	1,51 - 2,00	2,01 - 2,50	> 2,5
		Baja	Moderada	Moderada Alta	Alta	Muy Alta
Pendiente Media de la Cuenca (%)	1: 10.000	< 29	21 - 35	36 - 50	51 - 75	> 75
	1: 100.000	< 15	16 - 30	31 - 45	46 - 65	> 65
		Suave a Accidentado	Fuerte	Muy Fuerte	Escarpado	Muy Escarpado
Coeficiente de Compacidad		> 1,50	1,376 - 1,500	1,251 - 1,375	1,126 - 1,250	1 - 1,125
		Oval - Oblonga a Rectangular Oblonga	Oval - Redonda a Oval - Oblonga	Redonda a Oval - Redonda		

Fuente: IDEAM (2013)

Tabla 4. Categorías Morfométricas con base a la correlación de las variables del índice Morfométrico

Pendiente de la Cuenca							
Densidad de Drenaje		1	2	3	4	5	
	1	111	121	131	141	151	1
		112	122	132	142	152	
		113	123	133	143	153	
		114	124	134	144	154	
		115	125	135	145	155	
	2	211	221	231	241	251	2
		212	222	232	242	252	
		213	223	233	243	253	
		214	224	234	244	254	
		215	225	235	245	255	
	3	311	321	331	341	351	3
		312	322	332	342	352	
		313	323	333	343	353	
		314	324	334	344	354	
		315	325	335	345	355	
	4	411	421	431	441	451	4
		412	422	432	442	452	
		413	423	433	443	453	
		414	424	434	444	454	
		415	425	435	445	455	
	5	511	521	531	541	551	5
		512	522	532	542	552	
		513	523	533	543	553	
		514	524	534	544	554	
		515	525	535	545	555	
Coeficiente de Compacidad de Gravelius							

MUY ALTA	ALTA	MEDIA	BAJA	MUY BAJA
5	4	3	2	1

Fuente: IDEAM (2013)

10.4.11 Índice de vulnerabilidad frente a eventos torrenciales (IVET)

Indica la relación existente entre las características de la forma de una cuenca que son indicativos de la torrencialidad en la misma, en relación con las condiciones hidrológicas en dicha cuenca (IDEAM, 2013).

Tabla 5. Categorías del Índice de Vulnerabilidad a Eventos Torrenciales - IVET

		ÍNDICE MORFOMÉTRICO DE TORRENCIALIDAD				
		MUY BAJA	BAJA	MEDIA	ALTA	MUY ALTA
ÍNDICE DE VARIABILIDAD	MUY BAJA	MUY BAJA	MUY BAJA	MEDIA	ALTA	ALTA
	BAJA	BAJA	MEDIA	MEDIA	ALTA	MUY ALTA
	MEDIA	BAJA	MEDIA	ALTA	ALTA	MUY ALTA
	ALTA	MEDIA	MEDIA	ALTA	MUY ALTA	MUY ALTA
	MUY ALTA	MEDIA	ALTA	ALTA	MUY ALTA	MUY ALTA

Fuente: IDEAM (2013)

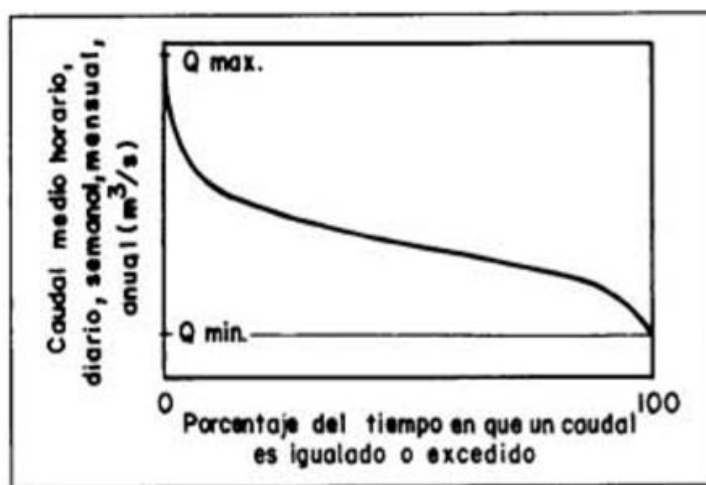
10.4.12 Curva de Duración de Caudales

La Curva de Duración de Caudales resulta del análisis de frecuencias de la serie histórica de Caudales Medios Diarios en el sitio de captación de un proyecto de suministro de agua. Se estima que, si la serie histórica es suficientemente buena, la Curva de Duración es representativa del régimen de caudales medios de la corriente y por lo tanto puede utilizarse para pronosticar el comportamiento del régimen futuro de caudales, en otras palabras, el régimen que se presentará durante la vida útil de la captación.

La Curva de Duración de Caudales, o de permanencia, puede ser definida para caudales diarios, mensuales, anuales. La representación gráfica se realiza de manera decreciente de los caudales observados, duración expresada en porcentaje. Como cada dato de caudal corresponde a un intervalo de tiempo (hora, día, mes, año), hay una correspondencia entre aquel porcentaje y el período de datos.

Para la construcción de esta curva se grafican los valores Q_i , en el eje de las ordenadas, contra su frecuencia acumulada relativa correspondiente, en el eje de las abscisas (Monsalve, 1999).

Gráfica 1. Curva de Duración de Caudales Medios



Fuente: Monsalve (1999)

10.4.13 Densidad de Drenaje

Densidad de drenaje es la relación entre la sumatoria de todo el sistema de drenaje de la cuenca y el área total de la misma. Se da en kilómetros por kilómetro cuadrado (km/km^2) (IDEAM, 2013).

10.4.14 Pendiente media de la cuenca (L_m)

La pendiente media de la superficie de una cuenca hidrográfica es un valor promedio que obtiene la serie de valores de las pendientes que se encuentran en el área de la cuenca, la cual es un factor influyente sobre la velocidad del recurso hídrico sobre un territorio (IDEAM, 2013).

10.4.15 Coeficiente de compacidad o Índice de Gravellius (K_c)

Es el valor resultante de dividir el perímetro de la cuenca por la longitud de la circunferencia de un círculo que tiene como área la misma de la cuenca (Monsalve, 1999).

10.5 Marco Normativo

En la Tabla 6, se observa el apartado normativo que se relaciona directa e indirectamente con el estudio realizado, en el cual se toman de diferentes periodos de tiempo y la entidad que expide estos. Asimismo, una descripción donde, de manera general, se explica el contenido de cada aspecto jurídico en el contorno del recurso hídrico y su gestión sistémica.

Tabla 6. Marco Normativo relacionado con el Recurso Hídrico

NORMA	ENTIDAD QUE EXPIDE	DESCRIPCIÓN
DECRETO 1594 DE 1984	Ministerio de Ambiente	Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9 de 1979, así como el Capítulo II del Título

		VI Parte III Libro II y el Título III de la Parte III Libro I del Decreto Ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos
LEY 99 DE 1993	Congreso de la República	Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del Medio Ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones.
LEY 0373 DE 1997	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Por la cual se establece el programa para el uso eficiente y ahorro del agua
RESOLUCIÓN 865 DE 2004	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Por la cual se adopta la metodología para el cálculo del índice de escasez para aguas superficiales a que se refiere el Decreto 155 de 2004 y se adoptan otras disposiciones.
RESOLUCIÓN 0196 DE 2006	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Por la cual se adopta la guía técnica para la formulación de planes de manejo para humedales en Colombia.
DECRETO 1076 DE 26 DE MAYO 2015	Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible	Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible.
DECRETO 2570 DE 2006	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Por el cual se adiciona el Decreto 1600 de 1994 y se dictan otras disposiciones.
DECRETO 1900 DE 2006	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Por el cual se reglamenta el parágrafo del artículo 43 de la Ley 99 de 1993 y se dictan otras disposiciones.
DECRETO 1323 DE 2007	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Por el cual se crea el Sistema de Información del Recurso Hídrico - SIRH.
DECRETO 1324 DE 2007	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo	Por el cual se crea el Registro de Usuarios del Recurso Hídrico y se dictan otras disposiciones.

	Territorial	
RESOLUCIÓN 974 DE 2007	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Por la cual se establece el porcentaje de qué trata el literal a) del artículo 5° del Decreto 1900 de 2006.
DECRETO 4728 DE 2010	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Por el cual se modifica parcialmente el Decreto 3930 de 2010.
DECRETO 3930 DE 2010	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9ª de 1979, así como el Capítulo II del Título VI Parte III Libro II del Decreto ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones.
DECRETO 2372 DE 2010	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Por el cual se reglamenta el Decreto Ley 2811 de 1974, la Ley 99 de 1993, la Ley 165 de 1994 y el Decreto Ley 216 de 2003, en relación con el Sistema Nacional de Áreas Protegidas, las categorías de manejo que lo conforman y se dictan otras disposiciones.
POLÍTICA NACIONAL PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DEL RECURSO HÍDRICO DE 2010	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Establece los objetivos, estrategias, metas, indicadores y líneas de acción estratégica para el manejo del recurso hídrico en el país, en un horizonte de 12 años.
RESOLUCIÓN 0075 DE 2011	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Por la cual se adopta el formato de reporte sobre el estado de cumplimiento de la norma de vertimiento puntual al alcantarillado público.
DECRETO 1640 DE 2012	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Por medio del cual se reglamentan los instrumentos para la planificación, ordenación y manejo de las cuencas hidrográficas y acuíferos, y se dictan otras disposiciones.
DECRETO 2667 DE 2012	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Por el cual se reglamenta la tasa retributiva por la utilización directa e indirecta del agua como receptor de los vertimientos puntuales, y se toman otras determinaciones.
LEY 1523 DE 2012	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Por la cual se adopta la política nacional de gestión del riesgo de desastres y se establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y se dictan otras disposiciones.
DECRETO 0303 DE 2012	Ministerio de Ambiente y Desarrollo	Por el cual se reglamenta parcialmente el artículo 64 del Decreto - Ley 2811 de 1974 en relación con el Registro de Usuarios del Recurso Hídrico y se dictan

	Sostenible	otras disposiciones.
LEY 1753 DE 2015	Congreso de la República	Por el cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo 2014 – 2018, énfasis ambiental en crecimiento económico sostenible, prevención de la deforestación de bosques naturales, protección de humedales, protección y delimitación de Páramos (Art 171, 172, 173).
DECRETO 1076 DE 26 DE MAYO 2015	Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible	Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible.
DECRETO 0585 DE 2017	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Por el cual se adiciona al Libro 2, Parte 2, Título 8, del Decreto 1076 de 2015, Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible, un Capítulo 3A , relacionado con el Consejo Nacional del Agua

Fuente: Autor (2018)

10.6 Marco Geográfico

10.6.1 Cuenca del Río Bogotá

La cuenca del río Bogotá se encuentra localizada en el departamento de Cundinamarca y junto con los Ríos Sumapaz, Magdalena, Negro, Minero, Suárez, Blanco, Gacheta y Machetá, conforma el grupo de corrientes de segundo orden¹ del departamento. Tiene una superficie total de 589.143 hectáreas que corresponden a cerca del 32% del total de la superficie departamental.

Limita en su extremo norte con el Departamento de Boyacá, en el extremo sur con el Departamento del Tolima, al occidente con los municipios de Bituima, Guayabal de Síquima, Albán, Sasaima, La Vega, San Francisco, Supatá y Pacho y al oriente, en el área incluida dentro del presente estudio es decir sin incluir la subcuenca del río Tunjuelo, con los municipios de Nilo, Tibacuy, Silvana, Chipaque, Ubaque y Choachí (Alcaldía de Bogotá, 2012).

10.6.2 Cuenca Baja del Río Bogotá

De acuerdo a la información consultada en el documento generado por la Alcaldía de Bogotá (2012), se encontró los aspectos que posee la Cuenca Baja y Media, en términos físicos, ecosistémicos por cada cuerpo hídrico de la zona, y socioeconómicos.

Aspectos Físicos:

- Concentración de sedimentos, productos químicos, materia orgánica y malos olores en el cauce del río Bogotá. Debido a actividades agropecuarias e industriales.
- Derrumbes y flujos hidrogravitacionales.

- La susceptibilidad a los Fenómenos de Remoción en Masa en la cuenca es moderada a alta.
- Suelos con pedregosidad en superficie.
- Fuertes pendientes y escarpes, suelos superficiales en partes de la subcuenca.
- Río Bogotá altamente contaminado, donde se expelen olores fétidos y nauseabundos.
- Afloramientos rocosos.
- Mucho microfallamiento.
- Poco potencial ganadero, pero se está usando mucho (Alcaldía de Bogotá, 2012).

Saneamiento básico:

- Falta presupuestos municipales para la construcción de obras de saneamiento ambiental.
- Las áreas rurales presentan muy baja cobertura de servicios de agua potable, alcantarillado, tratamiento de aguas residuales y manejo de residuos sólidos.
- Los municipios no poseen PTAR para el tratamiento de las aguas residuales domésticas.
- Las industrias afectan la calidad del agua del río Bogotá.
- Falta implementación de tecnologías limpias en industrias, generándose impactos ambientales de magnitud media.
- Presencia de una alta contaminación del río Bogotá, generándose olores fuertes y fétidos.
- El municipio de Anapoima cuenta con PTAR para el tratamiento de aguas residuales domésticas (Alcaldía de Bogotá, 2012).

Ecosistemas

Río Medio Bogotá Sector Salto - Apulo Quebrada la tinta

- Contaminación por aguas residuales.
- En las zonas de las hidroeléctricas los desplazados que llegan talan y venden la madera, cazan y destruyen todo, pero nadie dice nada, ni siquiera los de la hidroeléctrica cuyos predios son los afectados por las invasiones.
- Falta una jornada de recuperación de las rondas de los arroyos, quebradas y ríos, no se respeta la zona de ronda (Alcaldía de Bogotá, 2012).

Río Medio Bogotá Sector Salto - Apulo Quebrada campos, bocatoma acueducto 14 veredas.

- Suspender la tala de todo tipo de especies vegetales.
- Restringir y prohibir la caza.
- Detener el avance del aprovechamiento del suelo para la producción agropecuaria y el establecimiento de viviendas.
- Recuperación y mantenimiento de la ronda de los ríos y quebradas.
- La vegetación riparia es muy reducida, los predios de las viviendas llegan casi al cauce de los arroyos, quebradas y ríos, no se respeta la norma de los treinta metros a lado y lado.
- Se recomienda la compra de predios para su protección (Alcaldía de Bogotá, 2012).

Río Medio Bogotá Sector Salto - Apulo UMATA, Anapoima

- Construcción de viviendas.
- Escasez de agua.
- Problemas con el servicio de agua.
- Cultivos de árboles frutales (Alcaldía de Bogotá, 2012).

Río Medio Bogotá Sector Salto - Apulo Reserva forestal peñas blancas, Municipio del Colegio.

- Ganadería y cultivos en los alrededores de la reserva (Alcaldía de Bogotá, 2012).

Río Medio Bogotá Sector Salto - Apulo Cerró Manjuy, Laguna de colores.

- Suspender la tala de todo tipo de especies vegetales.
- Restringir y prohibir la caza. Controlar la actividad ganadera y el mal uso del agua.
- La construcción de la carretera se convirtió en un factor importante para la desaparición y posterior desplazamiento de la fauna, en especial la de mamíferos.
- La laguna de colores prácticamente ha desaparecido por razones antrópicas los habitantes aseguran que gran parte de la culpa la tienen los túneles de la hidroeléctrica (Alcaldía de Bogotá, 2012).

Río Medio Bogotá Sector Salto - Apulo Laguna de Pedro palo, vereda Catalamonte

- Turismo inadecuado.
- Falta control en el ingreso y alrededores.
- Pesca ilícita por pescadores que acuden a la laguna (Alcaldía de Bogotá, 2012).

Río Medio Bogotá Sector Salto - Apulo Vereda el Rosario, laguna de Pacuala, Municipio. de Tena Cultivos de cítricos, café y guayaba.

- Tienen controlada la tala debido a que de la zona se surten de agua para su consumo.
- No hay protección de las rondas de quebradas y arroyos.
- Es importante retirar de los alrededores de la laguna los cultivos de café debido al riesgo que existe de contaminación del agua para consumo humano (Alcaldía de Bogotá, 2012).

Aspectos Socio Económicos:

- Pocas y malas vías de comunicación que dificulta y la comercialización de los productos agrícolas.
- Deficiente potabilidad y calidad de aguas en los municipios.
- Falta centro de acopio o zona de comercialización de los productos que le generen garantías al agricultor.
- Zona de fallas geológicas que dificultan el diseño e implantación de eficiente infraestructura en la subcuenca.
- No coherencia e integración entre criterios y parámetros del POT con respecto a PD en municipios de subcuenca.
- La orientación de los colegios de secundaria no cuenta con la vocación agrícola o comercial, es el caso de tena que cuenta con un enfoque de educación clásica (Alcaldía de Bogotá, 2012).

Subcuenca Río Bajo Bogotá (Apulo-Girardot)

La subcuenca Río Bajo Bogotá Apulo – Girardot se encuentra ubicada en la parte baja de la gran cuenca del río Bogotá; la conforman los municipios de Agua de Dios, Apulo, Girardot, Ricaurte y Tocaima con sus zonas urbanas y los municipios de Viota, Jerusalén, Nariño y Nilo (IDEAM, 2013).

Río Apulo

La Subcuenca del Río Apulo se encuentra localizada en la región del Tequendama dentro de la parte central de la Provincia Fisiográfica de la Cordillera Oriental. Administrativamente pertenece a la Provincia del Tequendama, con los municipios de Anapoima, Apulo, Anolaima, Cachipay, La Mesa, Quipile y Tena (IDEAM, 2013).

Río Calandaima

La subcuenca Río Calandaima se encuentra ubicada en la parte media de la gran cuenca del Río Bogotá; su parte oriental limita con la Cuchilla de Peñas Blancas y la occidental por la Mesa de Yeguas. Se encuentra conformada por los municipios de Anapoima, Apulo, El Colegio, Granada, Nilo, Silvana, Tibacuy y Viota con sus zonas urbanas (IDEAM, 2013).

Río Medio Bogotá (El Salto de Apulo)

La subcuenca Río Medio Bogotá - Salto Tequendama Apulo, se encuentra ubicada en la parte media de la gran cuenca del Río Bogotá; la conforman los municipios de Bojacá, Granada y Soacha con sus zonas rurales y los municipios de Anapoima, Apulo, El Colegio, La Mesa, San Antonio del Tequendama y Tena con sus zonas urbanas (IDEAM, 2013).

Río Bogotá (Sector Salto-Soacha)

La subcuenca Río Bogotá sector Salto Soacha se encuentra ubicada en la parte media de la Gran Cuenca del Río Bogotá; la conforman los municipios de Bogotá Distrito Capital, Granada, Bojacá, Mosquera, San Antonio del Tequendama, Sibaté con sus zonas rurales y el municipio de Soacha con su zona urbana (IDEAM, 2013).

En la Figura 1 se encuentra la cartografía de la Cuenca Baja del Río Bogotá conforme a la información otorgada por la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca – CAR, en términos de las subcuencas pertenecientes al cuerpo hídrico principal, y el código de identificación de estas. En este caso, se encuentran 5 subcuencas, Río Apulo (2120 – 02), Río Medio Bogotá (2120 – 04), Río Calandaima (2120 – 03), Río Bajo Bogotá (2120 – 01) y Río Bogotá [Sector Salto – Soacha] (2120 – 05). De la misma manera, en la Tabla 7 se puede observar las subcuencas por código y el terreno abarcado por cada una (Km2) para la formación integral de la Cuenca Baja.

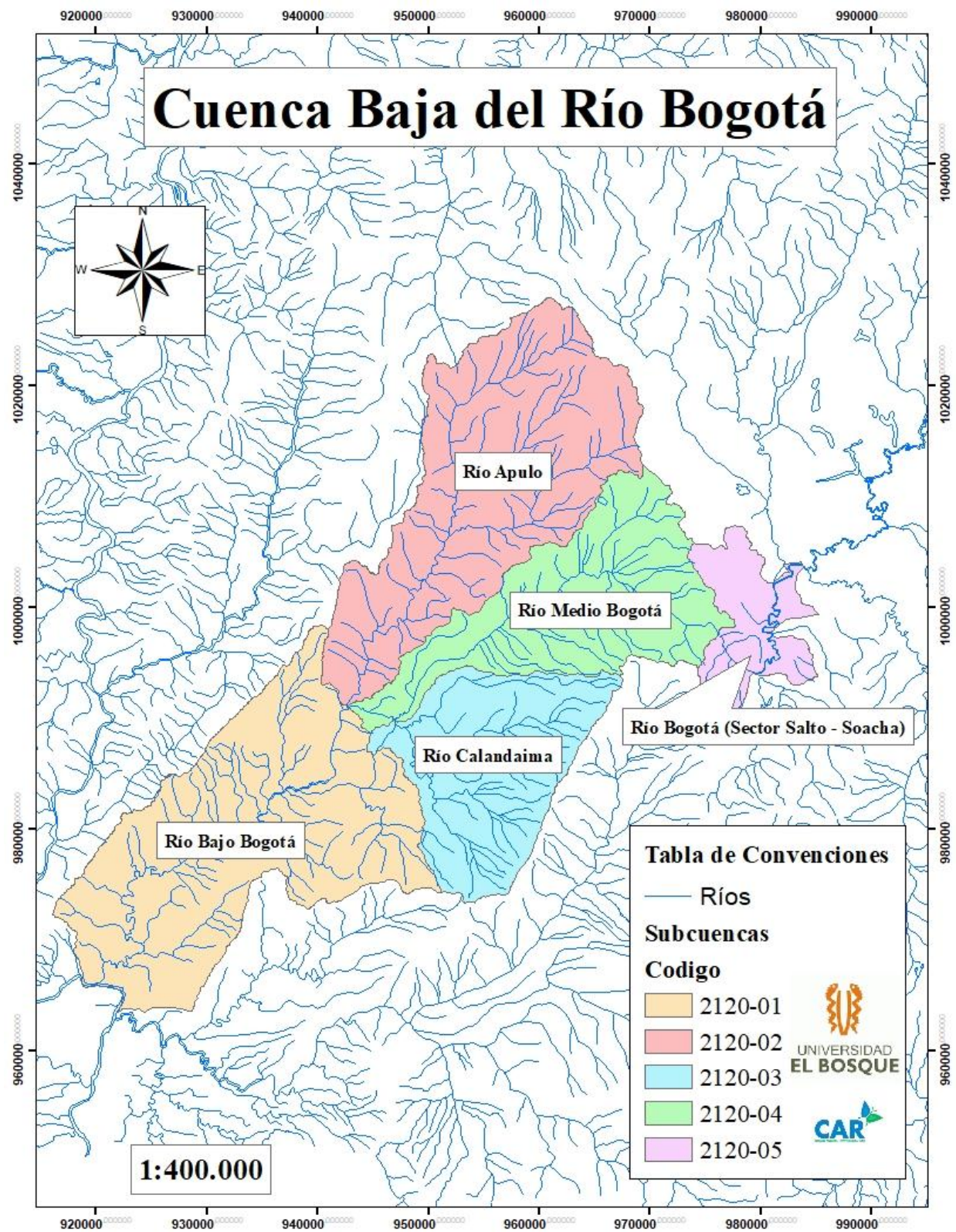


Figura 1. Mapa de la Cuenca Baja del Río Bogotá

Fuente: Autor (2018)

Tabla 7. Subcuencas pertenecientes a la Cuenca Baja del Río Bogotá

Código	Subcuencas	Área (Km ²)
212001	Río Bajo Bogotá (Apulo-Girardot)	540,32
212002	Río Apulo	485,66
212003	Río Calandaima	268,46
212004	Río Medio Bogotá	318,19
212005	Río Bogotá (Sector Salto-Soacha)	127,67

Fuente: IDEAM (2013)

10.6.3 Cuenca Media del Río Bogotá

A la altura de la estación La Guaca, Km 247, el Río Bogotá recibe la descarga de la cadena de generación hidroeléctrica Paraíso - Guaca que anteriormente había embalsado las aguas en el Muña. La segunda parte de la Cuenca Baja tiene pendientes moderadas y mayores temperaturas que aceleran los procesos metabólicos en el río. Su tramo abarca desde El embalse del Muña hasta la desembocadura en el Río Magdalena (CAR, 2006).

En la Tabla 8, se observa la división por subcuenca de la cuenca principal, con su respectivo código de identificación y el área en km² abarcada en cada zona determinada.

Tabla 8. Subcuencas pertenecientes a la Cuenca Media del Río Bogotá

Código	Subcuencas	Área (Km ²)
212006	Embalse del Muña	133,95
212007	Río Soacha	39,42
212008	Río Balsillas	633,34
212009	Río Tunjuelo	392,11
212010	Cerros Orientales	700,83
212011	Río Chicú	146,02
212012	Río Frío	202,47
212013	Río Teusacá	356,18
212014	Río Negro	32,33

Fuente: IDEAM (2013)

Embalse del Muña

La subcuenca del Embalse del Muña se encuentra ubicada en la parte media de la gran cuenca del Río Bogotá; la conforman los municipios de Soacha, Granada, Silvania con sus zonas rurales, el Municipio de Sibaté con sus zonas urbanas y parte del área urbana de Bogotá Distrito Capital (IDEAM, 2013).

Río Soacha

La subcuenca del Río Soacha, se encuentra ubicada en la zona Suroriental del Departamento de Cundinamarca y hace parte de la cuenca media del río Bogotá; limita por el Norte con el Municipio de

Soacha, al sur con Bogotá, al occidente con el Río Muña y al oriente con el Río Tunjuelo (IDEAM, 2013).

Río Balsillas

La subcuenca Río Balsillas, se encuentra ubicada en la cuenca media del Río Bogotá; al este de la Sabana de Bogotá, en el municipio de Alban, Anolaima, Bojacá, El Rosal, Facatativá, Funza, La Vega, Madrid, Mosquera, Pacho, San Francisco, Sasaima, Soacha, Subachoque, Tabio, Tenjo, Zipacón y Zipaquirá (IDEAM, 2013).

Río Bogotá Sector Tibitoc - Soacha

La subcuenca del Río Bogotá Sector Tibitoc – Soacha se encuentra ubicada en la parte media de la Gran Cuenca del Río Bogotá. La conforman los municipios de Cajicá, Chía, Cota, Funza, Mosquera, Zipaquirá y El Distrito Capital con sus zonas urbanas y los municipios de Chipaque, La Calera, Soacha, Sopo, Tabio, Tenjo, Ubaque y Tocancipá (IDEAM, 2013).

Río Chicú

La Subcuenca del Río Chicú se encuentra ubicada en el Departamento de Cundinamarca, a una distancia de Bogotá de 45 kilómetros; limita por el norte con parte del municipio de Tabio, al oriente con los municipios de Cajicá, Chía y Cota; al occidente con los municipios de Subachoque, el Rosal y Madrid y al sur con parte del Municipio de Tenjo (IDEAM, 2013).

Río Frío

La Subcuenca del Río Frío se encuentra ubicada al norte de la Cuenca del Río Bogotá; limita por el norte con los municipios de Cogua y Pacho; al sur con el municipio de Cota; al occidente con los municipios de Subachoque y Tenjo y finalmente al oriente con los municipios de Cogua, Zipaquirá, Cajicá y Chía (IDEAM, 2013).

Río Teusacá

La subcuenca Río Teusacá se localiza paralelamente al este de los Cerros Orientales del Distrito Capital, en la zona nororiental del Departamento de Cundinamarca y en la zona centro oriental de la cuenca del Río Bogotá (IDEAM, 2013).

Río Negro

La Subcuenca del Río Negro se encuentra entre la parte Alta y Media de la cuenca del Río Bogotá, limita por el norte con el municipio de Cogua; al sur con los municipios de Tocancipá y Cajicá; al occidente y al oriente con el municipio de Zipaquirá (IDEAM, 2013).

En la Figura 2, se encuentra la cartografía de la Cuenca Media del Río Bogotá, de acuerdo a su clasificación por subcuenca, ríos que pasan por cada zona y el código de identificación de estas, siendo 9 cuerpos hídricos que conforman la cuenca principal: Río Tunjuelo, Río Soacha, Río Balsillas, Río Negro, Río Chicú, Río Teusacá, Cerros Orientales, Embalse de Muña y Río Frío.

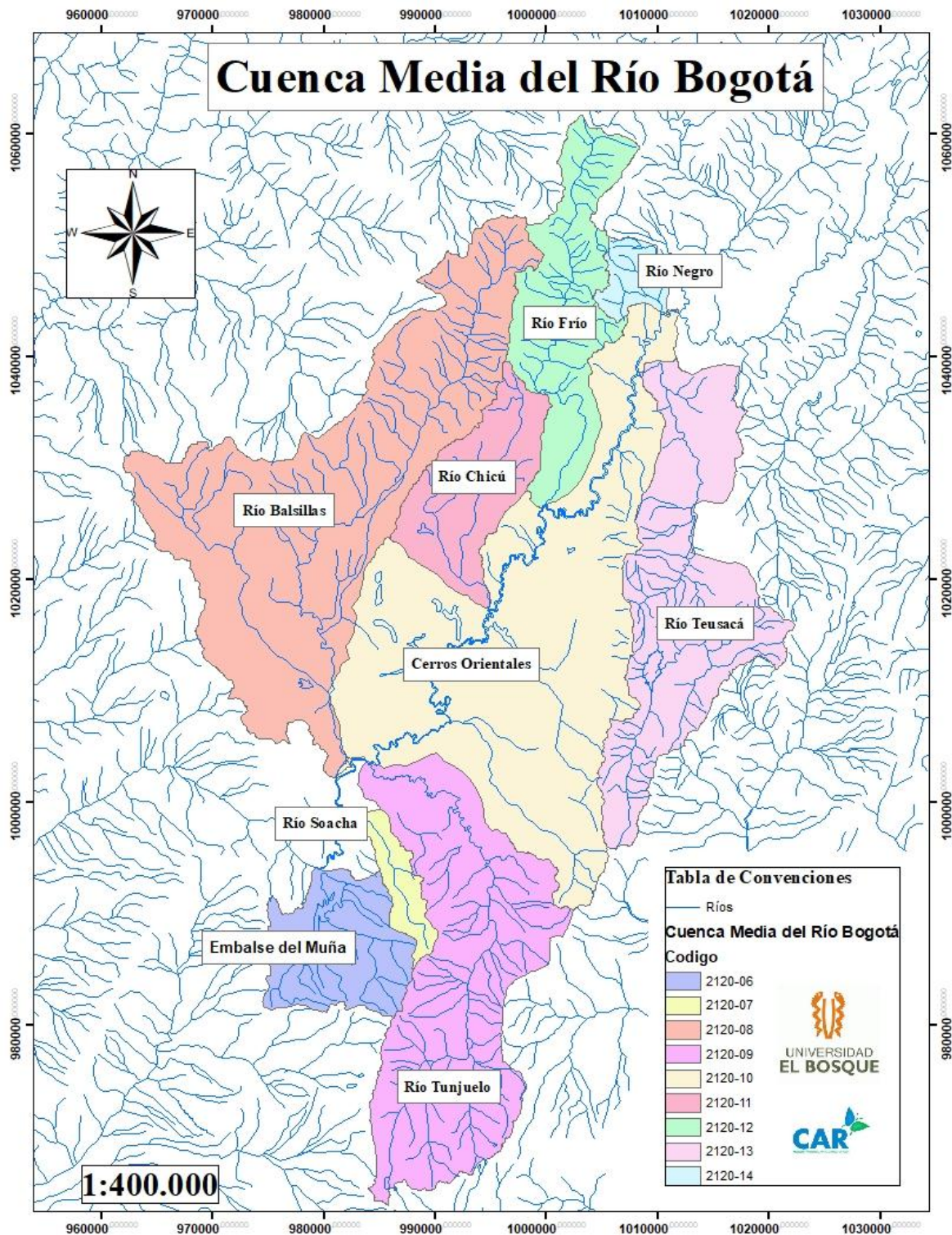


Figura 2. Mapa de la Cuenca Media del Río Bogotá

Fuente: Autor (2018)

10.7 Marco Institucional – Organigrama

La Figura 3 muestra el régimen de posiciones pertenecientes a la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca [CAR], la cual, de manera general, la Asamblea Corporativa, integrada por los representantes legales de las entidades territoriales. El consejo Directivo, conformado por alcaldes, representantes del sector privado, organizaciones no gubernamentales, etnias, comunidades indígenas y negras y demás representantes de la comunidad u organizaciones privadas o gremiales. En el componente de la Dirección General, se enfatiza el rol de su director, como representante legal de la Corporación, actuando bajo la política nacional a nivel regional (CAR, 1994).

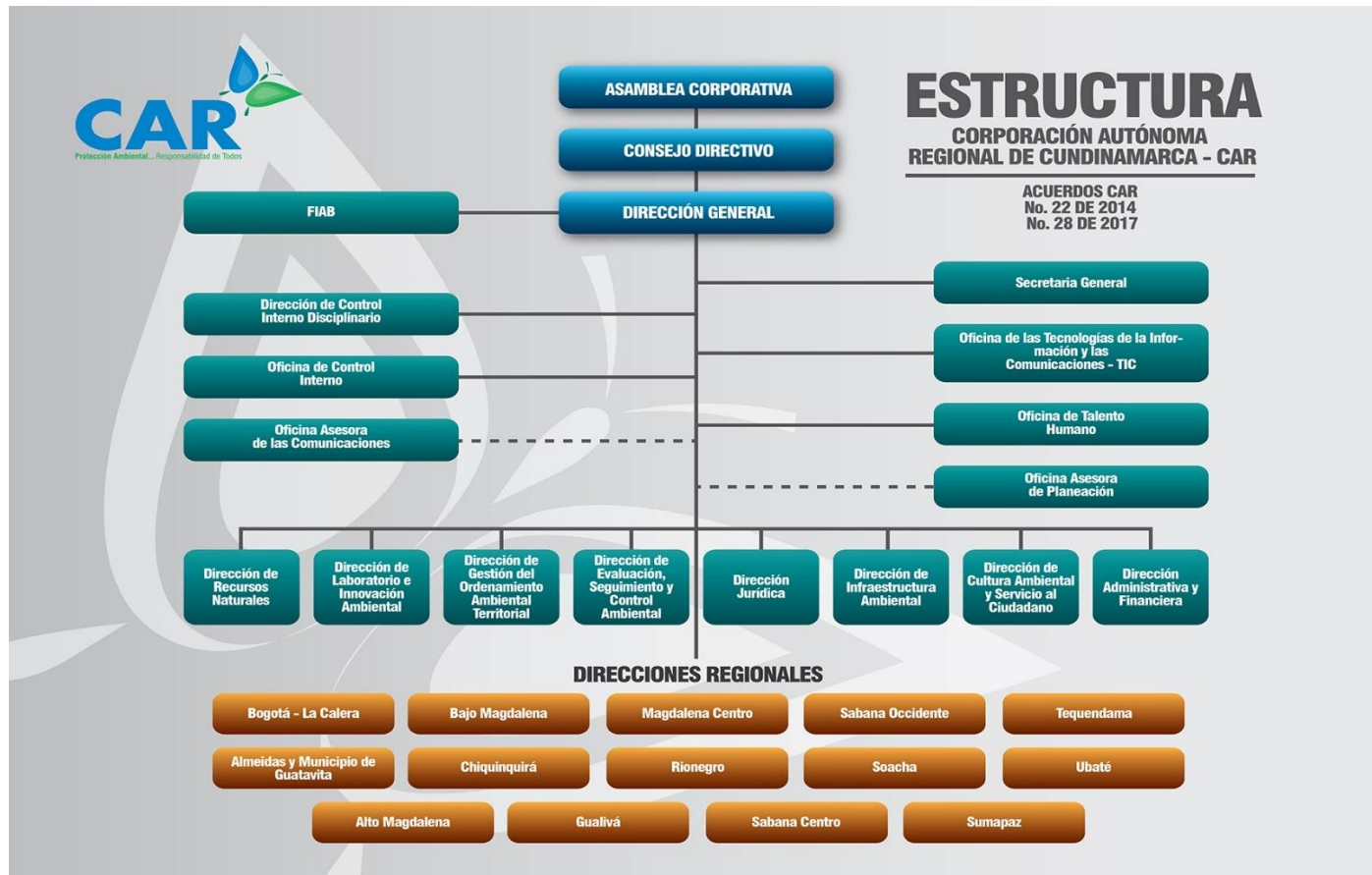


Figura 3. Jerarquización de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca [CAR]

Fuente: CAR (2018)

11 Metodología

11.1 Matriz Metodológica

En la Tabla 9, se puede observar la metodología que se va a tener en cuenta para la realización del estudio de investigación, clasificada en 5 variables correlacionadas para la obtención de resultados con mayor precisión y efectividad.

A partir del Objetivo General, se desglosan los 4 Objetivos Específicos determinados inicialmente en el dimensionamiento del proyecto, como propósitos a cumplir para el desarrollo integral de la investigación, a partir de estos, se toman las actividades necesarias para el cumplimiento de las 4 finalidades, seguidas por las técnicas a tener en cuenta para demostrar la manera en la que se va a llevar a cabo cada tópico, y finalmente, el instrumento, que son los insumos a usar para efectuar lo anteriormente mencionado.

Tabla 9. Matriz Metodológica del Proyecto de Investigación

Objetivo General	Objetivo Específico	Actividades	Técnicas	Instrumento
Actualizar el componente de Riesgo del Recurso Hídrico con base a la metodología ERA (Evaluación Regional del Agua), propuesta por Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), para la cuenca Media y Baja del Río Bogotá.	Describir el comportamiento de los caudales, a partir de las diferencias entre caudales mínimos y máximos, de cada subcuenca presente en la Cuenca Media y Baja del Río Bogotá.	Reunir las ecuaciones y variables respectivas para el completo desarrollo del comportamiento de los caudales.	Revisión documental.	Evaluación Regional del Agua (ERA) predecesoras.
		Evaluación y categorización del Índice de Retención y Regulación Hídrica e índice de Variabilidad (IV).	Lectura del sistema de categorización y determinación de índices matemáticos de cuerpos hídricos.	Modelos matemáticos para la obtención del comportamiento de los Caudales Mensuales.
	Evaluar el nivel de susceptibilidad de cada subcuenca perteneciente en la Cuenca Media y Baja del Río Bogotá, que pueda presentar eventos torrenciales.	Determinación del Índice Morfométrico de Torrencialidad (IMT) respectivo para cada subcuenca perteneciente a las Cuencas Media y Baja	Análisis de las variables obtenidas por parte de cada subcuenca, en términos de densidad de drenaje, pendiente media y coeficiente	Modelo tabulado de categorización del Índice Morfométrico.

		del Río Bogotá.	de compacidad, para su respectiva categorización.	
			Análisis del IMT a partir de la categorización realizada de cada subcuenca, con base a las tres variables mencionadas.	Modelo tabulado de categorías Morfométricas con base en el cruce de información de las variables Morfométricas.
	Estimar la relación existente entre los indicativos de la torrencialidad con las condiciones hidrológicas en las subcuencas a trabajar.	Evaluación del Índice de Vulnerabilidad frente a Eventos Torrenciales (IVET) respectivo para cada subcuenca perteneciente a las Cuencas Media y Baja del Río Bogotá.	Cruce de información por parte de la categorización realizada del Índice de Variabilidad (IV) y el Índice de Morfométrico de Torrencialidad (IMT).	Modelo de Categorización del IVET.
	Realizar un análisis de los indicadores actuales obtenidos mediante la metodología propuesta por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), con los obtenidos en la primera línea de investigación del componente de Riesgo del Recurso Hídrico.	Recopilación del documento piloto realizado para la Cuenca Media y Baja del Río Bogotá, con sus respectivos catálogo de estaciones y caudales por subcuenca.	Revisión documental, lectura, análisis, del período y los registros solicitados.	Evaluación Regional del Agua (2014)
		Comparación entre los índices obtenidos en el plan piloto con el realizado en el presente trabajo, en términos de valores numéricos	Tabulación de la información obtenida en diferentes hojas de cálculo.	Documentos y bases de datos.

		obtenidos y categorización realizada.		
		Identificar los cambios entre la serie histórica para el tema de riegos, procurando inferir las causas y consecuencias de dicha variabilidad.	Investigación documental de procesos e intervenciones en la zona que pueda afectar de manera tanto directa como indirecta los índices estudiados.	Documentos de marco conceptual e información externa relacionada con las zonas abarcadas del estudio.

11.2 Área de Investigación y Líneas de Investigación

El manejo del recurso hídrico y la dinámica de este, se ha otorgado para el control y evaluación de las Corporaciones Autónomas Regionales respectivas. Dichas organizaciones, procuran la minimización de la problemática ambiental, de acuerdo a una determinada dirección que trate un tema en específico. En este caso, el trabajo presente, se realiza bajo el Dirección de Recursos Naturales, enfocado en el Recurso Hídrico.

La relación que se encuentra entre la Salud Ambiental (Área de investigación) y El Manejo Integrado del Recurso Hídrico (Línea de Investigación) o Gestión Integral del Recurso Hídrico (nombre determinado y tratado en la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, como Línea de Investigación trabajada en el entorno organizacional), se da precisamente en la búsqueda de factores determinantes que ocasionen o tengan algún efecto directo o indirecto en la calidad de un cuerpo hídrico, relacionado directamente con la Calidad de Vida de las comunidades que se encuentren en el interior o alrededores de este, dichos factores determinantes pueden ser de origen natural o antrópico. Una adecuada Gestión del recurso puede disminuir los niveles de amenaza y vulnerabilidad que posea un cuerpo de agua, mitigando de manera indirecta las tasas de mortalidad y morbilidad de las comunidades, asimismo, promover el cuidado de las condiciones ambientales naturales que se tienen y, finalmente, minimizar los recursos económicos que puedan ser llevados a las poblaciones afectadas por ingesta de cuerpos hídricos contaminados o por la aparición de vectores de transmisión sobre estos.

11.3 Método de Investigación

El método determinado que lleva a cabo los procesos para la realización integral de la investigación fue el analítico, ya que, es un progreso continuo, sistemático y sistémico, que consiste en descomponer el aspecto macro de la investigación (en este caso, el componente de Riesgos Hídricos) en fragmentos para estudiarlos de manera individual, posterior a esto, reunirlos nuevamente para observar la correlación de los mismos, con el objetivo de obtener un resultado universal del componente detalladamente.

11.4 Enfoque

En esta investigación se determinó un tipo de enfoque cuantitativo, el manejo de variables y su análisis desde las ramas de la matemática y estadística son el principal factor para escoger este tipo de categoría. Asimismo, la recolección de datos por parte de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca – CAR, siguen un proceso secuencial y riguroso, de manera sistemática, midiendo variables en los Riesgos del Recurso Hídrico en la Cuenca Media y Baja del Río Bogotá, con el objetivo de elaborar un reporte de resultados para el establecimiento de conclusiones que respondan a la pregunta de investigación.

11.5 Alcance

El alcance de la investigación se genera a partir del planteamiento del problema, indicando el resultado que se obtiene según el método que se seguirá para la obtención de resultados.

El estudio consta de dos tipos de alcances, por un lado, se determinó el descriptivo, ya que se estudiará y analizará información detalladamente con respecto a la problemática del Riesgo Hídrico, a partir de la descripción de las variables influyentes con precisión.

El estudio correlacional fue seleccionado a partir de la relación directa que tienen las variables, en este caso los índices estudiados para la resolución de los resultados en conjunto, teniendo en cuenta qué, el conjunto de estas y sus interrelaciones son necesarias para la determinación del estado de la cuenca.

12 Resultados

1. Con el objetivo de evaluar los indicadores planteados inicialmente por la metodología de la ERA (Evaluación Regional del Agua), propuesta por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), se realizó la revisión de las referencias obtenidas y entregadas por la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca – CAR, en términos de las estaciones a trabajar. En este caso, se tomaron en cuenta 25 estaciones para la Cuenca Baja del Río Bogotá y 8 para la Cuenca Media del Río Bogotá, las cuales se pueden observar en la Tablas 10 y 11.

La entidad encargada de cada estación puede variar entre CAR e IDEAM, dependiendo estrictamente de cuál organización se encarga del manejo de la información de esta, por otro lado, los años de trabajo hacen referencia al período de tiempo de los Caudales Medios Mensuales de las Series Históricas (encontrados en los Anexos – Excel), que serán mencionados durante el transcurso del estudio.

Tabla 10. Estaciones trabajadas para el cálculo de Indicadores en la Cuenca Baja del Río Bogotá

N°	Código	Estación	Subcuenca	Elevación (m.s.n.m)	Entidad	Años de Trabajo
1	2120892	Manzanares	Río Apulo	711	CAR	25
2	2120885	Peña Negra		980	CAR	26
3	2120933	Pte. Ferrocarril		2422	CAR	22
4	2120934	El Chircal		1971	CAR	22
7	21209310	Pte. Peatonal		1279	IDEAM	12
8	2120880	San Javier		784	CAR	25
9	2120881	Pte. Apulo		426	CAR	18
10	2120882	El Portillo	Río Bajo Bogotá	389	CAR	26
11	2120920	La Campiña	Río Bajo Bogotá	270	CAR	23
12	2120938	Antes Acud Mesitas	Río Medio Bogotá	1500	CAR	21
13	21209000	Pte, Saénz	Río Calandaima	593	IDEAM	26
14	2120886	Java		1848	CAR	25
15	2120928	La Victoria		1840	CAR	20
16	2120914	Caracolí		496	CAR	19
17	2120929	El Triunfo		1093	CAR	22
18	2120889	Pueblo de Piedra		620	CAR	25
19	2120887	Pte. Samper Madrid		513	CAR	16
20	2120901	San Pabluna		1522	CAR	27
21	2120897	La Cascada		1341	CAR	26
22	2120895	La Pola		1100	CAR	26
23	2120893	Pto. Brasil		1166	CAR	26
24	2120903	Enterrios		1062	CAR	26

25	2120932	Pte. Brasil		1189	CAR	22
26	2120896	Viotá		578	CAR	26
27	2120894	La Neptuna		606	CAR	26

Fuente: Autor (2018)

Tabla 11. Estaciones trabajadas para el cálculo de Índices en la Cuenca Media del Río Bogotá

Nº	Código	Estación	Subcuenca	Elevación (m.s.n.m)	Entidad	Años de Trabajo
1	2120963	Villablanca	Embalse del Muña	2565	CAR	20
2	2120879	Las Mercedes	Río Chicú	2613	CAR	26
3	2120959	Páramo Guerrero	Río Balsillas	3248	CAR	20
4	2120966	Pozo Hondo		2970	CAR	18
5	2120735	Pte. La Virginia		2606	CAR	48
6	2120758	La Muralla		2621	CAR	48
7	2120766	La Pradera		2735	CAR	48
8	2120964	Rebose Gatillo		2611	CAR	18

Fuente: Autor (2018)

Por otro lado, en las Figuras 4 y 5, se encuentra las cartografías de la Cuenca Baja y Media del Río Bogotá con sus respectivas estaciones distribuidas a lo largo de las subcuencas pertenecientes a cada cuerpo hídrico principal.

Para el caso de la Cuenca Baja del Río Bogotá, esta cuenta con 5 subcuencas, de las cuales 4 son objetos de estudio, clasificadas por el Río Apulo (9 estaciones), Río Bajo Bogotá (2 estaciones), Río Medio Bogotá (1 estación), y el Río Calandaima (15 estaciones). Para el Río Bogotá (Sector Salto – Soacha) no se tomó como objeto de estudio por el corto período de tiempo para el análisis de datos por parte de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca – CAR para su respectivo uso en el estudio.

La Cuenca Media del Río Bogotá cuenta con 8 subcuencas, donde solo 3 fueron objetos de estudio, divididas en el Embalse del Muña (1 estación), Río Chicú (1 estación), Río Balsillas (6 estaciones). Los demás cuerpos hídricos, Río Frío, Río Negro, Río Teusacá, Cerros Orientales y Río Tunjuelo, no fueron tomados en cuenta por las mismas razones mencionadas anteriormente.

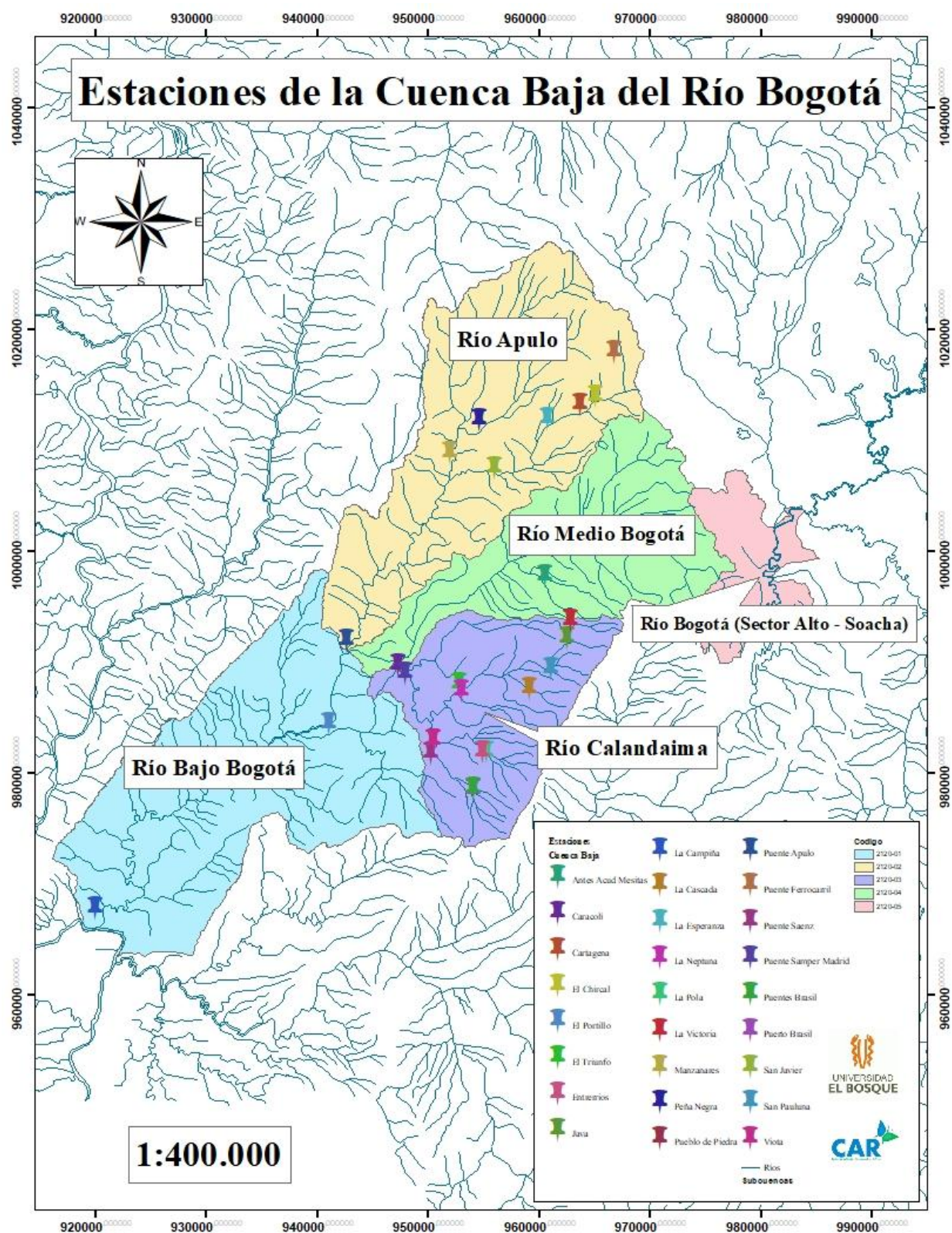


Figura 4. Mapa de Estaciones de la Cuenca Baja del Río Bogotá

Fuente: Autor (2018)

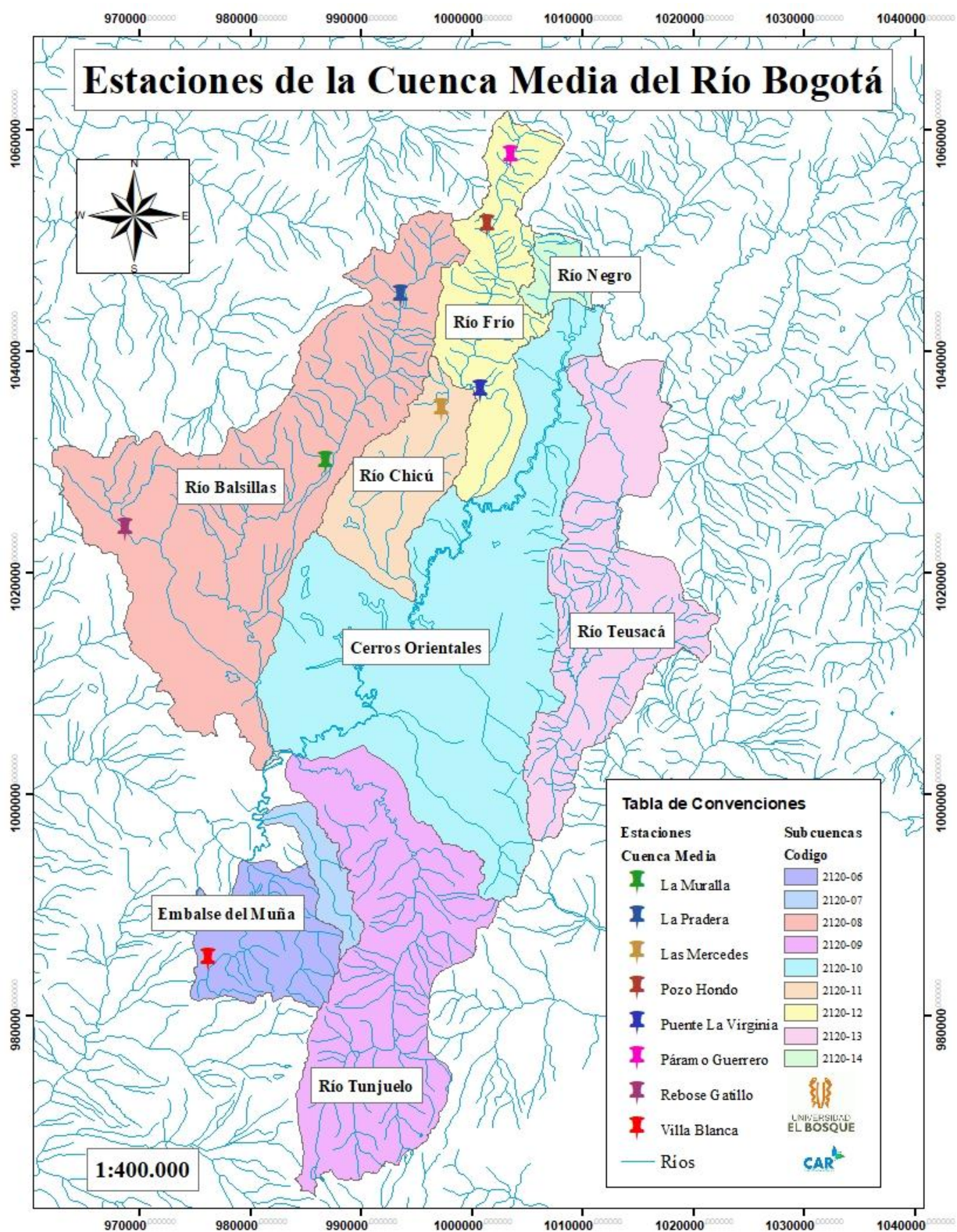


Figura 5. Mapa de las Estaciones de la Cuenca Media del Río Bogotá

Fuente: Autor (2018)

2. Con base a las estaciones determinadas, se procede con el cálculo de los indicadores de riesgo qué, individualmente, permiten la determinación de un tipo de particularidad que define, categoriza y expresa de manera matemática, el estado en el cual se encuentra el cuerpo hídrico. Sin embargo, inicialmente, se debe evaluar la Curva de Duración de Caudales Medios Diarios y/o Mensuales teniendo en cuenta la serie histórica proporcionada por la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca – CAR, de cada estación a trabajar. Como se puede observar en las Tablas 12 y 13. Las estaciones Manzanares y Villablanca serán usadas como ejemplos para el desarrollo de cálculos de los indicadores en ambas cuencas.

Tabla 12. Series Histórica de Caudales Medios Mensuales de la Cuenca Baja del Río Bogotá - Estación Manzanares

CAUDALES MEDIOS MENSUALES (m3/s) ESTACIÓN MANZANARES													
CÓDIGO	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC
2120892	1991				0,294	0,856	0,6	0,227	0,251	0,72	1,269	2,732	3,468
2120892	1992		0,747	0,293	1,064	0,507	0,31	0,076	0,177	0,363	0,368	1,328	2,194
2120892	1993	1,024	1,656	0,684	1,755		0,517	0,474	0,077	0,984	1,532	2,304	
2120892	1994		2,596	2,539	4,448		0,528	0,324	0,233	0,147	2,263		
2120892	1995		0,498	1,866								1,746	
2120892	1996		1,411	2,441	1,84	3,615	4,048	4,308			3,781	2,305	3,167
2120892	1997	2,711	1,583	1,165	1,86	3,659	3,538		0,006	0,106	1,018	0,966	3,189
2120892	1998		0,143	0,58	0,801	1,726	0,365	6,539	0,703	0,485			
2120892	1999			0	3,629	2,052	5,864	5,164	5	6,233	8,017	5,854	3,403
2120892	2000	0,583	0,742	0,895	0,886	0,578	0,616	0,639	0,619	0,711	0,575	0,573	0,462
2120892	2001	0,508	0,47	0,581	0,509	0,515	0,487	0,473	0,453	0,529	0,543	0,563	0,55
2120892	2002	0,546	0,536	0,577	0,455								
2120892	2009	0,828	0,617	1,383	3,578	2,822	2,634	1,628	1,175	0,967	2,038	1,665	1,179
2120892	2010	0,275	0,191	0,427	1,218	2,65	2,031	2,869	0,915	0,769	2,388	4,591	4,814
2120892	2011	2,099	2,828	4,701	4,897	3,073	0,81	0,468	0,088	0,404	2,024	1,093	1,627
2120892	2012	3,793	2,561	2,555	6,177	3,624	0,439	0,097	0,325	0,072	2,192	2,647	1,02
2120892	2013	0,417	4,388	1,432	5,319	5,075	2,547	0,599	0,464	0,3	1,373	4,183	4,672
2120892	2014	2,558	2,245	5,156	2,596								
2120892	2016					2,407							

Fuente: CAR (2018)

Tabla 13. Serie Histórica de Caudales Medios Mensuales de la Cuenca Media del Río Bogotá - Estación Villablanca

CAUDALES MEDIOS MENSUALES (m3/s) ESTACIÓN VILLABLANCA													
CÓDIGO	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
2120963	1997										0,002	0,004	0,002
2120963	1998	0	0	0	0	0,021	0,028	0,018	0,006	0,005	0,034	0,058	0,136
2120963	1999	0,086	0,063	0,075	0,222	0,132	0,079	0,048	0,067	0,136	0,315	0,455	0,2
2120963	2000	0,199	0,101	0,386	0,289	0,251	0,181	0,118	0,027	0,041	0,04	0,078	0,102
2120963	2001	0,028	0,017	0,066	0,009	0,052	0,016	0,001	0	0,001	0,015	0,029	0,151
2120963	2002	0,034	0,017	0,004	0,206	0,104	0,285	0,017	0,009	0,016	0,011	0,031	0,032
2120963	2003							0,063	0,048	0,048	0,34	0,431	0,355
2120963	2004				0,398	0,648	0,504	0,244	0,131	0,192	0,378	0,722	0,444
2120963	2005	0,332	0,28	0,084	0,154	0,532	0,246	0,259	0,289	0,414			
2120963	2007	0,037	0,04	0,041	0,073	0,099	0,155	0,125	0,107	0,14	0,145	0,6	0,333
2120963	2008	0	0,045	0,086	0,182	0,554	0,6	0,548	0,269	0,202	0,188	0,222	0,191
2120963	2009	0,178	0,166	0,149		0,159	0,165	0,131	0,105	0,034	0,043	0,243	0,014
2120963	2010	0,012	0,013	0,017	0,279	0,381	0,653		0,675	0,486	0,525	1,248	0,763
2120963	2011	0,32	0,308	1,008	1,567	1,212	0,494	0,226	0,194	0,172	0,664	1,077	0,708
2120963	2012	0,237	0,113	0,121	1,321	0,269	0,167	0,035	0,039	0,033	0,034	0,063	0,05
2120963	2013	0,021	0,048	0,028	0,102	0,185	0,081	0,033	0,034	0,042	0,022	0,268	0,363
2120963	2014	0,153	0,035	0,298	0,153	0,805	0,281	0,113	0,035	0,023	0,136	0,348	0,186
2120963	2015	0,049	0,056	0,057	0,054	0,052	0,048	0,031	0,024	0,02	0,029	0,039	0,02
2120963	2016	0,033	0,019	0,025	0,044	0,056	0,046	0,036		0,048	0,078	0,097	0,09
2120963	2017	0,089	0,087	0,091			0,1	0,081	0,066	0,07	0,073	0,087	0,081
2120963													

Fuente: CAR (2018)

12.1 Determinación de los Límites Húmedo, Medio y Seco, a partir de los Caudales Medios Mensuales de las Series Históricas de las estaciones trabajadas

Considerando las Series Históricas ejemplo, se determina los Límites de períodos húmedo, seco y medio del período de tiempo por estación, con la ayuda de la herramienta financiera y contable Excel, de manera que señalando todos los valores de la serie histórica se apliquen las fórmulas “MAX”, “MIN” y “AVERAGE”, dando como resultados los siguientes valores para cada estación.

Tabla 14. Límite Húmedo, Medio y Seco para la Cuenca Baja del Río Bogotá - Estación Manzanares

MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC
MÁXIMO	3,79	4,38	5,15	6,17	5,07	5,86	6,53	5,00	6,23	8,01	5,85	4,81
MEDIO	1,39	1,45	1,60	2,43	2,36	1,68	1,70	0,74	0,91	2,09	2,32	2,47
MÍNIMO	0,27	0,14	0,00	0,29	0,50	0,31	0,07	0,00	0,07	0,36	0,56	0,46

Fuente: Autor (2018)

Tabla 15. Límite Húmedo, Medio y Seco para la Cuenca Media del Río Bogotá - Estación Villablanca

MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC
MÁXIMO	0,33	0,30	1,00	1,56	1,21	0,65	0,54	0,67	0,48	0,66	1,24	0,76
MEDIO	0,10	0,08	0,14	0,31	0,32	0,22	0,11	0,11	0,11	0,16	0,32	0,22
MÍNIMO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Fuente: Autor (2018)

Como se puede observar en la Tabla 14, los meses con mayor prevalencia en sequía son Marzo y Agosto, lo cual posee congruencia con un estudio realizado por el IDEAM (2016), donde, se midió los niveles de precipitación mensual en el Distrito Capital, obteniendo valores respectivamente en los meses mencionados de hasta 65 y 50 mm/mes. Por otro lado, los meses con mayor nivel de humedad se encuentran entre Octubre y Julio, basado en el mismo estudio realizado por el IDEAM, se pudo evidenciar que los días de lluvia entre dichos meses oscilan entre los 17 y 18, siendo este un valor alto a comparación del superior en el rango del eje de estudio (21). Asimismo, la información anteriormente mencionada tiene concordancia con el Atlas Climatológico de Colombia proporcionado por el IDEAM (2018), donde, los valores de precipitación en los Meses de Octubre y Julio se localizan entre 50 – 150 mm/mes, a diferencia de sus contrapartes, Marzo y Agosto de aproximadamente 0 – 50 mm/mes, como se puede observar en el Anexos 35 - 38.

Para el caso de la estación Villablanca, se puede evidenciar que sus valores son bajos a comparación con los de la Cuenca Baja, ya que, de manera general, esta presenta prevalencia en valores de 0,00 para la mayoría de sus meses en el Límite Seco, asimismo, los valores máximos son inferiores a 2,00 m3/s.

Los datos anteriormente mencionados pueden llegar a presentar anomalías por el cambio climático en el cual nos encontramos, ocasionando tanto aumento como disminución del caudal, asimismo, alteraciones morfométricas de la cuenca. Dichas anomalías se han visto reflejadas en un estudio llevado a cabo por el IDEAM, donde presentó en las zonas Altas del Territorio Nacional, en este caso la Región Andina, entre 0,5 – 1,5 °C de aumento, siendo el decenio más caluroso comprendido entre 2001 – 2010 (IDEAM, 2012).

Posteriormente, en las Tablas 16 y 17, se encuentran las estaciones de ambas Cuencas objetos de estudio analizadas durante la investigación, con sus respectivos límites mensuales, en el período anual de tiempo.

Tabla 16. Límite Húmedo, Medio y Seco para la Cuenca Baja del Río Bogotá

ESTACIÓN	LÍMITE	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Manzanares	MÁX	3,79	4,39	5,16	6,18	5,08	5,86	6,54	5,00	6,23	8,02	5,85	4,81
	MED	1,39	1,45	1,60	2,43	2,37	1,69	1,71	0,75	0,91	2,10	2,33	2,48
	MÍN	0,28	0,14	0,00	0,29	0,51	0,31	0,08	0,01	0,07	0,37	0,56	0,46
Peña Negra	MÁX	1,68	2,39	2,67	3,03	2,06	1,62	1,49	1,12	1,38	2,91	6,27	5,35
	MED	0,78	0,88	1,09	1,25	0,94	0,63	0,46	0,44	0,46	1,14	1,61	1,25
	MÍN	0,17	0,13	0,22	0,28	0,21	0,05	0,03	0,05	0,02	0,25	0,47	0,14
Pte. Ferrocarril	MÁX	0,15	0,15	0,15	0,83	1,75	0,19	0,17	0,17	1,83	0,16	0,29	0,22
	MED	0,02	0,02	0,03	0,08	0,13	0,04	0,03	0,03	0,11	0,03	0,06	0,05
	MÍN	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00
El Chircal	MÁX	0,51	0,66	0,83	1,70	1,78	1,40	1,51	0,92	0,66	0,74	0,90	0,89
	MED	0,22	0,21	0,22	0,38	0,37	0,28	0,24	0,20	0,22	0,28	0,33	0,29
	MÍN	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01
Pte. Peatonal	MÁX	1,90	1,60	1,70	1,87	1,49	0,93	1,16	1,03	2,41	1,84	1,44	1,00
	MED	0,37	0,37	0,39	0,61	0,55	0,42	0,37	0,36	0,49	0,48	0,61	0,37
	MÍN	0,01	0,01	0,01	0,02	0,04	0,07	0,00	0,00	0,03	0,05	0,03	0,05
San Javier	MÁX	2,99	3,20	4,07	7,19	5,06	1,82	1,97	1,12	1,11	4,29	7,27	4,25
	MED	1,20	1,21	1,57	2,38	1,94	0,88	0,53	0,43	0,53	1,39	2,55	1,96
	MÍN	0,28	0,32	0,42	0,69	0,15	0,31	0,16	0,01	0,15	0,44	0,87	0,31
Pte. Apulo	MÁX	10,7 9	8,93	9,09	10,62	11,03	6,04	7,72	4,16	6,03	14,82	21,77	14,38
	MED	3,38	2,92	3,85	5,25	5,02	2,65	1,84	1,48	2,03	4,02	6,97	5,85
	MÍN	0,13	0,12	0,91	0,42	0,41	0,00	0,00	0,00	0,00	0,72	1,53	1,06
El Portillo	MÁX	82,2 0	83,9 3	89,81	82,35	95,03	85,58	102, 84	74,9 4	73,7 8	83,52	109,0 0	101,2 5
	MED	34,9 1	35,3 4	43,11	48,15	51,51	43,79	43,7 0	38,2 5	34,7 9	44,18	52,32	47,58
	MÍN	5,44	14,3 9	17,60	23,03	22,09	17,31	16,0 9	9,89	13,1 6	14,06	11,09	16,43
La Campiña	MÁX	71,3 2	77,5 9	119,5 0	192,6 3	212,2 9	134,1 5	130, 95	60,3 4	56,6 1	106,1 5	237,0 7	229,4 1
	MED	40,4 1	40,4 1	55,67	72,66	70,76	56,35	48,1 0	40,1 6	38,0 3	48,28	75,20	64,54
	MÍN	15,8 0	17,8 9	15,72	21,23	17,98	20,24	20,2 3	17,7 8	18,0 7	0,00	16,55	18,39
Antes Acud Mesitas	MÁX	0,88	0,62	0,79	1,76	0,89	0,42	0,39	0,40	0,41	0,57	0,93	1,01
	MED	0,27	0,23	0,36	0,39	0,37	0,21	0,13	0,10	0,12	0,26	0,41	0,31
	MÍN	0,01	0,02	0,02	0,08	0,12	0,03	0,03	0,00	0,01	0,01	0,08	0,03

Pte. Saénz	MÁX	3,13	5,53	7,78	4,20	7,83	6,39	0,82	1,63	2,95	7,62	7,26	4,61
	MED	0,71	1,10	1,69	1,29	1,19	0,68	0,14	0,15	0,22	1,45	1,87	1,10
	MÍN	0,00	0,00	0,01	0,06	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,02
Java	MÁX	0,32	0,26	0,30	0,39	0,59	0,25	0,16	0,29	0,66	0,23	0,36	0,29
	MED	0,09	0,09	0,10	0,13	0,14	0,09	0,07	0,07	0,09	0,09	0,10	0,09
	MÍN	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	0,02	0,01
La Victoria	MÁX	0,55	0,63	1,07	1,18	4,42	0,57	0,31	0,28	7,59	0,75	0,90	0,46
	MED	0,13	0,17	0,23	0,30	0,43	0,17	0,12	0,10	0,47	0,29	0,35	0,18
	MÍN	0,03	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Caracolí	MÁX	1,03	1,19	3,80	2,23	1,83	1,01	0,93	0,65	0,74	0,67	3,63	1,37
	MED	0,32	0,41	0,83	0,89	0,70	0,34	0,18	0,12	0,16	0,26	1,07	0,59
	MÍN	0,00	0,00	0,00	0,05	0,20	0,08	0,01	0,00	0,00	0,00	0,09	0,03
El Triunfo	MÁX	0,66	1,42	1,13	1,46	1,16	0,86	0,81	3,95	0,34	1,56	3,41	1,31
	MED	0,30	0,39	0,49	0,64	0,54	0,31	0,20	0,41	0,14	0,46	0,92	0,50
	MÍN	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,12	0,28	0,09
Pueblo de Piedra	MÁX	2,73	2,34	3,15	3,72	2,72	1,80	2,82	1,77	2,19	3,24	3,93	3,50
	MED	1,05	0,99	1,22	1,36	1,15	0,81	0,72	0,65	0,71	1,12	1,55	1,12
	MÍN	0,07	0,03	0,02	0,05	0,11	0,11	0,04	0,01	0,04	0,24	0,22	0,27
Pte. Samper Madrid	MÁX	5,67	7,02	4,61	5,94	5,45	4,29	2,48	1,89	4,22	7,33	5,74	8,64
	MED	3,32	3,61	3,55	4,30	3,79	2,85	1,26	0,80	1,11	2,54	3,40	3,63
	MÍN	0,65	1,87	1,23	3,16	1,46	0,49	0,07	0,01	0,00	0,00	0,46	0,28
San Pabluna	MÁX	0,96	0,56	1,40	2,94	1,63	1,38	0,74	0,72	0,74	1,97	4,37	1,58
	MED	0,25	0,20	0,30	0,54	0,32	0,25	0,18	0,14	0,19	0,34	0,52	0,43
	MÍN	0,03	0,00	0,03	0,05	0,05	0,03	0,01	0,00	0,00	0,04	0,06	0,04
La Cascada	MÁX	0,76	1,00	1,01	1,46	1,65	1,87	0,76	0,44	0,60	0,75	0,91	1,09
	MED	0,30	0,30	0,34	0,46	0,47	0,36	0,29	0,17	0,18	0,27	0,38	0,35
	MÍN	0,02	0,04	0,12	0,05	0,05	0,05	0,04	0,02	0,03	0,04	0,09	0,05
La Pola	MÁX	3,23	4,08	3,38	3,65	3,82	3,47	0,79	0,54	0,67	2,46	4,14	3,48
	MED	0,59	0,79	0,88	1,06	0,88	0,59	0,20	0,13	0,19	0,64	0,96	0,68
	MÍN	0,01	0,00	0,09	0,01	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,01
Pto. Brasil	MÁX	0,40	1,48	0,52	1,23	0,38	0,27	0,25	0,19	0,19	0,44	1,58	0,32
	MED	0,08	0,14	0,16	0,22	0,10	0,05	0,04	0,03	0,05	0,14	0,28	0,13
	MÍN	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
Enterrerios	MÁX	4,52	6,83	4,81	1,87	1,30	1,03	0,46	7,68	11,9 7	11,53	2,79	1,05
	MED	0,52	0,65	0,68	0,62	0,54	0,36	0,17	0,54	0,74	0,94	0,70	0,45
	MÍN	0,00	0,01	0,02	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01
Pte. Brasil	MÁX	0,43	0,70	0,41	0,72	4,53	0,62	0,19	0,21	0,15	0,97	1,02	0,31
	MED	0,13	0,14	0,17	0,22	0,35	0,13	0,05	0,05	0,06	0,17	0,28	0,17
	MÍN	0,01	0,01	0,03	0,00	0,02	0,01	0,01	0,01	0,00	0,02	0,05	0,03

Viotá	MÁX	4,15	6,54	5,28	5,86	11,12	2,16	1,07	1,36	6,21	14,74	6,36	10,22
	MED	1,41	1,64	2,06	2,54	2,27	0,74	0,33	0,30	0,77	1,98	2,70	2,20
	MÍN	0,07	0,06	0,06	0,04	0,32	0,07	0,01	0,01	0,04	0,01	0,80	0,30
La Neptuna	MÁX	0,97	1,44	2,54	2,90	2,21	1,87	1,57	1,20	4,69	1,98	2,41	1,79
	MED	0,36	0,39	0,57	0,78	0,66	0,37	0,26	0,22	0,42	0,44	0,72	0,63
	MÍN	0,02	0,00	0,02	0,01	0,06	0,03	0,00	0,00	0,00	0,02	0,05	0,06

Fuente: Autor (2018)

Tabla 17. Límite Húmedo, Medio y Seco para la Cuenca Media del Río Bogotá

ESTACIÓN	LÍMITE	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Villablanca	MÁX	0,33	0,31	1,01	1,57	1,21	0,65	0,55	0,68	0,49	0,66	1,25	0,76
	MED	0,11	0,08	0,15	0,32	0,32	0,23	0,12	0,12	0,11	0,16	0,32	0,22
	MÍN	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Las Mercedes	MÁX	0,08	0,08	0,12	0,75	0,19	0,10	0,14	0,09	0,10	0,11	0,25	0,26
	MED	0,02	0,02	0,03	0,06	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,05	0,05
	MÍN	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Páramo Guerrero	MÁX	0,09	0,73	0,27	0,93	0,68	0,37	0,38	0,26	0,66	0,68	0,63	0,23
	MED	0,03	0,09	0,11	0,21	0,17	0,13	0,12	0,11	0,10	0,13	0,13	0,06
	MÍN	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pozo Hondo	MÁX	0,73	0,81	1,62	12,47	12,94	3,39	4,03	1,25	1,02	2,40	6,37	2,71
	MED	0,29	0,33	0,59	1,62	1,54	0,82	0,81	0,58	0,56	0,96	1,48	0,67
	MÍN	0,03	0,03	0,04	0,09	0,16	0,13	0,11	0,12	0,09	0,24	0,38	0,04
Puente La Virginia	MÁX	2,13	3,12	4,59	7,68	8,27	7,98	7,63	3,38	4,95	9,05	9,19	9,45
	MED	0,72	0,68	0,94	1,58	1,87	1,59	1,50	1,11	1,44	2,55	3,06	1,56
	MÍN	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01
La Muralla	MÁX	1,69	3,28	2,56	7,95	7,06	5,35	2,35	2,00	2,78	6,02	6,26	5,78
	MED	0,51	0,47	0,72	1,29	1,57	1,05	0,71	0,54	0,72	1,58	1,85	1,06
	MÍN	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
La Pradera	MÁX	1,78	1,83	1,12	2,68	5,09	1,42	1,02	1,00	1,33	2,09	1,96	2,92
	MED	0,29	0,26	0,30	0,49	0,67	0,49	0,34	0,32	0,35	0,58	0,67	0,51
	MÍN	0,02	0,02	0,02	0,05	0,04	0,03	0,01	0,03	0,02	0,05	0,07	0,03
Rebose Gatillo	MÁX	1,54	2,19	6,27	15,01	16,83	3,49	0,75	0,95	0,71	1,68	6,54	5,10
	MED	0,34	0,40	0,93	1,45	1,69	0,38	0,13	0,09	0,09	0,41	1,60	0,99
	MÍN	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Fuente: Autor (2018)

12.2 Cálculo del Índice de Retención y Regulación Hídrica (IRH)

12.2.1 Definición de Variables

A continuación, se procede a calcular 3 variables que permitirán la determinación del Índice de Retención y Regulación Hídrica (IRH). Dichas variables son: Tiempo Parcial dada en segundos (s), permitiendo calcular la cantidad de segundos que tiene la series histórica, conforme al producto de segundos de un día por la cantidad de estos en un año (365), por la longitud de la serie histórica. En el caso de la Estación Manzanares, la longitud es de 25 años, obteniendo un valor de 788'400.000 segundos.

La siguiente variable es el Delta de Tiempo, el cual se determina con base al producto del Tiempo Parcial por el intervalo de cada percentil, en el caso de las estaciones a trabajar el valor es de 0,01.

Seguidamente, se calcula el Volumen Total, con el promedio entre el Caudal (m³/s) de la misma fila, y de la fila ubicada exactamente después, y dicho valor se relaciona en forma de producto por el Tiempo Parcial (s).

Todo lo anterior, se puede ver realizado por cada caudal en la Tabla 18 y 19, presentando resultados de cada variable que se mencionaron anteriormente por cada cuenca ejemplo.

Tabla 18. Formato de Tabla de Percentiles para el cálculo del Índice de Retención y Regulación Hídrica (IRH) para la Cuenca Baja del Río Bogotá - Estación Manzanares

Tabla de Percentiles ESTACIÓN MANZANARES					
Percentiles		Caudal (m ³ /s)	Tiempo parcial (s)	Delta tiempo (s)	Vt (m ³)
0,00	1,00	0,00	788'400.000,00	7'884.000,00	208.374,12
0,01	0,99	0,05	788'400.000,00	7'884.000,00	509.621,76
0,02	0,98	0,08	788'400.000,00	7'884.000,00	652.755,78
0,03	0,97	0,09	788'400.000,00	7'884.000,00	763.683,66
0,04	0,96	0,10	788'400.000,00	7'884.000,00	984.553,92
0,05	0,95	0,15	788'400.000,00	7'884.000,00	1'284.461,28
0,06	0,94	0,18	788'400.000,00	7'884.000,00	1'602.659,52
0,07	0,93	0,23	788'400.000,00	7'884.000,00	1'857.312,72
0,08	0,92	0,25	788'400.000,00	7'884.000,00	2'078.458,92
0,09	0,91	0,28	788'400.000,00	7'884.000,00	2'273.036,04
0,10	0,90	0,29	788'400.000,00	7'884.000,00	2'375.843,40
0,11	0,89	0,31	788'400.000,00	7'884.000,00	2'493.788,04
0,12	0,88	0,32	788'400.000,00	7'884.000,00	2'712.017,16
0,13	0,87	0,36	788'400.000,00	7'884.000,00	2'882.705,76
0,14	0,86	0,37	788'400.000,00	7'884.000,00	3'075.824,34
0,15	0,85	0,41	788'400.000,00	7'884.000,00	3'326.141,34
0,16	0,84	0,43	788'400.000,00	7'884.000,00	3'486.541,32
0,17	0,83	0,45	788'400.000,00	7'884.000,00	3'601.411,20

0,18	0,82	0,46	788'400.000,00	7'884.000,00	3'651.947,64
0,19	0,81	0,47	788'400.000,00	7'884.000,00	3'691.919,52
0,20	0,80	0,47	788'400.000,00	7'884.000,00	3'723.258,42
0,21	0,79	0,47	788'400.000,00	7'884.000,00	3'784.911,30
0,22	0,78	0,49	788'400.000,00	7'884.000,00	3'891.581,82
0,23	0,77	0,50	788'400.000,00	7'884.000,00	3'977.517,42
0,24	0,76	0,51	788'400.000,00	7'884.000,00	4'026.910,68
0,25	0,75	0,51	788'400.000,00	7'884.000,00	4'082.177,52
0,26	0,74	0,52	788'400.000,00	7'884.000,00	4'147.969,50
0,27	0,73	0,53	788'400.000,00	7'884.000,00	4'227.203,70
0,28	0,72	0,54	788'400.000,00	7'884.000,00	4'298.829,84
0,29	0,71	0,55	788'400.000,00	7'884.000,00	4'392.807,12
0,30	0,70	0,57	788'400.000,00	7'884.000,00	4'497.900,84
0,31	0,69	0,58	788'400.000,00	7'884.000,00	4'544.101,08
0,32	0,68	0,58	788'400.000,00	7'884.000,00	4'565.427,30
0,33	0,67	0,58	788'400.000,00	7'884.000,00	4'595.071,14
0,34	0,66	0,59	788'400.000,00	7'884.000,00	4'671.624,78
0,35	0,65	0,60	788'400.000,00	7'884.000,00	4'795.088,22
0,36	0,64	0,62	788'400.000,00	7'884.000,00	4'891.864,32
0,37	0,63	0,62	788'400.000,00	7'884.000,00	5'154.165,00
0,38	0,62	0,68	788'400.000,00	7'884.000,00	5'485.766,04
0,39	0,61	0,71	788'400.000,00	7'884.000,00	5'665.915,44
0,40	0,60	0,73	788'400.000,00	7'884.000,00	5'827.143,24
0,41	0,59	0,75	788'400.000,00	7'884.000,00	6'089.049,72
0,42	0,58	0,80	788'400.000,00	7'884.000,00	6'365.462,76
0,43	0,57	0,82	788'400.000,00	7'884.000,00	6'633.361,08
0,44	0,56	0,86	788'400.000,00	7'884.000,00	6'929.050,50
0,45	0,55	0,89	788'400.000,00	7'884.000,00	7'265.933,82
0,46	0,54	0,95	788'400.000,00	7'884.000,00	7'576.326,90
0,47	0,53	0,97	788'400.000,00	7'884.000,00	7'850.295,90
0,48	0,52	1,02	788'400.000,00	7'884.000,00	8'046.883,44
0,49	0,51	1,02	788'400.000,00	7'884.000,00	8'284.743,72
0,50	0,50	1,08	788'400.000,00	7'884.000,00	8'852.155,20
0,51	0,49	1,17	788'400.000,00	7'884.000,00	9'247.064,76
0,52	0,48	1,18	788'400.000,00	7'884.000,00	9'574.369,02
0,53	0,47	1,25	788'400.000,00	7'884.000,00	10'223.301,06
0,54	0,46	1,34	788'400.000,00	7'884.000,00	10'752.593,40
0,55	0,45	1,38	788'400.000,00	7'884.000,00	11'082.381,12
0,56	0,44	1,43	788'400.000,00	7'884.000,00	11'758.710,06
0,57	0,43	1,56	788'400.000,00	7'884.000,00	12'547.977,30
0,58	0,42	1,63	788'400.000,00	7'884.000,00	12'930.154,20

0,59	0,41	1,65	788'400.000,00	7'884.000,00	13'223.517,84
0,60	0,40	1,70	788'400.000,00	7'884.000,00	13'601.437,38
0,61	0,39	1,75	788'400.000,00	7'884.000,00	14'148.586,98
0,62	0,38	1,84	788'400.000,00	7'884.000,00	14'604.242,76
0,63	0,37	1,86	788'400.000,00	7'884.000,00	15'340.135,32
0,64	0,36	2,03	788'400.000,00	7'884.000,00	16'032.823,56
0,65	0,35	2,04	788'400.000,00	7'884.000,00	16'290.393,84
0,66	0,34	2,09	788'400.000,00	7'884.000,00	16'893.677,52
0,67	0,33	2,19	788'400.000,00	7'884.000,00	17'515.015,56
0,68	0,32	2,25	788'400.000,00	7'884.000,00	17'950.409,46
0,69	0,31	2,30	788'400.000,00	7'884.000,00	18'396.091,98
0,70	0,30	2,36	788'400.000,00	7'884.000,00	18'858.685,68
0,71	0,29	2,42	788'400.000,00	7'884.000,00	19'555.867,80
0,72	0,28	2,54	788'400.000,00	7'884.000,00	20'078.971,20
0,73	0,27	2,55	788'400.000,00	7'884.000,00	20'156.470,92
0,74	0,26	2,56	788'400.000,00	7'884.000,00	20'323.454,04
0,75	0,25	2,60	788'400.000,00	7'884.000,00	20'610.668,16
0,76	0,24	2,63	788'400.000,00	7'884.000,00	20'819.633,58
0,77	0,23	2,65	788'400.000,00	7'884.000,00	21'160.616,58
0,78	0,22	2,72	788'400.000,00	7'884.000,00	21'844.671,84
0,79	0,21	2,82	788'400.000,00	7'884.000,00	22'403.726,28
0,80	0,20	2,86	788'400.000,00	7'884.000,00	23'580.019,08
0,81	0,19	3,12	788'400.000,00	7'884.000,00	25'059.372,84
0,82	0,18	3,24	788'400.000,00	7'884.000,00	26'409.547,26
0,83	0,17	3,46	788'400.000,00	7'884.000,00	27'700.631,10
0,84	0,16	3,56	788'400.000,00	7'884.000,00	28'310.458,50
0,85	0,15	3,62	788'400.000,00	7'884.000,00	28'575.360,90
0,86	0,14	3,63	788'400.000,00	7'884.000,00	29'106.703,08
0,87	0,13	3,75	788'400.000,00	7'884.000,00	30'228.596,28
0,88	0,12	3,92	788'400.000,00	7'884.000,00	32'017.515,30
0,89	0,11	4,21	788'400.000,00	7'884.000,00	33'848.968,50
0,90	0,10	4,38	788'400.000,00	7'884.000,00	35'143.836,66
0,91	0,09	4,54	788'400.000,00	7'884.000,00	36'331.482,42
0,92	0,08	4,68	788'400.000,00	7'884.000,00	37'440.209,34
0,93	0,07	4,82	788'400.000,00	7'884.000,00	38'591.036,82
0,94	0,06	4,97	788'400.000,00	7'884.000,00	39'753.769,14
0,95	0,05	5,11	788'400.000,00	7'884.000,00	40'603.585,50
0,96	0,04	5,19	788'400.000,00	7'884.000,00	43'256.551,50
0,97	0,03	5,78	788'400.000,00	7'884.000,00	46'633.820,58
0,98	0,02	6,05	788'400.000,00	7'884.000,00	48'751.817,76
0,99	0,01	6,32	788'400.000,00	7'884.000,00	56'523.313,08

1,00	0,00	8,02	788'400.000,00	7'884.000,00	63'206.028,00
				Total Vt	145'165.1828,04
				Vper	341'743.648,32
				Vqm	543'445.874,98
				Vp	885'189.523,30

Fuente: Autor (2018)

Tabla 19. Formato de Tabla de Percentiles para el cálculo del índice de Retención y Regulación Hídrica (IRH) para la Cuenca Media del Río Bogotá - Estación Villablanca

Tabla de Percentiles ESTACIÓN VILLABLANCA					
Percentiles		Caudal	Tiempo parcial (s)	Delta tiempo (s)	Vt (m ³)
0,00	1,00	0,00	630'720.000,00	6'307.200,00	0,00
0,01	0,99	0,00	630'720.000,00	6'307.200,00	0,00
0,02	0,98	0,00	630'720.000,00	6'307.200,00	3.153,60
0,03	0,97	0,00	630'720.000,00	6'307.200,00	9.460,80
0,04	0,96	0,00	630'720.000,00	6'307.200,00	18.921,60
0,05	0,95	0,00	630'720.000,00	6'307.200,00	30.842,21
0,06	0,94	0,01	630'720.000,00	6'307.200,00	46.610,21
0,07	0,93	0,01	630'720.000,00	6'307.200,00	66.351,74
0,08	0,92	0,01	630'720.000,00	6'307.200,00	82.655,86
0,09	0,91	0,01	630'720.000,00	6'307.200,00	95.144,11
0,10	0,90	0,02	630'720.000,00	6'307.200,00	104.068,80
0,11	0,89	0,02	630'720.000,00	6'307.200,00	107.222,40
0,12	0,88	0,02	630'720.000,00	6'307.200,00	112.551,98
0,13	0,87	0,02	630'720.000,00	6'307.200,00	122.012,78
0,14	0,86	0,02	630'720.000,00	6'307.200,00	129.297,60
0,15	0,85	0,02	630'720.000,00	6'307.200,00	139.010,69
0,16	0,84	0,02	630'720.000,00	6'307.200,00	152.949,60
0,17	0,83	0,03	630'720.000,00	6'307.200,00	168.465,31
0,18	0,82	0,03	630'720.000,00	6'307.200,00	178.083,79
0,19	0,81	0,03	630'720.000,00	6'307.200,00	185.021,71
0,20	0,80	0,03	630'720.000,00	6'307.200,00	195.302,45
0,21	0,79	0,03	630'720.000,00	6'307.200,00	204.132,53
0,22	0,78	0,03	630'720.000,00	6'307.200,00	211.259,66
0,23	0,77	0,03	630'720.000,00	6'307.200,00	214.413,26
0,24	0,76	0,03	630'720.000,00	6'307.200,00	215.233,20
0,25	0,75	0,03	630'720.000,00	6'307.200,00	218.386,80
0,26	0,74	0,04	630'720.000,00	6'307.200,00	225.513,94

0,27	0,73	0,04	630'720.000,00	6'307.200,00	238.128,34
0,28	0,72	0,04	630'720.000,00	6'307.200,00	249.134,40
0,29	0,71	0,04	630'720.000,00	6'307.200,00	255.441,60
0,30	0,70	0,04	630'720.000,00	6'307.200,00	264.997,01
0,31	0,69	0,04	630'720.000,00	6'307.200,00	278.115,98
0,32	0,68	0,05	630'720.000,00	6'307.200,00	293.789,38
0,33	0,67	0,05	630'720.000,00	6'307.200,00	302.745,60
0,34	0,66	0,05	630'720.000,00	6'307.200,00	302.745,60
0,35	0,65	0,05	630'720.000,00	6'307.200,00	308.043,65
0,36	0,64	0,05	630'720.000,00	6'307.200,00	320.658,05
0,37	0,63	0,05	630'720.000,00	6'307.200,00	340.210,37
0,38	0,62	0,06	630'720.000,00	6'307.200,00	356.199,12
0,39	0,61	0,06	630'720.000,00	6'307.200,00	378.652,75
0,40	0,60	0,06	630'720.000,00	6'307.200,00	400.475,66
0,41	0,59	0,06	630'720.000,00	6'307.200,00	411.387,12
0,42	0,58	0,07	630'720.000,00	6'307.200,00	435.922,13
0,43	0,57	0,07	630'720.000,00	6'307.200,00	461.087,86
0,44	0,56	0,07	630'720.000,00	6'307.200,00	480.734,78
0,45	0,55	0,08	630'720.000,00	6'307.200,00	501.296,26
0,46	0,54	0,08	630'720.000,00	6'307.200,00	511.797,74
0,47	0,53	0,08	630'720.000,00	6'307.200,00	527.691,89
0,48	0,52	0,09	630'720.000,00	6'307.200,00	545.572,80
0,49	0,51	0,09	630'720.000,00	6'307.200,00	556.610,40
0,50	0,50	0,09	630'720.000,00	6'307.200,00	581.145,41
0,51	0,49	0,09	630'720.000,00	6'307.200,00	613.501,34
0,52	0,48	0,10	630'720.000,00	6'307.200,00	635.923,44
0,53	0,47	0,10	630'720.000,00	6'307.200,00	649.357,78
0,54	0,46	0,10	630'720.000,00	6'307.200,00	668.310,91
0,55	0,45	0,11	630'720.000,00	6'307.200,00	701.045,28
0,56	0,44	0,11	630'720.000,00	6'307.200,00	747.529,34
0,57	0,43	0,12	630'720.000,00	6'307.200,00	799.879,10
0,58	0,42	0,13	630'720.000,00	6'307.200,00	837.848,45
0,59	0,41	0,13	630'720.000,00	6'307.200,00	853.616,45
0,60	0,40	0,14	630'720.000,00	6'307.200,00	885.057,84
0,61	0,39	0,14	630'720.000,00	6'307.200,00	932.740,27
0,62	0,38	0,15	630'720.000,00	6'307.200,00	959.672,02
0,63	0,37	0,15	630'720.000,00	6'307.200,00	975.944,59
0,64	0,36	0,16	630'720.000,00	6'307.200,00	1'014.607,73
0,65	0,35	0,17	630'720.000,00	6'307.200,00	1'057.559,76
0,66	0,34	0,17	630'720.000,00	6'307.200,00	1'103.854,61
0,67	0,33	0,18	630'720.000,00	6'307.200,00	1'149.960,24

0,68	0,32	0,18	630'720.000,00	6'307.200,00	1'174.589,86
0,69	0,31	0,19	630'720.000,00	6'307.200,00	1'198.809,50
0,70	0,30	0,19	630'720.000,00	6'307.200,00	1'234.413,65
0,71	0,29	0,20	630'720.000,00	6'307.200,00	1'269.860,11
0,72	0,28	0,20	630'720.000,00	6'307.200,00	1'341.667,58
0,73	0,27	0,22	630'720.000,00	6'307.200,00	1'434.320,35
0,74	0,26	0,23	630'720.000,00	6'307.200,00	1'502.911,15
0,75	0,25	0,24	630'720.000,00	6'307.200,00	1'558.351,44
0,76	0,24	0,25	630'720.000,00	6'307.200,00	1'634.857,78
0,77	0,23	0,27	630'720.000,00	6'307.200,00	1'697.929,78
0,78	0,22	0,27	630'720.000,00	6'307.200,00	1'736.592,91
0,79	0,21	0,28	630'720.000,00	6'307.200,00	1'787.681,23
0,80	0,20	0,29	630'720.000,00	6'307.200,00	1'830.254,83
0,81	0,19	0,29	630'720.000,00	6'307.200,00	1'912.311,50
0,82	0,18	0,31	630'720.000,00	6'307.200,00	2'024.926,56
0,83	0,17	0,33	630'720.000,00	6'307.200,00	2'109.506,11
0,84	0,16	0,34	630'720.000,00	6'307.200,00	2'191.247,42
0,85	0,15	0,36	630'720.000,00	6'307.200,00	2'314.553,18
0,86	0,14	0,38	630'720.000,00	6'307.200,00	2'422.784,74
0,87	0,13	0,39	630'720.000,00	6'307.200,00	2'558.200,32
0,88	0,12	0,42	630'720.000,00	6'307.200,00	2'749.150,80
0,89	0,11	0,45	630'720.000,00	6'307.200,00	2'970.281,23
0,90	0,10	0,49	630'720.000,00	6'307.200,00	3'194.691,41
0,91	0,09	0,52	630'720.000,00	6'307.200,00	3'370.536,14
0,92	0,08	0,55	630'720.000,00	6'307.200,00	3'618.314,50
0,93	0,07	0,60	630'720.000,00	6'307.200,00	3'939.161,76
0,94	0,06	0,65	630'720.000,00	6'307.200,00	4'153.133,52
0,95	0,05	0,67	630'720.000,00	6'307.200,00	4'360.072,75
0,96	0,04	0,71	630'720.000,00	6'307.200,00	4'740.933,02
0,97	0,03	0,79	630'720.000,00	6'307.200,00	5'826.843,65
0,98	0,02	1,06	630'720.000,00	6'307.200,00	7'260.785,57
0,99	0,01	1,24	630'720.000,00	6'307.200,00	8'862.625,15
1,00	0,00	1,57	630'720.000,00	6'307.200,00	9'883.382,40
				Total Vt	126'990.741,60
				Vper	30'732.872,69
				Vqm	35'645.825,53
				Vp	66'378.698,22

Fuente: Autor (2018)

Con el objetivo de finalizar la Tabla de Percentiles mencionada, se procede con el cálculo de 4 variables adicionales: Total Vt; Vper; Vqm; Vp. Correspondientemente, el cálculo de cada una se realiza de manera diferente. En primer lugar, se lleva a cabo una sumatoria de los volúmenes totales

obtenidos por cada caudal, al cabo de esto, con el promedio de los límites medios (Tabla 16 y 17) se procede a situar este valor en la columna de caudales y, se realiza una sumatoria del Volumen Total obtenido del primer caudal hasta la fila donde se encuentre el promedio de los Medios Multianuales de la estación, en el caso de la Estación Manzanares fue de 0,04 y, para el caso de la Estación Villablanca fue de 0,19. Seguidamente, el valor de V_{qm} , se calcula con el producto del Promedio de los Límites medios (PLM), por el tiempo parcial (todos son iguales), y el percentil al cual pertenece el PLM. Finalmente, el V_p , se determina a partir de la adición entre el V_{per} y el V_{qm} .

12.2.2 Determinación y Categorización del IRH

Con los datos obtenidos, se procede al cálculo del IRH, con la fracción del V_p y el V_t total calculado. Además, conforme al dato resultado del índice, se procede con la categorización de este con base a la Tabla 1, como se muestra en la Tabla 20 para las determinadas estaciones ejemplo.

Tabla 20. Índice de Retención y Regulación Hídrica (IRH) y su categorización para la Cuenca Baja y Media del Río Bogotá - Estación Manzanares y Villablanca

Código	Estación	IRH	Categorización
2120892	Manzanares	0,61	BAJA
2120963	Villablanca	0,52	BAJA

Fuente: Autor (2018)

Posteriormente, en las Tablas 21 y 22, se encuentran los valores del Índice de Retención y Regulación Hídrica [IRH] para la Cuenca Baja y Media del Río Bogotá, respectivamente. Asimismo, su categorización en las divisorias “Muy Baja”, “Baja”, “Media” y “Alta”.

Tabla 21. Índice de Retención y Regulación Hídrica (IRH) y su categorización para la Cuenca Baja del Río Bogotá

CÓDIGO	SUBCUENCA	ESTACIÓN	IRH	CATEGORIZACIÓN
2120892	Río Apulo	Manzanares	0,61	BAJA
2120885		Peña Negra	0,66	MEDIA
2120933		Pte. Ferrocarril	0,37	MUY BAJA
2120934		El Chircal	0,67	MEDIA
2120931		Pte. Peatonal	0,54	BAJA
2120880		San Javier	0,65	BAJA
2120881		Pte. Apulo	0,66	MEDIA
2120882	Río Baja Bogotá	El Portillo	0,80	ALTA
2120920		La Campiña	0,78	ALTA
2120938	Río Media Bogotá	Antes Acud Mesitas	0,65	ALTA
2120900	Río Calandaima	Pte. Saénz	0,43	MUY BAJA
2120886		Java	0,68	MEDIA
2120928		La Victoria	0,48	MUY BAJA
2120914		Caracolí	0,55	BAJA
2120929		El Triunfo	0,62	BAJA
2120889		Pueblo de Piedra	0,65	BAJA

2120887		Pte. Samper Madrid	0,72	MEDIA
2120901		San Pabluna	0,49	MUY BAJA
2120897		La Cascada	0,63	BAJA
2120901		La Pola	0,55	BAJA
2120897		Pto. Brasil	0,46	MUY BAJA
2120895		Entrerrios	0,51	BAJA
2120893		Pte. Brasil	0,48	MUY BAJA
2120896		Viotá	0,57	BAJA
2120894		La Neptuna	0,55	BAJA

Fuente: Autor (2018)

Tabla 22. Índice de Retención y Regulación Hídrica (IRH) y su categorización para la Cuenca Media del Río Bogotá

CÓDIGO	SUBCUENCA	ESTACIÓN	IRH	CATEGORIZACIÓN
2120963	Embalse del Muña	Villablanca	0,52	BAJA
2120879	Río Chicú	Las Mercedes	0,46	MUY BAJA
2120959	Río Frío	Páramo Guerrero	0,60	BAJA
2120966		Pozo Hondo	0,58	BAJA
2120735		Pte. La Virginia	0,58	BAJA
2120758	Río Balsillas	La Muralla	0,57	BAJA
2120766		La Pradera	0,60	BAJA
2120964		Rebose Gatillo	0,34	MUY BAJA

Fuente: Auto (2018)

12.2.3 Curva de Duración de Caudales Medios Mensuales

En cuanto a la Curva de Duración de Caudales Medios Mensuales (m³/s), se gráfica los valores de los caudales obtenidos mediante la serie histórica contra los percentiles, ya que cada dato de caudal corresponde a un intervalo de tiempo, precisamente, porque hay una correspondencia entre aquel porcentaje y el período de datos. Las demás Curvas de Duración de Caudales Medios Mensuales por estación para las Cuencas objetos de estudios, se pueden observar en los Anexos 1 – 34.

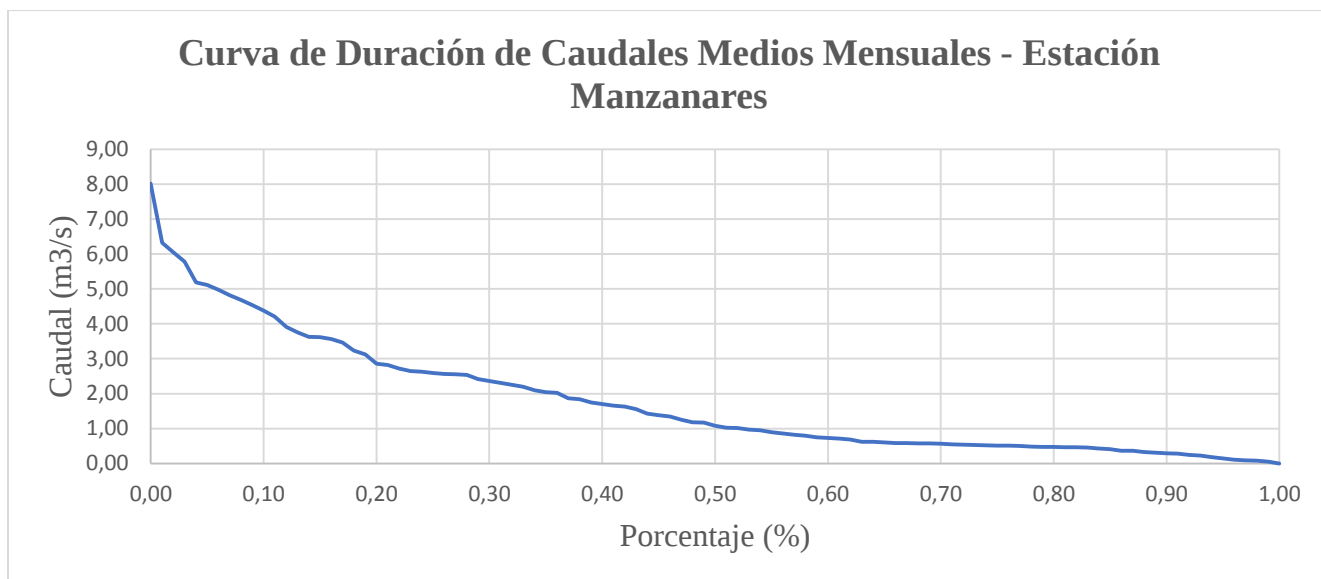


Figura 6. Curva de Duración de Caudales Medios Mensuales para la Estación Manzanares

Fuente: Autor (2018)

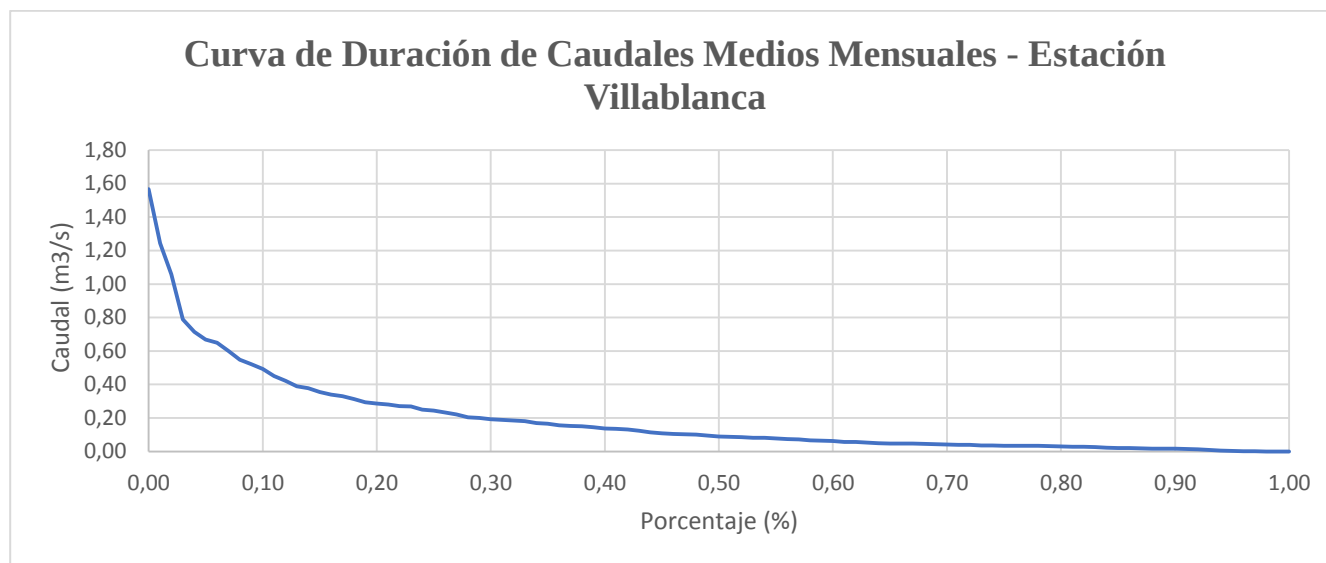


Figura 7. Curva de Duración de Caudales Medios Mensuales para la Estación Villablanca

Fuente: Autor (2018)

12.3 Índice de Variabilidad

El siguiente aspecto trata de señalar el comportamiento de los caudales en una determinada cuenca definiendo una cuenca torrencial como aquella que presenta una mayor variabilidad, denominado Índice de Variabilidad. Este apartado se calcula a partir de los caudales en diferentes porcentajes de tiempo, con la evaluación de los logaritmos de cada uno y el promedio de estos, respectivamente, como se puede evidenciar en la Tabla 23 y 24 para el caso de la Estación Manzanares y Villablanca.

Tabla 23. Determinación del Índice de Variabilidad (IV) para la Cuenca Baja del Río Bogotá - Estación Manzanares

PERCENTILES	Caudal (Qi) m3/s	Log Qi	(Log Qi – (Qi Promedio))	(Log Qi – (Qi Promedio))^2
1	0	#NUM!	#NUM!	#NUM!
0,99	0,05286	-1,27687284	-1,31969506	1,74159506
0,98	0,07642	-1,11679297	-1,15961519	1,34470739
0,97	0,08917	-1,04978123	-1,09260346	1,19378231
0,96	0,10456	-0,98063443	-1,02345665	1,04746351
0,95	0,1452	-0,83803338	-0,88085561	0,7759066
0,94	0,18064	-0,74318608	-0,7860083	0,61780904
0,93	0,22592	-0,64604532	-0,68886754	0,47453849
0,92	0,24524	-0,61040869	-0,65323091	0,42671063
0,91	0,28202	-0,54972009	-0,59254231	0,35110639
0,9	0,2946	-0,53076726	-0,57358948	0,32900489
0,89	0,3081	-0,5113083	-0,55413052	0,30706064
0,88	0,32452	-0,48875853	-0,53158075	0,2825781
0,87	0,36346	-0,43954338	-0,4823656	0,23267657
0,86	0,36782	-0,43436466	-0,47718688	0,22770732
0,85	0,41245	-0,38462869	-0,42745091	0,18271428
0,84	0,43132	-0,3652004	-0,40802263	0,16648246
0,83	0,45314	-0,3437676	-0,38658982	0,14945169
0,82	0,46046	-0,33680809	-0,37963031	0,14411917
0,81	0,46596	-0,33165136	-0,37447359	0,14023047
0,8	0,4706	-0,32734808	-0,3701703	0,13702605
0,79	0,47391	-0,32430413	-0,36712635	0,13478176
0,78	0,48624	-0,31314932	-0,35597154	0,12671574
0,77	0,50097	-0,30018828	-0,3430105	0,1176562
0,76	0,50804	-0,29410209	-0,33692431	0,11351799
0,75	0,5135	-0,28945955	-0,33228177	0,11041118
0,74	0,52206	-0,28227958	-0,3251018	0,10569118
0,73	0,53019	-0,27556847	-0,31839069	0,10137263
0,72	0,54216	-0,26587253	-0,30869475	0,09529245
0,71	0,54836	-0,26093423	-0,30375645	0,09226798
0,7	0,566	-0,24718357	-0,29000579	0,08410336
0,69	0,57502	-0,24031705	-0,28313927	0,08016785
0,68	0,57772	-0,2382826	-0,28110482	0,07901992
0,67	0,58043	-0,23625015	-0,27907237	0,07788139
0,66	0,58524	-0,232666	-0,27548822	0,07589376
0,65	0,59985	-0,22195734	-0,26477956	0,07010821
0,64	0,61656	-0,21002465	-0,25284688	0,06393154
0,63	0,6244	-0,20453711	-0,24735933	0,06118664
0,62	0,6831	-0,16551571	-0,20833794	0,0434047
0,61	0,70852	-0,14964789	-0,19247011	0,03704474

0,6	0,7288	-0,13739164	-0,18021386	0,03247703
0,59	0,74942	-0,12527472	-0,16809694	0,02825658
0,58	0,79524	-0,09950178	-0,14232401	0,02025612
0,57	0,81954	-0,08642984	-0,12925207	0,0167061
0,56	0,8632	-0,06388857	-0,10671079	0,01138719
0,55	0,89455	-0,04839538	-0,0912176	0,00832065
0,54	0,94866	-0,02288941	-0,06571163	0,00431802
0,53	0,97329	-0,01175774	-0,05457996	0,00297897
0,52	1,01816	0,00781603	-0,03500619	0,00122543
0,51	1,02316	0,00994355	-0,03287867	0,00108101
0,5	1,0785	0,03282015	-0,01000207	0,00010004
0,49	1,1671	0,06710807	0,02428585	0,0005898
0,48	1,17868	0,07139591	0,02857369	0,00081646
0,47	1,25013	0,09695518	0,05413296	0,00293038
0,46	1,3433	0,12817301	0,08535079	0,00728476
0,45	1,3844	0,14126159	0,09843937	0,00969031
0,44	1,42696	0,1544118	0,11158958	0,01245223
0,43	1,55597	0,19200122	0,149179	0,02225437
0,42	1,62718	0,2114356	0,16861338	0,02843047
0,41	1,65292	0,21825183	0,17542961	0,03077555
0,4	1,7016	0,23085748	0,18803525	0,03535726
0,39	1,74879	0,24273766	0,19991544	0,03996618
0,38	1,8404	0,26491222	0,22209	0,04932397
0,37	1,86438	0,27053444	0,22771221	0,05185285
0,36	2,02708	0,30687089	0,26404867	0,0697217
0,35	2,0401	0,30965146	0,26682923	0,07119784
0,34	2,09242	0,32064886	0,27782664	0,07718764
0,33	2,19314	0,34106636	0,29824413	0,08894956
0,32	2,25004	0,35219024	0,30936802	0,09570857
0,31	2,30359	0,36240518	0,31958296	0,10213327
0,3	2,3631	0,3734821	0,33065988	0,10933596
0,29	2,42094	0,38398403	0,3411618	0,11639138
0,28	2,53996	0,40482688	0,36200466	0,13104737
0,27	2,55364	0,40715967	0,36433745	0,13274178
0,26	2,55962	0,40817549	0,36535327	0,13348301
0,25	2,596	0,41430469	0,37148247	0,13799922
0,24	2,63248	0,42036508	0,37754286	0,14253861
0,23	2,64901	0,4230836	0,38026138	0,14459871
0,22	2,71898	0,43440601	0,39158379	0,15333787
0,21	2,82254	0,45064011	0,40781788	0,16631543
0,2	2,8608	0,4564875	0,41366528	0,17111896
0,19	3,12094	0,49428542	0,4514632	0,20381902
0,18	3,23608	0,51001925	0,46719703	0,21827306
0,17	3,46345	0,53950892	0,4966867	0,24669768
0,16	3,5636	0,55188895	0,50906673	0,25914893

0,15	3,61815	0,55848657	0,51566435	0,26590972
0,14	3,6308	0,56000233	0,5171801	0,26747526
0,13	3,75294	0,57437162	0,5315494	0,28254476
0,12	3,9154	0,59277614	0,54995391	0,30244931
0,11	4,20675	0,6239467	0,58112448	0,33770566
0,1	4,38	0,64147411	0,59865189	0,35838408
0,09	4,53523	0,65659932	0,61377709	0,37672232
0,08	4,68128	0,67036462	0,6275424	0,39380946
0,07	4,81649	0,68273066	0,63990844	0,40948281
0,06	4,97322	0,69663767	0,65381545	0,42747464
0,05	5,11145	0,70854412	0,6657219	0,44318564
0,04	5,1888	0,71506693	0,67224471	0,45191295
0,03	5,78445	0,76226207	0,71943985	0,5175937
0,02	6,04554	0,7814351	0,73861288	0,54554898
0,01	6,32174	0,80083663	0,75801441	0,57458584
0	8,017	0,90401188	0,86118966	0,74164763
PROMEDIO		0,04282222	SUMATORÍA	22,0301304

Fuente: Autor (2018)

Tabla 24. Determinación del Índice de Variabilidad (IV) para la Cuenca Baja del Río Bogotá - Estación Villablanca

PERCENTILES		Caudal (Qi) m3/s	Log Qi	(Log Qi – (Qi Promedio))	(Log Qi – (Qi Promedio))^2
0	1	0	#NUM!	#NUM!	#NUM!
0,01	0,99	0	#NUM!	#NUM!	#NUM!
0,02	0,98	0	#NUM!	#NUM!	#NUM!
0,03	0,97	0,001	-3	-1,96273907	3,85234465
0,04	0,96	0,002	-2,698970004	-1,66170907	2,76127705
0,05	0,95	0,004	-2,397940009	-1,36067908	1,85144755
0,06	0,94	0,00578	-2,238072162	-1,20081123	1,44194761
0,07	0,93	0,009	-2,045757491	-1,00849656	1,01706531
0,08	0,92	0,01204	-1,919373513	-0,88211258	0,77812261
0,09	0,91	0,01417	-1,84863015	-0,81136922	0,65832001
0,1	0,9	0,016	-1,795880017	-0,75861909	0,57550292
0,11	0,89	0,017	-1,769551079	-0,73229015	0,53624886
0,12	0,88	0,017	-1,769551079	-0,73229015	0,53624886
0,13	0,87	0,01869	-1,728390699	-0,69112977	0,47766036
0,14	0,86	0,02	-1,698970004	-0,66170907	0,4378589
0,15	0,85	0,021	-1,677780705	-0,64051977	0,41026558
0,16	0,84	0,02308	-1,636764196	-0,59950326	0,35940416
0,17	0,83	0,02542	-1,594824454	-0,55756352	0,31087708
0,18	0,82	0,028	-1,552841969	-0,51558104	0,26582381

0,19	0,81	0,02847	-1,545612533	-0,5083516	0,25842135
0,2	0,8	0,0302	-1,519993057	-0,48273213	0,23303031
0,21	0,79	0,03173	-1,498529928	-0,461269	0,21276909
0,22	0,78	0,033	-1,48148606	-0,44422513	0,19733597
0,23	0,77	0,03399	-1,468648835	-0,4313879	0,18609552
0,24	0,76	0,034	-1,468521083	-0,43126015	0,18598532
0,25	0,75	0,03425	-1,465339424	-0,42807849	0,1832512
0,26	0,74	0,035	-1,455931956	-0,41867103	0,17528543
0,27	0,73	0,03651	-1,437588167	-0,40032724	0,1602619
0,28	0,72	0,039	-1,408935393	-0,37167446	0,13814191
0,29	0,71	0,04	-1,397940009	-0,36067908	0,1300894
0,3	0,7	0,041	-1,387216143	-0,34995521	0,12246865
0,31	0,69	0,04303	-1,366228654	-0,32896772	0,10821976
0,32	0,68	0,04516	-1,345246067	-0,30798514	0,09485484
0,33	0,67	0,048	-1,318758763	-0,28149783	0,07924103
0,34	0,66	0,048	-1,318758763	-0,28149783	0,07924103
0,35	0,65	0,048	-1,318758763	-0,28149783	0,07924103
0,36	0,64	0,04968	-1,303818413	-0,26655748	0,07105289
0,37	0,63	0,052	-1,283996656	-0,24673573	0,06087852
0,38	0,62	0,05588	-1,252743603	-0,21548267	0,04643278
0,39	0,61	0,05707	-1,243592127	-0,2063312	0,04257256
0,4	0,6	0,063	-1,200659451	-0,16339852	0,02669908
0,41	0,59	0,06399	-1,19388789	-0,15662696	0,024532
0,42	0,58	0,06646	-1,177439663	-0,14017873	0,01965008
0,43	0,57	0,07177	-1,144057054	-0,10679612	0,01140541
0,44	0,56	0,07444	-1,128193636	-0,0909327	0,00826876
0,45	0,55	0,078	-1,107905397	-0,07064447	0,00499064
0,46	0,54	0,08096	-1,091729501	-0,05446857	0,00296683
0,47	0,53	0,08133	-1,089749228	-0,0524883	0,00275502
0,48	0,52	0,086	-1,065501549	-0,02824062	0,00079753
0,49	0,51	0,087	-1,060480747	-0,02321982	0,00053916
0,5	0,5	0,0895	-1,048176965	-0,01091603	0,00011916
0,51	0,49	0,09478	-1,023283296	0,01397763	0,00019537
0,52	0,48	0,09976	-1,00104356	0,03621737	0,0013117
0,53	0,47	0,10189	-0,991868438	0,04539249	0,00206048
0,54	0,46	0,10402	-0,982883151	0,05437778	0,00295694
0,55	0,45	0,1079	-0,966978555	0,07028238	0,00493961
0,56	0,44	0,1144	-0,941573976	0,09568696	0,00915599
0,57	0,43	0,12264	-0,911367858	0,12589307	0,01584907
0,58	0,42	0,131	-0,882728704	0,15453223	0,02388021
0,59	0,41	0,13468	-0,870696892	0,16656404	0,02774358

0,6	0,4	0,136	-0,866461092	0,17079984	0,02917258
0,61	0,39	0,14465	-0,839681562	0,19757937	0,03903761
0,62	0,38	0,15112	-0,820678055	0,21658288	0,04690814
0,63	0,37	0,15319	-0,814769584	0,22249135	0,0495024
0,64	0,36	0,15628	-0,806096597	0,23116433	0,05343695
0,65	0,35	0,16545	-0,781333229	0,2559277	0,06549899
0,66	0,34	0,1699	-0,769806621	0,26745431	0,07153181
0,67	0,33	0,18013	-0,744413951	0,29284698	0,08575935
0,68	0,32	0,18452	-0,733956554	0,30330438	0,09199354
0,69	0,31	0,18794	-0,725980777	0,31128015	0,09689533
0,7	0,3	0,1922	-0,716246617	0,32101431	0,10305019
0,71	0,29	0,19923	-0,700645265	0,33661567	0,11331011
0,72	0,28	0,20344	-0,691563653	0,34569728	0,11950661
0,73	0,27	0,222	-0,653647026	0,38361391	0,14715963
0,74	0,26	0,23282	-0,632979715	0,40428122	0,1634433
0,75	0,25	0,24375	-0,613055376	0,42420555	0,17995035
0,76	0,24	0,2504	-0,601365675	0,43589526	0,19000467
0,77	0,23	0,26801	-0,571849001	0,46541193	0,21660826
0,78	0,22	0,2704	-0,567993313	0,46926762	0,2202121
0,79	0,21	0,28027	-0,552423386	0,48483754	0,23506744
0,8	0,2	0,2866	-0,542723814	0,49453712	0,24456696
0,81	0,19	0,29377	-0,531992557	0,50526837	0,25529613
0,82	0,18	0,31262	-0,504983241	0,53227769	0,28331954
0,83	0,17	0,32948	-0,482170943	0,55508999	0,30812489
0,84	0,16	0,33944	-0,469236981	0,56802395	0,32265121
0,85	0,15	0,3554	-0,449282577	0,58797835	0,34571854
0,86	0,14	0,37854	-0,421888222	0,61537271	0,37868357
0,87	0,13	0,38972	-0,409247306	0,62801362	0,39440111
0,88	0,12	0,42148	-0,375223029	0,6620379	0,43829418
0,89	0,11	0,45027	-0,346526988	0,69073394	0,47711338
0,9	0,1	0,4916	-0,308388126	0,7288728	0,53125557
0,91	0,09	0,52143	-0,282803986	0,75445694	0,56920528
0,92	0,08	0,54736	-0,261726943	0,77553399	0,60145297
0,93	0,07	0,6	-0,22184875	0,81541218	0,66489702
0,94	0,06	0,6491	-0,187688391	0,84957254	0,7217735
0,95	0,05	0,66785	-0,17532107	0,86193986	0,74294032
0,96	0,04	0,71472	-0,145864065	0,89139687	0,79458837
0,97	0,03	0,78862	-0,103132213	0,93412872	0,87259646
0,98	0,02	1,05906	0,024920565	1,0621815	1,12822953
0,99	0,01	1,24332	0,09458292	1,13184385	1,2810705
1	0	1,567	0,195068996	1,23232993	1,51863705

		PROMEDIO	-1,037260931	SUMATORIA	34,4989679
--	--	-----------------	--------------	------------------	------------

Fuente: Autor (2018)

Finalmente, para obtener el índice, se procede con la fracción entre la sumatoria en la cantidad de datos estudiados (en este caso 100) y, seguidamente, al producto se desarrolla una raíz, según la metodología del el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), dando como resultados los siguientes valores, observados en la Tabla 25 para cada estación y, su respectiva categorización con base a la Tabla 2.

Tabla 25. Índice de Variabilidad (IV) y su categorización para la Cuenca Baja y Media del Río Bogotá - Estación Manzanares y Villablanca

Código	Estación	IV	Categoría	Categorización
2120892	Manzanares	0,47	4	ALTA
2120963	Villablanca	0,34	3	MEDIA

Fuente: Autor (2018)

De la misma manera, en las Tablas 26 y 27 se encuentran los valores del Índice de Variabilidad [IV] para ambas Cuencas objetos de estudio, con su respectiva categorización.

Tabla 26. Índice de Variabilidad (IV) y su categorización para la Cuenca Baja del Río Bogotá

Código	Subcuenca	Estación	IV	Categorización
2120892	Río Apulo	Manzanares	0,22	BAJA
2120885		Peña Negra	0,19	BAJA
2120933		Pte. Ferrocarril	0,26	BAJA
2120934		El Chircal	0,26	BAJA
2120931		Pte. Peatonal	0,41	MEDIA
2120880		San Javier	0,20	BAJA
2120881		Pte. Apulo	0,19	BAJA
2120882	Río Baja Bogotá	El Portillo	0,05	MUY BAJA
2120920		La Campiña	0,05	MUY BAJA
2120938	Río Media Bogotá	Antes Acud Mesitas	0,22	BAJA
2120900	Río Calandaima	Pte. Saénz	0,61	MUY ALTA
2120886		Java	0,14	MUY BAJA
2120928		La Victoria	0,19	BAJA
2120914		Caracolí	0,55	ALTA
2120929		El Triunfo	0,21	BAJA
2120889		Pueblo de Piedra	0,23	BAJA
2120887		Pte. Samper Madrid	0,35	MEDIA
2120901		San Pabluna	0,26	BAJA
2120897		La Cascada	0,20	BAJA
2120901		La Pola	0,40	MEDIA

2120897		Pto. Brasil	0,42	MEDIA
2120895		Entrerrios	0,33	MEDIA
2120893		Pte. Brasil	0,24	BAJA
2120896		Viotá	0,35	MEDIA
2120894		La Neptuna	0,30	BAJA

Fuente: Autor (2018)

Tabla 27. Índice de Variabilidad (IV) y su categorización para la Cuenca Media del Río Bogotá

CÓDIGO	SUBCUENCA	ESTACIÓN	IV	CATEGORIZACIÓN
2120963	Embalse del Muña	Villablanca	0,34	MEDIA
2120879	Río Chicú	Las Mercedes	0,32	MEDIA
2120959	Río Frío	Páramo Guerrero	0,35	MEDIA
2120966		Pozo Hondo	0,21	BAJA
2120735		Pte. La Virginia	0,61	MUY ALTA
2120758	Río Balsillas	La Muralla	0,36	MEDIA
2120766		La Pradera	0,19	BAJA
2120964		Rebose Gatillo	0,82	MUY ALTA

Fuente: Autor (2018)

12.4 Índice Morfométrico de Torrencialidad (IMT)

A continuación, se procede con el cálculo del Índice Morfométrico de Torrencialidad (IMT), en el cual, es de vital importancia contar con la información de los valores de Pendiente Media de la Cuenca (%), Densidad de Drenaje (km/km²) y Coeficiente de Compacidad. Con la ayuda de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca – CAR, se obtuvo dicha información sin ningún tipo de contratiempo, dando como resultado los siguientes tabulados, conforme a la Tabla 3, como base de seguimiento para la realización de la categorización.

Tabla 28. Índice Morfométrico de Torrencialidad (IMT) y su categorización para la Cuenca Baja y Media del Río Bogotá - Estación Manzanares y Villablanca

Código	Estación	Densidad de Drenaje (km/km ²)		Pendiente Media de la Cuenca (%)		Coeficiente de Compacidad		Índice Morfométrico de Torrencialidad	
2120892	Manzanares	1	Baja	2	Fuerte	4	Redonda a Oval - Redonda	124	BAJA
2120963	Villablanca	5	Muy Alta	1	Suave a Accidentado	2	Oval – Redonda a Oval - Oblonga	512	MEDIA

Fuente: Autor (2018)

En las Tablas 29 y 30, se observan las estaciones por subcuenca con sus respectivas categorizaciones por cada una de las clasificaciones mencionadas anteriormente, y finalmente, el Índice Morfométrico de Torrencialidad [IMT], con base a los datos obtenidos por la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca [CAR] y posteriormente analizados por el investigador.

Tabla 29. Índice Morfométrico de Torrencialidad (IMT) y su categorización para la Cuenca Baja del Río Bogotá

Código	Subcuenca	Estación	Densidad de Drenaje		Pendiente Media (%)			Coeficiente de Compacidad		Índice Morfométrico	
2120892	Río Apulo	Manzanares	1	Baja	2	Fuerte	4	Redonda a Oval - Redonda		124	BAJA
2120885		Peña Negra	2	Moderada	2	Fuerte	3	Redonda a Oval - Redonda		223	BAJA
2120933		Pte. Ferrocarril	2	Moderada	2	Fuerte	3	Redonda a Oval - Redonda		223	BAJA
2120934		El Chircal	2	Moderada	2	Fuerte	2	Oval -Redonda a Oval - Oblonga		222	BAJA
2120931		Pte. Peatonal	2	Moderada	2	Fuerte	1	Oval - Oblonga a Rectangular - Oblonga		221	BAJA
2120880		San Javier	2	Moderada	2	Fuerte	2	Oval -Redonda a Oval - Oblonga		222	BAJA
2120881		Pte. Apulo	1	Baja	2	Fuerte	1	Oval - Oblonga a Rectangular - Oblonga		121	MUY BAJA
2120882	Río Baja Bogotá	El Portillo	2	Moderada	2	Fuerte	1	Oval - Oblonga a Rectangular - Oblonga		221	BAJA
2120920		La Campiña	1	Baja	1	Suave Accidentado	2	Oval -Redonda a Oval - Oblonga		112	MUY BAJA
2120938	Río Media Bogotá	Antes Acud Mesitas	3	Moderada Alta	2	Fuerte	2	Oval -Redonda a Oval - Oblonga		322	BAJA
2120900	Río Calandaima	Pte. Saenz	2	Moderada	2	Fuerte	3	Redonda a Oval - Redonda		223	BAJA
2120886		Java	2	Moderada	3	Muy Fuerte	4	Redonda a Oval - Redonda		234	MEDIA
2120928		La Victoria	5	Muy Alta	3	Muy Fuerte	4	Redonda a Oval - Redonda		534	ALTA
2120914		Caracoli	2	Moderada	2	Fuerte	1	Oval - Oblonga a Rectangular - Oblonga		221	BAJA
2120929		El Triunfo	2	Moderada	3	Muy Fuerte	1	Oval - Oblonga a Rectangular - Oblonga		231	BAJA
2120889		Pueblo de Piedra	2	Moderada	2	Fuerte	4	Redonda a Oval - Redonda		224	BAJA
2120887		Pte. Samper Madrid	2	Moderada	2	Fuerte	4	Redonda a Oval - Redonda		224	BAJA
2120901		San Pabluna	2	Moderada	3	Muy Fuerte	4	Redonda a Oval - Redonda		234	MEDIA
2120897		La Cascada	4	Alta	3	Muy Fuerte	4	Redonda a Oval - Redonda		434	ALTA
2120901		La Pola	4	Alta	3	Muy Fuerte	4	Redonda a Oval - Redonda a		434	ALTA

2120897		Pto. Brasil	2	Moderada	2	Fuerte	2	Oval -Redonda a Oval - Oblonga	222	BAJA
2120895		Entrerrios	4	Alta	2	Fuerte	4	Redonda a Oval - Redonda	424	MEDIA
2120893		Pte. Brasil	5	Muy Alta	3	Muy Fuerte	2	Oval -Redonda a Oval - Oblonga	532	ALTA
2120896		Viota	3	Moderada Alta	2	Fuerte	3	Redonda a Oval - Redonda	323	MEDIA
2120894		La Neptuna	2	Moderada	2	Fuerte	3	Redonda a Oval - Redonda	223	BAJA

Fuente: Autor (2018)

Tabla 30. Índice Morfométrico de Torrencialidad (IMT) y su categorización para la Cuenca Media del Río Bogotá

Código	Subcuenca	Estación	Densidad de Drenaje		Pendiente Media (%)		Coeficiente de Compacidad		Índice Morfométrico	
2120963	Embalse del Muña	Villablanca	5	Muy Alta	1	Suave Accidentado	2	Oval - Redonda a Oval - Oblonga	512	MEDIA
2120879	Río Chicú	Las Mercedes	5	Muy Alta	2	Fuerte	1	Oval - Oblonga a Rectangular - Oblonga	521	ALTA
2120959	Río Frío	Páramo Guerrero	5	Muy Alta	2	Fuerte	4	Redonda a Oval - Redonda	524	ALTA
2120966		Pozo Hondo	5	Muy Alta	1	Suave Accidentado	2	Oval - Redonda a Oval - Oblonga	512	MEDIA
2120735		Pte. La Virginia	2	Moderada	1	Suave Accidentado	3	Redonda a Oval - Redonda	213	BAJA
2120758	Río Balsillas	La Muralla	5	Muy Alta	1	Suave Accidentado	2	Oval - Redonda a Oval - Oval - Oblonga	512	MEDIA
2120766		La Pradera	5	Muy Alta	2	Fuerte	4	Redonda a Oval - Redonda	524	ALTA
2120964		Rebose Gatillo	2	Moderada	1	Suave Accidentado	3	Redonda a Oval - Redonda	212	BAJA

Fuente: Autor (2018)

12.5 Índice de Vulnerabilidad a Eventos Torrenciales (IVET)

Luego, teniendo en cuenta los resultados obtenidos mediante el Índice de Variabilidad y el Morfométrico de Torrencialidad que se realizaron, se procede con el cruce de la información, con el objetivo de determinar el Índice de Vulnerabilidad a Eventos Torrenciales (IVET). Todo lo anterior, con la metodología planteada en la Tabla 5, y visualizada en la Tabla 31. Asimismo, en las Tablas 32 y 33, para el caso integral de las estaciones pertenecientes a las Cuencas.

Tabla 31. Índice de Vulnerabilidad a Eventos Torrenciales (IVET) y su categorización para la Cuenca Baja y Media del Río Bogotá - Estación Manzanares y Villablanca

Código	Estación	Índice de Variabilidad	Índice Morfométrico de Torrencialidad	Índice de Vulnerabilidad a Eventos Torrenciales
2120892	Manzanares	BAJA	BAJA	MEDIA
2120963	Villablanca	MEDIA	MEDIA	ALTA

Fuente: Autor (2018)

Tabla 32. Índice de Vulnerabilidad a Eventos Torrenciales (IVET) y su categorización para la Cuenca Baja del Río Bogotá

Código	Estación	Índice de Variabilidad	Índice Morfométrico de Torrencialidad	Índice de Vulnerabilidad a Eventos Torrenciales
2120892	Manzanares	BAJA	BAJA	MEDIA
2120885	Peña Negra	BAJA	BAJA	MEDIA
2120933	Pte. Ferrocarril	BAJA	BAJA	MEDIA
2120934	El Chircal	BAJA	BAJA	MEDIA
2120931	Pte. Peatonal	MEDIA	BAJA	MEDIA
2120880	San Javier	BAJA	BAJA	MEDIA
2120881	Pte. Apulo	BAJA	MUY BAJA	BAJA
2120882	El Portillo	MUY BAJA	BAJA	MUY BAJA
2120920	La Campiña	MUY BAJA	MUY BAJA	MUY BAJA
2120938	Antes Acud Mesitas	BAJA	BAJA	MEDIA
2120900	Pte. Saenz	MUY ALTA	BAJA	ALTA
2120886	Java	MUY BAJA	MEDIA	MEDIA
2120928	La Victoria	BAJA	ALTA	ALTA

2120914	Caracoli	ALTA	BAJA	MEDIA
2120929	El Triunfo	BAJA	BAJA	MEDIA
2120889	Pueblo de Piedra	BAJA	BAJA	MEDIA
2120887	Pte. Samper Madrid	MEDIA	BAJA	MEDIA
2120901	San Pabluna	BAJA	MEDIA	MEDIA
2120897	La Cascada	BAJA	ALTA	ALTA
2120901	La Pola	MEDIA	ALTA	ALTA
2120897	Pto. Brasil	MEDIA	BAJA	MEDIA
2120895	Entrerrios	MEDIA	MEDIA	ALTA
2120893	Pte. Brasil	BAJA	ALTA	ALTA
2120896	Viota	MEDIA	MEDIA	ALTA
2120894	La Neptuna	BAJA	BAJA	MEDIA

Fuente: Autor (2018)

Tabla 33. Índice de Vulnerabilidad a Eventos Torrenciales (IVET) y su categorización para la Cuenca Media del Río Bogotá

Código	Estación	Índice de Variabilidad	Índice Morfométrico de Torrencialidad	Índice de Vulnerabilidad a Eventos Torrenciales
2120963	Villablanca	MEDIA	MEDIA	ALTA
2120879	Las Mercedes	MEDIA	ALTA	ALTA
2120959	Páramo Guerrero	MEDIA	ALTA	ALTA
2120966	Pozo Hondo	BAJA	MEDIA	MEDIA
2120735	Pte La Virginia	MUY ALTA	BAJA	ALTA
2120758	La Muralla	MEDIA	MEDIA	ALTA
2120766	La Pradera	BAJA	ALTA	ALTA
2120964	Rebose Gatillo	MUY ALTA	BAJA	ALTA

Fuente: Autor (2018)

Por último, teniendo en cuenta con toda la metodología anterior, descrita detalladamente, se procede con la realización de cada uno de los procedimientos mencionados a las estaciones de cada cuenca (IRH, IV, IMT e IVET). Los resultados obtenidos se pueden observar en las Tablas 34 y 35, respectivamente por cuerpo hídrico y por índice trabajado.

Tabla 34. Resumen de indicadores (IRH, IV, IMT, IVET) para la Cuenca Baja del Río Bogotá con su respectiva categorización

N°	Estación	Subcuenca	IRH	Categoría	IV	Categoría	Índice Morfométrico de Torrencialidad	IVET
1	Manzanares	Río Apulo	0,61	BAJA	0,22	BAJA	BAJA	MEDIA
2	Peña Negra		0,66	MEDIA	0,19	BAJA	BAJA	MEDIA
3	Pte Ferrocarril		0,37	MUY BAJA	0,26	BAJA	BAJA	MEDIA
4	El Chircal		0,67	MEDIA	0,26	BAJA	BAJA	MEDIA
5	Pte Peatonal		0,54	BAJA	0,41	MEDIA	BAJA	MEDIA
6	San Javier		0,65	BAJA	0,20	BAJA	BAJA	MEDIA
7	Pte Apulo		0,66	MEDIA	0,19	BAJA	MUY BAJA	BAJA
8	El portillo	Río Bajo Bogotá	0,80	ALTA	0,05	MUY BAJA	BAJA	MUY BAJA
9	La Campiña		0,78	ALTA	0,05	MUY BAJA	MUY BAJA	MUY BAJA
10	Antes Acud Mesitas	Río Medio Bogotá	0,65	ALTA	0,22	BAJA	BAJA	MEDIA
11	Pte Saénz	Río Calandaima	0,43	MUY BAJA	0,61	MUY ALTA	BAJA	ALTA
12	Java		0,68	MEDIA	0,14	MUY BAJA	MEDIA	MEDIA
13	La Victoria		0,48	MUY BAJA	0,19	BAJA	ALTA	ALTA
14	Caracoli		0,55	BAJA	0,55	ALTA	BAJA	MEDIA
15	El Triunfo		0,62	BAJA	0,21	BAJA	BAJA	MEDIA
16	Pueblo de piedra		0,65	BAJA	0,23	BAJA	BAJA	MEDIA
17	Pte Samper Madrid		0,72	MEDIA	0,35	MEDIA	BAJA	MEDIA
18	San Pabluna		0,50	MUY BAJA	0,26	BAJA	MEDIA	MEDIA
19	La Cascada		0,63	BAJA	0,20	BAJA	ALTA	ALTA
20	La Pola		0,55	BAJA	0,40	MEDIA	ALTA	ALTA
21	Pto Brasil		0,47	MUY BAJA	0,42	MEDIA	BAJA	MEDIA
22	Entrerrios		0,52	BAJA	0,33	MEDIA	MEDIA	ALTA
23	Pte Brasil		0,49	MUY BAJA	0,24	BAJA	ALTA	ALTA
24	Viota		0,57	BAJA	0,35	MEDIA	MEDIA	ALTA
25	La Neptuna		0,55	BAJA	0,30	BAJA	BAJA	MEDIA

Fuente: Autor (2018)

N°	Estación	Subcuenca	IRH	Categoría	IV	Categoría	Índice Morfométrico de Torrencialidad	IVET
1	Villablanca	Embalse del Muña	0,52	BAJA	0,34	MEDIA	MEDIA	ALTA
2	Las Mercedes	Río Chicú	0,46	MUY BAJA	0,32	MEDIA	ALTA	ALTA
3	Páramo de Guerrero	Río Frío	0,60	BAJA	0,35	MEDIA	ALTA	ALTA
4	Pozo Hondo		0,58	BAJA	0,21	BAJA	MEDIA	MEDIA
5	Pte. La Virginia		0,58	BAJA	0,61	MUY ALTA	BAJA	ALTA
6	La Muralla	Río Balsillas	0,57	BAJA	0,36	MEDIA	MEDIA	ALTA

Tabla 35. Resumen de indicadores (IRH, IV, IMT, IVET) para la Cuenca Media del Río Bogotá con su respectiva categorización

7	La Pradera		0,60	BAJA	0,19	BAJA	ALTA	ALTA
N°	Estación	Subcuenca	IRH 2017 2014	Categoría 2017 2014	IV 2017	Categoría 2017 2014	Índice Morfométrico de Torrencialidad	IVET 2017 2014

Fuente: Autor (2018)

Finalmente, con lo establecido en el objetivo 4, se realiza la respectiva comparación de los resultados obtenidos en la primera línea de investigación con lo de la actualización realizada en el presente proyecto, para todos los índices trabajados para la Cuenca Baja y Media del Río Bogotá, como se logra observar en las tablas 36 y 37, respectivamente:

Tabla 36. Comparación de indicadores del Componente de Riesgos (IRH, IV, IMT, IVET) de la Cuenca Baja del Río Bogotá 2014 - 2017

							2014				2017	2014		
1	Manzanares	Río Apulo	0,61	0,46	BAJA	MUY BAJA	0,22	0,71	BAJA	MUY ALTA	BAJA	ALTA	MEDIA	MUY ALTA
2	Peña Negra		0,66	0,71	MEDIA	MEDIA	0,19	0,40	BAJA	MEDIA	BAJA	ALTA	MEDIA	ALTA
3	Pte Ferrocarril		0,37	0,49	MUY BAJA	MUY BAJA	0,26	0,46	BAJA	ALTA	BAJA	MEDIA	MEDIA	ALTA
4	El Chircal		0,67	0,79	MEDIA	ALTA	0,26	0,31	BAJA	MEDIA	BAJA	MEDIA	MEDIA	ALTA
7	Pte Peatonal		0,54	0,57	BAJA	BAJA	0,41	0,67	MEDIA	MUY ALTA	BAJA	ALTA	MEDIA	MUY ALTA
8	San Javier		0,65	0,50	BAJA	BAJA	0,20	0,70	BAJA	MUY ALTA	BAJA	MEDIA	MEDIA	ALTA
9	Pte Apulo		0,66	0,53	MEDIA	BAJA	0,19	0,55	BAJA	ALTA	MUY BAJA	MEDIA	BAJA	ALTA
10	El portillo	Río Bajo Bogotá	0,80	0,58	ALTA	BAJA	0,05	0,45	MUY BAJA	MEDIA	BAJA	BAJA	MUY BAJA	MEDIA
11	La Campiña		0,78	0,58	ALTA	BAJA	0,05	0,56	MUY BAJA	ALTA	MUY BAJA	MEDIA	MUY BAJA	ALTA
12	Antes Acud Mesitas	Río Medio Bogotá	0,65	0,59	ALTA	BAJA	0,22	0,50	BAJA	ALTA	BAJA	MEDIA	MEDIA	ALTA
13	Pte Saénz	Río Calandaima	0,43	0,94	MUY BAJA	MUY ALTA	0,61	0,32	MUY ALTA	MEDIA	BAJA	BAJA	ALTA	MEDIA
14	Java		0,68	0,83	MEDIA	ALTA	0,14	0,29	MUY BAJA	BAJA	MEDIA	BAJA	MEDIA	MEDIA
15	La Victoria		0,48	0,80	MUY BAJA	ALTA	0,19	0,34	BAJA	MEDIA	ALTA	BAJA	ALTA	MEDIA
16	Caracoli		0,55	0,85	BAJA	MUY ALTA	0,55	0,34	ALTA	MEDIA	BAJA	BAJA	MEDIA	MEDIA
17	El Triunfo		0,62	0,94	BAJA	MUY ALTA	0,21	0,24	BAJA	BAJA	BAJA	MEDIA	MEDIA	MEDIA

18	Pueblo de piedra		0,65	0,96	BAJO	MUY ALTO	0,23	0,22	BAJA	BAJA	BAJA	BAJA	MEDIA	MEDIA
19	Pte Samper Madrid		0,72	0,93	MEDIO	MUY ALTO	0,35	0,22	MEDIA	BAJA	BAJA	BAJA	MEDIA	MEDIA
20	San Pabluna		0,50	0,91	MUY BAJO	MUY ALTO	0,26	0,24	BAJA	BAJA	MEDIA	BAJA	MEDIA	MEDIA
21	La Cascada		0,63	0,40	BAJO	MUY BAJO	0,20	0,60	BAJA	ALTA	ALTA	MEDIA	ALTA	ALTA
22	La Pola		0,55	0,27	BAJO	MUY BAJO	0,40	0,51	MEDIA	ALTA	ALTA	ALTA	ALTA	MUY ALTA
23	Pto Brasil		0,47	0,28	MUY BAJO	MUY BAJO	0,42	0,72	MEDIA	MUY ALTA	BAJA	BAJA	MEDIA	ALTA
24	Entrerrios		0,52	0,18	BAJO	MUY BAJO	0,33	0,82	MEDIA	MUY ALTA	MEDIA	ALTA	ALTA	MUY ALTA
25	Pte Brasil		0,49	0,35	MUY BAJO	MUY BAJO	0,24	0,49	BAJA	ALTA	ALTA	ALTA	ALTA	MUY ALTA
26	Viota		0,57	0,11	BAJO	MUY BAJO	0,35	0,65	MEDIA	MUY ALTA	MEDIA	MEDIA	ALTA	ALTA
27	La Neptuna		0,55	0,28	BAJO	MUY BAJO	0,30	0,43	BAJA	MEDIA	BAJA	ALTA	MEDIA	ALTA

Fuente: Autor (2018)

Tabla 37. Comparación de Indicadores del Componente de Riesgos (IRH, IV, IMT, IVET) de la Cuenca Media del Río Bogotá, 2014 - 2017

Nº	Estación	Subcuenca	IRH		Categoría		IV		Categoría		Índice Morfométrico de Torrencialidad		IVET	
			2017	2014	2017	2014	2017	2014	2017	2014	2017	2014	2017	2014
1	Villablanca	Embalse del Muña	0,52	0,71	BAJA	MUY BAJO	0,34	0,47	MEDIA	ALTA	MEDIA	MEDIA	ALTA	ALTA
2	Las Mercedes	Río Chicu	0,46	0,67	MUY BAJO	MEDIA	0,32	0,58	MEDIA	ALTA	ALTA	MEDIA	ALTA	ALTA

3	Páramo de Guerrero	Río Frío	0,60	0,65	BAJA	MUY BAJA	0,35	0,49	MEDIA	ALTA	ALTA	MEDIA	ALTA	ALTA
4	Pozo Hondo		0,58	0,6	BAJA	ALTA	0,21	0,58	BAJA	ALTA	MEDIA	MEDIA	MEDIA	ALTA
5	Pte. La Virginia	Río Frío	0,58	0,36	BAJA	BAJA	0,61	0,61	MUY ALTA	ALTA	BAJA	MEDIA	ALTA	ALTA
6	La Muralla	Río Balsillas	0,57	0,67	BAJA	MUY BAJA	0,36	0,41	MEDIA	MEDIA	MEDIA	ALTA	ALTA	MEDIA
7	La Pradera		0,60	0,48	BAJA	BAJA	0,19	0,74	BAJA	MUY ALTA	ALTA	BAJA	ALTA	ALTA
8	Rebose Gatillo		0,34	0,55	MUY BAJA	BAJA	0,82	0,39	MUY ALTA	MEDIA	BAJA	ALTA	ALTA	ALTA

Fuente: Autor (2018)

13 Análisis

13.1 Índice de Retención y Regulación Hídrica - IRH

Inicialmente, se vuelve a retomar la información mencionada anteriormente, de manera general, la Cuenca Baja del Río Bogotá cuenta con 25 estaciones a trabajar y posteriormente a estudiar, seguida de la Cuenca Media, con un total de 8 estaciones para la evaluación de las mismas.

El indicativo permite evaluar la capacidad que posee la cuenca para mantener un régimen de caudales, producto de la interacción del sistema suelo – vegetación con las condiciones climáticas y con las características físicas y morfométricas de la cuenca (IDEAM, 2010). En otras palabras, centrado en el estudio a trabajar, se procura de manera sistémica la evaluación de la capacidad de regulación por parte de cada subcuenca distribuida en las diferentes estaciones valoradas.

Con base a la Gráfica 2 y los Anexos del 1 – 24, se puede observar el comportamiento de los caudales a un periodo de tiempo determinado, en los cuales, de manera general, se puede inferir y determinar que los caudales altos se presentan durante periodos cortos de tiempo en la Cuenca Baja del Río Bogotá, esto se puede evidenciar por las pendientes pronunciadas en el tramo inicial de la gráfica, asimismo, en un corto periodo de tiempo, el caudal disminuye drásticamente y se mantiene constante de manera ingrátida. Por otro lado, para el caso de la Cuenca Media se presenta de la misma manera, sin embargo, se puede identificar que la estación Rebose Gatillo es la que posee menor periodo de tiempo con caudal elevado en el Anexo 34, a comparación de sus contrapartes. Con base a las Curvas de Duración, se puede advertir que en el primer 20% del periodo transcurrido, decrecen de manera sustancial los caudales, esto se debe principalmente a las actividades antrópicas a las que se encuentran influenciadas las zonas de estudio, deteriorando y reflejando la capacidad de regulación de la cuenca en la unidad de tiempo considerada.

Todo lo anterior, se puede corroborar con las Tablas 14 – 17, ya que en estos se puede observar los Límites Húmedo, Medio y Seco para la Cuenca Baja y Media del Río Bogotá, donde algunos de estos, conforme a la series históricas de los Caudales Medios Mensuales, en el componente Medio, los caudales tienden a ser escasos, principalmente en los primeros meses del año. De la misma manera, se puede observar mediante las tabulaciones mencionadas, clasificándolas por Cuenca Baja y Media qué, en el caso de los valores de caudales de la Cuenca Baja tienden a ser mayores que a los de la Cuenca Media, esto es debido a las diferentes actividades de origen humano que se pueden encontrar en las zonas de estudio (Doméstica, agropecuaria e industrial).

En el caso del Embalse del Muña, el cual tiene un uso principalmente hidroeléctrico, también dispone de demandas agropecuarias e industriales, según la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (2006), en la realización del Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica del Río Bogotá - POMCA, la demanda para este cuerpo hídrico total de los dos componentes mencionados anteriormente es de 0.629 m³/s, por otro lado, en el mismo documento se menciona el valor cuantitativo del caudal ecológico, siendo este de 0,040 m³/s, estando este balance de oferta – demanda directamente relacionado con el bajo periodo de tiempo de duración de caudales altos presentados durante la Curva de Duración de Caudales Medios Mensuales en el Anexo 27, perteneciente a la estación Villablanca. De igual manera, se presenta la misma coyuntura para los demás cuerpos hídricos.

De manera general se hace énfasis en el Río Apulo, Calandaima, Balsilla, Chicú y Frío, los cuales disponen de demandas, respectivamente de, 3.403, 0.663, 2.324, 0.909, 1.083 m³/s, y un caudal ecológico, a correspondencia de, 0.16, 0.05, 0.15, 0.04, 0.17 m³/s.

En los resultados obtenidos del IRH – 2017 para la Cuenca Baja del Río Bogotá, se comprende una prevalencia en la baja retención y regulación hídrica, ya que 11 estaciones otorgaron valores inferiores a 0,65, asimismo, 5 adicionales proporcionaron valores menores a 0,50, siendo aproximadamente el 68% de las estaciones, las que se encuentran en zonas principalmente con complicaciones para el sustento de regímenes de caudales constantes. Las estaciones que presentan los valores más inquietantes son, Pte. Ferrocarril, Pte. Saenz, La Victoria, San Pabluna, Pto. Brasil y Pte. Brasil. En el caso de la Cuenca Media, de las 8 estaciones, objetos de estudio, 6 se encuentran con valores bajos y 2 muy bajos, siendo la estación Rebose Gatillo la que posee el valor menor entre las estaciones de ambas cuencas, con un producto de 0,34.

A partir del Figura 8, se logra observar la cartografía de la Cuenca Baja del Río Bogotá, con la categorización seguida por la metodología del Instituto de Hidrología y Meteorología – IDEAM, para la realización de la Evaluación Regional del Agua – ERA, además, las subcuencas pertenecientes al cuerpo hídrico principal, se encuentran clasificadas a partir de su código único de identificación, representando los resultados obtenidos durante la investigación en valores “Muy Baja”, “Baja”, “Media”, y “Alta”. Con base a lo mencionado, la categorización “Alta” tiene una prevalencia sobre las demás en todo el terreno graficado, seguida por la “Media”, “Baja” y “Muy Baja”.

Por otro lado, a partir de las estaciones trabajadas en el proyecto, conforme a la información estudiada y analizada por parte de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca – CAR, dos subcuencas no fueron georreferenciadas por falta de información verídica durante el tiempo de estudio de dicha organización para la entrega de resultados, por lo que a criterio entre el director de investigación y el estudiante a realizarlo, los valores de las estaciones Cartagena y La Esperanza no fueron tomadas en cuenta para la ejecución del proyecto.

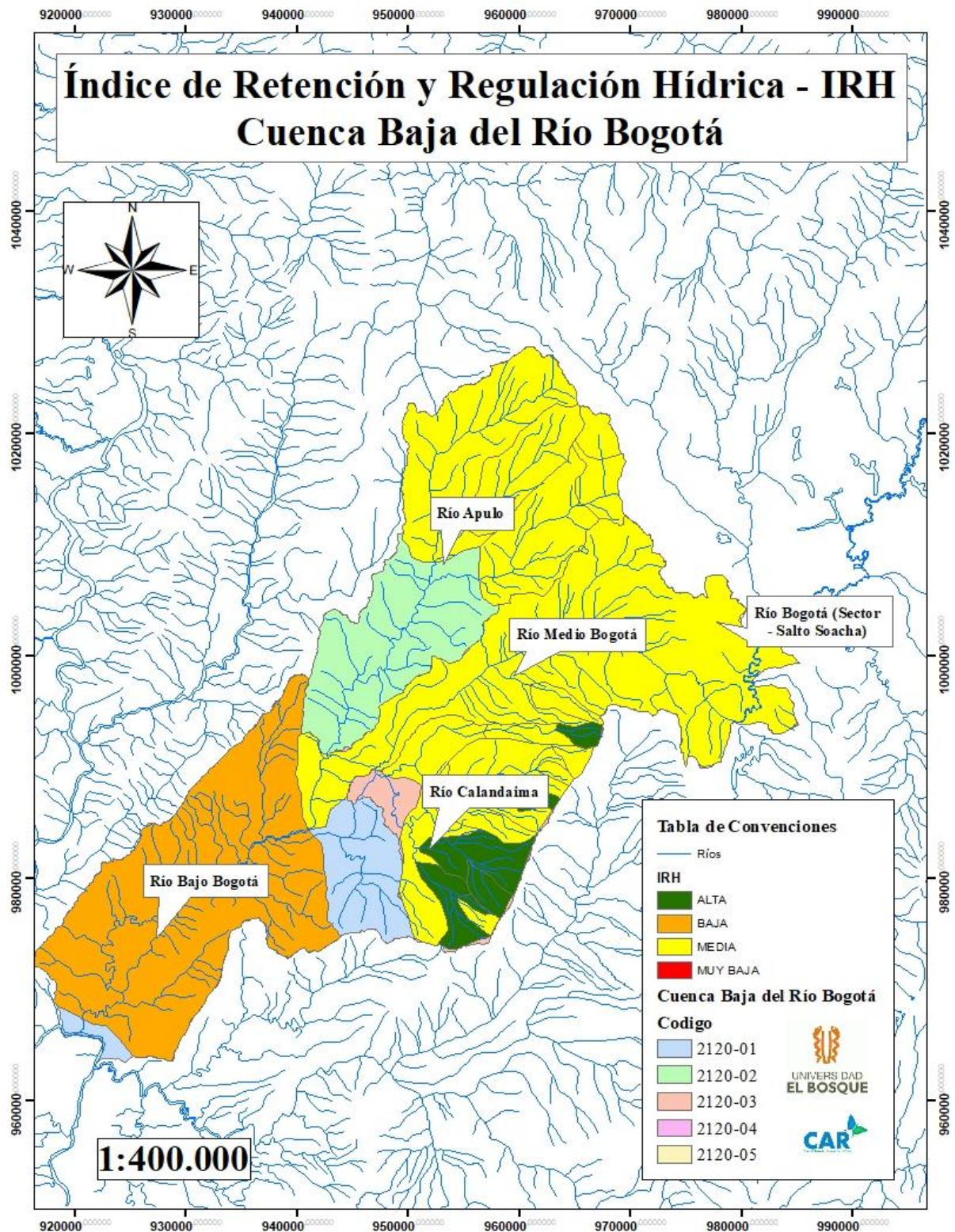


Figura 8. Mapa del Índice de Retención y Regulación Hídrica - IRH, para la Cuenca Baja del Río Bogotá

Fuente: Autor (2018)

Como se puede observar en la Figura 9, se realizó la comparación de ambos años de estudio con base a los resultados de los valores del Índice de Retención y Regulación Hídrica (IRH) para la Cuenca Baja del Río Bogotá.

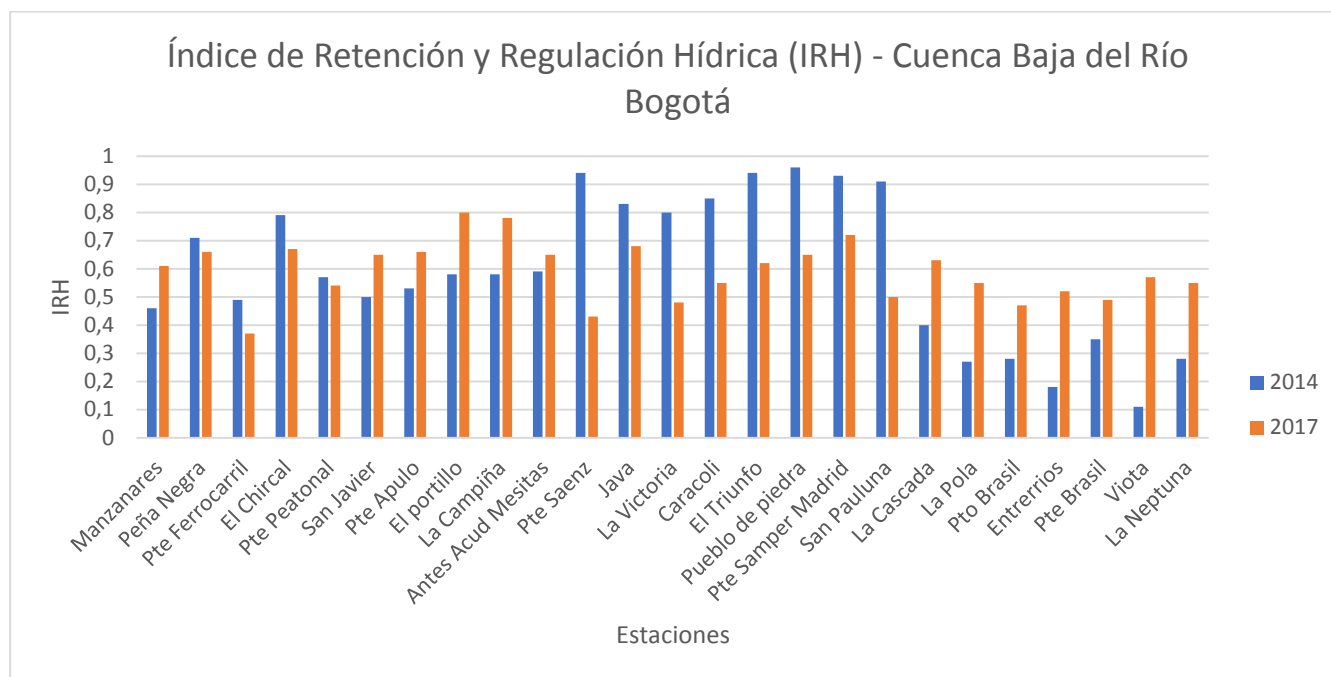


Figura 9. Comparación del Índice de Retención y Regulación Hídrica (IRH) - Cuenca Baja del Río Bogotá

Fuente: Autor (2018)

Como se pudo observar en la Figura anterior, al menos 12 estaciones trabajadas disminuyeron su capacidad de retención y regulación, de la cuales hacen parte Pte. Ferrocarril, Pte. Saénz, La Victoria, Caracolí, El Triunfo y San Pabluna, con los mayores decrecimientos en toda la series histórica de caudales trabajadas. En cuanto a las demás estaciones, se puede evidenciar un aumento en sus particularidades como es el caso de Peña Negra, El Portillo, La Cascada, Viota, La Neptuna, entre otros.

Los datos proporcionados por la Figura indican una ligera mejora en algunas estaciones qué, en contexto en contra de eventos naturales (avenidas torrenciales e inundaciones), pueden disminuir las probabilidades de presentar daños sobre infraestructura, actividades económicas y/o comunidades aledañas, ya que el nivel de vulnerabilidad está directamente relacionado con las cualidades de retención hídrica, disminuyendo la susceptibilidad a impactos por parte de las dinámicas de las cuencas.

En el caso de las estaciones de la Cuenca Media del Río Bogotá se compararon los valores calculados por parte de ambos años de estudio, visualizados en la Figura 5, donde, se puede inferir la disminución

de la capacidad de Retención y Regulación Hídrica por parte de las subcuencas del Río Balsillas, Río Chicú y el Embalse del Muña.

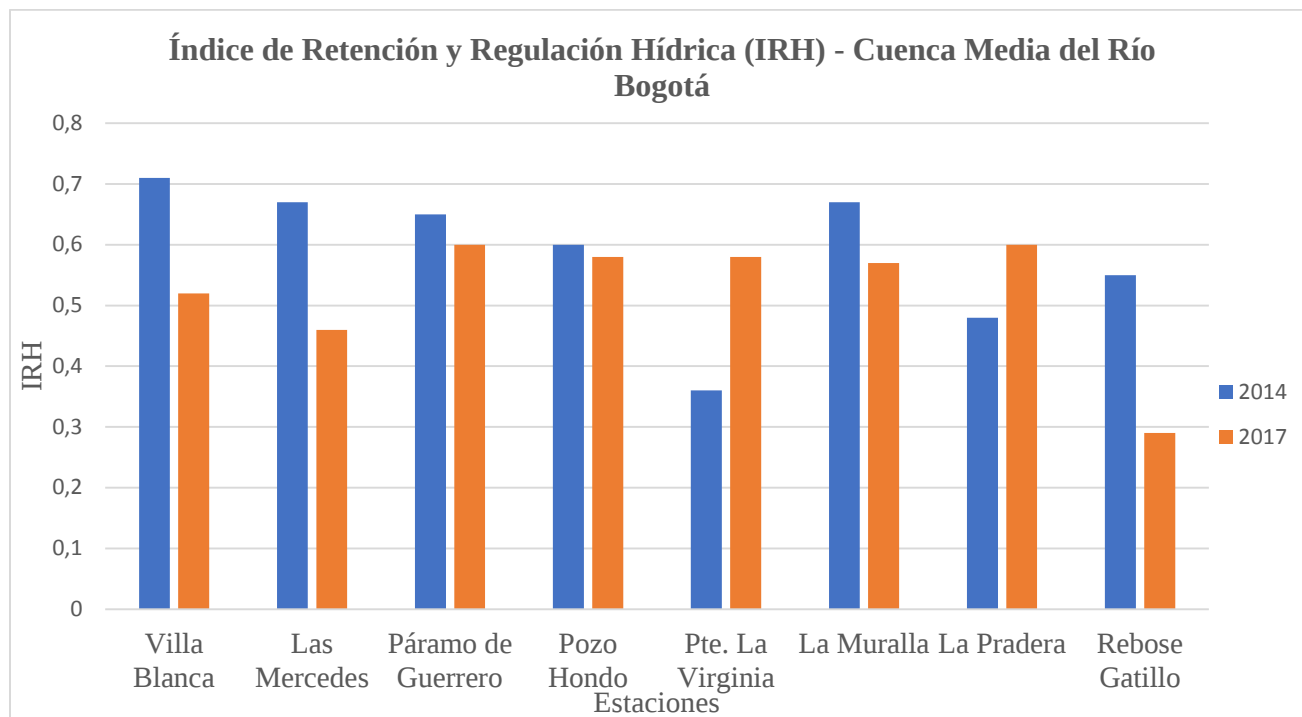


Figura 10. Comparación del Índice de Retención y Regulación Hídrica (IRH) - Cuenca Media del Río Bogotá

Fuente: Autor (2018)

De la misma forma que se ha indicado un aumento exponencial por parte la población del Distrito Capital y su expansión rural a la zona de cerros, las cualidades del recurso hídrico se han visto disminuidas. El aumento de la creciente del Río Bogotá por el incremento de precipitación y la disminución de los valores anteriormente mencionados han aumentado las alertas en los municipios próximos. Todo lo anterior, debido a que los niveles de aguas normales sobrepasan las capacidades de los cauces, ocasionando desbordamientos e inundando las zonas contiguas a los cuerpos de aguas.

A partir de los valores obtenidos como producto de la realización de la metodología utilizada, se construyó la cartografía correspondiente para la Cuenca Media del Río Bogotá – 2017. La Figura 11 representa las zonas con “Baja” y “Muy Baja” retención y regulación hídrica, de las 8 estaciones analizadas. Asimismo, muchas zonas en la Cuenca Media del Río Bogotá no se categorizaron por falta de tiempo para el análisis de los datos otorgados por la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca – CAR por parte del departamento respectivo, ya que el estudio de estos requieren un periodo de tiempo prolongado por la volatilidad de estos.

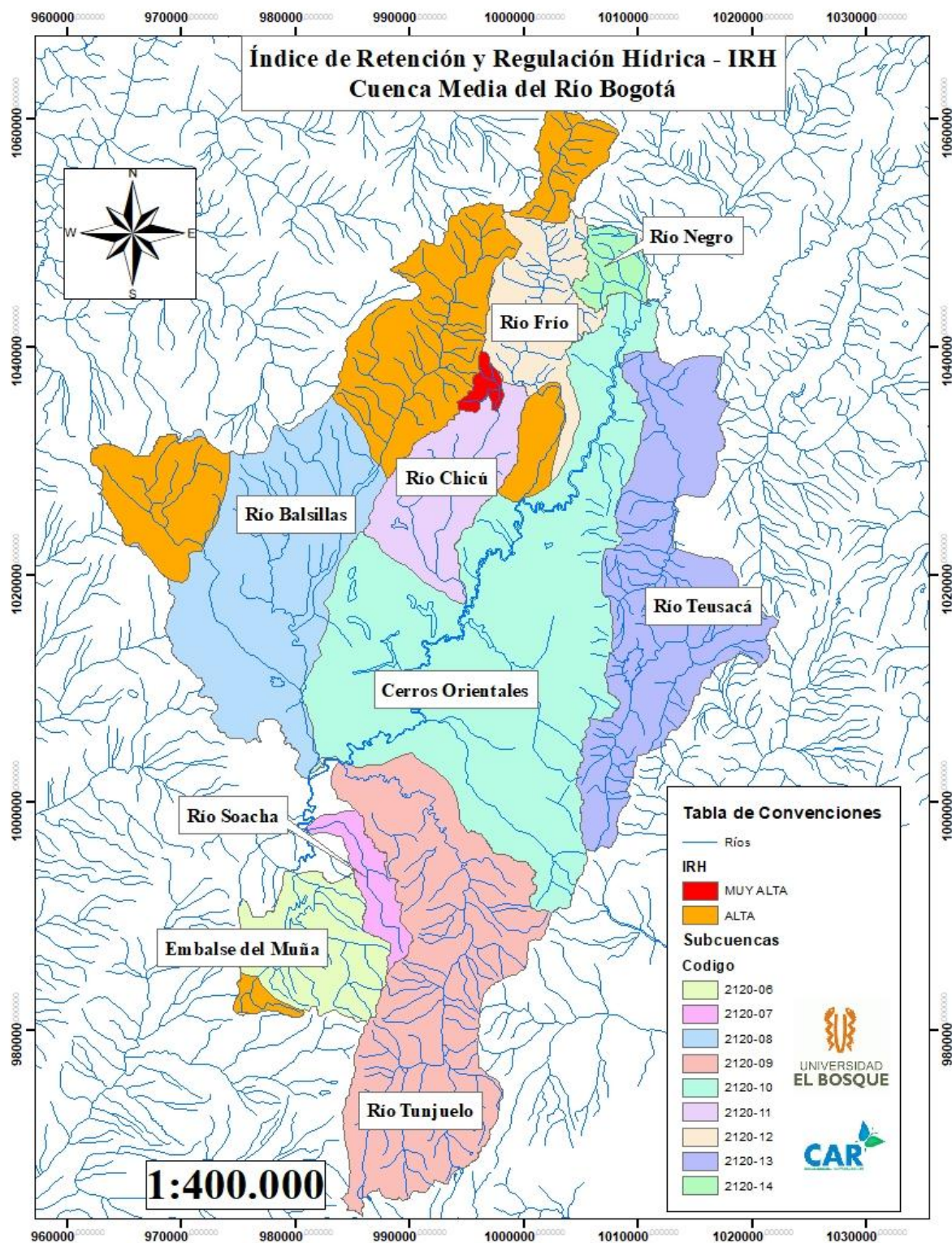


Figura 11. Mapa del Índice de Retención y Regulación Hídrica - IRH para la Cuenca Media del Río Bogotá

Fuente: Autor (2018)

Teniendo en cuenta los valores obtenidos en ambas cuencas, las subcuencas con mayor cantidad de impasses son el Río Calandaima, el Río Chicú y el Río Balsillas. Por un lado, el Río Calandaima es el cuerpo hídrico que presenta mayor cantidad de estaciones con valores “Muy Bajos” que, a comparación con la primera fase investigación, sus valores se vieron en decrecimiento durante los 3 años de diferencia con el que se está correlacionando el estudio.

Valores de IRH de 0.29 y 0.46 son preocupantes con base a los obtenidos en el 2014, 0.55 y 0.67, por parte de las estaciones Rebose Gatillo y Las Mercedes, respectivamente, ya que con la variabilidad climática actual, la alteración al régimen de agua y, la falta de gestión integral del recurso hídrico, disminuyen la capacidad de resiliencia de estos, no solo en términos de amenazas y vulnerabilidades, sino además, el desabastecimiento que se ocasiona en temporadas de aparición del ENSO, cambiando los patrones estacionales de la temperatura y precipitación, afectando la distribución de caudales, que principalmente en el área hidrográfica del Magdalena – Cauca, disminuye hasta un 55% (IDEAM, IGAC & DANE, 2011), lo anterior, con una proyección realizada por el IDEAM (2010), en el capítulo 5 acerca del estado y dinámica del agua en áreas hidrográficas de Colombia, se espera un aumento de casi 34.674 millones de metros cúbicos por año para las actividades agrícolas.

La gran cantidad de factores que se mencionan anteriormente, permite puntualizar el estado actual de necesidad por parte del gobierno para la realización y apoyo de políticas públicas para el cuidado de esta Cuenca, no solo por el gran papel que tiene como abastecedor de diferentes municipios, sino también, su desembocadura en el Magdalena y su fundamental rol como una de las vertientes principales de Colombia.

13.2 Índice de Variabilidad – IV

La Variabilidad de un cuerpo hídrico es de significancia ambiental desde el punto de vista del rango de variación de los caudales medios mensuales, se puede ver la correlación de variables que se encuentran, principalmente, ya que las fluctuaciones mensuales se representan de mejor manera a partir de la Curva de Duración de Caudales, como lo expresa Arthington en su libro “*Wounded rivers, thirsty land: getting water management right*” en 1997, ya que permite observar la rapidez con las que se producen las variaciones de unas magnitudes y estas afectan directamente a la biota y su resiliencia.

Conforme a los anexos 1 – 34 y las Figuras 2 y 3, se observa el porcentaje de tiempo en el que un valor determinado de caudal es igualado o superado, la variabilidad del cuerpo hídrico y dependiendo del valor cuantitativo calculado, las implicaciones ambientales que trae consigo.

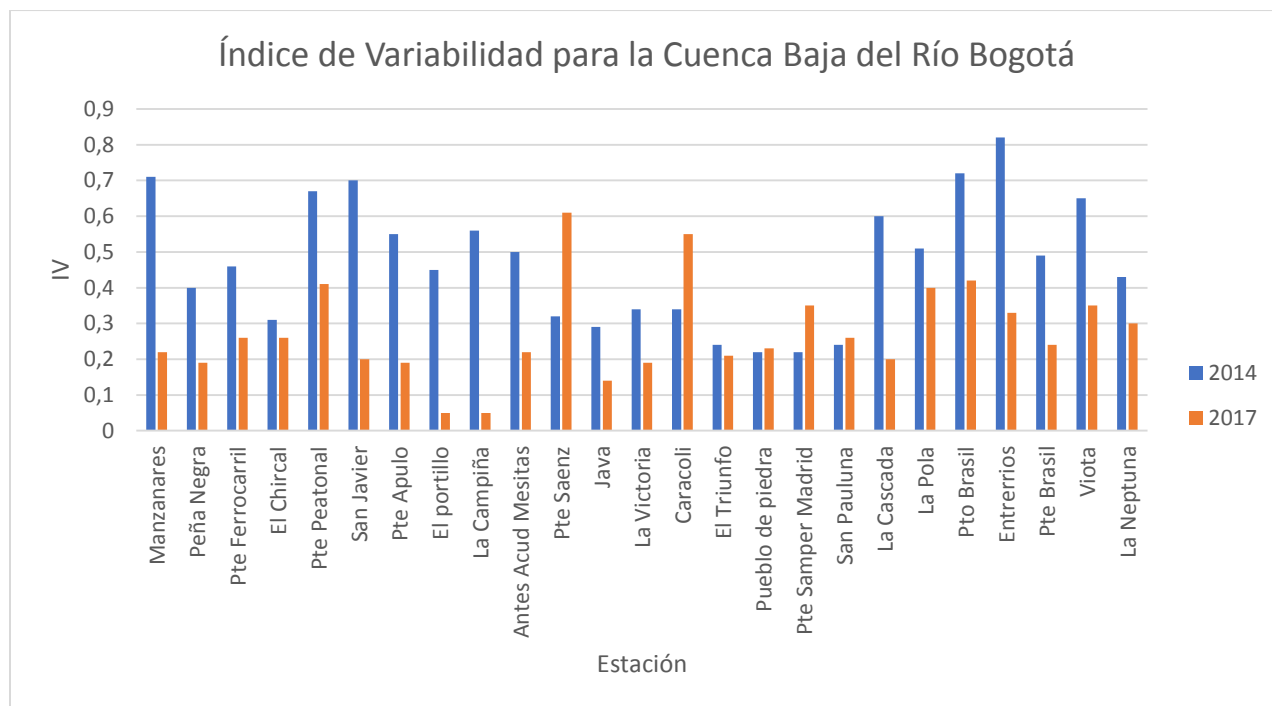


Figura 12. Comparación del Índice de Variabilidad (IV) - Cuenca Baja del Río Bogotá

Fuente: Autor (2018)

En la Figura 12 se realiza la comparación pertinente entre los valores obtenidos por parte de la metodología establecida por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) de los años 2014 y 2017.

De manera general, se obtuvieron 5 estaciones que aumentaron su rango de variabilidad, una de estas llegó a categorización “Muy Alta”, siendo esta Pte. Saénz, con un valor de 0.61, por otro lado, las estaciones Manzanares, San Javier, Pto. Brasil, Entrerrios y Viotá, son las que disminuyeron sus categorías de manera significativa, siendo estas inicialmente “MUY ALTAS” y actualmente sus valores disminuyeron casi un 50%, el cual es un relevante resultado para evitar las futuras implicaciones de pérdida de variabilidad hidráulica en el cauce y en la llanura de inundación (Thoms & Sheldon, 2002).

En la Figura 13, se presenta la cartografía de la Cuenca Media del Río Bogotá, aplicando la categorización obtenida por la medición cuantitativa de los resultados obtenidos, donde, la categoría “Baja” tiene una mayor prevalencia de terreno sobre las demás clasificaciones, abarcando del Río Bogotá (Sector Salto – Soacha), Río Medio Bogotá y Río Bajo Bogotá. Asimismo, se puede visualizar zonas de categorías “Muy Alta”, “Alta”, “Media” y “Muy Baja”, siendo la última de estas la que posee menor cantidad de territorio abarcado.

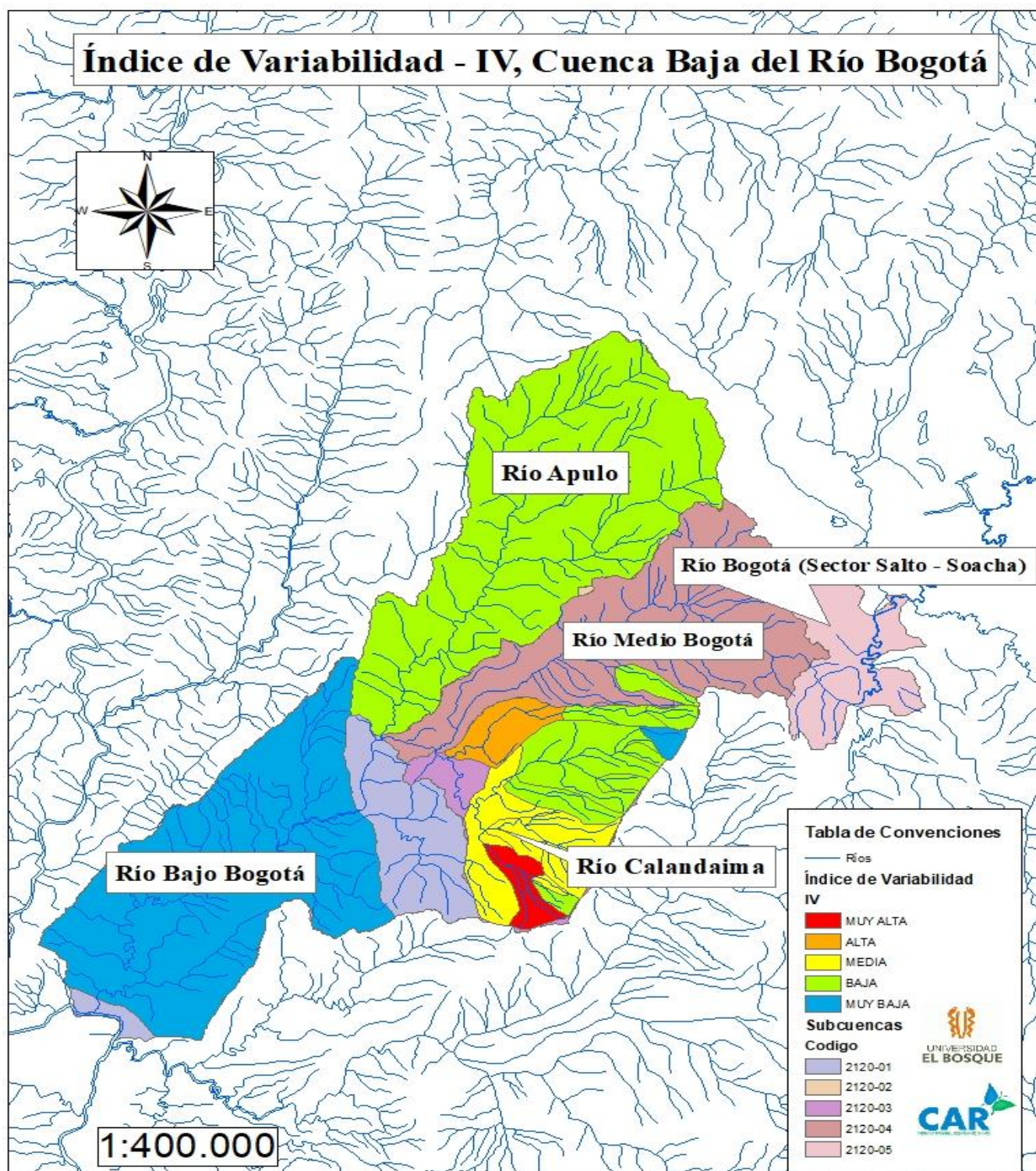


Figura 13. Mapa del Índice de Variabilidad (IV) para la Cuenca Baja del Río Bogotá

Fuente: Autor (2018)

En el caso de la Cuenca Media del Río Bogotá, se vio un aumento exponencial para el caso de la estación Rebose Gatillo, cuyo valor se encuentra en 0,82, categorizado como “MUY ALTA”, asimismo, con la estación de Puente La Virginia (0,61). Por otro lado, 6 estaciones de las 8 objetos de estudio decrecieron sus valores fluctuantes, siendo este un comportamiento positivo en la Cuenca Media, enfatizando en la estación La Pradera, la cual disminuyo aproximadamente un 50%, todo lo anterior se puede observa en la Gráfica 7.

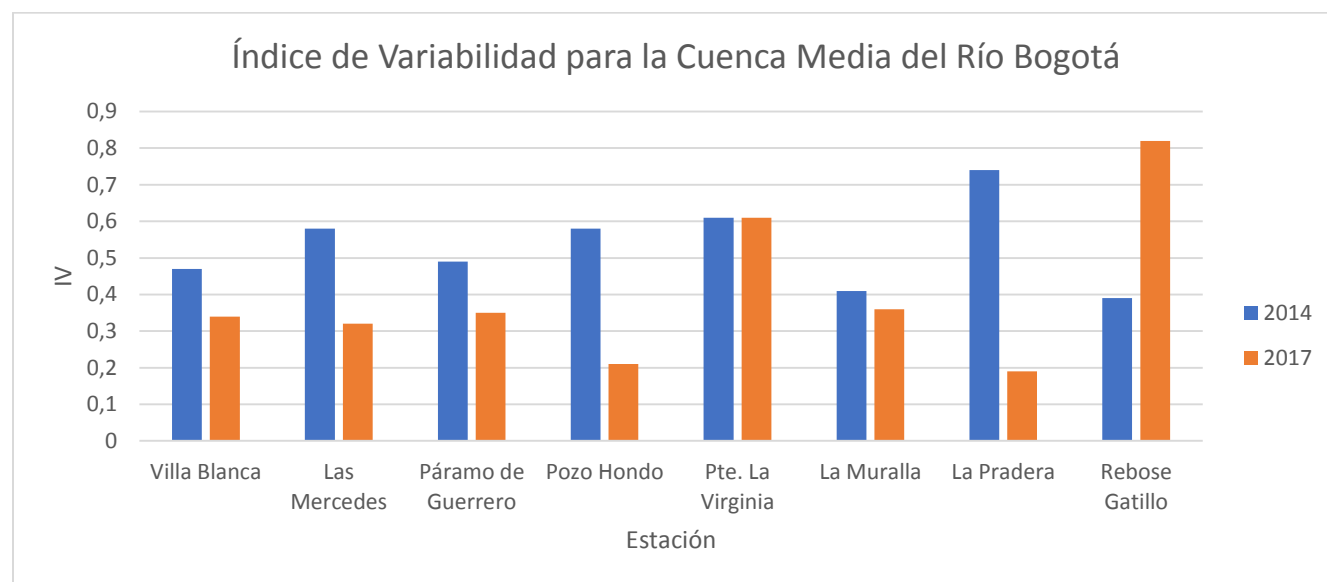


Figura 14. Comparación del Índice de Variabilidad (IV) - Cuenca Media del Río Bogotá

Fuente: Autor (2018)

Conforme a lo anterior, con la decrecimiento de categorización de por lo menos el 50% de las estaciones, se infiere una correcta intervención por parte del estado para mitigar dicha variabilidad que puede verse aumentada drásticamente por la misma fluctuación climática que se está viviendo actualmente. La oportuna intervención en la toma de decisiones para el mejoramiento de la calidad ambiental puede prevenir posibles complicaciones al factor social asociado a los cuerpo hídricos afectados, todo lo anterior, con el objetivo de mantener la oferta hídrica superficial que ha sido la principalmente perjudicada.

Según el Sistema de Inventario de Desastres – DESINVENTAR, se vio un incremento por parte de inundaciones en el país, como se puede observar en el Anexo 37, específicamente, desde el año 2009, los picos del inventario histórico crecieron de manera sustancial y una de las principales causas va relacionado directamente con la variabilidad del componente, al disponer de una capacidad de retención y regulación hídrica baja y una fluctuación alta, se espera que su uso se vea disminuido, en términos de disponibilidad de agua para riego, potabilización, entre otros.

En la Figura 15, se muestra el indicativo de variabilidad para la Cuenca Media del Río Bogotá – 2017, en el cual, se puede observar la situación alta crítica en la que se encuentran las zonas estudiadas, presentando categorías “Alta” y “Muy Alta”.

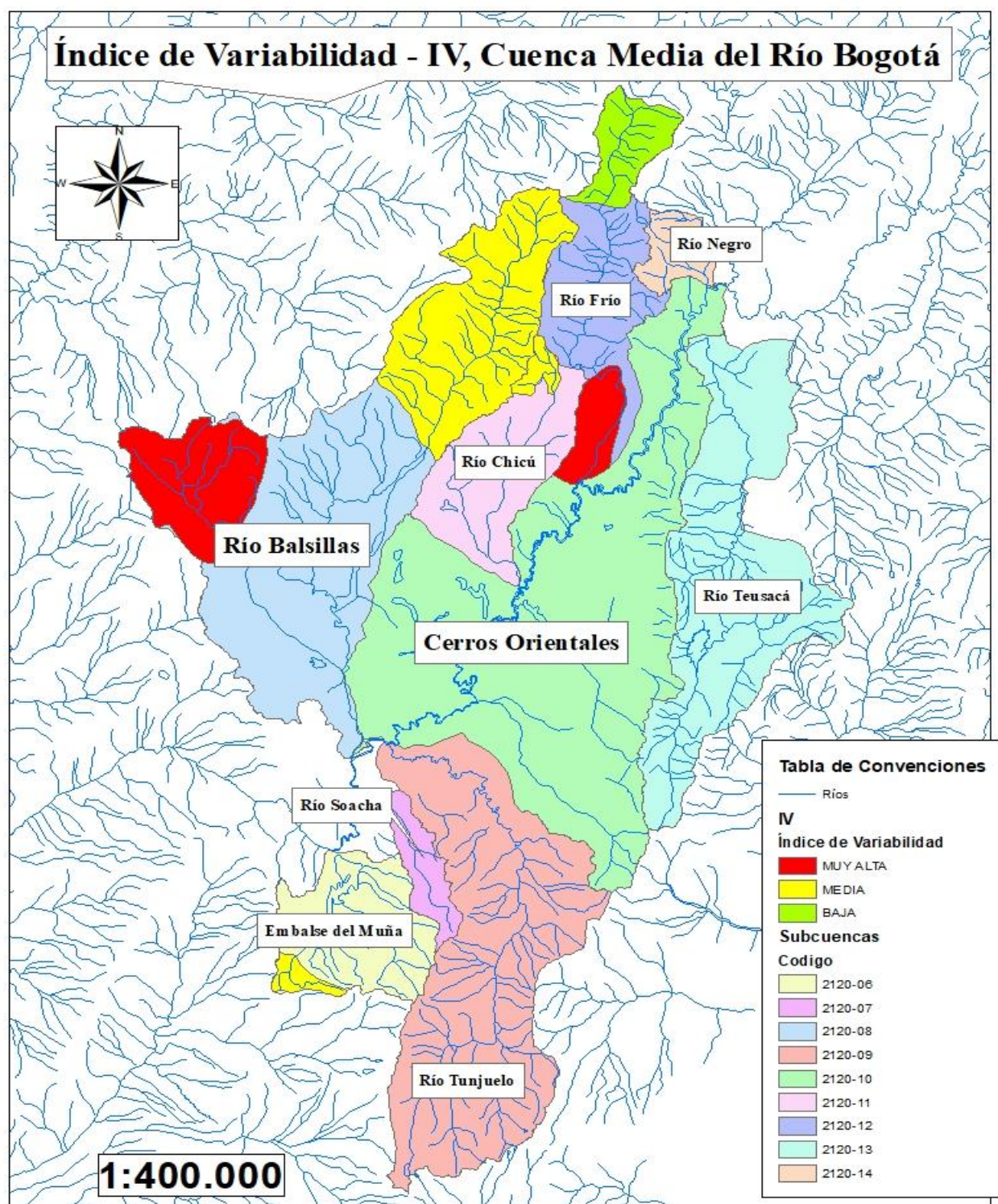


Figura 15. Mapa del Índice de Variabilidad (IV) para la Cuenca Media del Río Bogotá

Fuente: Autor (2018)

Con base a lo mencionado por el Sistema de Inventario de Desastres – DESINVENTAR y, a un estudio realizado por el DANE en el año 2011, se puede corroborar el alto grado de sensibilidad que posee el factor de variabilidad, debido a las dinámicas climáticas actuales por parte de la ola invernal que se efectuó en el periodo de 2010 – 2011, donde se vieron afectadas una cantidad aproximada de 1.642.108 Hectáreas, entre estas se encuentran usos de suelo desde áreas agrícolas heterogéneas hasta las zonas urbanizadas. Todo lo anterior se relaciona directamente con las fluctuaciones que dicha variable experimentó durante los 4 años de transcurso del estudio, asimismo, esto se debe a las características morfológicas que poseen las zonas de estudios, ocasionando un aumento en la torrencialidad de los ríos, debido directamente a la pendiente alta de estas.

13.3 Índice Morfométrico de Torrencialidad – IMT

En este componente, se realizó un estudio de particularidades físicas de las dos cuencas trabajadas, a partir de las subcuencas y estaciones que forman el componente general. Conforme a lo mencionado en la teoría descrita en el inicio del trabajo, se desarrolla un análisis de la densidad de drenaje, pendiente y forma de cuenca, siendo estas las variables a trabajar establecidas por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), para el desarrollo y significancia de la torrencialidad de un cuerpo hídrico.

Inicialmente, en la Tabla 29 se puede observar de manera detallada la categorización de cada estación por subcuenca, de la Cuenca Baja del Río Bogotá - 2017. En el componente de Densidad de drenaje, se encuentra una gran cantidad de diversidad por parte de la posible naturaleza de los suelos ubicados en las zonas, prevaleciendo la categoría “Moderada Alta” con un 44%, seguido de “Muy Alta” con 26%, siendo estos valores la representación de más del 50% de la Cuenca. La pendiente Media de la Cuenca se caracterizó por su prevalencia entre “Fuerte” y “Muy Fuerte”, siendo estos el 81%. Finalmente, el Coeficiente de Compacidad se definió como “Oval – Oblonga a Rectangular – Oblonga” y “Oval – Redonda a Oval – Oblonga”, respectivamente, cada uno dispone un porcentaje de 44% y 37%.

En la Figura 16, se encuentra la categorización cartográfica de la Cuenca Baja del Río Bogotá, donde, se puede observar que las categorías “Baja” y “Muy Baja” poseen prevalencia en el terreno, a comparación de sus contraparte “Alta” y “Media”.

En el caso de este indicador, no se pudo graficar con éxito todas las estaciones, ya que algunas de estas abarcan un área y perímetro mayor a las demás, suprimiendo a las menores. Este es el caso de la estación Puente Apulo con las demás estaciones pertenecientes en la Subcuenca del Río Apulo, por lo que no se tomó en cuenta esta estación y si los demás valores por relevancia mayoritaria.

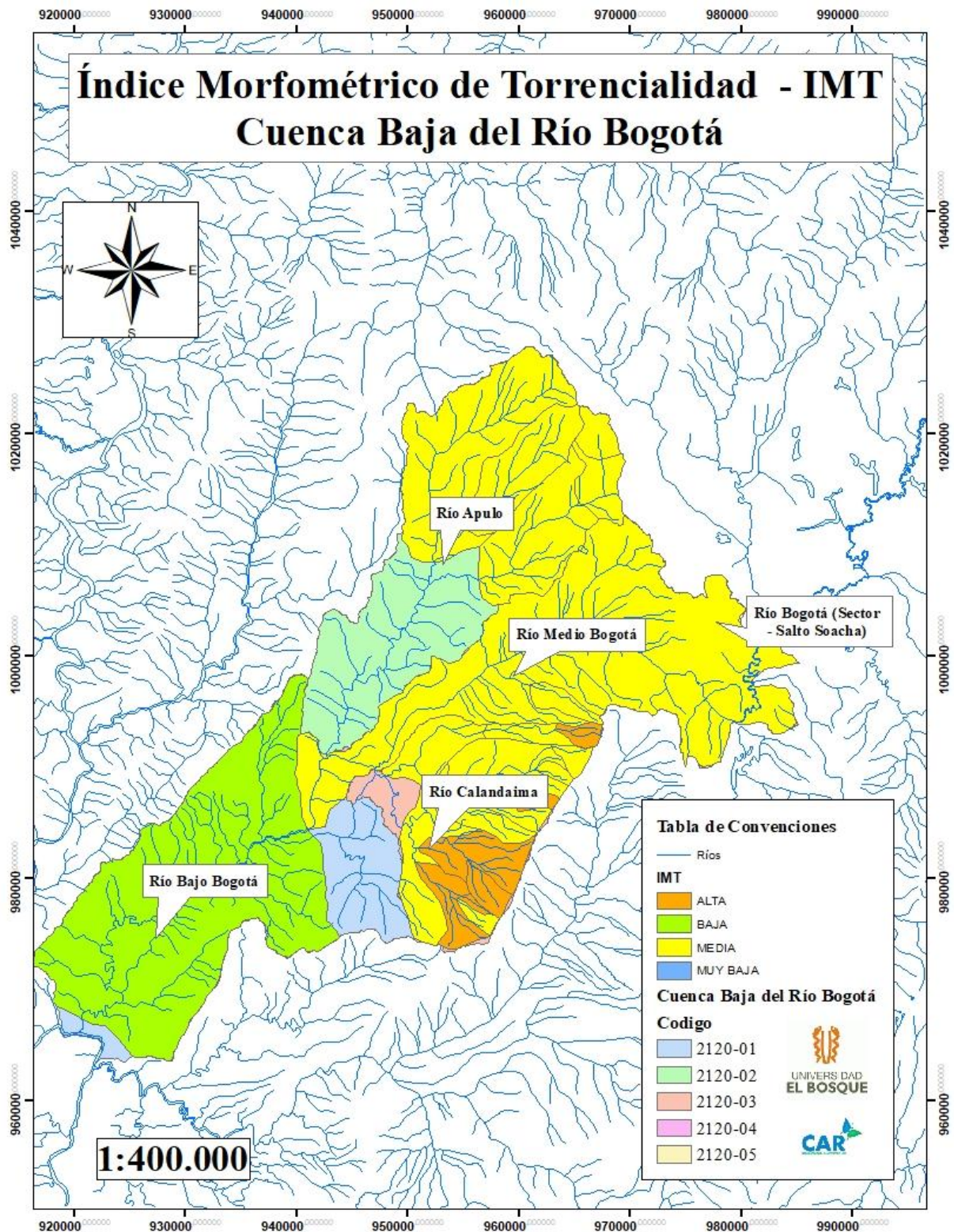


Figura 16. Mapa del Índice Morfométrico de Torrencialidad (IMT) para la Cuenca Baja del Río Bogotá

Fuente: Autor (2018)

En el Figura17 y 18, se observa el indicativo para la Cuenca Baja del Río Bogotá, clasificado en los años de estudio (2014 y 2017). En el transcurso de años se determinó que la torrencialidad disminuyo de manera relevante, la categoría “Alta” disminuyó hasta un 12%, la “Media” un 20% y, la principal diferencia es la manifestación de la categoría “Muy Baja” para el año 2017, con un valor del 8%.

De manera general, se puede observar en la Figura 17, el resultado final del indicativo categorizado para el año 2014, en el cual, se evidencia medianamente equilibrado los porcentajes, como lo es el caso de la clasificación “Media” y “Baja”, ya que ambas representan el 36% cada una del porcentaje total y, finalmente, “Alta” con 28%. Dichos valores infieren que un aumento o disminución del índice depende directamente de la zona en la que se esté realizando el estudio, ya que la funcionalidad hidrológica y la definición de las estrategias para la formulación del manejo del recurso hídrico es diferente para cada territorio.

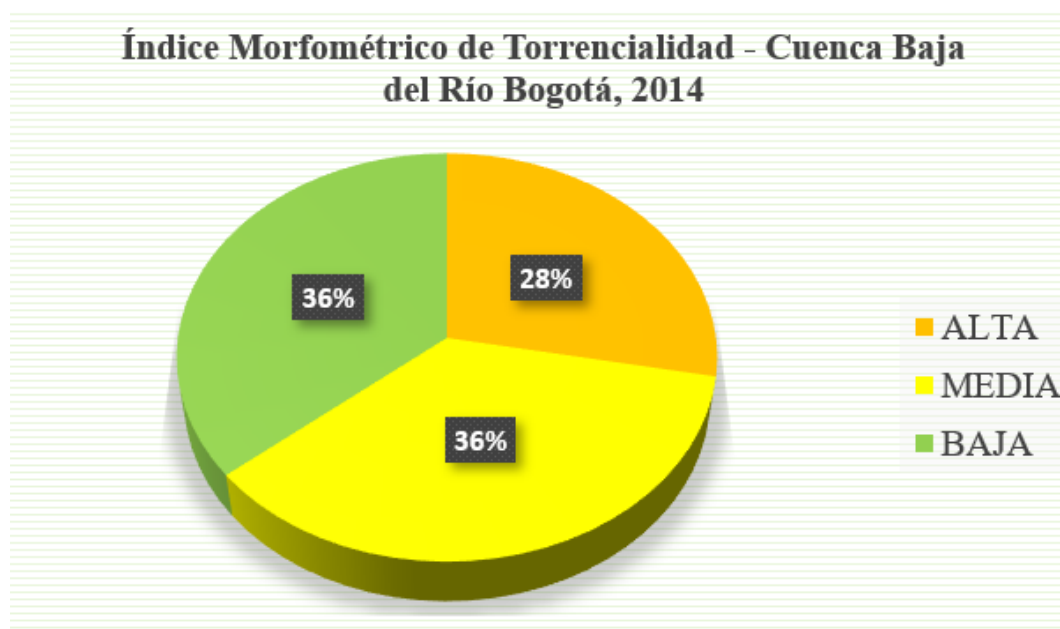


Figura 17. Categorización del Índice Morfométrico de Torrencialidad (IMT) para la Cuenca Baja del Río Bogotá - 2014

Fuente: Autor (2018)

Con el cálculo realizado para la Cuenca Baja del Río Bogotá – 2017, se encontró una Densidad de Drenaje predominante de “Moderada” representando el 60% de la zona, las categorías “Moderada Alta”, “Alta” y “Muy Alta” abarcan el 28%, y el restante 12% es categorizada como “Baja”. La Pendiente Media de la Cuenca se caracteriza por ser “Fuerte” siendo el 68% del territorio, asimismo, predomina sobre la clasificación “Muy Fuerte” y “Suave Accidentado”. Por último, el coeficiente de compacidad se encuentra distribuido en 3 formas diferentes, “Redonda a Oval – Redonda”, “Oval – Redonda a Oval – Oblonga” y “Oval – Oblonga a Rectangular Oblonga”, respectivamente representando el, 56, 24 y 20%, del territorio estudiado.

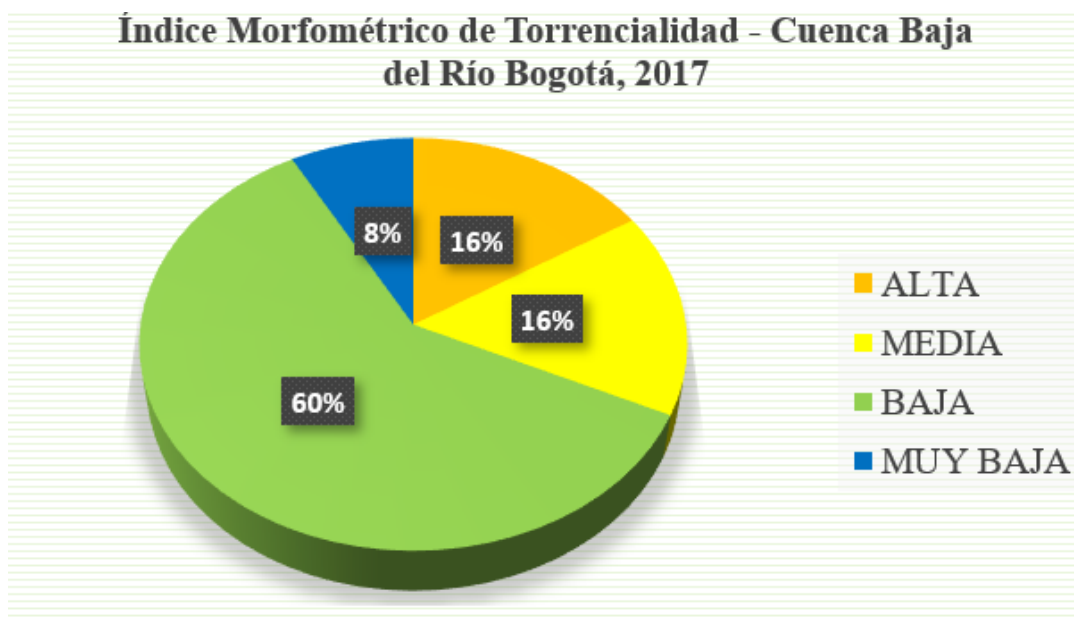


Figura 18. Categorización del Índice Morfométrico de Torrencialidad (IMT) para la Cuenca Baja del Río Bogotá - 2017

Fuente: Autor (2018)

La ventaja del uso de este tipo de metodología recae en la posibilidad de realizar comparación entre un número determinado de cuencas, a partir de las propiedades físicas de estas, por ejemplo, en la tabla 30 se observan dichas particularidades por estaciones. En el caso de la Cuenca Media del Río Bogotá - 2017, la Densidad de Drenaje posee un grado desde “ALTA” hasta “MUY ALTA”, principalmente, esto nos indica que las zonas representadas en esta cuenca disponen de poca cobertura vegetal, suelos fácilmente erosionables e impermeables (Universidad Nacional Agraria de la Selva, 2012). Por otro lado, en el caso de la Pendiente Media, se encuentran valores desde “Suave Accidentado” hasta “Muy Fuerte”, indicando que la cuenca posee un escorrentía acelerada por la predominancia en las categorías altas, precisamente por su gran pendiente. En el coeficiente de compacidad, se encuentra la categoría “Oval – Redonda a Oval – Oblonga”, este tipo de clase infiere un tipo de cuenca alargada, la cual no tiende a presentar crecidas súbitas y violentas, además, la “Oval – Oblonga a Rectangular – Oblonga”, que poseen baja torrencialidad (Universidad Distrital Francisco José de Caldas, 2016).

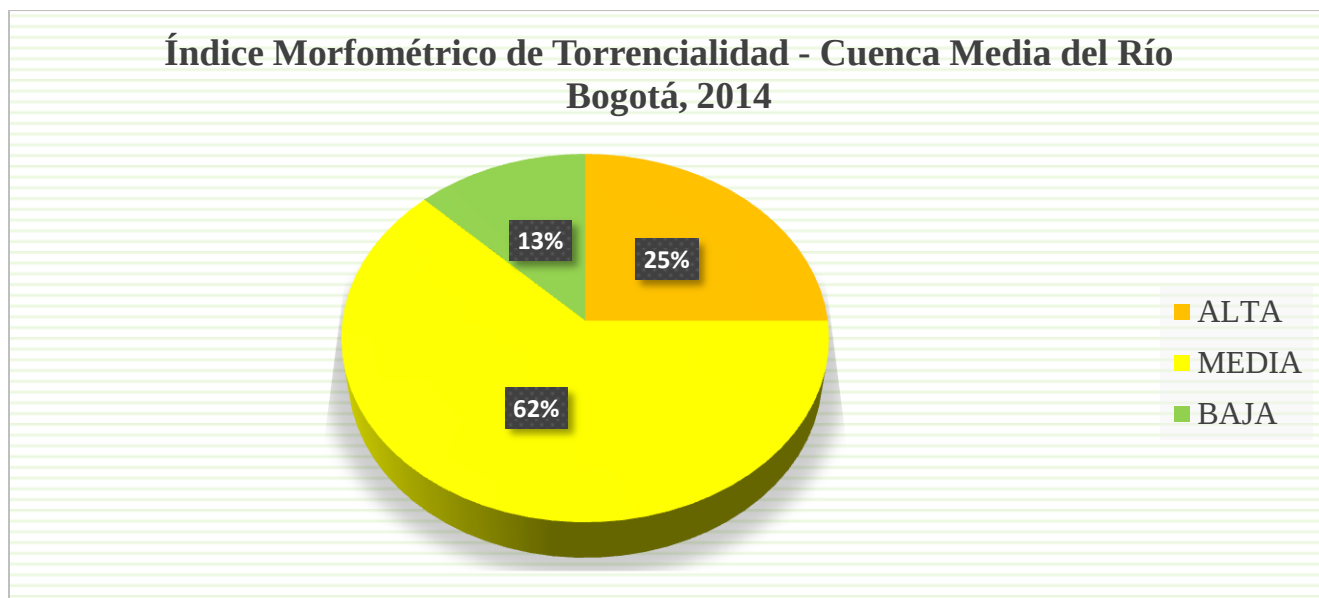


Figura 19. Categorización del Índice Morfométrico de Torrencialidad (IMT) para la Cuenca Media del Río Bogotá - 2014

Fuente: Autor (2018)

Para el caso de estudio de la Cuenca Media del Río Bogotá - 2017, el 75% de la Densidad de Drenaje es categorizada como “Alta” y “Muy Alta”, presentada en las subcuencas, Río Chicú, Río Frío y Río Balsillas, pertenecientes al cuerpo hídrico principal. La Pendiente Media se ve dividida aproximadamente de la misma manera en 2 partes, “Suave Accidentado” y “Fuerte”. Para el caso del Coeficiente de Compacidad, el 50% presentan formas “Oval – Redonda a Oval – Oblonga”, el 37.5% disponen de “Redonda a Oval – Redonda” y, el 12.5% restante hace referencia a “Casi Redonda a Oval – Redonda”.

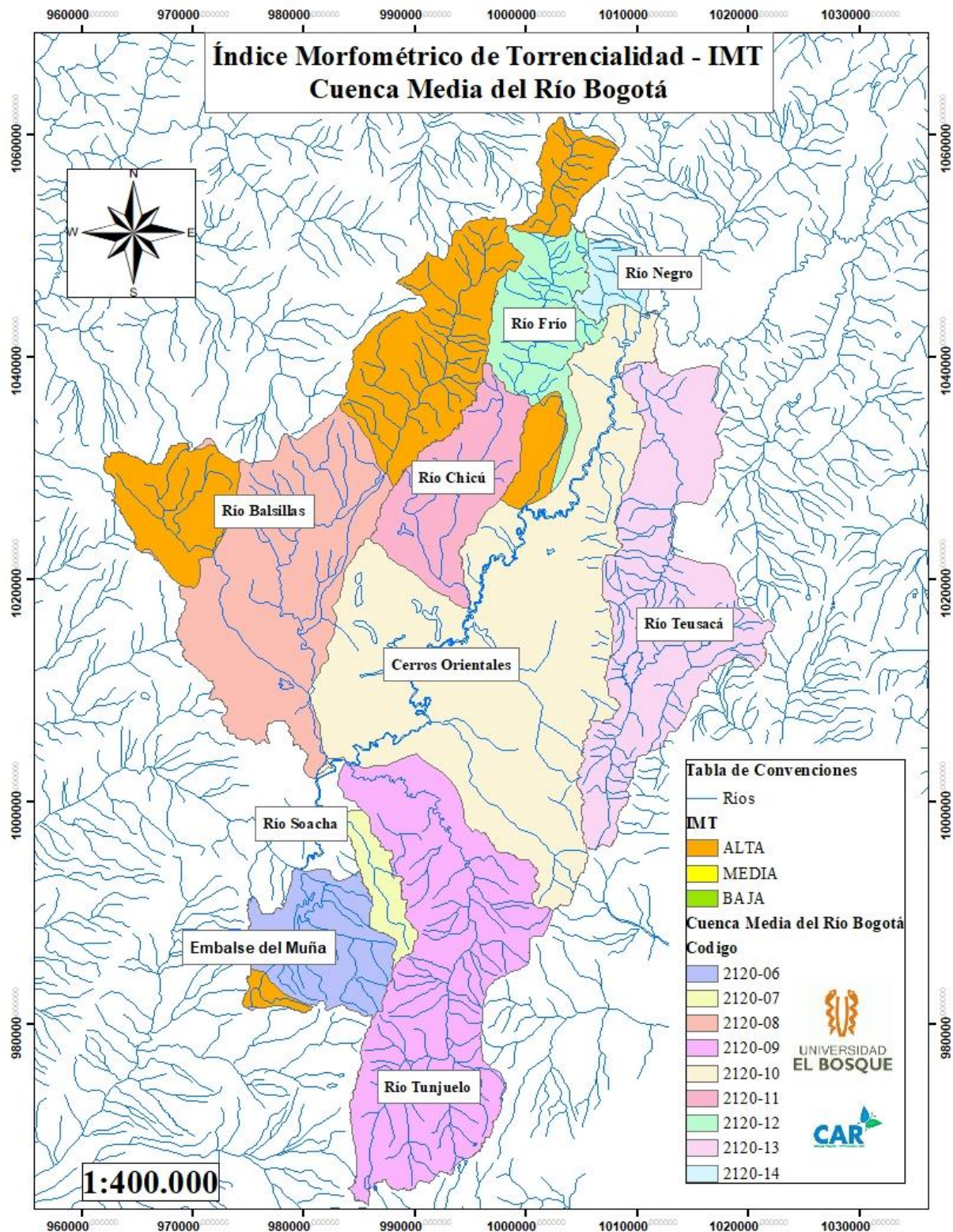


Figura 20. Mapa del Índice Morfométrico de Torrencialidad (IMT) para la Cuenca Media del Río Bogotá

Fuente: Autor (2018)

A partir de la diversificación de propiedades presentadas anteriormente, de manera general, la Cuenca Media del Río Bogotá – 2017, se encuentra en un estado Medio – Alto. A comparación del año 2014 que se observa disminuida levemente su torrencialidad en algunas subcuencas, como lo son Río Frío y una sexta parte del Río Balsillas. Sin embargo, la zona restante de este último cuerpo mencionado, incremento su torrencialidad cerca del 50%, de la misma manera con el Río Chicú y una tercera parte del Río Frío en la estación del Páramo de Guerrero.

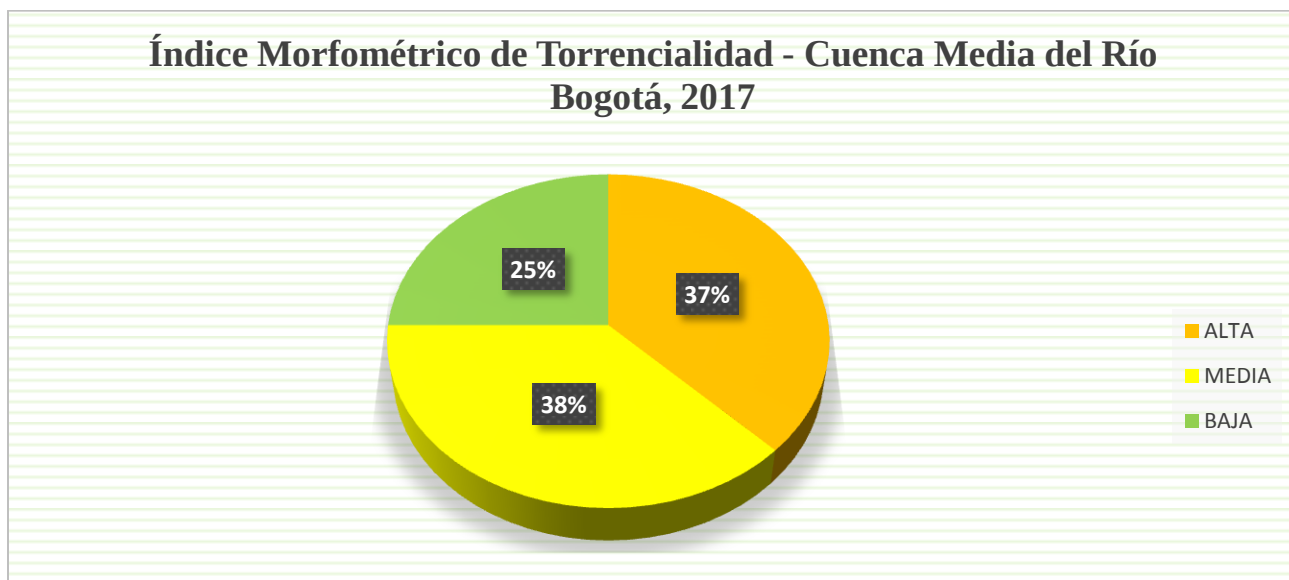


Figura 21. Categorización del Índice Morfométrico de Torrencialidad (IMT) para la Cuenca Media del Río Bogotá - 2017

Fuente: Autor (2018)

Con base a lo anterior, y a las Figuras 20 y 21, el estado de la Cuenca Media del Río Bogotá es Moderado – Alto, ya que con un bajo control por parte de la velocidad de escorrentía, poca cobertura vegetal que tiende a tomar parte del recurso hídrico, suelos impermeables y cuenca alargada, se tiene una mayor probabilidad de implicaciones ambientales, como lo son las avenidas torrenciales por el incremento sustancial en el caudal, a partir de las fuertes precipitaciones por fluctuaciones climáticas que se han dado en los años de estudio.

13.4 Índice de Vulnerabilidad a Eventos Torrenciales – IVET

El actual indicativo es el conjunto y suma de los anteriores índices, con el objetivo de establecer el nivel de susceptibilidad o fragilidad de que se produzca un evento o efectos negativos por parte del sistema y recurso hídrico, en términos físicos y ambientales (Disminución de los caudales, regulación hídrica y depuración, desabastecimiento por la disminución de oferta, entre otros), conforme a la variabilidad y torrencialidad de las Cuencas objetos de estudio (Echeverría, 2011).

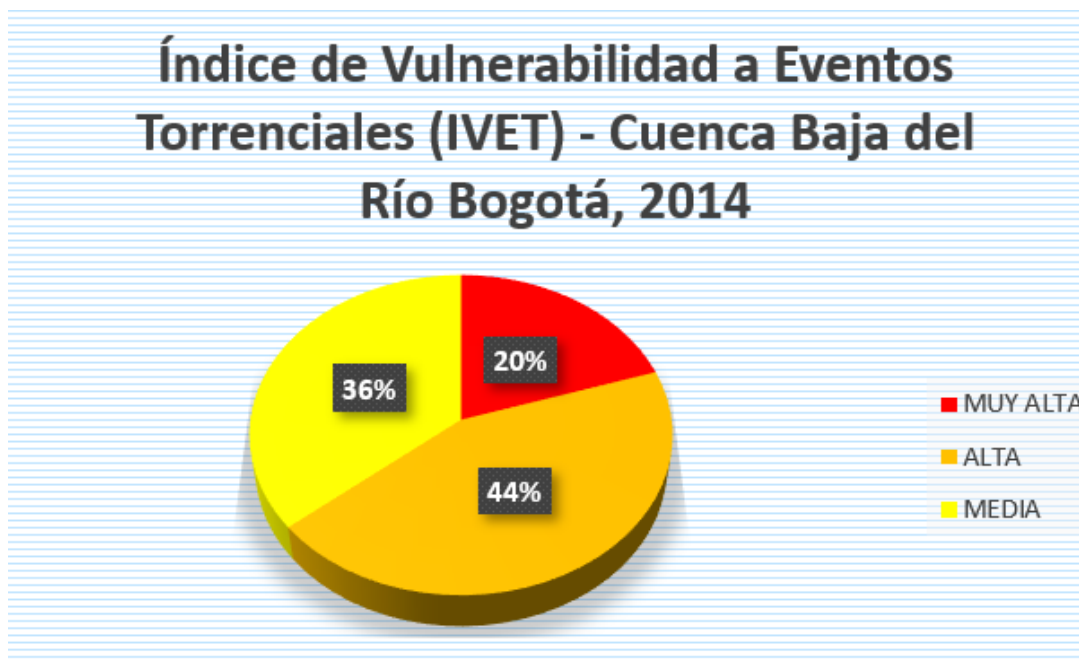


Figura 22. Categorización del Índice de Vulnerabilidad a Eventos Torrenciales (IVET) para la Cuenca Baja del Río Bogotá - 2014

Fuente: Autor (2018)

En la Figura 22, se observa el IVET para la Cuenca Baja del Río Bogotá – 2014, con predominancia en la categoría “Alta” con un 44%, que se puede relacionar directamente con los valores categorizados obtenidos por parte de la misma cuenca y período de tiempo de estudio, en términos de variabilidad y torrencialidad, los cuales se ven influidos de gran manera por parte de elementos de origen natural o antrópicos (ENSO, construcción, dinámica poblacional, contaminación de cuerpos hídricos, entre otros). Estos poseen un grado de dominio sobre el índice a analizar, ya que debió a las características morfométricas de la cuenca, su baja retención y regulación hídrica y la rapidez con las que se producen las variaciones y sus magnitudes, cualquier tipo de fenómeno violento como consecuencia de un incremento sustancial en el caudal de las corrientes, puede llegar a impactar de manera significativa.

Índice de Vulnerabilidad a Eventos Torrenciales (IVET) - Cuenca Baja del Río Bogotá, 2017

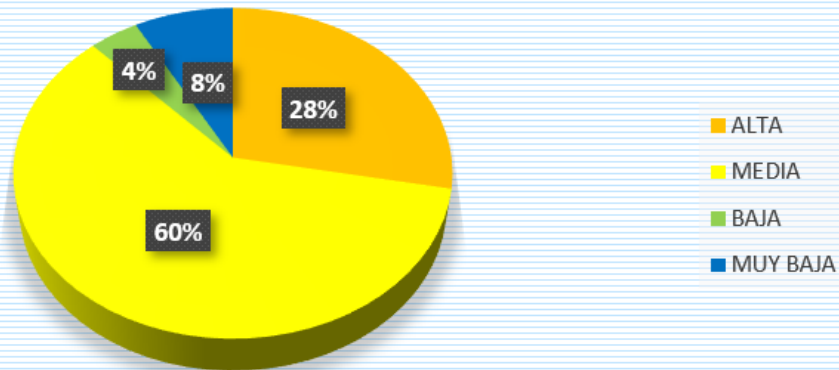


Figura 23. Categorización del Índice de Vulnerabilidad a Eventos Torrenciales (IVET) para la Cuenca Media del Río Bogotá - 2017

Fuente: Autor (2018)

Por otra parte, en la Figura 23, representando el año 2017, se vio un aumento considerable de la categorización “Media” en la Cuenca Baja del Río Bogotá, con un incremento del 24% sobre el porcentaje total de la distribución. Asimismo, la selección “Muy Alta” decrece completamente, la “Alta” se ve reducida en un 16% y, se generan dos nuevas clases, “Baja” y “Muy Baja”, representando un 12% sobre el porcentaje total.

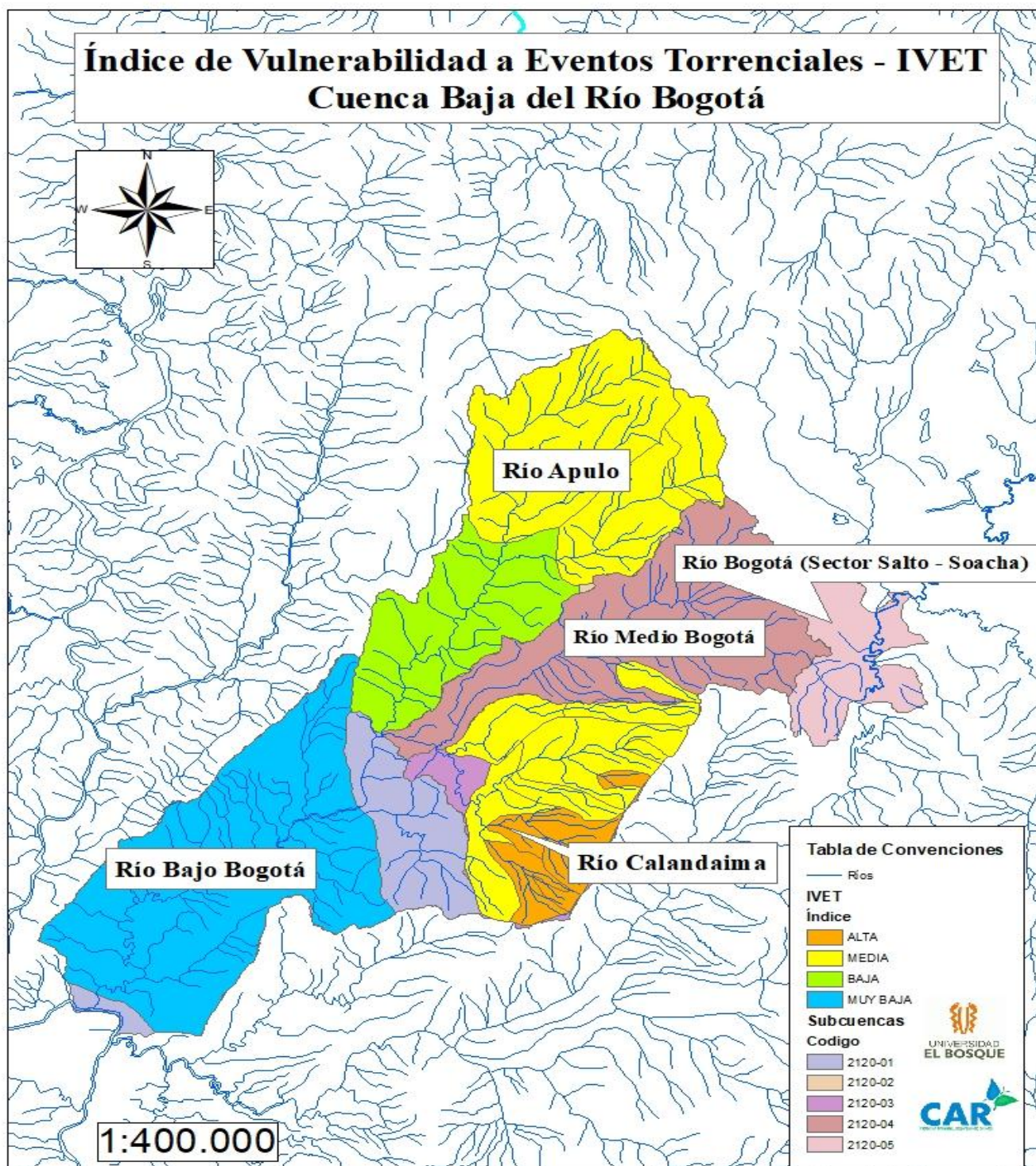


Figura 24. Mapa de Índice de Vulnerabilidad a Eventos Torrenciales (IVET) para la Cuenca Baja del Río Bogotá

Fuente: Autor (2018)

Con base a lo anterior, se puede inferir y corroborar, que a partir de los índices calculados anteriormente, la Cuenca Baja del Río Bogotá, con el transcurso de años desde su primera línea de investigación, ha progresado en su estado de optimización. Por un lado, se observa como la particularidad de retención y regulación ha aumentado, el componente de variabilidad se vio disminuido en un 80% por parte de las estaciones, y el actual índice morfométrico de torrencialidad se encuentra en un 56% en categoría “Baja”. Todo lo anterior, evita la provocación de avenidas o crecientes, producto de la fluctuación climática actual, que puedan afectar actividades agrícolas y el incremento de morbilidad y mortalidad de las comunidades aledañas (Poff, et al., 1997).

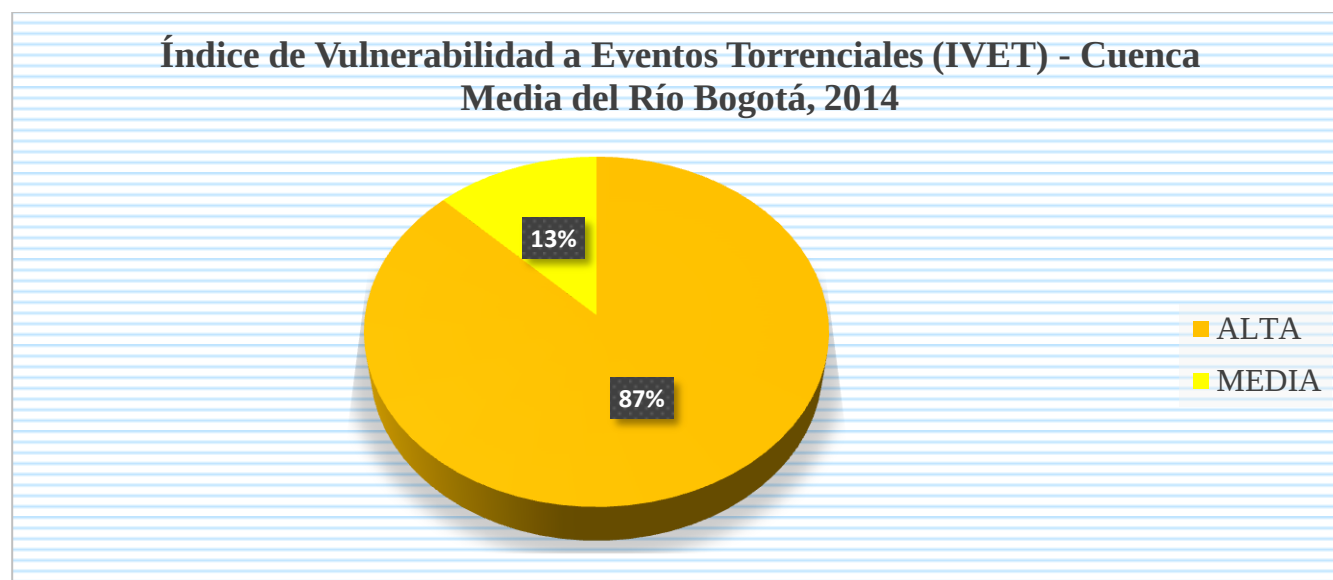


Figura 25. Categorización del Índice de Vulnerabilidad a Eventos Torrenciales (IVET) para la Cuenca Media del Río Bogotá - 2014

Fuente: Autor (2018)

En la primera línea de investigación de la Cuenca Media, como se puede observar en la Figura 25, se encontraba principalmente categorizada en zonas de alta fragilidad, esto es debido principalmente a la presencia de embalses en la zona que afectan y modifican el autóctono ecosistema fluvial, en términos del proceso natural de erosión, régimen de caudales y posteriormente, la calidad del recurso. Todo lo anterior, conforme al análisis holístico e integral de la dinámica del recurso hídrico a partir de los indicadores estudiados, derivando el aumento de desabastecimiento de los municipios que principalmente se beneficiaban de este recurso, como lo mencionó en el 2014 la gobernación de Cundinamarca, donde el 99% de los municipios de la Cuenca Media del Río Bogotá están en alerta roja por incendios presentados y riesgos de escases de agua (El Espectador, 2015).

Índice de Vulnerabilidad a Eventos Torrenciales (IVET) - Cuenca Media del Río Bogotá, 2017

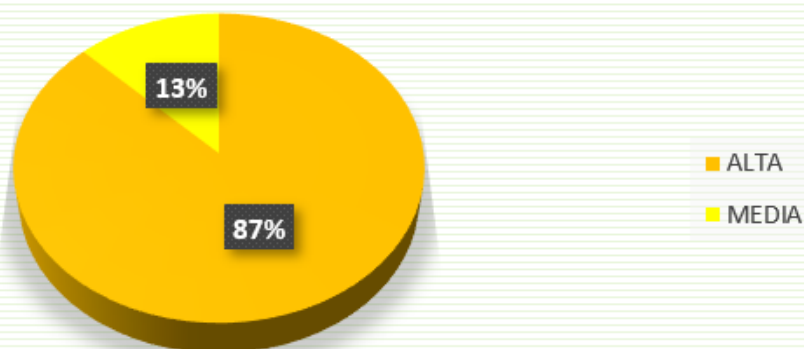


Figura 26. Categorización del Índice de Vulnerabilidad a Eventos Torrenciales (IVET) para la Cuenca Media del Río Bogotá - 2017

Fuente: Autor (2018)

En el actual componente, se observa con el Figura 26, se observa una conservación porcentual de las categorías “Media” y “Alta”, relacionado directamente con las particularidades de la Cuenca y su nivel de fluctuación. Sin embargo, actualmente, el 87% de la Cuenca Media del Río Bogotá se encuentra fácilmente expuesto a cualquier tipo de fenómeno violento, con altos efectos negativos: suelos fácilmente erosionables, disminución de caudales, baja recarga de acuíferos, decrecimiento en la tasa de oferta, limitación de disponibilidad por contaminación, alteración en la composición y estabilidad del sustrato, afección en los procesos de regeneración vegetal, incremento de la mortalidad por parte de las comunidades abastecedoras, decrecidas brascas, entre otros.

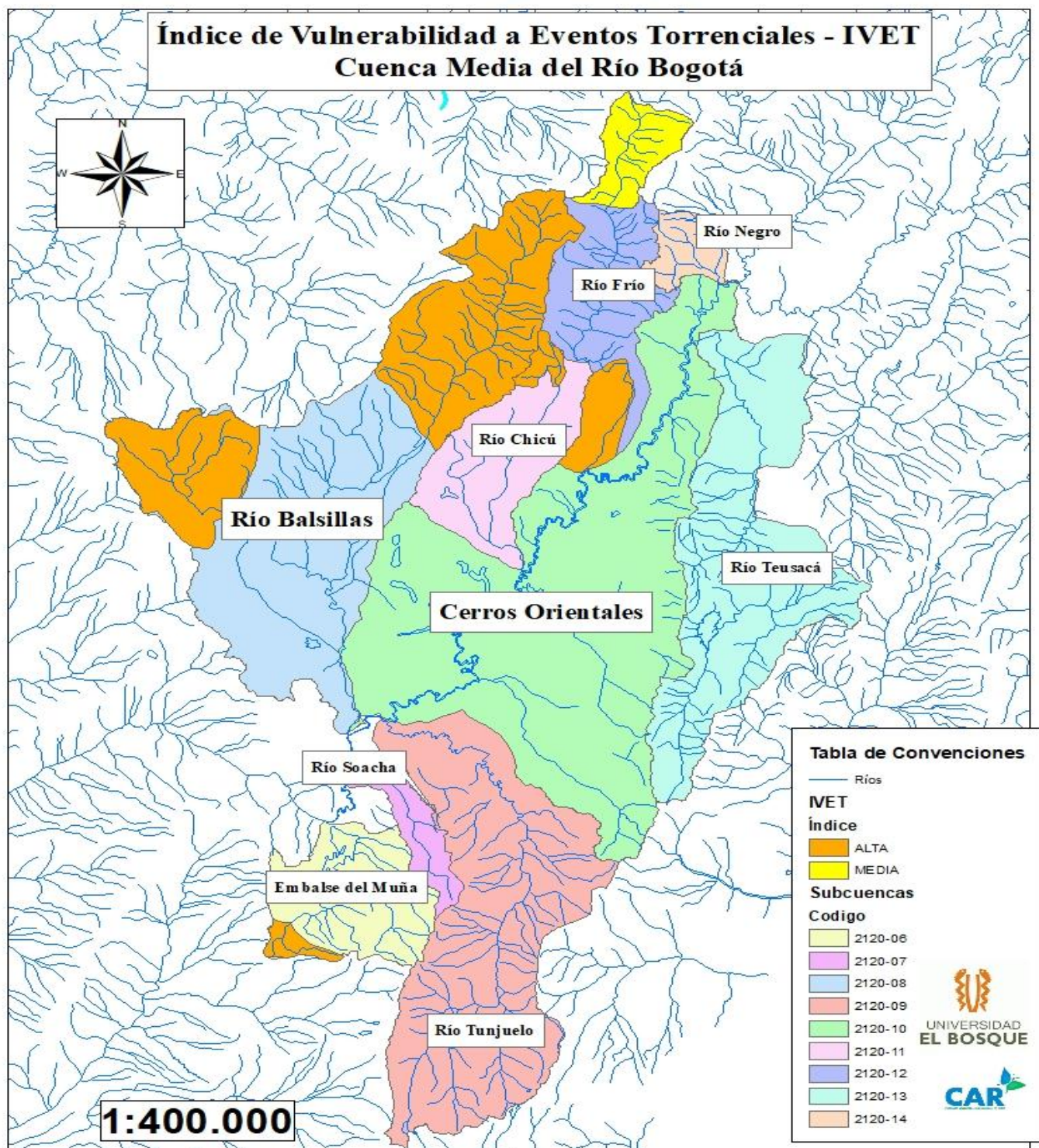


Figura 27. Mapa del Índice de Vulnerabilidad a Eventos Torrenciales - IVET para la Cuenca Media del Río Bogotá

Fuente: Autor (2018)

Todo lo anterior, conforme a la correlación de variables calculadas durante la investigación, una variabilidad alta y una regulación baja, asimismo, las características morfométricas de la zona, ocasionan la alta probabilidad de presentar eventos torrenciales debido a la variabilidad climática, además, las actividades antrópicas que se han realizado en la zona, disminuyendo su tasa de reposo para una nueva estabilidad ecológica.

Asimismo, los territorios que anteriormente se encontraban en zonas de probabilidad altas, se han reducido, a partir del buen desarrollo de actividades por parte del estado para la restauración de las cualidades iniciales que poseían las zonas de estudio, principalmente, la reforestación en zonas de la Cuenca del Río Bogotá

14 Conclusiones

- La generación de este tipo de información, correcta y actualizada, funcionará como insumo para la formulación y ejecución de programas y proyectos en gestión del riesgo, para el adecuado ordenamiento territorial, disponiendo el recurso hídrico como elemento estructural, con base a la distribución espacial y fluctuaciones climáticas.
- De manera general, se pudo observar la alta fluctuación por parte de los caudales en la Cuenca Baja y Media del Río Bogotá distribuidos en las 33 estaciones pertenecientes que las conforman, de las cuales, el 75% de estas se encuentran categorizadas entre baja - muy baja retención y regulación hídrica, relacionada directamente con la variabilidad media – alta que se presenta en las zonas de cobertura de dichas estaciones.
- Los valores atributos a las altas dinámicas encontradas en la zona, hacen referencia a la falta de planificación ambiental, en términos de estrategias de adaptación necesarias para un ordenamiento territorial, donde se disponga del agua como elemento estructural, con el objetivo de generar modelos de ocupación y actividades económicas sostenibles.
- Los fenómenos torrenciales han ido aumentando por las fluctuaciones climáticas actuales, en el caso de la Cuenca Baja del Río Bogotá, los niveles de susceptibilidad son bajos, ya que el 63% del cuerpo hídrico, se encuentra categorizado como bajo – muy bajo. Por otra parte, la Cuenca Media presenta particularidades físicas que la caracterizan por disponer de una vulnerabilidad medianamente alta.
- Conforme a los resultados obtenidos a partir de las singularidades físicas de las cuencas, de manera general, estas presentan un pendiente “Fuerte”, una densidad de drenaje “Moderada Alta” y un coeficiente de compacidad “Oval – Redonda a Oval – Oblonga”. Los parámetros

anteriores infieren un tipo de cuenca alargada, con escorrentía acelerada y posibles zonas con poca cobertura vegetal.

- La relación existente entre los indicativos de torrencialidad y las condiciones hidrológicas de las cuencas, permiten la comparación entre estas y su grado de vulnerabilidad a eventos torrenciales. En el caso de la Cuenca Baja del Río Bogotá, esta se encuentra en el valor intermedio de fragilidad, sin embargo, la Cuenca Media proporcionó valores completamente altos, que pueden afectar durante el transcurso de algún incidente a los sectores socioeconómicos y/o sobre el sistema hídrico.
- Las medidas correctivas y adaptativas a tener en cuenta para la mitigación de los efectos que, diferentes escenarios dinámicos pueden ocasionar sobre el cuerpo hídrico, deben tener un análisis holístico e integral de las tendencias poblacionales, económicas y políticas del país, con el fin de una correcta gestión integral del recurso.
- En comparación con los datos obtenidos en la primera línea de investigación, la Cuenca Baja del Río Bogotá – 2017, disminuyó el índice de vulnerabilidad en el que se encontraba, aumentando levemente su capacidad de regulación y retención hídrica, asimismo, las fluctuaciones que afectan la biota y su resiliencia se vieron disminuidas, y su morfometría decreció, con respecto a las particularidades físicas que puedan presentar eventos torrenciales.
- A diferencia de su contraparte, la Cuenca Media del Río Bogotá - 2017, se encuentra en un estado Alto crítico, aunque su variabilidad aumentó levemente, su baja retención hídrica, sus niveles de variación de caudales, zonas de baja cobertura vegetal, suelos fácilmente erosionables, elevadas pendientes, ocasionan un aumento en la fragilidad de las zonas respectivas a valores altos, además, estos se ven principalmente reflejados por la activa intervención antrópica que impide su restauración natural.
- La metodología utilizada en el presente trabajo de investigación permite observar de manera integral todas las variables a correlacionar, asimismo, facilita observar la dinámica de las cuencas hidrográficas, a partir de la distribución espacial y fluctuaciones de las variables en los períodos de estudios, permitiendo la toma de medidas correctivas y adaptativas para la mitigación de impactos negativos de manera eficiente contra las amenazas que presenten los sistemas hídricos (inundaciones, eventos torrenciales, desabastecimiento hídrico, pérdida de ecosistemas reguladores, entre otros).

- La realización de este tipo de trabajo forma parte esencial para el desarrollo y complementación de un Ingeniero Ambiental, ya que el manejo, regulación y control, del agua como recurso natural forma parte de los Objetivos de Desarrollo Sostenible – ODS (Agua Limpia y Saneamiento, Trabajo Decente y Crecimiento Económico, Vida Submarina), para el desenvolvimiento y crecimiento económico del país, conforme a un equilibrio de uso, según la oferta y demanda que se establezcan. Asimismo, el componente social, como un factor influyente genera la necesidad de políticas de gestión y adaptación acordes con las fluctuaciones actuales (variabilidad climática, densidad poblacional, régimen de caudales, interacción del sistema suelo – vegetación).

15 Recomendaciones

- Se deberían desarrollar nuevas formas de consolidación de información dentro de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca – CAR, permitiendo la evaluación y análisis completo de todas las estaciones en las cuencas objetos de estudio, principalmente, para ofrecer como resultado un informe consolidado que abarque todo el territorio, facilitando la toma de decisiones y desarrollo de Programas de Gestión Integral del Recurso Hídrico completos.
- Los resultados obtenidos se tendrán en cuenta en estudios posteriores para el levantamiento de línea base, los cuales permitirán ser implementados en los Planes de Ordenamiento (POMCA, EOT, PORH, POT, entre otros), con el objetivo de generar un desarrollo y crecimiento económico sostenible y equilibrado del país, teniendo en cuenta el cuidado del recurso y las zonas con mayor fragilidad y vulnerabilidad.
- La elaboración de este tipo de estudios, ofrecerán un apoyo para el desarrollo de políticas públicas gestionada correctamente a través del gobierno, con el objetivo de satisfacer las necesidades de la población urbana y rural del Distrito Capital, fortaleciendo el Plan de Ordenamiento Territorial (POT) y el Plan de Manejo de Cuenca Hidrográfica del Río Bogotá (POMCA).
- Fortalecer el convenio entre la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca – CAR y la Universidad El Bosque, con el objetivo de que el Ingeniero Ambiental refuerce conocimientos generales adquiridos durante la carrera.

16 Glosario

- **Avenida Torrencial:** Movimiento en masa que se desplazan generalmente por los cauces de las quebradas, llegando a transportar volúmenes importantes de sedimentos y escombros, con velocidades peligrosas para los habitantes e infraestructura ubicados en las zonas de acumulación, de cuencas de montaña susceptibles de presentar este tipo de fenómenos.
- **Ciclo Hidrológico:** Proceso por el cual las masas de agua cambian de estado y posición relativa en el planeta. Es un proceso continuo en el que una molécula de agua describe un ciclo cerrado pasando por varios estados de agregación de la materia diferentes.
- **Cuenca Hidrográfica:** Toda el área de terreno que contribuye al flujo de agua en un río o quebrada. También se conoce como el área de captación o área de terreno de donde provienen las aguas de un río, quebrada, lago, laguna, humedal, estuario, embalse, acuífero, manantial o pantano.
- **Morfometría:** Características físicas de una cuenca tienen una relación estrecha con el comportamiento de los caudales que transitan por ella; sin embargo, la poca información cartográfica de la que se dispone, hace que el encontrar esa relación no sea fácil y que por lo tanto su uso en estudios hidrológicos sea limitado.
- **ENSO:** Fluctuación natural de las temperaturas superficiales del mar y la presión superficial del aire del Océano Pacífico Tropical entre el este y oeste. Durante un evento “El Niño,” los vientos alisios del este se debilitan, permitiendo que el agua superficial más cálida del Océano Pacífico Tropical del oeste corra hacia el este. Durante un evento “La Niña,” estos vientos alisios se intensifican, causando que el agua cálida del este no pueda correr hacia el oeste y por consiguiente que el agua cálida superficial del este se apile.
- **Régimen Hidrológico:** Duración de las épocas de inundaciones como resultado de la cantidad de agua que hay en superficie (agua de superficie), las precipitaciones y el flujo de las aguas subterráneas.

17 Bibliografía

- Alcaldía de Bogotá. (2012). *Cuenca Media del Río Bogotá*. Retrieved from http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/adminverblobawa?tabla=T_NORMA_ARCHIVO&p_NORMFIL_ID=305&f_NORMFIL_FILE=X&inputfileext=NORMFIL_FILENAME
- Alcaldía Mayor de Bogotá. (1974, Diciembre 18). *DECRETO 2811 DE 1974*. Retrieved from <https://www.habitatbogota.gov.co/decreto-2811>
- Arthington, A. H. (1997). *Wounded Rivers, Thirsty land: getting water management right*. Queensland, Australia: Griffith University.
- Banco Mundial. (2012). *Gestión Integral de Aguas Urbanas: Estudio de Caso - Bogotá*. Bogotá, Colombia.
- Cardona, B. (2012). *Conceptos Básicos de Morfometría de Cuencas Hidrográficas*. Guatemala.
- Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca [CAR]. (1994, Agosto 3). *Decreto 1768*. Retrieved from <https://encolombia.com/medio-ambiente/normas-a/hume-decreto176894/>
- Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca [CAR]. (2006). *Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica del Río Bogotá*. Bogotá, Colombia: CAR.
- Echeverría, J. B. (2011). *Evaluación de la Vulnerabilidad Futura del Sistema Hídrico al Cambio Climático*. San José, Costa Rica.
- El Espectador. (2015). *Preocupación por posible desabastecimiento en embalses de Cundinamarca*. Retrieved from <https://www.elespectador.com/noticias/nacional/preocupacion-posible-desabastecimiento-embalses-de-cund-articulo-608331>
- El Espectador. (2016, Noviembre 21). *Alerta Amarilla en Cuenca Media del Río Bogotá por lluvias*. Retrieved from <https://www.elespectador.com/noticias/bogota/alerta-amarilla-cuenca-media-del-rio-bogota-lluvias-articulo-666551>
- Fundación Universidad Autónoma de Colombia. (2002). *Desarrollo y Medio Ambiente: Una Mirada a Colombia*. Bogotá, Colombia: FUAC.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [IDEAM] . (2010). *Evaluación Nacional del Agua*. Bogotá, Colombia: IDEAM.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [IDEAM] . (2016). *Características Climatológicas de Ciudades Principales y Municipios Turísticos*. Bogotá, Colombia: IDEAM.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [IDEAM]. (2010). *Estado y Dinámica del Agua en Áreas Hidrográficas en Colombia*. Bogotá, Colombia: IDEAM.

- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [IDEAM]. (2012). *Cambio Climático más Probable para Colombia a lo largo del Siglo XXI respecto al Clima Presente*. Bogotá, Colombia: IDEAM.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [IDEAM]. (2013). *EVALUACIÓN REGIONAL DEL AGUA - ERA RÍO BOGOTÁ CUENCA BAJA*. Bogotá, Colombia: IDEAM.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [IDEAM]. (2013). *EVALUACIÓN REGIONAL DEL AGUA - ERA RÍO BOGOTÁ CUENCA MEDIA*. Bogotá, Colombia: IDEAM.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [IDEAM]. (2014). *Estudio Nacional del Agua*. Bogotá, Colombia: IDEAM.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [IDEAM]. (2015). *Estudio Nacional del Agua [2014]*. Bogotá, Colombia: IDEAM.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [IDEAM]. (2016). *Características Climatológicas de Ciudades Principales y Municipios Turísticos*. Bogotá, Colombia: IDEAM.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [IDEAM], Instituto Geográfico Agustín Codazzi [IGAC], Departamento Administrativo Nacional de Estadística [DANE]. (2011). *Reporte Final de Áreas Afectadas por Inundaciones 2010 - 2011*. Bogotá, Colombia.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [IDEAM]. (2013). *Marco Conceptual y Metodológico para las Evaluaciones Regionales del Agua*. Bogotá, Colombia: IDEAM.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [IDEAM]. (2018). *Atlas Interactivo Climatológico*. Retrieved from <http://atlas.ideam.gov.co/visorAtlasClimatologico.html>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible [MADS]. (2018). *Evaluación Hidrológica*. Retrieved from <http://www.ideam.gov.co/web/agua/evaluacion-recurso-hidrico>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible [MADS]. (2018). *Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico PORH*. Retrieved from <http://www.minambiente.gov.co/index.php/component/content/article/1451-plantilla-gestion-integral-del-recurso-hidrico-36>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible [MADS]. . (2014). *Criterios para la priorización de Cuencas Hidrográficas objeto de Ordenación y Manejo*. Bogotá, Colombia: MADS.
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial [MAVDT]. (2010). *Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico*. Bogotá, Colombia: MAVDT.
- Monsalve, G. (1999). *HIDROLOGÍA EN LA INGENIERÍA*. Bogotá, Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.
- Perea, A. (2008). *Legislación Ambiental*. Bogotá, Colombia: Universidad Militar Nueva Granada.
- Pérez, G. (2002). *Desarrollo y Medio Ambiente: Una mirada a Colombia*. Fundación Universidad Autónoma de Colombia.

- Poff, L. N. (1997). *The Natural Flow Regime: A paradigm for river conservation and restoration*. BioScience.
- Sistema de Inventario de Efectos de Desastres [DESINVENTAR]. (2016). *Inventario Histórico Nacional de Desastres - Colombia*. Retrieved from https://online.desinventar.org/desinventar/#COL-1250694506-colombia_inventario_historico_de_desastres
- Thoms, M. C. (2002). *An ecosystem approach for determining environmental water allocations in Australian dryland river systems: the role of geomorphology*. Canberra, Australia: ELSEVIER.
- Universidad Distrital Francisco José de Caldas. (2016). *Evaluación de la Vulnerabilidad y Amenaza de los Sistemas Hídricos Naturales en el marco de la Evaluación Regional del Agua para la Cuenca del Río Sumapaz, Jurisdicción CAR*. Bogotá, Colombia.
- Universidad Nacional Agraria de la Selva. (2012). *Caracterización Morfométrica de la Cuenca Hidrográfica Chinchao, Distrito de Chinchao, Provincia Huanuco, Región Huanuco*. Tingo María, Perú.