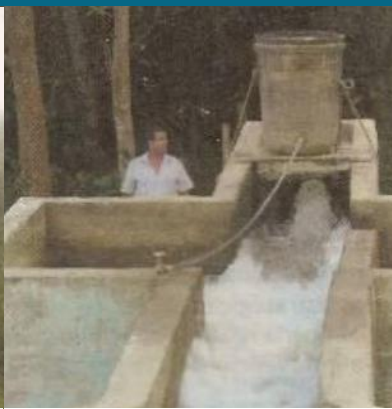




Nacimiento Quebrada Las Panelas Fuente: CORTOLIMA



Acueducto Ambalá Fuente: CORTOLIMA



Quebrada Hato de la Virgen Fuente: CORTOLIMA

ANÁLISIS MULTITEMPORAL DEL CRECIMIENTO URBANO DE IBAGUÉ Y SU RELACIÓN CON EL DETERIORO DE LAS MICROCUENCAS URBANAS: QUEBRADA LAS PANELAS Y QUEBRADA HATO DE LA VIRGEN. (1985-2018)

Universidad Santo Tomás
Facultad de Ingeniería Civil
Especialización en Gestión Territorial y Avalúos

Bogotá D.C
2018





**ANÁLISIS MULTITEMPORAL DEL CRECIMIENTO URBANO DE IBAGUÉ Y SU RELACIÓN CON
EL DETERIORO DE LAS MICROCUENCAS URBANAS: QUEBRADA LAS PANELAS-LA BALSA
Y QUEBRADA HATO DE LA VIRGEN. (1985-2018)**

LUISA FERNANDA ÁVILA URUEÑA
JOHAN SEBASTIAN MOLINA CAMACHO

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL ESPECIALIZACIÓN EN GESTIÓN TERRITORIAL Y AVALÚOS
BOGOTÁ D.C.
2018



ANÁLISIS MULTITEMPORAL DEL CRECIMIENTO URBANO DE IBAGUÉ Y SU RELACIÓN CON EL DETERIORO DE LAS MICROCUENCAS URBANAS: QUEBRADA LAS PANELAS-LA Balsa Y QUEBRADA HATO DE LA VIRGEN. (1985-2018)

Arq. LUISA FERNANDA ÁVILA URUEÑA
Ing. Catastral JOHAN SEBASTIAN MOLINA CAMACHO

Trabajo de Grado para optar al título de Especialista en Gestión Territorial y Avalúos

Director
JAIME ALBERTO DUARTE CASTRO

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL ESPECIALIZACIÓN EN GESTIÓN TERRITORIAL Y AVALÚOS
BOGOTÁ D.C.
2018



CONTENIDO

1. RESUMEN	7
2. INTRODUCCIÓN	8
3. DEFINICIÓN DE LA PROBLEMÁTICA.....	14
4. OBJETIVOS.....	17
4.1. Objetivo general.....	17
4.2. Objetivos específicos	17
5. JUSTIFICACIÓN.....	18
6. MARCO REFERENCIAL.....	19
7. MARCO NORMATIVO	20
8. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	26
9. MARCO TEÓRICO	28
9.1. Crecimiento demográfico en el mundo y su relación con el recurso hídrico	28
9.2. Crecimiento demográfico en la ciudad de Ibagué y sus consecuencias en el desarrollo urbano y manejo del recurso hídrico	29
9.3. Clasificación del suelo	33
9.3.1. Suelo Urbano	34
9.3.2. Suelo de Expansión Urbana	35
9.3.3. Suelo Rural	35
9.3.4. Suelo Suburbano	36
9.3.5. Suelo de protección	36
9.4. Sistema ambiental	38
9.5. Estructura ecológica principal	38
9.5.1. Categorías de la estructura ecológica principal	39
9.6. Sistema ambiental urbano	41
9.6.1. Otros elementos urbanos constitutivos del espacio público de la ciudad.....	43
9.6.2. Retiros Hidrológicos	44
9.6.3. Reglamentación de los usos suelos de protección-Retiros Hidrológicos.	44
9.7. Cuenca hidrográfica.....	45
9.7.1. Macro-cuencas de Colombia.	45
9.7.2. Contexto Nacional del Abastecimiento del Recurso Hídrico.	45
9.7.3. Contexto Local: Cuencas Principales en la ciudad de Ibagué.	46



9.7.4.	Sub-cuenca del Río Chípalo	47
9.7.5.	Factores que limitan el desarrollo de la sub- cuenca del Río Chípalo.....	48
9.7.6.	Indicadores de Capacidad hídrica de la Sub-cuenca del Río Chipalo.....	50
9.7.6.1.	Oferta Hídrica.....	50
9.7.6.2.	Caudal de Distribución.....	51
9.7.6.3.	Rendimiento Hídrico	55
9.7.6.4.	Índice de escasez	60
9.7.6.5.	Fuentes Abastecedoras de Acueductos.....	63
9.7.6.6.	Acueductos Veredales.	64
9.8.	Delimitación espacial de la zona de estudio	67
9.8.1.	Definición de los límites de la zona de Ibagué en coordenadas geográficas	67
9.8.2.	Extensión del área de interés microcuencas.....	69
9.8.3.	Contexto Particular: Microcuenca urbana quebrada hato de la virgen.....	69
9.8.3.1.	Oferta Hídrica.....	70
9.8.3.2.	Problemática Socio-Ambiental	71
9.8.4.	Contexto Particular: Microcuenca urbana quebrada Las Panelas-La Balsa	71
9.8.4.1.	Características Generales.....	73
9.8.4.2.	Problemática Socio-Ambiental	73
9.9.	Sistema de Información Geográfica.....	74
9.9.1.	Imagen Satelital	74
9.9.2.	Satélites, Sensores y Bandas	74
9.9.2.1.	Características Landsat 5	75
9.9.2.2.	Características Landsat 7	76
9.9.2.3.	Características Landsat 8	76
9.9.3.	La imagen Multiespectral	77
9.9.4.	Ventajas de trabajar con una imagen multiespectral.....	77
10.	METODOLOGÍA	78
10.1.	Inventario de imágenes.....	78
10.2.	Combinaciones de color	79
10.3.	Factor de índice óptimo (OIF)	79
10.3.1.	Imagen Landsat 5, 22 de marzo de 1985.....	80
10.3.2.	Imagen Landsat 5, 30 de agosto de 1997.....	80



10.3.3.	Imagen Landsat 8, 17 de marzo de 2018.....	81
10.4.	Combinaciones de color con mayor OIF.....	82
10.4.1.	Imagen Landsat 5, 22 de marzo de 1985 RGB (5,4,1).....	82
10.4.2.	Imagen Landsat 5, 30 de agosto de 1997 RGB (5,4,1).....	83
10.4.3.	Imagen Landsat 8, 17 de marzo de 2018 RGB (6,5,2).....	83
10.5.	Análisis de las coberturas encontradas	84
10.5.1.	Coberturas Imagen Landsat 5, 22 de marzo de 1997	84
10.5.2.	Coberturas Imagen Landsat 5, 30 de agosto de 1997	85
10.5.3.	Coberturas Imagen Landsat 8, 17 de marzo de 2018.....	86
10.5.4.	Análisis visual de las imágenes Landsat con mayor OIF	87
10.6.	Mejoramiento de las imágenes	89
10.6.1.	Mejoramiento lineal por Min-Max	90
10.6.2.	Mejoramiento de contraste a 0.5, 1, 2, 3 desviaciones estándar imagen Landsat 5 1985 91	
10.6.3.	Mejoramiento de contraste a 0.5, 1, 2, 3 desviaciones estándar imagen Landsat 5 1997 92	
10.6.4.	Mejoramiento de contraste a 0.5, 1, 2, 3 desviaciones estándar imagen Landsat 8 2018 93	
10.6.5.	Mejoramiento de contraste a partir de intervalos de significancia 1%, 5%, 10%. Imagen Landsat 5 1985	94
10.6.6.	Mejoramiento de contraste a partir de intervalos de significancia 1%, 5%, 10% imagen Landsat 5 1997	95
10.6.7.	Mejoramiento de contraste a partir de intervalos de significancia 1%, 5%, 10% imagen Landsat 8 2018	96
10.7.	Clasificación No Supervisada	97
11.	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	98
12.	CONCLUSIONES	102
13.	RECOMENDACIONES.....	105
14.	REFERENCIAS	106



ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Progress on Sanitation and Drinking Water.2010. OMS/UNICEF.....	8
Ilustración 2. Crecimiento Urbano 1958-2008. Bitácora Urbano- Territorial. Universidad Nacional de Colombia. 2013.....	9
Ilustración 3. Aplicación Metodológica al Ordenamiento Territorial de Ibagué, 2001	10
Ilustración 4. Viviendas en zonas de riesgo y contaminación de quebradas por disposición de residuos sólidos y líquidos (Quebradas La Balsa y Las Panelas) CORTOLIMA.....	11
Ilustración 5. Contaminación por residuos sólidos, Quebrada Hato de la Virgen. CORTOLIMA	12
Ilustración 6. Principales Normas del Sector Ambiental y de Desarrollo Territorial Fuente: CORTOLIMA 2013.....	22
Ilustración 7. Evolución de la población urbana de Ibagué 1550-2016 Fuente: Findeter	30
Ilustración 8. Huella Urbana Ciudad de Ibagué Fuente Findeter Programa de Ciudades Sostenibles.	32
Ilustración 9. Evolución de la huella urbana de Ibagué 1950-2016 Fuente: Findeter.....	33
Ilustración 10. Clasificación del suelo Fuente: P.O.T. Ibagué	34
Ilustración 11. Suelos de Protección urbano Fuente POT Ibagué 2014	37
Ilustración 12. Estructura ecológica principal Fuente POT Ibagué 2014.....	39
Ilustración 13. Áreas constitutivas del espacio público urbano mapa U9 Fuente: POT Ibagué 2014	43
Ilustración 14. Macro-cuencas de Colombia Fuente: Min. Ambiente 2015	45
Ilustración 15. Cuencas Hídricas en Ibagué- Fuente: Aplicación Metodológica al Ordenamiento territorial de Ibagué, 2001	47
Ilustración 16. Delimitación de las subcuencas que conforman la cuenca del Río Totare- Fuente: CORTOLIMA	48
Ilustración 17. Contaminación en el Río Chipalo. Fuente: Juan José Vásquez Barragán 2016.....	50
Ilustración 18. Mapa con las Fuentes Abastecedoras de la Cuenca Mayor del Río Totare. Fuente CORTOLIMA 2018.....	66
Ilustración 19. Delimitación espacial zona de estudio. Fuente: Google Earth 2018.	67
Ilustración 20. Límites de la zona de zona de estudio. Fuente: Google Earth 2018.	68
Ilustración 21. Ubicación microcuenca urbana Hato de la Virgen Fuente: Plan de Manejo Socio Ambiental Hato de la Virgen 2012	70
Ilustración 22. Mapa De Localización Microcuenca Las Panelas. Fuente CORTOLIMA	72
Ilustración 23. Combinación mayor OIF imagen 1985. Elaboración propia.....	82
Ilustración 24. Combinación mayor OIF imagen 1997. Elaboración propia.....	83
Ilustración 25. Combinación mayor OIF imagen 2018. Elaboración propia.....	83
Ilustración 26. Expansión Urbana de Ibagué para los años 1985, 1997 y 2018 Fuente: Autores	99
Ilustración 27. Imagen clasificación no supervisada Landsat 5 1985. Fuente: Elaboración propia. .	100
Ilustración 28. Imagen clasificación no supervisada Landsat 5 1997. Fuente Elaboración propia. .	101
Ilustración 29. Imagen clasificación no supervisada Landsat 8 2018. Fuente: Elaboración propia. .	101



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Políticas y estrategias Ambientales. Fuente: “Guía para la Formulación y el Seguimiento de los Planes de Acción de las Corporaciones Autónomas Regionales y de Desarrollo Sostenible 2007-2011 MAVDT 2007. Versión actualizada”	25
Tabla 2. Suelos de Expansión Urbana Fuente POT Ibagué 2014	35
Tabla 3. Centros Poblados de Ibagué Fuente POT Ibagué 2014	36
Tabla 4. Relación de suelos de protección urbanos Fuente POT Ibagué 2014	42
Tabla 5. Delimitación de rondas hídricas urbanas Fuente POT Ibagué 2014	44
Tabla 6. Cobertura de Acueducto y alcantarillado en grandes ciudades, Fuente Informes de Auditoria Externa 1999.	46
Tabla 7. Cálculos Cobertura Servicio público de acueducto Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios SSPD, diciembre de 1999.	46
Tabla 8. Acueductos satelitales urbanos en la Cuenca del Río Chípalo. Fuente CORTOLIMA.....	49
Tabla 9. Aforos sobre el Río Chípalo Fuente: Planing Ltda. CORTOLIMA.....	49
Tabla 10. Aportes Hídricos Municipales.....	51
Tabla 11. Oferta Hídrica Total Superficial de la Cuenca del Río Totare. Fuente: CORTOLIMA 2018	52
Tabla 12. Oferta Hídrica Total Superficial de la Cuenca del Río Totare. Fuente: CORTOLIMA 2018	53
Tabla 13. Tabla de Oferta Hídrica Total Superficial de la Cuenca del Río Totare. Fuente: CORTOLIMA 2018.....	54
Tabla 14. Producción y Rendimiento Cuenca del Río Totare.	56
Tabla 15. Producción y Rendimiento Fuente CORTOLIMA 2018.	57
Tabla 16. Producción y Rendimiento Fuente CORTOLIMA 2018.	58
Tabla 17. Producción y Rendimiento Fuente CORTOLIMA 2018.	59
Tabla 18. Índice de escasez Fuente CORTOLIMA 2018	60
Tabla 19. Índice de escasez Fuente CORTOLIMA 2018	61
Tabla 20. Índice de escasez Fuente CORTOLIMA 2018	62
Tabla 21. Datos de interpretación- índice de escasez Fuente CORTOLIMA 2018	62
Tabla 22. Acueductos satelitales o comunitarios sobre la Cuenca Hidrográfica Mayor del Río Totare, Fuente CORTOLIMA 2018	63
Tabla 23. Número de acueductos urbanos y rurales en la Cuenca Mayor del Río Totare. Fuente: CORTOLIMA 2018.....	65
Tabla 24. Límites de la zona de estudio. Elaboración propia.....	67
Tabla 25. Acueductos Comunitarios presentes en la microcuenca Las Panelas- La Balsa Fuente: CORTOLIMA.....	73
Tabla 26. Características Landsat 5. Elaboración propia.....	75
Tabla 27. Características Landsat 7. Elaboración propia.....	76
Tabla 28. Características Landsat 8. Elaboración propia.....	77
Tabla 29. Selección imágenes satelitales misiones Landsat. Elaboración propia.....	78
Tabla 30. Calculo OIF imagen Landsat 5 -1985. Elaboración propia	80
Tabla 31. Calculo OIF imagen Landsat 5 -1997. Elaboración propia	81
Tabla 32. Calculo OIF imagen Landsat 8 -2018. Elaboración propia	82
Tabla 33. Análisis de las coberturas de las imágenes Landsat 5 y 8. Elaboración propia.	88



Tabla 34. Tasa de Expansión Urbana del municipio de Ibagué en la zona de influencia de las Microcuencas Las Panelas/La Balsa y Hato de la Virgen Fuente: Autores.....	98
Tabla 35. Incremento del área urbana en la zona y periodo de tiempo determinados para el estudio en el municipio de Ibagué. Fuente: Autores.....	99
Tabla 36. Área coberturas imagen 1985. Fuente: Elaboración propia.....	103
Tabla 37. Área coberturas imagen 1997. Fuente: Elaboración propia.....	103
Tabla 38. Área coberturas imagen 2018. Fuente: Elaboración propia.....	104



1. RESUMEN

El crecimiento urbano se ha transformado en un fenómeno espacial de importancia en América Latina y el mundo, que por su connotación de problema social que afecta de forma directa el sistema ambiental y por consiguiente la calidad de vida tanto presente como futura, debe ser controlado. La importancia del análisis multitemporal radica en que permite identificar los efectos del acelerado crecimiento poblacional de las áreas urbanas, en la cobertura del suelo, fenómeno que se refleja en la urbanización de áreas de importancia ambiental como las cuencas hidrográficas.

Debido a esta situación se profundiza en un análisis multitemporal de crecimiento urbano en el municipio de Ibagué, basado en la comparación de imágenes satelitales entre los años 1985 y 2018, que mediante un proceso de clasificación con el uso de software, permite identificar elementos de la zona y determinar el área de desarrollo urbano y su grado de afectación en dos microcuencas urbanas principales como son la Quebrada Las Panelas y la Quebrada Hato de la Virgen, zonas que abastecen el sistema de acueducto de la ciudad.

La investigación realizó un diagnóstico acerca de la evolución del proceso de urbanización sobre las microcuencas urbanas: Hato de la Virgen y Las Panelas, con el objetivo de identificar las zonas que presentan mayor vulnerabilidad y que deben ser recuperadas para mejorar las condiciones de prestación del sistema de acueducto.

El presente proyecto se presenta con el objetivo de generar instrumentos que permitan fortalecer la planeación de las áreas verdes, puesto que favorece la sostenibilidad ambiental y social de las cuencas urbanas, no solo por su carácter estético sino por la estabilidad ecológica y los servicios ambientales que prestan a la comunidad.

Para desarrollar la investigación se acudió a información de entidades como CORTOLIMA, Alcaldía de Ibagué y Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, con el objetivo de encontrar datos que permitan identificar la problemática de los sitios de estudio y desarrollar un modelo que se utilice como instrumento de planificación territorial, al otorgar una visión clara de las tendencias de ocupación del suelo urbano en diferentes periodos de tiempo, que ayudarán a encontrar causas, consecuencias y estrategias de organización del territorio, para tomar decisiones que beneficien la comunidad y articulen el componente social, económico, político y ambiental.

Palabras Clave

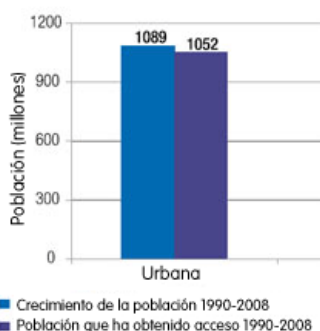
Crecimiento urbano, ordenamiento territorial, cuenca hidrográfica, estudio multitemporal, sistema de información geográfica, matriz de cambio, análisis de paisaje.



2. INTRODUCCIÓN

Según el departamento de asuntos económicos y sociales de la organización de naciones unidas (ONU-DAES) en su artículo “Agua y ciudades” publicado el 24 de noviembre del año 2014, se considera el crecimiento urbano como un fenómeno espacial de importancia tanto en América Latina como en el mundo, que por su connotación de problema social debe ser controlado. Esta situación se generó debido al crecimiento demográfico en las ciudades por el traslado de la población rural por factores sociales y económicos como la búsqueda del mejoramiento de las condiciones de vida al tener acceso a servicios públicos básicos como acueducto y alcantarillado y el aumento de la capacidad adquisitiva, dinámica que ha ocasionado que casi el 60% de la población mundial habite en núcleos urbanos. (Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de Naciones Unidas ONU-DAES, 2014)

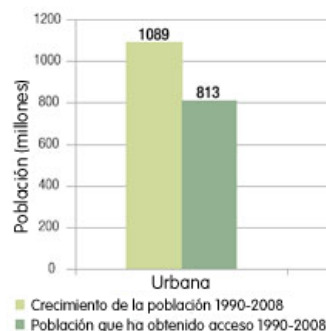
Población mundial con acceso a fuentes de agua potable mejoradas comparada con el crecimiento urbano mundial,



1990-2008.

El aumento en el uso de fuentes de agua potable apenas alcanza al crecimiento de la población urbana.

Población mundial con acceso a saneamiento mejorado comparada con el crecimiento urbano mundial, 1990-2008.



El importante progreso en el uso de saneamiento mejorado se ve debilitado por el crecimiento de la población.

Ilustración 1. Progress on Sanitation and Drinking Water.2010. OMS/UNICEF

Según la fundación Nueva Cultura del Agua en Zaragoza, España: Agua y Territorio están íntimamente relacionados, por tanto, es necesario considerar el recurso hídrico como eje fundamental para el establecimiento de asentamientos humanos, dado que obedece a la satisfacción de una necesidad básica. El agua se considera elemento fundamental del medio, origen, soporte de vida y actividades económicas y el territorio conforma dinámicas dependientes del agua, que a su vez, producen alteraciones en calidad, circulación e infiltración del recurso, por lo que se puede deducir que los asentamientos humanos se establecen cerca de las cuencas hidrográficas, debido a la cercanía al recurso vital y por encontrar un lugar, para habitar y desarrollar diversas actividades que le permiten apropiarse y transformar el entorno de acuerdo a sus necesidades.

Con relación a las premisas descritas con anterioridad se puede evidenciar que el acelerado crecimiento poblacional de las áreas urbanas en los países



latinoamericanos provoca cambios en la cobertura del suelo y Colombia no es la excepción, puesto que áreas de importancia ambiental como las cuencas hidrográficas han sido urbanizadas; (Díaz Cuellar, 2014), un ejemplo de ello es el crecimiento urbano de Ibagué, proceso que se realizó en varias etapas: la primera conocida como la colonia, tuvo lugar entre 1550-1810, la segunda, designada como república de independencia se desarrolló entre 1810-1930, la tercera nombrada como el período de transición se ejecutó entre 1930-1950 y finalmente surgió la época moderna entre 1950 y 2000, (Rivillas, 2017) durante estas etapas, la ciudad se expandió entorno a los afluentes hídricos que la cruzan, entre los que se destacan la sub-cuenca del Río Combeima y el Río Chípalo, que abastecen a los habitantes de un recurso básico para sostener la vida como es el agua y de los que se extrae el abastecimiento para los principales sistemas de acueducto de la ciudad. (Molano, 2007)

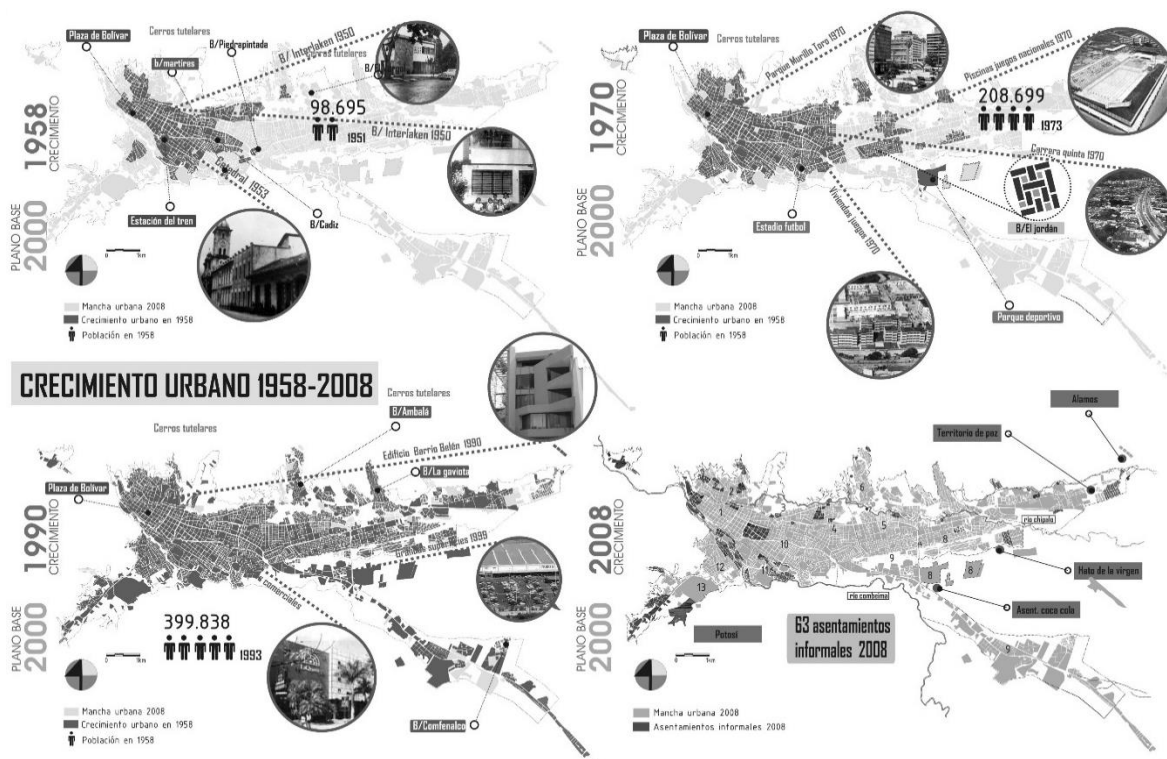


Ilustración 2. Crecimiento Urbano 1958-2008. *Bitácora Urbano- Territorial. Universidad Nacional de Colombia. 2013*

En razón al crecimiento poblacional acelerado que ha experimentado la ciudad de Ibagué en las últimas décadas (Díaz, 2015), se ha provocado un elevado crecimiento urbano sobre las áreas de reserva de las microcuencas localizadas en la zona urbana; un caso representativo y ampliamente estudiado, es el de la cuenca del Río Chipalo, caracterizada por su alimentación de múltiples microcuencas que nacen en la zona urbana y se abastecen de aguas lluvias y vertimientos de aguas



comuna seis (6) de la ciudad, que corresponde a aproximadamente 3125 familias. (CORTOLIMA. Corporación Autónoma Regional del Tolima, 2015)

Dentro de la microcuenca de las Panelas y la Balsa en el sector rural, se observan pocos asentamientos retirados del cauce, que disponen de agua para su consumo; por otra parte la presión ambiental se genera sobre la frontera urbano-rural, con la aparición de asentamientos normales y subnormales, que aumentan la demanda del recurso hídrico y el deterioro de la Microcuenca; también existe una serie de procesos antrópicos en el área de estudio que han contribuido a la transformación de las quebradas, por las canalizaciones, talas, explotación de materiales, contaminación y ocupación de los cauces o rondas hídricas. (CORTOLIMA. Corporación Autónoma Regional del Tolima, 2015)



Ilustración 4. Viviendas en zonas de riesgo y contaminación de quebradas por disposición de residuos sólidos y líquidos (Quebradas La Balsa y Las Panelas) CORTOLIMA

Otro afluente del Río Chipalo que se considera de especial interés para la ciudad de Ibagué es la Quebrada Hato de la Virgen, que nace debajo del parque del Barrio Versalles ubicado en el centro oriente de la ciudad de Ibagué, a los 1160 m.s.n.m, el drenaje recorre 7 km con dirección nor-oriental en el que se localizan 83 barrios y 8 asentamientos subnormales, para desembocar en el Río Chipalo, cerca del Barrio Topacio a una altura de 970 m.s.n.m.



El área de la microcuenca es de 2,8 km², correspondiente al 8,28 m² de la cabecera municipal de Ibagué. Desde un principio la microcuenca urbana Hato de la Virgen se ha caracterizado por la prestación de bienes y servicios a la región, por la utilización de grandes extensiones de tierra en ganadería y por el potencial florístico que la han convertido en un pulmón ambiental para la ciudad. (Alcaldía Municipal de Ibagué, 2013)



Ilustración 5. Contaminación por residuos sólidos, Quebrada Hato de la Virgen. CORTOLIMA

La problemática identificada en la microcuenca es compleja, debido a que ha sido afectada por un acelerado proceso de urbanización que ha generado problemas de contaminación por el vertimiento de aguas residuales y el depósito de residuos sólidos al cauce, situación que ocasiona el deterioro y la degradación de la microcuenca, además de generar condiciones de insalubridad por malos olores y presencia de plagas a los habitantes aledaños al sector.

Se conduce a una crisis ecológica y ambiental, porque en este sector de la ciudad producto del desarrollo económico y social, la población se asentó a lo largo del cauce y ocasionó la alteración de procesos de regulación hídrica, con lo que se acentuaron problemas socio ambientales como inadecuado manejo de recursos sólidos, inadecuados procesos de urbanización y problemas de seguridad social. (Alcaldía Municipal de Ibagué, 2013)

Por tanto, es necesario analizar el estado de las principales zonas de interés ambiental como son las microcuencas, Hato de la Virgen y Las Panelas que desembocan en el afluente principal del Río Chipalo y cumplen la función de espacios abastecedores del recurso hídrico, debido a que enfrentan condiciones de deterioro y amenaza por la afectación generada por procesos de urbanización. Este análisis se realiza mediante fotografías aéreas digitales e imágenes de satélite en momentos específicos durante los últimos 20 años, para determinar la distribución espacial, patrón y métrica y el nivel de afectación alcanzado por el desarrollo de las



actividades urbanas y su incidencia en la prestación del servicio básico de acueducto.

Al analizar los resultados obtenidos dentro del proceso en el que se conjugan una serie de técnicas que procesa y clasifica muestras de imágenes satelitales, se contribuye a la respuesta del problema de urbanización actual en la ciudad de Ibagué, dado que permite conocer el área de crecimiento urbano durante este periodo de tiempo e identificar como el proceso de modernización urbana influye en esta ciudad; además, del análisis espacial de los cambios de cobertura vegetal y del uso del suelo en una cuenca, genera información importante acerca de los recursos naturales, por lo que el monitoreo de estos fenómenos es utilizado como una herramienta de planeación para las entidades encargadas de tomar decisiones. (Valdez Lazalde, Aguirre Salado, & Ángeles Pérez, 2011)



3. DEFINICIÓN DE LA PROBLEMÁTICA

Desde la segunda mitad del siglo pasado, el crecimiento de las zonas urbanas en Colombia ha sido acelerado y desordenado, debido a una serie de cambios que han alterado el ritmo de vida de la población urbana y rural; a partir de fenómenos sociales y naturales, se hace complejo el proceso de evolución. (Universidad Nacional Tres de Febrero, Ciudades de Latinoamérica, 2013) Uno de los casos más representativos es la ciudad de Ibagué, debido a que su crecimiento urbano ha sido complicado por factores internos y externos como la violencia, desastres naturales, conflictos armados y la apertura económica que han significado transformaciones reales en cuanto a la composición urbana del municipio. (Universidad Nacional Tres de Febrero, Ciudades de Latinoamérica, 2013)

Actualmente, el municipio de Ibagué cuenta con un población 564.076 habitantes (Alcaldía de Ibagué, 2018) por lo que se considera está enfrentado a conflictos sociales, económicos y ambientales debido a su dinámica urbana inadecuada, no planeada y desordenada que se generó por el acelerado crecimiento poblacional entre finales del siglo XX y comienzos del siglo XXI (Díaz, 2015) , sin embargo en la actualidad se observa estancamiento en el desarrollo del municipio debido a la carencia de infraestructura básica como servicio de acueducto de calidad, alcantarillado, electricidad, vías, seguridad, vivienda, zonas verdes e industrias o empresas, que hacen que la calidad de vida de muchos habitantes sea precaria y genere consecuencias que influyen en el desarrollo y seguridad de la ciudad, es por ello que en estos últimos años Ibagué ocupa a nivel nacional los niveles más altos en cuanto a tasa de desempleo. (Martínez Martín, 2007)

Es necesario considerar que el desarrollo armónico de las ciudades implica además de satisfacer las necesidades básicas del ser humano como son vivienda, acceso a servicios de acueducto y alcantarillado, también requiere un adecuado diseño urbanístico que incluya un ordenamiento acorde a las construcciones, enmarcadas en un contexto humanizado. (Díaz Cuellar, 2014) Mientras que países desarrollados como Holanda han fijado sus objetivos en alcanzar los 40 – 50 m² de zona verde por habitante. En Francia, a nivel nacional, se dispone como media, 25 m² por habitante. (Ríos Orta, 2006) Por otra parte, según (Mena, Ormazabál, Morales, Santelices, & Gajardo, 2011), la ciudad de Curitiba en Brasil contaba 20 millones de m² de área verde, lo que representa 52,2 m² de área verde por habitante, superando ampliamente la propuesta de la Sociedad Brasileña de Arborización Urbana (SBAU) de 15 m² por habitante. (Mena, Ormazabál, Morales, Santelices, & Gajardo, 2011)



En el contexto local, la Microcuenca de las Quebradas las Panelas y la Balsa, se encuentran operando dos (2) acueductos que benefician directa e indirectamente un gran número de familias; en esta Microcuenca se destacan los acueductos comunitarios de Acuambalà y las Delicias que abastecen alrededor de 2655 familias. Es de anotar, que en Ibagué existen ocho (8) acueductos comunitarios que abastecen 6.443 familias.

La microcuenca urbana Hato de la Virgen es para la ciudad de Ibagué uno de los frentes socio ambientales más importantes, debido a que sobre ella se encuentra ubicado el porcentaje más alto de población de la ciudad, que corresponde a 70.000 habitantes, de los 600.000 que habitan la ciudad. De acuerdo con el Plan de Manejo Socio Ambiental de la Microcuenca Urbana Hato de la Virgen (2012), concentra un porcentaje significativo de la población.

De allí que gran parte de los procesos de desarrollo de la ciudad se reflejan en la microcuenca, es decir que en la medida que Ibagué se ha desarrollado económica y socialmente, el resultado se manifiesta en el deterioro y la crisis ambiental que actualmente presenta todo el sector. (Alcaldía Municipal de Ibagué, 2013)

La zona que actualmente ocupan asentamientos subnormales o invasiones, hacen parte de la ronda hidráulica de la quebrada y de las zonas de protección y conservación ambiental. Consecuencia de lo anterior, la microcuenca se ha transformado en una cloaca donde se descargan los desechos que produce la ciudad y por tanto es percibida como una zona de alta peligrosidad sin reconocer su importancia como ecosistema natural.

En la microcuenca Hato de la Virgen los principales contaminantes son las descargas de aguas residuales y las basuras, que afectan la salud de seres humanos, fauna y flora al ser reservorios de enfermedades. (Alcaldía Municipal de Ibagué, 2013)

Según (Valdez Lazalde, Aguirre Salado, & Ángeles Pérez, 2011) a través del análisis espacial de los cambios de cobertura vegetal y el uso del suelo en una cuenca hidrográfica, se puede generar información de importancia acerca de los recursos naturales y su utilización, así es como el monitoreo de estos fenómenos sirve como herramienta de planificación para los tomadores de decisiones. En la guía metodológica para formulación de planes de ordenación y manejo de cuencas hidrográficas elaborada por el ministerio del medio ambiente en el año 2014 señala que un criterio fundamental en el ordenamiento de las cuencas debe ser el ajuste de cargas y beneficios, en el cual se deben considerar los diferentes niveles de uso de los recursos, así como también del cuidado de los mismos para mantener el



equilibrio en las actividades económicas, sociales y culturales y la formación del territorio.

Finalmente, se establece el periodo de tiempo para analizar comprendido entre los años 1985, 1997 y 2018, porque durante esta época en Colombia se establece la realización de ajustes estructurales en torno al ordenamiento territorial, representado en la formulación de la ley 388 de 1997, que luego se evidencia en la elaboración obligatoria de los Planes de Ordenamiento Territorial de los municipios, esta situación influye en el acelerado crecimiento urbano de la ciudad de Ibagué sobre terrenos considerados rurales no urbanizables con importancia ecológica debido a los servicios ambientales que prestan como son las micro cuencas hidrográficas, lo que conlleva a la concentración de población en zonas consideradas de alto riesgo por su topografía que facilita condiciones de inundación y remoción y un crecimiento desordenado del espacio urbano, además de la debilitación del sistema que abastece del recurso hídrico la ciudad.

Al utilizar como referencia las anteriores consideraciones, se concluye que es necesario implementar estrategias de diagnóstico que permitan la planeación y organización integral del territorio, con ayuda de herramientas que sirvan para visualizar y adquirir conocimiento respecto al crecimiento urbano y proyectar escenarios tendenciales, para tomar decisiones que beneficien a la comunidad, al hacer uso responsable de los recursos disponibles como lo es el agua en articulación con actividades de índole social, económica, política y ambiental, para así encontrar soluciones que conduzcan al mejoramiento de la calidad de vida y lograr la conformación de una ciudad competitiva y equilibrada en cuanto a la prestación de servicios básicos de calidad y distribución de actividades.



4. OBJETIVOS

4.1. Objetivo general

Analizar el desarrollo urbanístico sobre las microcuencas urbanas de la Quebrada Las Panelas- La Balsa y Hato de la Virgen en la ciudad de Ibagué, para el periodo comprendido entre los años 1985-2018, con el fin de interpretar los cambios espaciales, demográficos, sociales y ambientales ocasionados por la intervención humana y generar los insumos que se utilicen como herramienta para evaluar el grado de deterioro del territorio y proponer estrategias adecuadas para su organización.

4.2. Objetivos específicos

- Identificar el área donde se ha incrementado el desarrollo progresivo de la ciudad sobre las microcuencas urbanas: Quebrada Las Panelas-La Balsa y Hato de la Virgen.
- Analizar las gráficas para comparar el comportamiento de los usos del suelo en algunas zonas específicas de la ciudad.
- Verificar y comparar los resultados obtenidos en las imágenes para determinar el área específica de crecimiento urbano sobre las microcuencas.



5. JUSTIFICACIÓN

Las microcuencas urbanas Hato de la Virgen y Quebrada La Balsa-Las Panelas, son cuerpos hídricos que hacen parte de la estructura ecológica principal de la ciudad de Ibagué, (Alcaldía Municipal de Ibagué, 2014) debido a los servicios ambientales que prestan a la comunidad como son la regulación del clima en zonas determinadas, conservación de ecosistemas y por consiguiente, fauna y flora, además de donar sus aguas para el abastecimiento de las bocatomas de dos acueductos satelitales como Acuambalá y las Delicias, que abastecen alrededor de 2655 familias. Sin embargo, a pesar de su importancia y por factores antrópicos como la contaminación, se han deteriorado, por lo que disminuye la calidad en los servicios prestados.

El proyecto a realizar, es de vital importancia para el sector pues es un aporte a la solución de la problemática de afectación en los recursos hídricos del municipio, debido a que permite determinar el grado de deterioro de dos microcuencas urbanas que abastecen sistemas de acueducto, mediante el uso e implementación de la percepción remota a través de imágenes de satélite, con el objetivo de analizar la expansión urbana sobre las microcuencas y de este modo, identificar y cuantificar las zonas donde hubo crecimiento poblacional y estructural, asimismo definir el impacto que esto produce en los ecosistemas y la puntualización de zonas de deterioro de la estructura ecológica del municipio.

Para el estudio de las diferentes características se hace un tratamiento visual y digital de imágenes satelitales de la constelación LANDSAT y sistemas de información geográfica, aplicando un análisis multitemporal evaluando los cambios que sufrió la cobertura, además utilizando una técnica de lectura espectral, esto para analizar las firmas correspondientes a cada recurso natural y la expansión urbana, con el fin de clasificarlo.

La investigación responde a la problemática de planificación que sufren las ciudades actualmente, puesto que permite establecer políticas y herramientas claras y concretas, con el fin de realizar de manera óptima la gestión de los recursos naturales, disponibles en el sector y atendiendo a los conflictos que se encuentran en el mismo. Es por esto que se considera un aporte positivo para la ciudad de Ibagué, en la medida que una eficiente evaluación de la cobertura de la tierra y monitorear sus cambios, se consideran actividades fundamentales para el manejo sostenible de los recursos.



6. MARCO REFERENCIAL

1. Según el documento “Análisis multitemporal del crecimiento urbano de la zona de expansión para el periodo de 1985 – 2015 en el municipio de Ibagué, Tolima”, trabajo de grado desarrollado en el año 2016 en la Universidad Nueva Granada de la ciudad de Bogotá, se utiliza el estudio multitemporal como herramienta de análisis urbano, que permite determinar el área de crecimiento durante un periodo de tiempo determinado y cómo el proceso de modernización urbana influye en la ciudad, además se identifica la pertinencia de las medidas implementadas en la adopción y modificación del Plan de Ordenamiento Territorial del municipio, como herramienta de organización del suelo.
2. En el informe “Análisis multitemporal de las áreas verdes en una microcuenca urbana (Ibagué-Colombia), apoyado en las tecnologías de la información geográfica”, trabajo expuesto en el XVI Simposio internacional Selper 2014- La geo información al servicio de la Sociedad, se implementan los sistemas de información geográfica como herramienta de ordenación del territorio, dado que permiten entender las tendencias de transformación de las coberturas vegetales ocasionadas por cambios en el uso del suelo, además permite interpretar la forma en que la organización del territorio condiciona el comportamiento social de ciertos grupos humanos, que se encuentran en constante búsqueda de los recursos necesarios para subsistir.



7. MARCO NORMATIVO

La Constitución Política de Colombia de 1991 avanzó significativamente en cuanto a la conservación y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales, es así como en los artículos 79 y 80, se describe como función principal de la administración pública para garantizar el derecho que tienen las personas a disfrutar de un ambiente sano y proteger la diversidad e integridad del ambiente, así como conservar las áreas de especial importancia ecológica. Mandatos sobre los cuales se forja la normativa con la cual se pretende regular y conservar el medio- ambiente. (Ávila, Nuñez, Ortíz, & Zarate, 2015)

Posteriormente, se promulgó la Ley 388 de 1997 “Por la cual se modifica la Ley 9ª de 1989 y la Ley 3ª de 1991”, a través de la cual se establecieron mecanismos que permiten a los municipios promover el ordenamiento de su territorio, el uso equitativo y racional del suelo, la preservación y defensa del patrimonio ecológico y cultural localizado en su ámbito territorial y la prevención de desastres en asentamientos de alto riesgo, así como la ejecución de acciones urbanísticas eficientes.

Adicionalmente, a través de esta ley se busca velar por la protección del medio ambiente y la prevención de desastres, así como promover la armoniosa concurrencia de la Nación, las entidades territoriales, las autoridades ambientales y las instancias y autoridades administrativas y de planificación, en el cumplimiento de las obligaciones constitucionales y legales que prescriben a la administración pública la tarea del ordenamiento del territorio, para lograr el mejoramiento de la calidad de vida de sus habitantes. (Ávila, Nuñez, Ortíz, & Zarate, 2015)

La Ley 99 de 1993 es el principal referente de la Planificación y de la Gestión Ambiental de las entidades del sector ambiental. La ley crea el Sistema Nacional Ambiental, en la cual el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible se identifica como el ente rector de la Política Ambiental, y las Corporaciones Autónomas Regionales son ejecutoras de dicha política, en el marco de su función de administración de los recursos naturales y del ambiente. De esta Ley se deriva gran parte de las regulaciones bajo las cuales hoy se orienta la gestión ambiental Nacional y Regional. (CORTOLIMA, 2013)

Por otra parte, el Decreto 1729 de 2002, en su Artículo 4° “Finalidades, principios y directrices de la ordenación”, establece que la ordenación de una cuenca debe tener por objeto principal “el planeamiento del uso y manejo sostenible de sus recursos naturales renovables, de manera que se consiga mantener o restablecer un adecuado equilibrio entre el aprovechamiento económico de tales recursos y la



conservación de la estructura físico-biótica de la cuenca y particularmente de sus recursos hídricos. La ordenación así concebida constituye el marco para planificar el uso sostenible de la cuenca y la ejecución de programas y proyectos específicos dirigidos a conservar, preservar, proteger o prevenir el deterioro y/o restaurar la cuenca hidrográfica”. (Ávila, Nuñez, Ortiz, & Zarate, 2015)

Igualmente, establece principios y directrices que deben tenerse en cuenta para la ordenación de cuencas, entre los cuales se encuentran a) la prevención y control de la degradación de la cuenca, cuando existan desequilibrios físicos o químicos y ecológicos del medio natural que pongan en peligro la integridad de la misma o cualquiera de sus recursos, especialmente el hídrico; b) prever la oferta y demanda actual y futura de los recursos naturales renovables de la misma, incluidas las acciones de conservación y recuperación del medio natural para asegurar su desarrollo sostenible; c) promover medidas de ahorro y uso eficiente del agua y; e) considerar las condiciones de amenazas, vulnerabilidad y riesgos ambientales que puedan afectar el ordenamiento de la cuenca.

La Ley 99/93 (Artículo 31) es igualmente marco de la planificación ambiental regional; establece dentro de las funciones de las Corporaciones Autónomas Regionales y de Desarrollo Sostenible la de “Coordinar el proceso de preparación de los planes, programas y proyectos de desarrollo medioambiental que deban formular los diferentes organismos y entidades integrantes del Sistema Nacional Ambiental (SINA) en el área de su jurisdicción y en especial, asesorar a los Departamentos, Distritos y Municipios de su comprensión territorial en la definición de los planes de desarrollo ambiental y en sus programas y proyectos en materia de protección del medio ambiente y los recursos naturales renovables, de manera que se asegure la armonía y coherencia de las políticas y acciones adoptadas por las distintas entidades territoriales”. (CORTOLIMA, 2013)

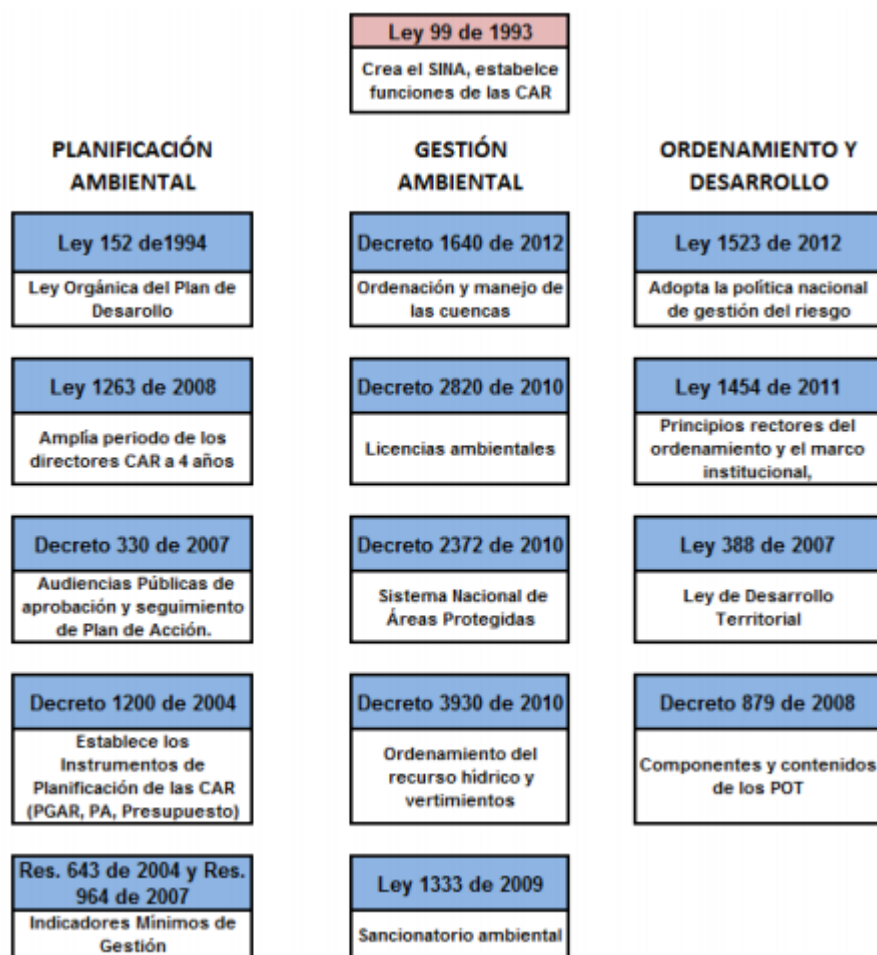


Ilustración 6. Principales Normas del Sector Ambiental y de Desarrollo Territorial Fuente: CORTOLIMA 2013

Algunas de las normas que orientan la Planificación Ambiental se destacan:

- La Ley 152 de 1994. Establece los procedimientos y la articulación en la formulación de los Planes de Desarrollo, entre otros promulga principios de coordinación en la planeación del orden nacional, regional y las entidades territoriales y la Sustentabilidad Ambiental.
- Decreto 1200 de 2004. Establece los Instrumentos de Planificación de las Corporaciones Autónomas Regionales y de Desarrollo Sostenible. El Plan de Gestión Ambiental Regional-PGAR; el Plan de Acción y el Presupuesto anual de ingresos y gastos. Ambiental (Plan de Acción y PGAR). En este decreto se determinan los componentes del Plan de Acción (Marco General, Síntesis Ambiental, Acciones Operativas, el Plan Financiero y el componente de evaluación y seguimiento). Se establece que en el Plan de Acción se definen las acciones e inversiones que se adelantarán en el área de la jurisdicción.



- Decreto 1865 de 1994. Plantea la armonía y articulación en la Planificación de Departamentos, Distritos y Municipios.
- Resolución 643 de 2004. Establece los Indicadores Ambientales y de Desarrollo Sostenible, y la responsabilidad de su medición.
- Algunas de las normas que orientan la Gestión Ambiental y el Desarrollo Sostenible están Planificación Ambiental se destacan:
- Ley 1549 de 2012. Recientemente se ha expedido esta ley con la finalidad de fortalecer la institucionalización de la política nacional de educación ambiental y su incorporación efectiva en el desarrollo territorial.
- Ley 1523 de 2012. En esta se adopta la política nacional de gestión del riesgo de desastres y se establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres. Para las CAR, establece funciones para apoyar los estudios necesarios para el conocimiento y la reducción del riesgo en las entidades territoriales; el apoyo en la formulación de los Planes de gestión del riesgo, así como su integración con los planes de ordenamiento de cuencas, de gestión ambiental, de ordenamiento territorial y de desarrollo. Demás de la Participación en los Comités de gestión del Riesgo que se establezcan.
- Decreto 1640 de 2012. Se reglamentan los instrumentos para la planificación, ordenación y manejo de las cuencas hidrográficas y acuíferos.
- Ley 1454 de 2011. Estableció los principios rectores del ordenamiento y el marco institucional, de competencias y de instrumentos para el desarrollo territorial.
- Decreto 2372 de 2010. Reglamentó el Sistema Nacional de Áreas Protegidas. En este decreto se establece que las Corporaciones Autónomas Regionales, velarán porque en los procesos de ordenamiento territorial se incorporen y respeten las declaraciones de las áreas protegidas del SINAP, y se consideren estas áreas en los procesos de planificación y ordenamiento ambiental regional y Planes de Manejo de Ecosistemas.
- Decreto 3930 de 2010. Por el cual se modifica y se deroga parcialmente el decreto 1594 del 26 de junio de 1984 y se algunos artículos del decreto 1541 de 1978. Directrices mínimas para el ordenamiento del recurso hídrico, las normas que regulan y condicionan los vertimientos al recurso hídrico.
- Ley 1252 de 2008. Establece normas prohibitivas en materia ambiental, referentes a los residuos y desechos peligrosos y se dictan otras disposiciones.



- Ley 388 de 1997. Denominada Ley de Desarrollo Territorial, establece las competencias para ordenamiento territorial municipal y las pautas para la formulación y adopción de los Planes de Ordenamiento Territorial. La Ley establece que en la formulación de los Planes se deben tener en cuenta los determinantes relacionados con la conservación y protección del medio ambiente, los recursos naturales la prevención de amenazas y riesgos naturales se constituyen en norma de superior jerarquía.
- Ley 373 de 1997. Orienta la formulación de Programas de ahorro y uso eficiente del agua.

En lo que se refiere a la gestión integral del riesgo, mediante la Ley 46 de 1988 se creó el Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres, SNPAD, el cual fue reglamentado por el Decreto Ley 919 de 1989. Hacen parte del Sistema las entidades públicas y privadas que contribuyen al logro de los objetivos de prevención y atención de desastres. La Dirección de Prevención y Atención de Desastres, DPAD, ejerce la coordinación del SNPAD. La estructura institucional del Sistema se sustenta sobre una base descentralizada, siendo el Comité Nacional para la Prevención y Atención de Desastres la instancia nacional de orientación política, la cual cuenta con el apoyo de los Comités Técnico y Operativo Nacionales, así como de las diferentes Comisiones Asesoras.

En el ámbito local existen los Comités Regionales y Locales para la Prevención y Atención de Desastres (CREPAD y CLOPAD5), espacios de coordinación institucional y de orientación en esta temática. Bajo este esquema, los municipios, bajo la protección subsidiaria de los departamentos y las entidades del orden nacional, son los 94 organismos “investidos de la competencia preferente para atender emergencias, planificar de manera concreta la respuesta a posibles desastres y atender las labores de reconstrucción”, reconocimiento dado en general a los entes territoriales en el artículo 62 del Decreto Ley 919 de 1989.

Igualmente, las Corporaciones Autónomas Regionales hacen parte del SNPAD. Según las funciones dadas en el artículo 64 del Decreto Ley 919 de 1989, asesoran y colaboran con las entidades territoriales en la inclusión del componente prevención de desastres en los Planes de Desarrollo, mediante la elaboración de inventarios y análisis de zonas de alto riesgo y el diseño de mecanismos de solución.

Así mismo, la Ley 99 de 1993 mediante el artículo 31 da competencias a estas Corporaciones en lo relacionado con la promoción y ejecución de obras de defensa contra las inundaciones y regulación de cauces y corrientes; la realización de



actividades de análisis, seguimiento, prevención y control de desastres y; el adelantar con los municipios programas de adecuación de áreas urbanas en zonas de alto riesgo.

Finalmente, a través del Decreto 93 de 1998 “Por el cual adopta el Plan Nacional para la Prevención y Atención de Desastres”, se establecieron las estrategias para el conocimiento sobre riesgos de origen natural y antrópico, así como la incorporación de la prevención y reducción de riesgos en la planificación. “República de Colombia. Documento Conpes 3570. Consejo Nacional de Política Económica y Social. Departamento Nacional de Planeación”

TEMA	POLÍTICA
GENERAL	<ul style="list-style-type: none"> • PLAN NACIONAL DE DESARROLLO 2010-2014 "Prosperidad para Todos". • VISION COLOMBIA II CENTENARIO. 2019. Estrategia "Asegurar una Estrategia de Desarrollo Sostenible". • CONPES 140 de 2011 "MODIFICACION A CONPES SOCIAL 91 DEL 14 DE JUNIO DE 2005: "METAS Y ESTRATEGIAS DE COLOMBIA PARA EL LOGRO DE LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO DEL MILENIO-2015"
AGUA	<ul style="list-style-type: none"> • POLÍTICA NACIONAL PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DEL RECURSO HÍDRICO, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010 • LINEAMIENTOS POLITICA PARA EL MANEJO INTEGRAL DEL AGUA (1996). Considerar los avances en la formulación de la Política Hídrica 2009. • ESTRATEGIA NACIONAL DEL AGUA, (1996). • DOCUMENTOS CONPES 3463. PLANES DEPARTAMENTALES DE AGUA Y SANEAMIENTO PARA EL MANEJO EMPRESARIAL DE LOS SERVICIOS DE ACUEDUCTO, ALCANTARILLADO Y SANEAMIENTO. • PROGRAMA DE SANEAMIENTO PARA VERTIMIENTOS • PROGRAMA DE LAVADO DE MANOS • PLAN DE AHORRO Y USO EFICIENTE DEL AGUA
BOSQUES	<ul style="list-style-type: none"> • POLITICA DE BOSQUES DOCUMENTO CONPES 2834/96 • PLAN NACIONAL DE DESARROLLO FORESTAL, 2000. (Está en proceso de actualización) • PLAN ESTRATEGICO PARA LA RESTAURACIÓN Y ESTABLECIMIENTO DE LOS BOSQUES EN COLOMBIA PLAN VERDE.
SUELO	<ul style="list-style-type: none"> • PLAN DE ACCIÓN NACIONAL DE LUCHA CONTRA LA DESERTIFICACIÓN Y LA SEQUÍA EN COLOMBIA -2004 • ADECUACION DEL COMPONENTE AMBIENTAL DEL SISTEMA DE MEDIDAS SANITARIAS Y FITOSANITARIAS-MSF.

Tabla 1. Políticas y estrategias Ambientales. Fuente: “Guía para la Formulación y el Seguimiento de los Planes de Acción de las Corporaciones Autónomas Regionales y de Desarrollo Sostenible 2007-2011 MAVDT 2007. Versión actualizada”



8. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

El estudio de los cambios en la cobertura y el uso del paisaje, y sus efectos sobre el ecosistema, es un campo ampliamente estudiado a nivel mundial.

En el contexto internacional (García Rodríguez & Pérez González, 2014), realizaron un estudio en el corredor de Henares entre las provincias de Guadalajara y Madrid, España; donde se cuantificó el cambio en la cobertura y en el uso del paisaje por 22 años, entre 1989 y 2011; al usar fotografías aéreas y sistemas de información geográfica. El estudio exploró las relaciones entre el crecimiento urbano y el cambio en el paisaje, así como la relación entre el crecimiento urbano y el aumento de la población mediante una clasificación supervisada de suelos sellados en las imágenes TM y ETM+ y superposición del mapa de suelos.

(Condori Luna, Loza Murguía, Mamani- Pati, & Solíz- Valdivia, 2014) realizaron un estudio respecto a la deforestación debido a las inadecuadas técnicas de producción (agricultura), lo que da lugar a la migración y habilitación de nuevas áreas agrícolas en zonas donde anteriormente estaban constituidas por bosque, en la subcuenca del río Coroico, que comprende el municipio de Caranavi en Bolivia, al utilizar sistemas de información geográfica (SIG) como ArcGIS y ERDAS y sensores remotos. El estudio explora las tendencias de deforestación o cambios en las coberturas desde el año 1989 hasta el año 2014.

(Cruz Bello, 2011) documentó y cuantificó las transformaciones en la cobertura y el uso de la tierra desde el año 2000 hasta 2012 en la cuenca hidrográfica del Río Necaxa; mediante SIG se clasificaron y compararon coberturas y tipos de desarrollo, así como cambios al interior del hábitat de los bosques. El estudio mostró el incremento de las zonas agrícolas y principalmente de los poblados en el área de estudio que han provocado en doce años una reducción de aproximadamente dos mil hectáreas en las zonas de bosque (5% del área de estudio). Esta degradación tiene repercusiones negativas en los procesos naturales y en los servicios ambientales que ofrecen estos ecosistemas forestales.

A nivel nacional (Mera Garzón, 2016), realiza un estudio donde se determina el crecimiento urbano de la ciudad de Popayán entre 1961 y 2015. Allí se calculó la tasa de crecimiento aproximada del casco urbano en el municipio, donde se concluye que en la década de 1987 a 1991 se lleva a cabo un desarrollo espacial relativamente lento; sin embargo se incrementa para la década de 2006 debido a problemas sociales y fenómenos naturales como el conflicto armado en el cual muchos campesinos, indígenas y población afro-descendientes se ve obligada a salir de su territorio. Para finalmente concluir que desde la década de 2006 hasta la



fecha el crecimiento urbano ha sido constante teniendo en cuenta que es un territorio que tiene varios conflictos sociales, económicos, políticos y armados.

(Neira Acosta, 2016) desarrolla un informe en el que se enfoca en el análisis de la tendencia de expansión actual en la ciudad de Bogotá más específicamente para la Localidad de Usme mediante un análisis multitemporal a través del uso de herramientas de percepción remota con imágenes satelitales LANDSAT para evaluar el crecimiento y estudiar el desarrollo de la conurbación en el periodo comprendido entre los años 2006 – 2016. Allí se concluye que la expansión urbana de la localidad de Usme – Bogotá se ha dado en los últimos años, situación que se evidencia en el periodo analizado de 14 años donde el crecimiento del área urbana fue de 702 Hectáreas lo que equivale a un aumento de 47.18% del área urbana que tenía la localidad en el año 2002. (Neira Acosta, 2016) desarrolla un informe en el que se enfoca en el análisis de la tendencia de expansión actual en la ciudad de Bogotá más específicamente para la Localidad de Usme mediante un análisis multitemporal a través del uso de herramientas de percepción remota con imágenes satelitales LANDSAT para evaluar el crecimiento y estudiar el desarrollo de la conurbación en el periodo comprendido entre los años 2006 – 2016. Allí se concluye que la expansión urbana de la localidad de Usme – Bogotá se ha dado en los últimos años, situación que se evidencia en el periodo analizado de 14 años donde el crecimiento del área urbana fue de 702 Hectáreas lo que equivale a un aumento de 47.18% del área urbana que tenía la localidad en el año 2002.

Finalmente, se concluye que las imágenes de satélite y el software para procesarlas, son herramientas muy completas y muy prácticas con las cuales se puede ejercer un control y vigilancia adecuada en los límites de la ciudad de Bogotá.



9. MARCO TEÓRICO

9.1. Crecimiento demográfico en el mundo y su relación con el recurso hídrico

La influencia humana sobre los ecosistemas inició a partir del surgimiento del estilo de vida sedentario mediante el desarrollo de actividades extractivas como la agricultura y la ganadería hace aproximadamente 10.000 años. (Primack, Rozzi, Feinsinger, Dirzo, & Massardo, 2001) A partir de la revolución industrial, debido a la implementación de energía generada mediante el uso de combustibles fósiles, el ser humano ha incrementado la capacidad de modificación que ejerce en los ecosistemas a nivel mundial. (Sanderson, y otros, 2002)

Con el aumento demográfico, el hombre se identifica como elemento determinante en la estructura y funcionamiento de los paisajes, (Etter, 1991) situación que se evidencia en los cambios graduales experimentados por los ecosistemas en determinados periodos de tiempo, desde los paisajes naturales menos alterados por la actividad humana, hasta los paisajes artificiales como las ciudades y los enclaves industriales, que tienen consecuencias en la conformación del territorio y se representan en problemáticas sociales, ambientales y económicas alrededor del mundo, que conllevan a la necesidad de estudiar y entender las causas y efectos de las urbes sobre los ecosistemas.

Cabe resaltar que según estudios del departamento de asuntos económicos y sociales de Naciones Unidas en la actualidad la mitad de la humanidad vive en ciudades y dentro de dos décadas, casi el 60% de la población mundial habitará en núcleos urbanos. La explosión del crecimiento urbano conlleva desafíos sin precedentes entre los que la falta de suministro de agua y saneamiento es el más urgente y lesivo. Dos de los principales asuntos en materia de agua que afectan a la sostenibilidad de los asentamientos urbanos son la falta de acceso a agua saludable y a saneamiento y el aumento de desastres relacionados con el agua como inundaciones y sequías. (Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de Naciones Unidas ONU-DAES, 2014)

Estos problemas tienen enormes consecuencias para la salud y el bienestar humano, la seguridad, el medio ambiente, el crecimiento económico y el desarrollo. Aunque la cobertura de suministro de agua y saneamiento ha aumentado entre 1990 y 2008, el crecimiento de la población urbana mundial pone en peligro estos resultados. Mientras que entre 1990 y 2008, 1.052 millones de ciudadanos obtuvieron acceso a fuentes de agua potable mejoradas y 813 millones a saneamiento mejorado, la población urbana creció durante ese periodo en cerca de 1.089 millones de personas. (Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de Naciones Unidas ONU-DAES, 2014)



Se estima que, a nivel mundial, un 96% de la población urbana utilizaba una fuente mejorada de abastecimiento de agua en 2010, comparado con un 81% de la población rural (no se entiende). Ello significa que 653 millones de habitantes de zonas rurales carecen de acceso a una fuente mejora de agua potable. En 2010, un 79% de la población urbana tenía acceso a saneamiento mejorado comparado con un 47% para la población rural. En razón a las anteriores consideraciones se puede concluir que las ciudades no se pueden considerar sostenibles si no garantizan un acceso fiable al agua potable y un saneamiento adecuado. Lidar con las necesidades crecientes de los servicios de agua y saneamiento de las ciudades es una de las cuestiones prioritarias de este siglo, por lo tanto, la gestión sostenible, eficiente y equitativa del agua en las ciudades no ha sido nunca tan importante como lo es en el panorama mundial actual.

También es necesario considerar que los cambios temporales inducidos por el hombre en el paisaje, mediante las formas de uso de la tierra establecen el patrón y los métodos de transformación del ecosistema, de tal manera, que el cambio regional y/o local del mismo, está relacionado con las decisiones de los seres humanos en el territorio, y tienen una gran variedad de efectos tanto en los procesos bióticos como abióticos dentro del paisaje. (Perdomo Reyes, 2017)

La expansión urbana ocasiona consecuencias y alteraciones significativas en el paisaje natural, además de generar un gran impacto en el ambiente y en los ecosistemas a todas las escalas geográficas (Geist & Lambin, 2001). Entre los principales impactos se encuentra el cambio en el uso de la tierra, las zonas aledañas a la ciudad que antes eran rurales pasan a convertirse en urbanas y las zonas de protección son ocupadas y transformadas con el establecimiento de infraestructura. Situación que afecta el suministro de agua, la fauna y flora y la calidad y disponibilidad de hábitat alterando los patrones y procesos en los ecosistemas. (Etter, 1991)

9.2. Crecimiento demográfico en la ciudad de Ibagué y sus consecuencias en el desarrollo urbano y manejo del recurso hídrico

En el documental “Ciudades de Latinoamérica” (Universidad Nacional Tres de Febrero, Ciudades de Latinoamérica, 2013), el arquitecto Adrián Gorelik afirma que las urbes latinoamericanas, surgieron a partir del proceso de colonización española y portuguesa, por tanto presentan diferencias, mientras las colonias españolas se fundaban bajo el modelo de ocupación basado en el control militar y la evangelización, las colonias portuguesas se establecían con base en criterios de producción económica, por tanto en el modelo de ocupación español, aunque los asentamientos se erigían a partir de un diseño básico que podía ser: rectilíneo, reticular o cuadrícula, radio céntrico o radial y malla, desordenado o de plato roto,



el trazado urbano resultante ofrecía variantes, debido a que el medio natural es particular en cada zona (Ducci, 2009 Reimpresión).

Ibagué, sigue el patrón de ocupación, a partir de la colonización española, representado por la ubicación de las edificaciones y espacios importantes (templos y plazas), en lugares centrales y los elementos restantes distribuidos de forma ordenada a partir de ellos o de la morfología de las rondas hídricas (Ducci, 2009 Reimpresión); sin embargo, presenta rasgos que la diferencian como: la localización de la plaza principal en una zona excéntrica del territorio, debido a la reubicación del asentamiento por el constante asedio de las tribus indígenas (Molano, 2007), situación que genera un fenómeno atípico, el crecimiento espontáneo de la ciudad hacia el sureste debido al aumento demográfico acelerado y la necesidad de encontrar terrenos aptos para la construcción de vivienda.

El desarrollo urbano de Ibagué se realiza en cuatro etapas principales, donde se generan cambios en el paisaje como respuesta a las necesidades de la población en consolidación, el primer periodo, conocido como la colonia, tuvo lugar entre 1550-1810, la segunda etapa, designada como república de independencia se desarrolló entre 1810-1930, la tercera, nombrada como el período de transición se ejecutó entre 1930-1950 y finalmente surgió la época moderna entre 1950 y 2000 (Molano, 2007); durante estas etapas, la ciudad se expandió entorno a los afluentes hídricos que la cruzan, entre los que se destacan la cuenca del Río Combeima y el Río Chipalo, que abastecen a los habitantes de un recurso básico para sostener la vida como es el agua.

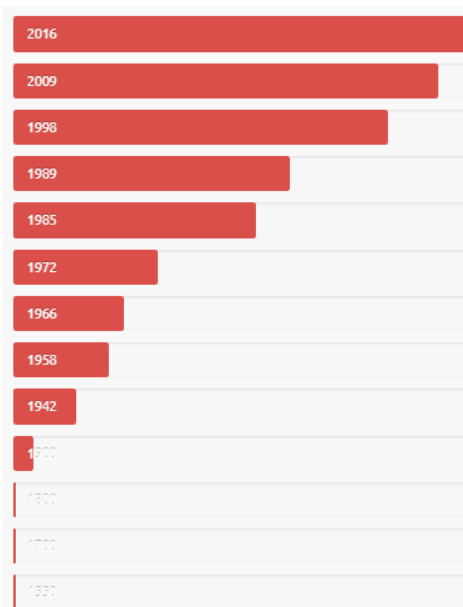


Ilustración 7. Evolución de la población urbana de Ibagué 1550-2016 Fuente: Findeter



La fundación inicial de la Villa de San Bonifacio de Ibagué del Valle de las Lanzas por Andrés López de Galarza en el año 1550, tuvo lugar en cercanías de donde hoy en día se ubica el municipio de Cajamarca. Su constitución, como lo menciona (Pardo, 2009), no solo respondió a una estrategia para mejorar la conexión entre la Gobernación de Popayán y la Real Audiencia de Santafé en la época de la Nueva Granada; sino como estrategia de protección para los colonos que recorrían el lugar, quienes veían amenazado su tránsito a razón de los constantes ataques de los distintos grupos indígenas que residían en el territorio. No obstante, debido a la continuidad en el asedio y los saqueos, la ciudad tuvo que ser reubicada pocos meses después de su fundación, al lugar que hoy en día ocupa.

Esta nueva localización, en la parte baja de la cordillera, respondió a una ruta estratégica para el comercio entre oriente y occidente del país, que recibía comerciantes, estableciéndose como un lugar de paso en donde los transeúntes se hospedaban antes de continuar su camino hacia Neiva o por el abrupto trayecto de la cordillera oriental (Pardo, 2009). Lo anterior, conllevó a una primera caracterización como lugar de paso gracias a la Influencia del Camino de Quindío en su cotidianidad, conectando a Quito, al sur, y Popayán al occidente, con Santafé (actualmente Bogotá D.C.) en el centro, Caracas al oriente y Cartagena de Indias a través del río Magdalena por el norte (Pardo, 2009).

Desde su fundación hasta mediados del siglo XIX, el crecimiento urbano y el desarrollo económico de Ibagué se vio influenciado y limitado por el movimiento de mercancías reguladas desde poblaciones vecinas asociadas al río Magdalena, como lo eran Honda, Mariquita y Neiva; las cuales lograron consolidarse rápidamente como núcleos urbanos y es así, como esta última, llegó a convertirse en capital del Estado Soberano del Tolima, bajo el marco constitucional del año de 1862 que dio inicio al gobierno federal de los Estados Unidos de Colombia. Sin embargo, como lo menciona (Gonzalez Calle, 2006), debido a problemas de comunicación entre Santafé y Neiva, al decaimiento de poblaciones de la región del Alto Magdalena como Guamo y Purificación, y una falsa proyección de crecimiento de la economía de Ibagué con relación a la minería; la ciudad fue declarada capital de Estado cuatro años después de Neiva, en el año 1866.

A partir de finales de la década de los 40 en el siglo XX, el desarrollo urbano y el crecimiento poblacional de la ciudad de Ibagué presento alteraciones al comportamiento pausado que se caracterizó hasta ese momento. Inicialmente, como consecuencia de los sucesos que tuvieron lugar en Bogotá el 9 de abril de 1948, Ibagué fue una de las ciudades más golpeadas a nivel nacional por los destrozos materiales producto de los asaltos e incendios generados ante la noticia de la muerte de Jorge Eliécer Gaitán (Pardo, 2009). Así mismo, en el año 1985 el



país vivió una de las catástrofes naturales más devastadoras de su historia. El 13 de noviembre, el volcán Nevado del Ruiz entró en actividad expulsando gases, aire caliente y otros elementos que derritieron parte del casco de nieve, lo cual produjo una avalancha de agua, piedras y lodo; que bajó por el cauce del río Lagunilla y arrasó con el municipio de Armero (Arenas Jaimes, 2015).

Localizado en la parte baja de la cordillera y a solo 90 km de Ibagué, para ese entonces, Armero correspondía al segundo municipio en importancia del departamento del Tolima con una población aproximada de 40.000 habitantes. De acuerdo con las cifras existentes, se estima que alrededor de 25.000 personas fueron sepultadas a consecuencia de la avalancha, el equivalente al 60% de su población; mientras que, gran parte de los 15.000 sobrevivientes, fueron reubicados inicialmente en poblaciones vecinas como Honda, Mariquita, Lérída y Alvarado. Posteriormente, muchos de estos se vieron forzados a migrar a otras ciudades como Ibagué y Manizales, en donde se estima que, a esta primera ciudad llegó el 50% de los sobrevivientes. (Findeter, 2016).

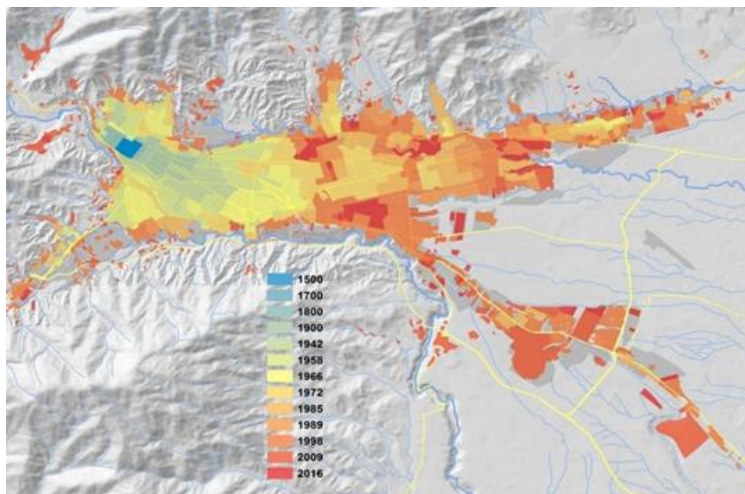


Ilustración 8. Huella Urbana Ciudad de Ibagué Fuente Findeter Programa de Ciudades Sostenibles.



Año	Superficie urbana (ha)	Crecimiento (ha)	Tasa media de crecimiento anual de la huella (TMCA)	Población	Tasa media de crecimiento anual poblacional	Densidad
1550	17			2.728		160,47
1700	26	9	0,26%	2.808	0,02%	108,00
1800	41	15	0,46%	2.866	0,02%	69,90
1900	105	64	0,95%	23.658	2,13%	225,31
1942	260	155	2,19%	75.206	2,79%	289,25
1958	515	255	4,35%	114.805	2,68%	222,92
1966	822	307	6,03%	133.354	1,89%	162,23
1972	1.235	413	7,01%	173.736	4,51%	140,68
1985	1.629	394	2,15%	292.965	4,10%	179,84
1989	1.797	168	2,49%	333.731	3,31%	185,72
1998	2.663	866	4,47%	451.781	3,42%	169,65
2009	3.229	566	1,77%	512.671	1,16%	158,77
2016	3.473	244	1,49%	549.873	1,01%	158,33

Ilustración 9. Evolución de la huella urbana de Ibagué 1950-2016 Fuente: Findeter

9.3. Clasificación del suelo

De conformidad con lo establecido en el capítulo IV de la ley 388 de 1997 por medio de la cual se reglamenta el ordenamiento territorial en Colombia, se establece la clasificación del suelo, que se divide en urbano, rural y de expansión urbana. Al interior de estas clases se establecen como subcategorías el suelo suburbano y de protección, según lo establecido en los artículos 31,32, 33, 34 y 35.

En concordancia con lo anterior, en los artículos 22, 23, 24, 25 y 26 del capítulo II del decreto 823 del 2014 por medio del cual se adopta la revisión y ajuste del Plan de Ordenamiento Territorial del Municipio de Ibagué, se establece la clasificación del suelo, que se divide en suelo urbano, de expansión urbana, rural y suburbano.

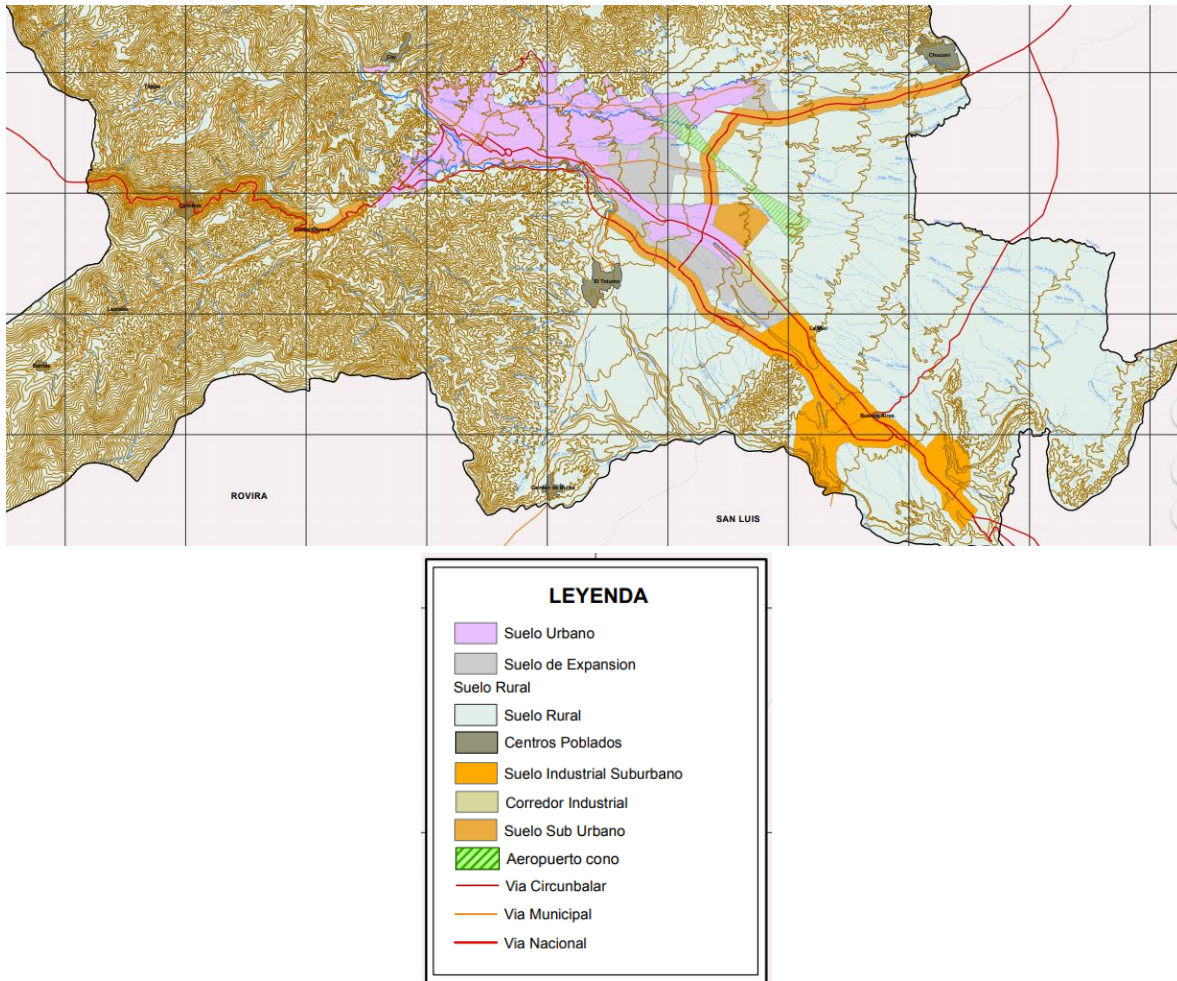


Ilustración 10. Clasificación del suelo Fuente: P.O.T. Ibagué

9.3.1. Suelo Urbano

En el artículo 23 del decreto 823 del 2014 por medio del cual se adopta la revisión y ajuste del plan de ordenamiento territorial del municipio de Ibagué, se define el suelo urbano como aquellas áreas del territorio municipal destinadas a usos urbanos en razón a que cuentan con infraestructura vial y redes primarias de energía, acueducto y alcantarillado, que hacen posible su urbanización y edificación.

Pueden pertenecer a esta categoría aquellas zonas con procesos de urbanización incompletos, comprendidos en áreas consolidadas con edificación, que se definan como áreas de mejoramiento integral en los planes de ordenamiento territorial. En ningún caso el perímetro urbano podrá ser mayor que el denominado perímetro de servicios públicos o sanitarios.



9.3.2. Suelo de Expansión Urbana

En el artículo 24 del decreto 823 del 2014 por medio del cual se adopta la revisión y ajuste del plan de ordenamiento territorial del municipio de Ibagué, se define el suelo de expansión urbana que hace referencia a la porción del territorio municipal destinada a la expansión urbana, que se habilitará para el uso urbano durante la vigencia del plan de ordenamiento, según lo determinen los Programas de Ejecución.

La determinación de este suelo se ajusta a las previsiones de crecimiento de la ciudad y a la posibilidad de dotación con infraestructura para el sistema vial, de transporte, de servicios públicos domiciliarios, áreas libres, y parques y equipamiento colectivo de interés público o social.

En el municipio de Ibagué, se definen como principales zonas de expansión de la ciudad las siguientes áreas: El país, Picalaña, Parque Deportivo y Aparco. La incorporación de estos espacios al perímetro urbano se realiza mediante planes parciales previa aprobación por la secretaria de planeación municipal en una extensión mínima de 12 Has. Hasta tanto los inmuebles en suelo de expansión no se hayan incorporado a los usos urbanos, se consideran rurales para efectos legales. El objetivo principal de estos espacios consiste en apoyar la necesidad de crecimiento urbano generado por el acelerado aumento poblacional que experimenta la ciudad.

Suelos de Expansión	Área
1. El País	126 Has 2765 m2
2. Picalaña	510 Has 7793 m2
3. Parque Deportivo	666 Has 1654 m2
4. Aparco	217 Has 823 m2
Total Suelo de expansión	1520 Has 30396 m2

Tabla 2. Suelos de Expansión Urbana Fuente POT Ibagué 2014

9.3.3. Suelo Rural

En el artículo 25 del decreto 823 del 2014 por medio del cual se adopta la revisión y ajuste del plan de ordenamiento territorial del municipio de Ibagué, se define el suelo rural como terrenos municipales no clasificados como urbanos por razones de oportunidad o por su destinación a usos agrícolas, ganaderos, forestales, de explotación de recursos naturales y actividades análogas, comprendida por un área de 140.592 Has 4.272 m2.



En el suelo rural se determinan una serie de centros poblados principales: San Juan de la China, San Bernardo, Carmen de Bulira, El totumo, Coello Cócora, Tapias, Villa Restrepo, Juntas, Toche, La miel, Pico de Oro, Pastales, Dantas, Gamboa, Cay, Buenos Aires, Chucuni, Llanitos y Laureles.

Centros Poblados	Área	Hectárea
San Juan de la China	354809.118858	35.480912
San Bernardo	141229.793946	14.122979
Carmen de Bulira	484014.019680	48.401402
El Totumo	1635109.513370	163.510951
Coello Cócora	65380.779513	6.538078
Tapias	76491.897431	7.649190
Villa Restrepo	234249.591215	23.424959
Juntas	159437.567151	15.943757
Toche	112781.990632	11.278199
La Miel	68037.892901	6.803789
Pico de Oro	113473.784283	11.347378
Pastales	191538.508809	19.153851
Dantas	199369.056900	19.936906
Gamboa	621176.767390	62.117677
Cay	515562.036828	51.556204
Buenos Aires	1511886.865620	151.188690
Chuncuní	1589155.928810	158.915593
Llanitos	43377.020141	4.337702
Laureles	93520.392699	9.352039

Tabla 3. Centros Poblados de Ibagué Fuente POT Ibagué 2014

9.3.4. Suelo Suburbano

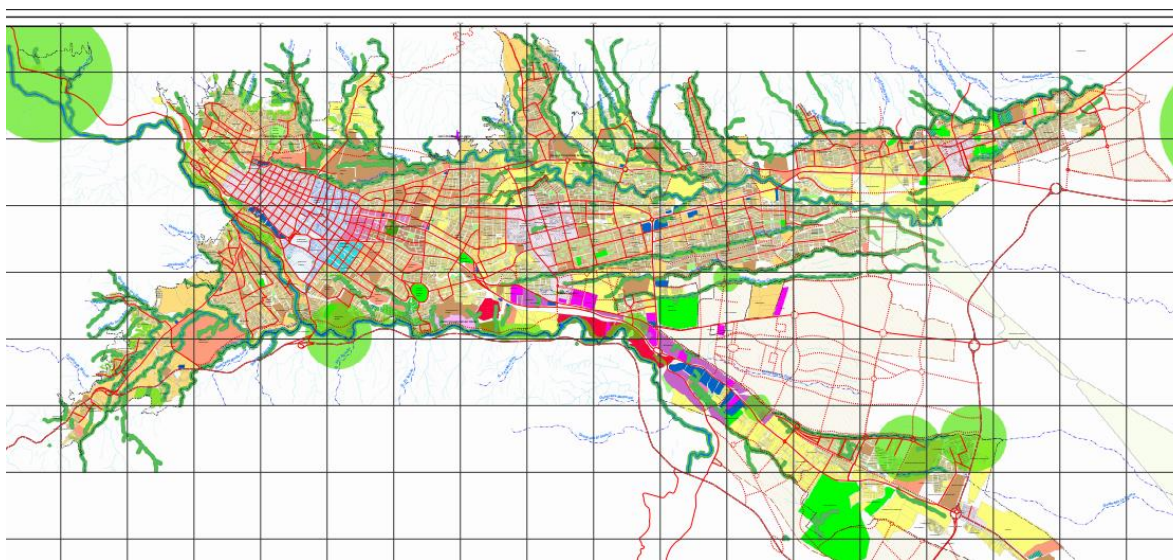
En el artículo 26 del decreto 823 del 2014 por medio del cual se adopta la revisión y ajuste del plan de ordenamiento territorial del municipio de Ibagué, se define el suelo suburbano como aquellas áreas del suelo rural, que pueden ser objeto de desarrollo con restricciones de uso, de intensidad y de densidad, de tal manera que se garantice el autoabastecimiento en servicios públicos domiciliarios. Para el desarrollo de los corredores suburbanos, se debe realizar la caracterización ambiental para determinar el ancho de los corredores suburbanos.

9.3.5. Suelo de protección

En el capítulo III, objetivos y estrategias territoriales de largo y mediano plazo, en el artículo 13 del decreto 823 del 2014 por medio del cual se adopta la revisión y ajuste



del plan de ordenamiento territorial del municipio de Ibagué, se establecen los objetivos, estrategias y políticas para los suelos de protección del municipio. Se considera el suelo de protección como aquel constituido por las zonas y áreas de terrenos, que por sus características geográficas, paisajísticas o ambientales, o por formar parte de las zonas de utilidad pública para la ubicación de infraestructuras para la provisión de servicios públicos domiciliarios o de las áreas de amenazas y riesgo no mitigable para la localización de asentamientos humanos, tiene restringida la posibilidad de urbanizarse.



LEYENDA	
DESCRIPCION	USOS
Zona de Actividad Residencial	Residencial Primario
	Residencial Secundario
Zona de Actividad Comercial y de Servicios	Servicio Empresarial e Industrial
	Servicio Personal
	Servicio de Mantenimiento
	Comercio Especial
	Comercio Pesado
Zona de Actividad Industrial	Industria Establecida
	Industria de Bajo Impacto
Zona de Actividad Institucional	Equipamiento Esencial
	Equipamiento Colectivo
	Equipamiento Recreativo
Zona de Actividad Central	Central
	Múltiple
Zonas de Espacio Publico	Zona Receptora de Espacio Público
	Zonas Comunales
	Parques, Plazas y Plazoletas
	Zonas de Protección Ambiental

Ilustración 11. Suelos de Protección urbano Fuente POT Ibagué 2014



9.4. Sistema ambiental

La ciudad de Ibagué presenta una red hidrográfica densa, razón por la que se conoce el municipio como Cabecera de Aguas. Lo anterior, al contar con el nacimiento de varios ríos que conforman diversas cuencas mayores como las del río Coello, Totare y Opia, que desembocan al río Magdalena (Corporación Autónoma Regional del Tolima, 2010). El río Coello nace en la cordillera Central a una altura de 3850 m.s.n.m; recibe las aguas de los ríos Bermellón, Cócora, Andes, Gallego y Combeima; constituyéndose en sus principales afluentes, los cuales juegan un papel de gran importancia en el desarrollo del departamento del Tolima. Dentro de su cuenca, se encuentran localizadas las fuentes abastecedoras de los cascos urbanos de Cajamarca, Ibagué (río Combeima y quebrada Cay), El Espinal y Flandes (Alcaldía Municipal de Ibagué, 2013)

Por su parte, el río Totare nace sobre las estribaciones de la cordillera Central, en el Parque Nacional Natural de los Nevados a una altura de 4.600 m.s.n.m. y cuenta, dentro de su cuenca, con las fuentes abastecedoras de los cascos urbanos de los municipios de Alvarado, Anzoátegui, Santa Isabel, Venadillo y la Quebrada Chembe en el sector nororiental del municipio. (Alcaldía Municipal de Ibagué, 2013). Tanto el Parque Nacional Natural Los Nevados como su zona amortiguadora, son considerados una de las principales áreas de interés ambiental con influencia sobre la región (Alcaldía Municipal de Ibagué, 2013).

Un claro ejemplo de los ecosistemas estratégicos en la zona de amortiguación es el Cañón del Combeima, de donde se abastece el 86% del agua para la población de Ibagué, posee alrededor de 50 cascadas y otras fuentes menores que tributan sus aguas al río Combeima (Corporación Autónoma Regional del Tolima, 2010). Desde su nacimiento en el Nevado del Tolima hasta su desembocadura, el río Combeima tiene una longitud de 55 km y drena una extensión de 27.240 Ha correspondientes al 18,2% del área de Ibagué. Con relación al casco urbano, 571,9 Ha pertenecen a la cuenca, un 10,3% de su área y en donde se localizan aproximadamente 86 barrios. (Corporación Autónoma Regional del Tolima, 2010)

9.5. Estructura ecológica principal

De conformidad con el decreto 3600 de 2007, la Estructura Ecológica Principal es el "Conjunto de elementos bióticos y abióticos que dan sustento a los procesos ecológicos esenciales del territorio, cuya finalidad principal es la preservación, conservación, restauración, uso y manejo sostenible de los recursos naturales renovables, los cuales brindan la capacidad de soporte para el desarrollo socioeconómico de las poblaciones". (Alcaldía Municipal de Ibagué, 2014)



La Estructura Ecológica Principal del Municipio de Ibagué, busca garantizar los servicios ecológicos que permitan construir un modelo ambiental territorial que garantice el desarrollo humano en el Municipio, tales como: provisión de agua, moderación a eventos extremos, almacenamiento de carbono en el suelo y hábitat de fauna silvestre, al tener como unidad de referencia los ecosistemas naturales, semi-naturales y transformados, presentes en el Municipio.

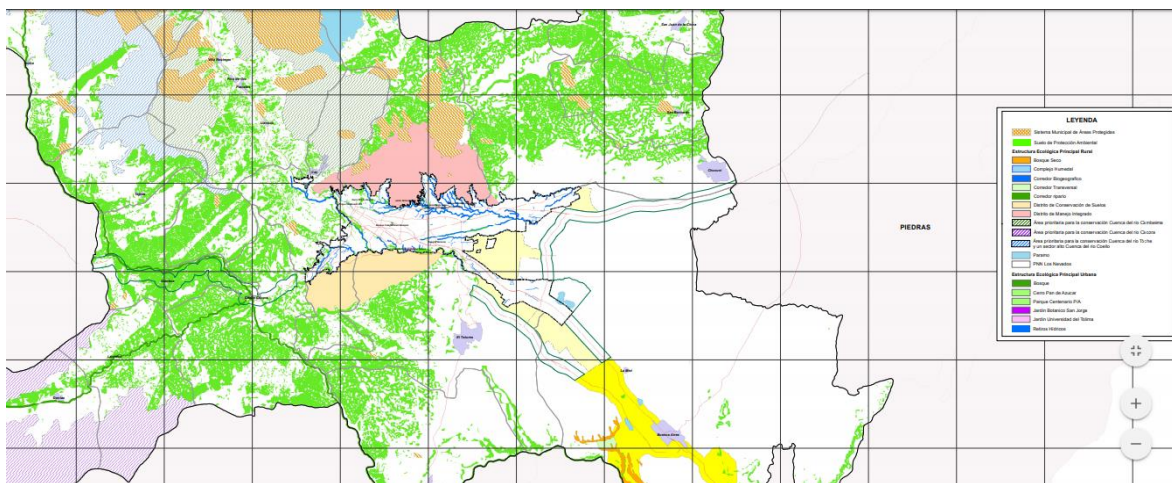


Ilustración 12. Estructura ecológica principal Fuente POT Ibagué 2014

9.5.1. Categorías de la estructura ecológica principal

Se definen las siguientes categorías:

- Parque Nacional Natural los Nevados. Esta área permite la autorregulación ecológica y sus ecosistemas en general no han sido alterados sustancialmente por la explotación u ocupación humana; las especies vegetales y animales, complejos geomorfológicos y manifestaciones históricas o culturales tienen valor científico, educativo, estético y de recreación nacional, y para su perpetuación se somete a un régimen adecuado de manejo.
- Páramo. Estos ecosistemas presentan una singular riqueza cultural y biótica, con un alto grado de especies de flora y fauna de especial importancia y valor, componentes que constituyen un factor indispensable para el equilibrio ecosistémico y el manejo de la biodiversidad, se constituyen como la principal zona de abastecimiento de agua de las fuentes hídricas presentes en el Municipio.
- Área de importancia ecosistémica por hábitat - bosque seco. El bosque basal o-bosque seco, se localiza por debajo de la cota límite de los 1000 m.s.n.m, presenta un alto grado de intervención debido a las actividades



agropecuarias intensivas, que han hecho que el ecosistema haya sido reducido a pequeños fragmentos aislados, o interconectados a través de la vegetación ribereña de los cauces de quebradas y arroyos; cumple funciones ecológicas importantes en la región, como son el regular la calidad y cantidad del recurso hídrico en la parte baja, en la desembocadura del río Coello y ser el lugar de habitación de un significativo número de especies de animales, como la Ostra de Agua Dulce, especie endémica del río Magdalena que se distribuye en el cauce del río Opía y que se encuentra arraigada a las tradiciones culturales de los habitantes de la región.

- Áreas que prestan un alto servicio ecosistémico al Municipio. Los servicios de los ecosistemas naturales y semi naturales son determinantes por su contribución al bienestar humano, al ser el producto final de diversas funciones de los ecosistemas (clima, agua, recreación), que pueden proveer bienes tangibles (subconjunto de servicios) tales como madera o los alimentos resultado de diferentes procesos del ecosistema. Sin embargo, los valores sociales que la gente fije a determinado paisaje o ecosistema son importantes en la planificación ambiental, ya que pueden aumentar los beneficios de la gestión ambiental a través de la participación activa de las comunidades locales, instituciones interesadas en el proceso de planificación.
- Corredores. Los corredores ecológicos (ambientales o biológicos) son terrenos lineales ubicados entre fragmentos de áreas protegidas que cumplen la función de conectarlos entre sí, para promover el intercambio reproductivo entre poblaciones aisladas de organismos vivos. Con el establecimiento de los corredores ecológicos se busca enlazar fragmentos aislados del ecosistema en áreas de paisajes transformados, por medio de acciones de re-vegetalización de plantas nativas que estimulan funciones ecológicas específicas como la sucesión natural de especies vegetales, a su vez favorecen el repoblamiento de las especies animales que se encuentran en alguna de las categorías de amenaza de extinción.
- Rondas hídricas. De conformidad con el artículo 83 literal d) del Decreto-Ley 2811 de 1974, se entiende por ronda hídrica la franja hasta de 30 metros de ancho, paralela a las líneas de mareas máximas, a cada lado de los cauces permanentes de los ríos, quebradas y arroyos, y alrededor de los lagos o depósitos de agua.
- Distrito de manejo integrado del orden municipal. Se define al Distrito de Manejo Integrado como un espacio de la biosfera que, por razón de factores ambientales o socioeconómicos, se delimita para que dentro de los criterios



del desarrollo sostenible se ordene, planifique y regule el uso y manejo de los recursos naturales renovables y las actividades económicas que allí se desarrollan.

- Distrito de conservación de suelos. El Decreto 2811 de 1974, en su Artículo 324, define a los distritos de conservación de suelos como el área que se delimite para someterla a manejo especial orientado a la recuperación de suelos alterados o degradados o la prevención de fenómenos que causen alteración de degradación en áreas especialmente vulnerables por su condiciones físicas o climáticas o por la clase de utilidad que en ellas se desarrolla.
- Bosques urbanos. Los Bosques Urbanos que conforman la Estructura Ecológica Principal Urbana, corresponden a las áreas boscosas de la ciudad de Ibagué que garantizan las condiciones apropiadas para la protección del medioambiente y el hábitat de las especies nativas. Estos elementos naturales a una escala local regulan el agua, el suelo y el aire, así como la biodiversidad en el Municipio, en favor de la calidad de vida de sus habitantes. Por lo tanto, conservar la estructura, composición y funcionalidad de los procesos ecológicos de estos ecosistemas urbanos, es preservar la integridad ecológica de los mismos, así como también asegurar la provisión, regulación y soporte de los servicios ambientales que brindan.
- Jardín Botánico. Estos Jardines botánicos representan los escenarios idóneos para la recreación, investigación y conocimiento de la biodiversidad (riqueza vegetal y animal) del Municipio y la región, que, por su condición de espacios naturales dentro de la ciudad, asocian a un número significativo de especies de animales de aves, mamíferos y pequeños reptiles, consolidando el hábitat adecuado para la conservación y protección de estas especies.

9.6. Sistema ambiental urbano

El suelo de Protección localizado dentro del perímetro urbano de Ibagué está conformado por sectores y/o áreas, que, por sus características ambientales, deben ser objeto de conservación y protección. Para los efectos técnicos y legales, se clasifican así:



Suelo		Zona	Área	Definición
De protección	por características ambientales-áreas de especial significancia ambiental	De conservación ambiental	Bosques Municipales o parques Municipales	Áreas boscosas con especies nativas que ofrecen condiciones ambientales apropiadas para la conservación del medio ambiente urbano.
			Jardines Botánicos	Bancos o colecciones de plantas, semillas o genes que manejados científicamente contribuyen a la investigación, la conservación y la educación, entre otras.
			Humedales	Ecosistemas inundados que albergan una inmensa biodiversidad y que requieren con urgencia de medidas de protección y conservación.
		De protección y abastecimiento del recurso hídrico.	para la protección de cauces	Área definidas por el decreto 1449 de 1977 para la protección de los cauces o nacimientos de fuentes hídricas.
		De recuperación y/o restauración ambiental	Con deterioro ambiental	Áreas que debido a la fuerte degradación que presentan sus suelos requieren procesos de recuperación para su posterior reclasificación dentro de otra figura de conservación.
		Natural	De amenaza volcánica	Áreas expuestas a amenaza alta por flujos piroclásticos.
			De amenaza por flujos hidrísticos.	Áreas expuestas a amenaza por avalancha e inundaciones.
			De amenaza por fenómenos de remoción en masa	Áreas expuestas a amenaza alta por procesos erosivos.
		Inducida	De influencia de líneas de energía.	Áreas para la amortiguación del impacto que generan las líneas de alta tensión actividades.
			De influencia de las líneas férreas.	Áreas para la amortiguación del impacto que genera las vías férreas.
			De influencia de las vías nacionales y estructurales	Áreas para la amortiguación que genera el impacto de estas actividades.
			De influencia de los poliductos	Áreas para la amortiguación del impacto que genera los oleoductos y gaseoductos.
	De influencia del cono de aproximación del aeropuerto		Áreas para la amortiguación que genera el impacto de estas actividades.	
	Protección por utilidad pública	Para aprovechamiento de servicios públicos	De redes de acueducto, alcantarillado, teléfonos y comunicaciones.	Áreas para la amortiguación del impacto que generen las redes de servicios públicos.
			Equipamientos municipales	Áreas para la amortiguación del impacto que generen las plantas de sacrificio.
Plantas de abastecimiento de acueductos			Áreas para la amortiguación del impacto que genera las plantas de tratamiento, plantas y subestaciones de energía.	
Territorio de Expansión Urbana				Presenta las mismas condiciones establecidas para el suelo urbano.

Tabla 4. Relación de suelos de protección urbanos Fuente POT Ibagué 2014

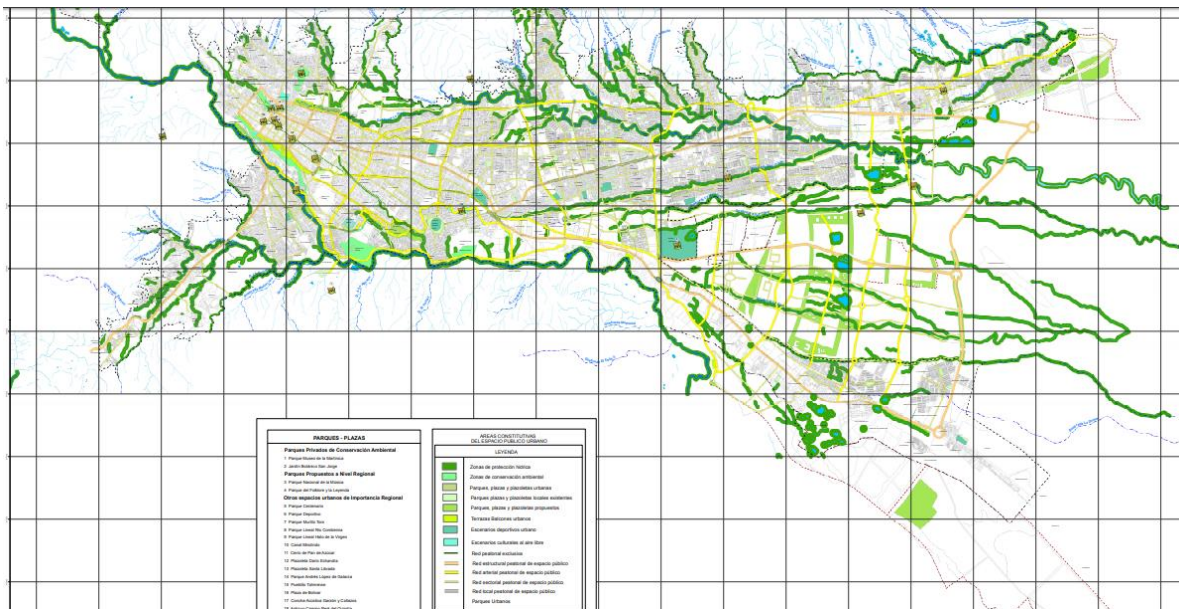


Ilustración 13. Áreas constitutivas del espacio público urbano mapa U9 Fuente: POT Ibagué 2014

9.6.1. Otros elementos urbanos constitutivos del espacio público de la ciudad.

El plan de ordenamiento Territorial municipal, adoptado mediante el acuerdo 116 de 2000, señala en el artículo No. 69 que la microcuenca urbana Hato de la Virgen, el Canal de Mirolindo y el Parque Deportivo se identifican como elementos constitutivos del espacio público de relevancia a nivel urbano regional.

En el artículo 125 del mismo documento, establece para estos elementos (exceptuando el parque deportivo) el señalamiento y reglamentación específica para las zonas de conservación y restauración ambiental en el suelo urbano del municipio de Ibagué, en el que la quebrada Hato de la Virgen, requiere ser recuperada de manera integral, para lograr su incorporación al espacio público de la ciudad.

No obstante, en la posterior modificación del POT mediante el decreto 823 del 2014, se hace énfasis, en la necesidad de orientar estrategias para la protección y conservación de los ambientes de importancia ambiental, por lo que se establecen las zonas de retiro hidrológico y los usos aprobados para estos espacios, estas se reglamentan mediante los artículos 116 y 117 del mismo decreto.



9.6.2. Retiros Hidrológicos

Se adoptan las recomendaciones contenidas en el estudio adoptado mediante la resolución 1220 de 2010 elaborada por CORTOLIMA para el sector el Vergel. Para el resto del suelo urbano se acoge transitoriamente las establecidas en el decreto nacional 1541 de 1978, donde no se hayan realizado los estudios respectivos así:

RONDAS HÍDRICAS MÍNIMAS			Alvarado.		
Tipo	Aislamiento Mínimo	Observaciones			
Ríos	30.00 mts	A ambos lados del cauce, medidos por la horizontal y contados a partir de la cota máxima de inundación.	Nacimientos	100.00 mts	Radio mínimo medido a partir del centro del nacimiento.
Combeima, Chipalo, Toche, Coello y Alvarado.			Lagunas	50.00 mts	Alrededor del la laguna a partir de la cota máxima del espejo de agua
			Represas	50.00 mts	Alrededor del la laguna a partir de la cota máxima del espejo de agua
Afluentes de los ríos	Hasta de 30.00 mts	A cada lado del cauce, contados sobre la horizontal a partir de la cota máxima de inundación.	Canales Abiertos	Variable	De acuerdo con las servidumbres o títulos de propiedad de cada uno de ellos.
Combeima, Chipalo, Toche, Coello y			Colectores	Variable	En todos los casos deberá dejarse una zona libre de arborización, a lado y lado, medida a partir del borde externo del colector, para permitir su mantenimiento y reparación.

Tabla 5. Delimitación de rondas hídricas urbanas Fuente POT Ibagué 2014

9.6.3. Reglamentación de los usos suelos de protección-Retiros Hidrológicos.

Según el Plan de Ordenamiento Territorial del municipio de Ibagué, reglamentado por el decreto 823 del 2014, las zonas de protección ambiental urbanas definidas como retiros hidrológicos, se podrán utilizar al tomar como referencia la priorización de las siguientes actividades:

Uso principal: se permiten actividades como la Protección, Conservación y recuperación de caudales; la conservación de suelos y la restauración; la protección, conservación y restauración del bosque ribereño, la Investigación controlada, Usos recreativos de baja densidad, recreación pasiva y educación ambiental.

Uso compatible: actividades orientadas a favorecer la recreación pasiva o contemplativa; la investigación y la educación ambiental, Restauración y rehabilitación ecológica.

Uso Condicionado: la captación de aguas; la incorporación de vertimientos; Prácticas silviculturales, la Construcción de infraestructuras de apoyo al uso principal; desagües de instalaciones de acuicultura y extracción de material de arrastre, son actividades que condicionan el uso del suelo.

Uso Prohibido: Agricultura, ganadería, reforestación comercia), aprovechamiento forestal comercial, pesca, caza, industria, comercio, urbanismo y cualquier otro diferente a los enunciados anteriormente.



9.7. Cuenca hidrográfica

Una cuenca u hoya hidrográfica es el área de aguas superficiales o subterráneas que vierten a una red hidrográfica natural con uno o varios cauces naturales, de caudal continuo o intermitente, que confluyen en un curso mayor que, a su vez, puede desembocar en un río principal, en un depósito natural de aguas, en un pantano o directamente en el mar. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015)

9.7.1. Macro-cuencas de Colombia.

Los Planes Estratégicos de las Macro-cuencas se encuentran reglamentados mediante Decreto 1076 de 2015 Artículo 2.2.3.1.2.1 al 2.2.3.1.2.5, el cual establece los instrumentos de planificación para los diferentes niveles de cuencas hidrográficas definidos en la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico expedida en el 2010. Las Macro-cuencas definidas de acuerdo a la Zonificación Hidrográfica del País son: 1. Caribe 2. Magdalena – Cauca 3. Orinoco 4. Amazonas 5. Pacífico.



Ilustración 14. Macro-cuencas de Colombia Fuente: Min. Ambiente 2015

9.7.2. Contexto Nacional del Abastecimiento del Recurso Hídrico.

Es apreciable que a pesar de contar con oferta hídrica variada brindada por las cinco macro-cuencas anteriormente citadas, en el territorio colombiano existe conflicto por el abastecimiento del recurso hídrico, situación que se evidencia en los indicadores elaborados por la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, con una muestra correspondiente al 6% de los municipios del país y al 46% de la población proyectada por el Departamento Nacional de Estadística, DANE, para el año 1998. Allí se observa que existen zonas del país donde aún no se cuenta con la infraestructura necesaria para el abastecimiento del mismo, razón por la cual las condiciones de vida de la población se consideran precaria. (Gálvez, 2002)



Ciudad	Acueducto %	Alcantarillado %
Bogotá	93.0	83.0
Cali	96.36	99.5
Medellín	99.2	94.3
Barranquilla	89.0	89.0
Promedio ponderado	94.39	91.45

Tabla 6. Cobertura de Acueducto y alcantarillado en grandes ciudades, Fuente Informes de Auditoría Externa 1999.

Ciudad	Acueducto %	Alcantarillado %
Popayán	98.0	92.0
Cartagena	78.86	67.75
Manizales	90.79	86.93
Pereira	97.72	93.31
Bucaramanga	100	99.17
Villavicencio	87.8	N.D.
Yopal	79.19	57.24
Valledupar	99.0	94.30
Sincelejo	85.20	73.82
Pasto	80.0	78.46
Neiva	98.38	92.07
Arauca	87.89	57.14
Armenia	100	100
Ibagué	92.0	90.20
Santa Marta	79.16	66.34
Montería	63.13	25.88
Tunja	98.18	96.16
Florencia	81.65	46.18
Promedio	89.65	78.90

Tabla 7. Cálculos Cobertura Servicio público de acueducto Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios SSPD, diciembre de 1999.

9.7.3. Contexto Local: Cuencas Principales en la ciudad de Ibagué.

El municipio de Ibagué cuenta con varios ríos que conforman cuencas hidrográficas que desembocan en el río Magdalena: el río Coello, en el cual desembocan los ríos Combeima y el Cócora; el río Totare, en el cual desembocan los ríos Chipalo, Alvarado y La China; que es a su vez afluente del río Magdalena; y el río La Opia que desemboca directamente al río Magdalena. Estos elementos constituyen un soporte fundamental para el desarrollo urbano, industrial y agropecuario del



municipio, sin embargo, cuentan con un fuerte impacto provocado por las actividades económicas y los asentamientos humanos. (Gálvez, 2002).

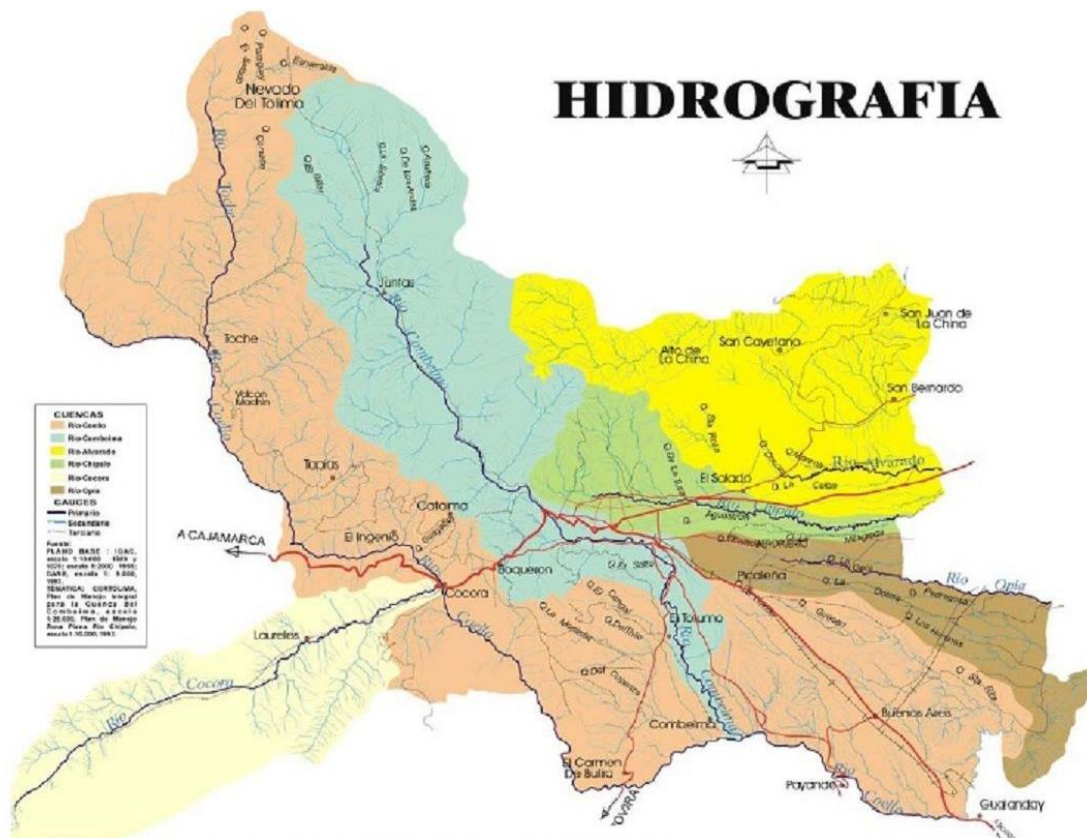


Ilustración 15. Cuencas Hídricas en Ibagué- Fuente: Aplicación Metodológica al Ordenamiento territorial de Ibagué, 2001

9.7.4. Sub-cuenca del Río Chípalo

La subcuenca hidrográfica del río Chípalo se encuentra inmersa en la cuenca mayor del río Totare, con una extensión de 15.466.9 hectáreas, ubicada al noroccidente del departamento del Tolima. Nace en la vereda la cascada en los cerros noroccidentales del municipio de Ibagué (área de manejo especial del municipio según POT de la ciudad) a 2400 m.s.n.m., las coordenadas geográficas en sus extremos son longitud 75° 14' W latitud 4° 28' norte y longitud 74 ° 31' W latitud 4 ° 37' norte. La cuenca del río Totare limita al norte con la Cuenca del Río La China, al sur y al occidente con la cuenca del Río Combeima y por el oriente con el municipio de Piedras. Posee una pendiente de 2,9 % y un caudal promedio de 2,09 m3 /s. El río Chípalo recibe aguas de 17 quebradas. (CORTOLIMA, 2018)

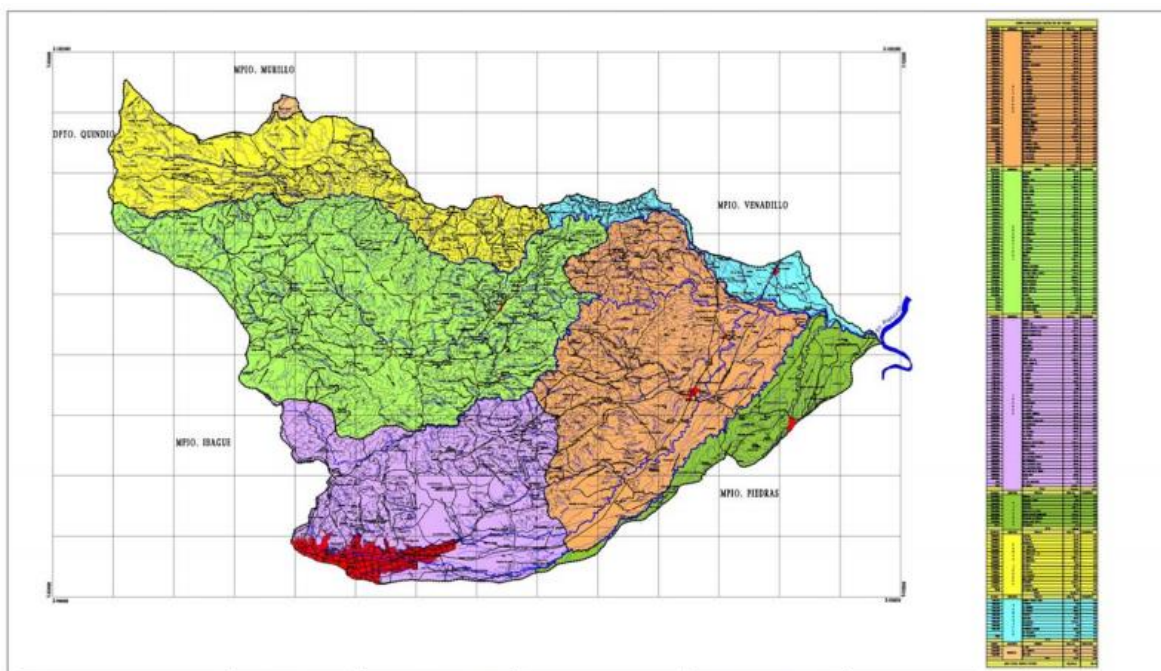


Ilustración 16. Delimitación de las subcuencas que conforman la cuenca del Río Totare- Fuente: CORTOLIMA

9.7.5. Factores que limitan el desarrollo de la sub- cuenca del Río Chípalo

Sobre la ronda del Río Chípalo, tanto en la zona alta como en la baja, se localizan una serie de asentamientos urbanos y rurales, normales y subnormales, que vierten sus desechos de forma legal e ilegal a la Cuenca Hídrica, situación que ocasiona el surgimiento de problemas ambientales como contaminación y desaparición de la cobertura vegetal. (CORTOLIMA, 2018) Algunos de los aforos principales ubicados sobre el Río, está conformado por las urbanizaciones Entreríos, Topacio, Media Luna y Santa Martha. No obstante, cabe resaltar que, aunque la mayor parte del agua del río se destina al riego agrícola, también se utiliza, junto con el agua de sus afluentes, para surtir algunos acueductos periféricos.

Acueducto	Fuente	Caudal (l/s)
Barrio Ambala	Las Panelas	88.0
Barrio San Antonio	Ambala	2.03
Barrio El Triunfo	Ambala	1.25
Barrio Las Delicias	La Balsa	3.0
Barrio La Gaviota	La Tusa	44.0
Barrio La Paz	La Aurora	10.0
Barrio Alaska	Mosquera	1.0



Acueducto	Fuente	Caudal (l/s)
Barrio Clarita Botero	El Caudal	10.0
Barrio La Gaviota	La Tusa	0.65
Los Ciruelos	Ambala	7.0
Total		166.93

Tabla 8. Acueductos satelitales urbanos en la Cuenca del Río Chípalo. Fuente CORTOLIMA.

Estación	Caudal promedio (m ³ /s)
Entreríos	1.65
Topacio	2.11
Media Luna	3.20
Santa Marta	1.15

Tabla 9. Aforos sobre el Río Chípalo Fuente: Planing Ltda. CORTOLIMA

El río Chípalo recibe las aguas residuales domésticas de la parte norte y oriental de la ciudad (50% de la población) y aguas residuales de industrias como PROGALL, la cual realiza tratamiento a las aguas.

Aunque se contempla el cuerpo dentro del Plan de Saneamiento Hídrico de la ciudad que incluye la construcción de colectores de aguas residuales y plantas de tratamientos, los colectores se han diseñado de tal manera que poseen aliviaderos para mantener su capacidad de conducción, lo que significa vertimientos al río antes de cualquier tratamiento. (Gálvez, 2002)

Otro elemento importante de mencionar es que ha existido vertimiento de aguas residuales que inicialmente provienen de las aguas potables del río Combeima, lo que ha incrementado paulatinamente el cauce y también la relación entre las aguas residuales y las aguas naturales. En esta situación las aguas mezcladas se establecen en una relación aproximada de 1:2.; en adición los colectores construidos no cubren la totalidad de recolección de las aguas residuales, debido a que los asentamientos subnormales arrojan directamente a la fuente de agua tanto los residuos líquidos como los sólidos. (Gálvez, 2002)

Una vez utilizadas, parte de las aguas drenan nuevamente al río, otra parte es reusada por los usuarios, y las restantes van a otros cuerpos de agua. Cabe resaltar que en el cuerpo hídrico se evidencia la presencia de residuos de pesticidas debido a su uso agrícola en la parte alta. Por ser un río “urbano” en gran parte de su recorrido, los habitantes de la ciudad de Ibagué no lo perciben como río, sino como un drenaje de aguas negras y desconocen su importancia para los sistemas productivos de la zona plana de la cuenca como fuente de abastecimiento para acueductos, y como una posibilidad de recreación. (Gálvez, 2002)



Ilustración 17. Contaminación en el Río Chipalo. Fuente: Juan José Vásquez Barragán 2016

9.7.6. Indicadores de Capacidad hídrica de la Sub-cuenca del Río Chipalo

9.7.6.1. Oferta Hídrica

Se considera oferta hídrica al volumen disponible para satisfacer la demanda generada por las actividades sociales y económicas del sistema. La estimación de la oferta hídrica tiene como base la dinámica y los procesos que se dan en el ciclo hidrológico, que determinan en un espacio y un período dado la disponibilidad del recurso. Según la resolución 0865 de Julio 22 de 2004 en cumplimiento del artículo 21 del Decreto 155 de 2004, mediante la cual el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial adoptó la metodología establecida por el IDEAM para el cálculo del índice de escasez para aguas superficiales, el caudal medio anual de la corriente es la oferta hídrica de esa cuenca. (CORTOLIMA, 2018).

En el presente estudio de caso se adoptan conceptos utilizados por La Corporación Autónoma Regional del Tolima para la elaboración del Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hídrica del Río Totare respecto a la oferta hídrica total y neta. La primera corresponde al volumen total generado por la unidad de producción hidrográfica (Cuenca), sin tener en cuenta factores de reducción, y la segunda a la disponibilidad del recurso de acuerdo con su calidad y el volumen mínimo disponible que debe discurrir por los cauces para el sostenimiento de los ecosistemas (Caudal ecológico). (CORTOLIMA, 2018).

También se adoptan los indicadores de rendimiento y escasez hídrica generados por La Corporación Autónoma Regional del Tolima para la elaboración del Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hídrica del Río Totare, que fueron obtenidos mediante la implementación de la metodología del número de curva, a través del modelo de simulación hidrológico caudal donde finalmente se adquirió la información respecto a la oferta hídrica para las diferentes, subcuencas y microcuencas que conforman la cuenca mayor del Río Totare. (CORTOLIMA, 2018)



9.7.6.2. Caudal de Distribución

De conformidad con la metodología del IDEAM utilizada por la Corporación Autónoma Regional del Tolima para el análisis de la Cuenca Mayor del Río Totare, el caudal de distribución es la oferta hídrica neta resultante luego de aplicar los factores de reducción de caudal ecológico y por calidad de agua. La Tabla No. 9, 10, 11 y 12 de la página siguiente indica los caudales ecológicos y de distribución con su oferta hídrica a nivel de subcuencas y microcuencas integrantes de la Cuenca Mayor del Río Totare y la tabla No. 9 muestra los aportes hídricos municipales en la Cuenca Mayor del Río Totare. (CORTOLIMA, 2018)

Aportes Municipales a la Cuenca Mayor del Río Totare		
Municipio	Área (Hect.)	Q. Medio (m ³ /seg)
Alvarado	33044.56	1.10757
Anzoátegui	45963.35	8.77605
Ibagué	28613.03	5.25206
Murillo	22.75	0.00269
Piedras	9427.40	0.12971
Santa Isabel	19995.77	3.92078
Venadillo	5953.62	0.24798
Total	143020.4911	19.43684

Tabla 10. Aportes Hídricos Municipales



OFERTA HIDRICA - CUENCA MAYOR RIO TOTARE									
CUENCA	SUBCUENCA	MICROCUENCA	Precip. Max. Diaria		CAUDAL MEDIO (m3/seg)	Q. MIN (m3/seg)	CAUDAL ECOLOGICO (m3/seg)	Oferta Hídrica Neta (m3/seg)	
			Vr. Med	Vr. Min.					
		Q. El Placer	37,47	23,35	0,46470	0,28958	0,07240	0,39230	
Río Totare 1			37,47	23,35	0,08624	0,05374	0,01344	0,07280	
		Q. El Istmo	37,47	23,35	0,61885	0,38565	0,09641	0,52244	
	Q. Aguablanca		37,47	23,35	0,10672	0,06651	0,01663	0,09010	
		Q. El Cebollal	37,47	23,35	0,02412	0,01503	0,00376	0,02036	
		Q. Pan de Azucar	37,47	23,35	0,00363	0,00226	0,00057	0,00307	
		Q. Los Cazadores	37,47	23,35	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	
Q. Totarito		Q. El Afrcia	34,50	24,20	0,02905	0,02038	0,00509	0,02396	
	Q. Totarito		51,86	28,25	1,33426	0,72682	0,18170	1,15255	
TOTAL CUENCA QUEBRADA TOTARITO					1,36331		0,18170	1,18161	
		Q. Hoyofrio	46,07	26,90	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	
Río Totare 2			46,07	26,90	0,15438	0,09014	0,02253	0,13184	
	Q. La Estrella	Q. La Noria	37,47	23,35	0,01257	0,00783	0,00196	0,01061	
		Q. El Queso	37,47	23,35	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	
		Q. La Estrella	51,54	30,03	0,23566	0,13731	0,03433	0,20133	
	Total Subcuenca Qda. La Estrella				0,24823		0,03433	0,21390	
Río Totare 3			51,86	28,25	0,55402	0,30179	0,07545	0,47857	
		Q. La Cabrera	46,07	26,90	0,04190	0,02446	0,00612	0,03578	
	Q. Las Pavas		46,07	26,90	0,37559	0,21930	0,05483	0,32076	
		Q. Las Cruces	51,86	28,25	0,28844	0,15712	0,03928	0,24916	
		Q. La Negra	54,43	37,07	1,09479	0,74562	0,18640	0,90839	
		Q. El Fierro	57,95	32,25	0,98590	0,54867	0,13717	0,84874	
		Q. Gumina	82,38	49,50	0,05369	0,03226	0,00807	0,04563	
Río Totare 4			82,38	49,50	1,21806	0,73190	0,18297	1,03508	
	Q. Anundey	Q. La Chapa	76,75	50,67	0,00878	0,00580	0,00145	0,00733	
		Q. Anundey	76,75	50,67	0,04736	0,03127	0,00782	0,03954	
	Total Subcuenca Qda. Anundey				0,05615		0,00782	0,04833	
Río La China		Q. La Palmera	59,57	28,75	0,06723	0,03245	0,00811	0,06912	
		Q. El Cocuy	59,57	28,75	0,05752	0,02776	0,00694	0,05058	
		Río San Romualdo	51,21	27,23	1,18175	0,62837	0,15709	1,02465	
		Río San Romualdo	Q. El Bosque	37,47	23,35	0,01159	0,00722	0,00180	0,00978
			Q. La Argelia	37,47	23,35	0,06484	0,04040	0,01010	0,05474
			Q. Las Colonias	37,47	23,35	0,01634	0,01018	0,00255	0,01380

Tabla 11. Oferta Hídrica Total Superficial de la Cuenca del Río Totare. Fuente: CORTOLIMA 2018



OFERTA HIDRICA - CUENCA MAYOR RIO TOTARE									
CUENCA	SUBCUENCA	MICROCUENCA	Precip. Max. Diaria		CAUDAL MEDIO (m3/seg)	CAUDAL MEDIO MINIMO (m3/seg)	CAUDAL ECOLOGICO (m3/seg)	Oferta Hidrica Nota (m3/seg)	
			Vr. Med	Vr. Min.					
Río La China	Río San Romualdo	Q. Las Palomas	59,57	28,75	0,10010	0,04831	0,01208	0,08803	
	Total Subcuenca Río San Romualdo				1,37462		0,15709	1,21752	
		Q. Los Micos	59,57	28,75	0,04035	0,01947	0,00487	0,03548	
		Q. La Perdiz	59,57	28,75	0,04587	0,02214	0,00553	0,04033	
		Q. La Vela	78,71	35,00	0,01409	0,00626	0,00157	0,01252	
	Río La China 1		61,78	39,07	2,93181	1,85409	0,46352	2,46828	
		Q. Santa Bárbara	78,71	35,00	0,01339	0,00595	0,00149	0,01190	
	Q. Santa Helena	Q. Santa Helena	78,71	35,00	0,07878	0,03503	0,00876	0,07003	
		Q. El Venado	78,71	35,00	0,02853	0,01269	0,00317	0,02536	
	Total Subcuenca Oda. Santa Helena				0,10731		0,00876	0,09856	
		Q. Buenavista	78,71	35,00	0,01701	0,00757	0,00189	0,01512	
		Q. La Leona	78,71	35,00	0,00456	0,00203	0,00051	0,00405	
		Q. La Pitala	Q. La Pitala	77,09	38,50	0,01087	0,00543	0,00136	0,00951
		Q. La Pitala	Q. La Arenosa	77,09	38,50	0,05458	0,02726	0,00681	0,04777
		Q. La Pitala	Q. San José	77,09	38,50	0,00995	0,00497	0,00124	0,00871
	Total Subcuenca Oda. La Pitala				0,07541		0,00136	0,07405	
		Río Frio 1		50,13	29,57	0,38619	0,22780	0,05695	0,32924
		Q. El Bosque 2		46,81	33,23	0,05347	0,03796	0,00949	0,04398
		Río Frio 2		57,95	32,25	3,22494	1,79473	0,44868	2,77626
		Q. Loreno		37,47	23,35	0,05545	0,03456	0,00854	0,04681
		Q. Dardanelos		37,47	23,35	0,08272	0,05155	0,01289	0,06983
		Q. La Sierra		37,47	23,35	0,02354	0,01467	0,00367	0,01987
	Total Subcuenca Río Frio					3,82632		0,05695	3,76937
	Río La China 2			85,10	44,93	0,48931	0,25834	0,06458	0,42472
		Q. El Senoso		84,52	52,00	0,02256	0,01388	0,00347	0,01909
	Sub - Total Río La China					9,08735		0,52811	8,55924
		Q. Chembe		56,29	40,25	0,40536	0,28985	0,07246	0,33290
		Q. De la Torre		83,35	50,70	0,03321	0,02020	0,00505	0,02816
		Q. La Elena		83,35	50,70	0,03087	0,01878	0,00469	0,02617
		Q. Cerco de Silva		70,81	51,30	0,01179	0,00854	0,00214	0,00966
	Q. De las Cabres		71,05	49,00	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	
	Zanja del Desague		71,05	49,00	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	
	Q. Manjares		74,88	42,00	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	
	Q. La Arenosa 2		71,05	49,00	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	
	Q. De las Cabras		71,05	49,00	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	

Tabla 12. Oferta Hidrica Total Superficial de la Cuenca del Río Totare. Fuente: CORTOLIMA 2018



OFERTA HIDRICA - CUENCA MAYOR RIO TOTARE									
CUENCA	SUBCUENCA	MICROCUENCA	Precip. Max. Diaria		CAUDAL MEDIO (m3/seg)	CAUDAL MEDIO MINIMO (m3/seg)	CAUDAL ECOLOGICO (m3/seg)	Oferta Hídrica Neta (m3/seg)	
			Vr. Med	Vr. Mín.					
Río La China	Río Alvarado	Q. La Chumba	82,30	49,93	0,26999	0,16380	0,04095	0,22904	
		Q. La Cañada	79,17	45,90	0,00059	0,00034	0,00009	0,00050	
		Zanja Honda	79,17	45,90	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	
		Q. La Calma	88,29	49,90	0,26851	0,15176	0,03794	0,23057	
		Río Alvarado 1	48,70	18,75	0,46082	0,17742	0,04436	0,41647	
		Río Alvarado	79,38	45,27	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	
Total Subcuenca Río Alvarado					1,48113		0,04436	1,43678	
TOTAL CUENCA RIO LA CHINA					10,56848		0,52811	10,04038	
Río Chipalo	Q. Ambalá	Q. Ambalá	51,34	33,20	0,34042	0,22014	0,05503	0,28538	
		Q. La Cumbre	47,24	22,57	0,03906	0,01866	0,00467	0,03440	
	Total Subcuenca Oda. Ambalá					0,37948		0,05503	0,32444
	Q. Las Panelas		47,24	22,57	0,29799	0,14237	0,03559	0,26239	
		Q. El Hato	70,70	52,45	0,01281	0,00951	0,00238	0,01044	
	Río Chipalo 1		86,91	54,93	0,38517	0,24344	0,06086	0,32431	
	Q. Aguasucla	Q. Aguasucla	70,15	47,95	0,03868	0,02644	0,00661	0,03207	
		Q. La Mugrosa	70,70	52,45	0,00610	0,00453	0,00113	0,00497	
	Total Subcuenca Oda. Aguasucla					0,04478		0,00661	0,03817
	Q. Agua Blanca	Q. Agua Blanca	71,60	53,50	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	
		Zanja La Batea	71,05	49,00	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	
	Total Subcuenca Oda. Agua Blanca					0,00000		0,00000	0,00000
			Q. Los Frailes	79,17	45,90	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
	Río Chipalo 2			88,29	49,90	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
			Zanja La Cristalina	87,29	42,80	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
		Q. La Arenosa 3	79,17	45,90	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	
		Q. La Chicha	79,17	45,90	0,00941	0,00546	0,00136	0,00805	
		Q. Del Corral	87,29	42,80	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	
Q. Doyare	Q. Doyare	87,29	42,80	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000		
	Q. El Acetuno	87,29	42,80	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000		
Total Subcuenca Oda. Doyare					0,00000		0,00000	0,00000	
TOTAL CUENCA RIO CHIPALO					1,12964		0,06086	1,06878	
	Q. Guarapo		89,29	57,00	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	
Q. La Arenosa		Q. Las Cruces 2	89,29	57,00	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	
		Q. Pateme	89,06	57,00	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	
		Q. La Arenosa 4	89,29	57,00	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	
Total Subcuenca Oda. La Arenosa					0,00000		0,00000	0,00000	
	Q. Guarapo 2		89,29	57,00	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	
Río Totare 5			89,29	57,00	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	
TOTAL CUENCA RIO TOTARE					7,73872		0,29439	7,44432	
TOTAL CUENCA MAYOR RIO TOTARE					19,43684		0,29439	19,14245	

Tabla 13. Tabla de Oferta Hídrica Total Superficial de la Cuenca del Río Totare. Fuente: CORTOLIMA 2018



9.7.6.3. Rendimiento Hídrico

Teniendo como referencia el estudio hídrico elaborado por la Corporación Autónoma Regional del Tolima respecto a la Cuenca del Río Totare, se realizó una clasificación de acuerdo al área y la oferta obtenida de cada unidad hidrográfica, se calculó el rendimiento a nivel de sub-cuencas y microcuencas integrantes de la Cuenca Mayor del Río Totare y de acuerdo a ello se agruparon en cinco categorías como se indica en las tablas No. 13, 14, 15 y 16. (CORTOLIMA, 2018).

Con base en lo anterior, se establece que la Cuenca del Río Totare posee un rendimiento de 0.14 litros /Seg.hectárea, que se considera bajo. A nivel de cuencas integrantes, la unidad hidrológica con más alta relación de producción es el Río La China con rendimiento de 0.20 litros / seg/ hectárea, que se estima de categoría media. Los Ríos Chipalo y Alvarado poseen rendimientos de 0.07 y 0.05 litros/seg./hectárea, considerados como muy bajos. (CORTOLIMA, 2018).

En la Cuenca del Río Totare, a nivel de subcuencas, la quebrada La Negra influenciada por la estación La Bodega presenta un rendimiento de 1.04 litros /seg./hectárea considerada como muy alto y a nivel de microcuencas la quebrada El Istmo ubicada dentro del área de influencia de la estación La Ermita presenta un rendimiento de 1.17 litros / seg/ hectárea, constituyéndose en el mayor índice de la Cuenca del Río Mayor Totare. En la Cuenca del Río La China, la sub- cuenca de Río Frío influenciada por las estaciones de La Ermita y Anzoátegui y con un índice de 0.37 litros/ seg/ hectárea y la quebrada La Palmera a nivel de microcuencas con un índice de 0.39 litros/ seg/ hectárea considerados como de valor medio se constituyen en las de mayor rendimiento. (CORTOLIMA, 2018).



PRODUCCION Y RENDIMIENTO - CUENCA MAYOR RIO TOTARE			
NOM_CCA	ARFA	PRODUCCION L/Seg	RENDIMIENTO L/seg/Hect
R. TOTARITO	63675104,81817	1363,31	0,22
Q. LA ESTRELLA	32522355,80878	248,23	0,09
Q. LAS PAVAS	15530842,83094	375,59	0,26
RIO TOTARE	263661986,62575	3454,33	0,15
Q. AGUA BLANCA	12598772,99362	106,72	0,08
Q. GUMINA	21492469,34156	53,69	0,03
Q. ANUNDEY	12670527,14117	56,15	0,04
Q. LA NEGRA	10658668,96993	1094,79	1,04
R. SAN ROMUALDO	122854153,82806	1374,62	0,11
R. LA CHINA	185130678,74427	3703,69	0,20
R. FRIO	107085367,69508	3826,32	0,37
Q. GUARAPO	13445994,06529	0,00	0,00
Q. EL FIERRO	20240539,26855	985,90	0,46
R. ALVARADO	299881404,42108	1481,13	0,05
RIO CHIPALO	87904586,21448	407,40	0,07
Q. LA ARENOSA	29051800,28313	0,00	0,00
Q. GUARAPO 2	12267391,20336	0,00	0,00
Q. DOYARE	17755533,98676	0,00	0,00
Q. LA PITALA	12615884,65382	75,41	0,06
Q. SANTA HELENA	13555109,58974	107,31	0,06
Q. LA AMBALA	12327158,11600	379,48	0,35
Q. LAS PANELAS	13827040,95064	297,99	0,21
Q. AGUABLANCA	10238567,77081	0,00	0,00
Q. AGUA SUCIA	7970257,21259	44,78	0,04
		19436,84	

Tabla 14. Producción y Rendimiento Cuenca del Río Totare.



PRODUCCIÓN Y RENDIMIENTO - CUENCA MAYOR RIO TOTARE							
CUENCA	SUBCUENCA	MICROCUENCA	AREA		CAUDAL MEDIO (m3/seg)	RENDIMIENTO	
			(Hect)	(%)		Ltr/Seg *Ha	(%)
		Q. El Placer	475,7372	0,33%	0,46470	0,98	2,39%
Río Totare 1			2004,3027	1,40%	0,08624	0,04	0,44%
		Q. El Istmo	527,2552	0,37%	0,61885	1,17	3,18%
	Q. Aguablanca		1323,5514	0,93%	0,10672	0,08	0,55%
		Q. El Cebollal	841,3443	0,59%	0,02412	0,03	0,12%
		Q. Pan de Azucar	418,0862	0,29%	0,00363	0,01	0,02%
		Q. Los Cazadores	865,9153	0,61%	0,00000	0,00	0,00%
Q. Totarito		Q. El Africa	707,4362	0,49%	0,02905	0,04	0,15%
	Q. Totarito		5578,5470	3,90%	1,33428	0,24	6,86%
TOTAL CUENCA QUEBRADA TOTARITO			6285,9832	4,40%	1,36331	0,22	7,01%
		Q. Hoyofrio	1000,1999	0,70%	0,00000	0,00	0,00%
Río Totare 2			2990,0841	2,09%	0,15438	0,05	0,79%
	Q. La Estrella	Q. La Noria	438,3934	0,31%	0,01257	0,03	0,06%
		Q. El Queso	558,9456	0,39%	0,00000	0,00	0,00%
		Q. La Estrella	1858,4644	1,30%	0,23566	0,13	1,21%
	Total Subcuenca Qda. La Estrella		2855,8034	2,00%	0,24823	0,09	1,28%
Río Totare 3			607,8379	0,43%	0,55402	0,91	2,85%
		Q. La Cabrera	189,6559	0,13%	0,04190	0,22	0,22%
	Q. Las Pavas		1440,3916	1,01%	0,37559	0,26	1,93%
		Q. Las Cruces	382,4741	0,27%	0,28844	0,75	1,48%
	Q. La Negra		1049,9074	0,73%	1,09479	1,04	5,63%
	Q. El Fierro		2161,9775	1,51%	0,98590	0,46	5,07%
	Q. Gumina		2019,9527	1,41%	0,05369	0,03	0,28%
Río Totare 4			16363,5833	11,44%	1,21806	0,07	6,27%
	Q. Anundey	Q. La Chapa	622,8001	0,44%	0,00878	0,01	0,05%
		Q. Anundey	937,9425	0,66%	0,04736	0,05	0,24%
	Total Subcuenca Qda. Anundey		1560,7426	1,09%	0,05615	0,04	0,29%
Río La China		Q. La Palmera	171,4832	0,12%	0,06723	0,39	0,35%
		Q. El Cocuy	169,4355	0,12%	0,05752	0,34	0,30%
		Río San Romualdo	9734,6769	6,81%	1,18175	0,12	6,08%
		Q. El Bosque	672,8191	0,47%	0,01159	0,02	0,06%
		Q. La Argelia	804,0772	0,56%	0,06484	0,08	0,33%
		Q. Las Colonias	948,9589	0,66%	0,01634	0,02	0,08%

Tabla 15. Producción y Rendimiento Fuente CORTOLIMA 2018.



PRODUCCIÓN Y RENDIMIENTO - CUENCA MAYOR RIO TOTARE								
CUENCA	SUBCUENCA	MICROCUENCA	AREA		CAUDAL MEDIO (m3/seg)	RENDIMIENTO		
			(Hect)	(%)		Ltn/Seg X Hectárea	(%)	
Rio La China	Rio San Romualdo	Q. Las Palomas	223,3043	0,16%	0,10010	0,45	0,52%	
	Total Subcuenca Rio San Romualdo		12383,8364	8,66%	1,37462	0,11	7,07%	
		Q. Los Micos	138,8126	0,10%	0,04035	0,29	0,21%	
		Q. La Perdiz	135,1024	0,09%	0,04587	0,34	0,24%	
		Q. La Vela	596,8820	0,42%	0,01409	0,02	0,07%	
	Rio La China 1		5655,6890	3,95%	2,93181	0,52	15,08%	
		Q. Santa Bárbara	567,5595	0,40%	0,01339	0,02	0,07%	
	Q. Santa Helena	Q. Santa Helena	593,5312	0,41%	0,07878	0,13	0,41%	
		Q. El Venado	1209,4823	0,85%	0,02853	0,02	0,15%	
	Total Subcuenca Qda. Santa Helena		1803,0135	1,26%	0,10731	0,06	0,55%	
		Q. Buenavista	128,2023	0,09%	0,01701	0,13	0,09%	
		Q. La Leona	193,1387	0,14%	0,00456	0,02	0,02%	
	Q. La Pitata	Q. La Pitata	697,6114	0,49%	0,01087	0,02	0,06%	
		Q. La Arenosa	368,2107	0,26%	0,05458	0,15	0,28%	
		Q. San José	186,6858	0,13%	0,00955	0,05	0,05%	
	Total Subcuenca Qda. La Pitata		1252,5079	0,88%	0,07541	0,06	0,39%	
	Rio Frio	Rio Frio 1		2341,3263	1,64%	0,38619	0,16	1,99%
		Q. El Bosque 2		502,6941	0,35%	0,05347	0,11	0,28%
		Rio Frio 2		5562,1088	3,89%	3,22494	0,58	16,59%
		Q. Loreno		918,9457	0,64%	0,05545	0,06	0,29%
		Q. Dardanelos		517,0228	0,36%	0,08272	0,16	0,43%
		Q. La Sierra		547,2205	0,38%	0,02354	0,04	0,12%
	Total Subcuenca Rio Frio		10389,3182	7,26%	3,82632	0,37	19,69%	
	Rio La China 2		11087,4946	7,75%	0,48931	0,04	2,52%	
		Q. El Senoso	169,4876	0,12%	0,02256	0,13	0,12%	
	Sub - Total Cuenca Rio La China		44841,9634	31,35%	9,0873495	0,20	46,75%	
	Rio Alvarado	Q. Chembe		1150,2022	0,80%	0,40536	0,35	2,09%
		Q. De la Torre		599,4108	0,42%	0,03321	0,06	0,17%
Q. La Elena			557,3800	0,39%	0,03087	0,06	0,16%	
Q. Cerco de Silva			885,7893	0,62%	0,01179	0,01	0,06%	
Q. De las Cabres			128,5817	0,09%	0,00000	0,00	0,00%	
Zanja del Desague			132,0947	0,09%	0,00000	0,00	0,00%	
Q. Manjares			1665,0194	1,16%	0,00000	0,00	0,00%	
Q. La Arenosa 2			395,6393	0,28%	0,00000	0,00	0,00%	
Q. De las Cabras		231,8141	0,16%	0,00000	0,00	0,00%		

Tabla 16. Producción y Rendimiento Fuente CORTOLIMA 2018.



PRODUCCIÓN Y RENDIMIENTO - CUENCA MAYOR RIO TOTARE								
CUENCA	SUBCUENCA	MICROCUENCA	AREA		CAUDAL MEDIO (m3/seg)	RENDIMIENTO		
			(Hect)	(%)		Ltr/Seg X Hectárea	(%)	
Rio La China	Rio Alvarado	Q. La Chumba	5736,7650	4,01%	0,26999	0,05	1,39%	
		Q. La Cañada	221,5744	0,15%	0,00059	0,00	0,00%	
		Zanja Honda	153,8610	0,11%	0,00000	0,00	0,00%	
		Q. La Caima	12073,6455	8,44%	0,26851	0,02	1,38%	
		Rio Alvarado 1	1879,9215	1,31%	0,46082	0,25	2,37%	
		Rio Alvarado 2	3734,2748	2,61%	0,00000	0,00	0,00%	
Total Subcuenca Rio Alvarado			29545,9737	20,659%	1,48113	0,05	7,62%	
TOTAL CUENCA RIO LA CHINA			74387,9371	52,01%	10,56848	0,14	54,37%	
Rio Chipalo	Q. Ambalá	Q. Ambajá	821,7935	0,57%	0,34042	0,41	1,75%	
		Q. La Cumbre	274,4159	0,19%	0,03906	0,14	0,20%	
	Total Subcuenca Qda. Ambalá			1096,20940	0,77%	0,37948	0,35	1,95%
	Q. Las Panelas		1415,7378	0,99%	0,29799	0,21	1,53%	
		Q. El Hato		279,6679	0,20%	0,01281	0,05	0,07%
	Rio Chipalo 1		4355,3965	3,05%	0,38517	0,09	1,98%	
	Q. Aguasucia	Q. Aguasucia	933,1252	0,65%	0,03868	0,04	0,20%	
		Q. La Mugrosa	226,8664	0,16%	0,00610	0,03	0,03%	
	Total Subcuenca Qda. Aguasucia			1159,99160	0,81%	0,04478	0,04	0,23%
	Q. Agua Blanca	Q. Agua Blanca 2	1039,4478	0,73%	0,00000	0,00	0,00%	
		Zanja La Batea	323,7299	0,23%	0,00000	0,00	0,00%	
	Total Subcuenca Qda. Agua Blanca			1363,17770	0,95%	0,00000	0,00	0,00%
			Q. Los Frailes	383,0244	0,27%	0,00000	0,00	0,00%
	Rio Chipalo 2			1468,8628	1,03%	0,00000	0,00	0,00%
			Zanja La Cristalina	134,5604	0,09%	0,00000	0,00	0,00%
			Q. La Arenosa 3	853,9997	0,60%	0,00000	0,00	0,00%
			Q. La Chicha	820,8329	0,57%	0,00941	0,01	0,05%
			Q. Del Corral	127,3632	0,09%	0,00000	0,00	0,00%
	Q. Doyare	Q. Doyare	1619,6233	1,13%	0,00000	0,00	0,00%	
Q. El Aceituno		388,4746	0,27%	0,00000	0,00	0,00%		
Total Subcuenca Qda. Doyare			2008,09790	1,40%	0,00000	0,00	0,00%	
TOTAL CUENCA RIO CHIPALO			15466,92220	10,81%	1,12964	0,07	5,81%	
	Q. Guarapo		1443,0449	1,01%	0,00000	0,00	0,00%	
Q. La Arenosa	Q. Las Cruces 2		136,6136	0,10%	0,00000	0,00	0,00%	
	Q. Pateme		946,9846	0,66%	0,00000	0,00	0,00%	
	Q. La Arenosa 4		1896,9686	1,33%	0,00000	0,00	0,00%	
Total Subcuenca Qda. La Arenosa			2980,56680	2,08%	0,00000	0,00	0,00%	
	Q. Guarapo 2		1046,9831	0,73%	0,00000	0,00	0,00%	
Rio Totare 5			2330,2511	1,63%	0,00000	0,00	0,00%	
TOTAL CUENCA RIOS TOTARITO Y TOTARE			53165,63180	37,17%	7,73872	0,15	39,81%	
TOTAL CUENCA MAYOR RIO TOTARE			143020,4911	100,00%	19,43684	0,14	100,00%	

Tabla 17. Producción y Rendimiento Fuente CORTOLIMA 2018.



9.7.6.4. Índice de escasez

Representa la demanda de agua que ejercen en su conjunto las actividades económicas y sociales para su uso y aprovechamiento frente a la oferta hídrica disponible (neta). El índice de escasez se define como la relación porcentual entre la demanda de agua del conjunto de actividades sociales y económicas con la oferta hídrica disponible, luego de aplicar factores de reducción por calidad del agua y caudal ecológico. Se adopta el índice de Escasez obtenido por la Corporación Autónoma Regional del Tolima luego de la aplicación de manera general de la metodología propuesta por el IDEAM, donde se expresa la medida de escasez en relación con los aprovechamientos hídricos como un porcentaje de la disponibilidad de agua. (CORTOLIMA, 2018)

Con estos datos se puede llegar a la conclusión que la Cuenca Mayor del Río Totare posee un Índice de Escasez de 2.24, que se considera de categoría alto e indica una demanda muy alta de agua respecto a la oferta. Lo anterior obedece a la sobredemanda de las Cuencas de los Ríos Alvarado y Chipalo, en los cuales se encuentran incluidas áreas irrigadas con aguas del Río Combeima. En la Tabla No. 17, 18 se registra el Índice de Escasez calculado a nivel de cuenca, subcuencas y microcuencas y se muestran las categorías de acuerdo a la clasificación citada por Naciones Unidas.

INDICE DE ESCASEZ - CUENCA MAYOR RIO TOTARE													
CUENCA	SUBCUENCA	MICROCUENCA	Precip. Max. Diaria		CAUDAL MEDIO (m3/seg)	CAUDAL DE REPART. (m3/seg)	CAUDAL ECOLOG. (m3/seg)	Oferta Hídrica Neta (m3/seg)	TOTAL DEMANDA ANUAL MILLONES M ³	TOTAL OFERTA ANUAL MILLONES M ³		INDICE DE ESCASEZ	
			Vr. Med	Vr. Min.						Parcial	Acuml	Parcial	acum.
Río Totare 1		Q. El Placer	37.47	23.35	0.46470	0.28958	0.07240	0.39230	0.001	12.37	14.65	0.00	0.00
			37.47	23.35	0.08624	0.05374	0.01344	0.07280	10.040	2.30	7.33	4.37	1.37
Q. Aguablanca		Q. El Istmo	37.47	23.35	0.61885	0.38565	0.09641	0.52244	0.001	16.48	26.85	0.00	0.00
			37.47	23.35	0.10672	0.06651	0.01663	0.09010	0.005	2.84	30.21	0.00	0.00
		Q. El Cebollal	37.47	23.35	0.02412	0.01503	0.00376	0.02036	0.002	0.64	30.97	0.00	0.00
		Q. Pan de Azucar	37.47	23.35	0.00363	0.00226	0.00057	0.00307	0.001	0.10	31.08	0.02	0.00
Q. Totarito		Q. Los Cazadores	37.47	23.35	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.007	0.00	31.08		0.00
		Q. El África	34.50	24.20	0.02905	0.02038	0.00509	0.02396	0.003	0.76	0.91	0.00	0.00
		Q. Totarito	46.07	28.25	1.33426	0.81816	0.20454	1.12972	0.025	35.63	42.97	0.00	0.00
TOTAL QUEBRADA TOTARITO					1.36331		0.20454	1.15877	0.028	36.54	74.04	0.00	0.00
Río Totare 2		Q. Hoyofrio	46.07	26.90	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.028	0.00	74.01		0.00
			46.07	26.90	0.15438	0.09014	0.02253	0.13184	0.025	4.16	78.86	0.01	0.00
	Q. La Estrella	Q. La Noria	37.47	23.35	0.01257	0.00783	0.00196	0.01061	0.005	0.33	0.39	0.02	0.01
		Q. El Queso	37.47	23.35	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.008	0.00	0.38		0.02
		Q. La Estrella	51.54	30.03	0.23566	0.13731	0.03433	0.20133	0.022	6.35	7.79	0.00	0.00
TOTAL QUEBRADA LA ESTRELLA					0.24823		0.03433	0.21390	0.034	6.75	86.65	0.01	0.00
Río Totare 3			51.86	28.25	0.55402	0.30179	0.07545	0.47857	0.009	15.09	104.11	0.00	0.00
		Q. La Cabrera	46.07	26.90	0.04190	0.02446	0.00612	0.03578	0.007	1.13	105.43	0.01	0.00
		Q. Las Pavas	46.07	26.90	0.37559	0.21930	0.05483	0.32076	0.086	10.12	117.19	0.01	0.00
		Q. Las Cruces	51.86	28.25	0.28844	0.15712	0.03928	0.24916	0.017	7.86	126.26	0.00	0.00
		Q. La Negra	54.83	37.07	1.09479	0.74018	0.18504	0.90975	0.038	28.69	160.75	0.00	0.00
		Q. El Fierro	57.95	32.25	0.98590	0.54867	0.13717	0.84874	3.095	26.77	188.75	0.12	0.02

Tabla 18. Índice de escasez Fuente CORTOLIMA 2018



INDICE DE ESCASEZ - CUENCA MAYOR RIO TOTARE														
CUENCA	SUBCUENCA	MICROCUENCA	Precip. Max. Diaria		CAUDAL MEDIO (m3/seg)	CAUDAL DE REPART. (m3/seg)	CAUDAL ECOLOG. (m3/seg)	Oferta Hidrica Neta (m3/seg)	TOTAL DEMANDA ANUAL MILLONES M³	TOTAL OFERTA ANUAL MILLONES M³		INDICE DE ESCASEZ		
			Vr. Med	Vr. Min.						Parcial	Acumul	Parcial	acum.	
Río Totare 4	Q. Gumina		82,38	49,50	0,05369	0,03226	0,00807	0,04563	2,547	1,44	187,90	1,77	0,01	
			82,38	49,50	1,21806	0,73190	0,18297	1,03508	68,392	32,64	157,92	2,10	0,43	
	Q. Anundey	Q. La Chapa	76,75	50,67	0,00878	0,00580	0,00145	0,00733	0,547	0,23	-0,27	2,36	-2,03	
		Q. Anundey	76,75	50,67	0,04736	0,03127	0,00782	0,03954	0,128	1,25	1,10	0,10	0,12	
		TOTAL QUEBRADA ANUNDEY			0,05615		0,00782	0,04833	0,675	1,52	159,01	0,44	0,00	
Río La China		Q. La Palmera	59,57	28,75	0,06723	0,03245	0,00811	0,05912	0,003	1,86	2,12	0,00	0,00	
		Q. El Cocuy	59,57	28,75	0,05752	0,02776	0,00694	0,05058	0,003	1,60	3,93	0,00	0,00	
		Río San Romualdo	51,21	27,23	1,18175	0,62837	0,15709	1,02465	1,060	32,31	36,21	0,03	0,03	
		Q. El Bosque	37,47	23,35	0,01159	0,00722	0,00180	0,00978	0,127	0,31	36,45	0,41	0,00	
		Q. La Argelia	37,47	23,35	0,06484	0,04040	0,01010	0,05474	0,231	1,73	38,26	0,13	0,01	
		Q. Las Colonias	37,47	23,35	0,01634	0,01018	0,00255	0,01380	0,721	0,44	38,05	1,66	0,02	
		R. S. Romualdo	Q. Las Palomas	59,57	28,75	0,10010	0,04831	0,01208	0,08803	0,044	2,78	41,17	0,02	0,00
			TOTAL RIO SAN ROMUALDO			1,37462		0,15709	1,21752	2,183	38,40	45,10	0,06	0,05
			Q. Los Micos	59,57	28,75	0,04035	0,01947	0,00487	0,03548	0,002	1,12	46,37	0,00	
			Q. La Perdiz	59,57	28,75	0,04587	0,02214	0,00553	0,04033	0,022	1,27	47,79	0,02	
			Q. La Vela	78,71	35,00	0,01409	0,00626	0,00157	0,01252	0,842	0,39	47,39	2,13	
		Río La China 1		61,78	39,07	2,93181	1,85409	0,46352	2,46828	3,162	77,84	136,69	0,04	0,02
			Q. Santa Bárbara	78,71	35,00	0,01339	0,00595	0,00149	0,01190	0,177	0,38	136,93	0,47	0,00
		Q. Santa Helena	Q. Santa Helena	78,71	35,00	0,07878	0,03503	0,00876	0,07003	1,020	2,21	1,46	0,46	0,70
			Q. El Venado	78,71	35,00	0,02853	0,01269	0,00317	0,02536	0,956	0,80	1,41	1,20	0,68
		TOTAL QUEBRADA SANTA HELENA			0,10731		0,00876	0,09856	1,976	3,11	138,34	0,64	0,01	
		Q. Buenavista	78,71	35,00	0,01701	0,00757	0,00189	0,01512	0,303	0,48	138,58	0,64	0,00	
		Q. La Leona	78,71	35,00	0,00456	0,00203	0,00051	0,00405	0,197	0,13	138,52	1,54	0,00	
	Q. La Pitata	Q. La Pitata	77,09	38,50	0,01087	0,00543	0,00136	0,00951	1,774	0,30	-1,43	5,92	-1,24	
		Q. La Arenosa	77,09	38,50	0,05458	0,02726	0,00681	0,04777	1,066	1,51	-0,78	0,71	-1,37	
		Q. San José	77,09	38,50	0,00995	0,00497	0,00124	0,00871	0,477	0,27	-0,94	1,74	-0,51	
INDICE DE ESCASEZ - CUENCA MAYOR RIO TOTARE														
CUENCA	SUBCUENCA	MICROCUENCA	Precip. Max. Diaria		CAUDAL MEDIO (m3/seg)	CAUDAL DE REPART. (m3/seg)	CAUDAL ECOLOG. (m3/seg)	Oferta Hidrica Neta (m3/seg)	TOTAL DEMANDA ANUAL MILLONES M³	TOTAL OFERTA ANUAL MILLONES M³		INDICE DE ESCASEZ		
			Vr. Med	Vr. Min.						Parcial	Acumul	Parcial	Acum.	
Río La China		TOTAL QUEBRADA LA PITATA			0,07541		0,00136	0,07405	3,318	2,34	137,58	1,42	0,02	
		Río Frio	Río Frio 1	50,13	29,57	0,38619	0,22780	0,05695	0,32924	0,033	10,38	12,15	0,00	0,00
			Q. El Bosque 2	46,81	33,23	0,05347	0,03796	0,00949	0,04398	0,007	1,39	13,82	0,01	0,00
			Río Frio 2	57,95	32,25	3,22494	1,79473	0,44868	2,77626	15,175	87,55	100,35	0,17	0,15
			Q. Loreno	37,47	23,35	0,05545	0,03456	0,00864	0,04681	0,007	1,48	102,09	0,00	0,00
			Q. Dardanelos	37,47	23,35	0,08272	0,05155	0,01289	0,06983	0,007	2,20	104,69	0,00	0,00
			Q. La Sierra	37,47	23,35	0,02354	0,01467	0,00367	0,01987	0,008	0,83	105,43	0,01	0,00
			TOTAL RIO FRIO			3,82632		0,05695	3,76937	15,239	118,87	243,01	0,13	0,06
		Río La China 2		85,10	44,93	0,48931	0,25834	0,06458	0,42472	47,235	13,39	211,21	3,53	0,22
			Q. El Senoso	84,52	52,00	0,02256	0,01388	0,00347	0,01909	0,113	0,60	211,80	0,19	0,00
			SUB - TOTAL RIO LA CHINA			9,08735		0,52811	8,55924	74,774	269,92	211,80	0,28	0,35
			Q. Chembe	56,29	40,25	0,40536	0,28985	0,07246	0,33290	0,977	10,50	11,81	0,09	0,08
			Q. De la Torre	83,35	50,70	0,03321	0,02020	0,00505	0,02816	0,308	0,89	12,55	0,35	0,02
			Q. La Elena	83,35	50,70	0,03087	0,01878	0,00469	0,02617	2,529	0,83	10,99	3,06	0,23
			Q. Cerco de Silva	70,81	51,30	0,01179	0,00854	0,00214	0,00966	22,792	0,30	-11,43	74,83	-1,99
		Q. De las Cabres	71,05	49,00	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	1,302	0,00	-12,73		-0,10	
		Zanja del Desague	71,05	49,00	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	2,837	0,00	-15,57		-0,18	
	Río Alvarado	Q. Manjares	74,88	42,00	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	8,368	0,00	-23,94		-0,35	
		Q. La Arenosa 2	71,05	49,00	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	1,523	0,00	-25,46		-0,06	
		Q. De las Cabras	71,05	49,00	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,611	0,00	-26,07		-0,02	
		Q. La Chumba	82,30	49,93	0,26999	0,16380	0,04095	0,22904	1,805	7,22	-19,36	0,25	-0,09	
		Q. La Cañada	79,17	45,90	0,00059	0,00034	0,00009	0,00050	0,004	0,02	-19,35	0,23	0,00	
		Zanja Honda	79,17	45,90	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,005	0,00	-19,35		0,00	
		Q. La Caima	88,29	49,90	0,26851	0,15176	0,03794	0,23057	10,309	7,27	-21,19	1,42	-0,49	

Tabla 19. Índice de escasez Fuente CORTOLIMA 2018



INDICE DE ESCASEZ - CUENCA MAYOR RIO TOTARE														
CUENCA	SUBCUENCA	MICROCUENCA	Precip. Max. Diaria		CAUDAL MEDIO (m3/seg)	CAUDAL DE REPART. (m3/seg)	CAUDAL ECOLOG. (m3/seg)	Oferta Hidrica Neta (m3/seg)	TOTAL DEMANDA ANUAL MILLONES M³	TOTAL OFERTA ANUAL MILLONES M³		INDICE DE ESCASEZ		
			Vr. Med	Vr. Min.						Parcial	Acumul	Parcial	Acumul	
Río La China	Río Alvarado	Q. La Caima	88.29	49.90	0,26851	0,15176	0,03794	0,23057	10,309	7,27	-21,19	1,42	-0,49	
		Río Alvarado 1	48.70	18.75	0,46082	0,17742	0,04436	0,41647	2,822	13,13	-9,48	0,21	-0,30	
		Río Alvarado 2	79.38	45.27	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	42,186	0,00	-51,67		-0,82	
	TOTAL RIO ALVARADO				1,48113		0,00000	1,48113	98,377	46,71	160,14	2,11	0,61	
TOTAL RIO LA CHINA					10,56848		0,52811	10,04038	173,152	316,63	319,15	0,55	0,54	
Río Chipalo	Q. Ambalá	Q. Ambalá	51.34	33.20	0,34042	0,22014	0,05503	0,28538	1,260	9,00	9,48	0,14	0,13	
		Q. La Cumbre	47.24	22.57	0,03906	0,01866	0,00467	0,03440	0,790	1,08	9,92	0,73	0,08	
	TOTAL QUEBRADA AMBALÁ					0,37948		0,05503	0,32444	2,050	10,23	9,92	0,20	0,21
	Q. Las Panelas	47.24	22.57	0,29799	0,14237	0,03559	0,26239	1,462	8,27	17,85	0,18	0,08		
		Q. El Hato	70.70	52.45	0,01281	0,00951	0,00238	0,01044	2,625	0,33	15,63	7,98	0,17	
	Río Chipalo 1	86.91	54.93	0,38517	0,24344	0,06086	0,32431	16,771	10,23	11,01	1,64	1,52		
	Q. Aguasucia	Q. Aguasucia	70.15	47.95	0,03868	0,02644	0,00661	0,03207	34,370	1,01	-33,15	33,98	-1,04	
		Q. La Mugrosa	70.70	52.45	0,00610	0,00453	0,00113	0,00497	6,808	0,16	-39,77	43,45	-0,17	
	TOTAL QUEBRADA AGUASUCIA					0,04478	0,03096	0,00661	0,03817	41,178	1,20	-28,76	34,21	-1,43
	Q. Agua Blanca	Q. Agua Blanca	71.60	53.50	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	19,250	0,00	-19,25		-1,00	
		Zanja La Batea	71.05	49.00	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	3,116	0,00	-22,37		-0,14	
	TOTAL QUEBRADA AGUA BLANCA					0,00000		0,00000	0,00000	22,366	0,00	-51,12		-0,44
		Q. Los Frailes	79.17	45.90	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	9,831	0,00	-60,95		-0,16	
	Río Chipalo 2	88.29	49.90	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,940	0,00	-61,89		-0,02		
		Zanja La Cristalina	87.29	42.80	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,004	0,00	-61,90		0,00	
		Q. La Arenosa 3	79.17	45.90	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	6,153	0,00	-68,05		-0,09	
		Q. La Chicha	79.17	45.90	0,00941	0,00546	0,00136	0,00805	0,252	0,25	-68,01	0,99	0,00	
	Q. Del Corral	87.29	42.80	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,010	0,00	-68,02		0,00		
	Q. Doyare	87.29	42.80	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	11,355	0,00	-11,36		-1,00		
INDICE DE ESCASEZ - CUENCA MAYOR RIO TOTARE														
CUENCA	SUBCUENCA	MICROCUENCA	Precip. Max. Diaria		CAUDAL MEDIO (m3/seg)	CAUDAL DE REPART. (m3/seg)	CAUDAL ECOLOG. (m3/seg)	Oferta Hidrica Neta (m3/seg)	TOTAL DEMANDA ANUAL MILLONES M³	TOTAL OFERTA ANUAL MILLONES M³		INDICE DE ESCASEZ		
			Vr. Med	Vr. Min.						Parcial	Acumul	Parcial	Acumul	
Río Chipalo	Q. Doyare	Q. Doyare	87.29	42.80	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	11,355	0,00	-11,36		-1,00	
		Q. El Aceituno	87.29	42.80	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	1,557	0,00	-12,91		-0,12	
		TOTAL QUEBRADA DOYARE			0,00000		0,00000	0,00000	12,912	0,00	-80,93		-0,16	
TOTAL RIO CHIPALO					1,12964		0,06086	1,06878	116,553	33,71	238,22	3,46	0,49	
Río Totare 5	Q. La Arenosa	Q. Guarapo	89.29	57.00	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	43,986	0,00	194,23		0,23	
		Q. Las Cruces 2	89.29	57.00	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,006	0,00	-0,01		-1,00	
		Q. Pateme	89.06	57.00	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,033	0,00	-0,04		-0,84	
		Q. La Arenosa 4	89.29	57.00	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	7,846	0,00	-7,89		-1,00	
TOTAL QUEBRADA LA ARENOSA					0,00000		0,00000	0,00000	7,885	0,00	186,35		0,04	
	Q. Guarapo 2	89.29	57.00	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	2,972	0,00	183,38		0,02		
TOTAL RIO TOTARE 5					89.29	57.00	0,00000	0,00000	0,00000	4,750	0,00	178,63		0,03
TOTAL CUENCA RIO TOTARE					7,73872		0,29439	7,44432	144,630	234,76	178,63	0,62	0,81	
TOTAL CUENCA MAYOR RIO TOTARE							19,43684		0,29439	19,14245	1350,820	603,68	178,63	2,24

Tabla 20. Índice de escasez Fuente CORTOLIMA 2018

Categoría	Índice de Escasez	Características
No Sigificativo	< 0.01	Demanda no significativa respecto a la oferta
Mínimo	0,01 - 0,10	Demanda muy baja respecto a la oferta
Medio	0,11 - 0,20	Demanda baja respecto a la oferta
Medio Alto	0,21 - 0,50	Demanda apreciable
Alto	> 0.50	Demanda alta respecto a la oferta

Tabla 21. Datos de interpretación- índice de escasez Fuente CORTOLIMA 2018



9.7.6.5. Fuentes Abastecedoras de Acueductos

Según los estudios realizados para el Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hídrica del Río Totare, allí operan una serie de acueductos (de cascos urbanos, centros poblados y veredales) que benefician directa e indirectamente un gran número de familias; en esta cuenca hidrográfica se destacan los acueductos de los cascos urbanos de Alvarado, Anzoátegui, y Santa Isabel que abastecen alrededor de 2.088 familias. Hay que señalar que alrededor de 39.853 familias del Municipio de Ibagué que están asentadas sobre la Cuenca Totare, se abastecen del Acueducto Urbano que se surte del Río Combeima y la Quebrada Cay, fuente hídrica que drena finalmente al Río Coello. En Ibagué existen ocho (8) acueductos comunitarios que abastecen 6.443 familias. (CORTOLIMA, 2018)

COMUNA	ACUEDUCTO	FUENTE ABASTECEDORA	COBERTURA EN FAMILIAS
DOS	ACUEDUCTO BARRIO CLARITA BOTERO, ACUACLARITA	Quebrada El Madroño y/o Quebrada El Cural y/o Cristales	195
	ACUEDUCTO BARRIO LA PAZ	Quebrada La Aurora Quebrada El Madroño o El Cucal	250 30
SEIS	ACUEDUCTO COMUNAL AMBALA, ACUAMBALA	Quebrada Las Panelas	2000
	ACUEDUCTO COMUNAL LOS CIRUELOS, ACUACIRUELOS	Quebrada Ambala	246
	ACUEDUCTO COMUNAL LAS DELICIAS, ACUADELICIAS	Quebradas La Balsa Las Panelas	670
	ACUEDUCTO COMUNAL LA GAVIOTA, ACUAGAVIOTA	Quebrada La Tusa	1502
	ACUEDUCTO COMUNAL BARRIO SAN ANTONIO	Quebrada Mojicango	150
SIETE	ACUEDUCTO COMUNAL MODELIA, ACUAMODELIA	Río Cocare	1400
TOTAL			6.443

Tabla 22. Acueductos satelitales o comunitarios sobre la Cuenca Hidrográfica Mayor del Río Totare, Fuente CORTOLIMA 2018



9.7.6.6. Acueductos Veredales.

En cuanto al servicio de acueducto en la zona rural de la Cuenca Hidrográfica Mayor del Río Totare, la Corporación Autónoma Regional del Tolima identificó 88 acueductos veredales, de ellos 16 están ubicados en 13 veredas del Municipio de Alvarado, 26 en 19 veredas del Municipio de Anzoátegui, 33 acueductos en 28 veredas del Municipio de Ibagué, 1 en la Vereda Góngora del Municipio de Piedras, 8 en 6 veredas del Municipio de Santa Isabel y 4 en las Veredas Malabar, Palmarrosa y Limones. Los 88 acueductos identificados de la zona rural se encuentran ubicados en 70 de las 140 veredas de la Cuenca Hidrográfica Mayor del Río Totare. De ellos se surten 3.388 familias. (CORTOLIMA, 2018)

El Municipio de Ibagué es el que cuenta con mayor número de acueductos, 33 ubicados en 28 veredas, surten a 1.543 familias. Por el contrario, solo 23 familias de la Vereda Góngora del Municipio de Piedras tienen acueducto propio. Hay que señalar que 657 familias más de 23 veredas de la Cuenca tienen el servicio de acueducto, a pesar de no contar con dicha infraestructura, es decir, aunque no tienen acueducto propio, se surten de acueductos regionales o de acueductos vecinos, extendiendo sus redes hasta sus viviendas. Es importante anotar que 250 familias de la Vereda San Antonio Ambalá del Corregimiento de Calambeo y 227 familias de la Vereda Buenos Aires del Corregimiento del mismo nombre del Municipio de Ibagué, se surten del acueducto del IBAL. En la Cuenca Hidrográfica Mayor del Río Totare son finalmente 4.522 familias de la zona rural de las 7.783 que en ella habitan las que cuentan con servicio de acueducto. (CORTOLIMA, 2018)

Mientras en 95 veredas de la Cuenca se cuenta con el servicio de acueducto, son 45 las que se abastecen por medio de mangueras que conectan directamente a las fuentes abastecedoras, la comunidad accede al agua tanto de nacimientos, quebradas y ríos, todo depende de la cercanía que se tenga del recurso. En la Cuenca Totare hay 3.261 familias que se abastecen directamente de las fuentes hídricas. De los 88 acueductos de la zona rural, dos (2) son regionales. En el presente informe se toma como caso de estudio las micro-cuencas: Quebrada Las Panelas-La Balsa y Quebrada Hato de la Virgen, en razón a que aparte de constituir la estructura ecológica principal del municipio según el Plan de Ordenamiento Territorial, también abastecen dos acueductos principales: Acuambala y Acuadelicias, que otorgan el servicio a 2670 familias. (CORTOLIMA, 2018)



MUNICIPIO	VEREDA	Nº DE ACUEDUCTOS	CAT_ZON	FTE. ABASTECEDORA
ALVARADO	Caldas Viejo C.P	1	Ahr	Río La China
	Caldas Viejo S. R	1		Q. La Calma, R. La China
	Casitas			Q. La Arenosa, Q. El Neme
	Cruce de los Guayabos	1		Q. Anundey
	El Barro			Q. Santo Domingo, Río La China
	Hatico Tamarindo	1		Q. Laguneta
	La Calma			Q. El Zanjón, Q. La Macana
	La Chumba	1		Q. La Leona, Q. La Mina
	La Mina	1		Q. La Mina
	La Palmita	1		Q. La Calma
	La Tebaida C.P	2		Q. La Mina, Q. La Chumba
	Los Guayabos			Q. La Chapa
	Mercadillo			Q. Seboso, Q. Mercadillo, Q. La Totuma
	Rincon Chipalo C.P	1		Q. Babilera
	Santo Domingo			Q. Anundey, Q. Santo Domingo
Veracruz C.P	1	Q. Anundey		
Zona Urbana	1	Ahu	Q. La Calma, Río Alvarado	
ANZOATEGUI	Balcones	1	Ahr	Q. La Venada, Q. Buena Vista
	Cuminá			Q. EL Hatillo
	El Brillante	1		Q. La Lindosa
	El Fierro	1		Q. Mexico
	Lisboa C.P			Q. La Pitala
	La Alejandria			Q. Las Palomas
	La Camelia	2		Q. La Cabaña
	La Esmeralda			Q. La Esmeralda, Q. Gallinazo
	La Palmera	1		Q. La Porquera, Q. Matequagua, Q. San Antonio
	La Pitala	1		Q. La Pitala
	Palomar C.P	1		Q. Ardanelos, Q. La Sierra
		Nº DE ACUEDUCTOS	CAT_ZON	FTE. ABASTECEDORA
	Q. Negra			Q. La Leonera, Q. Negra
	San Antonio	1		Agua Bonita, Q. Santa Bárbara
	Santa Barbara C. P	1		Q. Santa Barbara, Q. El fierro
Santa Barbara S. R	1		Q. Santa Barbara	
Zona Urbana	1	Ahu	Río Frio	
IBAGUÉ	Ancon Tesorito P/B		Ahr	Q. La Aurora
	Ancon Tesorito Sec los Pinos			Q. El Cucal
	Bellavista	1		Q. Las Panelas
	Carrizales	1		Q. La Chumba
	Chucuní	1		Q. La Chumba
	Chembe	2		Q. Chembe
	China Media	1		Q. El Gallo
	El Colegio	2		Q. La Helena, Q. Cocare, Q. Moreno
	La Elena	1		Q. La Helena
	La Esperanza	1		Q. Cocare
	La Flor	1		Q. Matequagua, Q. La Chumba
	La María	1		Q. La Pitala
	La Veta			Q. Morro Azul
	La Violeta	1		Q. La Chinita
	Picalaella S. R			Río Chipalo
	Rodeito	1		Q. Sanja Honda
	San Antonio	1		Q. El Tambo
	Ambalá PIA	1	Ahu	Q. Las Panelas
	Ambalá Sector El Triunfo	1		Q. Ambalá
	Acueducto Barrio La Paz	1		Q. La Aurora
Ac. Comunal AcuaAmbalá	1		Q. Las Panelas	
Ac. Comunal Modelia	1		Q. Cocare	

Tabla 23. Número de acueductos urbanos y rurales en la Cuenca Mayor del Río Totare. Fuente: CORTOLIMA 2018

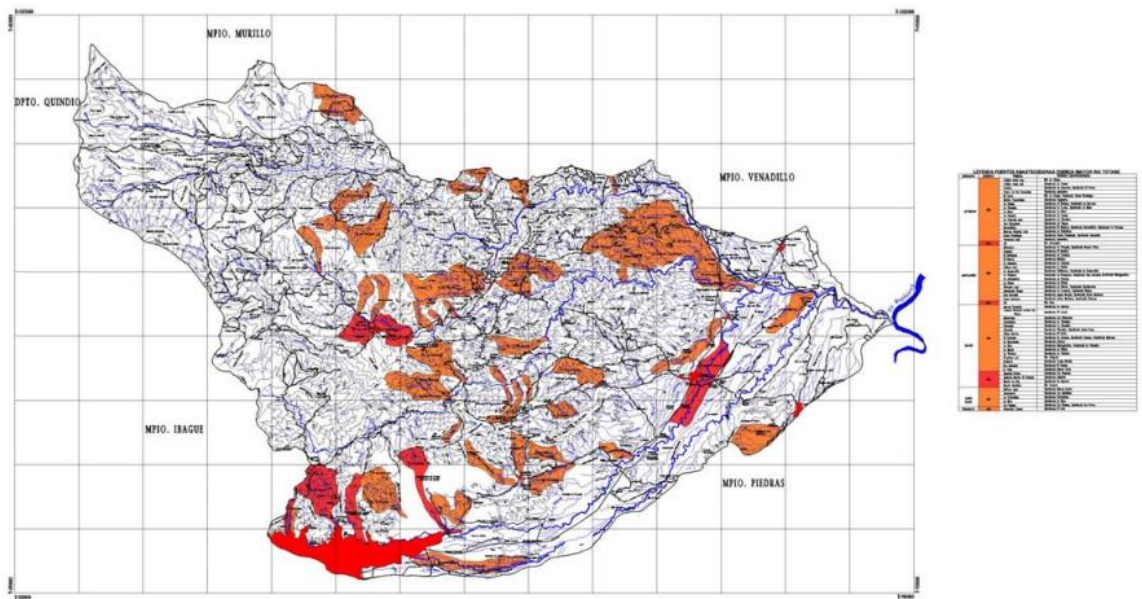


Ilustración 18. Mapa con las Fuentes Abastecedoras de la Cuenca Mayor del Río Totare. Fuente CORTOLIMA 2018



9.8. Delimitación espacial de la zona de estudio

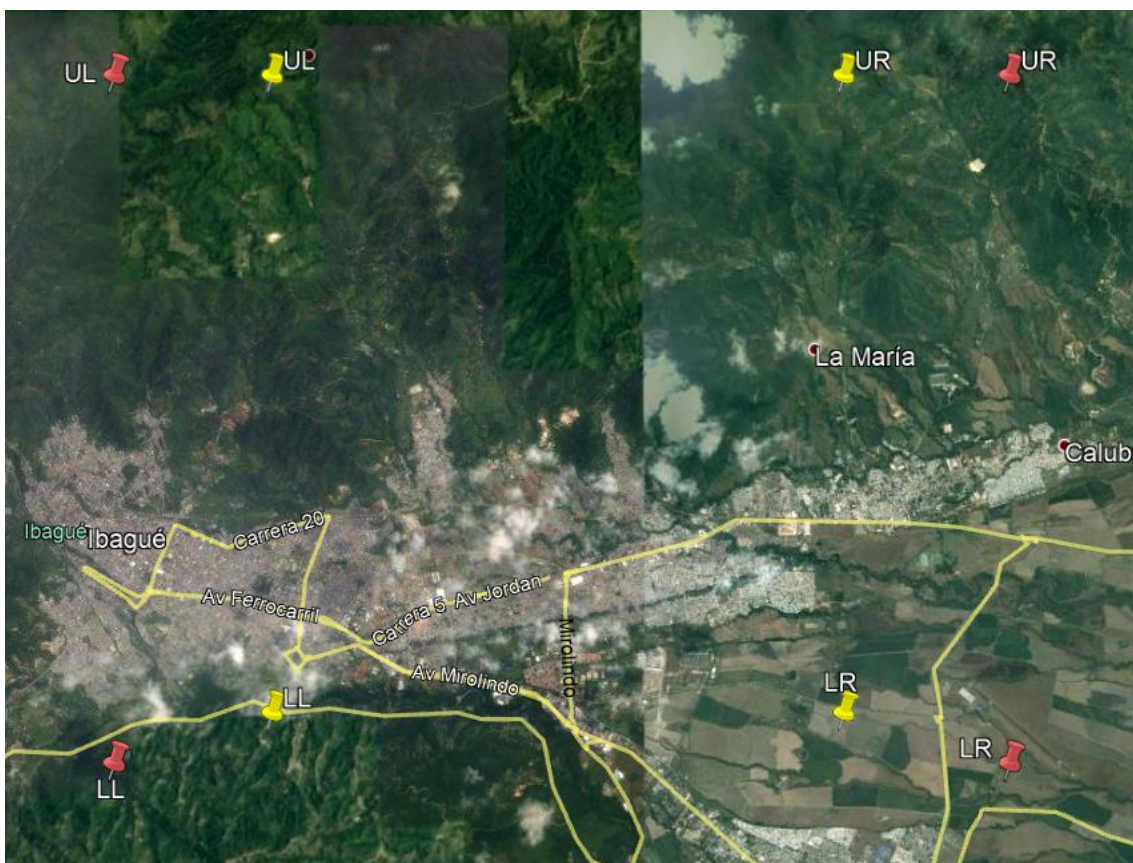


Ilustración 19. Delimitación espacial zona de estudio. Fuente: Google Earth 2018.

9.8.1. Definición de los límites de la zona de Ibagué en coordenadas geográficas

Marca de Posición	Latitud	Longitud
UL	4°29'44.39"N	75°14'23.60"O
UR	4°29'44.39"N	75° 8'8.20"O
LR	4°24'56.64"N	75° 8'8.20"O
LL	4°24'56.64"N	75°14'23.60"O

Tabla 24. Límites de la zona de estudio. Elaboración propia.

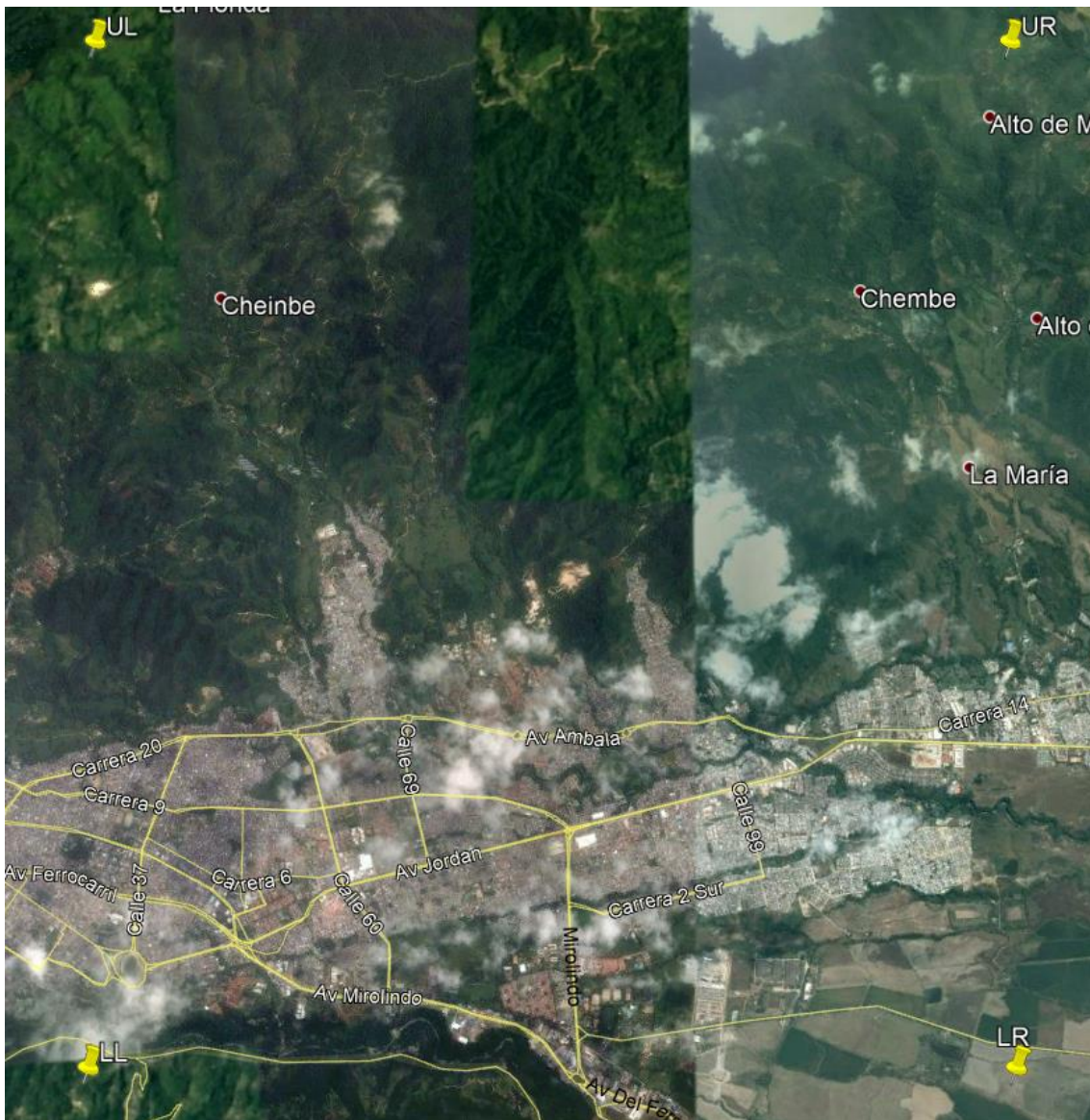


Ilustración 20. Límites de la zona de zona de estudio. Fuente: Google Earth 2018.



9.8.2. Extensión del área de interés microcuencas

El área se calcula de la siguiente forma teniendo en cuenta las coordenadas mencionadas en el ítem anterior:

$$UL - LL \text{ o } UR - LR$$

Como resultado tendremos un valor en grados, minutos y segundos ($^{\circ} \prime \prime$). Luego se asume que un grado (1°) es equivalente a 111.11 Km aproximadamente, obteniendo como resultado el siguiente cálculo:

$$\text{Área} = 8,2296 \text{ km} * 7,395 \text{ km} = 60,86326 \text{ km}^2 = 608632.6867 \text{ hectáreas}$$

9.8.3. Contexto Particular: Microcuenca urbana quebrada hato de la virgen

La microcuenca Hato de la Virgen hace parte de la unidad hidrográfica del Río Chipalo y nace debajo del parque del barrio Versailles ubicado en el centro oriente de la ciudad de Ibagué, a los 1.1160 m.s.n.m; el drenaje recorre 5,5 Km con dirección nororiental en el que se localizan 83 barrios y 8 asentamientos subnormales, para finalmente desembocar en el Río Chipalo cerca del barrio Topacio, a una altura de 965,5 m.s.n.m. El drenaje se encuentra canalizado hasta el barrio Hacienda Piedra Pintada. (Alcaldía de Ibagué, Universidad del Tolima, 2015).

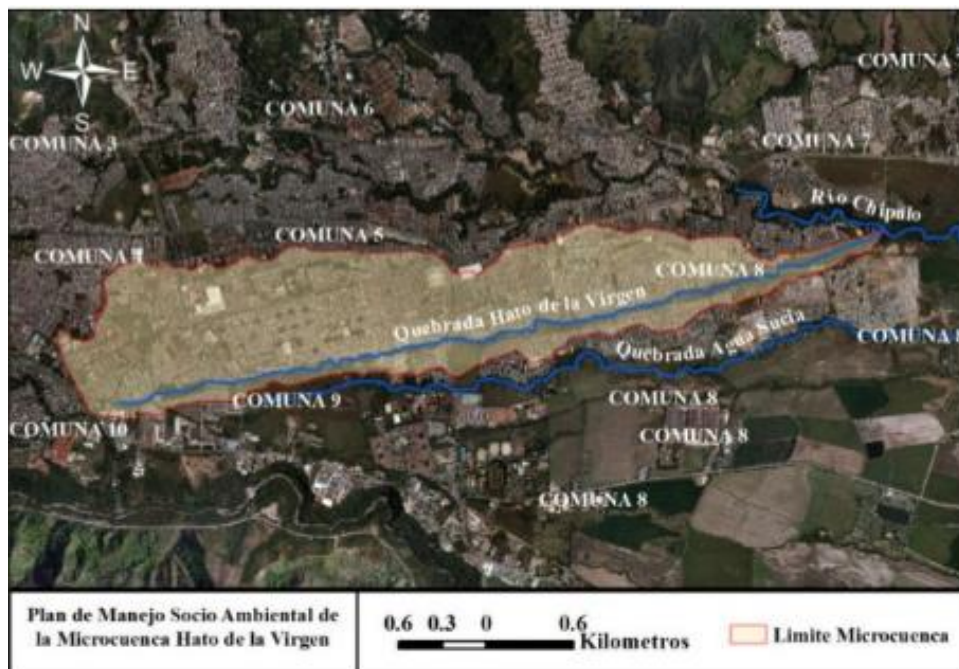


Ilustración 21. Ubicación microcuenca urbana Hato de la Virgen Fuente: Plan de Manejo Socio Ambiental Hato de la Virgen 2012

El área de la microcuenca es de 2,8 Km² (281,4 Has), correspondiente al 8,28% de la cabecera municipal de Ibagué. Se encuentra enmarcada dentro de las coordenadas geográficas; Norte: 4 26 31. 60; Este: 75 09 35.9; Sur: 4 25 49.16; Oeste: 75 12 33.81. En el contexto regional la microcuenca, hace parte de la cuenca Mayor del Río Totare, puesto que la Quebrada es un importante afluente del Río Chipalo; su cauce drena en dirección Occidente-Oriente enmarcada dentro de la estructura y litología de la falla de Ibagué. (Alcaldía Municipal de Ibagué, 2013)

9.8.3.1. Oferta Hídrica

La microcuenca urbana Hato de la Virgen se ha caracterizado por la prestación de bienes y servicios a la región, por la utilización de grandes extensiones de tierra en la ganadería y por el potencial florístico que la han convertido en pulmón ambiental para la ciudad. En el sentido social, el cuerpo hídrico, también constituye uno de los frentes socioambientales más importantes, debido a que sobre ella se encuentra ubicado el porcentaje más alto de población de la ciudad que con 600.000 habitantes según el DANE, con proyecciones al año 2011, de los cuales 70.000 corresponden a la micro-cuenca. El cauce actual es alimentado por las descargas de aguas residuales y aguas lluvias. (Corporación Autónoma Regional del Tolima, 2010)



9.8.3.2. Problemática Socio-Ambiental

La problemática en la microcuenca es compleja, debido a que el área de la misma se ha visto afectada por un acelerado proceso de urbanización que ha traído consigo problemas de contaminación por el vertimiento de aguas residuales y el depósito de residuos sólidos en el cauce, situación que a su vez ocasiona el deterioro y la degradación de la misma y genera condiciones de insalubridad por malos olores y presencia de plagas a los habitantes. De acuerdo con el Plan de Manejo Socio Ambiental de la Microcuenca Urbana Hato de la Virgen (Alcaldía de Ibagué, Universidad del Tolima, 2015), allí, se concentra un total de 64.718 habitantes, en relación con los 600.000 habitantes que proyectaba planeación para el año 2011. (Alcaldía de Ibagué, Universidad del Tolima, 2015)

Es evidente que los procesos de desarrollo de la ciudad se ven reflejados en la microcuenca, es decir que en la medida que Ibagué ha crecido económica y socialmente, el resultado se manifiesta en el deterioro y la crisis ambiental que actualmente presenta el sector, como lo expresan sus habitantes. Existe crisis ecológica y ambiental, porque en este sector de la ciudad como resultado del desarrollo económico y social, el hombre se ha asentado a lo largo del cauce de la microcuenca, situación que altera su proceso de regulación y con ello se acentúan los problemas socio-ambientales que se manifiestan. (Alcaldía de Ibagué, Universidad del Tolima, 2015)

Algunas de las problemáticas usuales en cuanto a contaminación son el inadecuado manejo de los vertimientos o disposición de las aguas servidas, la recolección y disposición de desechos sólidos (basuras), los inadecuados procesos de urbanización, las amenazas naturales, la falta de cultura y educación ambiental, la desarticulación institucional y los problemas de seguridad social por el alto índice de delincuencia común y drogadicción. Las zonas que actualmente obedecen a asentamientos subnormales hacen parte de la ronda hidráulica de la quebrada, por lo que la microcuenca se ha convertido en una cloaca donde se descargan los desechos que se producen en la ciudad. (Alcaldía de Ibagué, Universidad del Tolima, 2015)

9.8.4. Contexto Particular: Microcuenca urbana quebrada Las Panelas-La Balsa

La microcuenca Las Panelas-La Balsa hace parte de la unidad hidrográfica del Río Chipalo y nace aproximadamente a los 2.400 m.s.n.m en la vereda Ambalá Parte Alta y desemboca sobre el río Chipalo aproximadamente a los 1.020 m.s.n.m, en el sector comprendido entre las urbanizaciones de Villa Vanesa y Colinas del Norte, limitando al norte con los cerros tutelares de Ibagué, al sur con el río Chipalo y las



9.8.4.1. Características Generales

La Microcuenca de las Quebradas las Panelas y la Balsa es de vital importancia en el desarrollo tanto de la zona rural como urbana de ese sector de la ciudad de Ibagué, ya que dentro de ella se encuentran localizadas las fuentes abastecedoras de dos (2) importantes acueductos comunitarios como son los de Acuambalá y las Delicias, los cuales abastecen el agua para el consumo humano de una gran parte de la población ubicada en la comuna seis (6) de esta ciudad. En la Microcuenca de las Quebradas las Panelas y la Balsa, se encuentran operando dos (2) acueductos el de Acuambalá y las Delicias que abastecen alrededor de 2655 familias. Es de anotar, que en Ibagué existen ocho (8) acueductos comunitarios que abastecen 6.443 familias. (CORTOLIMA. Corporación Autónoma Regional del Tolima, 2015)

Comuna	Acueducto	Fuente Abastecedora	Cobertura en Familias
Seis	Acueducto comunal Ambala, Acumbala	Quebrada Las Panelas	2185
	Acueducto comunal Las Delicias, Acuadelicias	Quebradas La Balsa Las Panelas	470

Tabla 25. Acueductos Comunitarios presentes en la microcuenca Las Panelas- La Balsa Fuente: CORTOLIMA.

9.8.4.2. Problemática Socio-Ambiental

Los problemas más evidentes que se presentan en la zona aledaña al Acueducto-Acuambalá se relacionan con la deforestación en las zonas boscosas aledañas a los nacimientos de las quebradas las panelas, en algunos casos por fenómenos naturales causados por las lluvias, en otros los causados por el hombre la tala indiscriminada de árboles maderables que debilitan el terreno. Otros problemas se presentan cuando se realiza la recuperación y mantenimiento de la vía que conduce a la Vereda China Alta con maquinaria pesada a cargo del Comité de Cafeteros o la secretaria de Desarrollo Rural del Municipio de Ibagué, en donde se arrojan material de tierra hacia el lecho de la Quebrada. (Corporación Autónoma Regional del Tolima, 2015)

En cuanto al sector cercano al Acueducto de Las Delicias existe déficit debido a que en las fincas por donde transcurre las quebradas Las Panelas y La Balsa se hace tala y quema de bosques para extraer carbón o para trabajar la tierra en la implementación de cultivos, además de existir poca intervención de la autoridad ambiental para la protección de la Microcuenca, por lo que la calidad del recurso hídrico no cumple con los estándares de calidad establecidos para el consumo de los seres humanos y se generan a su vez problemáticas de salud pública, debido a las reducidas condiciones de salubridad. (CORTOLIMA. Corporación Autónoma Regional del Tolima, 2015)



9.9. Sistema de Información Geográfica

9.9.1. Imagen Satelital

Una imagen de satélite en bruto, - como normalmente llega al usuario final -, consiste en un conjunto de matrices, una por cada canal del sensor, en la que aparecen números del 0 al 255. El cero indica que no llega nada de radiación desde ese punto y el 255 que llega el valor más alto de radiación. Estos valores se denominan Niveles Digitales y será necesario transformarlos en algún tipo de variable física. (Universidad de Murcia, 2018)

Una imagen satelital es una representación visual de los datos reflejados por la superficie de la tierra que captura un sensor instalado en un satélite artificial. Los datos son enviados a una estación terrena en donde se procesan y se convierten en imágenes, enriqueciendo nuestro conocimiento de las características de la Tierra en diferentes escalas espaciales.

Los satélites de observación de la Tierra obtienen datos en el menor tiempo posible para dar seguimiento a la evolución de un fenómeno. Nunca se ha tenido tanta información acerca de la evolución de la superficie terrestre, y lo más sorprendente es la relativa rapidez para recibir los datos en tiempo real, en un centro de control, en la oficina o cualquier otro lugar disponible para almacenar o recoger dichos datos. Cada vez tenemos imágenes de mayor resolución, con mayor cantidad de bandas en el espectro electromagnético y mayor disponibilidad para los usuarios, lo que amplía su potencial de aprovechamiento para fines diversos. (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2018).

9.9.2. Satélites, Sensores y Bandas

Se entiende por plataforma los satélites (LANDSAT, METEOSAT, NOAA, SPOT) o aviones que transportan los instrumentos o sensores necesarios para captar, almacenar y transmitir imágenes a distancia (sensores).

Un sensor es el aparato que reúne la tecnología necesaria para captar imágenes a distancia y que es transportado en una plataforma. Puede captar información para diferentes regiones del espectro denominadas canales o bandas.

La salida de radiación (emitida o reflejada) de la superficie terrestre es un fenómeno continuo en 4 dimensiones (espacio, tiempo, longitud de onda y radiancia). Un sensor debe muestrear en este continuo discretizándolo en cada una de esas dimensiones.

El modo en que esta discretización se realiza define los cuatro tipos de resolución con los que se trabaja en teledetección:

- Resolución espacial (tamaño de píxel).



- Resolución temporal (tiempo que tarda el satélite en tomar dos imágenes del mismo sitio).
- Resolución espectral (capacidad de discriminar entre longitudes de onda vecinas en el espectro, así como el número de bandas disponible).
- Resolución radiométrica (número de intervalos de intensidad que puede captar el sensor).

9.9.2.1. Características Landsat 5

Altura de las Orbitas		705 Km			
MODO ESPECTRAL	RESOLUCIÓN ESPACIAL (m)	RESOLUCIÓN ESPECTRAL (µm)		RESOLUCIÓN RADIOMÉTRICA	RESOLUCIÓN TEMPORAL
Multiespectral	30	Banda 1 azul:	0.45 – 0.52	8 BITS	16 días
		Banda 2 verde:	0.52 – 0.60		
		Banda 3 roja:	0.63 – 0.69		
		Banda 4 Infrarrojo cercano 1:	0.76 – 0.90		
		Banda 5 Infrarrojo cercano 2:	1.55 – 1.75		
		Banda 7 Infrarrojo medio:	2.08 – 2.35		
Termal	120	Banda 6 Infrarrojo térmico:	10.4 – 12.5		

Tabla 26. Características Landsat 5. Elaboración propia.

El sensor TM es un avanzado sensor de barrido multiespectral, concebido para proporcionar una mayor resolución espacial, mejor discriminación espectral entre los objetos de la superficie terrestre, mayor fidelidad geométrica y mayor precisión radiométrica en relación con el sensor MSS.

Opera simultáneamente en siete bandas espectrales, siendo tres en el visible, una en el infrarrojo cercano, dos en el infrarrojo medio y una en el infrarrojo termal.

Tiene una resolución espacial de 30 metros en las bandas del visible e infrarrojo medio y 120 metros en la banda del infrarrojo termal. La escena terrestre registrada por este sensor es también de 185 km.



9.9.2.2. Características Landsat 7

Altura de las Orbitas		705 Km			
MODO ESPECTRAL	RESOLUCIÓN ESPACIAL (m)	RESOLUCIÓN ESPECTRAL (µm)	RESOLUCIÓN RADIOMÉTRICA	RESOLUCIÓN TEMPORAL	
Pancromática	15	Banda 8 pancromática	0.52 – 0.90	8 BITS	16 días
Multiespectral	30	Banda 1 azul:	0.45 – 0.52		
		Banda 2 verde:	0.53 – 0.61		
		Banda 3 roja:	0.63 – 0.69		
		Banda 4 Infrarrojo cercano 1:	0.78 – 0.90		
		Banda 5 Infrarrojo cercano 2:	1.55 – 1.75		
		Banda 6 Infrarrojo medio:	2.09 – 2.35		

Tabla 27. Características Landsat 7. Elaboración propia.

9.9.2.3. Características Landsat 8

Altura de las Orbitas		705 Km			
MODO ESPECTRAL	RESOLUCIÓN ESPACIAL (m)	RESOLUCIÓN ESPECTRAL (µm)	RESOLUCIÓN RADIOMÉTRICA	RESOLUCIÓN TEMPORAL	
Pancromática	15	Banda 8 pancromática	0.50 – 0.68	12 BITS	16 días
Multiespectral	30	Banda 1 aerosol costero:	0.43 – 0.45		
		Banda 2 azul:	0.45 – 0.51		
		Banda 3 verde:	0.53 – 0.59		
		Banda 4 rojo:	0.78 – 0.90		
		Banda 5 Infrarrojo cercano:	0.85 – 0.88		
		Banda 6 SWIR 1:	1.57 – 1.65		
		Banda 7 SWIR 2:	2.11 – 2.29		
		Banda 9 Cirrus:	1.36 – 1.38		



Termal	100	Banda 10 infrarrojo térmico (TIRS) 1:	10.60 – 11.19		
		Banda 10 infrarrojo térmico (TIRS) 2:	11.50 – 12.51		

Tabla 28. Características Landsat 8. Elaboración propia.

Las bandas TIRS se adquieren a una resolución de 100 metros, pero se remuestrea a 30 metros.

9.9.3. La imagen Multiespectral

La fusión de las imágenes se obtiene mediante un proceso digital que permite reunir en una sola imagen la riqueza espectral.

La imagen multiespectral es un ensamble de las bandas individuales de las que se dispone en un archivo independiente, este archivo nuevo es un “objeto” contenedor que almacena un conjunto de raster layer que tienen la misma georreferenciación y dominio; la imagen multiespectral superpone cada una de las bandas que trabaja con un intervalo de longitud de onda y se elige para un propósito particular.

La imagen multiespectral es usada para el análisis de datos y su clasificación, para la creación de composiciones de color, para el cálculo de estadísticas multibanda, realzar elementos que no son visibles en una imagen, entre otros.

9.9.4. Ventajas de trabajar con una imagen multiespectral

Una de las principales ventajas es realizar un mejor análisis de la zona de trabajo en cuanto a coberturas de la superficie y discriminación de estas mediante la visualización simultánea de imágenes de distintas porciones del espectro y en consecuencia un máximo de información; al realizar los análisis estadísticos multibanda a partir del coeficiente de correlación entre dos bandas es posible obtener la redundancia de información entre las bandas en cuestión.



10. METODOLOGÍA

10.1. Inventario de imágenes

Se consultaron a través de la página earthexplorer.usgs.gov las diferentes imágenes satelitales que son gratuitas de las tomas hechas por las diferentes misiones de Landsat. Inicialmente se hizo la búsqueda por el municipio (Ibagué), donde nos muestra un Path y Row (08 y 57), a esta búsqueda se le adiciono un criterio para que las imágenes que se encontraran tengan una nubosidad (land cloud cover – scene cloud cover) menor al 20%. Finalmente se obtuvieron imágenes desde el año 1977 hasta el año 2018 de las diferentes misiones como se muestra a continuación:

Imágenes Consultadas programa LANDSAT						
Path	Row	Fecha de la Imagen	Misión	Sensor	Fuente	% Cobertura Nubes
J	K					
08	57	07-jun-77	2	MSS	earthexplorer	4
08	57	02-feb-85	5	MSS	earthexplorer	5
08	57	22-mar-85	5	MSS	earthexplorer	10
08	57	22-mar-88	4	MSS	earthexplorer	2
08	57	22-mar-85	5	TM	earthexplorer	18
08	57	22-mar-88	4	TM	earthexplorer	5
08	57	30-ago-97	5	TM	earthexplorer	9
08	57	10-jul-99	5	TM	earthexplorer	16
08	57	29-ene-01	5	TM	earthexplorer	10
08	57	11-ene-03	7	ETM+	earthexplorer	12
08	57	17-mar-18	8	OLI	earthexplorer	11.12
08	57	04-ene-15	8	OLI	earthexplorer	5.11
08	57	08-ago-18	8	OLI	earthexplorer	52.39

Tabla 29. Selección imágenes satelitales misiones Landsat. Elaboración propia.

Las imágenes seleccionadas luego de un análisis realizado donde se tuvo en cuenta que la zona de estudio no estuviera cubierta de nubes en una gran proporción fueron:

1. Misión Landsat 5, 22-mar-85.
2. Misión Landsat 5, 30-ago-97.
3. Misión Landsat 8, 17-mar-18.

Es importante aclarar que a la imagen escogida de Landsat 8 se le realizo un re-escalamiento debido a que se encontraba con una resolución radiométrica de 12



bits y se pasó a una resolución radiométrica de 8 bit al igual que las imágenes Landsat 5.

10.2. Combinaciones de color

El número de combinaciones posibles sin repeticiones se obtiene mediante la siguiente expresión matemática:

$$C_n^p = \binom{n}{p} \frac{n!}{(n-p)! p!} \quad (1)$$

Donde,

- n : indica el número de bandas disponibles a combinar, en la imagen Landsat;
- p es el número de cañones disponibles (RGB) para ser visualizadas en pantalla dichas bandas.

Aplicando la expresión (1) para 6 bandas espectrales en los 3 cañones (rojo, verde, azul - RGB) se tiene:

- Landsat 5:

$$C_6^3 = \binom{6}{3} \frac{6!}{(6-3)! 3!} = 20$$

El número de combinaciones que se pueden obtener para Landsat 5 Thematic Mapper son 20 combinaciones, las cuales están dadas por las bandas B1, B2, B3, B4, B5, B7.

- Landsat 8:

$$C_6^3 = \binom{6}{3} \frac{6!}{(6-3)! 3!} = 20$$

El número de combinaciones que se pueden obtener para Landsat 8 OLI son 20 combinaciones, las cuales están dadas por las bandas B2, B3, B4, B5, B6, B7.

10.3. Factor de índice óptimo (OIF)

El OIF es un valor estadístico que se utiliza para escoger la combinación óptima de tres bandas en una imagen satelital. Una combinación óptima es aquella que brinda la mayor cantidad de información junto con la menor cantidad de redundancias.

La mayor cantidad de información de una combinación de color entre bandas se obtiene del resultado más alto de la suma de las desviaciones estándar, la menor redundancia se obtiene al comparar la correlación entre bandas, a menor correlación menor cantidad de datos requeridos.



10.3.1. Imagen Landsat 5, 22 de marzo de 1985

LANDSAT 5 - 22-03-1985									
Bandas			Desv. Estándar			Correlación			OIF
B1	B2	B3	79,096	51,738	54,343	0,87034027	0,85898987	0,99579458	67,9517523
B1	B2	B4	79,096	51,738	53,413	0,87034027	0,76842202	0,94272	71,3725601
B1	B2	B5	79,096	51,738	63,995	0,87034027	0,7232785	0,87828636	78,8173453
B1	B2	B7	79,096	51,738	35,224	0,87034027	0,71122476	0,8779738	67,515909
B1	B3	B4	79,096	54,343	53,413	0,85898987	0,76842202	0,9341884	72,9434645
B1	B3	B5	79,096	54,343	63,995	0,85898987	0,7232785	0,89965504	79,5487881
B1	B3	B7	79,096	54,343	35,224	0,85898987	0,71122476	0,90452329	68,1538834
B1	B4	B5	79,096	53,413	63,995	0,76842202	0,7232785	0,8683796	83,2615803
B1	B4	B7	79,096	53,413	35,224	0,76842202	0,71122476	0,83163987	72,5712669
B1	B5	B7	79,096	63,995	35,224	0,7232785	0,71122476	0,97413929	74,0313251
B2	B3	B4	51,738	54,343	53,413	0,99579458	0,94272	0,9341884	55,5205328
B2	B3	B5	51,738	54,343	63,995	0,99579458	0,87828636	0,89965504	61,3165785
B2	B3	B7	51,738	54,343	35,224	0,99579458	0,8779738	0,90452329	50,8603907
B2	B4	B5	51,738	53,413	63,995	0,94272	0,87828636	0,8683796	62,8939106
B2	B4	B7	51,738	53,413	35,224	0,94272	0,8779738	0,83163987	52,9250906
B2	B5	B7	51,738	63,995	35,224	0,94272	0,8779738	0,97413929	54,0128854
B3	B4	B5	54,343	53,413	63,995	0,9341884	0,89965504	0,8683796	63,5591503
B3	B4	B7	54,343	53,413	35,224	0,9341884	0,90452329	0,83163987	53,5435118
B3	B5	B7	54,343	63,995	35,224	0,89965504	0,90452329	0,97413929	55,2715782
B4	B5	B7	53,413	63,995	35,224	0,8683796	0,83163987	0,97413929	57,0766413
						Max RGB (541)	83,2615803		
						Min RGB (732)	50,8603907		

Tabla 30. Cálculo OIF imagen Landsat 5 -1985. Elaboración propia.

10.3.2. Imagen Landsat 5, 30 de agosto de 1997

LANDSAT 5 - 30-08-1997									
Bandas			Desv. Estándar			Correlación			OIF
B1	B2	B3	42,957	21,163	24,999	0,96155838	0,94301557	0,97968864	30,8983656
B1	B2	B4	42,957	21,163	39,263	0,96155838	0,5145016	0,58970582	50,0458474
B1	B2	B5	42,957	21,163	48	0,96155838	0,63556177	0,70309603	48,7432446
B1	B2	B7	42,957	21,163	22,812	0,96155838	0,72051249	0,78822343	35,1909487
B1	B3	B4	42,957	24,999	39,263	0,94301557	0,5145016	0,52342887	54,1251492
B1	B3	B5	42,957	24,999	48	0,94301557	0,63556177	0,77571624	49,2529906
B1	B3	B7	42,957	24,999	22,812	0,94301557	0,72051249	0,86031798	35,9641588
B1	B4	B5	42,957	39,263	48	0,5145016	0,63556177	0,59922466	74,4417143



LANDSAT 5 - 30-08-1997									
Bandas			Desv. Estándar			Correlación			OIF
B1	B4	B7	42,957	39,263	22,812	0,5145016	0,72051249	0,45558775	62,1269879
B1	B5	B7	42,957	48	22,812	0,63556177	0,72051249	0,93925035	49,5655382
B2	B3	B4	21,163	24,999	39,263	0,97968864	0,58970582	0,52342887	40,8180656
B2	B3	B5	21,163	24,999	48	0,97968864	0,70309603	0,77571624	38,3005756
B2	B3	B7	21,163	24,999	22,812	0,97968864	0,78822343	0,86031798	26,243517
B2	B4	B5	21,163	39,263	48	0,58970582	0,70309603	0,59922466	57,3068079
B2	B4	B7	21,163	39,263	22,812	0,58970582	0,78822343	0,45558775	45,3979973
B2	B5	B7	21,163	48	22,812	0,58970582	0,78822343	0,93925035	39,6926504
B3	B4	B5	24,999	39,263	48	0,52342887	0,77571624	0,59922466	59,1360025
B3	B4	B7	24,999	39,263	22,812	0,52342887	0,86031798	0,45558775	47,3399456
B3	B5	B7	24,999	48	22,812	0,77571624	0,86031798	0,93925035	37,2040437
B4	B5	B7	39,263	48	22,812	0,59922466	0,45558775	0,93925035	55,2013718
Max RGB (541)							74,4417143		
Min RGB (732)							26,243517		

Tabla 31. Calculo OIF imagen Landsat 5 -1997. Elaboración propia.

10.3.3. Imagen Landsat 8, 17 de marzo de 2018

LANDSAT 8 - 17-03-2018									
Bandas			Desv. Estándar			Correlación			OIF
B2	B3	B4	25,57	24,858	24,906	0,99727905	0,99277718	0,99693006	25,2207384
B2	B3	B5	25,57	24,858	36,794	0,99727905	0,84638485	0,85635248	32,3042485
B2	B3	B6	25,57	24,858	28,756	0,99727905	0,8623911	0,88103733	28,89181
B2	B3	B7	25,57	24,858	21,866	0,99727905	0,89201168	0,90818396	25,8425931
B2	B4	B5	25,57	24,906	36,794	0,99277718	0,84638485	0,83108273	32,6823972
B2	B4	B6	25,57	24,906	28,756	0,99277718	0,8623911	0,89087224	28,8531794
B2	B4	B7	25,57	24,906	21,866	0,99277718	0,89201168	0,92507894	25,7456952
B2	B5	B6	25,57	36,794	28,756	0,84638485	0,8623911	0,82987522	35,8930761
B2	B5	B7	25,57	36,794	21,866	0,84638485	0,89201168	0,76533552	33,6417789
B2	B6	B7	25,57	28,756	21,866	0,8623911	0,89201168	0,9710337	27,955889
B3	B4	B5	24,858	24,906	36,794	0,99693006	0,85635248	0,83108273	32,2452392
B3	B4	B6	24,858	24,906	28,756	0,99693006	0,88103733	0,89087224	28,3584499
B3	B4	B7	24,858	24,906	21,866	0,99693006	0,90818396	0,92507894	25,3092284
B3	B5	B6	24,858	36,794	28,756	0,85635248	0,88103733	0,82987522	35,2156863
B3	B5	B7	24,858	36,794	21,866	0,85635248	0,90818396	0,76533552	33,0127381
B3	B6	B7	24,858	28,756	21,866	0,85635248	0,90818396	0,9710337	27,5920544
B4	B5	B6	24,906	36,794	28,756	0,83108273	0,89087224	0,82987522	35,4474997
B4	B5	B7	24,906	36,794	21,866	0,83108273	0,92507894	0,76533552	33,141421



LANDSAT 8 - 17-03-2018									
Bandas			Desv. Estándar			Correlación			OIF
B4	B6	B7	24,906	28,756	21,866	0,89087224	0,92507894	0,9710337	27,1002546
B5	B6	B7	36,794	28,756	21,866	0,82987522	0,76533552	0,9710337	34,0637853
						Max RGB (652)	35,8930761		
						Min RGB (432)	25,2207384		

Tabla 32. Calculo OIF imagen Landsat 8 -2018. Elaboración propia.

10.4. Combinaciones de color con mayor OIF

A continuación, se muestran las imágenes satelitales con la combinación de bandas resultante del mayor OIF sin ningún tipo de mejoramiento:

10.4.1. Imagen Landsat 5, 22 de marzo de 1985 RGB (5,4,1)

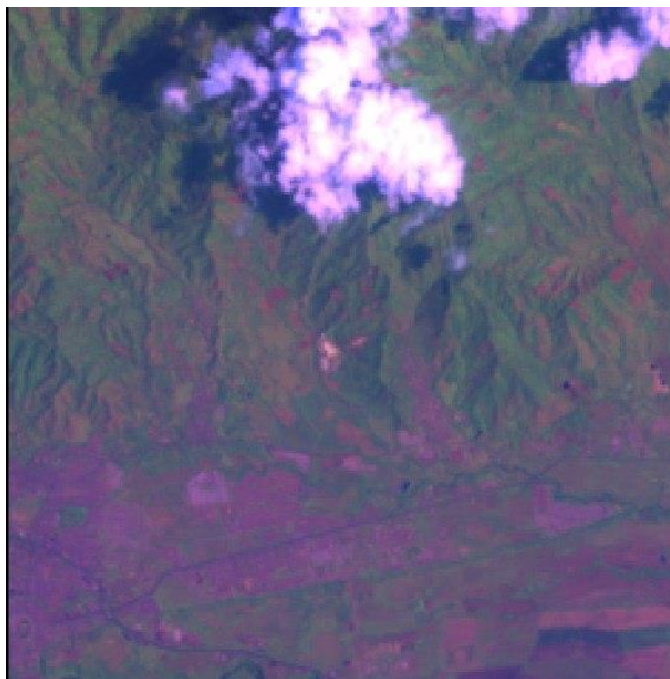


Ilustración 23. Combinación mayor OIF imagen 1985. Elaboración propia.



10.4.2. Imagen Landsat 5, 30 de agosto de 1997 RGB (5,4,1)



Ilustración 24. Combinación mayor OIF imagen 1997. *Elaboración propia*

10.4.3. Imagen Landsat 8, 17 de marzo de 2018 RGB (6,5,2)

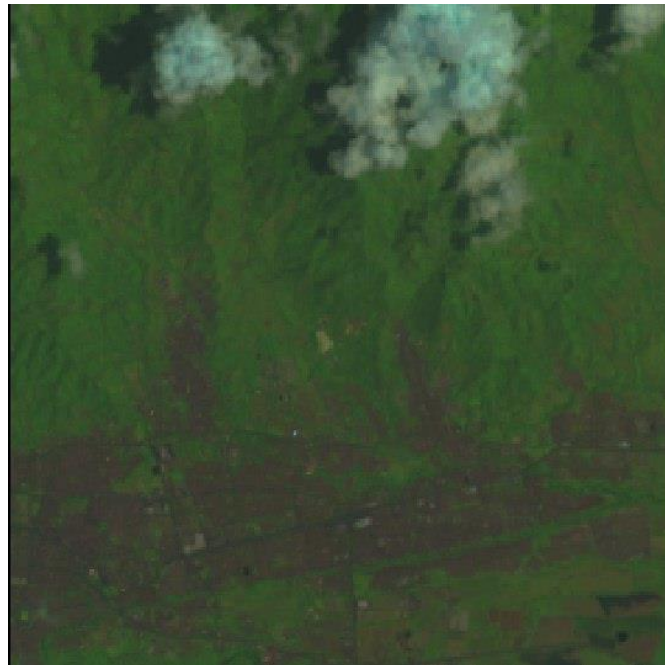


Ilustración 25. Combinación mayor OIF imagen 2018. *Elaboración propia.*

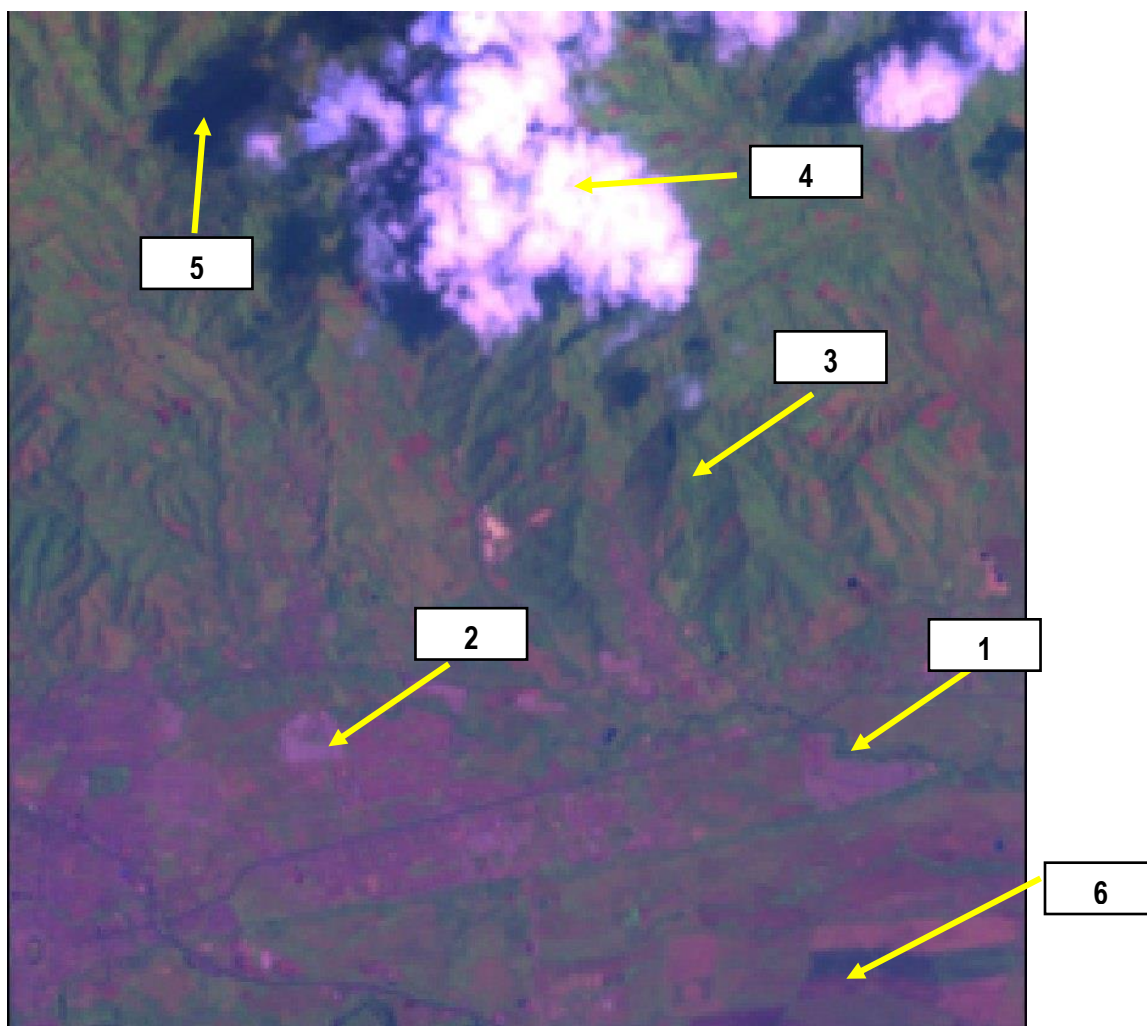


10.5. Análisis de las coberturas encontradas

Se realiza un análisis visual de las coberturas encontradas en la combinación de mayor OIF RGB (5,4,1) para las imágenes seleccionadas de Landsat 5 en los años 1985 y 1997, para la imagen de satélite Landsat 8 del año 2018 la combinación de bandas que determino el mayor OIF es RGB (6,5,2). Al ser imágenes con la misma combinación de color se determinó 6 coberturas que son las más representativas,

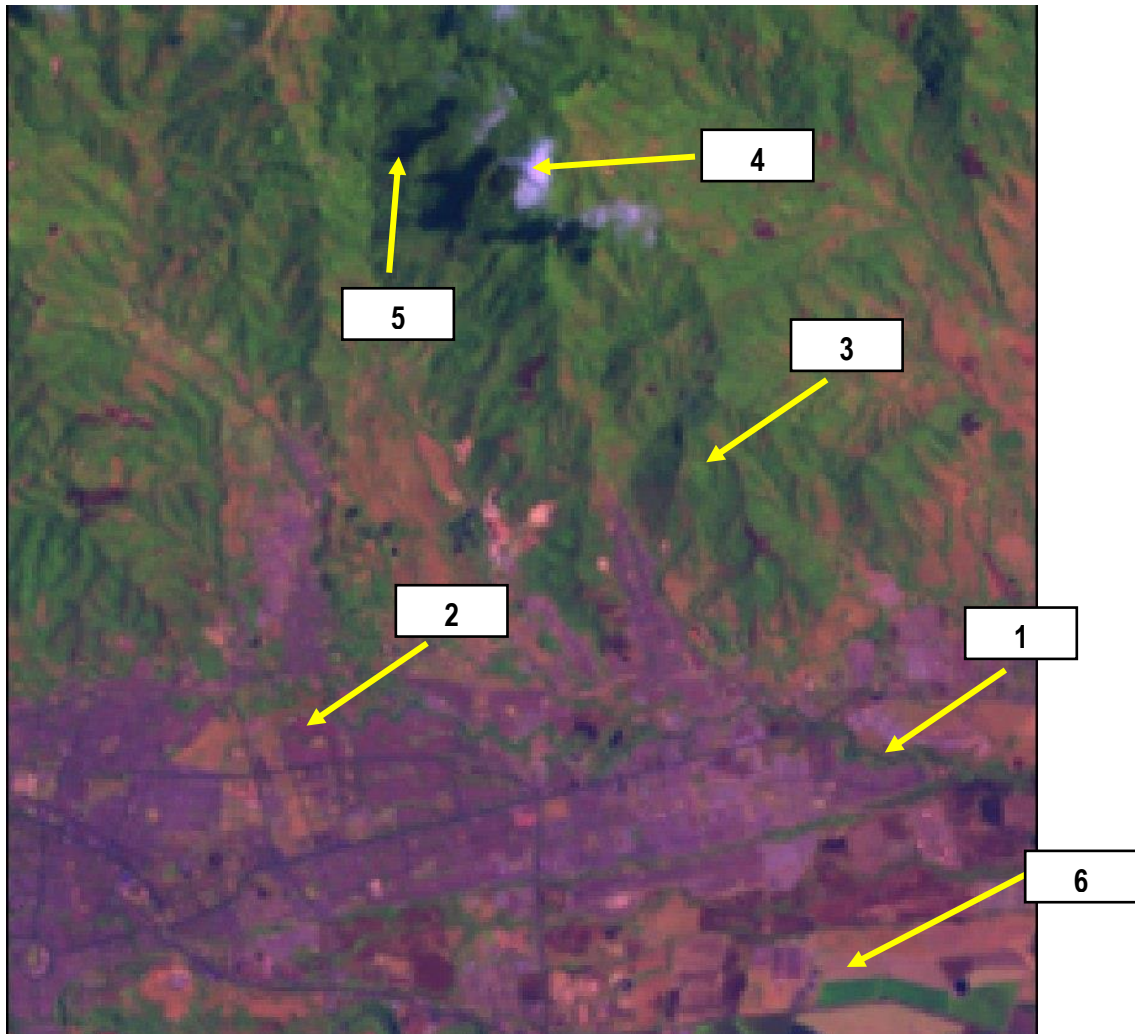
1. Fuentes hídricas
2. Construcciones o edificaciones
3. Vegetación (bosques y pastos)
4. Nubes
5. Sombra
6. Suelos (tierras listas para cultivos, erosiones, suelos descubiertos)

10.5.1. Coberturas Imagen Landsat 5, 22 de marzo de 1985



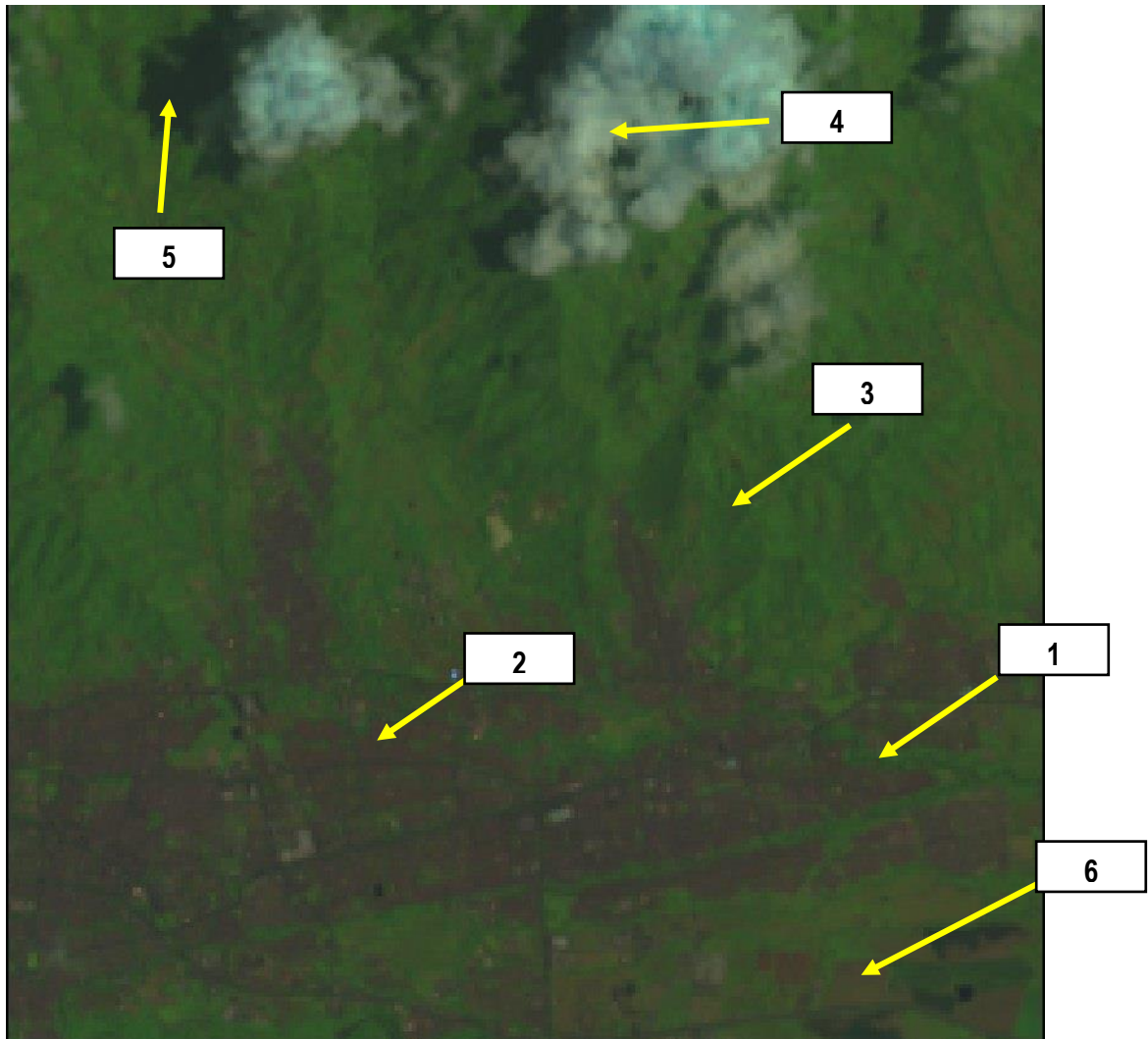


10.5.2. Coberturas Imagen Landsat 5, 30 de agosto de 1997





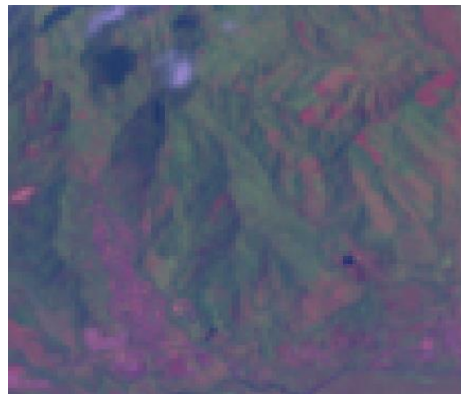


10.5.3. Coberturas Imagen Landsat 8, 17 de marzo de 2018





10.5.4. Análisis visual de las imágenes Landsat con mayor OIF

Cobertura	Detalles imagen con mayor OIF (5,4,1) o (6,5,2)	Análisis
1. Agua		<p>Esta cobertura puede ser mejor caracterizada en la combinación RGB (5,4,1) ya que tiene una mayor absorptividad en los infrarrojos, mostrando con mayor claridad la diferencia entre las coberturas que rodean al agua y los cambios en la pureza de esta, mostrando las tonalidades con más claridad. Los valores de los niveles digitales de la combinación RGB (541) varían más, siendo mayor el del cañón del azul (76,86,117), mostrando alta reflectividad en esta banda.</p>
2. Construcciones y Edificaciones		<p>Esta cobertura se puede caracterizar por los tonos magenta de las construcciones y/o edificaciones (áreas urbanas), los tonos magenta se pueden encontrar entre claros y oscuros, también se puede apreciar la ausencia de materia orgánica en los tonos naranja.</p>
3. Bosques (vegetación)		<p>En esta combinación de bandas se encuentra gran variedad de tonalidades de verde, los cuales se pueden asociar al estado de la vegetación, a su tamaño y su frondosidad. Se evidencia a través de esta cobertura al estar conformada por las bandas del infrarrojo cercano y la banda azul RGB (5,4,1) mayor facilidad en distinguir la vegetación entre pastos y bosques.</p>





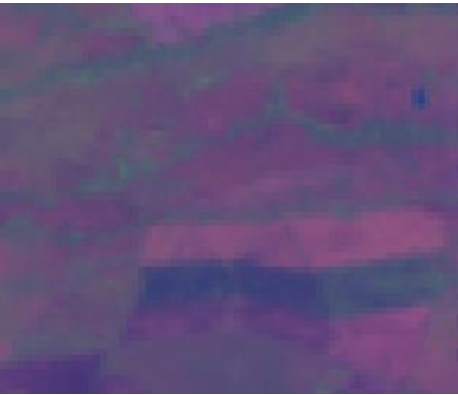
Cobertura	Detalles imagen con mayor OIF (5,4,1) o (6,5,2)	Análisis
4. Nubes		<p>En la mayoría de las combinaciones de bandas se puede distinguir de manera rápida y fácil la nubosidad de las imágenes debido a su alta reflectividad, el nivel digital de las nubes se puede apreciar por los valores de (255,255,255) en cada una de las bandas o valores cercanos a este, es decir en la tonalidad del blanco.</p>
5. Sombra		<p>Esta cobertura es identificable porque no cuenta con una alta reflectividad, lo que quiere decir que su tonalidad es oscura. Esta cobertura podría confundirse con la tonalidad del agua. Los niveles digitales de esta cobertura son cercanos a cero ya que hay una alta absorción, en el cañón del rojo es donde se encuentra el nivel digital más bajo. El cañón del azul es donde se encuentra el nivel digital más alto por tal motivo podría generar confusiones con la cobertura del agua.</p>
6. Tierras cultivos		<p>Las áreas de suelo desnudo pueden ser de una tonalidad rosada a naranjas y marrones, lo que puede representar la vegetación remanente escasamente esparcida o puede interpretarse como suelos acondicionados para algún tipo de cultivo que se de en la zona.</p>

Tabla 33. Análisis de las coberturas de las imágenes Landsat 5 y 8. Elaboración propia.



10.6. Mejoramiento de las imágenes

Mejorar una imagen, consiste en ejecutar un procesamiento numérico para realzar, enfatizar o suprimir, ciertas características de la imagen. En este procesamiento se incluye el mejoramiento del contraste entre objetos, énfasis en límites entre los diferentes tipos de cobertura terrestre y también sirve para suprimir características no deseadas en la imagen. Por ejemplo, puede desearse un mayor contraste entre los objetos que integran la imagen, necesitar poner énfasis en los límites de distintas coberturas vegetales, etc.

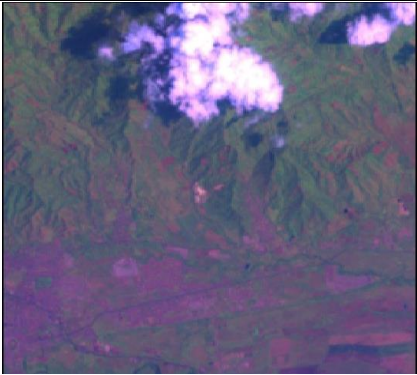
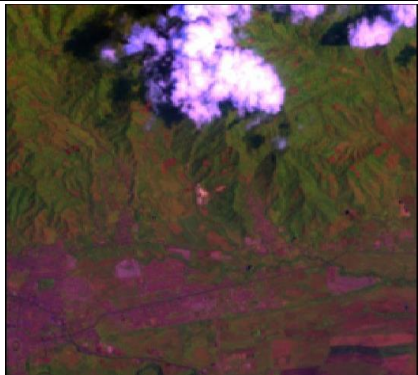

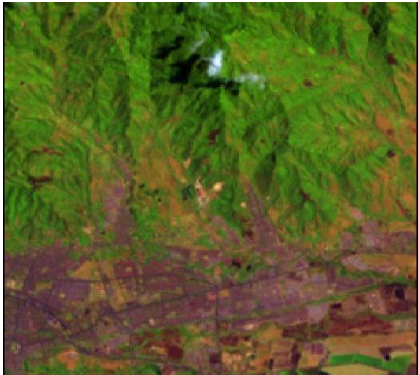
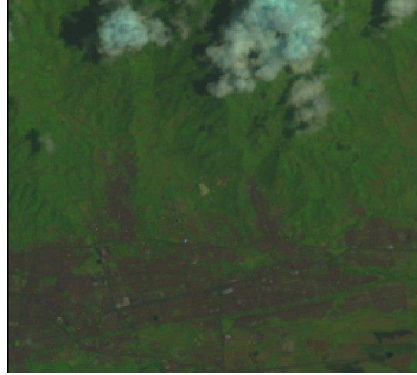

Los sensores satelitales tienen como función registrar características de brillo dentro de un rango determinado registrando diversas condiciones de iluminación. El ojo humano es capaz de distinguir características especiales de los objetos con gran detalle, pero le es difícil discriminar valores sutiles de reflectancia por lo que el objetivo del mejoramiento de contraste es facilitar la interpretación visual de la imagen; usando diferentes técnicas de contraste donde dichos valores sutiles de reflectancia se hacen susceptibles a observación.

Sin embargo, el mejoramiento del contraste también se usa para reducir el efecto de bruma (haze) de una imagen, el efecto es diferente para cada rango espectral siendo más alto en la banda 2 y más bajo en el rango infrarrojo del espectro electromagnético.

La mejora del contraste consigue, mediante el retoque radiométrico, aumentar la calidad visual de las imágenes haciendo más eficaz su interpretación. Las técnicas más empleadas para mejorar el contraste son: la de “mejoramiento lineal Min-Max”, “desviación estándar (0.5, 1, 2, 3)” y la de “ecualización de histograma”.



10.6.1. Mejoramiento lineal por Min-Max

Combinación	Antes Mejoramiento Lineal Min-Max	Después Mejoramiento Lineal Min-Max
	LT 5 Imagen 22/03/1985	
RGB (541) Mayor OIF		
LT 5 Imagen 30/08/1997		
RGB (541) Mayor OIF		
LT 8 Imagen 17/03/2018		
RGB (541) Mayor OIF		
<p>Análisis: Se puede identificar que a pesar de que a las imágenes se les realizó un mejoramiento de contraste lineal por máximo y mínimo, el brillo que se presenta en cada una de las combinaciones no tiene cambios significativos los cuales permitan una mejor identificación de las coberturas. Las imágenes se visualizan opacas, no se genera un mejoramiento de las imágenes tanto en su color, como en su tono y contraste.</p>		

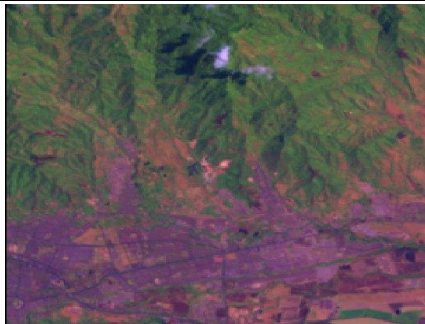
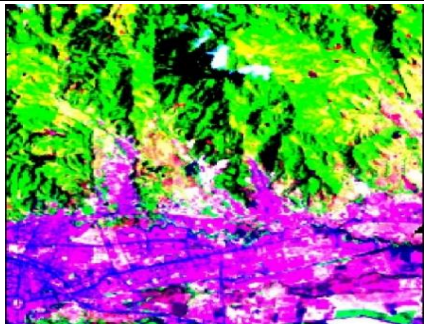
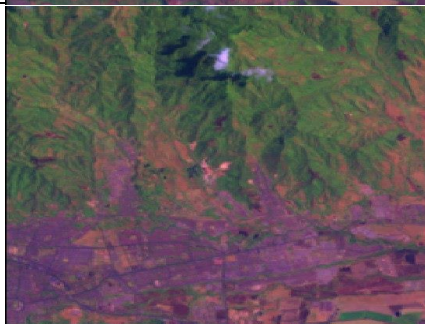
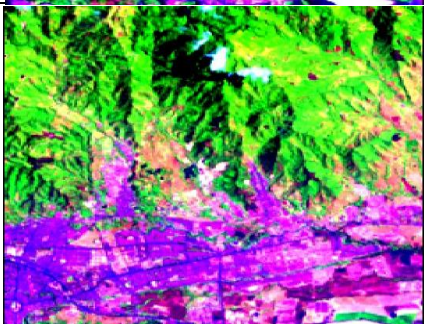
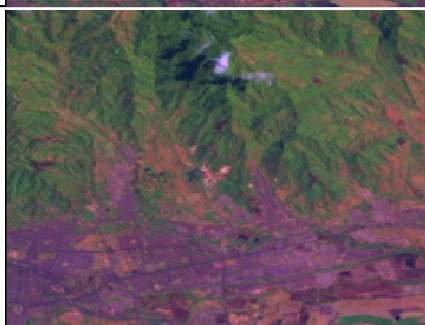
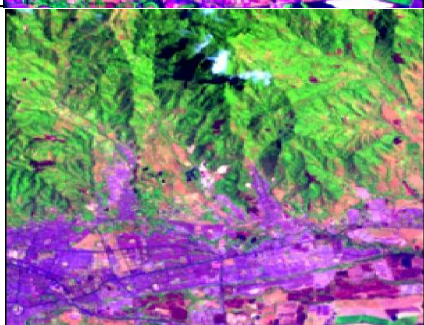
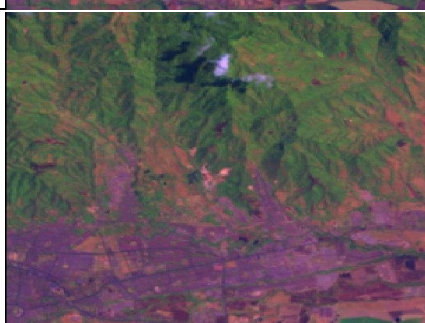
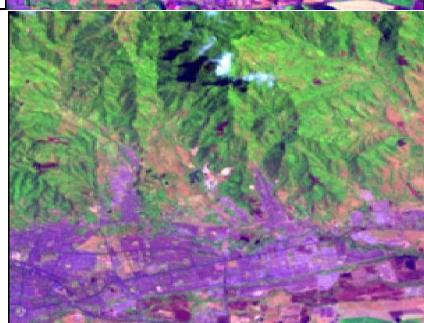


10.6.2. Mejoramiento de contraste a 0.5, 1, 2, 3 desviaciones estándar imagen Landsat 5 1985

Combinación		Antes mejoramiento por desviación estandar	Después mejoramiento por desviación estandar
		LT 5 Imagen 22/03/1985	
RGB (541) Mayor OIF	0.5 σ		
	1 σ		
	2 σ		
	3 σ		
<p>Análisis: con las desviaciones estandar 0.5 y 1 la imagen adquiere un mayor brillo. Con la imagen de 1 presenta una mejoramiento y una facil identificación de las coberturas, tanto en los pastos como en la zona urbana y los suelos. Las imágenes con las desviaciones estandar 2 y 3, se vuelven opacas y pierden un poco de intensidad en los colores, esto hace que las imagenes se vean mas suavizadas en su textura.</p>			


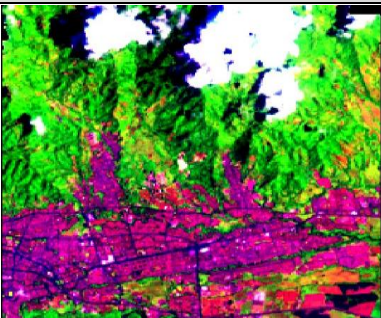
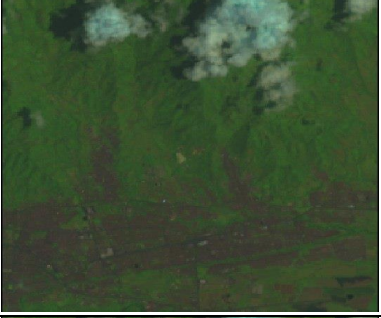

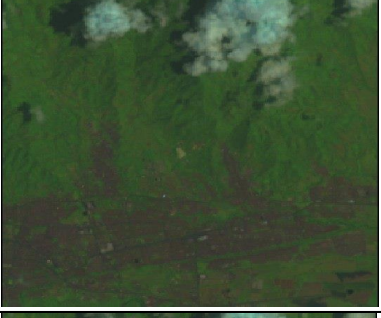
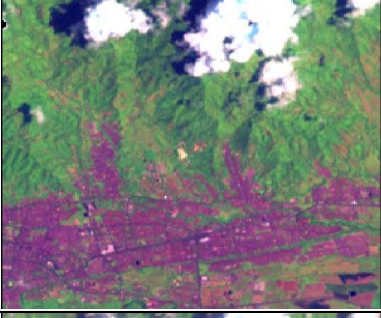




10.6.3. Mejoramiento de contraste a 0.5, 1, 2, 3 desviaciones estándar imagen Landsat 5 1997

Combinación		Antes mejoramiento por desviación estándar	Después mejoramiento por desviación estándar
		LT 5 Imagen 30/08/1997	
RGB (541) Mayor OIF	0.5 σ		
	1 σ		
	2 σ		
	3 σ		
<p>Análisis: Las imágenes con desviación estándar 0.5 y 1 presentan mucho brillo y saturación haciendo difícil la identificación y discriminación de las coberturas de la parte urbana y los suelos ya que las dos presentan similitudes. Las imágenes con desviación estándar 2 y 3 presentan un mejoramiento significativo para identificar las coberturas, se aprecian mejores texturas y mejores tonos.</p>			



10.6.4. Mejoramiento de contraste a 0.5, 1, 2, 3 desviaciones estándar imagen Landsat 8 2018

Combinación		Antes mejoramiento por desviación estándar	Después mejoramiento por desviación estándar
		LT 8 Imagen 17/03/2018	
RGB (541) Mayor OIF	0.5 σ		
	1 σ		
	2 σ		
	3 σ		
<p>Análisis: La imagen con desviación estándar 0.5 presenta un alto brillo y saturación lo que genera que no se pueda realizar una adecuada discriminación de las coberturas. La imagen con desviación estándar 1 se puede tener una mayor identificación ya que tiene un mayor brillo, mejor textura y mejores tonos en las coberturas. Las imágenes con desviación 2 y 3 se aprecian opacas y suavizadas.</p>			





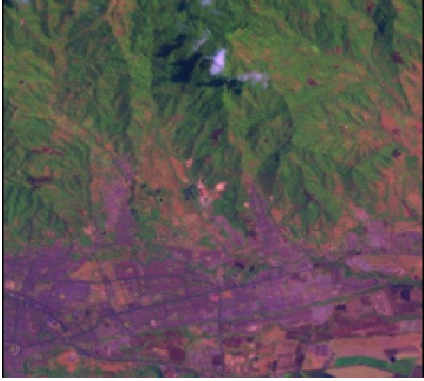
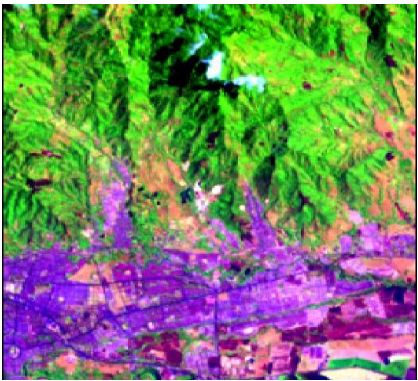
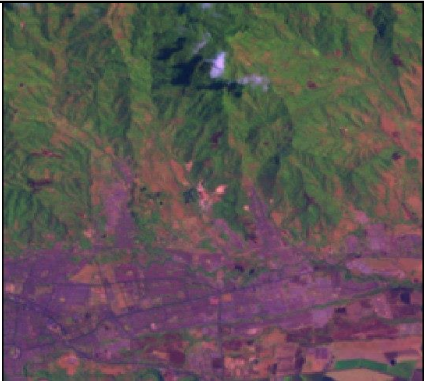
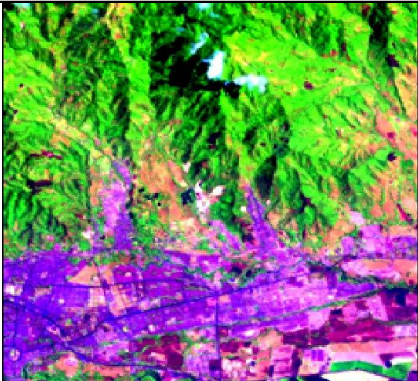
10.6.5. Mejoramiento de contraste a partir de intervalos de significancia 1%, 5%, 10%. Imagen Landsat 5 1985

Combinación		Antes mejoramiento por intervalos de significancia	Después mejoramiento por intervalos de significancia
		LT 5 Imagen 22/03/1985	
RGB (541) Mayor OIF	1%		
	5%		
	10%		

Análisis: Se puede apreciar en la primera imagen que no se genera un gran mejoramiento, de lo contrario la imagen pierde brillo y los tonos son opacos u oscuros. En la segunda imagen se puede observar un mejoramiento significativo aunque no cuenta con mucho brillo, las texturas y las coberturas están mejor definidas. En la tercera imagen se evidencia que hay mayor brillo, una mayor textura, se pueden identificar de una mejor manera las coberturas tanto los suelos como la parte urbana, la cobertura del agua se aprecia con tonos azules oscuros.



10.6.6. Mejoramiento de contraste a partir de intervalos de significancia 1%, 5%, 10% imagen Landsat 5 1997

Combinación		Antes mejoramiento por intervalos de significancia	Después mejoramiento por intervalos de significancia
		LT 5 Imagen 30/08/1997	
RGB (541) Mayor OIF	1%		
	5%		
	10%		

Análisis: En todas las imágenes se puede apreciar que existe un mejoramiento de la zona de estudio. En la imagen con mejoramiento del 1% de significancia, se gana brillo pero la intensidad es menor que las otras imágenes, se aprecia más opaca. Con 5% y 10%, las imágenes mejoran considerablemente, ganan brillo e intensidad visual, se puede generar una mejor discriminación entre las diferentes coberturas. El mejor realce se encuentra en la imagen del 5%, permitiendo que se de un equilibrio entre el brillo y la intensidad de los tonos, se evidencia una mejor textura.



10.6.7. Mejoramiento de contraste a partir de intervalos de significancia 1%, 5%, 10% imagen Landsat 8 2018

Combinación		Antes mejoramiento por intervalos de significancia	Después mejoramiento por intervalos de significancia
		LT 8 Imagen 17/03/2018	
RGB (652) Mayor OIF	1%		
	5%		
	10%		
<p>Analisis: En las imágenes con intervalos de significancia 1% y 5%, se aprecia que hay un mejoramiento que no es tan significativo, ya que la imagen se aprecia opaca, la intensidad de los tonos es baja. En la imagen con el 10% se evidencia una mejor ganancia en los niveles digitales, aumenta el brillo permitiendo que se de una separabilidad mas facil de las coberturas de interes y una mejor identificacion de las texturas.</p>			



10.7. Clasificación No Supervisada

En este método los tipos de cobertura no se conocen bien porque falta trabajo de campo o porque las características espectrales de la superficie no están claramente definidas en la imagen. El computador es orientado para que agrupe (cluster) los píxeles en diferentes clases de acuerdo con un cierto criterio estadístico.

En este enfoque los parámetros estadísticos que determinan las clases de entrenamiento se determinan mediante la selección de campos heterogéneos que contienen tantas relaciones espectrales diferentes como sean posibles y entonces se usa un algoritmo aglutinante para agrupar automáticamente los píxeles de características espectrales similares en un número de clases de grupos separables espectralmente. No se requiere conocer a priori la identidad del agrupamiento (entrenamiento) y quizás una de las características más importantes de este método es que no solo determina los tipos de cobertura pura del terreno, en una zona, sino también las clases mezcladas que se presentan usualmente en un grupo de datos Landsat. Por consiguiente, se obtiene una representación más cercana de los agrupamientos espectrales naturales de una zona mediante el enfoque no supervisado.

En este caso el clasificador implementado por el computador hace prácticamente el trabajo. En esta etapa los parámetros estadísticos determinan las características espectrales de las clases que se usaron en el entrenamiento y entonces efectúa la clasificación de toda el área de estudio. El clasificador es un algoritmo que toma decisiones y que puede ser entrenado para asignarlo a cada píxel una clase determinada. Existen varias clases de clasificadores u difieren unos de otros en cuanto al tipo de decisión o regla de clasificación usada (Bartolucci, 1979). Se pueden mencionar el clasificador de probabilidad máxima por punto, clasificador de la distancia mínima, clasificador de cascada, paralelepípedo, clasificador de extracción y clasificación de objetos homogéneos, clasificador de niveles, el del vecino más cercano, etc.

El número de clases depende del análisis visual de la imagen, de los histogramas de las bandas y es un proceso de pruebas. Es bueno correr la clasificación con el mayor número y paulatinamente ir reduciendo su cantidad, volviendo repetir la clasificación hasta llegar a un resultado razonable.

El método no supervisado pretende a identificar las clases espectrales presentes en la imagen, proporcionando resultados a veces difíciles para interpretar y poco conectados con las necesidades del usuario final y no es claro como este puede identificar las agrupaciones naturales (Posada, 2008)



11. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Las imágenes escogidas luego de hacerles el mejoramiento de contraste fueron las obtenidas por medio de intervalos de significancia, para la imagen de 1985 se escogió la resultante de aplicarle un 10%, para la imagen de 1997 se escogió la resultante de aplicarle un 5% y la imagen escogida para el 2018 fue la obtenida luego de aplicarle un 10% (ver imágenes ítem 10.6.5, 10.6.6, 10.6.7).

Las imágenes se escogieron luego de un análisis visual y por medio de los histogramas, los cuales mostraron que se dio una ganancia en varios aspectos como lo son el tono, la saturación, la intensidad y el brillo, adicionalmente ya no se evidencia una gran dispersión entre los niveles digitales de las imágenes lo cual genera que la clasificación realizada se pueda elaborar de manera más fácil y con mejores resultados.

El análisis multitemporal de la expansión urbana del municipio de Ibagué, sobre las microcuencas Quebrada Las Panelas-La Balsa y Hato de la Virgen, permitió determinar las áreas de la cobertura Urbana para los años de 1985, 1997 y 2018. El parámetro utilizado para determinar la dinámica de cambios fue la ganancia y perdida respecto al área que poseía cada clase en los diferentes años de estudio. El porcentaje de área ganado o perdido se estima mediante el cálculo de la Tasa Anual de Cambio en la zona de influencia de las mismas.

Año	Área	Razón de cambio (%)
1985	559	0
1997	759	35.7781753
2018	999	31.6205534

Tabla 34. Tasa de Expansión Urbana del municipio de Ibagué en la zona de influencia de las Microcuencas Las Panelas/La Balsa y Hato de la Virgen Fuente: Autores.

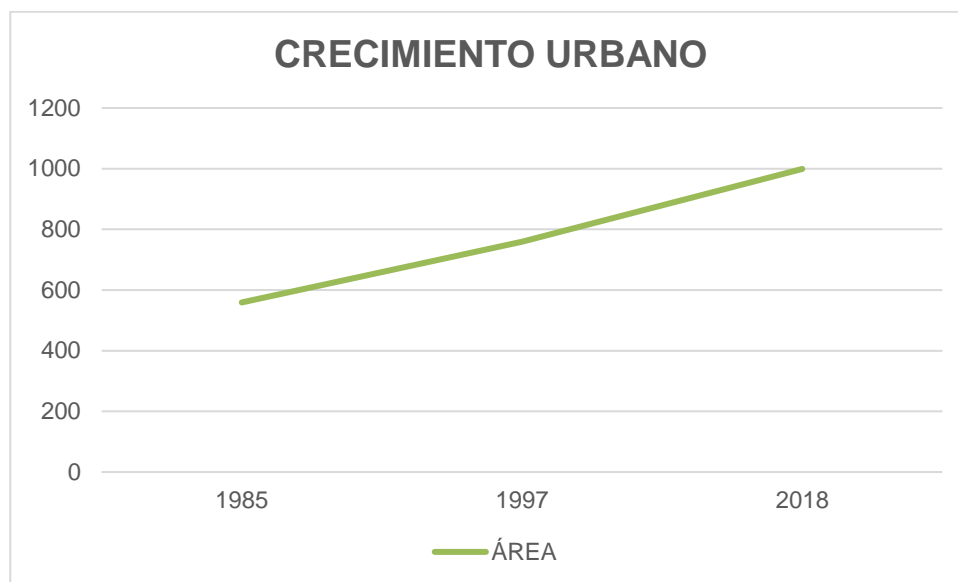


Ilustración 26. Expansión Urbana de Ibagué para los años 1985, 1997 y 2018 Fuente: Autores

PERIODO DE TIEMPO	AÑOS	ÁREA (Ha)	ÁREA (Km ²)	Expansión (Km ²)	Tasa Anual de Cambio (Km ² /Año)
1985	0	559	5.59	0	0
1985-1997	12	759	7.59	2	2.98%
1997-2018	21	999	9.99	2.4	1.50%
1985-2018	33	440	4.40	4.4	2.38%

Tabla 35. Incremento del área urbana en la zona y periodo de tiempo determinados para el estudio en el municipio de Ibagué. Fuente: Autores

Entre los años de 1985 y 1997, se presenta la mayor tasa anual de cambio en cuanto a cobertura urbana presentando un incremento de 200 Ha, ocurrido en un periodo de 12 años y una tasa anual de cambio de 2.98%. Dicha expansión comprende las zonas aledañas a la Quebrada Hato de la Virgen y la expansión urbana hacia los cerros occidentales, donde nace la Quebrada Las Panelas/ La Balsa. Cabe resaltar que las características de las edificaciones asentadas en estas zonas consideradas de riesgo e importancia ambiental, corresponde a construcciones artesanales, con materiales reciclados y sin acceso a infraestructura de servicios públicos, que es consecuente con la información previamente consultada en los planes de ordenamiento de cuencas propuestos por CORTOLIMA.

Para el periodo de 1997 a 2018 se hace más notorio el incremento de la cobertura urbana, pasando de 759 Ha a 999 Ha, con una tasa anual de crecimiento de 1.50%. Extendiéndose hacia el oriente sobre la zona delimitada como de expansión en el POT, teniendo como guía, el límite de la quebrada Hato de la Virgen.

Las zonas donde se presenta la cobertura vegetal dentro del perímetro urbano del municipio de Ibagué, corresponden principalmente a la rívera de la Quebrada Hato de la Virgen, espacios deportivos y en el área de expansión sin embargo, también es notorio el cambio



de uso que ha presentado este tipo de suelo para dar lugar a tierra para cultivos, siendo la segunda cobertura predominante en el municipio.

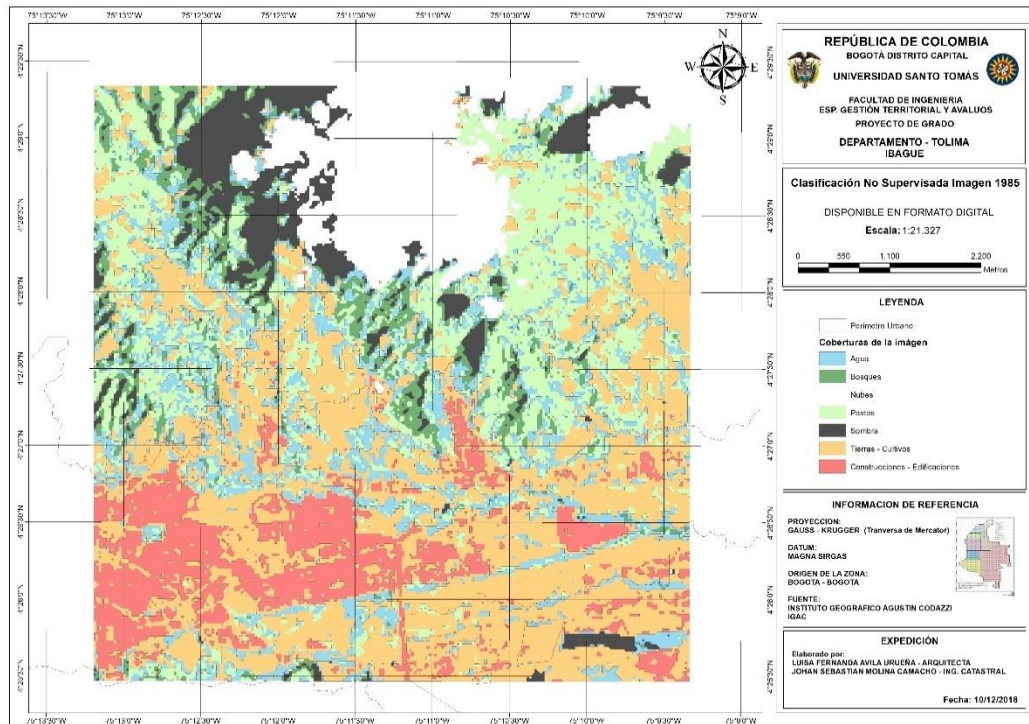


Ilustración 27. Imagen clasificación no supervisada Landsat 5 1985. Fuente: Elaboración propia.

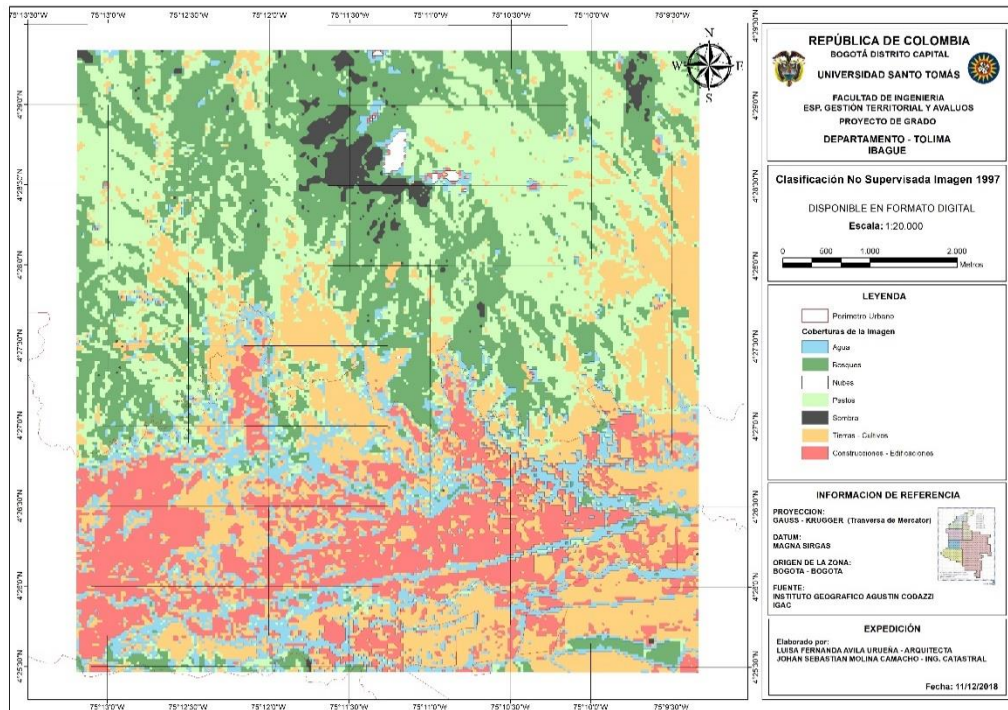


Ilustración 28. Imagen clasificación no supervisada Landsat 5 1997. Fuente: Elaboración propia.

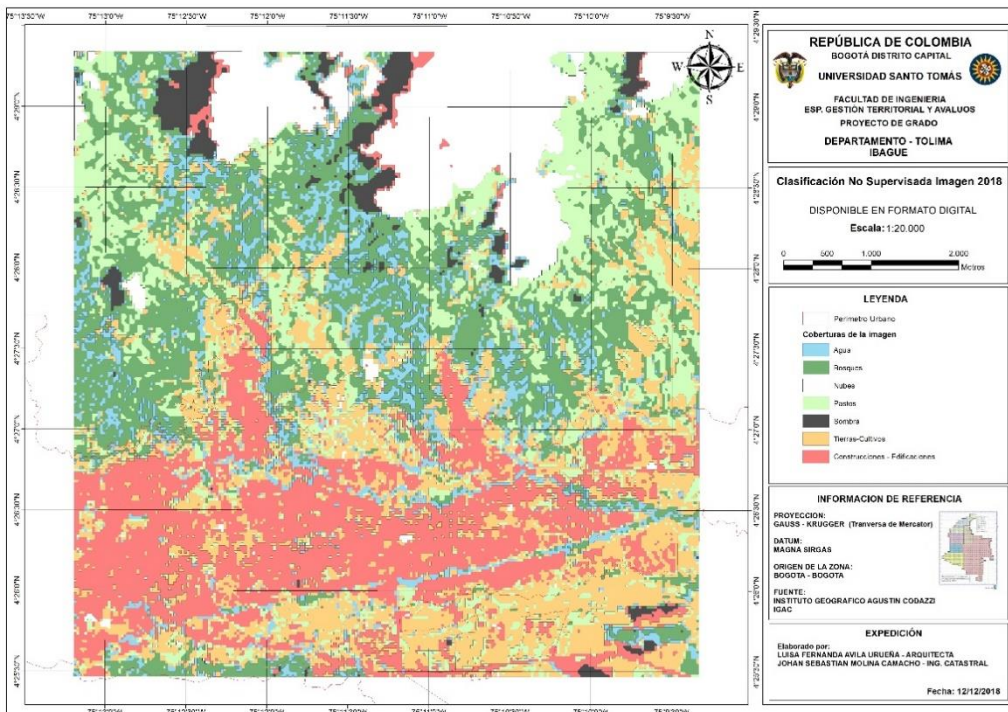


Ilustración 29. Imagen clasificación no supervisada Landsat 8 2018. Fuente: Elaboración propia.



12. CONCLUSIONES

Se determinó realizar una clasificación no supervisada ya que no es posible tomar datos en campo ni hacer el recorrido de la zona para tomar muestras de las diferentes coberturas que existen; este método da la posibilidad de elaborar un estudio bastante aproximado, la clasificación no supervisada es uno de los primeros pasos que se deben llevar a cabo para realizar una clasificación supervisada, la cual es mucho más puntual y específica.

La clasificación no supervisada se elaboró de acuerdo a conocimientos adquiridos, realizando un reconocimiento visual a través del visor Google Street View, estableciendo de forma aproximada las coberturas que han sido asignadas a cada uno de los niveles digitales.

Es importante resaltar que las imágenes Landsat tienen una resolución espacial de 30m x 30m, con lo cual se puede decir que esta clasificación tiene unos márgenes de error, que pueden ser corregidos con imágenes de otras misiones y de mejores resoluciones.

Se puede apreciar por medio de este estudio de caso el efecto y los cambios que se han dado a través del tiempo, tanto en la parte urbana (construcciones-edificaciones), así como en las tierras- cultivos, bosques, pastos y cuerpos de agua (ríos, quebradas, entre otros), mostrando un crecimiento sustancial de la parte urbana; se aprecian zonas en las cuales había vegetación que posiblemente fue convertida en terrenos-cultivos o construcciones-edificaciones.

En la clasificación no supervisada se encontró que la protección de las fuentes hídricas y la disminución de su tamaño han tenido cambios notorios, se evidencia que las microcuencas quebrada las panelas- la balsa y hato de la virgen se han visto inmersos en acciones urbanas que han generado un deterioro, contaminación y deforestación, las concentraciones urbanas se han acentuado alrededor de estas quebradas generando pérdidas en el caudal y tamaño.

El análisis multitemporal de la cobertura Urbana sobre las microcuencas Las Panelas/La Balsa y Hato de la Virgen del municipio de Ibagué para los años de 1985, 1997 y 2018 evidencia un aumento en su superficie a través del tiempo, presentando una tasa anual de cambios de 78 %, lo que indica una ganancia en área urbana en 440 Ha. desde el año 1985 a 2018.



El uso de imágenes satelitales para el estudio multitemporal de centros poblados requiere de un nivel de resolución alto, a pesar de esto las imágenes satelitales Landsat utilizadas para el desarrollo de este estudio presentaron información suficiente para generar los productos requeridos.

La Expansión Urbana del municipio de Ibagué, sobre las microcuencas estudiadas para el periodo comprendido de 1985 a 2018 se presentó principalmente debido al crecimiento poblacional de la ciudad, que obedece a fenómenos sociales y económicos como el desplazamiento forzado y está comprendido en su mayoría por uso residencial, escenarios deportivos y equipamiento hacia el oriente de la ciudad, además de los asentamientos ilegales que se empezaron a desarrollar en la zona alta de los cerros occidentales, junto al nacimiento de la quebrada La Balsa/ Las Panelas y sobre la ribera de la Quebrada Hato de la Virgen, que actualmente es usada como receptora de residuos sólidos.

Imagen 1985	
Coberturas	Área (Ha)
BOSQUES	291
SOMBRA	370
NUBES	615
AGUA	675
TIERRAS-CULTIVOS	1674
PASTOS	920
URBANO	559

Tabla 36. Área coberturas imagen 1985. Fuente: Elaboración propia.

Imagen 1997	
Coberturas	Área (Ha)
AGUA	548
BOSQUES	1170
PASTOS	1270
SOMBRA	91
URBANO	759
TIERRAS-CULTIVOS	1250
NUBES	11,3

Tabla 37. Área coberturas imagen 1997. Fuente: Elaboración propia.



Imagen 2018	
Coberturas	Área (Ha)
BOSQUES	1097
NUBES	574
TIERRAS-CULTIVOS	1032
PASTOS	861
SOMBRA	147
AGUA	395
URBANO	999

Tabla 38. Área coberturas imagen 2018. Fuente: Elaboración propia.



13. RECOMENDACIONES

1. Para obtener mejores resultados que garanticen mejor precisión se recomienda hacer reconocimiento de campo con el objetivo de verificar el tipo de coberturas presentes en la zona de estudio.
2. Para garantizar un mejor resultado se recomienda realizar el estudio y la clasificación de coberturas con imágenes de mayor resolución, las cuales garanticen una identificación y clasificación más clara de la zona de estudio.
3. Diseñar planes de manejo para mitigar la expansión urbana de forma desordenada en las microcuencas La Panela/La Balsa y Hato de la Virgen, con el fin de preservar el recurso hídrico y la cobertura vegetal, disminuyendo la intervención humana, la cual ha generado contaminación y degradación de los recursos naturales disponibles.
4. Crear planes de saneamiento ambiental e hídrico con objetivo de recuperar y preservar las cuencas hídricas
5. Redefinir las áreas periféricas a nacimientos, cauces de ríos, quebradas y corrientes que conforman el sistema hídrico, según el Decreto 2811 de 1974, Artículo 83 literal D, en el cual estipula que la faja paralela a las líneas de mareas máximas o al cauce permanente de ríos, quebradas y arroyos de hasta 30 metros a cada lado, es un bien inembargable e imprescriptible del Estado, excepto si existen derechos adquiridos.



14. REFERENCIAS

- Alcaldía Municipal de Ibagué. (2013). *Estructura Ecológica Principal Municipal*. Ibagué: Alcaldía Municipal de Ibagué.
- Alcaldía de Ibagué. (2012). *Diagnóstico Socioeconómico y Territorial: Comuna 1*. Ibagué, Tolima: Alcaldía de Ibagué.
- Alcaldía de Ibagué. (2018). *Ibagué cómo vamos*. Ibagué: Alcaldía de Ibagué.
- Alcaldía de Ibagué, Universidad del Tolima. (2015). *Plan de Manejo Socio-Ambiental de la Microcuenca Urbana Hato de la Virgen en Ibagué-Tolima*. Ibagué.
- Alcaldía Municipal de Ibagué. (2013). *Estructura Ecológica Principal Municipal*. Ibagué: Grupo de Ordenamiento Territorial.
- Alcaldía Municipal de Ibagué. (2014). *Decreto 823 del 2014 Plan de ordenamiento Territorial*. Ibagué.
- Alcaldía Municipio Puerto Tejada. (2006). *Plan Básico de Ordenamiento Territorial*. Puerto Tejada, Cauca: Alcaldía Municipal.
- Arenas Jaimes, F. (07 de 11 de 2015). *El tiempo*. Obtenido de Armero: 30 años de la tragedia anunciada que nadie evitó: <https://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-16424492>
- Ávila, L. F., Nuñez, E. D., Ortiz, M. A., & Zarate, Y. C. (2015). *Proyecto Urbanístico y Arquitectónico de Vivienda Rural para el Centro Poblado Cay en la Cuenca Media del Río Combeima*. Ibagué: Universidad del Tolima.
- Basterra, M. I. (2011). *Teledetección-Imágenes Satelitales-Procesamiento Digital de Imágenes*. Providencia de Corrientes: Universidad Nacional del Nordeste-Departamento de Geociencias.
- Casas, E. A. (2010). El Patrón de acumulación y la producción del espacio, estado de la cuestión. *Espacio crítico*, 26-41.
- CAUCA, C. A. (14 de JUNIO de 2016). *Conocimiento Ambiental-POT-Puerto Tejada Sistema Funcional Espacial*. Obtenido de SISTEMA FUNCIONAL ESPACIAL: <http://crc.gov.co/files/ConocimientoAmbiental/POT/puertotejada/SistemaFuncionalEspacial.pdf>
- Centro de Investigación y Desarrollo - CIAF. (2013). *Descripción y Corrección de Productos Landsat 8 LDCM*. Bogotá: IGAC.
- Centro de Investigación y Desarrollo en Información Geográfica - CIAF. (2012). *Manual de prácticas de percepción remota con el programa ERDAS IMAGINE 2011*. Bogotá: IGAC.
- Centro de Investigación y Promoción del Campesinado. (2014). *Introducción a la gestión territorial*. Bogotá, Colombia: Servicio Alemán de Cooperación Social Técnica.
- CEPAL, F. (2013). *Perspectivas de la agricultura y del desarrollo rural en las Américas: una mirada hacia América Latina y el Caribe*. Obtenido de Instituto Iberoamericano de Cooperación para la Agricultura: <http://www.fao.org/docrep/019/i3702s/>
- Condori Luna, I. J., Loza Murguía, M. G., Mamani- Pati, F., & Solíz- Valdivia, H. (2014). Análisis Multitemporal de la Cobertura Boscosa empleando la metodología de teledetección espacial SIG en la sub-cuenca del Río Coroico- Provincia Caranavi en los años 1989-2014. *Journal Of The Selva Andina Research Society*, 25-44.



- Consejo Superior de Investigaciones Científicas CSIC. (2011). *Introducción a la teledetección con ERDAS IMAGINE*. Madrid - España: CSIC.
- Corporación Autónoma Regional del Tolima. (2010). *Agenda Ambiental del Municipio de Ibagué*. Ibagué, Tolima Noviembre 2010: Mundo Imagen Publicidad.
- Corporación Autónoma Regional del Tolima. (2015). *Plan de Ordenación y Manejo Ambiental de la Microcuenca de Las Quebradas Las Panelas y La Balsa*. Ibagué.
- CORTOLIMA. (2013). *Plan de Gestión Ambiental Regional del Tolima 2013-2023*. Ibagué.
- CORTOLIMA. (2018). *Plan de Ordenación y Manejo de Cuenca Hídrica del Río Totare*. Ibagué.
- CORTOLIMA. Corporación Autónoma Regional del Tolima. (2015). *Plan de Ordenación y manejo ambiental de la microcuenca de las quebradas las Panelas y la Balsa*. CORTOLIMA, Tolima. Ibagué: Alcaldía de Ibagué. Recuperado el 10 de 06 de 2018, de http://www.cortolima.gov.co/sites/default/files/images/stories/centro_documentos/estudios/cuenca_panelas/APRESTAMIENTO/TABLA_CONTENIDO_FINAL.pdf
- Cruz Bello, G. M. (2011). *Análisis Multitemporal de la degradación ambiental de la Cuenca del Río Necaxa, Puebla, México*. Ciudad de México: Fundación MAPFRE.
- Daniel Hiernaux, A. L. (2006). *TRATADO DE GEOGRAFIA HUMANA*. Anthropos Editorial.
- Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de Naciones Unidas ONU-DAES. (24 de 11 de 2014). *Decenio Internacional para la acción "El agua fuente de vida" 2005-2015*. Obtenido de http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/water_cities.shtml
- Díaz Cuellar, M. A. (2014). *Análisis Multitemporal de las áreas verdes en una microcuenca urbana (Ibagué-Colombia) apoyado en las tecnologías de la información geográfica*. Antioquia. Medellín, Colombia: Sociedad Latinoamericana en percepción remota y sistemas de información espacial "Capítulo Colombia". Obtenido de <http://selper.org.co/papers-XVI-Simposio/Otros/OT10-Analisis-multitemporal-microcuenca-urbana.pdf>
- Díaz, I. C. (29 de 01 de 2015). Alternativas de integración para asentamientos informales en Ibagué-Colombia.. un proyecto de cooperación al desarrollo. *Bitácora Urbano Territorial*, 124-145.
- Ducci, M. E. (2009 Reimpresión). *Conceptos Básicos de urbanismo: Forma y Estructura de la ciudad, La Administración de la ciudad, Geografía Urbana*. Ciudad de México: Trillas.
- Escobar, G. (Marzo de 2016). *Nueva Sociedad, Democracia y Política en América Latina*. Obtenido de Perspectivas: <http://nuso.org/media/documents/tierra.pdf>
- Etter, A. (1991). *Introducción a la ecología del paisaje*. Bogotá: Instituto Geográfico Agustín Codazzi.
- Facultad de Ciencias Naturales y Museo. (s.f.). *Realce de contraste*. Obtenido de http://www.fcnym.unlp.edu.ar/catedras/geofoto/geo_html/informacion/pdf/tutorial_contraste.pdf
- Findeter. (07 de 2016). *Centro de información municipal para la planeación participativa- Sec. de Planeación*. Obtenido de Ibagué, sostenible 2037. Territorio conector, colectivo y competitivo: <https://www.findeter.gov.co/documentos/300012/ibague/>
- Gálvez, M. V. (2002). *Sistemas Integrados de Tratamiento y Uso de Aguas Residuales en*. IDRC.



- García Rodríguez, M. P., & Pérez González, M. E. (2014). *Análisis multitemporal del urbanismo expansivo en el corredor Henares. Aportación de las imágenes de satélite*. Madrid.
- Geist, & Lambin. (2001). What drives tropical deforestation? *LUCC Report Series 4 CIACO Louvain la NeuveBelgium*.
- GEOCENTO earth imaging. (2018). *Imágenes de Satélite LANDSAT-8*. Obtenido de <http://geocento.es/galeria-de-satelites-para-buscar-y-adquirir-imagenes/satelite-imagenes-landsat-8/>
- Godoy, L. A.-D. (2016). *Aplicación de técnicas de optimización visual de imágenes satelitales*. Bogotá D.C.: Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales.
- Gómez, F. S. (2012). *Dinámicas del mercado de la tierra en América Latina y el Caribe: concentración y extranjerización*. Obtenido de Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO): <http://www.fao.org/docrep/019/>
- Gonzalez Calle, J. L. (2006). *De la ciudad al territorio: la configuración del espacio urbano en Ibagué 1886-1986*. Ibagué: Ediciones Aquelarre Universidad del Tolima.
- Hardoy, J. E. (2009). *Dos mil años de Urbanización en America Latina (Reimpresión)*. Buenos Aires: Editorial del Instituto.
- Heineberg, H. (2009). *Desarrollo y Estructura de Antiguas Ciudades Coloniales Españolas en America del Sur según los planos e Lima (1872), Bogotá (1852) y Montevideo (1865)*. Obtenido de Biblioteca Virtual, Biblioteca Luisa Ángel Arango: <http://www.banrepcultural.org/blaavirtual/historia/hue/hue4.htm>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (05 de 08 de 2018). *INEGI*. Obtenido de <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/imgpercepcion/imgsatelite/>
- Jiménez, S. I. (20 de 03 de 2016). *Hidráulica Fácil*. Obtenido de Combinación RGB con bandas del satélite Landsat 5 y 7: <https://www.hidraulicafacil.com/2016/03/Com.Landsat7.html>
- Maldonado Zamudio, C. A., Prieto Ruiz, F. A., Cobos Pinzon, F. A., & Cristancho Garrio, H. C. (2014). *Hipertexto Ciencias Sociales 7*. Bogota, Colombia: Santillana.
- Martínez Martín, A. F. (2007). Crecimiento poblacional y políticas públicas. *Red de revistas científicas de America Latina y el Caribe, España y Portugal*, 150-160.
- Mena, C., Ormazabál, Y., Morales, Y., Santelices, R., & Gajardo, J. (2011). *ÍNDICES DE ÁREA VERDE Y COBERTURA VEGETAL PARA LA CIUDAD DE PARRAL MEDIANTE FOTOINTERPRETACIÓN Y SIG*. Santa María: Ciencia Forestal.
- Menco, C. E. (2017). *Análisis multitemporal del cambio en la cobertura del suelo. en la zona de inundación de la represa hidrosogamoso, departamento de Santander, años 2001 y 2015*. Bogotá D.C., Colombia: Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Mera Garzon, D. P. (2016). *ANÁLISIS MULTITEMPORAL DEL CRECIMIENTO URBANO EN LA CIUDAD DE POPAYÁN EN EL DEPARTAMENTO DEL CAUCA, AÑOS DE 1960 A 2015*. Bogotá: Universidad Santo Tomás.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2014). *Guía Técnica para la Formulación de Planes de Ordenamiento del Recurso Hídrico*. Bogotá, Colombia: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.



- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2015). *Decreto 1076 de 2015*. Bogotá D.C.
- Molano, E. S. (2007). El desarrollo urbano. *Credencial Historia*, 10-12.
- NASA. (08 de 2018). *Landsat Science*. Obtenido de Landsat 8: <https://landsat.gsfc.nasa.gov/landsat-8/>
- Neira Acosta, Á. S. (2016). *Análisis Multitemporal de la Expansión Urbana de la Localidad de Usme-Bogotá*. Bogotá: Universidad Militar Nueva Granada.
- Núñez, L. M. (Enero de 1961). La propiedad de la Tierra. *Journal of Inter-American Studies*, págs. 27-39.
- Olaya, V. (2014). *Sistemas de Información Geográfica*. Creative Common Atribución.
- Pardo, C. O. (2009). Ibagué: Ciudad Musical. *Historia de las Ciudades en Colombia, Credencial Historia*.
- Perdomo Reyes, J. (2017). *Estudio Multitemporal de la dinámica de transformación de la cobertura por crecimiento urbano, de la localidad de Suba,, Bogotá Periodo 1996-2014*. Bogotá: Universidad Santo Tomás.
- Petrone, M. (Dirección). (2013). *Ciudades de Latinoamérica* [Película].
- Primack, R., Rozzi, R., Feinsinger, P., Dirzo, R., & Massardo, F. (2001). *Fundamentos de conservación biológica: perspectivas latinoamericanas*. México.: Fondo de Cultura Económica. 1998. 797.
- RED DE ESTUDIOS DE ESPACIO Y TERRITORIO, RET. (2001). *Espacio y territorios, Razon, Pasion e imaginarios*. Bogota D.E, Colombia: EDITORIAL UNIBIBLOS.
- Restrepo, A. T. (1964). Características y problemas de tenencia de la tierra en el sector agropecuario colombiano. *Revista Facultad Nacional de Agronomía*, 1-48.
- Reuter, F. (s.f.). *Carpeta de trabajos practicos: Teledetección Forestal*. Buenos Aires: Facultad de Ciencias Forestales - UNSE.
- REVISTA CREDENCIAL HISTORIA. (Agosto de 1997). La caña de azúcar en el Valle del Cauca. *REVISTA CREDENCIAL HISTORIA*, 50.
- Ríos Orta, S. (2006). *La empresa de Jardinería y Paisajismo*. Madrid,Barcelona, México: Ediciones Mundi-Prensa.
- Rivillas, A. M. (03 de 07 de 2017). *La Pipa*. Obtenido de Claves de la geografía urbana de Ibagué desde la Colonia hasta mediados del Siglo XX: <https://lapipa.co/claves-la-geografia-urbana-ibague-desde-la-colonia-mediados-del-siglo-xx/>
- Rodríguez, V. G. (2015). *Notas del curso de fotointerpretación*. Guanajuato: Universidad de Guanajuato.
- SALVATIERRA, I. E. (2004). *Fundamentos de Procesamiento Digital de Imágenes*. Mendoza.
- Sanderson, E. W., Jaiteh, M., Levy, M. A., Redford, K. H., Wannebo, A. V., & Woolmer, G. (2002). The Human Footprint and the Last of the Wild. *BioScience*, 891-904.
- Universidad de Murcia. (13 de 02 de 2006). *Caracterizacion de las imágenes de satélite*. Obtenido de http://www.um.es/geograf/sigmur/temariohtml/node71_tf.html
- Universidad de Murcia. (05 de 08 de 2018). *Caracterización de las imágenes de satélite*. Obtenido de http://www.um.es/geograf/sigmur/temariohtml/node71_tf.html



- Universidad Nacional Tres de Febrero (Productor), Valverde, S. (Escritor), & Rotondaro, F. (Dirección). (2013). *Ciudades de Latinoamérica* [Película]. Argentina: Universidad Nacional Tres de Febrero.
- USGS science for a changing world. (2018). *Earth Explorer*. Obtenido de <https://earthexplorer.usgs.gov/logout/expire>
- Valdez Lazalde, J. R., Aguirre Salado, C. A., & Ángeles Pérez, G. (2011). Análisis de los cambios en el uso del suelo en la cuenca del Río Metztitlán (México) usando imágenes de satélite: 1985-2007. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 313-324.
- Valverde, S. (Escritor), & Fernanda, R. (Dirección). (2013). *Ciudades de Latinoamérica* [Película]. Argentina: Universidad Nacional Tres de Febrero.
- Varela, A. G. (s.f.). *Landsat*.
- Wiener, E. (2011). *La concentración de la propiedad de la tierra en América Latina: una aproximación a la problemática actual. Presiones comerciales sobre la tierra*. Obtenido de <http://www.landcoalition.org/>
- Yucra, L. (22 de Enero de 2012). *ETICA*. Obtenido de Propiedad, propiedad pública y propiedad privada: <http://eticadued1.blogspot.com.co/2012/01/propiedad-propiedad-publica-y-propiedad.html>