

**DIAGNOSTICO AMBIENTAL DEL HUMEDAL DE MARÍA CAMILA EN EL CASCO
URBANO DEL MUNICIPIO DE VALLEDUPAR DEPARTAMENTO DEL CESAR**



**MUNICIPIO DE VALLEDUPAR
DEPARTAMENTO DEL CESAR
MARZO DE 2018**

**DIAGNOSTICO AMBIENTAL DEL HUMEDAL DE MARÍA CAMILA EN EL CASCO
URBANO DEL MUNICIPIO DE VALLEDUPAR DEPARTAMENTO DEL CESAR**

Realizado por la Fundación Universitaria del Área Andina
Facultad de ingeniería y ciencias básicas
Programa de Ingeniería Civil

KATRIZZA MORELLI AROCA
GERENTE
SIVA

GELCA GUTIERREZ BARRANCO
RECTORA AREANDINA
SEDE VALLEDUPAR

**MUNICIPIO DE VALLEDUPAR
DEPARTAMENTO DEL CESAR
MARZO DE 2018**

CONTENIDO

EQUIPO DE TRABAJO.....	8
1. INTRODUCCIÓN.....	9
2. JUSTIFICACIÓN	10
3. OBJETIVOS	12
3.1. Objetivo General	12
3.2. Objetivos Específicos	12
4. UBICACIÓN GENERAL DEL PROYECTO	13
5. CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS DEL MUNICIPIO DE VALLEDUPAR	14
5.1. Temperatura.	14
5.2. Precipitación.	16
5.3. Vientos.	17
5.4. Evaporación.	18
5.5. Brillo Solar.	18
6. CUENCA HIDROGRÁFICA	20
6.1. Cuenca del Río Cesar.	20
6.2. Cuenca hidrográfica del Humedal de María Camila.	20
7. COBERTURA DE LA CUENCA.....	23
7.1. Cobertura vegetal	23
7.1.1. Flora	23
7.1.2. Fauna	25
8. COMPONENTE HIDRÁULICO (OBRAS ASOCIADAS).....	30
8.1. Descripción Del Sistema De Recolección y Evacuación De Las Aguas Lluvias:	30
8.2. Capacidad De Transporte De Los Colectores De Aguas Lluvias:	30
8.3. Calculo Del Caudal Producto De Las Escorrentías Por El Método Racional.	31
8.4. Caudal Producto Del Área Aferente Y El Periodo De Retorno:	33
8.5. Caudal De Diseño.	33

8.6. Confrontación De Los Caudales De Creciente Según Las Curvas IDF Con Las Capacidades De Transporte De Los Colectores Construidos.	33
8.7. Cheque De La Capacidad De Los Sumideros	34
8.7.1. Cálculo del espesor de la lámina de agua que circula por las calles. 34	
8.7.2. Área de captación de las rejillas.	35
8.7.3. Capacidad hidráulica de los sumideros	35
8.7.4. Cálculo de la capacidad del sumidero de rejilla	36
8.8. ANALISIS DE RESULTADOS	38
8.8.1. Propuestas de Solución para los tramos C5B-C5A: y C5A-C5 paralelos a la calle 18E y a los C5 –C7A-C7 paralelos a la cancha:	39
9. ESTUDIO HIDROLÓGICO	42
9.1. Poligonos de Thiessen	42
9.2. Análisis De Lluvias	43
9.3. Hietograma de Diseño	44
10. MODELAMIENTO HIDRÁULICO	46
10.1. Aplicación del Sistema de Información Geográfica en la modelación hidrológica	48
10.2. Modelación de zonas de amenaza	54
11. ANÁLISIS DE LA CALIDAD DE AGUA.....	62
11.1. Índices De Contaminación De Aguas Superficiales.	62
11.2. Resultados Índices De Contaminación De Aguas Superficiales. ...	64
11.3. Índices De Calidad De Aguas En Las Aguas Superficiales.	66
11.4. Resultados Índices De Calidad De Aguas Superficiales	68
12. CONCLUSIONES.....	69
13. RECOMENDACIONES	71
14. BIBLIOGRAFÍA	73

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Localización del área de estudio	13
Figura 2	Rosa de Vientos	18
Figura 3	Cuenca hidrográfica urbana del humedal de María Camila	20
Figura 4	Polígono de Thiessen	40
Figura 5	Topografía Batimétrica del vaso principal y el canal del humedal	52

LISTA DE GRÁFICAS

Gráfica 1	Histograma de valores mínimos mensuales de temperatura en la ciudad de Valledupar. Datos obtenidos de la estación pluviométrica del Aeropuerto Alfonso López de Valledupar, IDEAM	15
Gráfica 2	Histograma de valores máximos mensuales de temperatura en la ciudad de Valledupar. Datos obtenidos de la estación pluviométrica del Aeropuerto Alfonso López de Valledupar, IDEAM	15
Gráfica 3	No de días mensuales de precipitación	16
Gráfica 4	Histograma de precipitación histórica, datos obtenidos de la estación pluviométrica del Aeropuerto Alfonso López de Valledupar, IDEAM	17
Gráfica 5	Curvas IDF Estación "aeropuerto Alfonso López	30
Gráfica 6	Serie de precipitaciones máximas anuales en 24 horas, desde 1985 hasta el 2016, estación Aeropuerto Alfonso López	41

LISTA DE TABLAS

Tabla No 1	Listado de nombres comunes, científicos y familias de árboles	21
Tabla No 2	Aves encontradas en el humedal María Camila	24
Tabla No 3	Lepidópteros encontrados en el humedal María Camila	25
Tabla No 4	Odonatos presentes en el humedal María Camila	26
Tabla No 5	Curvas de masas de aguaceros puntuales área de influencia estación "Aeropuerto Alfonso López"	29
Tabla No 6	Caudal de creciente según Curvas IDF Estación "aeropuerto Alfonso López"	30
Tabla No 7	Análisis de distribución probabilística de precipitaciones máximas anuales	42
Tabla No 8	Valores de los coeficientes a, b, c y d para el cálculo de la curvas de intensidad-duración-frecuencia, IDF, para Colombia	43
Tabla No 9	Valores del coeficiente rugosidad n (manning)	45
Tabla No 10	Resultado de la evaluación hidráulica de Humedal de María Camila Sur HEC – RAS	47

EQUIPO DE TRABAJO

EQUIPO TÉCNICO

ANTONIO RUDAS Director del proyecto

JAVIER OROZCO ing. Civil encargado del componente Hidráulico

YESID AROCA ing. Civil encargado del componente Hidráulico

JHAN PEREZ Componente hidrológico.

JORGE GALVIS experto en Sistema de información geográfico y cartografía.

FABIÁN RODRÍGUEZ Biólogo, componente biofísico

SISTEMA INTEGRADO DE TRANSPORTE DE VALLEDUPAR

ALVARO LIMA Director Ambiental

CONTRATISTA DE OBRA CONSORCIO EQUIOBRAS

DAIMER OÑATE Departamento ambiental contratista

INTERVENTORIA DE OBRA CONSORCIO DESARROLLO VIAL EFICIENTE

TAHELIS MONTERO Departamento Ambiental Interventoría

1. INTRODUCCIÓN

Un humedal es una zona de tierras, generalmente planas, cuya superficie se inunda de manera permanente o intermitentemente, los humedales son vitales para la supervivencia humana. Son uno de los entornos más productivos del mundo, y son cunas de diversidad biológica y fuentes de agua dulce (el caso del humedal de María Camila) y productividad primaria de las que innumerables especies vegetales y animales dependen para subsistir.

Los humedales son indispensables por los innumerables beneficios o "servicios ecosistémicos" que brindan a la humanidad, desde suministro de agua dulce, alimentos y materiales de construcción, y biodiversidad, hasta control de crecidas, recarga de aguas subterráneas y mitigación del cambio climático.

Sin embargo, un estudio tras otro demuestra que la superficie y la calidad de los humedales siguen disminuyendo en la mayoría de regiones del mundo. En consecuencia, los servicios de los ecosistemas que los humedales proporcionan a las personas se encuentran en peligro.

El Cuerpo de agua lenticó Humedal María Camila, ubicado en el área urbana del Municipio de Valledupar Cesar, en el barrio María Camila Sur, este humedal se le ha restado territorio para la construcción de viviendas, parques una iglesia, el humedal es un recurso natural hídrico, que existe antes que el barrio María Camila Sur de esta ciudad comenzara a urbanizarse, el cual ha venido sufriendo cambios en su morfometría, flora, fauna, y área directa hídrica.

Es necesario proteger el medio ambiente y los recursos naturales, generar proyectos que fortalezcan los ecosistemas y mejoren la calidad de vida de los habitantes.

En el presente proyecto se diseñó un plan de manejo del humedal de María Camila, en la ciudad de Valledupar, mediante del análisis ecológico en los componentes hidrológico, vegetal (coberturas), climático, edáfico y social, para construir una propuesta socializada y concertada de manejo del mismo. Además se revisaron y evaluaron las obras del área de influencia del humedal y la cuenca hidrográfica del mismo.

2. JUSTIFICACIÓN

La conservación de los recursos hidrobiológicos tiene un sin número de normas nacionales y supranacionales que lo respalda, de manera directa y transversal.

Los cuerpos de agua normalmente obedecen su comportamiento a todo un ecosistema que para su protección debe verse como un todo, como lo son, el área de la cuenca, los suelos, las rondas hidráulicas, la vegetación de coberturas entre otras, el cumplimiento de las normas relacionadas con la protección de las rondas hidráulicas son de las que menos se aplican, lo cual se convierte en un reto por cumplir.

La ronda hídrica son las áreas ó franjas de protección de las márgenes de los cuerpos de agua fueron reglamentadas por el Código Nacional De Los Recursos Naturales, con una dimensión de 30 metros en ambos márgenes del curso de agua.

No se puede afectar la cobertura vegetal en una faja no inferior a 30 metros de ancha de lado y lado, paralela a las líneas de mareas máximas de los cauces de los ríos, quebradas y arroyos, sean permanentes o no, y alrededor de los lagos o depósitos de agua medidas con la proyección en planta, Los nacimientos de fuentes de aguas en una extensión por lo menos de 100 metros a la redonda, medidos a partir de su periferia, y los terrenos con pendientes superiores al 100% (45 grados), además Los propietarios de predios de más de 50 hectáreas deberán mantener en cobertura forestal por lo menos un 10% de su extensión, esto de acuerdo con las restricciones estipuladas por la normatividad ambiental, en especial lo relacionado con el literal d) del artículo 83 del Decreto Ley 2811 de 1974 Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente, y el Decreto 1449 de 1977.

La legislación colombiana incluye la protección de recursos hidrológicos asociados a la extracción de material de construcción como los son.

Decreto 2811 de 1974, Artículo 1: "El ambiente es patrimonio común." El estado y los particulares deben participar en su preservación y manejo que son de utilidad pública e interés social. Decreto 876 de 1976 Por el cual se señalan prioridades referentes a los diversos usos del recurso forestal. Decreto 1541 de 1978 "Por el cual se reglamente la parte III, del libro II, del decreto ley 2811 de 1974, de las aguas no marítimas y parcialmente la ley 23 de 1973". Decreto 02 de 1982 "Por medio del cual el Ministerio de salud reglamenta parcialmente el titulo primero de la ley 09 de 1979 y el decreto ley 28 de 19974 en cuanto a las emisiones atmosféricas." Resolución 08-321 de Agosto 1983"Por medio de la cual el Ministerio de Salud diera normas sobre protección y conservación de la audición de la salud y el bienestar a

las personas por causas de la producción y emisión de ruido.” Decreto 1594 de 1984. Este decreto reglamenta, básicamente, los usos del agua y de los residuos líquidos, siendo prácticamente el código vigente al respecto conteniendo además normas sobre calidad del agua, calidad de los vertimientos, autorización de los mismos y criterios y métodos de análisis. Ley 99 de 1993, en su Artículo 31 “funciones de las corporaciones Autónomas Regionales” Numeral 11 “Ejercer funciones de evaluación, control y seguimiento.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo General

Realizar el diagnóstico ambiental y evaluación hidráulica, hidrológica e hidrogeológica del humedal María Camila, con participación de la comunidad en el municipio de Valledupar

3.2. Objetivos Específicos

Caracterizar los componentes hidrológico e hidráulico y físico biológico de la microcuenca hidrográfica perteneciente al humedal de María Camila en la ciudad de Valledupar.

Realizar la evaluación de las condiciones ecológicas en la que se encuentra el humedal.

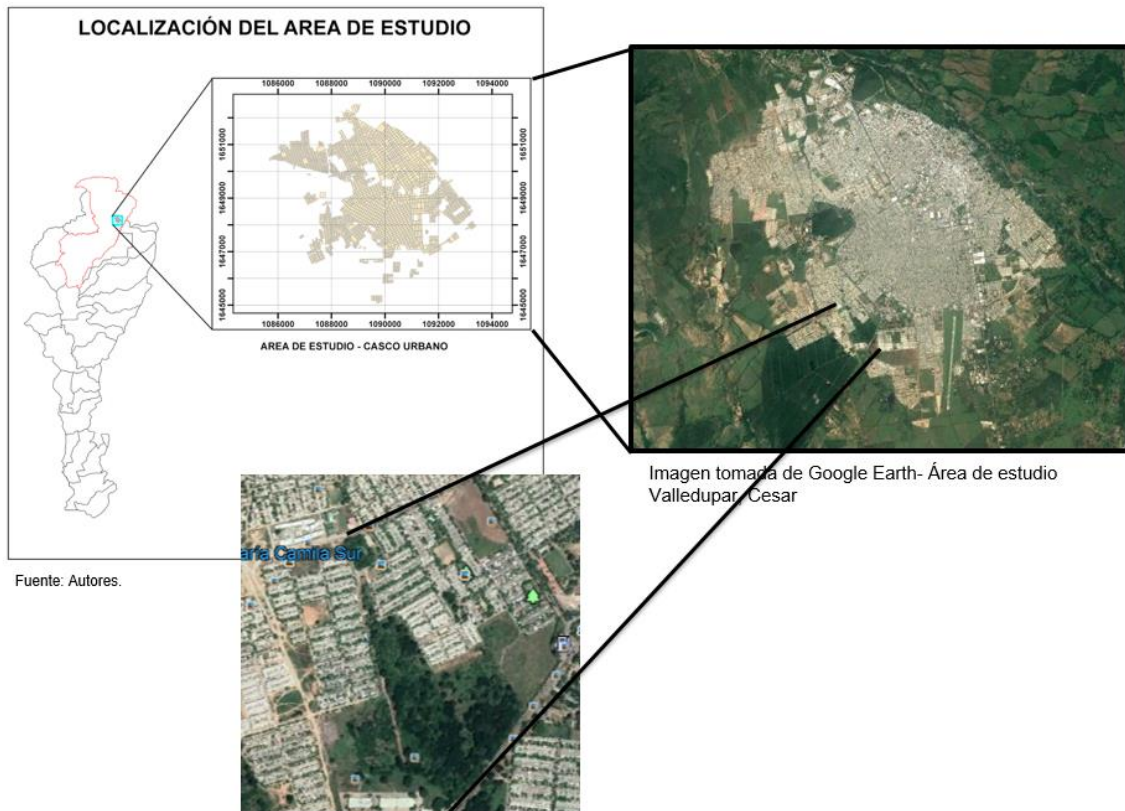
Realizar la evaluación de la infraestructura existente del proyecto del sistema integrado de transporte de Valledupar SIVA

Plantear una propuesta de manejo para la conservación del humedal de María Camila en la ciudad de Valledupar.

4. UBICACIÓN GENERAL DEL PROYECTO

El proyecto se encuentra ubicado en la parte sur occidental del casco urbano del municipio de Valledupar en los barrios María Camila Sur, Alamos II, Villa Myriam, Villa Dariana, Conjunto cerrado La Fontana. Ver Figura 1.

Figura 1. Localización del área de estudio.



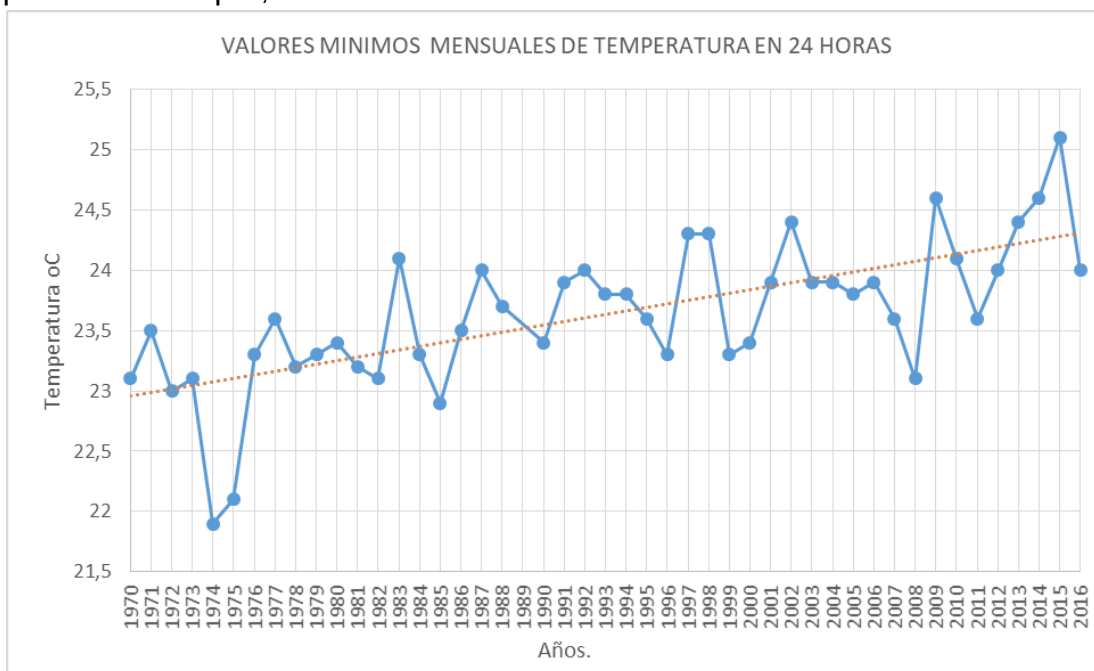
5. CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS DEL MUNICIPIO DE VALLEDUPAR

El clima constituye el conjunto de condiciones de la atmósfera, que caracterizan el estado o situación del tiempo atmosférico y su evolución en un lugar dado. El clima se determina por el análisis espacial de los elementos que lo definen y los factores que lo afectan. Entre los elementos del clima se tienen precipitación, temperatura, humedad, brillo solar, vientos entre otros; los dos primeros son los más importantes por cuanto permiten definir, clasificar y zonificar el clima de una región dada, en tanto que los otros se presentan como atributos caracterizadores de las unidades ya definidas. Los factores del clima como la pendiente, altitud, formas del relieve, generan cambios climáticos a nivel regional o local, mientras que la cobertura vegetal es causa y efecto del clima tanto como su indicador.

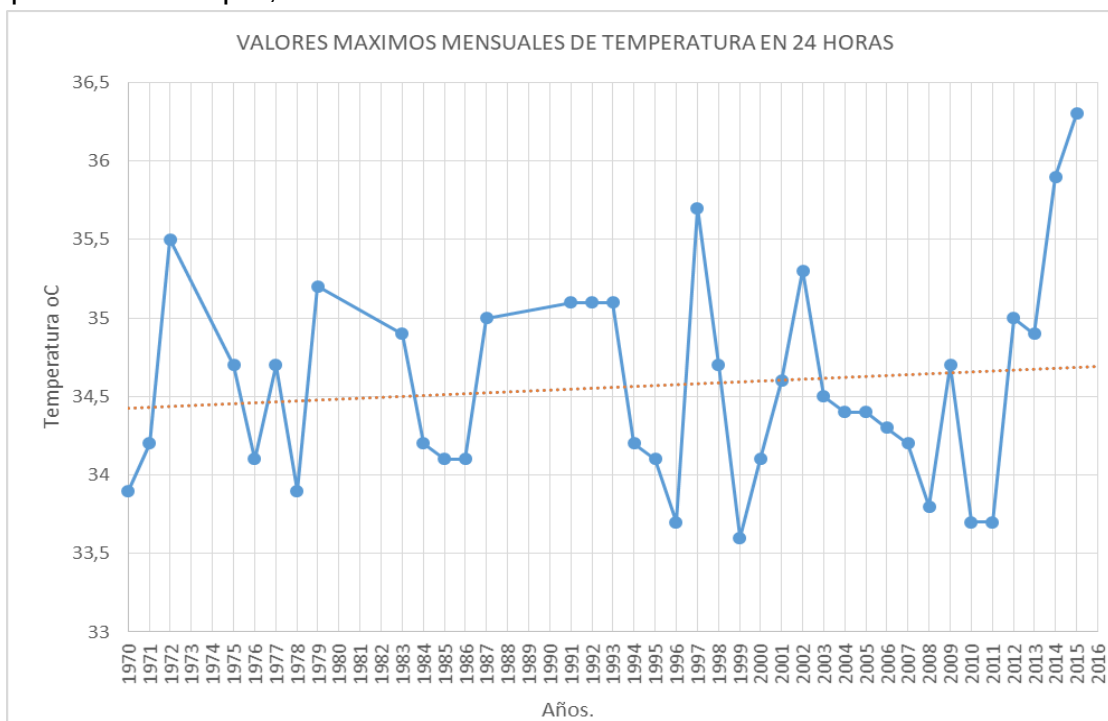
5.1. Temperatura.

La temperatura en el municipio de Valledupar es muy variada, debido a Las variaciones de altitud presentes en el municipio, el área que se desea sustraer presenta una temperatura uniforme cálida, según la estación meteorológica ubicada en el aeropuerto Alfonso López de Valledupar la temperatura presenta una oscila anual entre los 27.4 mínima en el mes de octubre y 29.9 grados centígrados en el mes de abril. Ver gráficas 1 y 2.

Gráfica 1. Histograma de valores mínimos mensuales de temperatura en la ciudad de Valledupar. Datos obtenidos de la estación pluviométrica del Aeropuerto Alfonso López de Valledupar, IDEAM.



Gráfica 2. Histograma de valores máximos mensuales de temperatura en la ciudad de Valledupar. Datos obtenidos de la estación pluviométrica del Aeropuerto Alfonso López de Valledupar, IDEAM.

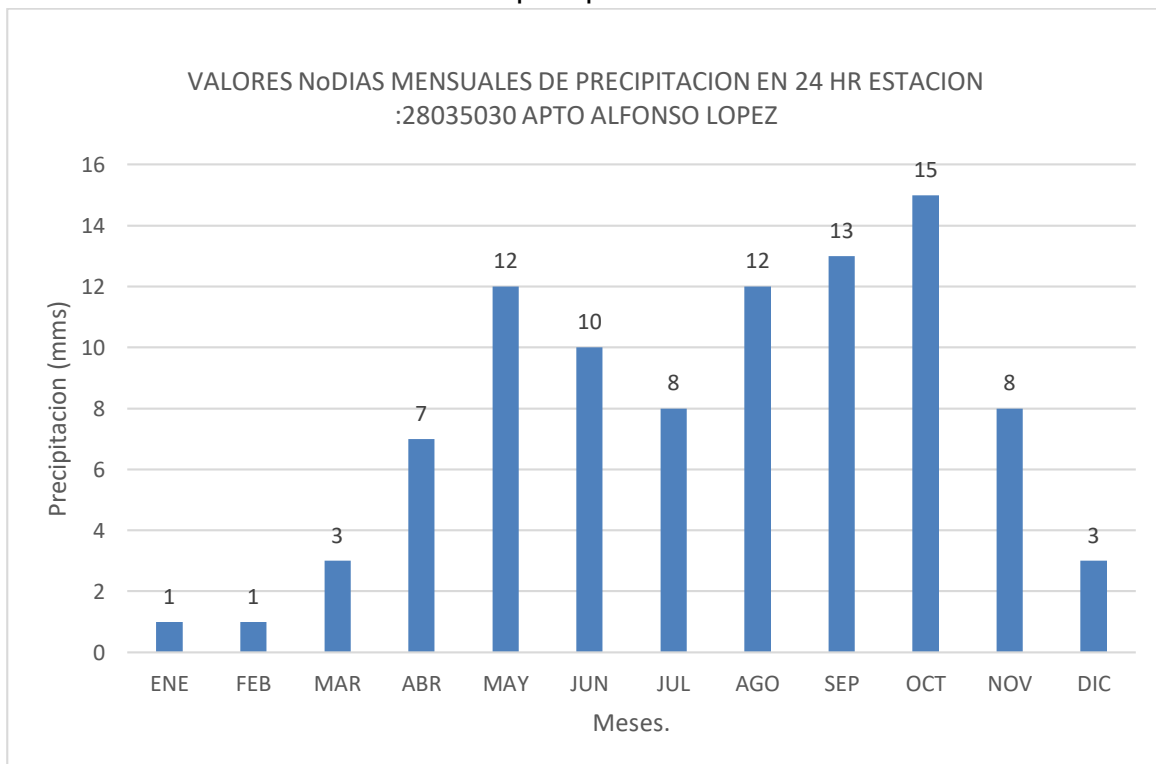


5.2. Precipitación.

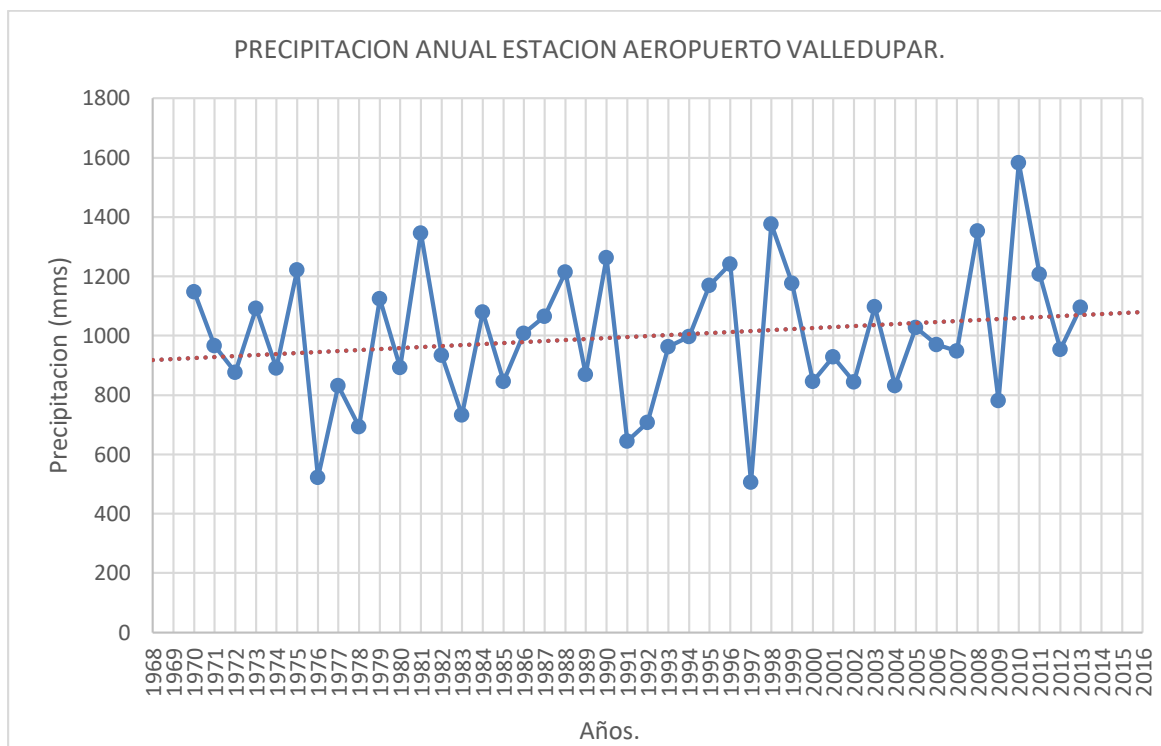
La precipitación media anual en un promedio de 10 años es de 936.3 mm., con un índice de aridez deficitario de 0.3. Lo que convierte al área objeto de estudio en zona de amenaza por sequía. Ver gráfica 4.

La temporada húmeda se registra entre los meses de Abril a mayo, para el primer periodo y una húmeda en el mes de octubre. Se puede establecer que el mes de mayor precipitación, es octubre con un promedio 280 mm. El periodo seco más fuerte corresponde de Diciembre a Marzo, un veranillo como lo llaman los pobladores rurales a mitad del año, entre Junio y Julio. Ver gráfica 3.

Gráfica 3. No de días mensuales de precipitación.



Gráfica 4. Histograma de precipitación histórica, datos obtenidos de la estación pluviométrica del Aeropuerto Alfonso López de Valledupar, IDEAM.



5.3. Vientos.

Para la determinación de la dirección y velocidad del viento en el área objeto de estudio, se tomaron registros de la estación del aeropuerto Alfonso López de la ciudad de Valledupar.

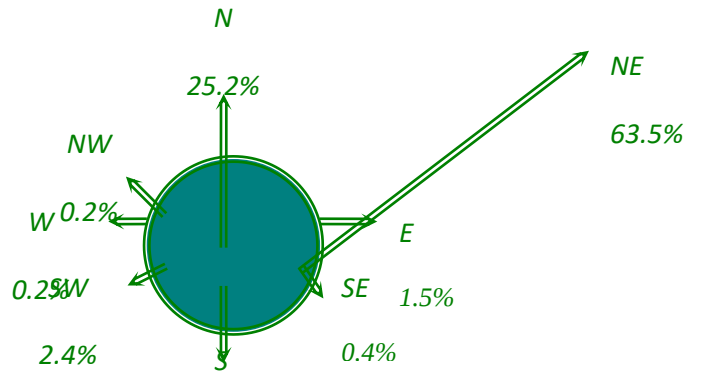
La mayor frecuencia se presenta en la dirección SSE, con un valor de 9.53%. La dirección del viento tiende a ser homogénea en las direcciones NNO – SSE – SE – ESE – ENE – NE – N y NNE. Las velocidades de viento más fuertes se presentan en la dirección SSE, destacándose los siguientes rangos. Ver figura 1 Rosa de vientos.

Rangos: 0.3 -1.5 m/s 7.08 %
 1.6 – 3.3 m/s 2.30 %
 3.4 – 5.4 m/s 0.10 %

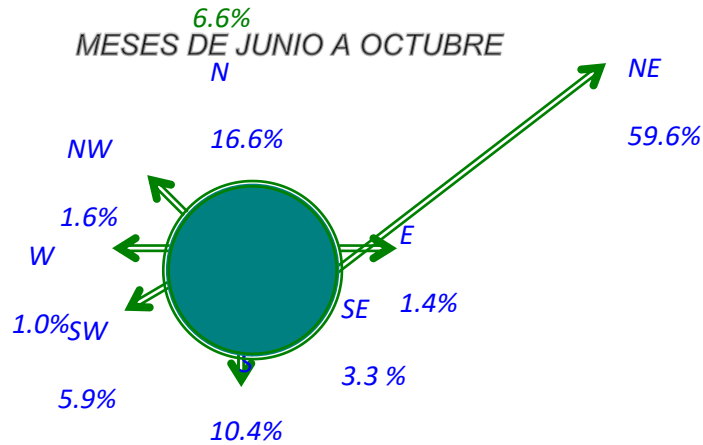
**ESTACION AEROPUERTO ALFONSO LOPEZ
(VALLEDUPAR)**

MESES DE ENERO A ABRIL

Figura 2. Rosa de Vientos



MESES DE JUNIO A OCTUBRE



5.4. Evaporación.

La evaporación es alta en el periodo seco, con un valor máximo en Febrero de 215,9 mm y un mínimo de 98,0 mm en Octubre, presentándose en el mes de julio un crecimiento de 127,0 mm a pesar de ser tiempo de transición lluviosa esto se produce debido principalmente a los fuertes vientos y el efecto de la insolación. La evaporación anual es de 1775,1 mm, la cual está muy por encima de los datos de precipitación, ocasionando índice de aridez.

5.5. Brillo Solar.

Son las horas de sol media mensual, En los meses de verano se presentan promedios de 280 horas, contrastando con los meses de invierno de un mínimo de

120,4 horas. El promedio mensual es de 223.4 horas y diario de 8,6 horas, presentándose una media anual de 2681.20 horas de brillo solar. El brillo solar es importante para la actividad fotosintética de los microorganismos.

6. CUENCA HIDROGRÁFICA

6.1. Cuenca del Río Cesar.

El área de estudio hace parte de la gran cuenca del Río Cesar, la cual se localiza al sur-este de la Sierra Nevada de Santa Marta y al oeste de la Serranía del Perijá y pertenece casi en su totalidad al Departamento del Cesar. La cuenca del Río Cesar representa el 57% del total de la superficie departamental que es de 22.213 km².

El Río Cesar, de aproximadamente 300 Km., atraviesa el área del departamento en dirección noreste-suroeste para desembocar en la Ciénaga de Zapatosa, la cual a su vez desemboca en el Río Magdalena. Los afluentes que descargan sobre la margen derecha del Río Cesar, nacen en las estribaciones de la Sierra Nevada de Santa Marta.

El Río Cesar posee un régimen bimodal de caudales paralelo a las épocas de lluvias y sequía, en la primera se presenta la ocupación de los planos inundables por las aguas y en la segunda se presenta total escasez, propiciando conflictos de uso entre los beneficiarios de sus consumos.

6.2. Cuenca hidrográfica del Humedal de María Camila.

La cuenca hidrográfica urbana del humedal de María Camila tiene un área total de 116 hectáreas de los cuales el 97,43% está ocupado por infraestructura de ciudad como lo son vías, casas, colegios, iglesias, parques, canchas deportivas entre otras, y un 2,57% de espejo de agua del humedal de María Camila, el canal de salida del humedal y la ronda hidráulica del ecosistema acuático. Ver Figura 2.

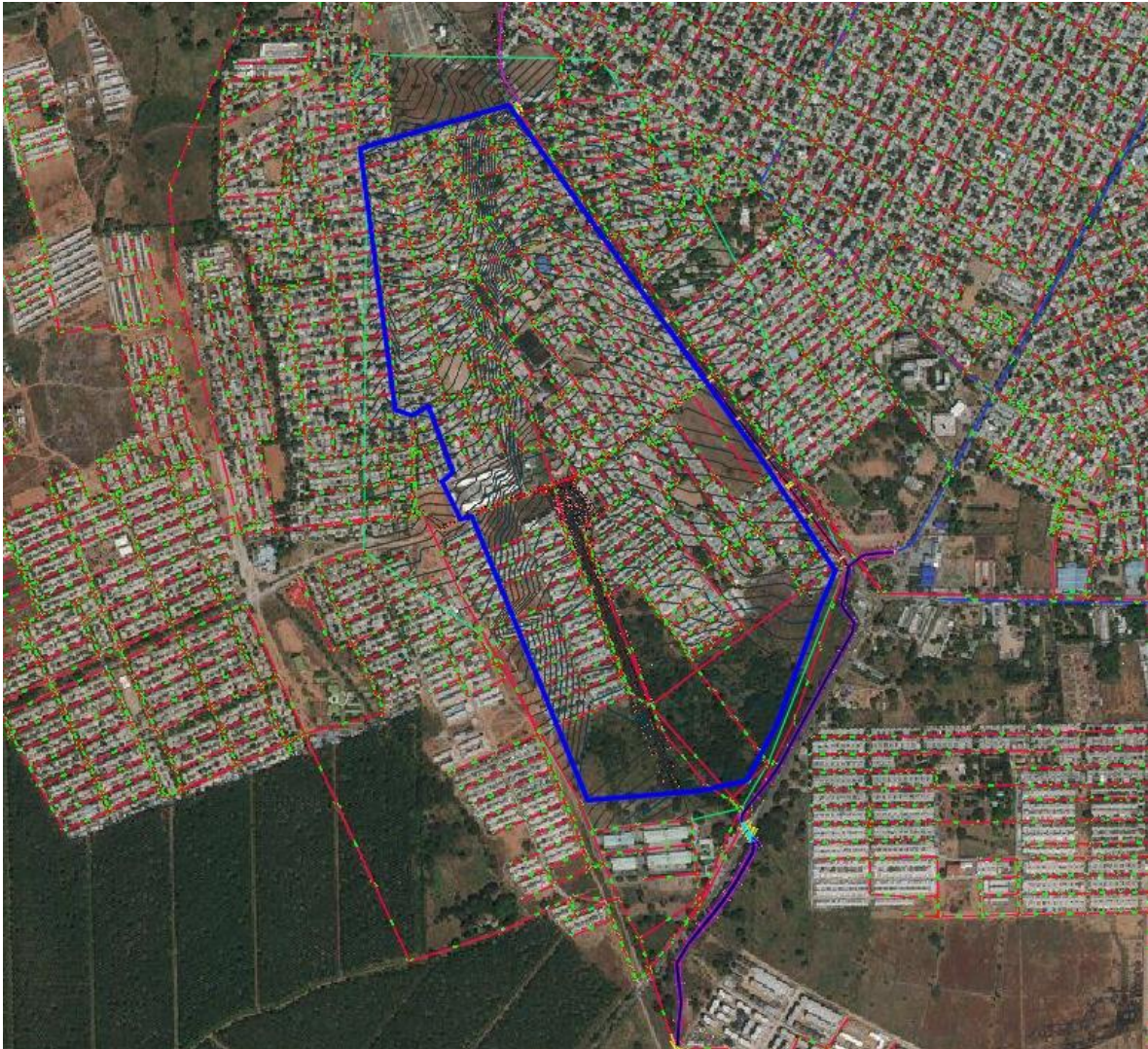
La revisión histórica participativa del humedal indica que este ecosistema ha presentado en algunos apartes de la historia sequías importantes que han generado una baja en el nivel del agua hasta secarse completamente, esto asociado a fenómenos meteorológicos, principalmente fenómeno del niño o calentamiento del pacífico. Presentando disminución drástica del caudal durante los años 2004, 2015, 2016, 2017 y 2018. Ver Línea de tiempo.

Línea de tiempo histórico participativa.



Fuente: Autores de la consultoría.

Figura 3. Cuenca hidrográfica urbana del humedal de María Camila.



7. COBERTURA DE LA CUENCA

7.1. Cobertura vegetal

La vegetación del área corresponde a la Selva Neotropical Inferior según la consideración de Cuatrecasas (1.958; 1.989). El área de estudio se encuentra según Holdridge (IGAC, 1.977) en la zona de vida de bosque seco Tropical (bs-T), cuyos límites climáticos corresponden a una biotemperatura media superior a 24° C Y un promedio anual de precipitación entre 500 y 1000 mm.

Las áreas de bosque primario no existen en el humedal de María Camila, los grandes árboles en esta área hace mucho tiempo debido al abandono y a la falta de vigilancia, algunas personas han aprovechado los árboles de maderas finas o simplemente han sido taladas, solo han dejado especies de poco interés comercial (ceiba, guacamayo y especies protectoras), aunque en el proceso de sucesión natural algunos individuos pertenecientes a especies de maderas finas han reaparecido pero en muy poco número. La mayor parte del área se encuentra cubierta por pequeñas manchas de bosque secundario en primeras etapas de crecimiento o sucesión natural (rastrojo).

7.1.1. Flora

Se presenta un listado de todas las especies presentes en la cuenca hidrográfica del humedal de María Camila, de este listado solo 12 se encuentran dentro de la ronda hidráulica. Ver Tabla.

Tabla No 1. Listado de nombres comunes, científicos y familias de árboles.

Nombre Común	Nombre Científico	Familia
Acacia amarilla-Velero	Cassia spectabilis. D. C	Cesalpinácea
Acacia roja	Delonix regia	Cesalpinácea
Aguacate	Persea americana	Lauracea
Alistonia	Alstonia pneumatophora	Apocynacea
Algarroba	Hymenea Courbaril L.	Fabacea
Almendro	Terminalia catappa. L	Combretácea
Anón	Annona squamosa	Anonáceas
Araucaria-Araucaria real.	Araucaria excelsa	Araucariácea
Azahar de la India	Murraya paniculata (L) Jack	Rutácea
Azuceno amarillo	Plumeria sp	Apocinácea
Azuceno blanco	Plumeria alba	Apocinácea
Azuceno rojo	Plumeria rubra	Apocinácea

Nombre Común	Nombre Científico	Familia
Caimito	Chrysophyllum caimito	Sapotáceo
Cámbulo	Erithrina fusca	Fabácea
Campano-Algarrobillo	Samanea samán	Mimosácea
Canalete	Cordia alliodora	Boraginácea
Cananga-Jazmín	Cananga odorata	Anonácea
Cañahuat	Tabebuia chrysantha	Bignoniácea
Caracolí	Anacardium excelsum	Anacardiácea
Caraqueño-Gallito-Cebra	Erithrina passerinus	Fabácea
Carbonero	Calliandra magdalenae	Mimosácea
Carreto	Aspidosperma dugandi	Apocinácea
Casco de vaca	Bauhinia kalbreyeri	Cesalpinácea
Catape-Cobalongo, gueva de perro	Thevetia peruviana	Apocinácea
Cauch	Ficus aff, benghalensis .L	Morácea
Cauch	Ficus elástica	Morácea
Ceiba de lana	Ceiba pentandra	Bombacácea
Ceiba de leche-Tronador	Hura crepitans	Euphorbiaceae
Ceiba tolúa	Bombacopsis quinatun	Bombacácea
Cerezo	Malpighia puniceifolia.L	Malpigiácea
Chiminango-Payandé	Phithecellobium dulce	Mimosácea
Chirlobirlo	Tecoma stans	Bignoniácea
Corazón fino	Platymiscium pinnatum	Fabácea
Cotopríx	Talisia olivaeformis	Sapindácea
Ficus.	Ficus benjamina	Morácea
Flor de la reina	Lagerstromia speciosa (L)	Lythracea
Garbancillo, Espino cruceto	Duranta mitisii	Verbenácea
Grosello	Phyllanthus acidus	Euforbiácea
Guamo	Inga panamensis	Fabácea
Guanábano	Annona muricata	Anonácea
Guayacán	Bulnesia arbórea	Zygofhyllacea
Guayacán azul	Guayacán officinale	Zygofhyllacea
Guinda	Ziziphus vulgaris L.	Rhamnaceae
Higuito-Laurel	Ficus prinoideis	Morácea
Laurel	Nectandra spp	Lauracea
Limón	Citrus médica	Rutácea
Lluvia de oro	Cassia fistula. L	Cesalpinácea
Maíz tostao-Maizcocho	Coccoloba acumunata	Poligonácea
Mamon	Melicocca bijuga	Sapindácea
Mango	Mangifera indica	Anacardiácea
Marañón	Anacardium occidentale. L	Anacardiácea
Matarratón	Gliricidia sepium	Fabácea

Nombre Común	Nombre Científico	Familia
Melina	Gmelina arbórea	Verbenácea
Naranja	Citrus sinensis. L.	Rutácea
Neem-Paraíso	Azadirachta indica A Juss	Meliaceae
Níspero	Manilkara zapota	Sapotácea
Oití	Licania tomentosa	Chrysobalanacea
Olivo	Capparis odoratissima	Caparidácea
Olivo negro	Bucida buceras. L	Combretácea
Orejero	Enterolobium cyclocarpum	Mimosácea
Palma cica	Cycas circinalis L	Cicadácea
Papaya	Carica papaya .L.	Caricácea
Pera de agua	Eugenia malaccensis. L	Mirtácea
Perehuetano	Parinari pachyphylla	Chrysobalanacea
Pino abanico	Cupressus pisifera. Koch	Cupresácea
Piñón -Camajón	Sterculea apétala	Esterculiácea
Pomarrosa	Syzygium jambos. L	Mirtácea
Puy	Tabebuia bilbergii	Chrysobalanacea
Quebracho-Gusanero	Astronium graveolens	Anacardiácea
Roble morado-Ocobo	Tabebuia rosea	Bignoniácea
San Joaquín	Cordia sebestena L.	Boraginácea
Seso vegetal	Blighia sapida Koenig.	Sapindácea
Tamarindo	Tamarindus indica	Cesalpinácea
Totumo	Crescentia cujete	Bignoniácea
Trupillo	Prosopis juliflora	Mimosácea
Uva brasilera	Syzygium cumini. L	Mirtáceas
Uva de playa	Coccoloba uvifera. L	Poligonácea
Uvita-Jovita	Cordia alba	Boraginácea
Yarumo	Cecropia spp	Cecropiaceae

Fuente: Autores de la consultoría.

7.1.2. Fauna

Actualmente, en el año 2018, se encuentra que el humedal María Camila aún alberga diversas especies, encontrándose a las aves como los organismos más abundantes de la zona, seguidas por los reptiles y algunas especies de peces y caracoles. Cabe destacar otros organismos que no se han tenido en cuenta en anteriores estudios, como los insectos. Es tal su importancia que Amarillo y Clavijo en el 2013 establecen como estos organismos juegan un papel importante en el equilibrio de los ecosistemas presentes en los humedales alto andinos de Colombia, pues la artropofauna actúa como un eslabón primordial en la cadena trófica, además de participar en procesos de especial importancia como la polinización.

Por otra parte es necesario resaltar que el humedal María Camila ha sido objeto de diseños arquitectónicos, paisajísticos y urbanísticos, y que incluso fue construido un mallado metálico a su alrededor para impedir que fuese contaminado por la disposición incorrecta de basuras (Brochero & Martínez; 2017). Pero es conveniente destacar que el vallado no rodea por completo el ecosistema, sino que al contrario, solo se encuentra en torno a una fracción de este, lo cual de cierta manera ha causado junto con la elaboración de vías y otras obras circundantes, una fragmentación del humedal, además de implantar la idea en la comunidad, de que lo único que se debe preservar es lo que se encuentra al interior del cercado. Una idea equivocada, teniendo en cuenta que el lecho del humedal se extiende por más de un kilómetro en la parte externa del vallado, y lo más importante, que con las primeras caminatas realizadas se ha logrado descubrir que entre más lejos se encuentra de la zona intervenida, más saludable se observa la fauna del lugar, con mayor presencia de organismos tales como peces, mariposas y libélulas, siendo estas últimas prácticamente inexistentes dentro del perímetro cercado.

7.1.2.1. Avifauna

A pesar de que el humedal se enfrenta a un estrés evidente y de que la calidad de su ecosistema ha sufrido deterioros, se ha encontrado que el grupo de las aves es el más privilegiado en cuanto a diversidad y abundancia se refiere. Lo cual es claro teniendo en cuenta la capacidad de locomoción que poseen, lo que les brinda la oportunidad de sopesar limitantes como la escasez de agua o comida, además de contar con los árboles de la zona como refugio. Con las observaciones iniciales, se ha obtenido un total de 11 familias distintas de aves. Tal y como se evidencia en la Tabla 1. Siendo los organismos más avistados pertenecientes a las familias Columbidae, Psittacidae, Thaupidae, Cuculidae.

Tabla No 2. Aves encontradas en el humedal María Camila

Familia	Especie	Nombre común
Cathartidae	<i>Coragyps atratus</i>	Ganillazo común
Columbidae	<i>Columbina talpacoti</i>	Tierrelita
Icteridae	<i>Icterus nigrogularis</i>	Toche
Fringillidae	<i>Saltator Coerulescens</i>	Papayero
Furnariidae	<i>Furnarius leucopus</i>	Hornero
Cuculidae	<i>Crotophaga major</i>	Cocinera
Troglodytidae	<i>Campylorhynchus nuchalis</i>	Cucarachero Jabao
Troglodytidae	<i>Troglodytes aedon</i>	Cucarachero común
Tyrannidae	<i>Pitangus sulphuratus</i>	Sirirí
Picidae	Sp.	
Psittacidae	<i>Brotogetis jugularis</i>	Periquito broceado
Thaupidae	<i>Thraupis episcopus</i>	Azulejo
	<i>Campylorhynchus griseus</i>	Chupa huevo

Fuente: Autores de la consultoría.

7.1.2.2. Artropofauna

- **Orden: Lepidoptera**

Los lepidópteros o comúnmente conocidos como mariposas, son insectos asociados a múltiples ecosistemas y dependiendo de su presencia o ausencia se pueden llegar a obtener múltiples conclusiones acerca del estado del terreno o como en este caso, del humedal. De momento se han encontrado 3 familias distintas de mariposas, tal y como se evidencia en la tabla 2. Siendo la familia Nymphalidae de especial atención, pues los organismos que abarca suelen encontrarse en ecosistemas muy intervenidos, aledaños a zonas urbanísticas o de vegetación secundaria, como los rastrojos, además de habitar en ambientes secos de regiones cálidas (Rodríguez & Hinojosa; 2008).

Tabla 3. Lepidópteros encontrados en el humedal María Camila.

Familia	Especie	Nombre común
Hesperiidae	Sp.	
Nymphalidae	<i>Danaus plexippus (Mariposa monarca)</i>	Mariposa Monarca
Riodinidae	Sp.	

- **Orden: Odonata**

Dentro de los odonatos se encuentran las libélulas y los caballitos del diablo, se caracterizan por su cuerpo alargado y sus colores llamativos. Poseen una importancia significativa prestando varios servicios ecosistémicos como la

depredación de plagas, controlando mosquitos y arañas. Además pueden usarse como indicadores para evaluar la salud de un ecosistema, debido a que parte de su ciclo vital se desarrolla en el agua (Lara, et al; 2017). Es por esto que requieren de ciertos estándares de calidad, pues en zonas donde el agua presente signos de contaminación será muy difícil que organismos de este orden logren completar su estadio larval de forma exitosa, dada su alta sensibilidad. En el presente estudio se han registrado dos familias de odonatos, tal y como se muestra en la Tabla 3.

Tabla 4. Odonatos presentes en el humedal María Camila

Familia	Especie	Nombre común
Coenagrionidae	<i>Argia oculata</i>	Azulilla de arroyo
Libellulidae	<i>Peristhemis Sp</i>	Libélula dorada

7.1.2.3. Herpetofauna

La mayor cantidad de organismos observados en este grupo han sido reptiles, los cuales salen principalmente al medio día, cuando las temperaturas oscilan entre los picos más altos, encontrando principalmente iguanas y una abundancia destacable del reptil lobo azul, pertenecientes a la familia iguanidae y teiidae, respectivamente. Cabe destacar que en el plan de manejo realizado por Martínez y Brochero en el 2017, se ha mencionado la presencia de ranas y sapos, organismos que no han sido registrados aun. Lo cual es comprensible teniendo en cuenta que las condiciones actuales han dado paso a altas temperaturas y una escasez evidente de agua. Además de que estas especies son muy susceptibles a la desecación y las enfermedades. Es por esto que se puede establecer que aunque el humedal María Camila cuenta con una abundancia significativa de herpetofauna su riqueza de especies es baja.

7.1.2.4. Ictiofauna

Dado a que la vida en un humedal se encuentra limitada a la disponibilidad de agua y a su calidad, es difícil llegar a encontrar una gran variedad de especies en la zona, la especie más abundante es *Poecilia caucana*, encontrada principalmente en charcos o pequeñas corrientes, tanto en la zona interna y externa del humedal, aunque en esta última zona se han hecho avistamientos de algunas mojaras probablemente pertenecientes a la especie *Caquetaia krausii* (Rodriguez & Hinojosa; 2008).

7.1.2.5. Malacofauna

Se encontraron dos clases distintas de gasterópodos ubicados en la parte interna y externa del humedal, pero se pudo evidenciar como en esta última zona la cantidad de caracoles era mucho más alta, encontrándose adheridos a las rocas que yacen al borde del canal. Estos macroinvertebrados fueron clasificados en la familia bithyniidae, la cual se caracteriza por reunir organismos que usualmente se encuentran en aguas de escasa corriente o flujo discontinuo, pudiendo crecer con bajo contenido de oxígeno, además de ser indicadores de contaminación (Oscóz. *Et al*; 2004). Su elevado número también se puede atribuir a la escasez de depredadores y por lo tanto a la ausencia de control que estos ejercen sobre estos moluscos.

7.1.2.6. Mastofauna

Hasta el momento no se ha evidenciado la presencia de los mamíferos nativos anteriormente registrados en el humedal en años anteriores. Solo se ha encontrado la ardilla roja, perteneciente a la especie *Scirius vulgaris*, reportada como un organismo foráneo en el humedal (Brochero & Martínez; 2017).

8. COMPONENTE HIDRÁULICO (OBRAS ASOCIADAS)

8.1. Descripción Del Sistema De Recolección y Evacuación De Las Aguas Lluvias:

Perimetralmente al humedal existe dos colectores de Ø 36", con pendientes variante dependiendo de los tramos así:

Tramos por la carrera 34, paralelos a la cancha:

Tramo C5-C7A: Longitud 4,50m, Ø 36", pendiente 0,51%
Tramo C7A-7: Longitud 55,00 m, Ø 36", pendiente 0,51%
Tramo C7-C8: Longitud 63,00 m, Ø 36", pendiente 0,51%
Tramo C8-C8A: Longitud 2,78 m, Ø 36", pendiente 0,33%
Tramo C8A-9: Longitud 15,00 m, Ø 36", pendiente 0,33%
Tramo C9-9A: Longitud 6,00 m, Ø 36", pendiente 0,33%
Tramo 9A-10: Longitud 42,00 m, Ø 36", pendiente 0,47%

Tramos por la carrera 35A, paralelos a la urbanización Villa Dariana:

Tramo C5-C4-1: Longitud 84,00 m, Ø 36", pendiente 0,84%,
Tramo C41-C4-2: Longitud 26,00 m, Ø 36", pendiente 0,43%
Tramo C4-2-C4B: Longitud 48,00 m, Ø 36", pendiente 0,43%

Tramos paralelos a la calle 18E:

Tramo C1-C2: Longitud 109,59 m, Ø 30", pendiente 1,40%
Tramo C2-C3: Longitud 47,60 m, Ø 33", pendiente 1,00%
Tramo C3-C4: Longitud 37,00 m, Ø 33", pendiente 0,80%
Tramo C5B-C5A: Longitud 50,00 m, Ø 14", pendiente 1,00%
Tramo C5A-C5: Longitud 11,70 m, Ø 14", pendiente 1,00%

8.2. Capacidad De Transporte De Los Colectores De Aguas Lluvias:

Considerando el diámetro y la pendiente de los diferentes tramos, a continuación se presenta la capacidad máxima de transporte de los diferentes tramos de acuerdo con sus especificaciones de construcción, así:

Tramos por la carrera 34, paralelos a la cancha:

Tramo C5-C7A: Ø 36", pendiente 0,51% → Capacidad 1.675,00 lps
Tramo C7A-7: Ø 36", pendiente 0,51% → Capacidad 1.675,00 lps
Tramo C7-C8: Ø 36", pendiente 0,51% → Capacidad 1.675,00 lps
Tramo C8-C8A: Ø 36", pendiente 0,33% → Capacidad 1.348,00 lps
Tramo C8A-9: Ø 36", pendiente 0,33% → Capacidad 1.348,00 lps
Tramo C9-9A: Ø 36", pendiente 0,33% → Capacidad 1.348,00 lps
Tramo 9A-10: Ø 36", pendiente 0,47% → Capacidad 1.608,00 lps

Tramos por la carrera 35A, paralelos a la urbanización Villa Dariana:

Tramo C5-C4-1: Ø 36", pendiente 0,84%, → Capacidad 2.150,00 lps

Tramo C41-C4-2: Ø 36", pendiente 0,43% → Capacidad 1.538,00 lps

Tramo C4-2-C4B: Ø 36", pendiente 0,43% → Capacidad 1.538,00 lps

Tramos paralelos a la calle 18E:

Tramo C1-C2: Ø 30", pendiente 1,40% → Capacidad 1.694,00 lps

Tramo C2-C3: Ø 33", pendiente 1,00% → Capacidad 1.854,00 lps

Tramo C3-C4: Ø 33", pendiente 0,80% → Capacidad 1.658,00 lps

Tramo C5B-C5A: Ø 14", pendiente 1,00% → Capacidad 175,00 lps

Tramo C5A-C5: Ø 14", pendiente 1,00% → Capacidad 175,00 lps

8.3. Calculo Del Caudal Producto De Las Escorrentías Por El Método Racional.

A continuación se presenta la información requerida para el cálculo del caudal producto de las escorrentías por el Método Racional:

Tabla No. 5: Curvas de masas de aguaceros puntuales área de influencia estación Aeropuerto Alfonso López.

Tiempo (min)	PERIODO DE RETORNO EN AÑOS (T)						
	2	5	10	25	50	100	200
0	0	0	0	0	0	0	0
10	18,4	23,2	27,4	34,1	40,2	47,3	55,5
20	26,0	32,8	38,8	48,3	56,8	66,8	78,5
30	31,9	40,2	47,5	59,1	69,6	81,9	96,2
40	36,8	46,4	54,9	68,3	80,4	94,5	111,1
50	41,2	51,9	61,4	76,3	89,9	105,7	124,2
60	45,1	56,8	67,2	83,6	98,4	115,8	136,0
70	48,7	61,4	72,6	90,3	106,3	125,1	146,9
80	52,1	65,6	77,6	96,5	113,7	133,7	157,1
90	55,2	69,6	82,3	102,4	120,6	141,8	166,6
100	58,2	73,4	86,8	107,9	127,1	149,5	175,6
110	61,1	76,9	91,0	113,2	133,3	156,8	184,2
120	63,8	80,4	95,1	118,2	139,2	163,7	192,4
130	66,4	83,6	98,9	123,1	144,9	170,4	200,2
140	68,9	86,8	102,7	127,7	150,4	176,9	207,8
150	71,3	89,8	106,3	132,2	155,7	183,1	215,1
160	73,7	92,8	109,8	136,5	160,8	189,1	222,2
170	75,9	95,6	113,1	140,7	165,7	194,9	229,0
180	78,1	98,4	116,4	144,8	170,5	200,5	235,6

Grafica No. 05: Curvas IDF Estación "aeropuerto Alfonso López

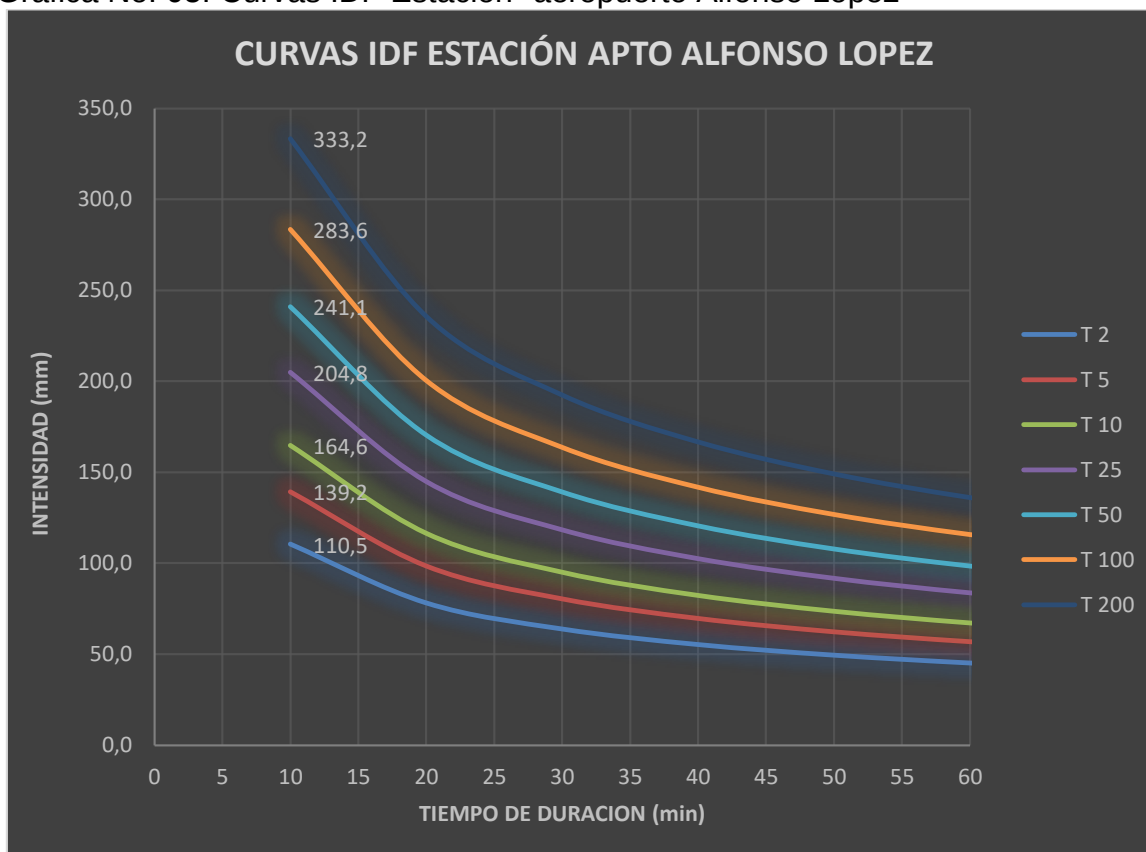


Tabla No. 6. Caudal de creciente según Curvas IDF Estación "aeropuerto Alfonso López

Periodo de retorno	Coefficiente de Escorrentía	Intensidad (I) mm/h	Área (A) ha	constante (Conversión)	CAUDAL DE CRECIENTE m ³ /s
2	0,83	110,5	51	360	12,99
5	0,83	139,2	51	360	16,36
10	0,83	164,6	51	360	19,36
25	0,83	204,8	51	360	24,08
50	0,83	241,1	51	360	28,35
100	0,83	283,6	51	360	33,35
200	0,83	333,2	51	360	39,18

8.4. Caudal Producto Del Área Aferente Y El Periodo De Retorno:

El caudal determinado de acuerdo con el periodo de retorno y el área aferente (Tabla No. 02), se indica a continuación:

- El caudal aferente a la zona del humedal, la cual corresponde a 51 has, de acuerdo con la Tabla No. 02, para un periodo de retorno 2 años, es de 12,99 m³/seg.
- El caudal aferente a la zona del humedal, la cual corresponde a 51 has, de acuerdo con la Tabla No. 02, para un periodo de retorno 5 años, es de 16,36 m³/seg.
- El caudal aferente a la zona del humedal, la cual corresponde a 51 has, de acuerdo con la Tabla No. 02, para un periodo de retorno 10 años, es de 19,36 m³/seg.
- El caudal aferente a la zona del humedal, la cual corresponde a 51 has, de acuerdo con la Tabla No. 02, para un periodo de retorno 25 años, es de 24,08 m³/seg.

8.5. Caudal De Diseño

Para la estimación del caudal se utiliza el método racional de acuerdo con el Numeral D.4.3.2 del RAS, el cual calcula el caudal pico de aguas lluvias con base en la intensidad media del evento de precipitación con una duración igual al tiempo de concentración del área de drenaje y un coeficiente de escorrentía, además este método es adecuado para áreas de drenaje hasta de 700 ha. La ecuación del método racional es:

$$Q = 2.78 \cdot C \cdot i \cdot A \quad (\text{Ecuación D.4.1})$$

En donde:

Q = Caudal (lps)

C = Coeficiente de escorrentía

i = Intensidad (mm/hora)

A = Área aferente

8.6. Confrontación De Los Caudales De Creciente Según Las Curvas IDF Con Las Capacidades De Transporte De Los Colectores Construidos.

Al comparar los caudales de creciente con las capacidades de transporte a tubo lleno de los diferentes colectores, de acuerdo con sus especificaciones de construcción, se puede apreciar:

El caudal aferente a la zona del humedal, la cual corresponde a 51 has, de acuerdo con la Tabla No. 02, para un periodo de retorno 2 años, es de 12,99 m³/seg y el

caudal mínimo que transporta los colectores de Ø 36", según sus especificaciones de construcción, ver Numeral 3, es de 1.348 00 lps, lo cual indica que dichos colectores no tienen capacidad para transportar el caudal producto de una escorrentía de un período de retorno de 2 años, lo que conlleva a las inundaciones de las áreas circundantes a la zona de los mismos.

8.7. Cheque De La Capacidad De Los Sumideros

La capacidad de recolección de aguas lluvias del conjunto de sumideros de un sistema pluvial o combinado debe ser consistente con la capacidad de evacuación de la red de colectores para garantizar que el caudal de diseño efectivamente llegue a la red de evacuación D.6.5.1 RAS.

Los sumideros de acuerdo al tipo de la estructura de la abertura o entrada del agua pueden clasificarse en simples laterales o de ventana, con rejillas en cunetas, combinadas o mixtas y los sumideros con rejillas en calzada.

Los sumideros deben ubicarse en los cruces de las vías, de tal manera que intercepten las aguas antes de las zonas de tránsito de los peatones y en los puntos intermedios bajos.

8.7.1. Calculo del espesor de la lámina de agua que circula por las calles.

Los sumideros deben dimensionarse para que en conjunto puedan captar las aguas de escorrentía esperadas para el período de retorno de diseño.

Para el cálculo del espesor de la lámina de agua, se utiliza la ecuación de Manning que determina el caudal circundante por todo el ancho de la calle.

$$Q = 0.845 \times (z/n) \cdot H^{8/3} \cdot S^{1/2} \quad \text{ecu. (1)}$$

Q_{10} = Caudal circundante para el periodo de retorno de n años en (l /s)

S = Pendiente longitudinal de la calle

H = Espesor de la lámina de agua de la calzada (m)

n = Coeficiente de Manning para superficie de concreto.

Z = Pendiente transversal (Bombeo)

Teniendo en cuenta que el caudal circundante para el periodo de retorno de 2 años, a la zona del humedal, la cual corresponde a 51 has, de acuerdo con la Tabla No. 02, para un periodo de retorno 2 años, es de 12,99 m³/seg.

El caudal aferente a la zona del humedal, la cual corresponde a 51 has, de acuerdo con la Tabla No. 02, para un periodo de retorno 5 años, es de 16,36 m³/seg.

El caudal aferente a la zona del humedal, la cual corresponde a 51 has, de acuerdo con la Tabla No. 02, para un periodo de retorno 10 años, es de 19,36 m³/seg.

Por topografía se obtiene la pendiente longitudinal promedio de las calles y la pendiente transversal (Bombeo). El caudal de diseño, se considera un período de retorno de 2 años, se divide entre el número de calles o colectores a evacuar obteniéndose el caudal que circula por cada una de ellas, por tanto se tiene:

$Q_1 = 6.500 \text{ l/s}$, $Q_2 = 6.500 \text{ l/s}$. Puesto que existen dos colectores paralelos al humedal. Además se tiene en cuenta los siguientes valores:

$S = 2.00\%$.

$H = ? \text{ (m)}$

$n = 0.014$.

$Z = 1.0\%$.

Remplazando estos datos en la ecuación (1), y despejando H , para el caudal correspondiente, se obtiene el espesor de la lámina de agua sobre la calzada para el colector. Tomamos un promedio de las alturas se tiene que $H = 0.104 \text{ m} = 10.4 \text{ cm}$.

8.7.2. Área de captación de las rejillas.

La norma técnica de Acueducto y Alcantarillado, establecen que todas las rejillas deben garantizar un área mínima para captación o acceso del agua al sumidero, para lo cual se debe cumplir con la siguiente relación:

$$A_e/A_t \geq 0.30$$

Donde:

A_e = Área efectiva (área de huecos o de captación de las rejillas)

A_t = Área total (área total externa de la cara superior de la rejilla).

8.7.3. Capacidad hidráulica de los sumideros

Para el presente proyecto se utilizarán sumideros con rejillas en calzada, en consideración al volumen de agua que circula por las calles.

Teniendo en cuenta que los sumideros de rejillas con agua estancada, es decir con velocidad de aproximación despreciable, y dado que la altura de la lámina de agua o cabeza H se considerará igual 15 cm, la capacidad del sumidero se calculará bajo esas condiciones con la formula empírica D.A.2.3 establecida en el anexo D.A.2 del título D del RAS.

$$Q = 1.65 \cdot L_c H^{3/2} \quad \textbf{(D.A.2.3) ecu. (2)}$$

Donde:

Q = Caudal a ser captado, en m^3 / seg

L_c = perímetro del área de la rejilla (solo los lados mojados)

1.65 = Coeficiente de descarga.

En el presente proyecto se asumirán las especificaciones técnicas de las rejillas construidas en perfil en IPE 160 y se consideran dos tipos de rejillas para interceptar el caudal así:

Rejilla tipo 1 de perfil en IPE 160, de sección 0.64 m de ancho por 1.0 m de largo

Separación entre perfiles	=	0,06	m.
Espesor del perfil	=	0,08	m.
No. de perfiles	=	5	Und
No. De espacios	=	4	
Long. Módulo de rejilla útil	=	0,84	m.
Long. Módulo de rejilla	=	0,98	m.
L_c (perímetro húmedo)		2,44	m.
Eficiencia de la rejilla (A_e/A_t)	$\geq$	0,30	
A_e/A_t	=	0,32	OK.

8.7.4. Cálculo de la capacidad del sumidero de rejilla

$$H = 0.15 \text{ m}$$

$$L_c = 2.44 \text{ m}$$

Remplazando en la ecuación 2 se tiene que el caudal a interceptar por la rejilla es:

$$Q = 1.65 \times (2.44) \times (0.15)^{3/2} = 0.235 \text{ m}^3/\text{seg}.$$

Considerando un promedio de ancho de calles de 7.0 m, por lo que el caudal captado por la rejilla a todo lo ancho de la calzada es:

$$Q = 0.235 \text{ m}^3/\text{seg} \times 7.0 = 1,65 \text{ m}^3/\text{seg}.$$

$$Q = 1.645 \text{ l/seg}.$$

Como toda obra de ingeniería el sumidero no debe ser dimensionado para funcionamiento con su capacidad de captación límite igual al caudal de llegada, esto es, el caudal de definición de sus dimensiones debe ser un poco superior al caudal de proyecto de la cuneta que abastecerá. Algunos factores pueden ser citados como razonables para este procedimiento, tales como:

- a) Obstrucciones causadas por residuos acarreados por el agua
- b) Irregularidades en los pavimentos de las calles.
- c) Irregularidades en la entrada del propio sumidero

d) Hipótesis de cálculo empíricas ó irreales.

La ocurrencia de por lo menos una de estas situaciones ciertamente provocará perjuicios al buen funcionamiento del proyecto cuando se solicite en sus condiciones límites. Por motivo de estos argumentos se acostumbra utilizar los coeficientes de seguridad indicados en la siguiente tabla.

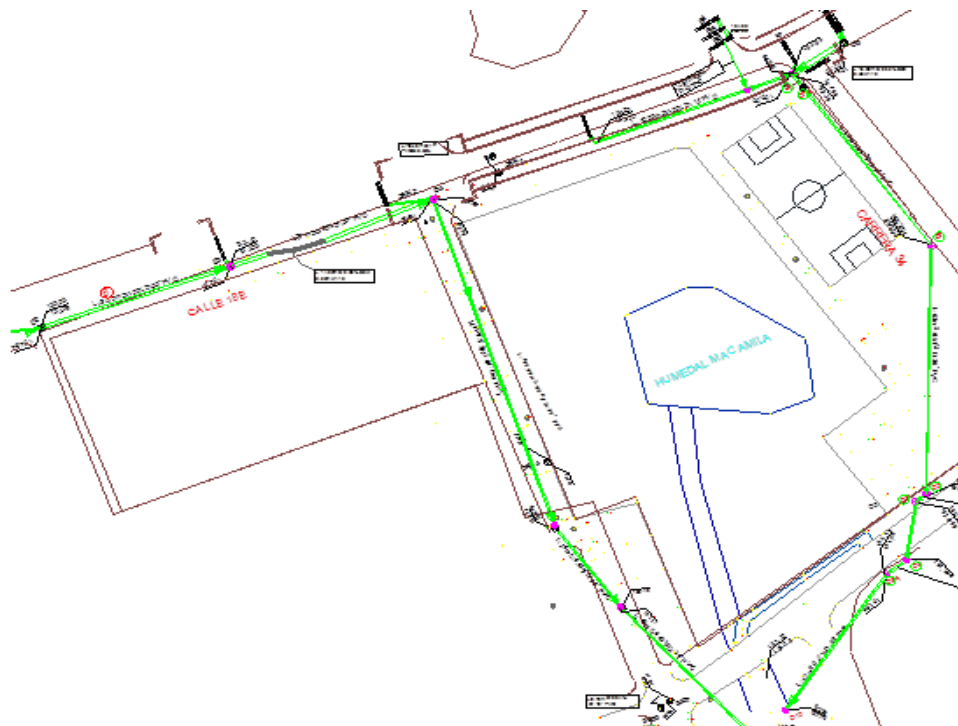
LOCALIZACIÓN	TIPO	FACTOR DE CORRECCIÓN
Punto bajo	Simples	1,25
	Con rejas	2.00
	Combinada	1,50
Punto intermedio	Simples	1,25
	Reja longitudinal	1,65
	Reja transversal	2.00
	Combinada longitudinal con	1,50
	Combinada transversal con	1,80

Para el sumidero con rejilla, el caudal captado se le aplicara un factor de seguridad de 2, por tanto el caudal a interceptar por la rejilla será:

$$Q = 1.645 \text{ l/seg.} \times 0.50 = 0.820 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

$$Q = 820 \text{ l/seg.}$$

8.8. ANALISIS DE RESULTADOS



Esquema No. 02: Localización de colectores y cámaras del sistema de alcantarillado pluvial en el sector del humedal María Camila

Considerando que la capacidad de captación de los sumideros es de aproximadamente 800 lps cada uno y la máxima capacidad de los colectores paralelos al humedal, contruidos para la captación de las escorrentías de esa zona, que están contruidos en $\varnothing 36"$, con una pendiente 0,51%, su capacidad máxima de transporte es de 1.675.00 lps, es decir, con esta solo recibirían el aporte de dos sumideros.

Los Tramos C5B-C5A de $\varnothing 14"$, pendiente 1,00% y C5A-C5 de $\varnothing 14"$ y pendiente 1,00% paralelos a la calle 18E reciben el aporte de cuatro sumideros, y estos de acuerdo con su pendiente y diámetro solo tienen una capacidad 175,00 lps. Cabe anotar que los tres sumideros colocados aguas arriba de la calle 18E sobre la carrera 34 se conectan con una tubería de $\varnothing 20"$, la cual con una pendiente del

1.50% tendría una capacidad de 295 lps. Muy a pesar de que los tres sumideros tienen capacidad de captación de aproximadamente 2.400 lps.

Así mismo a la cámara o pozo de inspección C-5, además del aporte de los anteriores tramos, recibe adicionalmente el aporte de cuatro sumideros, lo que en total debería llegar a esta cámara sería un aporte de 8 sumideros lo que equivale teóricamente a 6.400 lps y como se anotara anteriormente, la capacidad de transporte del colector de C5 –C7A-C7 es de sólo 1.675.00 lps, lo cual conlleva al rebosamiento y desborde por las calles.

8.8.1. Propuestas de Solución para los tramos C5B-C5A: y C5A-C5 paralelos a la calle 18E y a los C5 –C7A-C7 paralelos a la cancha:

Desde la cámara C5, cuya cota de batea es 152.76, encontrándose por debajo de la cota promedio del humedal, para hacer descargas directas al vaso del humedal y desde este al canal de descarga. Para ello es necesario la re-excavación del vaso de este para que pueda seguir cumpliendo con su función de almacenamiento de agua.

Propuesta 1. Los Sumideros S-4, S-5 y S-6, como teóricamente reciben un caudal de 2.400 lps, y solo están conectados con la cámara C5A mediante una tubería de PVC de Ø 20" que transporta un caudal aproximadamente 300 lps, es necesario adicionarle una descarga directa al humedal mediante una tubería de PVC de Ø 30" y una pendiente del 1.0%, cuya capacidad de transporte sería de aproximadamente de 1.600.0 lps.

Propuesta 2. En el evento que se requiera disminuir la pendiente producto de la cota de llegada al humedal, por ejemplo 0.50%, habría que instalar una tubería de Ø 36" cuyo capacidad de transporte sería de 1.850.0 lps, adicional a la tubería instalada de Ø 20".

De igual manera se podría construir sobre la carrera 34, inmediatamente después de la intersección con la calle 18E un resalto tipo pompeyano para que actúe como represamiento de las aguas de escorrentías y previo a él construir tres sumideros, los cuales descargarían directamente al humedal.

Propuesta 3. Los Sumideros S-1, S-2 y S-3, como teóricamente están en capacidad de captar un caudal de 2.400 lps, y entregan directamente a la cámara C5. Suponiendo que transporta un caudal de 400 lps, es necesario adicionarles una descarga directa al humedal mediante una tubería de PVC de Ø 30" y una pendiente del 1.0%, cuya capacidad de transporte sería de aproximadamente de 1.600.0 lps.

Propuesta 4. El Sumidero S-8, colocado sobre la carrera 34 casi en frente con la cancha, como teóricamente están en capacidad de captar un caudal de 800 lps. Su vertimiento se podría plantear en forma directa al humedal mediante una tubería de PVC de Ø 24" y una pendiente del 0.50%, cuya capacidad de transporte sería de aproximadamente de 600.0 lps.

Lo anterior se podría evitar desconectando los tres sumideros (S1, S2 y S3) sobre la calle 18E mas el localizado al inicio de la carrera 34 (S8), y hacer una descarga directa de esos sumideros al humedal mediante una tubería que conduzca el total del caudal captado por ellos que sería aproximadamente 3.000 lps.

De igual manera a la cámara de inspección No. C4, donde inicia el colector paralelo a la urbanización Villa Dariana, el cual recibe los tramos C1-C2 de Ø 30", pendiente 1,40%, Tramo C2-C3: Ø 33", pendiente 1,00% y Tramo C3-C4: Ø 33", pendiente 0,80%, de los cuales su máxima capacidad sería de 1.650,00 lps.

Propuesta 5. Los Sumideros S-9, S-10 y S-11 colocados sobre la Calle 18E, como teóricamente están en capacidad de captar un caudal de 2.400 lps y la capacidad de transporte del colector instalado sobre la carrera paralela a la urbanización Villa Dariana es de 1.500 lps. Se plantea realizar un vertimiento directo al humedal

mediante una tubería de PVC de Ø 24" y una pendiente del 0.50%, cuya capacidad de transporte sería de aproximadamente de 600.0 lps. De esta forma el sumidero S-11, quedaría operando como si hiciera su descarga en forma directa al humedal. Ver Anexo 6. Mapas, Mapa No 9. Propuesta hidráulica.

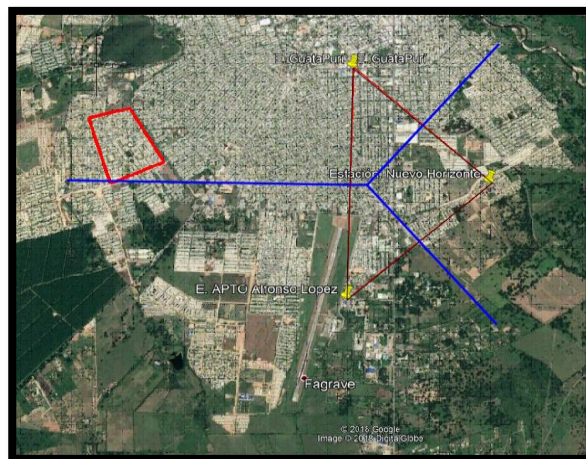
9. ESTUDIO HIDROLÓGICO

El objetivo principal de la modelación hidrológica es obtener el caudal pico de crecida correspondiente para un periodo de retorno de 100 años. En primera instancia, se realizó la búsqueda de datos de precipitación en este caso proveniente del IDEAM con de las diferentes estaciones que se encuentran cerca al lugar de estudio, a partir de esta información se georeferenciaron las tres estaciones que se encontraran más cercanas, y a través del método de Thiessen se ubicó la estación Aeropuerto Alfonso López, como la fuente de datos para iniciar el análisis de frecuencias de las precipitaciones máximas diarias con el ajuste correspondiente; Para el desarrollo de este modelo, se parte del procesamiento inicial de los datos topográficos del área de proyecto, con el fin de obtener un modelo digital de elevaciones (MDE) para caracterizar la cuenca de estudio y así, determinar las características morfométricas de esta.

9.1. Polígonos de Thiessen

Para el cálculo de la precipitación fue necesario identificar las estaciones meteorológicas que tienen relación con la zona de estudio. Por lo cual fue utilizado el método del polígono de Thiessen; ya que es uno de los más empleados en la obtención de datos precipitaciones medias sobre cuerpos de agua. En el cual se tomó la estación Aeropuerto Alfonso López.

Figura N° 4. Polígono de Thiessen



Fuente (SIG. Meteorológica IDEAM)

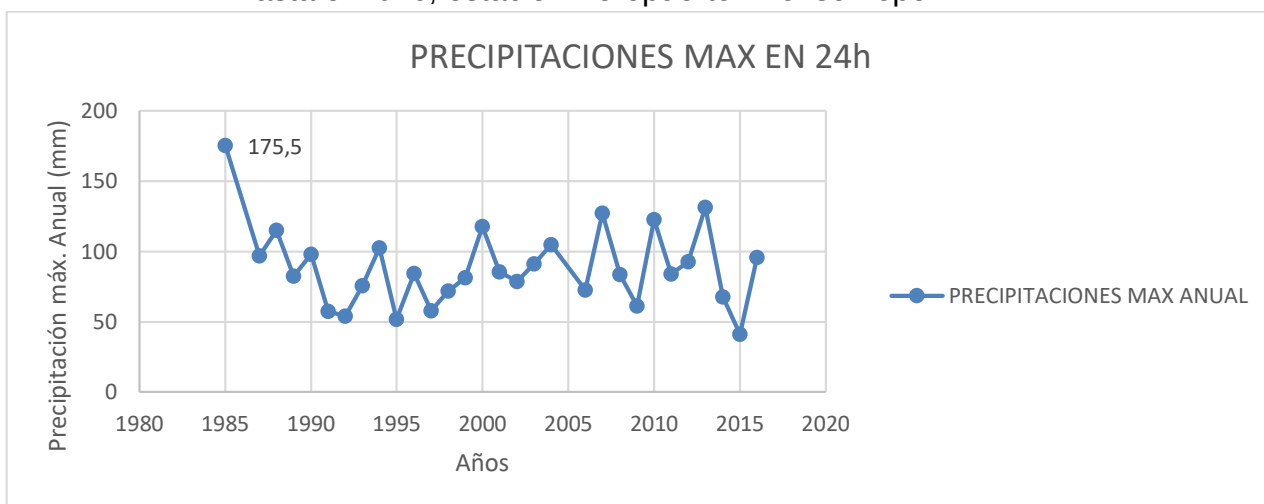
La figura 3 es la representación de tres estaciones con las cuales fue construido el polígono de Thiessen, para la determinación de las zonas de influencia de las

estaciones estas fueron unidas con una línea continua, trazando las mediatrices del triángulo y uniendo convenientemente se formaron unos polígonos, limitados exteriormente por los límites de la Acequia, cuyas superficies corresponden a las zonas de influencia de cada estación. Siendo la estación meteorología del Aeropuerto Alfonso López que tuvo el 100% de relación con el cuerpo de agua. Se construyó de tal manera que la estación del Aeropuerto Alfonso López fuera la única en relación de las tres, ya que la estación Guatapurí no cumplía con los datos históricos necesarios para generar el modelo y la estación Nuevo Horizonte no entra en el área de estudio.

9.2. Análisis De Lluvias

Se realizó el ajuste de la serie de precipitaciones máximas anuales en 24 hs (ver Anexo N°1) de la estación climatológica ordinaria Aeropuerto Alfonso López, a través de los métodos de distribuciones probabilísticas Gumbel (solución de ajuste por el método de momentos) y Log Pearson Tipo III (ver Anexo 2). En la Tabla N°1, se pueden observar las precipitaciones obtenidas para diferentes periodos de retorno. A cada distribución probabilística se aplicó la prueba chi-cuadrado, siendo la distribución de Gumbel la que presente el mejor ajuste de los datos. En la Gráfica 7, se pueden observar la serie de precipitaciones máximas anuales en 24 hs desde 1985 hasta el 2016.

Grafica N° 6. Serie de precipitaciones máximas anuales en 24 horas, desde 1985 hasta el 2016, estación Aeropuerto Alfonso López.



Fuente: IDEAM, procesada por los autores 2018

En el año de 1985 para el mes de Diciembre se presentó una precipitación máxima en 24 hs de 175 mm, siendo el evento más extremo que se ha dado en el periodo

analizado, aunque sea un valor que difiere de la tendencia central es importante tenerlo en cuenta debido a que puede que un evento parecido vuelva a suceder.

Tabla N° 7 Análisis de distribución probabilística de precipitaciones máximas anuales.

T (años)	VE1 Gumbel (mm)	Log Pearson TIPO III (mm)
2	84.4	85.1
5	113.2	110.4
10	132.2	126.1
25	156.3	145.1
50	174.2	158.6
100	191.9	171.7
200	209.5	184.5

Fuente (Autores)

9.3. Hietograma de Diseño

Los hietogramas han sido elaborados para la determinación del caudal máximo por el método del NRCS (SCS). El hietograma es la distribución temporal de la intensidad o de la profundidad de una precipitación a lo largo de la duración temporal de un evento extremo; en los modelos hidrológicos actuales, no es suficiente conocer la precipitación máxima de una tormenta de seis horas (6 hs), sino que es necesario saber, cómo evoluciona esa precipitación a lo largo de esas seis horas (6 hs).

Se aplicó el método de bloques alternos para la obtención de los hietogramas a partir de las curvas I-D-F (Intensidad-Duración y Frecuencia) (Ver anexo 2)

Las curvas intensidad – duración – frecuencia, IDF fueron calculadas con el método simplificado de Vargas y Díaz Granados; debido, a que no se disponen de datos históricos de precipitación de corta duración, éstas curvas de acuerdo a la bibliografía son arreglos en los cuales se presentan las lluvias (estimadas como intensidad de precipitación) contra su duración y el periodo de retorno.

Las curvas IDF (Grafica N° 2) han sido obtenidas a partir de la siguiente ecuación:

$$i = \frac{a \times T^b \times M^d}{\left(\frac{t}{60}\right)^c}$$

Dónde: i: Intensidad de precipitación, en milímetros por hora (mm/h)

T: Periodo de retorno (años)

M: Precipitación máx. Promedio anual en 24 h a nivel multianual (mm)

t: Duración de la lluvia (min)

a, b, c, d: Parámetros de ajuste de la regresión. (Ver tabla 8)

Tabla N° 8. Valores de los coeficientes a, b, c y d para el cálculo de la curvas de intensidad-duración-frecuencia, IDF, para Colombia

REGIÓN	a	b	c	D
ANDINA (R1)	0.94	0.18	0.66	0.83
CARIBE (R2)	24.85	0.22	0.50	0.10
PACÍFICO (R3)	13.92	0.19	0.58	0.20
ORINOQUÍA (R4)	5.53	0.17	0.63	0.42

Fuente (Manual de drenaje de carreteras del INVIAS)

Las precipitaciones utilizadas para la obtención de las curvas I-D-F, corresponden a las ajustadas por el método de Gumbel para los diferentes tiempos de retorno; las constantes se relacionan a la región Caribe (R2), aunque de acuerdo a esta metodología, para la zona en estudio las constantes a utilizar le corresponden a la región Andina, se considera que la ubicación del municipio se encuentra en los límites de lo que se considera región Caribe y Andina, por lo tanto, se escoge el uso de las constantes de la región Caribe por las características que presenta frente a lo que se considera y delimita como región Caribe, debido a las características climáticas, topográficas y de ecosistemas de la zona en estudio.

10. MODELAMIENTO HIDRÁULICO

La modelización con el modelo HEC-RAS permitió calcular para las diferentes caudales de los tramos estudiados valores simulados de los niveles de agua, las profundidades de flujo y las velocidades, entre otros variables. Se Evaluó el humedal de marial Camila SUR y su canal de descarga ubicado al Sur-orienté de la ciudad de Valledupar.

La batimetría tomada en campo se procesó en la extensión Hec Geo-Ras del software ArcGIS, y fue trasladado al software HEC-RAS, considerando característica en los tramos con un n de Manning de 0,035 según tabla N°5 en el eje principal del tramo (Canal de descarga del humedal María Camila Sur) y un porcentaje promedio de pendiente del 0.7 % o 0.007. Para efectos de Se tuvo como referencia para el análisis los datos de la estación Climática Aéreo Puerto Alfonso López Pumarejo con código IDEAM 28035030 (ver Anexo N°1), estos fueron ajustados con las distribuciones pertinentes para unos periodo de retorno de 2, 5, 10, 25, 50, y 100 años, Se ajustaron los modelos Hec Ras de los perfiles de inundación para la condición de perfil M1 (remanso subcrítico). En la tabla N°6 se observan los resultados para los cuales después de su modelamiento de realizaron los mapas de inundación para los diferentes periodos de retorno. Es importante agregar el volumen que puede captar a máxima capacidad el canal (Levantado desde que parte del vaso de agua hasta el cerramiento del parque industrial de Merca bastos), junto con el vaso de agua del humedal según cálculos obtenidos del software AutoCAD Civil 3D es de $7732.92 m^3$.

Tabla N° 9 Valores del coeficiente rugosidad n (manning)

Tipo de canal y descripción	Mínimo	Normal	Máximo
C. Excavado o dragado			
a. En tierra, recto y uniforme			
1. Limpio, recientemente terminado	0.016	0.018	0.020
2. Limpio, después de exposición a la intemperie	0.018	0.022	0.025
3. Con gravas, sección uniforme, limpio	0.022	0.025	0.030
4. Con pastos cortos, algunas malezas	0.022	0.027	0.033
b. En tierra, serpenteante y lento			
1. Sin vegetación	0.023	0.025	0.030
2. Pastos, algunas malezas	0.025	0.030	0.033
3. Malezas densas o plantas acuáticas en canales profundos	0.030	0.035	0.040
4. Fondo en tierra con lados en piedra	0.028	0.030	0.035
5. Fondo pedregoso y bancas con malezas	0.025	0.035	0.040
6. Fondo en cantos rodados y lados limpios	0.030	0.040	0.050
c. Excavado con pala o dragado			
1. Sin vegetación	0.025	0.028	0.033
2. Matorrales ligeros en las bancas	0.035	0.050	0.060
d. Cortes en roca			
1. Lisos y uniformes	0.025	0.035	0.040
2. Afilados e irregulares	0.035	0.040	0.050
e. Canales sin mantenimiento, malezas y matorrales sin cortar			
1. Malezas densas, tan altas como la profundidad de flujo	0.050	0.080	0.120
2. Fondo limpio, matorrales en los lados	0.040	0.050	0.080
3. Igual, nivel máximo de flujo	0.045	0.070	0.110
4. Matorrales densos, nivel alto	0.080	0.100	0.140
D. Corrientes naturales			
D-1. Corrientes menores (ancho superficial en nivel creciente < 100 pies)			
a. Corrientes en planicies			
1. Limpias, rectas, máximo nivel, sin montículos ni pozos profundos	0.025	0.030	0.033
2. Igual al anterior, pero con más piedras y malezas	0.030	0.035	0.040
3. Limpio, serpenteante, algunos pozos y bancos de arena	0.033	0.040	0.045
4. Igual al anterior, pero con algunos matorrales y piedras	0.035	0.045	0.050
5. Igual al anterior, niveles bajos, pendientes y secciones más ineficientes	0.040	0.048	0.055
6. Igual al 4, pero con más piedras	0.045	0.050	0.060
7. Tramos lentos, con malezas y pozos profundos	0.050	0.070	0.080
8. Tramos con muchas malezas, pozos profundos o canales de crecientes con muchos árboles con matorrales bajos	0.075	0.100	0.150

Fuente: Ven te Chow – Hidráulica de canales. 1994.

10.1. Aplicación del Sistema de Información Geográfica en la modelación hidrológica

Se utilizó para el presente estudio el software ArcGIS, desarrollado por el Instituto de Investigación en Sistema Medio Ambientales (ESRI), junto con sus respectivas extensiones aplicadas a la hidrología, desarrollado por el cuerpo de Ingenieros Hidrológicos de los Estados Unidos (HEC); la extensión usada fue Hec-GeoRAS, herramienta que permitió la determinar las características morfométricas de la cuenca.

La generación de ciertos parámetros que son necesarios para la modelación hidrológica, parte de la creación de un Modelo de Elevación Digital del Terreno – MED, que después de obtenido se realizan los análisis de geométricos, y se ingresan los datos hidrológicos e hidráulicos que generan los mapas de inundación.

Los pasos para la obtención de los mapas mencionados por medio del SIG son los siguientes:

- Se realiza la topografía de campo del área en estudio. Ver figura 1.
- Se genera la nube de puntos con las elevaciones.
- Se generan las curvas de nivel.
- Con la herramienta Contour To Raster del Software Arcgis Se genera el MDE necesario para iniciar el modelo, y delimitación de la cuenca.
- Se utilizó la extensión HEC GeoRAS, con el fin de analizar el MDE y llevarlo a HEC-RAS5.0
- En el Software HEC-RAS 5.0 se realizó el análisis de información topográfica para definir geométricamente el eje del canal, sus límites, y llanuras de inundación.
- Posteriormente se ingresan los datos caudales, rugosidad, Régimen del flujo.
- Al correr el modelo se generan los mapas de inundación.

Tabla N° 10 Resultado de la evaluación hidráulica de Humedal de María Camila Sur
HEC – RAS (Periodo De retorno a 100 años Anexo 3)

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Eje_Macamila	127	100 Años	33,35	153,09	154,33		154,43	0,007294	1,91	29,05	103,66	0,72
Eje_Macamila	126	100 Años	33,35	153,19	154,3		154,39	0,011107	1,61	26,63	99,35	0,77
Eje_Macamila	125	100 Años	33,35	153,59	154,23	154,23	154,35	0,018753	1,9	22,14	93,19	1,03
Eje_Macamila	124	100 Años	33,35	153,37	154,15	154,15	154,28	0,009282	1,99	25,14	92,98	0,8
Eje_Macamila	123	100 Años	33,35	153,26	154,07	154,07	154,2	0,008096	1,84	25,11	91,45	0,75
Eje_Macamila	122	100 Años	33,35	153,1	153,91	153,91	154,07	0,008207	1,9	21,53	71,36	0,76
Eje_Macamila	121	100 Años	33,35	152,95	153,87	153,81	154,01	0,006973	1,72	22,94	70,62	0,7
Eje_Macamila	120	100 Años	33,35	152,79	153,9		153,96	0,003963	1,22	31,28	84,98	0,52
Eje_Macamila	119	100 Años	33,35	152,7	153,91		153,95	0,001282	0,85	43,93	90,09	0,31
Eje_Macamila	118	100 Años	33,35	152,7	153,91		153,94	0,001082	0,82	45,85	89,97	0,29
Eje_Macamila	117	100 Años	33,35	152,8	153,89		153,93	0,001299	0,87	43,12	87,85	0,31
Eje_Macamila	116	100 Años	33,35	152,88	153,89		153,92	0,001477	0,87	43,75	98,13	0,33
Eje_Macamila	115	100 Años	33,35	152,86	153,89		153,92	0,001021	0,77	50,49	104,82	0,28
Eje_Macamila	114	100 Años	33,35	152,81	153,89		153,91	0,000914	0,74	50,97	105,9	0,26
Eje_Macamila	113	100 Años	33,35	152,8	153,88		153,91	0,000799	0,7	54,27	107,22	0,25
Eje_Macamila	112	100 Años	33,35	152,8	153,88		153,9	0,000689	0,66	57,44	106,71	0,23
Eje_Macamila	111	100 Años	33,35	152,8	153,88		153,9	0,00073	0,66	56,35	106,59	0,24
Eje_Macamila	110	100 Años	33,35	152,8	153,88		153,9	0,000743	0,67	55,75	105,27	0,24
Eje_Macamila	109	100 Años	33,35	152,8	153,88		153,9	0,000772	0,67	55,37	109,14	0,24
Eje_Macamila	108	100 Años	33,35	152,8	153,87		153,89	0,000882	0,7	53,7	108,38	0,26
Eje_Macamila	107	100 Años	33,35	152,75	153,87		153,89	0,000992	0,72	52,58	108,68	0,27
Eje_Macamila	106	100 Años	33,35	152,69	153,87		153,89	0,001029	0,72	52,53	109,25	0,27
Eje_Macamila	105	100 Años	33,35	152,63	153,86		153,89	0,001086	0,73	51,92	108,65	0,28
Eje_Macamila	104	100 Años	33,35	152,6	153,86		153,89	0,001165	0,75	51,09	107,98	0,29

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Eje_Macamila	103	100 Años	33,35	152,6	153,86		153,89	0,001251	0,76	50,39	108,24	0,3
Eje_Macamila	102	100 Años	33,35	152,6	153,86		153,89	0,001486	0,79	48,32	108,18	0,32
Eje_Macamila	101	100 Años	33,35	152,6	153,86		153,89	0,0017	0,82	46,82	108,37	0,34
Eje_Macamila	100	100 Años	33,35	152,6	153,85		153,88	0,002171	0,86	44,06	108,49	0,38
Eje_Macamila	99	100 Años	33,35	152,5	153,83		153,87	0,003351	1,03	38,52	105,63	0,47
Eje_Macamila	98	100 Años	33,35	152,62	153,8		153,87	0,003529	1,41	33,84	89,75	0,51
Eje_Macamila	97	100 Años	33,35	153,06	153,77		153,85	0,007455	1,51	28,32	89,34	0,69
Eje_Macamila	96	100 Años	33,35	153,17	153,77		153,84	0,007568	1,44	28,57	90,93	0,69
Eje_Macamila	95	100 Años	33,35	153,2	153,76		153,83	0,006898	1,35	29,7	92,56	0,65
Eje_Macamila	94	100 Años	33,35	153,2	153,75		153,81	0,006145	1,2	31,43	96,66	0,61
Eje_Macamila	93	100 Años	33,35	153,2	153,74		153,8	0,007046	1,21	29,88	93,75	0,64
Eje_Macamila	90	100 Años	33,35	153,14	153,63	153,63	153,76	0,019228	1,33	21,05	82,49	0,91
Eje_Macamila	89	100 Años	33,35	152,9	153,64		153,73	0,011158	1,62	24,94	84,67	0,81
Eje_Macamila	88	100 Años	33,35	152,9	153,63		153,72	0,009773	1,52	25,85	83,56	0,76
Eje_Macamila	87	100 Años	33,35	153	153,53	153,53	153,69	0,018673	1,5	18,97	62,21	0,94
Eje_Macamila	86	100 Años	33,35	152,8	153,52	153,5	153,65	0,013906	1,8	21,45	67,95	0,88
Eje_Macamila	85	100 Años	33,35	152,7	153,51		153,62	0,010711	1,91	23,81	73,98	0,81
Eje_Macamila	84	100 Años	33,35	152,8	153,47	153,45	153,59	0,016072	1,69	21,33	74,23	0,89
Eje_Macamila	83	100 Años	33,35	152,72	153,47		153,55	0,008181	1,58	27,34	87,06	0,71
Eje_Macamila	82	100 Años	33,35	152,6	153,41		153,49	0,008868	1,41	27,02	87,62	0,65
Eje_Macamila	81	100 Años	33,35	152,4	153,38		153,45	0,006517	1,39	29,01	82,45	0,63
Eje_Macamila	80	100 Años	33,35	152,4	153,35		153,41	0,005574	1,27	31,32	88,79	0,58
Eje_Macamila	79	100 Años	33,35	152,4	153,26		153,37	0,011175	2,09	24,37	82,62	0,82
Eje_Macamila	78	100 Años	33,35	152,3	153,17	153,17	153,29	0,014165	2,25	22,53	82,3	0,93
Eje_Macamila	77	100 Años	33,35	152,1	153,05	153,05	153,18	0,01163	2,26	22,8	75,74	0,87
Eje_Macamila	76	100 Años	33,35	151,96	152,99		153,08	0,007104	1,77	28,61	94,47	0,69
Eje_Macamila	75	100 Años	33,35	151,88	152,92	152,92	153,04	0,00873	2,17	26,95	101,64	0,76
Eje_Macamila	74	100 Años	33,35	151,8	152,88	152,88	152,99	0,008676	2,1	27,97	107,48	0,76
Eje_Macamila	73	100 Años	33,35	151,7	152,85		152,94	0,008119	1,96	29,43	112,72	0,73

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Eje_Macamila	72	100 Años	33,35	151,6	152,84		152,9	0,005595	1,64	34,06	120,56	0,61
Eje_Macamila	71	100 Años	33,35	151,4	152,75	152,75	152,85	0,006692	1,99	31,41	130,54	0,68
Eje_Macamila	70	100 Años	33,35	151,5	152,7		152,77	0,008483	1,85	31,74	139,87	0,75
Eje_Macamila	69	100 Años	33,35	151,5	152,63		152,72	0,008557	1,94	31,05	143,05	0,76
Eje_Macamila	68	100 Años	33,35	151,4	152,59		152,66	0,006004	1,66	36,17	155,04	0,65
Eje_Macamila	67	100 Años	33,35	151,3	152,55		152,63	0,005456	1,73	35,79	150,66	0,63
Eje_Macamila	66	100 Años	33,35	151,3	152,54		152,6	0,005466	1,66	36,79	150,72	0,62
Eje_Macamila	65	100 Años	33,35	151,4	152,53		152,57	0,003464	1,19	43,96	165,49	0,49
Eje_Macamila	64	100 Años	33,35	151,4	152,52		152,56	0,004526	1,27	41,58	169,46	0,54
Eje_Macamila	63	100 Años	33,35	151,2	152,43	152,43	152,52	0,008029	2,1	32,5	156,88	0,74
Eje_Macamila	62	100 Años	33,35	151,2	152,41		152,48	0,007177	1,79	34,85	160,17	0,7
Eje_Macamila	61	100 Años	33,35	151,1	152,39		152,44	0,00522	1,54	39,16	170,18	0,59
Eje_Macamila	60	100 Años	33,35	151,1	152,31	152,31	152,4	0,007584	2	33,65	161,33	0,72
Eje_Macamila	59	100 Años	33,35	151	152,25		152,33	0,006367	1,84	34,92	153,77	0,67
Eje_Macamila	58	100 Años	33,35	151	152,23		152,27	0,003398	1,35	44,07	165,81	0,48
Eje_Macamila	57	100 Años	33,35	151	152,2		152,23	0,002622	1,22	48,55	174,91	0,43
Eje_Macamila	56	100 Años	33,35	150,9	152,11		152,14	0,00318	1,16	45,16	166,5	0,45
Eje_Macamila	55	100 Años	33,35	150,7	152,06		152,09	0,002174	0,96	47,03	134,74	0,38
Eje_Macamila	54	100 Años	33,35	150,5	152,02		152,06	0,002544	1,3	44,56	146,57	0,41
Eje_Macamila	53	100 Años	33,35	150,6	151,94		152,01	0,00615	1,75	34,94	158,56	0,64
Eje_Macamila	52	100 Años	33,35	150,7	151,94		151,96	0,001878	1,05	59,27	212,09	0,37
Eje_Macamila	51	100 Años	33,35	150,6	151,9		151,94	0,003428	1,41	48,93	222,9	0,5
Eje_Macamila	50	100 Años	33,35	150,5	151,85		151,9	0,00482	1,53	45,19	236,85	0,57
Eje_Macamila	49	100 Años	33,35	150,4	151,72	151,72	151,8	0,009599	2,03	34,2	206,03	0,78
Eje_Macamila	48	100 Años	33,35	150,4	151,63		151,69	0,005809	1,68	38,36	200,09	0,62
Eje_Macamila	47	100 Años	33,35	150,2	151,61		151,66	0,003658	1,56	46,49	239,62	0,51
Eje_Macamila	46	100 Años	33,35	150,1	151,54	151,54	151,62	0,004908	1,87	40,42	223,3	0,59
Eje_Macamila	45	100 Años	33,35	150	151,47		151,53	0,005183	1,58	40,47	235,52	0,59
Eje_Macamila	44	100 Años	33,35	149,9	151,43		151,48	0,004355	1,67	44,33	239,19	0,55

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Eje_Macamila	43	100 Años	33,35	149,9	151,36	151,36	151,44	0,006256	1,83	38,89	224,91	0,65
Eje_Macamila	42	100 Años	33,35	149,9	151,28		151,32	0,006609	1,5	42,09	229,07	0,62
Eje_Macamila	41	100 Años	33,35	149,8	151,22		151,27	0,005799	1,55	43,62	235,89	0,6
Eje_Macamila	40	100 Años	33,35	149,7	151,19		151,23	0,00412	1,49	48,38	250,51	0,53
Eje_Macamila	39	100 Años	33,35	149,6	151,09	151,09	151,16	0,005214	1,85	41,86	223,26	0,59
Eje_Macamila	38	100 Años	33,35	149,6	150,99	150,99	151,06	0,007479	1,94	38,82	231,92	0,69
Eje_Macamila	37	100 Años	33,35	149,4	150,92	150,92	150,98	0,004505	1,74	45,3	247,4	0,56
Eje_Macamila	36	100 Años	33,35	149,3	150,79	150,79	150,86	0,006403	1,91	40,59	234,55	0,65
Eje_Macamila	35	100 Años	33,35	149,3	150,72	150,72	150,78	0,00635	1,8	42,63	258,33	0,62
Eje_Macamila	34	100 Años	33,35	149,3	150,6	150,6	150,66	0,005468	1,78	42,69	239,82	0,62
Eje_Macamila	33	100 Años	33,35	149,3	150,48	150,48	150,55	0,005313	1,78	41,05	225,44	0,61
Eje_Macamila	32	100 Años	33,35	149,2	150,42		150,46	0,003127	1,43	50,53	245,24	0,48
Eje_Macamila	31	100 Años	33,35	149,2	150,41		150,43	0,001489	1,02	66,99	259,2	0,33
Eje_Macamila	30	100 Años	33,35	149,2	150,4		150,42	0,0012	0,9	65,74	251,83	0,3
Eje_Macamila	29	100 Años	33,35	149,1	150,39		150,41	0,000862	0,78	66,75	179,44	0,25
Eje_Macamila	28	100 Años	33,35	149,1	150,39		150,4	0,000724	0,71	69,21	159,58	0,23
Eje_Macamila	27	100 Años	33,35	149	150,29		150,37	0,004393	1,77	34,33	118,28	0,57
Eje_Macamila	26	100 Años	33,35	148,73	150,25		150,32	0,004017	1,67	33,67	114,41	0,53
Eje_Macamila	25	100 Años	33,35	148,7	150,22		150,29	0,0038	1,62	34,48	122,44	0,52
Eje_Macamila	24	100 Años	33,35	148,6	150,16		150,25	0,003464	1,7	34,98	134,32	0,51
Eje_Macamila	23	100 Años	33,35	148,6	150,14		150,21	0,003324	1,56	39,26	165,67	0,48
Eje_Macamila	22	100 Años	33,35	148,6	150,12		150,17	0,002736	1,49	46,38	217,71	0,46
Eje_Macamila	21	100 Años	33,35	148,5	150,04	150,03	150,13	0,004185	1,86	39,14	215,53	0,56
Eje_Macamila	20	100 Años	33,35	148,5	150,01	149,99	150,09	0,003811	1,75	43,07	237,87	0,54
Eje_Macamila	19	100 Años	33,35	148,4	150		150,05	0,002636	1,51	48,18	221,09	0,45
Eje_Macamila	18	100 Años	33,35	148,4	149,98		150,03	0,002135	1,4	52,16	221,1	0,41
Eje_Macamila	17	100 Años	33,35	148,4	149,97		150	0,001442	1,14	61,19	221,01	0,33
Eje_Macamila	16	100 Años	33,35	148,3	149,96		149,99	0,001434	1,13	61,91	231,44	0,33
Eje_Macamila	15	100 Años	33,35	148,3	149,92		149,97	0,002585	1,47	47,58	212,85	0,44

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Eje_Macamila	14	100 Años	33,35	148,2	149,85	149,85	149,95	0,004098	1,76	37,96	206,91	0,54
Eje_Macamila	13	100 Años	33,35	148,2	149,77	149,77	149,85	0,003599	1,68	41,66	199,7	0,51
Eje_Macamila	12	100 Años	33,35	148,1	149,57	149,57	149,65	0,004019	1,74	41,34	196,6	0,54
Eje_Macamila	11	100 Años	33,35	148	149,35	149,35	149,45	0,004799	1,94	37,44	181,83	0,6
Eje_Macamila	10	100 Años	33,35	148	149,24	149,24	149,33	0,004828	1,87	38	179,25	0,6
Eje_Macamila	9	100 Años	33,35	147,9	149,12	149,12	149,21	0,00568	1,93	35,03	158,39	0,64
Eje_Macamila	8	100 Años	33,35	147,9	149,02	149,02	149,12	0,006855	2,01	32,45	143,58	0,69
Eje_Macamila	7	100 Años	33,35	147,9	148,91		148,99	0,007432	1,74	33,13	150,94	0,7
Eje_Macamila	6	100 Años	33,35	147,9	148,83	148,83	148,92	0,009769	1,8	29,47	137,95	0,79
Eje_Macamila	5	100 Años	33,35	147,8	148,73	148,73	148,82	0,009664	1,86	28,93	122,51	0,79
Eje_Macamila	4	100 Años	33,35	147,8	148,58	148,58	148,66	0,012814	1,87	28,14	140,03	0,89
Eje_Macamila	3	100 Años	33,35	147,7	148,45	148,44	148,53	0,011958	1,79	28,95	137,8	0,86
Eje_Macamila	2	100 Años	33,35	147,7	148,34		148,41	0,014588	1,42	27,91	136,05	0,81
Eje_Macamila	1	100 Años	33,35	147,5	148,22	148,16	148,27	0,007006	1,27	34,98	142,47	0,63

Figura No 5. Topografía Batimétrica del vaso principal y el canal del humedal.

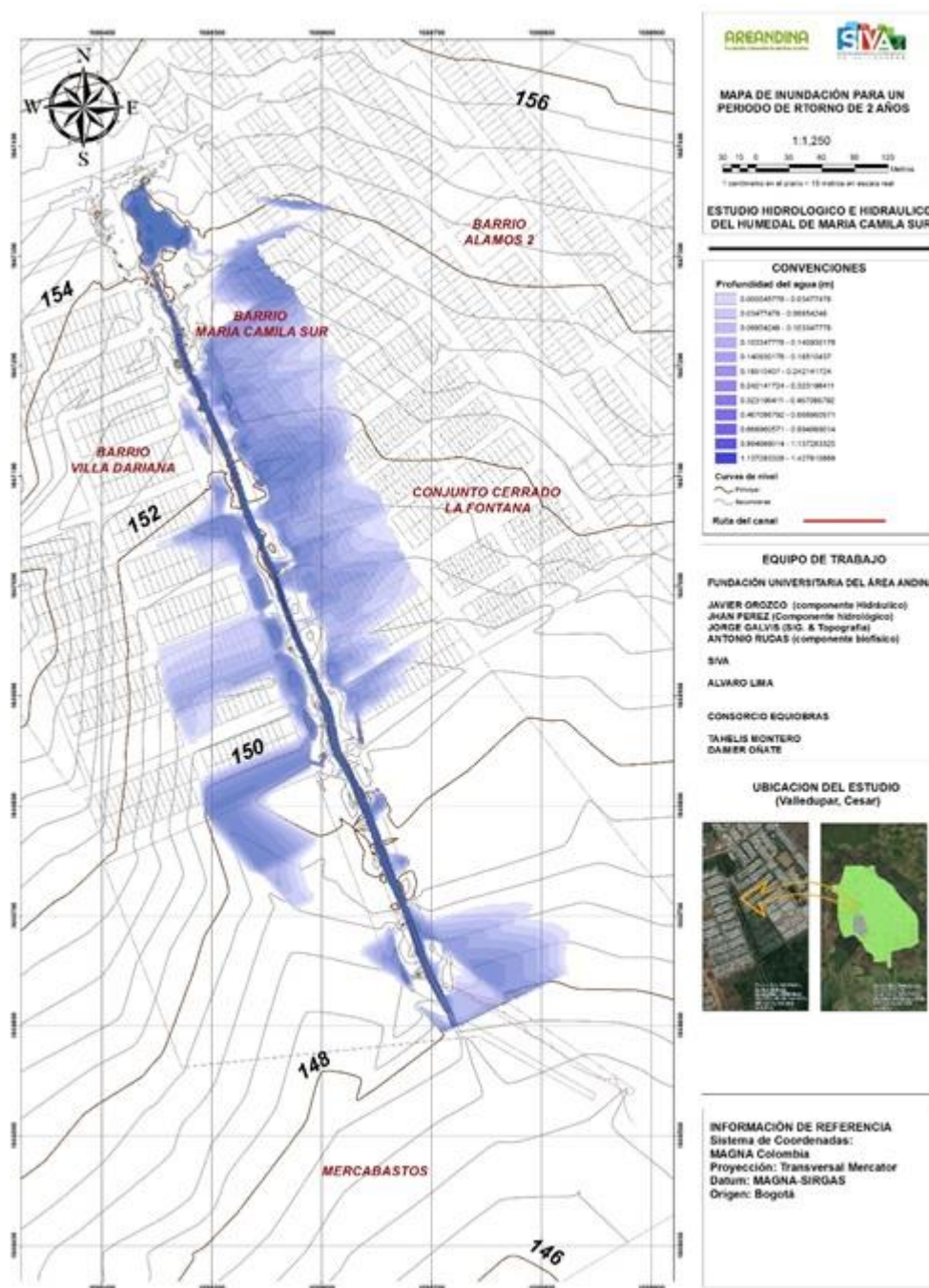


Fuente: Autores de la consultoría 2018.

10.2. Modelación de zonas de amenaza

Por último se importan los resultados obtenidos en Hec-Ras a ArcGIS por medio de la extensión de HEC-GeoRAS y se visualizan las áreas de inundación y su profundidad obtenidas bajo las condiciones de precipitación máxima obtenida de la

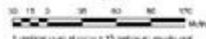
curva IDF. Ver figuras Modelamiento hidráulico en periodos de retorno a 2, 5, 20, 50 y 100 años.





MAPA DE INUNDACIÓN PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 2 AÑOS

1:1,250



ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRAULICO DEL HUMEDAL DE MARIA CAMILA SUR

CONVENCIONES

Profundidad del agua (m)

0.00000000 - 0.00000000
0.00000000 - 0.00000000
0.00000000 - 0.00000000
0.00000000 - 0.00000000
0.00000000 - 0.00000000
0.00000000 - 0.00000000
0.00000000 - 0.00000000
0.00000000 - 0.00000000
0.00000000 - 0.00000000
0.00000000 - 0.00000000
0.00000000 - 0.00000000
0.00000000 - 0.00000000

EQUIPO DE TRABAJO

FUNDACIÓN UNIVERSITARIA DEL ÁREA ANDINA

JAVIER ORCICO (Componente Hidráulico)
 JUAN PEREZ (Componente Hidrológico)
 JORGE GALVIS (SIG. & Topografía)
 ANTONIO RUDAS (Componente topográfico)

SIVA

ALVARO LIMA

CONSORCIO EQUINOX

TAHELIS MONTERO
 DANIEL ORATE

UBICACIÓN DEL ESTUDIO (Valledupar, Cesar)



INFORMACIÓN DE REFERENCIA

Sistema de Coordenadas:
 MAGNA Colombia
 Proyección: Transversal Mercator
 Datum: MAGNA-SIRGAS
 Origen: Bogotá



MAPA DE INUNDACIÓN PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 50 AÑOS

1:1,250



ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRAULICO DEL HUMEDAL DE MARIA CAMILA SUR

CONVENCIONES

Profundidad del agua (m)

0.00000000 - 0.00000000
0.00000000 - 0.00000000
0.00000000 - 0.00000000
0.00000000 - 0.00000000
0.00000000 - 0.00000000
0.00000000 - 0.00000000
0.00000000 - 0.00000000
0.00000000 - 0.00000000
0.00000000 - 0.00000000
0.00000000 - 0.00000000
0.00000000 - 0.00000000
0.00000000 - 0.00000000

EQUIPO DE TRABAJO

FUNDACIÓN UNIVERSITARIA DEL ÁREA ANDINA

JAVIER ORCOCO (Componente Hidráulico)
 JUAN PEREZ (Componente Hidrológico)
 JORGE GALVIS (SIG. & Topografía)
 ANTONIO RUDAS (Componente topográfico)

SIVA

ALVARO LIMA

CONSORCIO EQUERERAS

TAHELIS MONTERO
 DANIEL ORATE

UBICACIÓN DEL ESTUDIO (Valledupar, Cesar)



INFORMACIÓN DE REFERENCIA
 Sistema de Coordenadas:
 MAGNA Colombia
 Proyección: Transversal Mercator
 Datum: MAGNA-SIRGAS
 Origen: Bogotá

11. ANÁLISIS DE LA CALIDAD DE AGUA

Para realizar el cálculo de los Índices de Contaminación ICO y el Índice de Calidad ICA en agua superficiales (Ramírez et al.,1997), se tiene como base los resultados de las muestras analizadas, tomada en los puntos 1 y 2 del Humedal de María Camila.

Tabla No 11. Colecta de Muestras.

N° MUESTRAS	NOMBRE DE LA MUESTRA	CÓDIGO	CODIGO INFORME DE RESULTADO ENTREGADO AL CLIENTE
1	AGUA SUPERFICIAL (HUMEDAL MARIA CAMILA – PUNTO 1)	180437055	N° 14256
2	AGUA SUPERFICIAL (HUMEDAL MARIA CAMILA – PUNTO 2)	180437056	N° 14327

Tabla 1. Muestra analizadas.

11.1. Índices De Contaminación De Aguas Superficiales.

Se estimaron algunos índices de calidad denominados ICO (Ramírez et al., 1997) los cuales tuvieron su base en resultados de análisis Multivariados de componentes principales de común utilización en monitoreo de calidad de agua en el país y además, se tuvieron en cuenta diversas reglamentaciones tanto nacionales como internacionales.

El procedimiento metodológico para las formulaciones de estos índices correspondió a la descrita en Ramírez et al (1997) y Ramírez et al (1999), en primera instancia las correlaciones halladas ante múltiples variables fisicoquímicas dieron origen a varios índices de contaminación complementario e independiente de aplicación verificada conocidos como Índice de Contaminación por Mineralización (ICOMI), Índice de Contaminación por materia Orgánica (ICOMO), Índice de Contaminación por Sólidos Suspendidos (ICOSUS), Índice de Contaminación por pH (ICOpH), de los cuales en este informe se estimaran los que se describen a continuación:

ICOMI.

Integra conductividad, dureza y alcalinidad

$$ICOMI = \frac{1}{3} (I_{Conductividad} + I_{Dureza} + I_{alcalinidad})$$

En donde:

$$I_{Conductividad} = 10^{(3.26 + 1.34 \log_{10} Conductividad (\mu S/cm))}$$

Conductividades mayores a $270 \mu S/cm$, tienen un índice de conductividad=1

$$I_{Dureza} = 10^{(-9.09 + 4.40 \log_{10} Dureza (mg/l))}$$

Durezas mayores a $110 mg/l$ tienen un índice =1

Durezas menores a $30 mg/l$ tienen un índice =0

$$I_{Alcalinidad} = -0.25 + 0.005 Alcalinidad (mg/l)$$

ÍCOMO.

Integra Demanda bioquímica de oxígeno, Coliformes totales y porcentaje de saturación de oxígeno.

$$ICOMO = \frac{1}{3} (I_{DBO} + I_{Coliformes\ totales} + I_{Oxigeno\%})$$

En donde:

$$I_{DBO} = -0.05 + 0.70 \log_{10} [DBO (g / m^3)]$$

$$DBO \geq 30 mg / l = 1$$

$$DBO < 2 mg / l = 0$$

$$I_{Coliformes\ totales} = -1.44 + 0.56 \log_{10} [Coliformes\ Totales (NPM / 100ml)]$$

$$Coliformes\ Totales > 20,000 (NMP/100 ml) = 1$$

$$Coliformes\ Totales < 500 (NMP/100 ml) = 0$$

$$I_{Oxigeno\%} = 1 - 0.01 Oxigeno\%$$

ICOSUS

$$ICOSUS = -0.02 + 0.0003 \text{Sólidos Suspndidos}(mg / l)$$

Sólidos Suspendidos > a 340 mg/l tienen un ICOSUS = 1

Sólidos Suspendidos < a 10 mg/l tienen un ICOSUS = 0

ICOpH.

$$ICOpH = \frac{e^{-31.08+3.45 pH}}{1 + e^{-31.08+3.45 pH}}$$

Los índices anteriores tienen un rango de variación entre 0 y 1, donde 0 denota baja contaminación, en la tabla 7.6 se describe la asignación de rangos para valores de los índices.

Tabla No 12. Valores de índices de Contaminación.

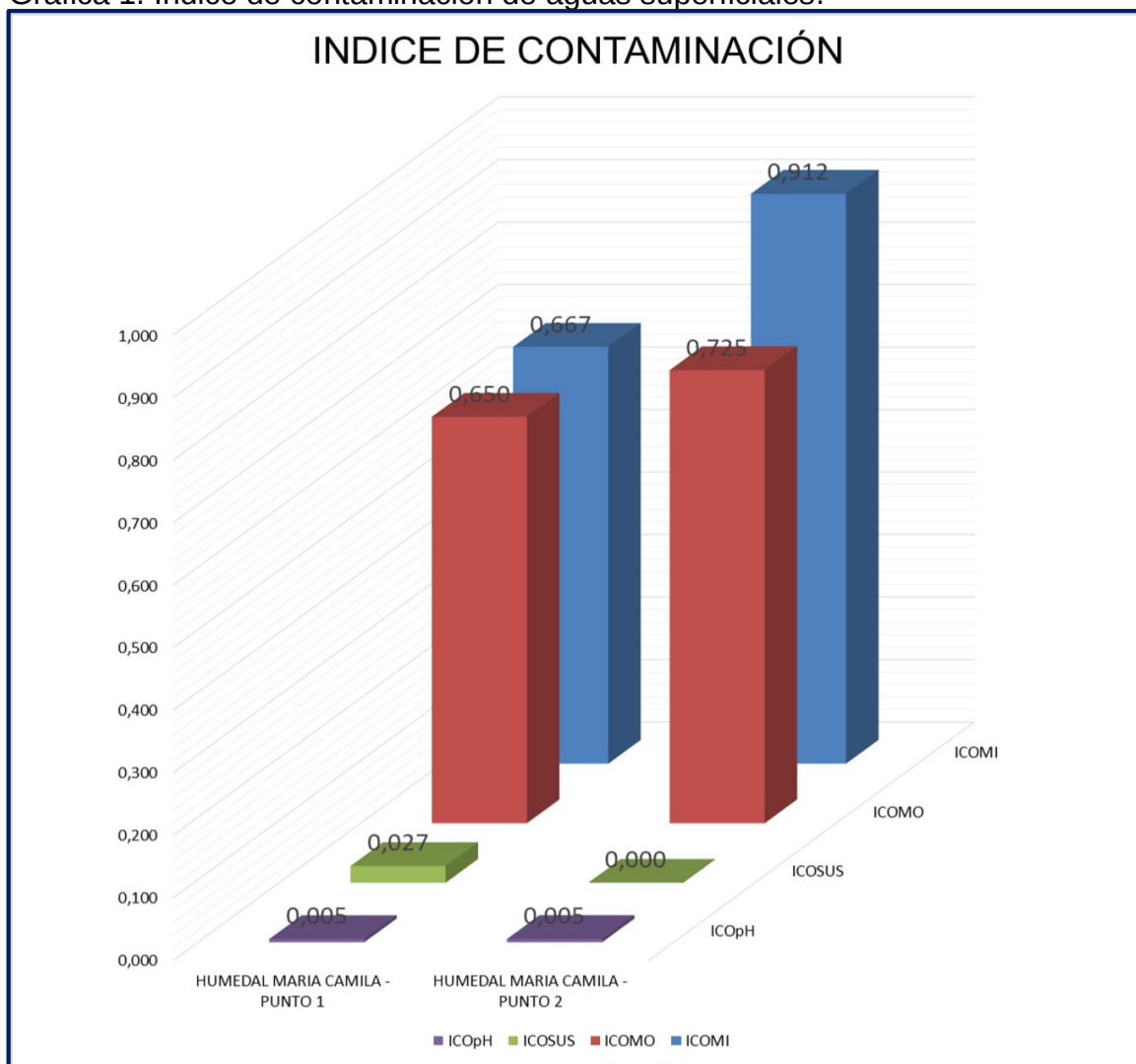
Valor del índice	Clasificación o grado de contaminación
0.81-1.0	Contaminación muy alta
0.61-0.80	Contaminación alta
0.41-0.60	Contaminación media
0.21-0.40	Contaminación baja
0-0.20	Ninguna

11.2. Resultados Índices De Contaminación De Aguas Superficiales.

Tabla No 13. Índices de Contaminación de Aguas Superficiales – Humedal María Camila.

PUNTOS	ICOMI	ICOMO	ICOSUS	ICO pH
HUMEDAL MARIA CAMILA - PUNTO 1	0,667	0,650	0,027	0,005
HUMEDAL MARIA CAMILA - PUNTO 2	0,912	0,725	0,000	0,005

Gráfica 1. Índice de contaminación de aguas superficiales.



Con base en los resultados obtenidos se puede concluir que los puntos 1 y 2 del Humedal María Camila no presentan contaminación por presencia de sólidos suspendidos o por pH, debido a que los índices ICOSUS e ICO pH se encuentran entre 0 y 0,20.

Por otra parte con respecto al ICOMO (índice de contaminación por materia orgánica), el humedal en los dos puntos analizados presenta contaminación alta por presencia de materia orgánica, lo cual es básicamente causado por la alta concentración de Coliformes Totales y las bajas concentraciones de oxígeno disuelto.

Finalmente el ICOMI (índice de contaminación por mineralización) indica que el punto 1 presenta contaminación alta por mineralización, mientras que el punto 2

presenta contaminación muy alta dicho comportamiento se encuentra asociado a las concentraciones de sales disueltas en el agua, el comportamiento de la variabilidad de los parámetros analizados se puede atribuir a condiciones climáticas, procesos erosivos, vertimientos de aguas residuales y actividades antrópicas.

11.3. Índices De Calidad De Aguas En Las Aguas Superficiales.

El índice propuesto en este informe es una variante adaptada de la metodología conocida como índice de calidad del agua (WQI, Water Quality Index) desarrollada en 1970 por la fundación de Sanidad Nacional (National Sanitation Foundation, NSF) de los Estados Unidos.

Las curvas funcionales adoptadas son las propuestas por Ramírez y Viña para Sólidos Suspendidos (SST), Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5) y Conductividad Eléctrica (CE), la adoptada por la Universidad politécnica de Catalunya (2006) para Demanda Química de Oxígeno (DQO) y la propuesta por el laboratorio del Departamento de Calidad Ambiental de Oregón (Estados Unidos) para Coliformes (CF) y pH.

El índice de calidad de agua ICA reduce varios datos de campo y de laboratorio a un simple valor numérico de cero (0) a uno (1) y se clasifica según la calidad del agua en orden ascendente en una de las cinco categorías siguientes: muy malo, malo, regular, aceptable y bueno.

$$ICA_{F_a} = \sum_{i=1}^n w_i I_i$$

En donde:

✓ **A: % de saturación de Oxígeno disuelto (OD)**

$$I_{\%SatOD} = 1 - \{1 - 0,01 * (\%Saturación\ de\ OD)\}$$

NOTA: Cuando el % de saturación de OD > 100%

$$I_{\%SatOD} = 1 - \{0,01 * (\%Saturación\ de\ OD) - 1\}$$

✓ **B: Demanda Química de Oxígeno (mgO_2/l)**

- Si $DQO \leq 20$ entonces $I_{DQO} = 0,91$
- Si $20 < DQO \leq 25$ entonces $I_{DQO} = 0,71$
- Si $25 < DQO \leq 40$ entonces $I_{DQO} = 0,51$
- Si $40 < DQO \leq 80$ entonces $I_{DQO} = 0,26$
- Si $DQO > 80$ entonces $I_{DQO} = 0,125$

✓ **C: Sólidos Suspendidos Totales (SST en mg/l).**

$$I_{SST} = 1 - \{-0,02 + 0,003 * (SST\ mg/L)\}$$

- Si SST ≤ 4.5 , entonces $I_{DQO} = 1$
- Si SST ≥ 320 , entonces $I_{DQO} = 0$

✓ **D: conductividad (CE en $\mu S/cm$).**

$$I_{Cond} = 1 - 10(-3,26 + 1,34 \log_{10} \text{Conductividad})$$

Cuando $I_{Cond} < 0$ (negativo), entonces: $I_{Cond} = 0$

✓ **E: pH. (U pH).**

Si pH < 4 , entonces: $I_{pH} = 0,10$

Si pH está entre 4 y 7, entonces: $I_{pH} = 0,02628419 * (pH^{0,520025})$

Si pH está entre 7,1 y 8,0 entonces: $I_{pH} = 1$

Si pH está entre 8,1 y 11 entonces: $I_{pH} = 1 * \{(pH-8)^{-0,5187742}\}$

Si pH es $> 11,1$ entonces $I_{pH} = 0,10$

✓ **F: Coliformes Fecales expresada como Escherichia Coli (NMP/100ml):**

Si CF $< 50/100$ mL, entonces: $I_{CF} = 0,98$

Si $50/100 \text{ mL} \leq \text{CF} < 1600/100 \text{ mL}$ entonces: $I_{CF} = 0,98 * \{(CF-50)^{-9917754e-4}\}$

Para calcular el ICAfa se utiliza una suma lineal ponderada de los subíndices (II). Estas agregaciones ponderadas se expresan matemáticamente de la siguiente manera:

$$ICA_{fa} = \sum_{i=1}^n w_i I_i$$

Donde W es el peso de importancia asignado a cada variable es el subíndice de calidad de acuerdo con las curvas funcionales o ecuaciones correspondientes.

Tabla No 14. Valores de índices de calidad

DESCRIPTORES	Valor del Índice		COLOR
Muy Malo	0	0,25	
Malo	0,26	0,5	
Regular	0,51	0,7	
Aceptable	0,71	0,9	
Bueno	0,91	1	

11.4. Resultados Índices De Calidad De Aguas Superficiales

Tabla No 15. Índices de Calidad de Aguas Superficiales – Humedal María Camila

Puntos	pH	DQO	%OD	SST	Conductividad	Coliformes fecales	Valor del ICA
HUMEDAL MARIA CAMILA - PUNTO 1	1,0	0,13	0,21	0,97	0,00	0,33	0,44
HUMEDAL MARIA CAMILA - PUNTO 2	1,0	0,13	0,41	1,00	0,00	0,66	0,53

De lo anterior se puede deducir que el ICA del Punto 1 indica que el agua del Humedal es de mala calidad, mientras que en el Punto 2 el ICA revela que el humedal presenta una calidad regular.

12. CONCLUSIONES

En el humedal de María Camila se presenta un desequilibrio hidrológico manifestado cuando se presentan bajas precipitaciones, que se seca completamente.

La fuente hídrica que nutre el espejo de agua tanto superficial como subterránea no está llegando con suficiente caudal como para mantener el ecosistema hídrico.

La cobertura natural de la cuenca hidrográfica del humedal fue reemplazada por infraestructura vial, viviendas, entre otras que no cumplen con funciones de infiltración, perjudicando el flujo subterráneo de agua en el espejo de agua.

Existe fragmentación de la cobertura boscosa, y la ronda hídrica se encuentra desprotegida.

Existe fragmentación de la corriente hídrica, presentando una corriente permanente en el cauce de la cuenca baja del humedal, sin conexión con el vaso de agua del humedal.

No se ha respetado la ronda hidráulica del cuerpo hídrico, el cual ha sido reemplazado por infraestructura, viviendas, restaurante, megacolegio, iglesia, etc.

Se presenta una confluencia de las aguas de la cuenca hidrográfica urbana que nutre el humedal, con baja capacidad de infiltración, generando grandes volúmenes de aguas cuando llueve e inundaciones en las calles aledañas como se pudo evidenciar en el modelamiento hidrológico, debido a que el humedal es la zona más baja de toda la cuenca alta.

Falta de cultura ciudadana evidenciado en el arrojo de residuos sólidos, los cuales se evidencian a lo largo de todo el ecosistema, generando contaminación y diseminación de vectores.

Perturbación permanente del ecosistema natural con ruido vehicular, música a altos niveles de volumen, paso de transeúntes lo cual ha ocasionado ahuyentamiento de fauna, aunado a los demás problemas ya mencionados.

Las derivaciones hechas, del sistema hidráulico de drenajes le restan el agua superficial al sistema hidrológico del humedal (Vaso principal).

El filtro francés impacta positivamente el flujo de agua subterránea hacía el humedal de María Camila, debido a que la compactación que existía en la vía destapada fue corregida con la construcción de dicho filtro.

Los muros contruidos entre la vía y el límite del humedal para soportar el enmallado, no afecta el flujo de agua subterránea, ya que posee espacio suficiente entre columnetas para facilitar dicho flujo, incluso la cimentación se encuentra por encima de los niveles del agua subterránea.

Debido a los bajos niveles del agua en el humedal y los altos contenido de materia orgánica representada principalmente por la hojarasca de los árboles, se presentan niveles de contaminación del mismo, pero esta contaminación es reducida cuando ingresa agua de lluvia al sistema.

13.RECOMENDACIONES

Ecológicas

- Aumentar las coberturas vegetales arbóreas hasta cubrir la ronda hidráulica del cuerpo de agua.
- Eliminar las especies introducidas invasoras del humedal de María Camila conocida como Nim y reemplazarla con especies nativas.
- Asegurar la conectividad del cauce hídrico.
- Realizar la restauración morfológica del terreno, nivelando o retirando las pilas de escombros que se encuentran en las orillas del cauce del drenaje del humedal.

Sociales

- Realizar talles de educación ambiental para controlar los problemas antrópicos asociados al humedal (basuras, escombros, tala, quemas).
- La secretaría de salud municipal y departamental deben atender a los jóvenes con problemas de adicción a sustancias psicoactivas, los cuales las consumen en el humedal poniendo en riesgo a la comunidad.

Hidráulica.

- En las cámaras de inspección C5, C5A y C5B, localizadas sobre la Calle 18E, hacer descargas directas al humedal, lo mismo que la cámara C4.
- Como en la cámara 5, le llega el afluente captados a través de 5 rejillas, realizar desde esta una descarga directa al humedal, mediante la construcción de un vertedero lateral en dicha cámara.
- La rejilla localizada sobre la carrera 34 y las tres colocadas sobre la calle 18E, deben descargar directamente al humedal.
- Dirigir las aguas de escorrentía de las calles de la parte baja de la cuenca hacia el canal de desagüe del humedal.

- Aumentar las áreas de infiltración en la parte alta del humedal, en la cancha de futbol y en los laterales de la iglesia católica.
- Para épocas de verano se debe construir un filtro paralelo al tramo entre las cámaras C5 y C7A., el cual descarga a una caja de inspección y desde esta una tubería que descargue al humedal, para lo cual se requeriría la ejecución del siguiente numeral.
- Re-excavación el vaso del humedal para que pueda seguir cumpliendo con su función de amortiguar las máximas avenidas, y desde este descargue los excesos por su cauce natural.
- Es necesaria la construcción de colectores de aguas lluvias en la parte alta de la cuenca hidrográfica del humedal de María Camila para prevenir las inundaciones de las viviendas del barrio María Camila y alrededores, los colectores de aguas lluvias contruidos alrededor del humedal están diseñados para colectar el agua lluvia asociada a la vía.

14. BIBLIOGRAFÍA

Alcaldía Municipal de Valledupar. 2010. Actualización de Plan de Ordenamiento territorial de Valledupar.

Caja de Compensación del Cesar "COMFACESAR". (2013). Documento Técnico, Listado de Damnificados Elegibles Para Reconstrucción en Sitio (formato Excel), Municipio de Valledupar, departamento del Cesar.

Chow, V. T., "Handbook of Applied Hydrology", McGraw Hill Book Company, 1984.

Clavijo H., & Amarillo, Á. (2013). Variación taxonómica y funcional en la artropofauna asociada a comunidades vegetales en humedales altoandinos (Colombia (Colombia). *Revista Colombiana de Entomología*, 39(1), 155.

CORPOCESAR. 2012. Resolución 1207 del 7 de noviembre de 2012, "Por el cual se expiden las Determinantes Ambientales para la elaboración de los Planes De Ordenamiento Territorial Municipal de los Municipios Jurisdicción del Departamento del Cesar" Municipio de Valledupar, departamento del Cesar.

ECOFORST LTDA. (2009). Atlas Ambiental del Departamento del Cesar. Corporación Autónoma Regional del Cesar CORPOCESAR. Municipio de Valledupar, Departamento del Cesar.

Gobernación del Cesar. (2011). Cesar en Cifras. Municipio de Valledupar, Departamento del Cesar.

Guzmán Karelis. 2013. El Río Cesar. Documentos de Trabajo Sobre Economía Regional. Banco de la Republica. Centro de Estudios Económicos Regionales (CEER). Cartagena, Bolívar.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Subdirección Agrológica, Ministerio de Hacienda y Crédito Público, República de Colombia, "Mapa de Suelos, Usos de suelo, relieve".

INTEGRAL S.A. 2005. ESTUDIOS DE IMPACTO AMBIENTAL DE LOS CONTRATOS 144/97 "EL DESCANSO", 283/95 "SIMILOA" Y 284/95 "RINCÓN HONDO". De la compañía Drummond LTD. Departamento del Cesar.

Instituto Nacional de Vías. (2009). Ministerio de Transporte, República de Colombia, "Manual de Drenaje para Carreteras", Santafé de Bogotá, D.C., diciembre 2009.

Martínez, J. & Brochero, E. (2017). Diagnostico hídrico, ambiental y social del cuerpo de agua lentic (humedal María Camila), ubicado en el área urbana del municipio de Valledupar departamento del Cesar. Universidad Nacional Abierta y a Distancia. 132.

Monsalve G., "Hidrología en la Ingeniería", Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería, Santafé de Bogotá D.C., julio de 1995.

Lara, J. Palacino, F. Bota C. (2017). Nuevos Registros De Odonata De Bosque Seco Tropical Para El Departamento Del Huila, Universidad el Bosque. Colombia. 29.

Levin & Encinas, 2008. Adaptación al cambio climático: Experiencia en América Latina. Revista Virtual Redesma Vol 2.

Oscos, J., Durán, C., & Larraz, M. L. (2004). Contribución al conocimiento de algunos moluscos acuáticos (Mollusca: Gastropoda) en la cuenca del Ebro. *Munibe*, 166.

Pérez L. García L. 2012. Estado Y Prospectiva De Las Posibilidades De Adaptación Al Cambio Climático En La Región Atlántica Colombiana. Universidad de Manizales, Centro de investigaciones en Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible. República de Colombia.

Rodríguez, M. & Hinojosa, T. (2008). *Guía ilustrada de fauna del Santuario de Vida Silvestre Los Besotes, Valledupar, Cesar, Colombia*. Conservación Internacional Colombia. 292.

Temez José R, "Cálculo Hidrometeorológico de Caudales Máximos en Pequeñas Cuencas Naturales", Dirección General de Carreteras de España, Madrid, 1978.

Universidad Nacional. (2009). Biodiversidad regional: santa maría, Boyacá. Guía de campo, artrópodos: arácnidos, miriápodos, crustáceos, insectos. Colombia. 238.

Vargas M. R., Díaz - Granados D. M, "Curvas Sintéticas Regionalizadas de Intensidad - Duración - Frecuencia para Colombia", sin fecha.

http://www.gobcesar.gov.co/gobercesar/index.php?option=com_content&view=article&id=243&Itemid=4 96

<http://www.corpocesar.gov.co/> <http://garza.uis.edu.co/sigcorpocesar/index.html>.