



DOCUMENTO EJECUTIVO

PLAN DE ORDENAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO RIO CHIRIAIMO

JULIO SUAREZ LUNA

Director

Corporación Autónoma Regional del Cesar
“CORPOCESAR”

CONSTRUAMBIENTE S.A.S.

DEPARTAMENTO DEL CESAR

PERSONAL PARTICIPANTE

Director Proyecto: Luis Javier Carrillo

Componente técnico

Especialistas: Fabián Mauricio Caicedo Carrascal
Gabriel Oyaga García
Jhan Perez Correa

Ingenieros: Rafael García Barbas

Biólogos: Ana Margarita Mejía Pallares

Tecnólogos: Jaime Luis Nieto Puentes
Clara Inés Cayon Ochoa

Componente Socio ambiental

Profesionales: Amarlis Esther Rodríguez Medina
Joice Viloria Escobar

Profesional Jurídico: Artur Granadillo Vidal

Directivos Corpocesar

Director General: Julio Suarez Luna

Subdirector Gestión Ambiental Antonio Rudas Muñoz

Supervisor: Libardo Raúl Lascarro Dita

TABLA DE CONTENIDO

2.1	DIAGNÓSTICO INICIAL.....	8
2.1.1	DESCRIPCIÓN DEL TERRITORIO.....	9
2.1.1.1	Localization del Cuerpo de agua	9
2.1.2	PRIORIZACIÓN DE CUERPOS HÍDRICOS.....	15
2.1.2.1	Cuerpos Hidricos Representativos	16
2.1.2.2	Cuerpo Hidrico Priorizado	17
2.1.3	DELIMITACIÓN DEL AREA DE TRABAJO DEL CUERPO DE AGUA EN ORDENAMIENTO Y SUS TRIBUTARIOS PRINCIPALES.....	18
2.1.4	CLASIFIACIÓN DENTRO DE LA ESTRUCTURA HIDROGRÁFICA DE LA CUENCA.....	21
2.1.5	REVISIÓN DE INFORMACIÓN SECUNDARIA.....	23
2.1.6	Revision del estado de las redes hidrometeorologicas y de calidad hídrica existentes.	23
2.1.7	Información histórica de calidad y cantidad de agua.	24
2.1.8	Hidrogeologia	27
2.1.9	Clasificación consolidación de Información preliminar de los usuarios del recurso hídrico.....	30
2.1.10	Análisis preliminar de los usos del agua.....	32
2.1.11	Identificación de usos existentes del recurso hídrico.....	33
2.1.12	Análisis de la distribución y tamaños de predios asociados a la presión sobre la demanda.....	37
2.1.12.1	Cálculo de la demanda	37
2.1.12.2	Medición de Velocidades.....	39
2.1.12.3	Resultados de la distribución predial y presión sobre la demanda 40	
2.1.13	Diseño e implementación del proceso de participación con la comunidad.....	42
2.1.14	Consulta Previa	43
2.1.15	Actualización del inventario de obras hidráulicas y usos existentes. 44	
2.1.16	IDENTIFICACIÓN DE LOS USUARIOS DEL RECURSO HIDRICO. 56	
2.2	DEFINICIÓN DE TRAMOS DE ANALISIS	58

2.3	estructura conceptual para la modelación de la calidad del cuerpo de agua	59
2.3.1	Marco Conceptual	59
2.3.1.1	Modelo de simulación Qual2kw versión 5.1	60
2.4	PLAN DE MONITOREO EN EL CUERPO DE AGUA OBJETO DE ORDENAMIENTO	62
2.4.1	Primera campaña de monitoreo	63
2.4.2	Segunda campaña de monitoreo.....	63
2.4.3	Modelamiento Hidráulico	65
2.4.3.1	Ubicación de los Puntos de Medición.....	67
2.4.3.2	Propósito de la Medición	68
2.4.4	Determinación de condiciones hídricas.....	68
2.4.4.1	Caracterización Hidrológica.....	68
2.4.4.2	Morfometría.....	72
2.4.5	Estimación de condiciones Hidráulicas.....	74
2.4.5.1	Determinación de las pendientes.....	77
2.4.5.2	Condiciones hidráulicas iniciales.....	78
2.4.6	Análisis de los resultados de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos	80
2.5	DETERMINACIÓN DE CARGA CONTAMINANTES.....	83
2.6	PERFILES DE CALIDAD PARA LOS CUERPOS HÍDRICOS PRIORIZADOS	84
2.6.1	Aforos de caudal.....	85
2.6.2	Condiciones de calidad actual.....	87
2.6.3	Condiciones de calidad actual.....	87
2.6.3.1	Coliformes Totales.....	88
2.6.3.2	Demanda Bioquímica de Oxígeno.....	91
2.6.4	Índice de calidad para los cuerpos hídricos priorizados	92
2.6.5	Análisis de la información.....	94
2.6.5.1	Índices de calidad actual del cuerpo de agua.....	95
2.6.6	Objetivos de calidad	116
2.6.6.1	Establecimiento de categorías y definición de las convenciones.....	116
2.6.6.2	Selección de parámetros y concentraciones	117

2.6.6.3	Establecimiento de la Categoría de Calidad del Agua.....	123
2.6.6.4	Determinación de los Objetivos de Calidad.....	123
2.7	USOS ACTUALES DEL RECURSO HÍDRICO	126
2.8	Análisis de los conflictos actuales de uso por calidad	128
2.8.1.1	Conflictos entre usos	129
2.8.1.2	Conflictos entre actores no usuarios	129
2.8.1.3	Conflictos Institucionales	130
2.8.1.4	Conflictos entre usuarios	130
2.8.2	IDENTIFICACIÓN DE LAS ZONAS DE RECARGAS Y DESCARGAS DE ACUIFEROS	132
2.8.3	Delimitación de las zonas de recarga.....	132
2.8.4	Zonas de descarga.....	136
2.8.5	Estimación de la oferta hídrica	138
2.8.5.1	Información Climatológica	138
2.8.6	Análisis de la Oferta Hídrica en la Cuenca del río Chiriaoimo	146
2.8.6.1	Análisis estadístico (ANOVA simple) para las precipitaciones de la microcuenca:	146
2.8.6.2	Análisis de resultados.....	154
2.8.6.3	Curvas de intensidad, duración y frecuencia (IDF).....	154
2.8.6.4	Modelo estadístico de GUMBEL	155
2.8.6.5	Caracterización física e hídrica de la microcuenca del río Chiriaoimo 159	
2.8.6.6	Número de Curva (CN).....	160
2.8.6.7	Uso y Tratamiento del Suelo:	161
2.8.6.8	Condición Hidrológica.....	161
2.8.6.9	Modelación hidrológica.....	167
2.8.6.10	Interpretación de resultados	174
2.8.7	Caudal ecológico	177
2.9	sobre el recurso hídrico superficial.....	178
2.9.1	Metodología inventario de concesiones	178
2.9.2	Concesiones de agua.....	178
2.9.3	Resultados.....	179

2.9.4	Indicadores de estado de la demanda.....	181
2.9.4.1	Índice de uso del agua – IUA	181
2.9.4.2	Índice de vulnerabilidad por desabastecimiento - IVH.....	183
2.10	Determinación de riesgos asociados a la reducción de la oferta y disponibilidad del recurso hídrico.....	184
3.1	PROYECCIÓN DE LA DEMANDA HÍDRICA.....	187
3.1.1	Proyección de la demanda hídrica por sectores.....	189
3.2	Modelación de la calidad del recurso hídrico.....	193
3.2.1	Geometría de los planos	195
3.2.2	Calibración del modelo.	196
3.2.2.1	Calibración hidráulica.	197
3.2.2.2	Calibración de los parámetros de calidad de agua.....	199
3.2.3	Información de la calidad del agua.	204
3.2.3.1	Definición de escenarios de la modelación.	206
3.2.3.2	Resultados de la modelación por escenarios.	206
3.5	Identificación de los usos potenciales de los cuerpos de agua objeto de ordenamiento.....	219
3.6	DEFINICIÓN O AJUSTE DE METAS QUINQUENALES DE REDUCCIÓN DE CARGAS CONTAMINANTES.....	221
3.6.1	EVALUACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DE LOS OBJETIVOS DE CALIDAD EXISTENTES EN EL MARCO DEL PLAN DE ORDENAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO DEL RÍO CHIRIAIMO.	221
3.6.2	Objetivo de Calidad DBO	222
3.6.3	Objetivo de Calidad SST	223
3.7	ARTICULACIÓN CON EL PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE MICROCUENCAS HIDROGRÁFICAS – POMCA	224
3.8	PROGRAMA DE SEGUIMIENTO Y MONITOREO AL RECURSO HÍDRICO	225
3.8.1.1	Seguimiento Espacial De La Calidad Del Agua (Red De Monitoreo)	225
3.8.1.2	Red De Monitoreo Y Seguimiento De Los Objetivos De Calidad (Odc)	225
3.8.1.3	Red De Monitoreo Del Plan De Ordenamiento Del Recurso Hídrico.	225

3.8.1.4	Red De Monitoreo Y Seguimiento A Los Vertimientos Líquidos Puntuales.....	226
3.8.1.5	Seguimiento Temporal De La Calidad Del Agua (Frecuencia De Monitoreo)	226
3.8.1.6	Frecuencia Para La Red De Monitoreo Y Seguimiento De Los Objetivos De Calidad (Odc).	226
3.8.1.7	Frecuencia Para La Red De Monitoreo Del Plan De Ordenamiento Del Recurso Hídrico.....	226
3.8.1.8	frecuencia para la red de monitoreo y seguimiento a los vertimientos líquidos puntuales	226
3.8.1.9	Variables A Medir	227
3.8.1.10	. Metodología De Muestreo	227
3.8.1.11	. Toma De Muestras	227
4.1	FORMULACIÓN	229
4.1.1	Plan programático	229
4.1.1.1	Ejes transversales	229
4.1.1.2	Líneas estratégicas	230
4.1.2	Programas y Proyectos	234
4.1.3	Plan financiero.....	246

2.1 DIAGNÓSTICO INICIAL

El Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico-PORH es el instrumento de planificación que permite en ejercicio de la autoridad ambiental, intervenir de manera sistémica los cuerpos de agua para garantizar las condiciones de calidad y cantidad requeridas para el sostenimiento de los ecosistemas acuáticos y los usos actuales y potenciales de dichos cuerpos de agua.

La microcuenca del río Chiriaimo es la fuente hídrica más importante para los municipios de La Paz y San Diego, debido a que es la principal fuente de abastecimiento del acueducto del municipio de San Diego y La Paz además es la receptora de las aguas residuales del corregimiento de San José de Oriente del municipio de La Paz, también tiene una pequeña porción de territorio en el municipio de Manaure, principalmente en la parte alta.

Esta fuente hídrica actualmente sufre fuertes desequilibrios hídricos debido al mal uso de sus aguas, lo que ocasiona que la mayor parte del año en la parte media y baja (principalmente en la parte baja), el cauce principal se seque completamente, generando impactos ambientales negativos sobre la biodiversidad, y muchos de los potenciales usuarios aguas abajo.

La cuenca hídrica del río Chiriaimo, de acuerdo al diagnóstico realizado en el POMCA de la misma y la información registrada en las imágenes de satélite, presenta un alto grado de deforestación, sumado al vertimiento de aguas residuales y la sobreexplotación del recurso hídrico, además de los problemas de desertificación y sequía presentes en el municipio de San Diego (parte baja de la cuenca hidrográfica), configuran un escenario de efectos negativos sobre los bienes y servicios ambientales que la cuenca debería estar proporcionando.

Actualmente la cuenca del río Chiriaimo viene siendo sobreexplotada en su recurso hídrico, presenta un gran número de usuarios legalmente constituidos en la base de datos del registro de usuarios del recurso hídrico de La Corporación Autónoma Regional del Cesar CORPOCESAR, más los usuarios eventuales y/o permanentes sin registro.

La intervención de la cuenca con el Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico PORH de la cuenca del río Chiriaimo, es la herramienta de planificación que hoy nos permitirá hacer intervención sobre el recurso hídrico, ejercer autoridad sobre la fuente y permitir el adecuado beneficio de la cuenca sin poner en riesgo la biodiversidad, convertir el recurso hídrico en foco de desarrollo y generar espacios de discusión colectiva y constructiva de cada uno de los actores presentes en la cuenca.

El trabajo que se realizará con El Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico-PORH, consta de cuatro fases enunciadas a continuación.

FASE I DECLARATORIA EN ORDENAMIENTO DEL RÍO CHIRIAIMO.

FASE II DIAGNOSTICO.

FASE III USO POTENCIAL.

FASE IV ELABORACIÓN DEL PLAN.

Además de un proceso de consulta previa, previsto con la comunidad Yukpa asentada en la parte media alta de la cuenca de río Chiriaimo en el municipio de La Paz.

2.1.1 DESCRIPCIÓN DEL TERRITORIO

2.1.1.1 Localization del Cuerpo de agua

La corriente del río Chiriaimo es una fuente hídrica de uso público reglamentada mediante la resolución No. 674 del 28 de agosto de 1969, por el que hacia la veces como autoridad ambiental en su momento el Instituto Nacional de los Recursos Naturales Renovables y del Ambiente conocido como INDERENA, la corriente se encuentra ubicada en la microcuenca que lleva su mismo nombre dentro de la subcuenca del nivel subsiguiente Manaure - chiriaimo en el departamento del Cesar tal como muestra su localización general en el Mapa N° 1, localizado entre las coordenadas que presenta la Tabla N° 1, este nace en el municipio de La Paz en el Páramo de Sabana Rubia en el parque natural regional serranía del Perijá a una altura de 3200 m.s.n.m. aproximadamente y luego de un recorrido de 47.65 Km desemboca en el río Cesar a una altura de 100 m.s.n.m. (Mapa No 2) este sirve de límite territorial entre los municipios de La Paz, San Diego y Valledupar.

Tabla N° 1 Coordenadas de nacimiento y desembocadura de la corriente del Rio Chiriaimo

Punto	COORD_ESTE	COORD_NORTE	Altura
Nacimiento	1127576.9373	1627550.9126	3200 m.s.n.m
Cauce Principal			

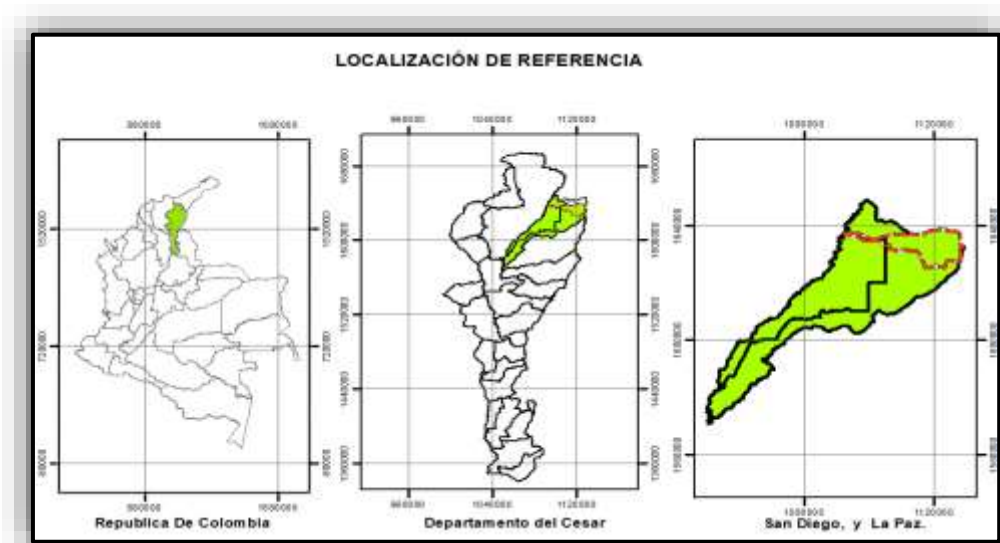
Desembocadura 1092173.6592 1637144.1417 100 m.s.n.m
Cauce Principal

LIMITES CORRIENTE RIO CHIRIAIMO

Punto	Coordenadas
Norte	1637336,3502
Sur	1627558,0729
Este	1127584,3155
Oeste	1092068,7752

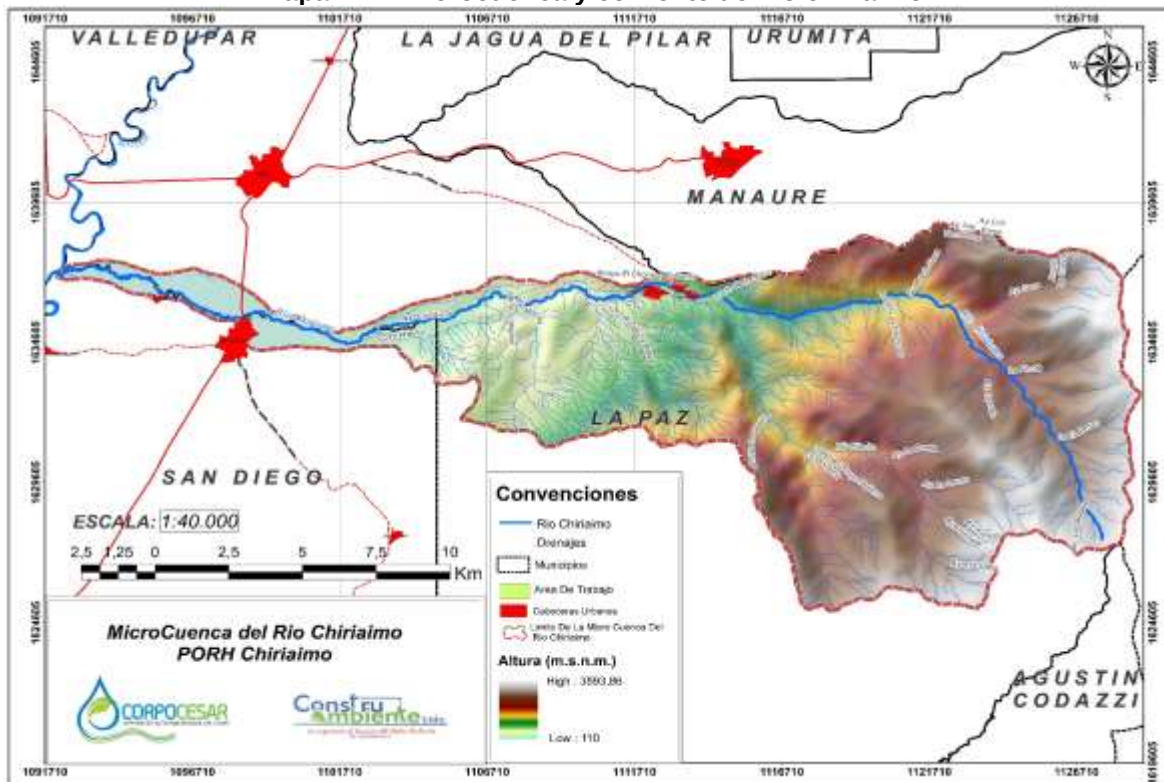
Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019

Mapa N° 1 Localización general de la microcuenca del rio chiriaimo



Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019

Mapa N° 2 Microcuenca y corriente del rio chiriaimo

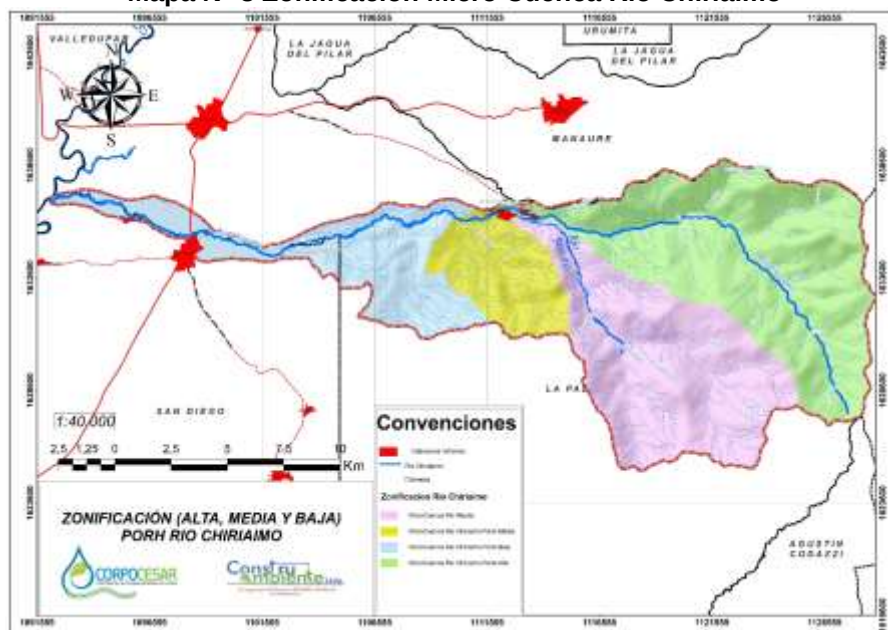


Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019

Las características geomorfológicas en la parte alta y media de la corriente del cuerpo de agua se caracterizan por poseer pendientes con cambios de alturas pronunciados sobre todo en sus inicios o muy cercanos al nacimiento que tienden a mantener una pendiente media a lo largo del cuerpo de agua hasta llegar a la parte baja que se ubica por debajo de los 500 m.s.n.m donde se homogenizan las pendientes y los cambios de altura son muy pocos.

La parte, alta, media, baja y el área formada por los divisorios de agua del rio Riecito se presentan en Mapa N° 3 tomado de la zonificación realizada por el (POMCA, Chiriaimo, 2011). Estas características altitudinales hacen de la cuenca una zona en la que se presentan todos los pisos térmicos, aunque el clima tiende a ser predominantemente frío y húmedo, en las zonas altas debido a su constitución de paramo y ya hacia las zonas bajas con una frecuencia mucho menor de precipitaciones y temperaturas promedio de 26 C°.

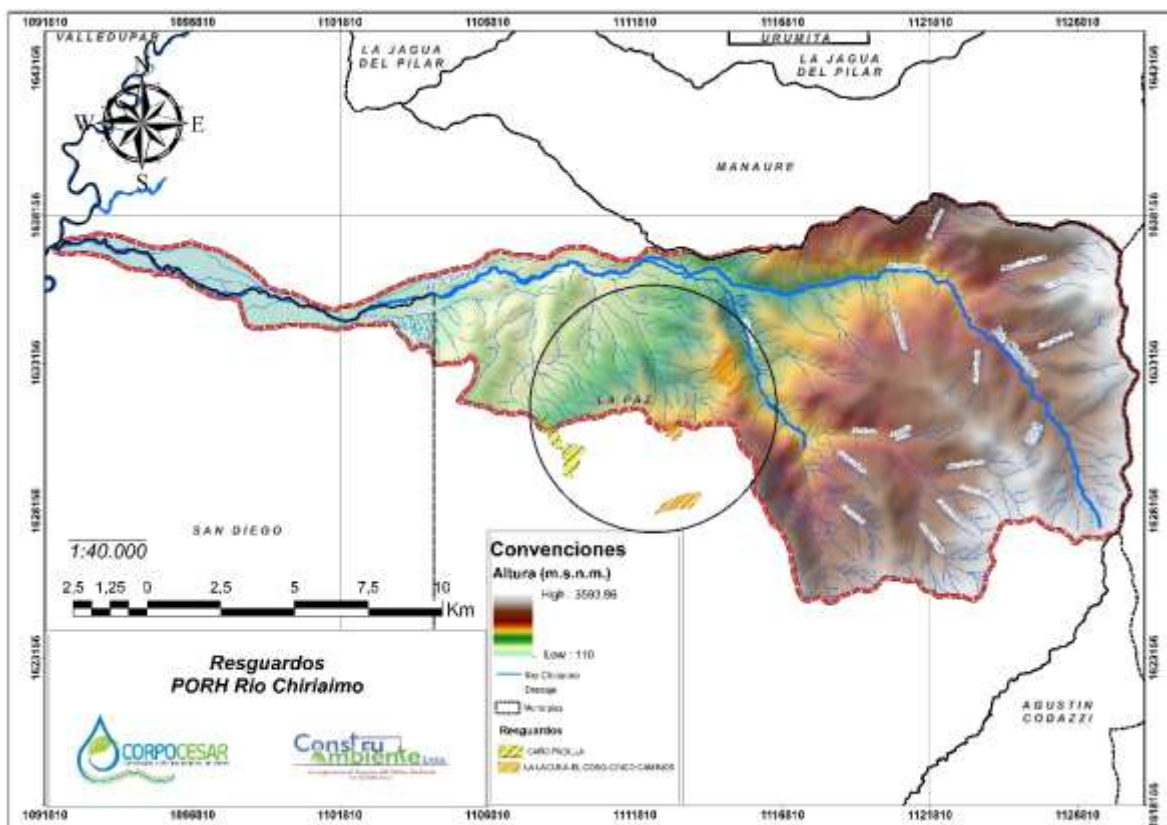
Mapa N° 3 Zonificación Micro Cuenca Rio Chiriaoimo



FUENTE: POMCA Chiriaoimo, 2011

Igualmente, para la fase de diagnóstico se hace de gran importancia establecer los asentamientos indígenas reconocidos legalmente, los cuales están dentro del área de influencia del presente PORH (ver Mapa N° 4), en este caso hacen presencia la etnia Yukpa con los resguardos La Laguna del resguardo La Laguna - El Coso – Cinco Caminos con un área de 156 Ha, y el resguardo caño padilla con un área de 91,41 Ha constituidos ambos legalmente ante el ministerio del interior y con los cuales se debe llevar a cabo un proceso de consulta previa del presente estudio.

Mapa N° 4 Resguardos Indígenas en área PORH Chiriaimo



Fuente: Construyeambiente & Corpocesar, 2019

Políticamente, la Microcuenca se encuentra dividida entre los municipios de La Paz y San Diego, según el (POMCA, Chiriaimo, 2011) y de acuerdo a la información contenida en la base de datos del SISBEN de 31 de diciembre de 2011, en la corriente que está contenida en la Microcuenca del Rio Chiriaimo se encuentran ubicadas en total alrededor de 16.504 personas entre niños, niñas, jóvenes, adultos y adultos mayores. (Ver Tabla N° 2)

Tabla N° 2 Distribución de la población total estimada para la microcuenca

La Paz		
MUNICIPIO, CORREGIMIENTO Y VEREDAS	Población Estimada	Representacion % de la poblacion
Corregimiento Betania, San Jose de Oriente	5488	73%
Veredas	2036	27%
TOTAL	7524	100%

San Diego		
MUNICIPIO Y CORREGIMIENTO	Población Estimada	Representacion % de la poblacion
Cabecera municipal	8532	95%
Corregimiento Los Tupes	448	5%
TOTAL	8980	100%

Fuente: SISBEN, MUNICIPIO DE LA PAZ Y SAN DIEGO, 2011

El área representativa de cada municipio dentro de la cuenca y su población correspondiente, se presenta en la Tabla N° 3.

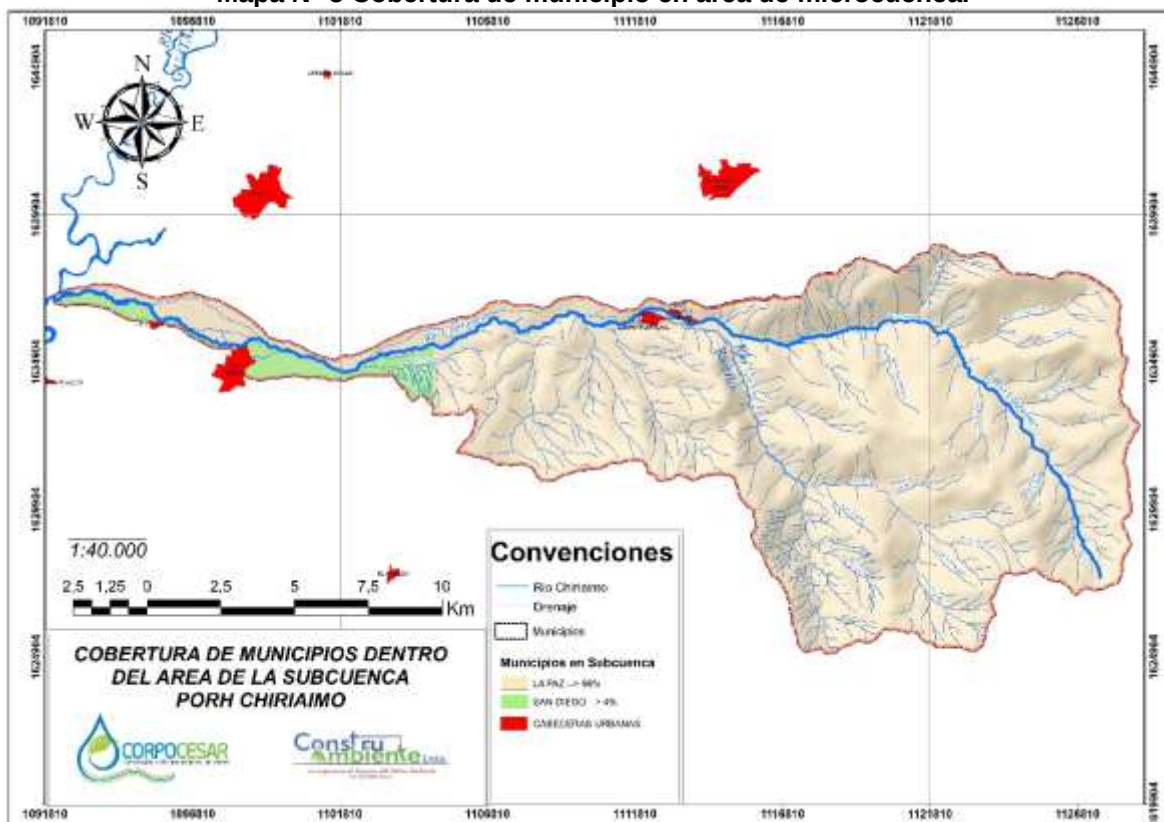
Tabla N° 3 Áreas representativas de cada municipio dentro de la microcuenca del río Chiriaimo.

MUNICIPIO	Área en la Sub cuenca (ha)	Porcentaje de la cuenca (%)	Área Urbana (ha)	Población Urbana (hab)	Área Rural (ha)	Población Rural (hab)
San Diego	766,62	4%	32,142	8532	734,478	448
La Paz	21009,59	96%	46,01	5202	20963,58	2300
TOTAL	21776,21	100%	78,152	13734	21698,058	2748

Fuente: SISBEN, MUNICIPIO DE LA PAZ Y SAN DIEGO, 2011

A partir de esta información se conoce que el municipio que más área cubre dentro de la microcuenca es el municipio de La Paz (96%), mientras que el municipio de San Diego cubre la menor parte (menos del 5%) tal como se lo muestra en el Mapa N° 5. Desde el punto de vista poblacional, el municipio con mayor número de habitantes dentro de la microcuenca es el municipio de San Diego.

Mapa N° 5 Cobertura de municipio en área de microcuenca.



Fuente: Construaambiente & Corpocesar, 2019

2.1.2 PRIORIZACIÓN DE CUERPOS HÍDRICOS

La microcuenca del río chiriaimo se encuentra compuesta por una red de 480 drenajes, entre los que se destacan algunos afluentes representativos del río Chiriaimo por sus condiciones de calidad y cantidad. Si bien se considera que el recurso hídrico en la cuenca es uno solo, es importante tener en cuenta que el proceso de ordenamiento debe centrar la aplicación de sus herramientas en aquellos cuerpos de agua que impliquen mayor afectación a las condiciones generales del recurso hídrico, dado que sus características propias influyen directamente las condiciones del drenaje principal.

2.1.2.1 Cuerpos Hidricos Representativos

En la Tabla N° 4, se listan las corrientes tributarias representativas del río chiriaimo que fueron reconocidas durante la revisión de información disponible, así como su localización y el respectivo uso del agua en cada una de ellas. Resaltada se encuentra la corriente que fué tomada en cuenta en el diseño de la red de monitoreo de agua superficial, en la que se dispuso puntos de control para el seguimiento de las condiciones de calidad y cantidad del Río Chiriaimo.

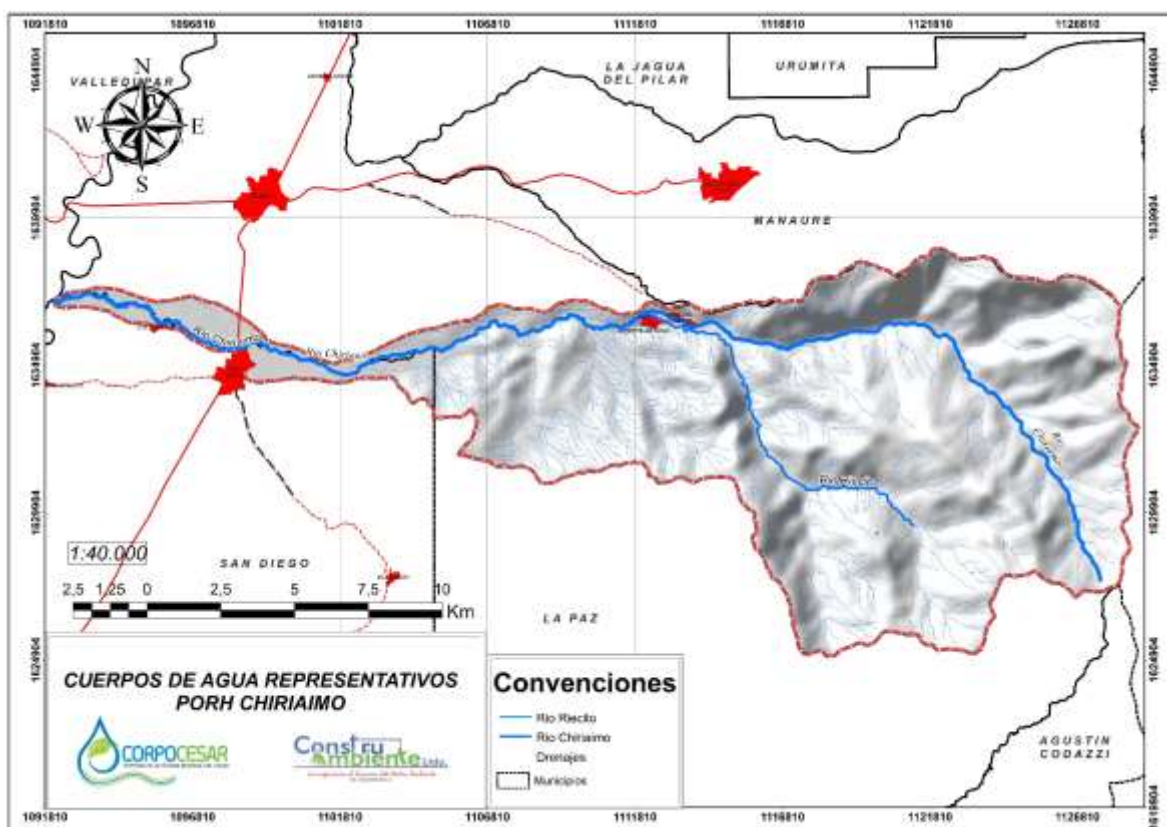
Tabla N° 4 Corrientes representativas de la Microcuenca del río Chiriaimo.

<i>Municipio</i>	<i>Fuente</i>	<i>Abastecedora</i>	<i>Receptora</i>
<i>La Paz</i>	<i>RIO RIECITO</i>	X	
<i>La Paz, San Diego</i>	<i>RIO CHIRIAIMO</i>	X	X

Fuente: Construaambiente & Corpocesar, 2019

De las corrientes representativas las más importantes son las del Río Riecito y Río Chiriaimo debido a la gran cantidad de aporte en cantidad y calidad del recurso. A partir del proceso de ordenamiento, en estas fuentes se determinan sus condiciones de intervención actual y el estado hidrológico en términos de su calidad y cantidad. Para esto se desarrollarán una serie de actividades encaminadas al levantamiento de información detallada para la construcción de la línea base, con lo que será posible construir la fase prospectiva y la formulación del Plan, en pro de la conservación del recurso.

Mapa N° 6 Cuerpos de agua representativos



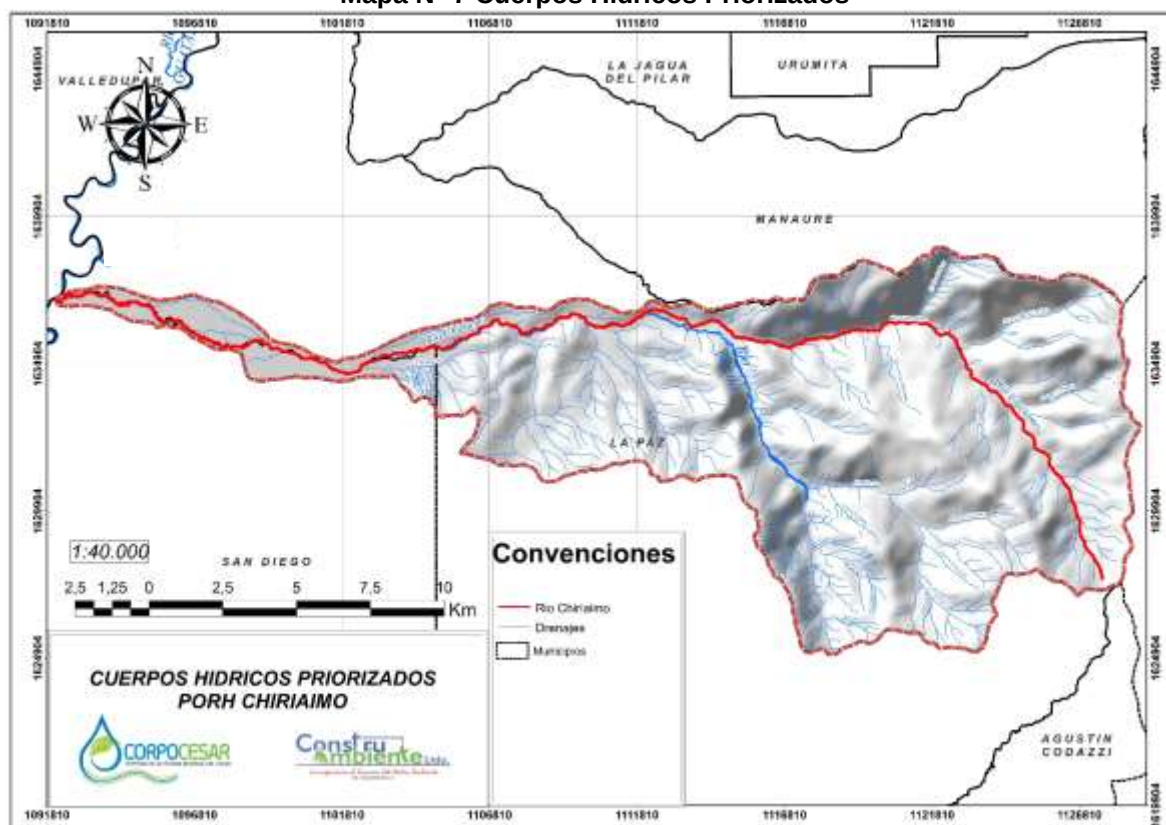
Fuente: Construyambiente & Corpocesar, 2019

2.1.2.2 Cuerpo Hidrico Priorizado

De esta manera, el cuerpo hídrico priorizado (Ver Mapa N° 7), según los criterios de selección dispuestos en el Decreto 1076 de 2015, corresponde al Río Chiriao. Esta corriente fué seleccionada de acuerdo a su importancia como fuente abastecedora y/o receptora de vertimientos puntuales que pudieran comprometer la calidad y cantidad del recurso hídrico en la microcuenca, y que por tanto debe ser objeto de ordenamiento, entre otros factores de selección se consideró que perteneciera a una red de monitoreo histórica, con puntos de control aguas arriba y aguas debajo de los vertimientos que son de importancia para la Corporación, con el fin de poder establecer la evolución espacial y temporal de sus condiciones.

A partir del proceso de ordenamiento, en esta fuente se determinan sus condiciones de intervención actual y el estado hidrológico en términos de su calidad y cantidad. Para esto se desarrollarán una serie de actividades en caminadas al levantamiento de información detallada para la construcción de la línea base, con lo que será posible construir la fase prospectiva y la formulación del Plan, en pro de la conservación del recurso.

Mapa N° 7 Cuerpos Hídricos Priorizados



Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019

2.1.3 DELIMITACIÓN DEL AREA DE TRABAJO DEL CUERPO DE AGUA EN ORDENAMIENTO Y SUS TRIBUTARIOS PRINCIPALES

Una cuenca se define como aquella unidad de territorio donde el agua fluye naturalmente y en la cual interactúan elementos biofísicos, socioeconómicos y culturales. Esta es un sistema interconectado de drenajes, conformando una serie de microcuenca tributarias en las que es posible dividir su territorio.

La delimitación del nivel subsiguiente dentro de la subzona hidrográfica que conforma la subcuenca del río Chiriaimo – Manaure y su microcuenca río Chiriaimo consideró lo otorgado por el IDEAM, 2013 y la clasificación de cuencas disponible en la Geodatabase de Corpocesar. Para la delimitación del área de trabajo del presente PORH, fueron tenidos en cuenta distintos criterios, inicialmente se tomaron los límites de la cuenca realizado por el POMCA del Río Chiriaimo, segundo sus drenajes principales, dentro de los cuales se resalta el río Riecito, y demás quebradas y arroyos, realizando así una delimitación con cada una de las zonificaciones de la microcuenca tomadas de la Geodatabase de la Corporación donde resalta la corriente priorizada.

En los Mapa N° 8 y Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019
Mapa N° 9 (Ver Anexos 1.1) se presenta la delimitación del área de trabajo del PORH Río Chiriaimo, correspondiente al cuerpo hídrico priorizado y su zonificación dividida en alta, media, baja dentro la microcuenca. se determina también los principales parámetros morfométricos y cuyos resultados se presentan en la

Tabla N° 5.

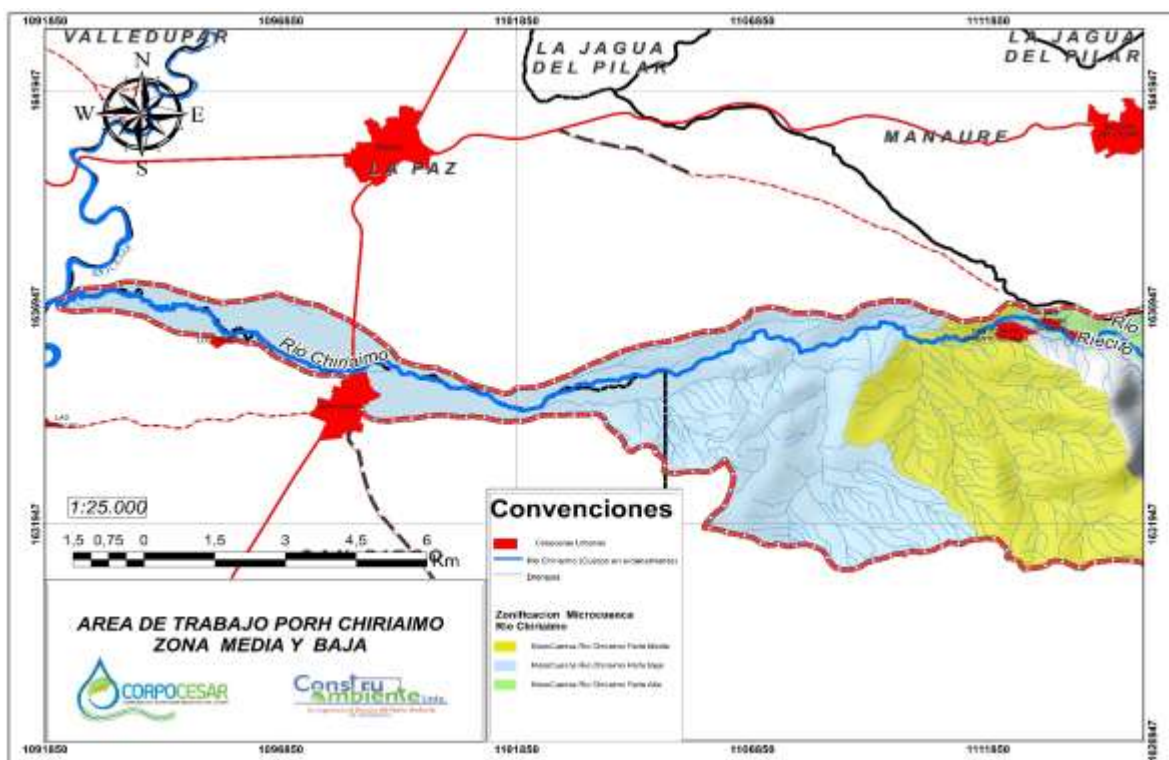
Tabla N° 5 Características principales de las corrientes tenidas en cuenta para el PORH.

MICROCUENCA	ZONIFICACION	CORRIENTE	ÁREA (Km2)	LONGITUD (KM)	ORDEN DE HORTON
Rio Chiriaimo	Alta	Rio Chiriaimo	87.38	21.980	5
	Media		23.59	2.7	
	Baja		39.78	23	

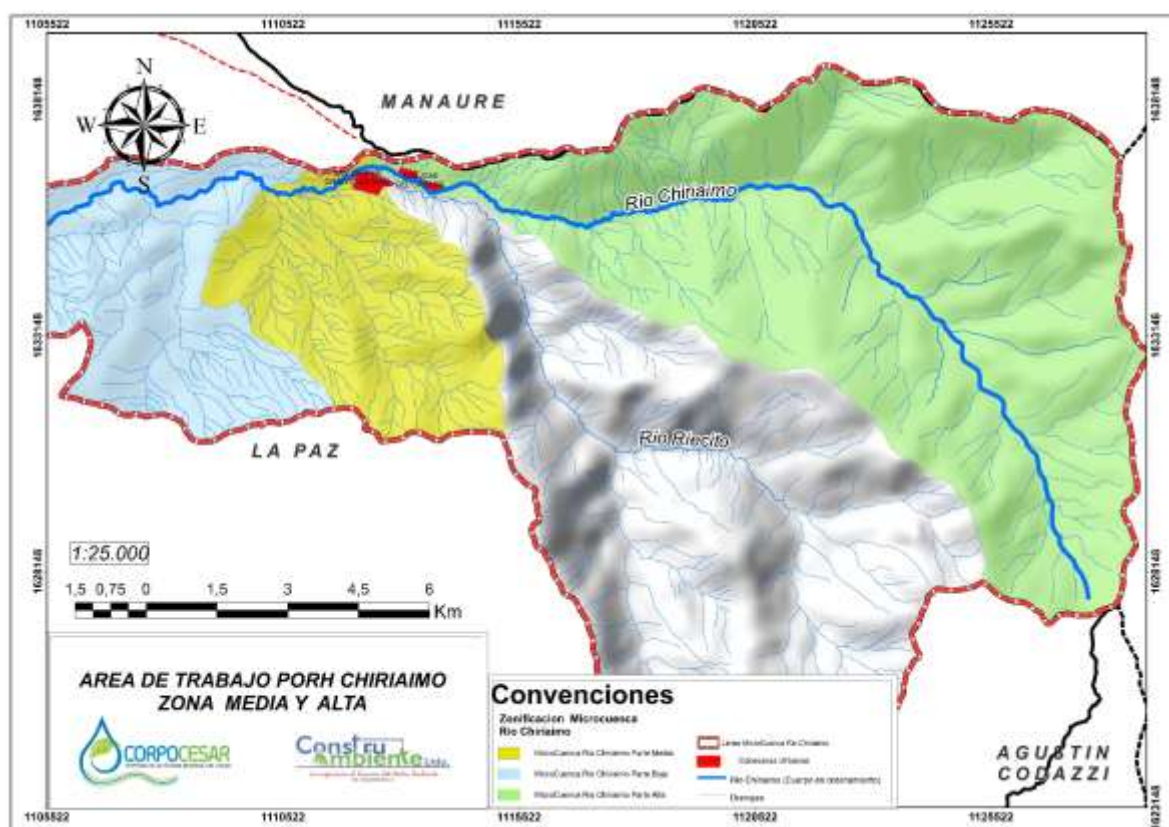
Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019

Mapa N° 8 Área de trabajo en la Parte media, baja de la corriente de río Chiriaimo.

FORMULACIÓN DEL PLAN DE ORDENAMIENTO DEL RECURSO HIDRICO DEL RIO CHIRIAIMO EN LOS MUNICIPIOS DE LA PAZ Y SAN DIEGO, DEPARTAMENTO DEL CESAR



Fuente: Constrambiente & Corpocesar, 2019
Mapa N° 9 Área de trabajo en la Parte media, baja de la corriente de rio chiriaimo.



Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019

2.1.4 CLASIFICACIÓN DENTRO DE LA ESTRUCTURA HIDROGRÁFICA DE LA CUENCA

Para la clasificación de la corriente priorizada dentro de la microcuenca en la estructura hidrográfica de la cuenca, se tuvo en cuenta lo dispuesto en el estudio “Zonificación y Codificación de Unidades Hidrográficas e Hidrogeológicas de Colombia” (IDEAM, 2013). Esta metodología se fundamenta básicamente en clasificar las cuencas y subcuenca en función de las áreas hidrográficas y su red de drenajes, asignando cuatro dígitos principales.

El primer dígito define el área hidrográfica, la cual coincide con las regiones naturales de Colombia: Caribe y áreas Insulares, Magdalena-Cauca, Orinoco, Amazonía y Pacífico. El segundo dígito corresponde a las principales cuencas aportantes (orden 1) de estas áreas, que en buena medida coinciden con los nombres de los ríos que las drenan, dando origen a siete zonas para el Caribe, nueve para el Magdalena-Cauca, ocho para el Orinoco y Amazonas y siete para el Pacífico. Finalmente, dentro del código primario, cada una de las zonas se subdivide en subzonas hidrográficas (orden 2), por debajo de las cuales se asignan números

consecutivos para los principales ríos que definen estas subzonas, denominados niveles subsiguientes.

La microcuenca del río chiriaimo se encuentra codificada por el IDEAM hasta el nivel subsiguiente, con el número 2802-03 correspondiente al nivel de la cuenca Manaure-Chiriaimo. La asignación de códigos para las microcuencas y drenajes de niveles inferiores corresponde a la Subdirección de Planeación en la Coordinación de POMCAS de Corpocesar, la cual actualmente se encuentra en proceso de actualización, según los resultados del PORH y el POMCA del Manaure- Chiriaimo que actualmente se encuentra en formulación. El propósito es que la codificación de la Corporación se ajuste a los lineamientos establecidos por el IDEAM y que al final se tenga una misma clasificación.

En la Tabla N° 6, se presenta de la clasificación del IDEAM que fué complementada a partir del nivel subsiguiente con la información disponible en la clasificación Corporativa, la cual es posible se siga manteniendo una vez logren la actualización interna de sus códigos.

Tabla N° 6 Clasificación de estructura Hidrográfica

Area hidrográfica	Código	Zona hidrográfica	Código	Subzona hidrográfica	Código	Nivel I subsiguiente	Código	Nivel II Microcuenca	Código	Nivel III Drenaje	Código
Magdalena Cauca	2	Cesar	8	Medio Cesar	02	Chiriaimo- Manaure	03	Rio Chiriaimo	02	Rio Chiriaimo	01

2.1.5 REVISIÓN DE INFORMACIÓN SECUNDARIA

La revisión de información secundaria fué clave para la construcción del diagnóstico inicial. Para esto se revisaron, estudios ambientales como el POMCA, de la subcuenca del río chiriaimo (Anexo 1.2), PMAA del sistema acuífero del Cesar, planes de instrumentación, como planes de ordenamiento territorial (POT), esquemas de ordenamiento de territorial (EOT), y Planes Básicos de Ordenamiento Territorial (PBOT) para los cuales se utilizaron los de los municipios de La Paz y San Diego (Anexo1.3), las bases de datos de Corpocesar donde consta el registro de usuarios que presentan concesiones de agua, permisos de vertimientos y licencias ambientales, así como los monitores con información histórica de redes hidrometeorológicas y calidad (Anexo 1.4), el inventario de obras hidráulicas y los usos del suelo.

En este numeral se presenta un recuento de los principales datos obtenidos luego de la revisión de información existente, lo cual puede verse en detalle en los anexos de la fase de diagnóstico 1.2 a 1.4.

2.1.6 Revision del estado de las redes hidrometeorológicas y de calidad hídrica existentes.

Para establecer el análisis climatológico de la corriente del Río Chiriaimo se manejó como fuente, la información registrada y publicada por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, IDEAM, mediante la operación de estaciones meteorológicas instaladas para el registro de las variables climáticas; localizadas dentro y próximas al área de estudio. Entre estas se utilizaron las estaciones de San José de Oriente (Climatológica Ordinaria), San Diego (Climatológica Ordinaria), y Bella la Cruz (Pluviométrica). Obteniendo información específicamente de los datos asociados a los parámetros o variables medidas de Precipitación, Temperatura, Humedad Relativa, Brillo Solar.

En atención a que, de las tres estaciones ubicadas en el área de influencia de la corriente del río chiriaimo, solo la estación climatológica San José de Oriente es la que cuenta con registros históricos de las variables climáticas necesarias para la realización completa de un análisis climatológico, por lo tanto, esta estación fue la que se utilizó para llevar a cabo dicho análisis (Ver Tabla N° 7) (Ver anexo 1.4) (Ver Mapa N° 10).

Tabla N° 7 Estaciones Meteorológicas en el área de trabajo – PORH Chiriaimo

CODIGO	NOMBRE	CATEG	ESTADO	CORRIENTE	DEPTO	MPIO	COORD. ESTE	COORD. NORTE	ALTITUD	ESCALA TEMPORAL DE REGISTRO		ENTIDAD ENCARGADA
										FECHA DE INSTALACIÓN	FECHA DE SUSPENSIÓN	
28020300	BELLA PAZ LA	PM	SUSPENDIDA	CHIRIAIMO	CESAR	LA PAZ	1.636.476,516	1.097.936,715	500	15/02/1967	15/10/1971	IDEAM
28025030	SAN DIEGO	CO	SUSPENDIDA	CHIRIAIMO	CESAR	LA PAZ	1.636.321,438	1.107.320,061	165	15/05/1964	15/05/1978	IDEAM
28025040	SAN JOSE D ORIENTE	CO	SUSPENDIDA	CHIRIAIMO	CESAR	LA PAZ	1.636.566,971	1.112.436,902	850	15/08/1975	15/05/1998	IDEAM

FUENTE: IDEAM, 2017

Mapa N° 10 Estaciones meteorológicas en área de trabajo – PORH Chiriaimo.



FUENTE: IDEAM, 2017

2.1.7 Información histórica de calidad y cantidad de agua.

La actividad de revisión de información disponible para la zona de estudio consideró los resultados disponibles en la base de datos de calidad que se presentan en el Anexo 1.2, correspondiente al monitoreo realizado por el (POMCA chiriaimo, 2011) los cuales cuentan con información valiosa para la construcción de la línea de calidad, favoreciendo el análisis de la evolución temporal y espacial de las condiciones de calidad del agua en los cuerpos hídricos objeto de estudio.

El mapa No 14, presenta las estaciones de calidad pertenecientes al POMCA Chiriaimo, 2011, el cual monitoreo en la microcuenca del río Chiriaimo, con el fin de determinar la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua del río Chiriaimo, se realizaron muestreos en seis estaciones ubicadas en el cauce principal del río, durante el mes de noviembre del año 2010, teniendo en cuenta el protocolo de muestreo del IDEAM.

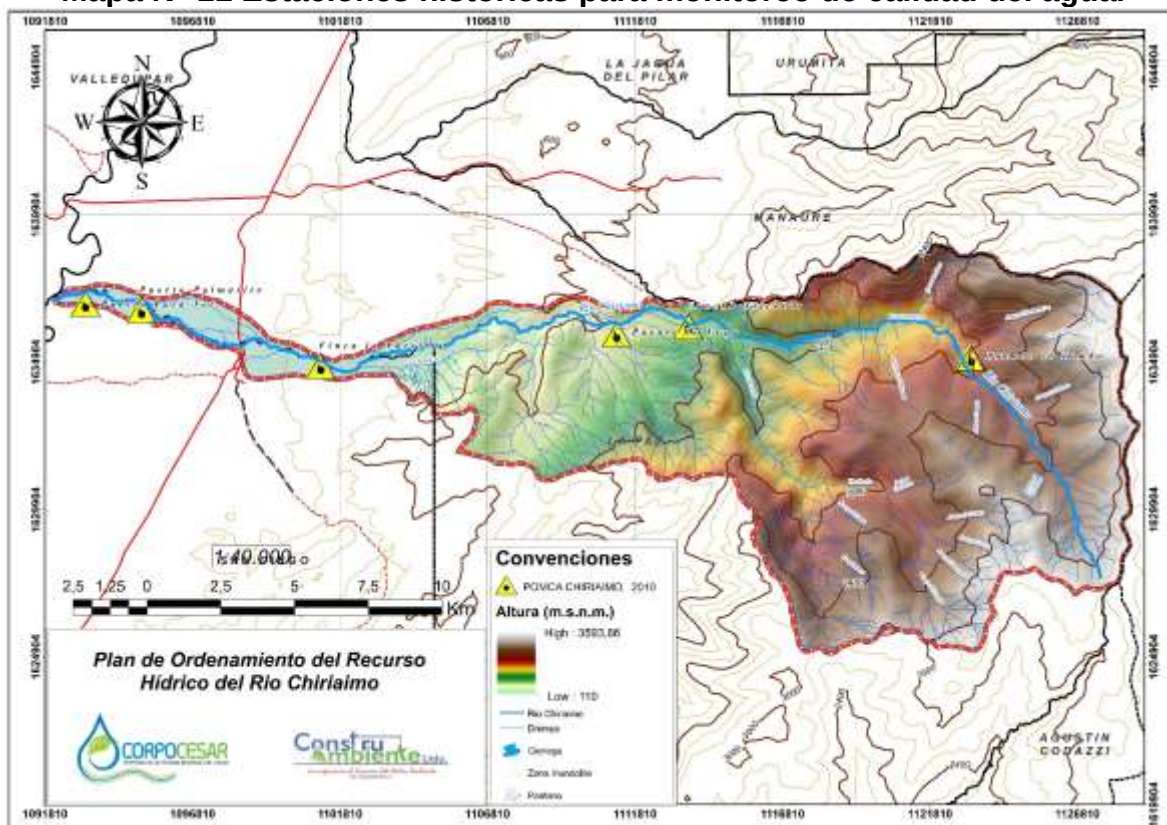
Para establecer las condiciones y tendencia de las características fisicoquímicas y microbiológicas se realizó una comparación de los análisis de agua realizados en los años 2009 y 2010, los cuales corresponde a las estaciones de muestreos, dichas comparaciones se realizaron teniendo en cuenta los periodos de altas y bajas precipitaciones registradas durante los monitoreos.

Los resultados de las comparaciones de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos durante los periodos mencionados arrojaron que las aguas del río Chiriaimo en periodos lluviosos presentan condiciones de calidad aceptable, especialmente en las estaciones ubicadas hacia la parte alta del cauce, mientras que las estaciones ubicadas en la parte baja son aguas de condiciones regulares. Para los periodos de bajas precipitaciones o secos, el río Chiriaimo presenta aguas de baja calidad, debido al aumento de la concentración de contaminantes en especial del número de coliformes.

El principal problema de contaminación identificado según el POMCA Chiriaimo, 2011, corresponde a aguas residuales domésticas representada en el número de bacterias coliformes encontrados, y los altos valores registrados en los parámetros fisicoquímicos en estudio, resaltando la estación seis (puerto Para Ver), con los niveles más altos de contaminación

Según el estudio del POMCA Chiriaimo, 2011, Dentro del proceso de la identificación de aspectos ambientales se encontró que los impactos más significativos sobre el río Chiriaimo se encuentran orientados a: agotamiento y desmejoramiento de la calidad del recurso hídrico, pérdidas de cobertura vegetal, usos inadecuados del suelo y presencia de vectores por mal manejo de los residuos sólidos y líquidos sobre el cauce del río.

Mapa N° 11 Estaciones históricas para monitoreo de calidad del agua.



Fuente: Construyeambiente & Corpocesar, 2019

Para el POMCA Chiriao, 2011 se seleccionaron seis estaciones de muestreo, teniendo en cuenta los objetivos del estudio, los gradientes ambientales, principales vertimientos, confluencia con ríos principales, políticas relacionadas con el recurso hídrico, zonas de desarrollo industrial y urbano existentes y potenciales, bocatomas de acueductos y distritos de riego, entre otros, el monitoreo de las características fisicoquímicas y microbiológicas de las aguas del río Chiriao, en dos salidas de campo, durante los días 9 y 10 de noviembre de 2010, en el período comprendido entre las 8:30 a.m. y las 4:30 p.m. La Tabla 2.1.58 presenta las estaciones de muestreo, tipo de muestra y las coordenadas geográficas de cada estación. Así mismo se presentan las fotografías de cada estación. Para el presente estudio se seleccionaron la misma cantidad de estaciones, localizadas en el mismo lugar, pero debido a una sequía total que presenta el río desde punto que se conoce como el puente de San Diego hasta la desembocadura del Río Cesar, tuvieron que ser reubicados los dos últimos puntos, pero este tema será analizado como mayor detalle en los próximos capítulos.

Tabla N° 8 Ubicación de estaciones de muestreo, POMCA Chiriaimo, 2011.

Estación No.	Estación	Río	Tipo de Muestra	Coordenadas Elipsoidales		Coordenadas Planas	
				Norte	Oeste	Norte	Oeste
1	Puente el Tambo	Chiriaimo	Puntual	10°20.353	72°57.399	1635037	1123142
2	Cancha Tricolor	Chiriaimo	Puntual	10°20.951	73°02.653	1636109	1113550
3	Puente la Vega	Chiriaimo	Puntual	10°20.815	73°03.983	1635851	1111122
4	Finca la Parrilla	Chiriaimo	Puntual	10°20.242	73°09.478	1634765	1101090
5	Puerto Palmarito	Chiriaimo	Puntual	10°21.104	73°11.478	1636660	1095016
6	Puerto Para Ver	Chiriaimo	Puntual	10°21.404	73°13.841	1636883	1093118

2.1.8 Hidrogeología

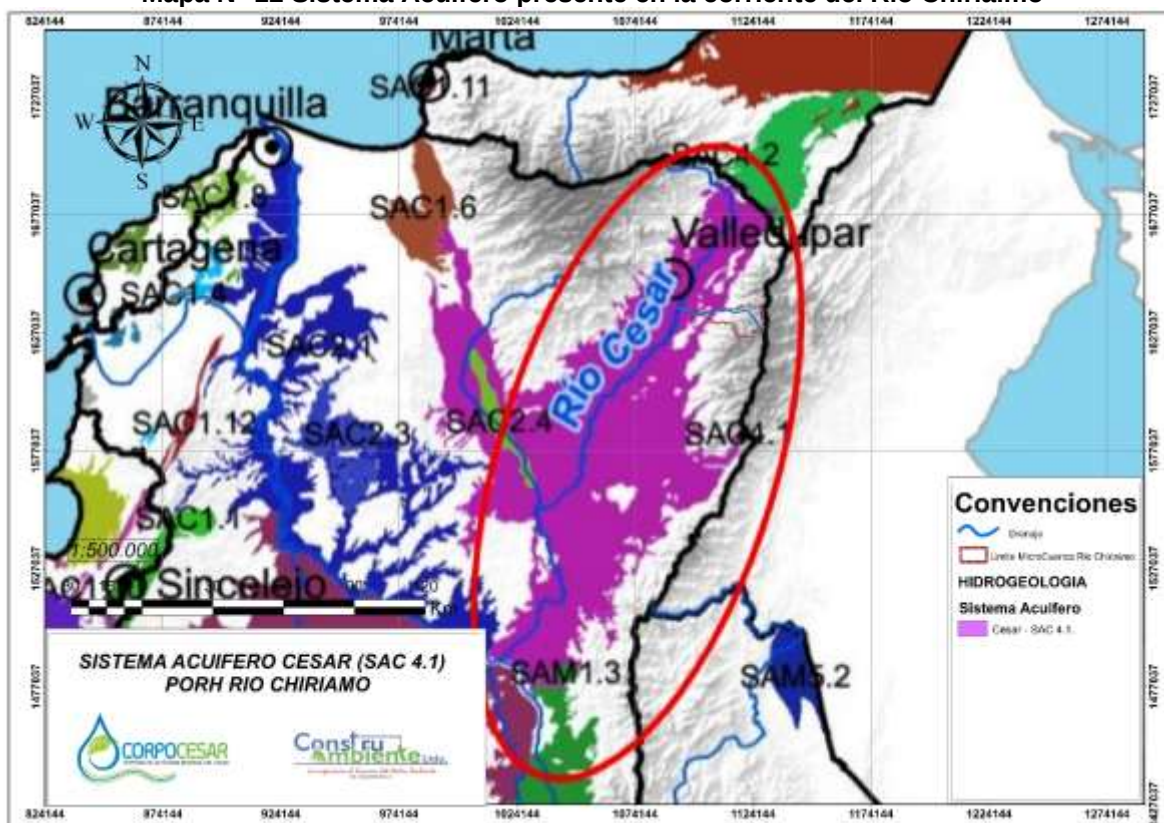
Se define un sistema acuífero como una unidad o formación geológica que puede contener a la vez uno o varios tipos de acuíferos (libres, semiconfinados, confinados, etc.) los cuales pueden almacenar grandes o pequeños volúmenes de agua, en condición de explotación o no.

La clasificación hidrogeológica de las unidades geológicas presentes en el Departamento del Cesar basa su importancia con respecto a su potencialidad como acuíferos; asociada a sus características intrínsecas de pequeña escala (porosidad, conductividad hidráulica, calidad del agua) y por las de mayor escala (extensión, espesor y estructura); como también de circunstancias externas como la explotación, la recarga, la descarga y la relación de los mismos con otros acuíferos.

Según la información revisada en el estudio (IDEAM & MinAmbiente, ENA, 2014) la corriente del río Chiriaimo se encuentra dividida entre la provincia hidrogeológica Cesar – Ranchería y a su vez dentro de esta se encuentra en el sistema acuífero Cesar de código SAC 4.1 (Ver Mapa N° 12) localizado la parte baja de la corriente, dentro del sistema se hallan los Acuíferos de llanura aluvial (Qlla), Acuífero abanico aluvial de Valledupar (Qcal), Acuífero cuaternario aluvial reciente (Qal) y hacia el sector Oeste en la parte media y alta, se encuentran formaciones de Basamentos – Acuífugas en la ecorregión de la serranía del Perijá que en sí mismo no representan un acuífero pero si contienen aguas subterráneas en espacios semiconfinados muy puntuales que se manifiestan en forma de nacederos. Los límites geográficos de esta división se aprecian en el mapa de distribución de provincias hidrogeológicas y localización de acuíferos de Colombia en las páginas 130 y 131 del estudio (IDEAM & MinAmbiente, ENA, 2014) los elementos geográficos como vectores en formato SHP del polígono de provincias hidrogeológicas no se encuentran publicadas en la página de datos abiertos que posee el IDEAM al momento de la presente revisión y solo se hallaron en este formato la información de la versión anterior del estudio (IDEAM & MinAmbiente, ENA, 2010) por lo que para el polígono de provincias hidrográficas esta fue la fuente consultada, por otra parte para el

polígono de sistemas acuíferos se optó por una digitalización y georeferenciación del mapa en PDF debido a su calidad en la imagen.

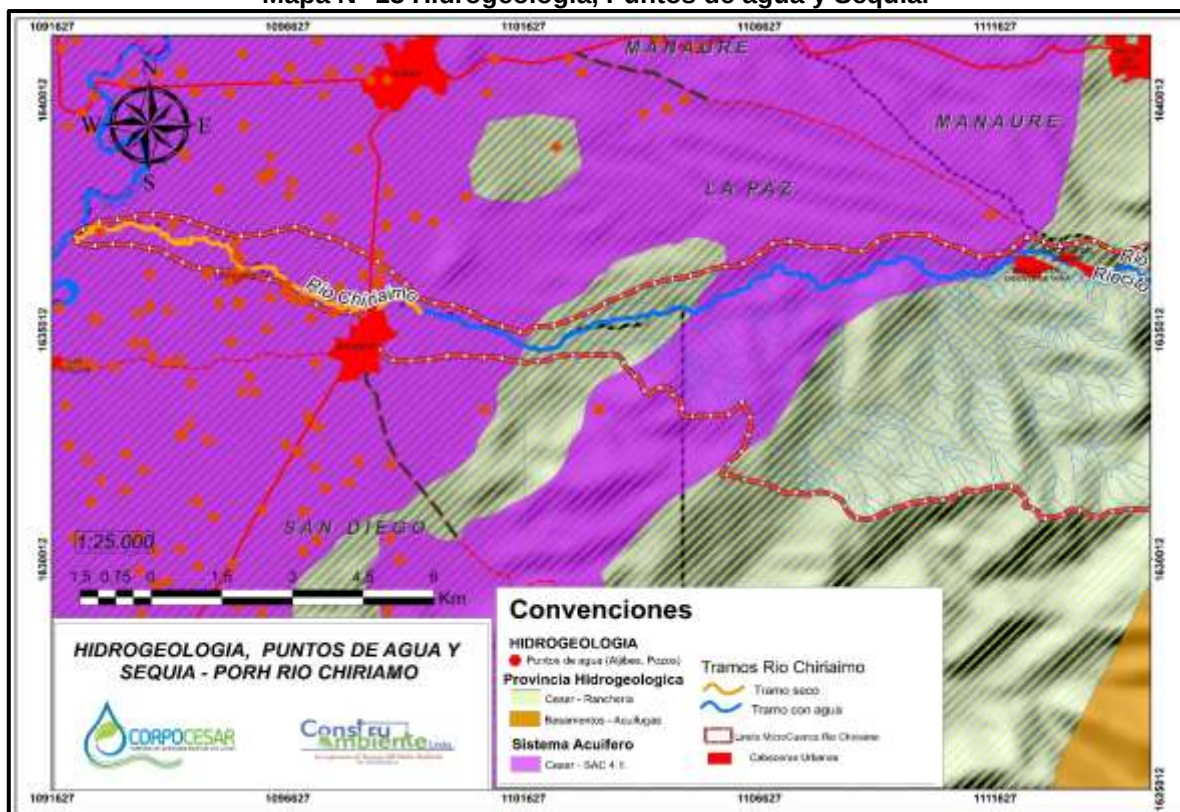
Mapa N° 12 Sistema Acuífero presente en la corriente del Río Chiriaimo



Fuente: (IDEAM & MinAmbiente, ENA, 2014)

En el Mapa N° 13 se puede observar el inventario de puntos de agua o puntos hidrogeológicos reconocidos por la Corporación, como aljibes, pozos y manantiales, estos se muestran dentro del sistema acuífero Cesar de código SAC 4.1 presente en la parte baja de la corriente y este a su vez dentro de la provincia hidrogeológica Cesar – Ranchería en la parte media y Baja.

Mapa N° 13 Hidrogeología, Puntos de agua y Sequia.



Fuente: (IDEAM & MinAmbiente, ENA, 2014) y Corpocesar 2004 – 2017

En el recorrido realizado sobre el cauce del rio, se observó como este pierde ostensiblemente agua hasta el punto secarse de forma total (Ver Fotografía No 1) desde el sector desde donde se inicia la mayor concentración de aljibes, pozos y manantiales identificados, según datos de la corporación solo dentro del área de influencia de la micro cuenca existen 18 de estos puntos de agua de los cuales al menos 14 están activos y ya en el área del acuífero el cual posee una extensión de 12219 Km² existen inventariados 1265 Aljibes, 379 Pozos y 24 manantiales, esto refleja una interconexión hidráulica entre este acuífero y la fuente superficial evidente ya que esta cantidad de puntos de agua generan una presión y estrés sobre el acuífero que resulta en una disminución del nivel freático e impiden que los puntos de donde se recargaba a través de fuentes subterráneas el cuerpo de agua ya no sea posibles, sumado a la sequía total generada por las captaciones de agua superficial, la situación del cuerpo hídrico se convierte en critica ya que no puede abastecerse por ninguno de los dos métodos, dependiendo únicamente de las precipitaciones.

Fotografía No 1 Vuelo con Drone evidencia del último tramo de agua en el cauce del río Chiriaimo en el inicio del muro de contención.



Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019

2.1.9 Clasificación consolidación de Información preliminar de los usuarios del recurso hídrico

Los usuarios del recurso hídrico para el cuerpo de agua priorizado en el presente ejercicio de planificación y diagnóstico, fueron los reconocidos a partir de la revisión de las bases de datos suministradas por la Corporación, donde constan los permisos otorgados en la corriente para cada actividad según los expedientes disponibles. De estos se recolectó la información referente a las captaciones de agua superficial permitidas, a las que se les otorgó legalmente una concesión de agua para su aprovechamiento y destinación a un uso específico; así como los vertimientos puntuales de las empresas cotizantes de tasa retributiva, a las que se les permite realizar una descarga específica a un cuerpo de agua como producto de la actividad que desarrolla.

Producto de esta revisión de bases de datos y expedientes de la corporación (Anexo 1.4), se encontraron, un total de 80 usuarios registrados de los cuales solo se conoce su localización exacta a partir de coordenadas de seis (6) ya que cuatro (4) de estos en los últimos años se les había realizado visitas de control y

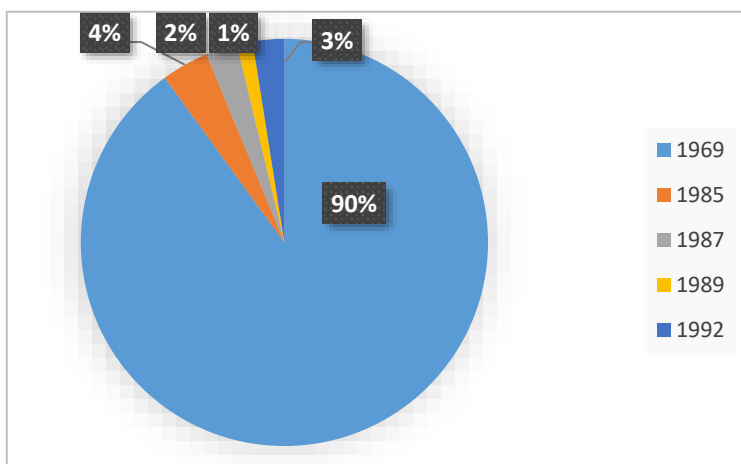
seguimiento ambiental y por consiguiente se ha actualizado el estado de la concesión, los dos (2) usuarios restantes son los acueductos de los municipios de la paz y San Diego de la cual su georeferenciación fué facilitada por información de la oficina EMPAZ (Empresa de acueducto y alcantarillado del Municipio de la Paz), y de los restantes no se discrimina o conoce su estado ya que las fechas de gran parte de las resoluciones que otorgan los permisos en este caso 72 se realizaron en el año de 1969 y las otras en distintos años posteriores tal como se ve en la Tabla N° 9 y Grafica N° 1. Los caudales concesionados suman un total de 1518 L/s, se distinguen en dos tipos de usos, domésticos y agrícolas tal información se discrimina en la Tabla N° 10 (Ver Grafica N° 1, **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** y Grafica N° 2). Dentro de la información recaudada no se encontraron usuarios que posean permisos de vertimientos y que por ende estén pagando una tasa retributiva (TR).

Tabla N° 9 Numero de concesiones por fecha de resolución

Numero	Porcentaje	Fecha De Resolución
72	90.00%	1969
3	3.75%	1985
2	2.50%	1987
1	1.25%	1989
2	2.50%	1992
80	100%	

Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019

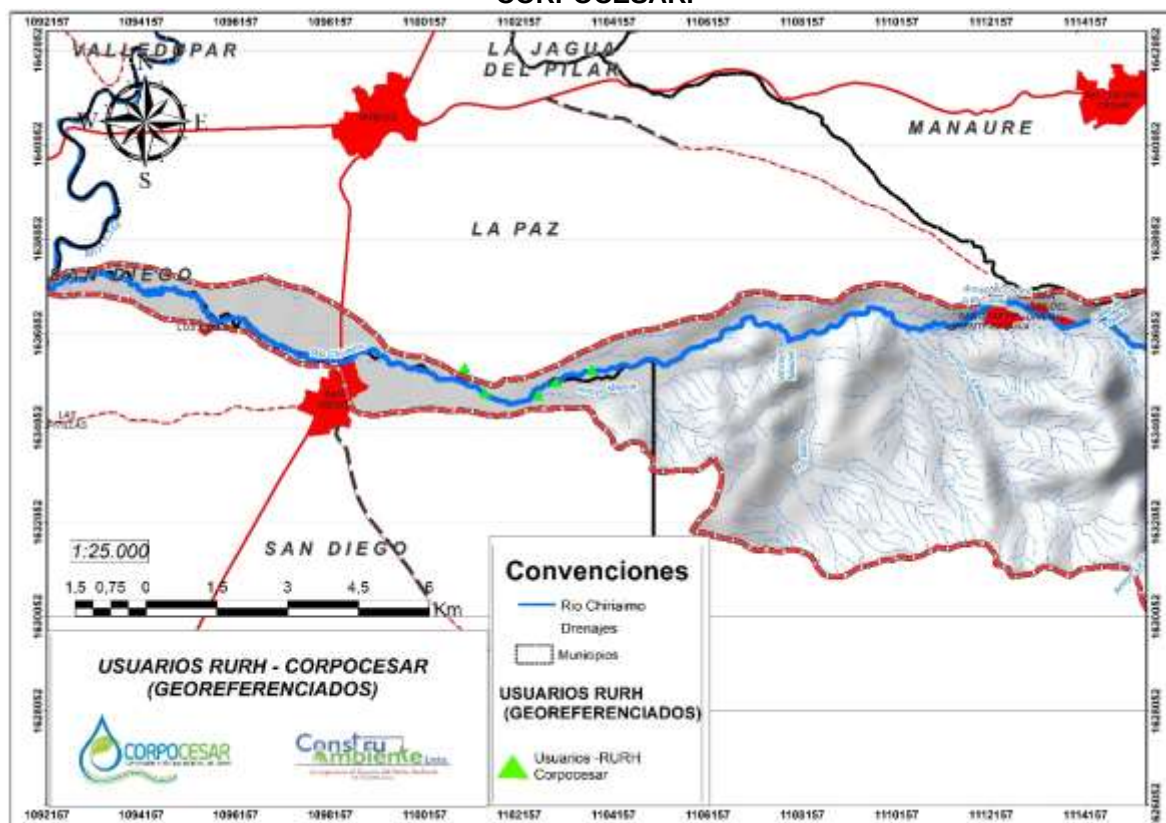
Grafica N° 1 Información del número de concesiones concedidas en porcentaje y fecha



Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019

De la revisión de información recaudada del RURH entregado por Corpocesar solo se pueden georreferenciar 5 usuarios los cuales se presentan el Mapa N° 14 en el cual dos de estos poseen el mismo punto de captación ya que pertenecen al acueducto que comparten el municipio de La Paz y San Diego.

Mapa N° 14 Usuarios con concesión de agua superficial Georreferenciados por CORPOCESAR.



Fuente: Construyeambiente & Corpocesar, 2019

2.1.10 Análisis preliminar de los usos del agua

El análisis preliminar de los usos del agua se realizó a partir de la revisión de información, recopilada en la base de datos de concesiones otorgadas por la corporación. Esta información se encuentra organizada por usos, según la actividad a la que se destina el agua de cada captación.

Según la información entregada por CORPOCESAR en el RURH existente para la corriente del Río Chiriamo, los expedientes revisados, el informe técnico

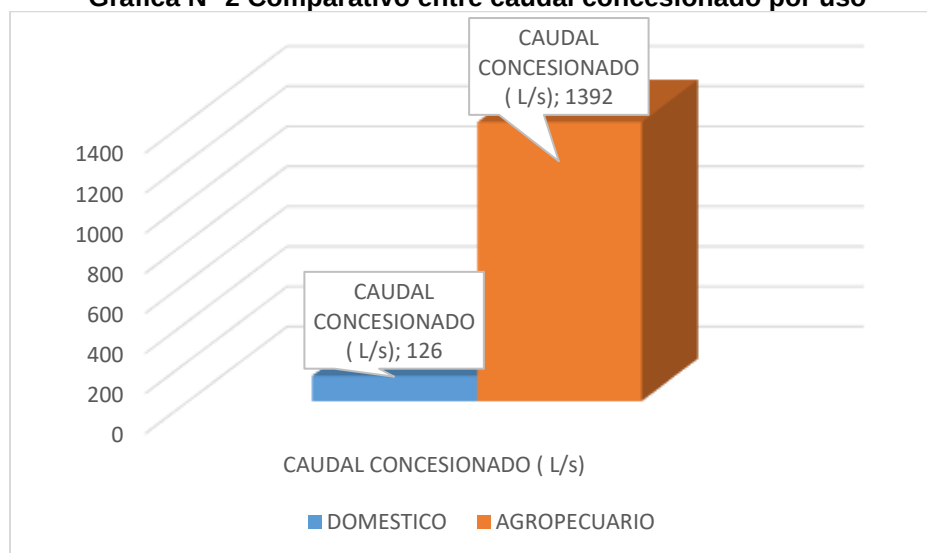
actualizado de EMPAZ (Empresa de acueducto y alcantarillado de la paz) realizado en 2014 y el reporte de gestión del año 2018 entregado por EMPOSANDIEGO (Empresa de acueducto y alcantarillado de SAN DIEGO) legalizadas se cuentan con 80 concesiones con un caudal concesionado total de 1518 (L/s) discriminadas en su uso en un 2.50 % equivalentes a 126 (L/s) para uso doméstico y la actividad que mayor caudal demanda en la agropecuaria con un 97,50% equivalentes 1392 (L/s) esta distribución del agua entre los distintos usos puede observarse en la Tabla N° 10.

Tabla N° 10 caudal concesionado por uso

TIPO DE USO	CAUDAL CONCESIONADO (L/s)	No De CONCESIONES	Porcentaje de concesiones	Municipios	
				San Diego	La Paz
DOMESTICO	126	2	2,50%	0	2
AGROPECUARIO	1392	78	97,50%	64	14
	1518	80	100%	64	16

Fuente: Construaambiente & Corpocesar, 2019

Grafica N° 2 Comparativo entre caudal concesionado por uso

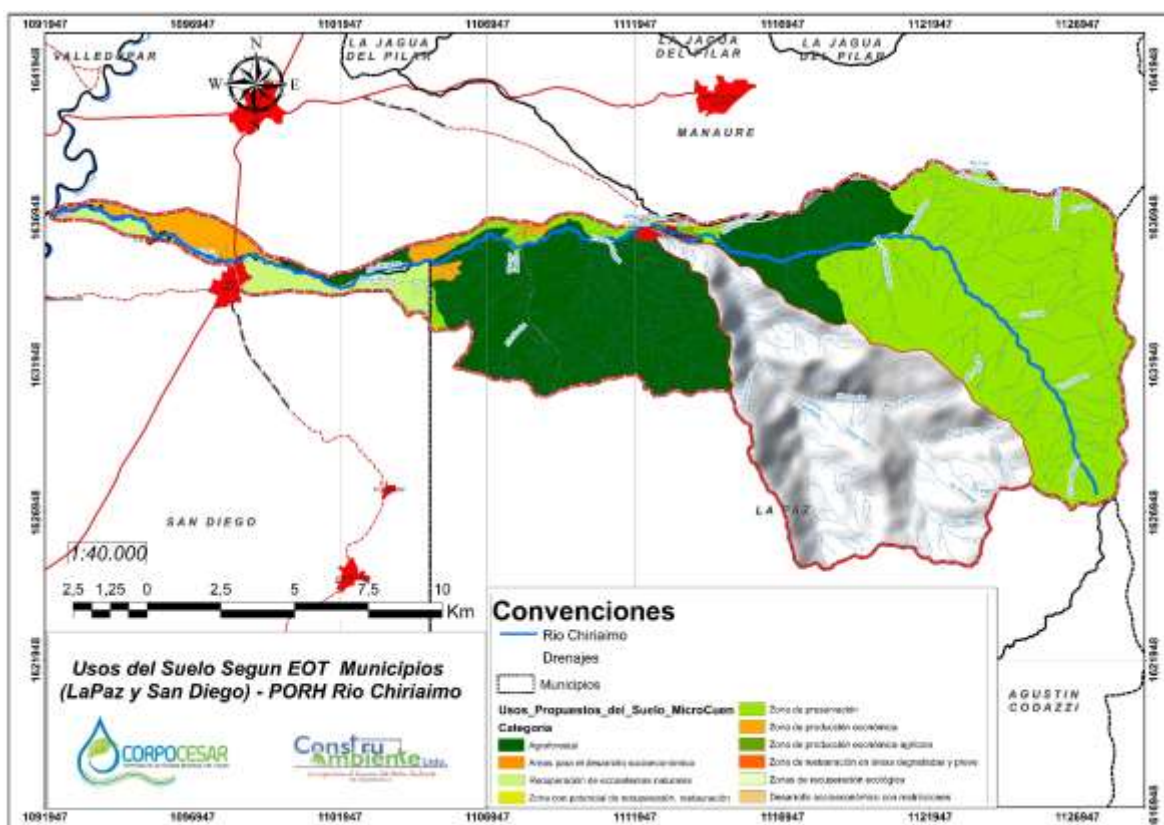


Fuente: Construaambiente & Corpocesar, 2019

2.1.11 Identificación de usos existentes del recurso hídrico

Para la identificación de los usos esos existentes del recurso hídrico se considera inicialmente la revisión de los instrumentos de planificación vigentes como, POMCA, y EOT además de información de instituciones del estado como el IGAC y el IDEAM, para conocer el uso al que se destina el suelo en el área de estudio además del identificado con las coberturas de la tierra. Según esta revisión en los municipios de La Paz y San Diego no existe un uso del suelo estandarizado, que lleve una continuación en sus límites, y solo en el municipio de La Paz existe un uso del suelo propuesto definitivo por lo que para este ejercicio se unieron dos mapas cada uno perteneciente al EOT de su municipio correspondiente, para el municipio de la paz se usa el mapa de *“USOS PROPUESTOS DEL SUELO RURAL VS SUBSECTORES PEMOT”* y en el caso de san Diego el mapa unidades de manejo ambiental el cual propone usos del suelo a partir del mapa de *“unidades de manejo ambiental”* Ver Mapa N° 15.

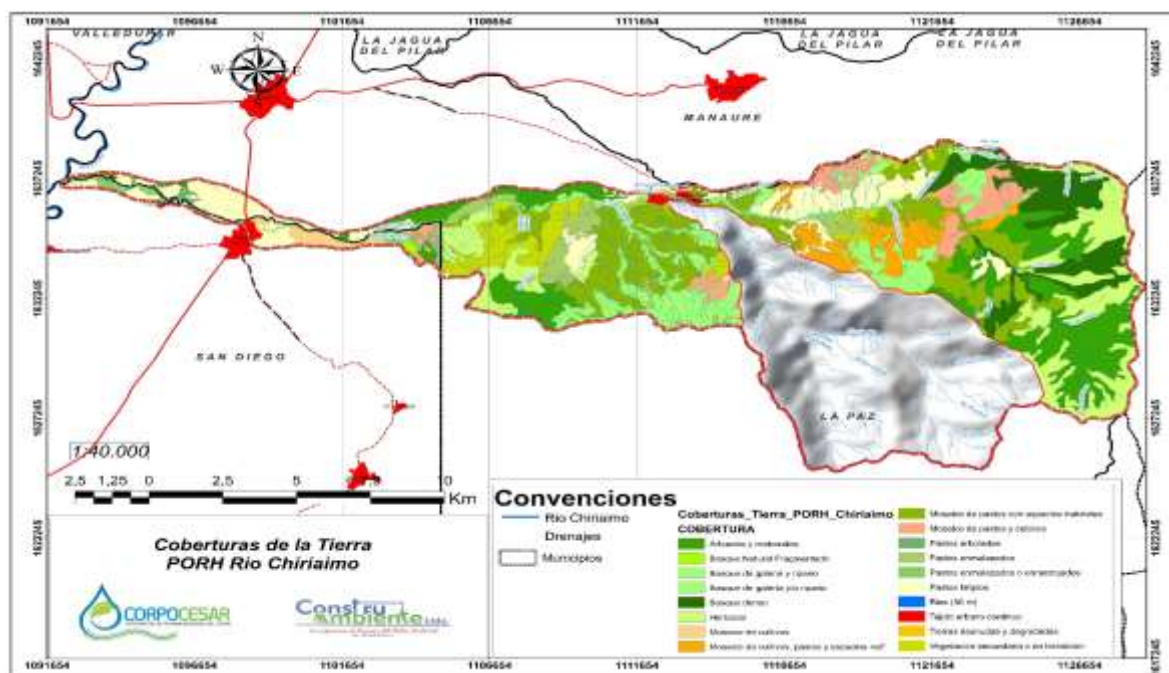
Mapa N° 15 de usos del suelos propuestos según EOT



Fuente: EOT San Diego, Mapa Coberturas de la tierra, IDEIA, 2010 – 2012

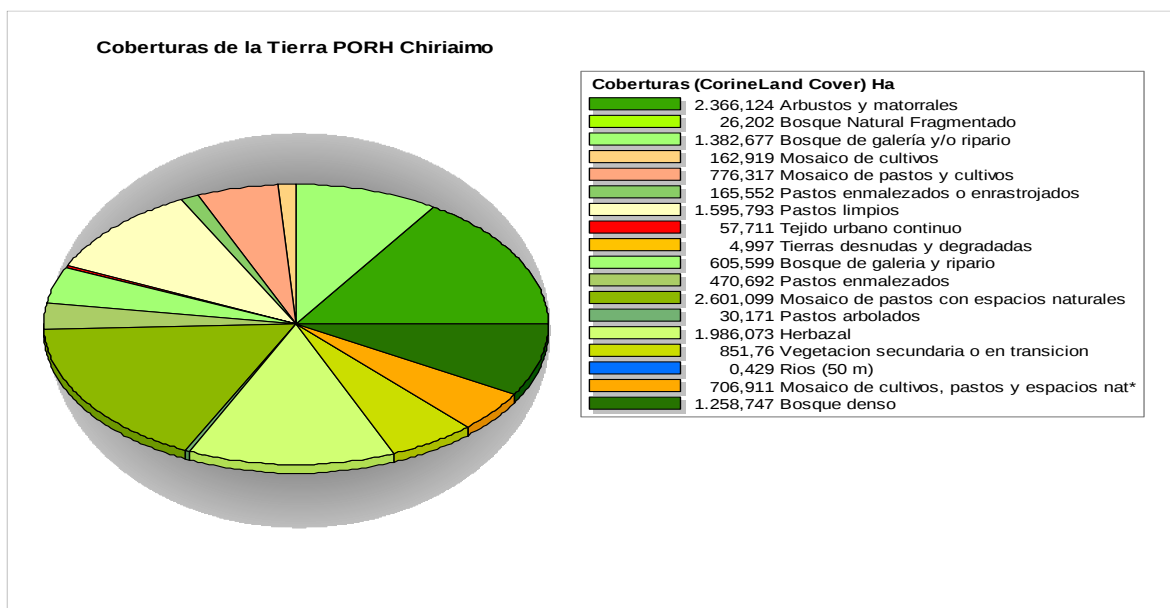
Para la generación del mapa coberturas de la tierra solo en el EOT de San Diego se pudo obtener información ya que en el municipio de La Paz no se tiene un mapa referente a coberturas. Por lo que se tomó como fuente en este caso al (IDEAM, Coberturas de la Tierra, Colombia, 1:100.000, 2010 - 2012) para poder realizar una unión de las dos fuentes y generar el mapa de coberturas del área de estudio Ver Mapa N° 16

Mapa N° 16 de coberturas de la Tierra presentes en el área de trabajo – PORH Río Chiriaoimo



Fuente: EOT San Diego, Mapa Coberturas de la tierra, IDEAM, 2010 - 2012

Tabla N° 11 Grafica de distribución de coberturas en el área de estudio. – PORH Río Chiriaoimo



Fuente: EOT San Diego, Mapa Coberturas de la tierra, IDEIA, 2010 – 2012

Según el (POMCA, CHIRIAIMO, 2011) en lo que concierne a los pobladores que se benefician del recurso hídrico proveniente de la microcuenca Chiriaimo, se identificó que para los corregimientos de la zona de la Paz cerca del 67% la obtiene del Acueducto, la cual es destinada para el consumo humano; siendo esta la forma de obtención de mayor relevancia, mientras el 5.1% de los habitantes de esta parte de la microcuenca obtiene el agua directamente de ríos, quebradas y manantiales ya que no existe acueducto, lo que muestra que las condiciones no son las más óptimas, lo que puede desencadenar a que los moradores estén propensos a adquirir enfermedades de tipo digestivo. (Ver Tabla N° 12)

Tabla N° 12 Forma de Obtención del Recurso Hídrico Destinado para Consumo Humano en la microcuenca jurisdicción la Paz.

Zona de la Subcuenca	Acueducto	Pozo con Bomba	Jaguey	Agua Lluvia	Rio, quebrada, Manantial	Pila Pública	otro	Aguatero	Donación
Corregimientos Betania y San Jose de Oriente	67,0%	0,4%	0,0%	0,0%	5,1%	0,3%	0,0%	0,0%	0,2%
veredas	0,0%	0,3%	0,0%	0,0%	26,7%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%

Fuente: Sisben, 2011

En la microcuenca en el sector correspondiente al municipio San Diego los moradores obtienen el agua por medio del acueducto tanto en la zona urbana el cual representa el 94.3% del total, como en el corregimiento los tupes 15.1%; solo un mínimo porcentaje de los habitantes obtienen el agua de otra manera ya sea que provenga directamente de la fuente superficial más cercana o esta sea jalada con motobomba.(Ver Tabla N° 13)

Tabla N° 13 Forma de Obtención del Recurso Hídrico destinado para Consumo Humano en la Microcuenca en jurisdicción del Municipio de San Diego.

Zona de la Subcuenca	Acueducto	Pozo con Bomba	Jaguey	Rio, quebrada, Manantial	Pila Publica	otro	Aguatero	Donacion
Zona urbana	94,3%	0,2%	0,0%	0,1%	0,1%	0,0%	0,0%	0,3%
Corregimiento los Tupes	15,1%	0,1%	0,0%	0,0%	1,1%	0,1%	0,0%	0,0%

Fuente: Sisben, 2011

2.1.12 Análisis de la distribución y tamaños de predios asociados a la presión sobre la demanda.

Es importante conocer a través del tamaño y distribución de los predios que cantidad de agua es consumida por cierta porción de territorio, de tal manera que, dependiendo de la vocación, y uso del suelo propuesto para ciertas áreas ya sean urbanas o rurales poder realizar estimaciones a futuro sobre el aumento o disminución de una zona con un destino específico tendrá un impacto sobre la demanda de agua de una población en relación con la oferta del recurso hídrico.

Para el identificar el tamaño y distribución predial asociado a la presión sobre la demanda, se utiliza la Información catastral publicada por el IGAC, los cuales se dividieron en dos, Rurales y urbanos, los predios Rurales que se benefician de la corriente según se identificó en el documento RURH y los recorridos de campo son todos los que se encuentran tanto en la margen izquierda como en la derecha de la corriente del Rio chiriaimo, así que la demanda asociada en el sector rural se centrará en estos predios, para la demanda asociada a los predios urbanos se tomaron los tejidos urbanos continuos como las cabeceras municipales de los municipios de San Diego y La Paz así como sus corregimientos asociados a la demanda urbana como son los corregimientos de Los Tupes, San José de oriente y Betania. La demanda se analiza según el caudal concesionado para cada tipo de predio (Rural o Urbano) y este a su vez se subdivide en el municipio al cual pertenezca cada predio, las cabeceras urbanas y corregimientos y su clasificación de uso. El porcentaje de área de cada predio será equivalente a su demanda tal como se clasifica en la Tabla N° 14.

2.1.12.1 Cálculo de la demanda

Para determinar la presión sobre la demanda se calculó el caudal captado por los canales de derivación, y mangueras o captaciones por gravedad, identificadas a lo largo de los recorridos realizados sobre la corriente superficial.



FORMULACIÓN DEL PLAN DE ORDENAMIENTO DEL RECURSO HIDRICO DEL RIO CHIRIAIMO EN LOS MUNICIPIOS DE LA PAZ Y SAN DIEGO, DEPARTAMENTO DEL CESAR

Para el cálculo de caudal de demanda se utilizarán métodos de aforos en canales abiertos y mangueras o captaciones por gravedad.

Fotografía No 2. El equipo que se utilizó para la medición de caudales, fue mediante aforos directos con molinete hidrométrico OTT – C 2 de última generación.



Fuente: Construaambiente & Corpocesar, 2019

2.1.12.2 Medición de Velocidades

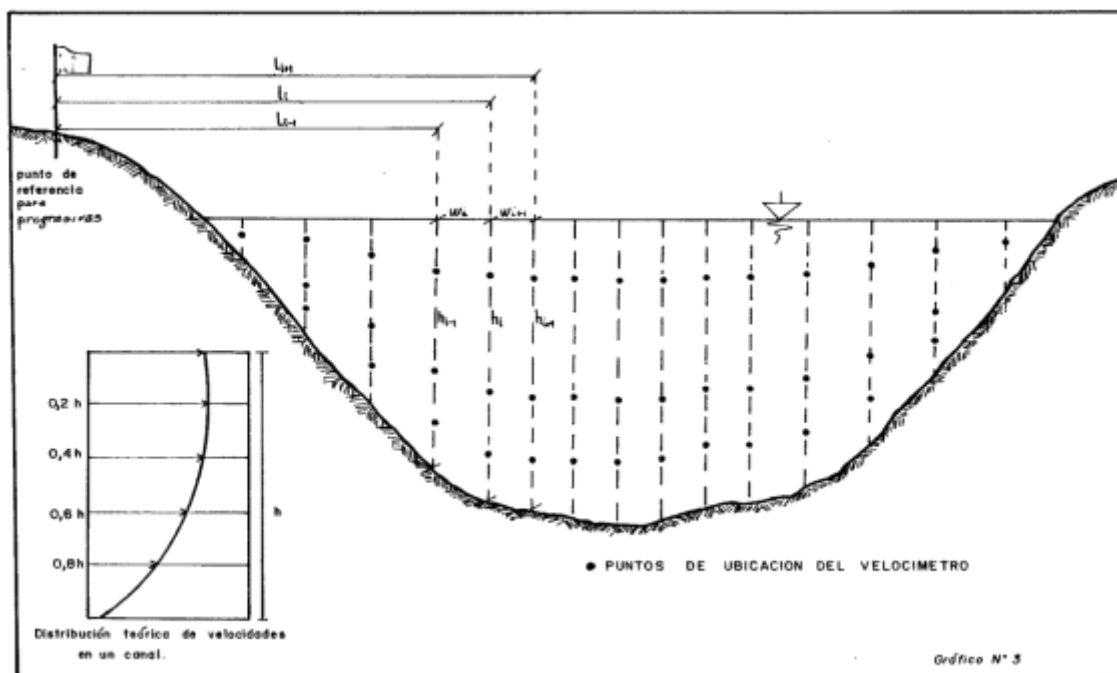
Debido a las variaciones de la velocidad del escurrimiento dentro de la sección elegida y a los efectos de facilitar las operaciones de campo, para la determinación del gasto, se divide la sección en varias sub secciones. El criterio técnico que se emplea para establecer el ancho de cada sub sección o la cantidad de verticales donde medir velocidades), es considerar dentro de cada sub sección, como máximo, una variación del gasto del 10% con respecto al total. Otro criterio es analizar las curvas isotáqueas de la sección (líneas de igual velocidad), realizando mayor cantidad de mediciones en las zonas donde el gradiente de velocidades es mayor.

Para realizar este último criterio, en la práctica se miden velocidades, en cada vertical, en la mayor cantidad de puntos posible, luego se marcan esos puntos con sus velocidades sobre la sección transversal y se trazan las líneas de igual velocidad. Por último, se miden las áreas entre las isotáqueas y se las multiplica por la velocidad promedio entre las isotáqueas, obteniendo los caudales parciales. Sumando los mismos obtenemos el total. Se obtiene la velocidad media con la expresión:

$$U = Q/A$$

Siendo **A** la sección mojada total.

Ilustración 1. Sección típica batimétrica en canales abiertos.



Fuente: Ven Te chow, 2004

2.1.12.3 Resultados de la distribución predial y presión sobre la demanda

Posterior a la descripción de los métodos utilizados para el cálculo de caudal de demanda en canales abiertos, tomados de aforos directos en campo, de igual manera se localizaron las tuberías o captaciones por gravedad a las cuales también se les calculó su caudal demanda actual registrando el diámetro de la tubería, hallando su área, y multiplicándola por las velocidades promedio encontradas en las distintas secciones batimétricas realizadas en el cauce del cuerpo superficial tanto en la parte alta, media y baja y obtener así el caudal de captación por este tipo de estructuras, en el anexo 1.7 se encuentran en archivo Excel las evidencias y descripción de cada punto aforado junto a su cálculo de caudal, localización, predio en el que se encuentra y uso del agua.

En la Tabla N° 14 se consignan los resultados de la distribución predial asociados a la demanda.



**FORMULACIÓN DEL PLAN DE ORDENAMIENTO DEL
RECURSO HIDRICO DEL RIO CHIRIAIMO EN LOS MUNICIPIOS
DE LA PAZ Y SAN DIEGO, DEPARTAMENTO DEL CESAR**

Tabla N° 14 tamaño y distribución predial asociado a la demanda.

MUNICIPIO	TIPO DE PREDIO	No DE PREDIOS	USO	AREA (Ha)	Q (L/s)
SAN DIEGO	Urbano	2800	Domestico	114.635	36
	Rural	56	Agropecuario	972	187
LA PAZ	Urbano	4076	Domestico	193.957	108
	Rural	90	Agropecuario	7215.33	528.38
Q-Total					859.38

Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019

2.1.13 Diseño e implementación del proceso de participación con la comunidad.

En el marco de la formulación y socialización del plan de ordenamiento del recurso hídrico del río Chiriaimo, durante la fase de diagnóstico se Diseñaron 4 talleres sociales de participación (Anexo 1.5) con el fin de obtener y recolectar información sobre el uso, contaminación y conflictos que se están presentando en el cuerpo de agua, los cuales se están realizando en el corregimiento de San José De Oriente y cuentan con la participación de líderes de las juntas de acción comunal, entidades del estado y comunidad en general; quienes son actores representativos en este proceso ya que tienen un conocimiento práctico de su territorio y por ende del funcionamiento de la zona donde habitan, se cuenta también con la participación de funcionarios de Corpocesar los cuales apoyan la socialización.

Para la implementación de estos talleres se utilizó una metodología de intervención comunitaria, que contribuye con el proceso del Plan de Ordenamiento y opera como un conjunto de acciones concertadas entre los actores sociales de la población identificada, para orientar la transformación, en cantidad, calidad y usos de la corriente hídrica.

Tabla N° 15 CRONOGRAMA DE TALLERES

TALLER	FECHA	HORA	LUGAR
1	19 de Enero de 2019	2:00pm -6:00pm	Salón Comunal San José De Oriente
2	26 de Enero de 2019	2:00pm -6:00pm	Salón Comunal San José De Oriente
3	2 de febrero de 2019	2:00pm -6:00pm	Salón Comunal San José De Oriente

4	9 de Febrero de 2019	2:00pm -6:00pm	Salón Comunal San José De Oriente
---	----------------------	----------------	-----------------------------------

2.1.14 Consulta Previa

Como se mencionó en el diagnostico preliminar en el área de influencia del proyecto se encuentra asentada la comunidad indígena YUKPA con presencia de dos resguardos llamado el primero Caño Padilla y el Segundo La laguna, El Coso, Cinco Caminos localizados en el municipio de La Paz y reconocidos ante el Ministerio del interior. Al tener presencia dentro del área de influencia, es necesario llevar a cabo un proceso de consulta previa el cual es convocado por el Ministerio del interior como garante del mismo y llevado a cabo por la Corporación con las comunidades de los resguardos. Dicho proceso, es concertado con unas fechas de reuniones a través de una ruta metodológica, presentada al ministerio y aprobada posteriormente por el mismo ente gubernamental (Ver Tabla N° 16) en el cual se surten todas las etapas que allí se consignan hasta llegar a la firma de acuerdos y protocolización de la misma. Los archivos y documentos de las etapas de la consulta que resultaron en la protocolización de acuerdos y aprobación del proyecto por parte de la comunidad indígena se encuentra en el Anexo 1.5 del presente capítulo.

Tabla N° 16 Ruta metodológica, Consulta Previa.

RUTA METODOLOGICA PLAN DE ORDENAMIENTO DEL RECURSO HIDRICO DEL RIO CHIRIAIMO			
CERTIFICACION MININTERIOR 029 DEL 17 DE ABRIL DEL 2019:			
Resguardo Indígena La Laguna - El Coso- Cinco Caminos Etnia Yukpa -			
Resguardo Indígena Caño Padilla de la Etnia Yukpa			
ETAPAS	OBJETIVO	COMUNIDAD	FECHA / lugar
COORDINACION Y PREPARACION	Presentar propuesta de Ruta metodológica ante la DCP para planear el inicio de la Preconsulta- definición del asesor de la DCP al proceso	Corpocesar - DCP - Consorcio	BOGOTA. 17 de junio del /2019
PRECONSULTA / APERTURA	Presentar el marco jurídico de la CP, socializar el Proyecto a la comunidad étnica, presentar ruta metodológica Instalar formalmente la Consulta Previa	Resguardo Indígena yukpa la laguna y resguardo de caño Padilla, invitados los Otros 4 resguardos y las entidades	11 de julio del 2019 Resguardo Indígena La Laguna y Resguardo Indígena El Caño padilla La Paz Cesar
TALLER DE IMPACTOS	Presentan los resultados de: DIAGNOSTICO DEL PORH (caracterización inicial – línea base). Se identifican los impactos que pueden generar el proyecto en matrices	Resguardo Indígena yukpa la laguna y resguardo de caño Padilla, invitados los Otros 4 resguardos y las entidades	13 de agosto del 2019
TALLER DE MEDIDAS Y PREACUERDOS	Presentación de los resultados de (FASE DE PROSPECTIVA Y ZONIFICACION (Identificación de usos potenciales del recurso hídrico.).	Resguardo Indígena yukpa la laguna y resguardo de caño Padilla, invitados los Otros 4 resguardos y las entidades	10 de septiembre del 2019

	Constituir Medidas de Manejo a impactos identificados y Definición de acuerdos		
PROTOCOLIZACION DE ACUERDOS	Presentar los resultados de la FASE DE FORMULACION DEL PORH Socializar y retroalimentar los resultados de la CP. Formalizar y protocolizar los Preacuerdos	Resguardo Indigena yukpa la laguna y resguardo de caño Padilla, invitados los Otros 4 resguardos y las entidades	08 de octubre del 2019
SEGUIMIENTO DE ACUERDOS	REVISAR LOS ACUERDOS UNA VEZ SE HAYA ADOPTADO EL PLAN DE ORDENAMIENTO DE RECURSO HIDRICO	Comisión de seguimiento de cada resguardo / Corpocesar y Min interior	

Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019

2.1.15 Actualización del inventario de obras hidráulicas y usos existentes

Esta actividad tiene por objetivo el actualizar el inventario de obras hidráulicas con el que cuenta la Corporación, con el fin de determinar si existen nuevas captaciones o vertimientos que no hayan sido aún registrados oficialmente y que tipo de obras se encuentran directamente localizadas dentro de la corriente objeto de ordenamiento. Esto representa un insumo base para el ejercicio de ordenamiento, puesto que corresponde al PORH levantar la información de los usuarios no registrados, y porque es importante conocer si algunas de estas obras modifican el comportamiento regular de la corriente.

El inventario de obras fue realizado en los meses de diciembre de 2018 y enero de 2019, y consistió en realizar un recorrido metro a metro sobre las márgenes y las inmediaciones del cuerpo de agua priorizado, para georreferenciar todas las obras que se encontraron dispuestas en el cauce, por lo que se presenta en el anexo 1.6 las evidencias de dicho recorrido. Además de obras hidráulicas su pudieron identificar puntos de interés ambiental que también se consignaran dentro del inventario. Hasta la fecha, se ha reconocido un total de 77 captaciones entre estructuras de bombeo o gravedad y canales de derivación, 18 vertimientos, 1 muro de contención, 6 puentes, 3 cercas alambradas y 41 nacimientos o afloramientos de agua.

Los resultados obtenidos se encuentran consignados en las Tabla N° 17 donde se realiza un comparativo entre las obras reconocidas durante el recorrido y las que ya habían sido reportadas por Corpocesar en proyectos anteriores, cabe resaltar que si bien por parte de la corporación se entregó un registro de usuarios del recurso



FORMULACIÓN DEL PLAN DE ORDENAMIENTO DEL RECURSO HIDRICO DEL RIO CHIRIAIMO EN LOS MUNICIPIOS DE LA PAZ Y SAN DIEGO, DEPARTAMENTO DEL CESAR

hídrico en. De igual manera se presenta la localización de las obras hidráulicas (Ver Mapa N° 19 y Mapa N° 20)

**Tabla N° 17 Actualización del inventario de Obras hidráulicas y
sitios de interés ambiental.**

CONCEPTO	PORH	Corpocesar
<i>Captación por bombeo o gravedad (Tubería)</i>	62	1
<i>Convergencia</i>	1	0
<i>Muro de contención</i>	1	1
<i>Nacimientos de agua</i>	41	0
<i>Rejilla de Captación Lateral (Acueducto)</i>	2	2
<i>Canal de derivación</i>	15	3
<i>Vertimientos</i>	18	0
<i>Puente</i>	6	0
<i>Cerca alambradas</i>	3	0
TOTAL:	149	7

Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019

Es importante clasificar los vertimientos observados durante el recorrido en la fuente superficial, en este caso se clasificaron en dos, vertimientos residuales domésticos y vertimientos provenientes de las plantas de tratamientos de aguas residuales ubicadas en los corregimientos de San José de Oriente y Betania los cuales están sombreados en la Tabla N° 18 y se puede apreciar su localización en el

Tabla N° 18 Clasificación Puntos de vertimiento.

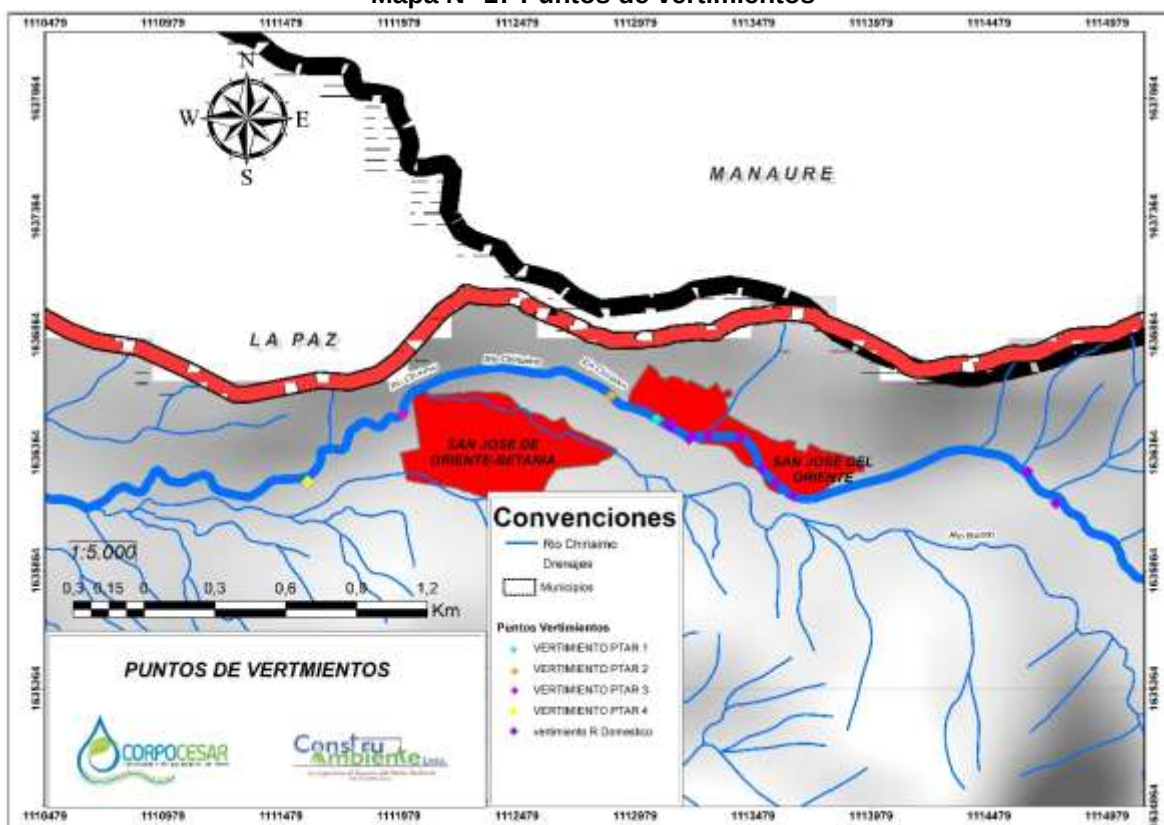
No	MUNICIPIO	CORREGIMIENTO	CLASIFICACION DE VERT.	COTA	COOR_ESTE	COOR_NORTE
1	La Paz	Betania	VERTIMIENTO PTAR 4	649	1111589.90	1636243.34
2	La Paz	Betania	VERTIMIENTO PTAR 3	682	1111993.67	1636527.35
3	La Paz	San José De Oriente	vertimiento R Domestico	756	1113514.48	1636292.56
4	La Paz	San José De Oriente	vertimiento R Domestico	766	1113573.79	1636234.37
5	La Paz	San José De Oriente	vertimiento R Domestico	746	1113648.57	1636181.69
6	La Paz	San José De Oriente	vertimiento R Domestico	843	1114760.75	1636149.13
7	La Paz	San José De Oriente	vertimiento R Domestico	839	1114641.64	1636283.95
8	La Paz	San José De Oriente	VERTIMIENTO PTAR 2	723	1112878.84	1636607.02
9	La Paz	San José De Oriente	VERTIMIENTO PTAR 1	733	1113070.86	1636506.23
10	La Paz	San José De Oriente	vertimiento R Domestico	735	1113119.59	1636491.03
11	La Paz	San José De Oriente	vertimiento R Domestico	736	1113119.60	1636487.95
12	La Paz	San José De Oriente	vertimiento R Domestico	736	1113125.71	1636481.83
13	La Paz	San José De Oriente	vertimiento R Domestico	733	1113131.77	1636487.99

FORMULACIÓN DEL PLAN DE ORDENAMIENTO DEL RECURSO HIDRICO DEL RIO CHIRIAIMO EN LOS MUNICIPIOS DE LA PAZ Y SAN DIEGO, DEPARTAMENTO DEL CESAR

14	La Paz	San José De Oriente	vertimiento R Domestico	737	1113125.74	1636472.61
15	La Paz	San José De Oriente	vertimiento R Domestico	739	1113220.19	1636432.97
16	La Paz	San José De Oriente	vertimiento R Domestico	739	1113208.06	1636420.63
17	La Paz	San José De Oriente	vertimiento R Domestico	750	1113424.08	1636424.41
18	La Paz	San José De Oriente	vertimiento R Domestico	743	1113290.16	1636436.27

Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019

Mapa N° 17 Puntos de vertimientos



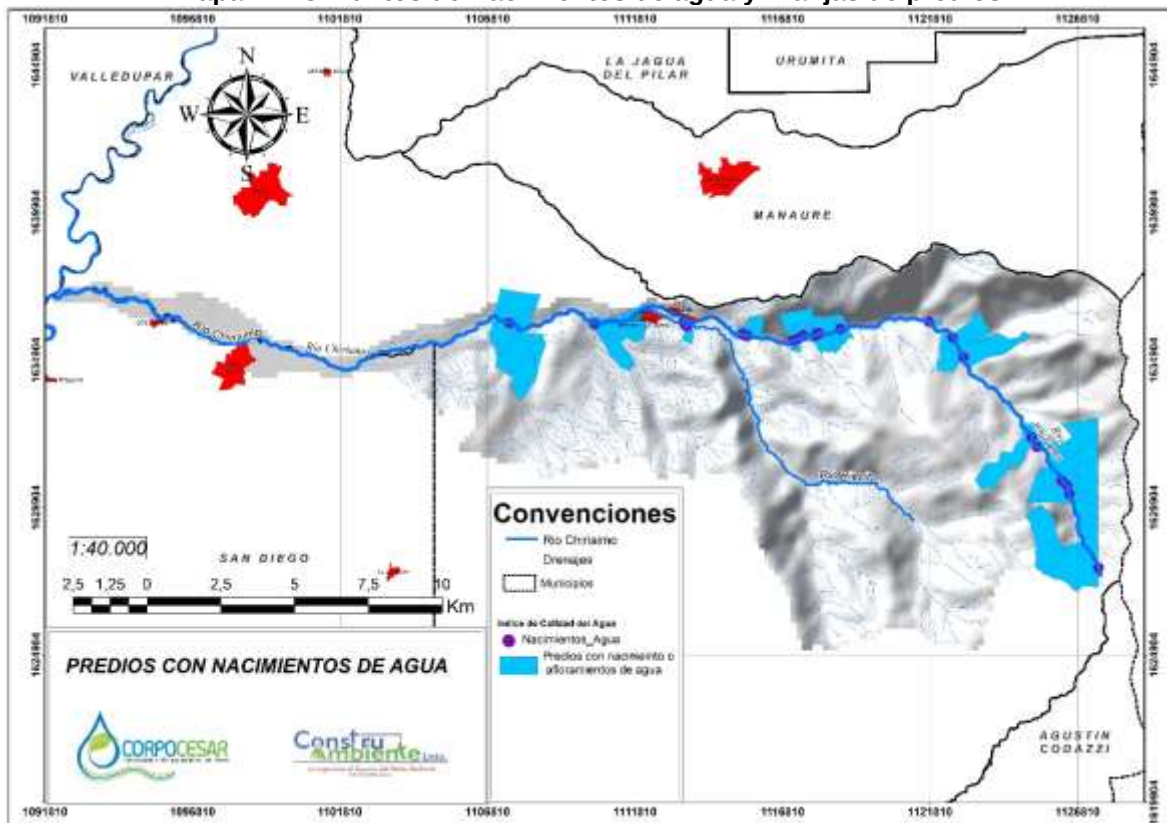
Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019

En el recorrido de campo se pudieron georreferenciar sitios de importancia ambiental y estratégica para la corriente superficial, en este caso se identificaron puntos de nacimiento o afloramientos de agua, los cuales se relacionaron con la información predial para demarcar los predios donde se encontraban estos afloramientos y generar estrategias a futuro para la protección de estas áreas que abastecen la fuente la fuente superficial tal como se puede apreciar en el Mapa N° 18.



**FORMULACIÓN DEL PLAN DE ORDENAMIENTO DEL
RECURSO HIDRICO DEL RIO CHIRIAIMO EN LOS MUNICIPIOS
DE LA PAZ Y SAN DIEGO, DEPARTAMENTO DEL CESAR**

Mapa N° 18. Puntos de Nacimientos de agua y Franjas de predios.



Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019

Por ultimo localizan las obras hidráulicas identificadas en los Mapa N° 19 y Mapa N° 20.

Mapa N° 19. Inventario de Obras Hidráulicas microcuenca chiriaimo parte Media alta.



Fuente: ConstruyAmbiente & Corpocesar, 2019

En la parte alta de la corriente del rio chiriaimo se pudieron identificar una gran cantidad de captaciones las cuales en su gran mayoría están destinadas a la actividad agrícola como cultivos de grandes extensiones de cilantro, pequeñas parcelas de cultivos de cebolla y uso doméstico. La identificación de estas captaciones y obras hidráulicas en general se inician desde el sector de Rancho Quemado en las coordenadas 1630076,967 N, y 1126649,369 E, a una altura de 2.562 msnm en la finca propiedad de Cruz Lewis Arenas según se pudo constatar en el censo realizado, y donde se identifica la primera captación por gravedad realizada con una manguera de polietileno de 2" como en su gran mayoría a lo largo de toda la corriente.



**FORMULACIÓN DEL PLAN DE ORDENAMIENTO DEL
RECURSO HIDRICO DEL RIO CHIRIAIMO EN LOS MUNICIPIOS
DE LA PAZ Y SAN DIEGO, DEPARTAMENTO DEL CESAR**

Tomando la información entregada del RURH por parte de Corpocesar se puede constatar que en su mayoría las captaciones identificadas no poseen concesión de uso aguas superficiales.

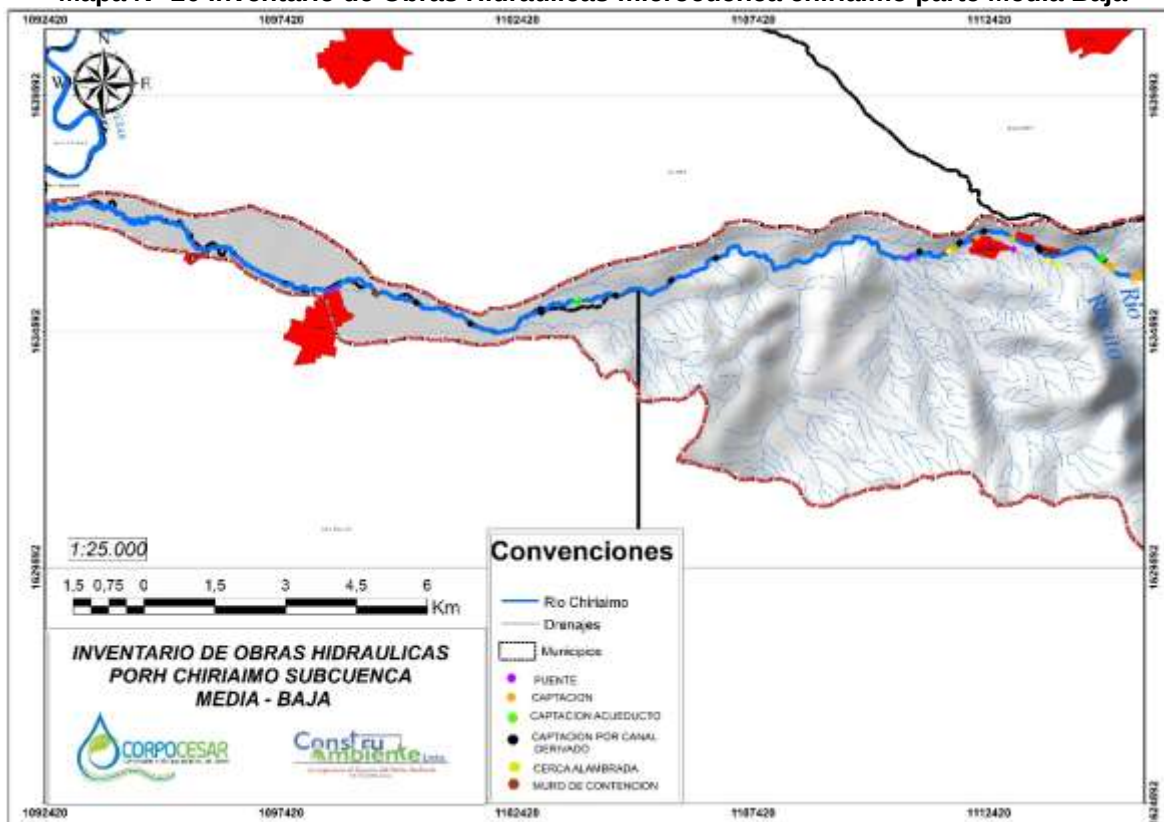
Por otra parte, se levantaron puntos donde existiese contaminación o vertimientos en a lo largo de la corriente obteniendo como resultado que en la parte alta es casi nula presencia de vertimientos y solo se registra contaminación por residuos de insecticidas utilizadas utilizados en los cultivos y un punto de vertimiento de aguas residuales domesticas pocos metros aguas abajo del puente el tambo.

Gran cantidad de captaciones a lo largo de la parte alta de la corriente fueron reconocidas tal como se muestra en el archivo Excel *"Informe de levantamiento de usos y estructuras hidráulicas"* ubicado en el anexo 1.6.1. de la etapa de diagnóstico de igual manera es importante resaltar una gran cantidad de nacederos producto de acuíferos que se encuentran en el área de influencia de la corriente y abastecen el cuerpo superficial de agua en gran medida no solo en cantidad si no en calidad generando procesos mayo oxigenación, estos están concentrados sobre todo en el sector del puente de la duda hasta el inicio de la cabecera municipal de San José de Oriente.

Hacia la parte media iniciando en la cabera o casco urbano del corregimiento de san José de Oriente la predominancia de vertimientos por parte de fuentes de aguas residuales domésticas, es alarmante ya que muchas viviendas no están conectadas al alcantarillado del corregimiento y por otra parte algunos tejidos urbanos discontinuos, que están cercanos al corregimiento no cuentan con soluciones sanitarias individuales que les permitan un mejor manejo de los residuos líquidos teniendo que verter directamente al rio a demás no solo los vertimientos causan problemáticas de contaminación de igual manera la disposición descontroladas de residuos sólidos en las laderas del cauce. crean focos de infección que junto con el agua de propagan y se extienden a lo lago de la corriente.

Otro problema identificado es el mal estado de las plantas de tratamiento de aguas residuales del corregimiento, observando que se encuentran fuera de funcionamiento, pero de igual manera continúan recibiendo los residuos líquidos provenientes del alcantarillado del corregimiento, evidenciándose un desborde de aguas residuales que terminan directamente en las aguas de ríos sin previo tratamiento.

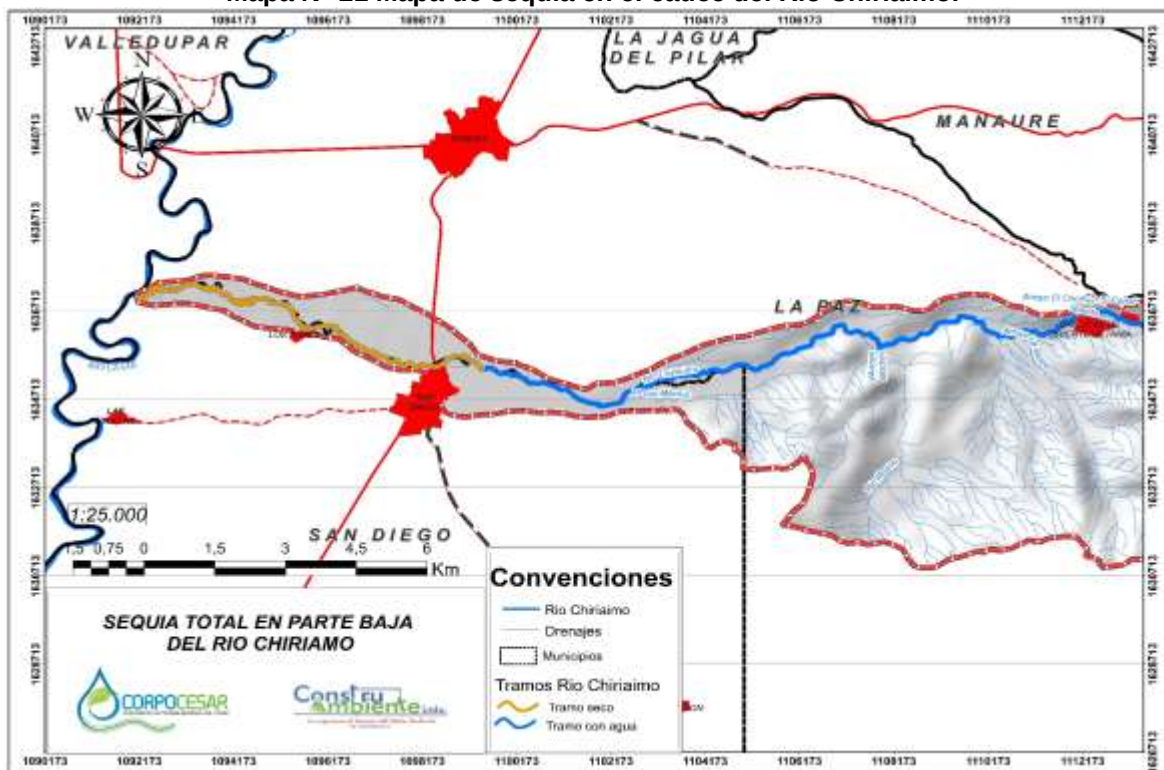
Mapa N° 20 Inventario de Obras Hidráulicas microcuenca chiriaimo parte Media Baja



Fuente: Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019

Continuando el recorrido realizado se pudo identificar como en la parte baja del rio chiriaimo desde la finca La Parrilla se inicia una disminución ostensible de la cantidad de agua presente en su cauce, debido a la gran cantidad de captaciones realizadas tanto por mangueras de polietileno y PVC de distintos diámetro y canales de derivación, a lo largo de toda la corriente, hasta tal punto que en el sector conocido como la Estancia en donde inicia el muro de contención que termina un 1 km más adelante en el puente de San Diego predomina la sequía total en el rio (Ver Fotografía No 3) y siguiendo el recorrido hasta el punto donde se suponía que debía desembocar en el rio Cesar se pudo constatar que en la época en la que se realizó el recorrido no había aporte de agua alguno dejando un tramo un tramo de 10.1 km de sequía total y afectando de manera directa el caudal ecológico de la microcuenca en tal como se ve en el Mapa N° 21.

Mapa N° 21 Mapa de sequía en el cauce del Río Chiriamo.



Fuente: ConstruyAmbiente & Corpocesar, 2019

Fotografía No 3 Último tramo de agua en el cauce del río chiriaimo en el sector conocido como La Estancia justo antes del inicio de los muros de contención. (Coordenadas 1099530E, 1635405N)



Fuente: Construaambiente & Corpocesar, 2019

Se realizaron vuelos con Drone donde se pudo evidenciar el punto exacto hasta donde se capta el último tramo de agua dentro del cauce del río (Ver Fotografía No 4), el cual es desviado hacia un cultivo de yuca ingresando por una compuerta dentro del muro de contención (Ver Fotografía No 5) , y desde donde inicia la sequía total del río.

Fotografía No 4 Vuelo con Drone, evidencia de canal para desviación con compuerta y sequía total del río



Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019

Fotografía No 5 Compuerta para canal de derivación del último tramo de agua en el cauce del río (Coordenadas 1099421.3E, 1635403.30N)



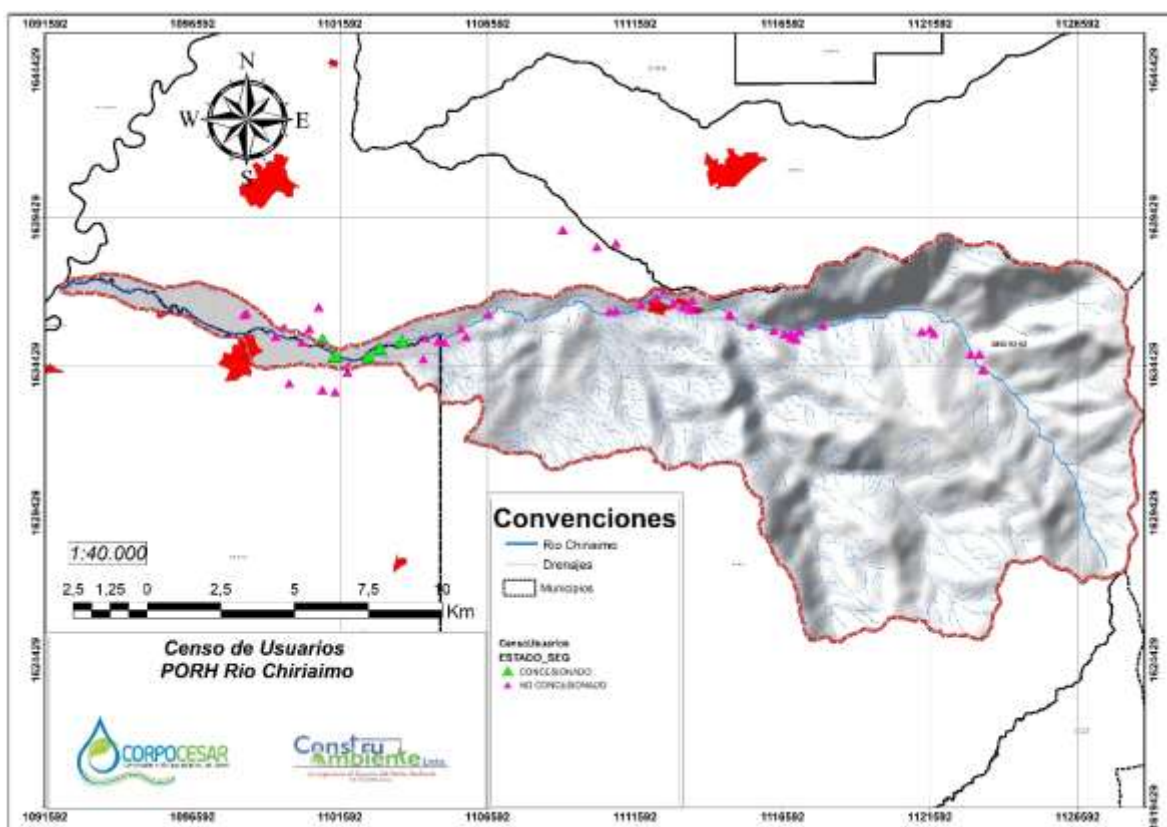
Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019

2.1.16 IDENTIFICACIÓN DE LOS USUARIOS DEL RECURSO HIDRICO.

Los usuarios del recurso hídrico para el cuerpo de agua priorizado en el presente ejercicio de planificación, fueron reconocidos a partir de la revisión de las bases de datos suministradas, donde constan los permisos otorgados en la corriente para cada actividad según los expedientes disponibles. De igual manera se levantó información de campo a través de un censo de usuarios, recorriendo cada tramo de la corriente identificando las captaciones tanto concesionadas e como no concesionadas, donde se recolectó la información referente a las captaciones de aguas superficial a las que se les otorgó legalmente una concesión de agua para su aprovechamiento y destinación a un uso específico; así como los vertimientos puntuales de las empresas cotizantes de tasa retributiva, a las que se les permite realizar una descarga específica a un cuerpo de agua como producto de la actividad que desarrolla.

Producto de la revisión de bases de datos y expedientes, se reconocieron en la corriente del río chiriaimo un total de 80 usuarios registrados con concesiones, de los cuales como se ya se había mencionado en ítems anteriores estos no poseían la localización georreferenciada en su gran mayoría, lo que dificultó la identificación de muchos de los usuarios, de igual manera debido a la antigüedad del otorgamiento de la solicitud la mayoría no han realizado el trámite de cambio de responsable ante la Corporación ya que a la fecha muchos ya no son los dueños de los predios o han muerto. Por lo que con el censo se reconocieron las captaciones más relevantes en la corriente y su estado respecto a si poseen o no concesión del cuerpo superficial de agua, por consiguiente, se reconocieron los usuarios de mayor relevancia debido al volumen de agua que toman de la fuente superficial, el numero captaciones y usuarios censados fue de 56 de los cuales solo 6 de ellos contaban con concesión, representando un 89.29% de usuarios sin concesión, los resultados del censo se presentan en el Mapa N° 22 y además de un archivo Excel en el anexo 1.7 del presente capítulo con las evidencias fotográficas y mayor detalle de la información obtenida.

Mapa N° 22 Censo de usuarios, de la corriente del rio chiriaimo.



Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019

2.2 DEFINICIÓN DE TRAMOS DE ANALISIS

Para la definición de los tramos de análisis se tuvo en cuenta la simiralidad de esto desde el punto de vista hidrológico, hidráulico, geomorfológico, ecológico de usos de agua y del suelo, calidad del recurso hídrico.

Respecto a lo anterior se definieron 5 tramos de análisis, entre los puntos de monitoreo que para ser elegido tuvieron cuenta los parámetros anteriormente mencionados.

Mapa N° 23. Tramos de análisis PORH corriente Río Chiriaimo.



Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019

2.3 ESTRUCTURA CONCEPTUAL PARA LA MODELACIÓN DE LA CALIDAD DEL CUERPO DE AGUA

2.3.1 Marco Conceptual

Para realizar la modelación de calidad del agua de los tramos del Rio Chiriaimo, afectados por los vertimientos de aguas residuales efectuados por los diferentes usuarios, se implementó el modelo QUAL2Kw en su versión 5.1, con la calibración previa de los principales parámetros físicos, químicos, microbiológicos, entre estos tenemos: pH, temperatura del agua, conductividad eléctrica, sólidos suspendidos totales, demanda biológica de oxígeno (rápida y lenta), oxígeno disuelto, nitratos; amonio, ortofosfatos, patógenos (Coliformes fecales – Escherichiacoli) y alcalinidad. Las corrientes de agua superficial están expuestas al vertimiento continuo de residuos de diferente naturaleza, estos pueden afectar los ecosistemas acuáticos, la salud pública y el paisaje, limitando los usos y disponibilidad del agua. Esta modelación es una técnica de análisis que reproduce una serie de eventos que a través del manejo de ecuaciones matemáticas simulan el comportamiento de cada variable de calidad de aguas en un tramo de interés. Los resultados de la modelación permiten evaluar el grado de contaminación, además de definir los usos del recurso, información clave para tomar decisiones en el contexto ambiental en aras de identificar fuentes de contaminación, estudiar los efectos asociados al vertimiento de aguas residuales (puntuales y difusas), diseñar infraestructura para el tratamiento de las aguas residuales y, evaluar la efectividad y eficiencia de las medidas desarrolladas para el control de la contaminación. En el contexto de la evaluación ambiental de vertimientos, la modelación de calidad de aguas permitirá estimar la capacidad de asimilación de la corriente asociadas a las características físicas, químicas, biológicas e hidráulicas de la fuente de agua superficial.

2.3.1.1 Modelo de simulación Qual2kw versión 5.1

QUAL2Kw es un modelo matemático mediante el cual se determina la evolución física, química, microbiológica e hidráulica de una corriente; considera el contenido de materia orgánica biodegradable que se vierte en un punto de la misma, la concentración de oxígeno disuelto, alcalinidad, conductividad eléctrica, pH, temperatura, el contenido de patógenos, de nitrógeno y fósforo en sus especies orgánicas e inorgánicas, además de los sólidos suspendidos, entre otros. *QUAL2Kw* es un software desarrollado para estudios de ríos y corrientes, con las siguientes características:

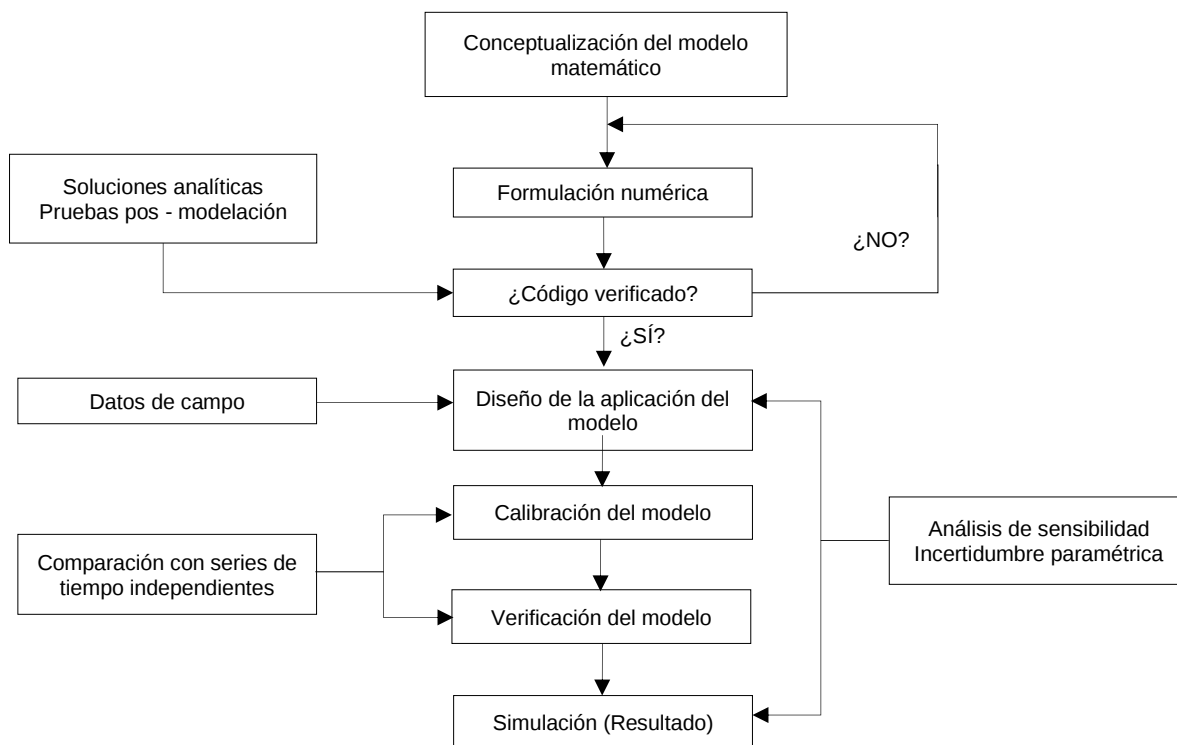
- Modelo unidimensional: El canal se encuentra bien mezclado tanto vertical como horizontalmente y se modela únicamente en la dirección del flujo.
- Hidráulica estable: Se simula el flujo en estado estable (permanente) y no uniforme.
- Variación diaria del calor: El calor del volumen de agua y la temperatura son simulados como función de aspectos meteorológicos en una escala de variación diaria (24 horas).
- Cinética diaria de la calidad del agua: Todas las variables de la calidad del agua son simuladas en escala de tiempo diaria (24 horas).
- Entradas de calor y de masa al sistema: Se simulan vertimientos y extracciones puntuales y no puntuales.
- Anoxia: Ajusta la anoxia mediante la reducción de las reacciones de oxidación a cero, considerando bajos niveles de oxígeno.
- Interacciones agua-sedimentos: Los flujos de agua-sedimentos, de oxígeno disuelto y de nutrientes pueden ser simulados. Es decir, el oxígeno (demanda béntica de oxígeno) y los flujos de nutrientes son simulados como función del asentamiento de la materia orgánica particulada.
- Patógenos: Se simula un patógeno genérico. La remoción de patógenos se determina como una función de la temperatura, luz y asentamiento.
- Vertederos naturales y cascadas: La hidráulica de los vertederos y cascadas, así como su efecto en la transferencia de gases se incluyen de manera explícita.

El modelo numérico de QUAL2Kw, está programado en FORTRAN 90, con una interfaz gráfica compilada en Visual Basic for Applications. En el QUAL2Kw, las corrientes principales se segmentan con base en sus características hidráulicas (pendiente, ancho, profundidad y rugosidad).

En cada hoja de cálculo de la interfaz gráfica, se ingresan los datos correspondientes a la corriente principal, tributarios, fuentes puntuales y difusas,

siguiendo lo estipulado en el Protocolo para la Modelación de Aguas Superficiales, como lo muestra el siguiente flujograma:

Grafica N° 3. Protocolo de Modelación de la Calidad de Aguas Superficiales.



Fuente: (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2018).

2.4 PLAN DE MONITOREO EN EL CUERPO DE AGUA OBJETO DE ORDENAMIENTO

Para realizar el plan de monitoreo del agua de la Microcuenca asociada al Rio Chiriamo, se desarrollaron dos campañas de monitoreo en la fuente de agua superficial. Se analizaron en total 6 estaciones de monitoreo a lo largo de la corriente natural. En la Tabla N° 19 se presenta la localización espacial de los puntos de monitoreo de la fuente de agua superficial.

Tabla N° 19. Estaciones de Muestreo

ESTACION	ESTACIÓN	RIO	TIPO MUESTRA	COOR_ESTE	COOR_NORTE
1	Puente el Tambo	Chiriamo	Puntual	1123141	1635042
2	Cancha Tricolor	Chiriamo	Puntual	1113549	1636114
3	Puente la Vega	Chiriamo	Puntual	1111121	1635856
4	Finca la Parrilla	Chiriamo	Puntual	1101090	1634770
5	La Estancia	Chiriamo	Puntual	1099530	1635405
6	Inicio Muro De Contención	Chiriamo	Puntual	1099739	1635363

Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019

El monitoreo de los cuerpos de agua objeto de ordenamiento, fue abordado conforme a los lineamientos establecidos en la Guía Técnica para la Formulación de PORH (MADS, 2014), respetando el orden de confluencia y guardando los tiempos de viaje de referencia. La metodología seguida para lograr hacer seguimiento a la misma masa de agua, respetando los tiempos de viaje durante las campañas de monitoreo, consistió en corroborar, al inicio de cada jornada y para cada punto de la red localizado aguas abajo, la velocidad de la corriente con respecto a la distancia entre puntos consecutivos. Una vez verificado esto, se efectuó la toma de muestras conforme al tiempo obtenido.

Adicionalmente, se tuvo en cuenta las zonas de mezcla, las cuales, según la normatividad (Resolución 0631 de 2015), se alcanzan en aproximadamente 100 metros, encontrándose condiciones de mezcla completa en casi todos los puntos analizados debido a las condiciones de homogeneidad del cauce.

Conforme a esto, se presentan los resultados obtenidos en cada una de las campañas de monitoreo realizadas sobre el cuerpo de agua priorizado, para dar cumplimiento al objetivo de caracterizar el recurso hídrico del rio Chiriamo.

2.4.1 Primera campaña de monitoreo

Teniendo en cuenta la información suministrada por Corpocesar y la obtenida luego de las salidas de reconocimiento de las 6 estaciones en la fuente superficial río Chiriaimo, se realizó la primera campaña de monitoreo entre los días 24 de Junio y 25 de Junio de 2019, correspondiente a temporada hidrológica seca.

La campaña de monitoreo fue desarrollada por una comisión de profesionales del Laboratorio Nancy Flórez García S.A.S., encargada de realizar la toma de muestras fisicoquímicas, microbiológicas así como las hidrobiológicas en los puntos de monitoreo previamente asignados por Corpocesar.

Cabe resaltar que este proyecto no contemplaba la toma de muestras en vertimientos puntuales.

Tabla N° 20. Programación de la primera campaña de monitoreo en el río Chiriaimo

MICROCUEENCA	FECHA	ESTACIONES DE MONITOREO
Rio Chiriaimo	24/06/2019	1-2-3
	25/06/2019	4-5-6

Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019

2.4.2 Segunda campaña de monitoreo

La segunda campaña de monitoreo de toma de muestras se desarrolló en las mismas 6 estaciones dispuestas sobre el río Chiriaimo, se realizó entre los días 24 de Julio y 25 de Julio de 2019, correspondiente a temporada hidrológica húmeda. El plan de monitoreo al que estuvo sujeta dicha campaña se presenta en la Tabla N° 21

Tabla N° 21. Programación de la segunda campaña de monitoreo en el río Chiriaimo

MICROCUEENCA	FECHA	ESTACIONES DE MONITOREO
Rio Chiriaimo	24/07/2019	1-2-3
	25/07/2019	4-5-6

Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019

La campaña de monitoreo fue desarrollada por una comisión de profesionales del Laboratorio Nancy Flórez García S.A.S., encargada de realizar la toma de muestras

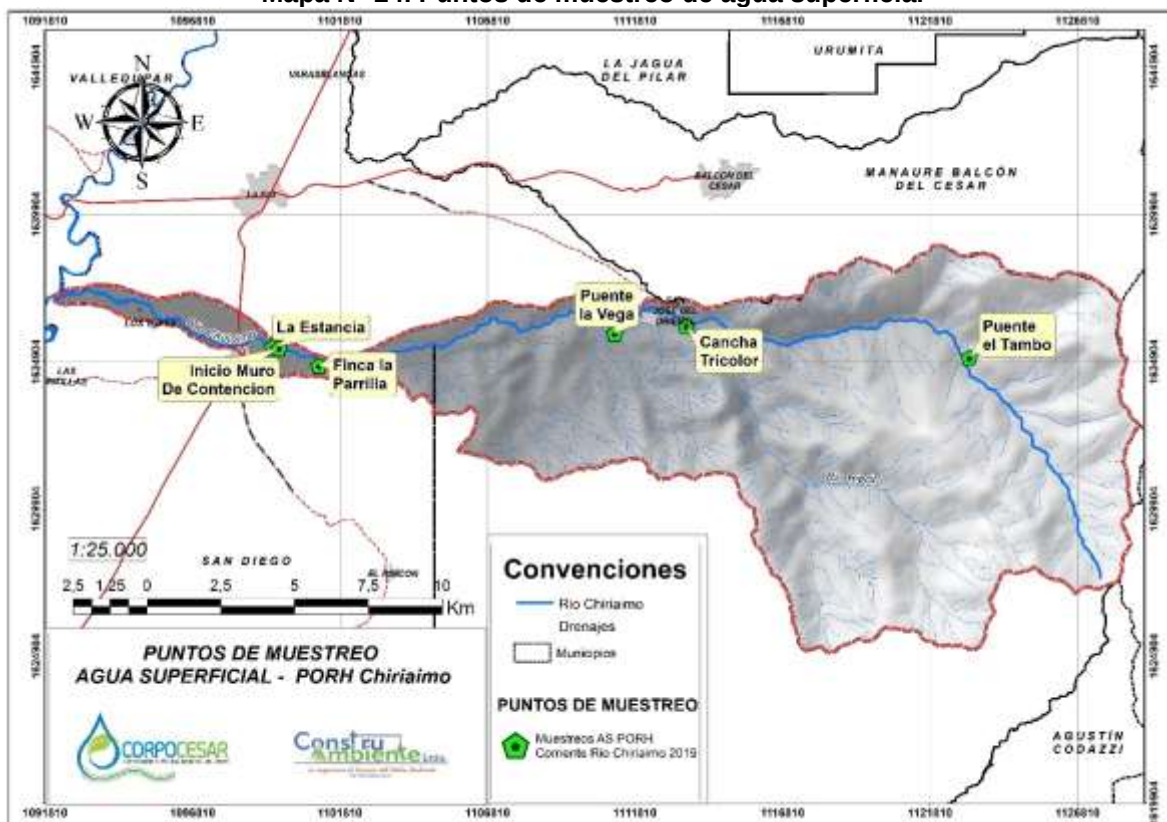
fisicoquímicas, microbiológicas así como las hidrobiológicas en los puntos de monitoreo previamente asignados por Corpocesar, en el Anexo N° 1 del presente documento se presentan los formatos con los resultados de las jornadas de toma de muestras y el registro fotográfico efectuado para cada una de las dos campañas de monitoreo.

Tabla N° 22. Listado de parámetros a monitorear

ÍTEM	PARAMETROS	N.I
1	Nitrógeno total Kjeldahl (mgN/L)	1
2	Nitratos (mgNO ₃ /L)	1
3	Nitrógeno amoniacal (mgNH ₃ /L)	1
4	Nitritos (mgNO ₂ /L)	1
5	Fósforo total (mgP/L)	1
6	Ortofosfatos [mg/L P-PO]	1
7	Coliformes totales (NMP/100mL)	1
8	Coliformes termotolerantes [NMP/100mL]	1
9	Clorofila-a [mg/L Chl-a]	1
10	Oxígeno disuelto –OD- (mg/L)	1
11	Sólidos suspendidos totales (mg/L)	1
12	Sólidos suspendidos volátiles (mg/L)	1
13	Conductividad (μS/cm)	1
14	Temperatura del agua (°C)	1
15	pH	1
16	Alcalinidad (mgCaCO ₃ /L)	1
17	DBO Total (mgO ₂ /L)	1
18	DBO5 Filtrada	1
19	DBO última	1
20	DQO5 Total	1
21	Grasas y aceites [mg/L]	3
22	Dureza (mgCaCO ₃ /L)	3
23	Sólidos disueltos totales (mg/L)	3
24	Sólidos sedimentables [mL/L]	3
25	SAAM [mg/L]	3
26	Fenoles [mg/L]	3
27	Hidrocarburos totales del petróleo [mg/L]	3
28	Cloruros [mg/L Cl-]	3
29	Sulfatos [mg/L SO ₄ -]	3
30	Turbiedad (UNT)	3
31	Perifiton [Org/cm ²], [μg/m ² Chl-a] y [g/m ² Peso seco]	3
32	Macroinvertebrados [Org/cm ²]	3
33	Temperatura ambiente (°C)	
34	Porcentaje saturación OD (%)	
35	Hierro total (mgFe/L)	4
36	Mercurio (Hg)	4
37	Cobre (Cu)	4
38	Plomo (Pb)	4

Fuente: Guía técnica para la formulación de Planes de Ordenamiento del Recurso Hídrico, 2014

Mapa N° 24. Puntos de muestreo de agua superficial

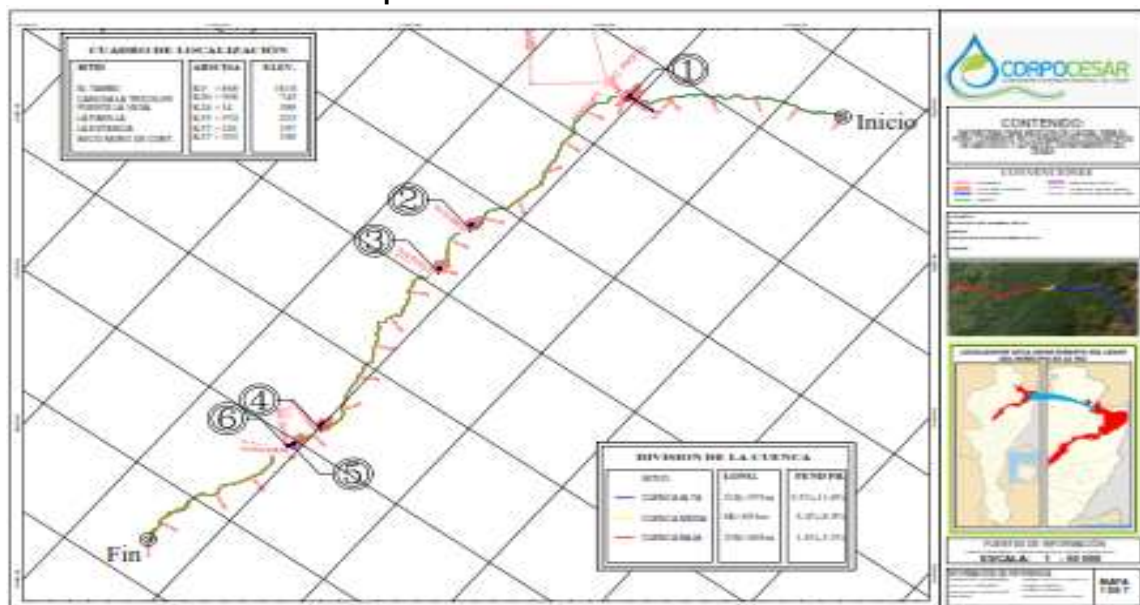


Fuente: ConstruyAmbiente & Corpocesar, 2019

2.4.3 Modelamiento Hidráulico

Con el fin de obtener una modelación que representara el comportamiento hidráulico con mayor semejanza a la realidad, se dividió el rio Chiriamo en 5 tramos comprendidos entre las 6 estaciones de monitoreo.

Mapa N° 25. Tramos del río Chiriaimo



Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019

A continuación, se presentan los datos principales de la subzona hidrográfica específica de la cual hace parte el río Chiriaimo objeto de modelación y simulación.

Tabla N° 23. Descripción del área hidrográfica objeto de estudio.

ESTACIÓN	NOMBRE	AH	NOMBRE AH	ZH	NOMBRE ZH	SZH	NOMBRE SZH
E-1	Puente el Tambo	2	Magdalena-Cauca	28	Cesar	2802	Medio Cesar
E-2	Cancha Tricolor	2	Magdalena-Cauca	28	Cesar	2802	Medio Cesar
E-3	Puente la Vega	2	Magdalena-Cauca	28	Cesar	2802	Medio Cesar
E-4	Finca la Parrilla	2	Magdalena-Cauca	28	Cesar	2802	Medio Cesar
E-5	La Estancia	2	Magdalena-Cauca	28	Cesar	2802	Medio Cesar
E-6	Inicio Muro De Contención	2	Magdalena-Cauca	28	Cesar	2802	Medio Cesar

Fuente: (IDEAM, 2014).

Así mismo, la siguiente tabla relaciona la información del nivel subsiguiente, hasta llegar a la microcuenca objeto de estudio río Chiriaimo.

Tabla N° 24. Microcuenca correspondiente a la zona objeto de modelación.

ESTACION	NOMBRE	A H	Z H	SZ H	NIVEL SUBSIGUIENTE	C_NV_S UB	MICROC	C_MICR OC
E-1	Puente el Tambo	2	28	280 2	Chiriamo-Manaure	280203	Rio Chiriamo	28020302
E-2	Cancha Tricolor	2	28	280 2	Chiriamo-Manaure	280203	Rio Chiriamo	28020302
E-3	Puente la Vega	2	28	280 2	Chiriamo-Manaure	280203	Rio Chiriamo	28020302
E-4	Finca la Parrilla	2	28	280 2	Chiriamo-Manaure	280203	Rio Chiriamo	28020302
E-5	La Estancia	2	28	280 2	Chiriamo-Manaure	280203	Rio Chiriamo	28020302
E-6	Inicio Muro De Contención	2	28	280 2	Chiriamo-Manaure	280203	Rio Chiriamo	28020302

Fuente: (IDEAM, 2014).

Donde:

- AH: Corresponde al código atribuido por el IDEAM del área hidrográfica.
- ZH: Corresponde al código atribuido por el IDEAM de la Zona Hidrográfica.
- SZH: Corresponde al código atribuido por el IDEAM de la Subzona Hidrográfica.
- C_NV_SUB: Corresponde al código del nivel subsiguiente a la subzona Hidrográfica.
- MICROC: Corresponde al nombre de la microcuenca a la cual pertenece el Río Chiriamo.
- C_MICROC: Corresponde al código de la microcuenca atribuido en el POMCA correspondiente.

2.4.3.1 Ubicación de los Puntos de Medición

Para la modelación y simulación de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, se hizo necesario realizar el muestreo en los puntos de control o estaciones que se mencionan en la Tabla N° 25.

Tabla N° 25. Ubicación de Puntos de Monitoreo río Chiriamo.

ESTACIONES		COORDENADAS GEOGRÁFICAS (GRADOS, MINUTOS, SEGUNDOS)		COORDENADAS PLANAS (MAGNA SIRGAS CON ORIGEN EN BOGOTÁ, COLOMBIA)	
Nomenclatura	Nombre	Latitud	Longitud	Norte	Este
E-1	Puente el Tambo	10°20'10"	72°57'11"	1123141,20	1635042,22
E-2	Cancha la Tricolor	10°20'46"	73°02'26"	1113549,31	1636114,02
E-3	Puente la Vega	10°20'38"	73°03'46"	1111121,35	1635855,97
E-4	Finca la Parrilla	10°20'04"	73°09'16"	1101089,52	1634769,79

E-5	La Estancia	10°20'23"	73°10'00"	1099530,00	1635405,00
E-6	Inicio de muro de Contención	10°20'25"	73°10'07"	1099739,00	1635363,00

Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019

Donde:

- **E1:** Punto en la zonificación alta de la cuenca aguas arriba - Puente el Tambo.
- **E2:** Punto en la zonificación alta de la cuenca - Cancha Tricolor.
- **E3:** Punto en la zonificación media de la cuenca - Puente la Vega.
- **E4:** Punto en la zonificación baja de la cuenca - Finca la Parrilla.
- **E5:** Punto en la zonificación baja de la cuenca - La Estancia.
- **E6:** Punto en la zonificación baja de la cuenca - Inicio Muro de Contención.

2.4.3.2 Propósito de la Medición

Sabiendo que la modelación se constituye como una herramienta fundamental para planeación, diseño e implementación de programas de control de la contaminación de los recursos hídricos, en lo que se refiere a cuerpos de aguas superficiales, de diferentes actividades antrópicas a lo largo de un tramo del mismo, se puede definir como propósito principal de la modelación del río Chiriaimo conocer el comportamiento a lo largo del tiempo de las condiciones hidráulicas y la caracterización fisicoquímica y microbiológica del estado actual de la cuenca que se encuentran dentro del marco del proceso de Ordenamiento del Recurso Hídrico - PORH.

2.4.4 Determinación de condiciones hídricas.

2.4.4.1 Caracterización Hidrológica

Con el objetivo de entender el comportamiento hidrológico del río Chiriaimo, se llevó a cabo el análisis de los campos de precipitación histórica reportados por el IDEAM, para la cuenca hidrográfica trazada aguas arriba de los puntos de monitoreo. Los valores de precipitación fueron utilizados para la estimación de los caudales medios, implementando la metodología de balance a largo plazo. A continuación, se presentan las principales variables hidrológicas que fueron tenidas en cuenta para la modelación y simulación de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del río Chiriaimo:

Tabla N° 26. Estaciones de precipitación cercanas al río Chiriaimo.

CÓDIGO	NOMBRE	MUNICIPIO	DEPARTAMENTO	ELEVACIÓN (m.s.n.m.)	PMMA [mm]
2802504	San José de Oriente	La Paz	César	850	1255,3

Fuente: (Estación SAN JOSÉ DE ORIENTE, 2009).

*PMMA: Precipitación media multianual.

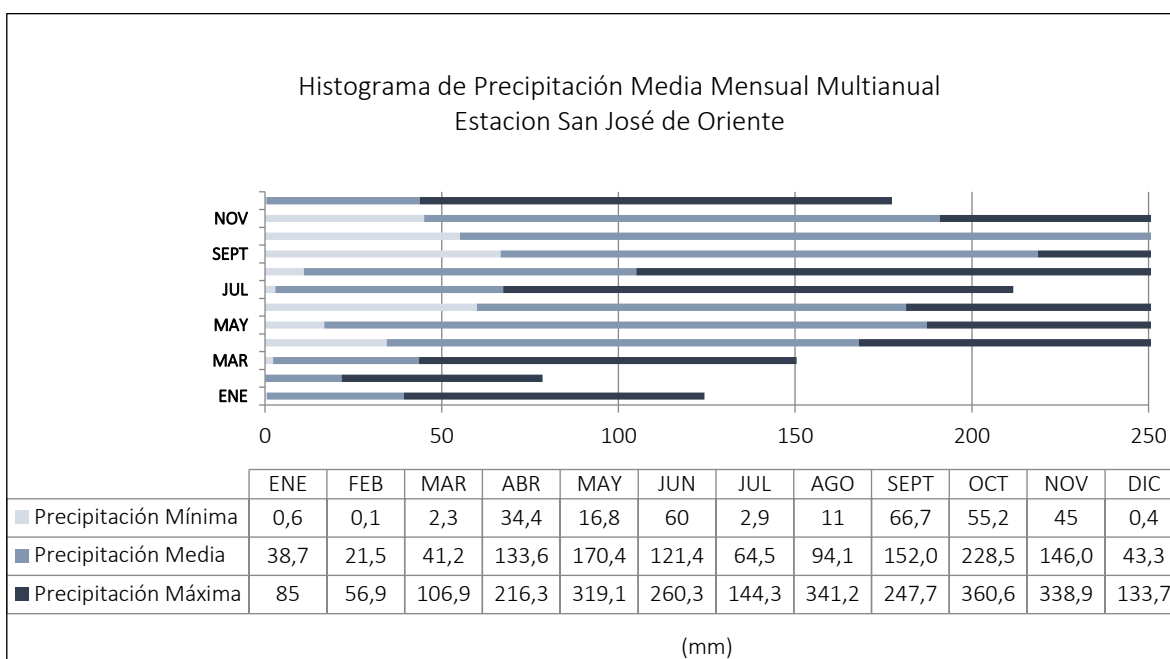
Tabla N° 27. Régimen de precipitaciones (mm).

CRITERIO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC	VR ANUAL
MEDIO	38,7	21,5	41,2	133,6	170,4	121,4	64,5	94,1	152,0	228,5	146,0	43,3	1255,3
MÁXIMO	85	56,9	106,9	216,3	319,1	260,3	144,3	341,2	247,7	360,6	338,9	133,7	360,6
MÍNIMO	0,6	0,1	2,3	34,4	16,8	60	2,9	11	66,7	55,2	45	0,4	0,1

Fuente: (Estación SAN JOSÉ DE ORIENTE, 2009).

En la se presenta el histograma que contiene las precipitaciones medias, máximas y mínimas del área de estudio, expresadas en milímetros.

Grafica N° 4. Histograma de precipitaciones del área objeto de estudio.



Fuente: (Estación SAN JOSÉ DE ORIENTE, 2009).

Así mismo, en la Tabla N° 28, Tabla N° 29 y Tabla N° 30, se presentan los promedios mensuales multianuales correspondientes a las precipitaciones, brillo solar y la humedad relativa del área objeto de estudio.

Tabla N° 28. Valores promedios mensuales de temperaturas (°C).

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC
24,4	24,8	25,3	25,2	24,9	25,5	25,5	25,3	24,9	24,6	24,6	24,1

Fuente: (Estación SAN JOSÉ DE ORIENTE, 2009).

Tabla N° 29. Valores promedios mensuales de brillo solar (Horas).

CRITERIO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	VR ANUAL
MEDIO	228,7	195,8	199,1	166,8	155,8	161	171,3	160	136,9	146,2	153,6	199,4	1803,9
MÁXIMO	263,3	227,5	234,4	215,1	209,5	186,5	203,3	194,3	165,1	193,8	174,6	226,6	2214
MÍNIMO	191,9	168,8	168	136	101,6	129,7	143,6	122,3	96,5	92,6	116,4	134,5	968

Fuente: (Estación SAN JOSÉ DE ORIENTE, 2009).

Tabla N° 30. Valores Promedio mensuales de humedad relativa (%).

CRITERIO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	VR ANUAL
MEDIOS	79,5	79	78	79	80	80	79	79	80	82	80	80	79,6
MÁXIMOS	82	83	84	83	85	84	83	84	85	88	83	83	88
MÍNIMOS	74	70	72	75	69	73	72	73	73	75	76	74	69

Fuente: (Estación SAN JOSÉ DE ORIENTE, 2009).

Igualmente, en la siguiente tabla, se presentan las condiciones meteorológicas específicas determinadas en campo por estación de monitoreo que fueron consideradas como datos de entrada para el modelo simulado en QUAL2KW:

Tabla N° 31. Condiciones meteorológicas tomadas en campo - época seca.

ESTACIÓN	NOMBRE	TEMP, (°C)	PORCENTAJE DE SOMBRA SOBRE EL CUERPO DE AGUA (%)	VELOC, VIENTO	HUMEDAD RELATIVA (%)	NUBOSIDAD (%)	PUNTO DE ROCÍO (°C)
E-1	PUENTE EL TAMBO	25,5	60	3,2	51	82	26
E-2	CANCHA LA TRICOLOR	33	50	3,6	59	40	25
E-3	PUENTE LA VEGA	28,7	70	3	71	72	24
E-4	FINCA LA PARRILLA	26,3	20	3	65	28	21
E-5	LA ESTANCIA	33,1	35	4	51	53	23
E-6	INICIO MURO DE CONTENCIÓN	34,8	15	4	55	70	23

Fuente: (Estación SAN JOSÉ DE ORIENTE, 2009).

Tabla N° 32. Condiciones meteorológicas tomadas en campo - época lluviosa.

ESTACIÓN	NOMBRE	TEMP, (°C)	PORCENTAJE DE SOMBRA SOBRE EL CUERPO DE AGUA (%)	VELOC, VIENTO	HUMEDAD RELATIVA (%)	NUBOSIDAD (%)	PUNTO DE ROCÍO (°C)
E-1	PUENTE EL TAMBO	26	60	3	81	57	23

E-2	CANCHA LA TRICOLOR	29	50	3	77	87	24
E-3	PUENTE LA VEGA	29	70	3	67	77	23
E-4	FINCA LA PARRILLA	30	20	4	100	79	23
E-5	LA ESTANCIA	28	35	3.5	60	57	26
E-6	INICIO MURO DE CONTENCIÓN	32	15	4	62	72	21

Fuente: (Estación SAN JOSÉ DE ORIENTE, 2009).

2.4.4.2 Morfometría.

Los parámetros morfométricos, hacen referencia a la identificación de la cuenca a la que pertenece el río Chiriamo (microcuenca río Chiriamo - C_Microc 28020302), las cuales se encuentran descritas en el numeral 3.1 Información General. Del mismo modo, se determina la longitud del tramo de dicho cuerpo de agua. Seguidamente, se puede observar una relación de los parámetros morfométricos de la subzona hidrográfica objeto de estudio (SZH: 2802), en la siguiente tabla:

Tabla N° 33. Parámetros morfométricos de la cuenca hasta el punto de control.

PARÁMETROS		UNIDADES	MICROCUEENCA RÍO CHIRIAIMO
HIDRÁULICOS	Área	Km ²	217,64
	Perímetro	Km	338,08
	Longitud del Cauce Principal	Km	47,65
FORMA	Ancho Medio	Km	6
	Longitud Axial	Km	36,31
	Ancho Máximo	Km	13,24
	Factor de Forma Kf	--	0,17
	Índice de Gravelius Kc	--	1,91
	Índice de Alargamiento La	--	2,74
RELIEVE	Pendiente Media de la Cuenca	%	46,96
	Elevación Media de la Cuenca	Msnm	1771
	Elevación Mediana de la Cuenca	Msnm	1878
RELATIVOS A LA RED HIDROGRÁFICA	Sinuosidad de la Corriente Principal	--	0,69
	Pendiente Media del Cauce Principal	--	6,4
	Pendiente Equivalente del Cauce Principal	--	2,95
CONCENTRACIÓN	Tiempo de Concentración Kirpich	Minutos	60



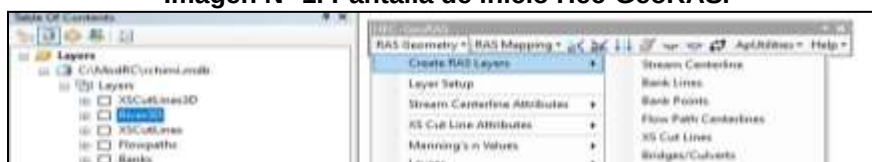
FORMULACIÓN DEL PLAN DE ORDENAMIENTO DEL RECURSO HIDRICO DEL RIO CHIRIAIMO EN LOS MUNICIPIOS DE LA PAZ Y SAN DIEGO, DEPARTAMENTO DEL CESAR

Fuente: (CORPOCESAR, 2018).

2.4.5 Estimación de condiciones Hidráulicas.

Para el caso específico del tramo de estudio del río Chiriamo, se hizo necesaria la implementación del software *Hec-GeoRAS* que se soporta como extensión al software *ArcGIS* en su versión 10.5. El software *Hec-GeoRAS*, es utilizado con el objeto específico de determinar las condiciones tridimensionales del río Chiriamo. Para ello, inicialmente, se debe realizar el trazado del tramo a modelar del río, el cual se obtuvo del *Shapefile* Drenaje Sencillo que reposa en la base de datos del IDEAM, tal y como se presenta a continuación:

Imagen N° 1. Pantalla de inicio Hec-GeoRAS.



Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019

Para el levantamiento de la geometría del río Chiriamo en 2D, se llevó a cabo la delimitación del *Stream Centerline* (cauce principal), *Bank Lines* (bancas) y los *Flow Path Centerlines* (dirección de flujo) correspondientes al río Chiriamo. Para la determinación de la geometría del río Chiriamo en 3D, se debe realizar la determinación de un Modelo Digital de Elevaciones (DEM) con el fin de poder identificar las profundidades en cada uno de los cortes transversales donde se requiera evaluar la geometría del cuerpo. A continuación, se presenta el mapa temático de alturas (metros), que proviene del arreglo de los pixeles del Modelo Digital de Elevaciones (DEM):

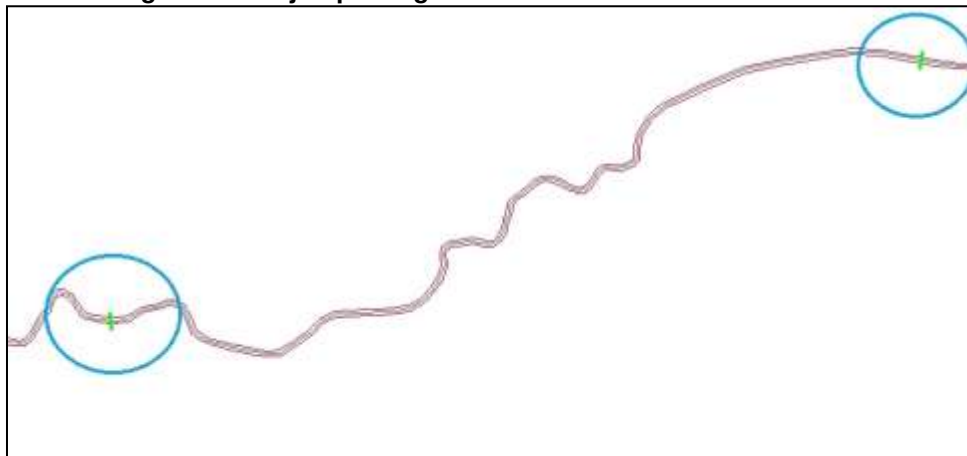
Mapa N° 26. Mapa temático de alturas (metros) o DEM.



Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019

Previo a la determinación de la geometría en 3D, es necesario llevar a cabo el trazado de las bancas (*Bank Lines*), las cuales hacen referencia al ancho aproximado del río, que es delimitado manualmente a través de la herramienta *Editing Tools* de *ArcGIS 10.5*, al igual que los *Flow Paths* los cuales indican la dirección del flujo del río. Posterior al trazado de las bancas y de los *Flow Paths*, se realiza el corte transversal (*XSCutLines*) del área objeto de estudio y se le asigna un ancho aproximado de 30 metros (15 metros contados desde el centro del río hacia la margen izquierda y la margen derecha, dependiendo de la dirección del flujo). Así mismo se cumplió con el criterio de que los cortes transversales se deben realizar perpendicularmente a las bancas del río y deben cruzarlas en su totalidad por cada margen, así mismo ningún corte transversal debe cruzarse. A continuación, se esquematiza parte del tramo del río delimitado geométricamente:

Figura N° 1. Ejemplo segmentación de tramos Hec-GeoRAS



Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019

En la siguiente tabla se puede observar la representación matemática de los resultados gráficos antes presentados, referentes a las condiciones hidráulicas obtenidas que serán consideradas en los datos de entrada en la modelación de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos.

Tabla N° 34. Resumen de las condiciones hidráulicas obtenidas.

ESTACIÓN	ID	V (m/s)	V (m/d)	H prom	Q (m³/s)
E-1	Puente el Tambo	0,289	24969,6	0,18	0,359
E-2	Cancha la Tricolor	0,39	33696	0,38	0,38
E-3	Puente la Vega	0,648	55987,2	0,27	0,535
E-4	Finca la Parrilla	0,917	79228,8	1,91	0,865
E-5	La Estancia	0,36	31104	1,38	0,044
E-6	Inicio de muro de Contención	0,075	6480	0,43	0,017

Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019

Posteriormente, se realizó el cálculo estadístico de los promedios de las condiciones hidráulicas de los cortes transversales para cada estación de monitoreo, donde se relacionan la velocidad (V), el área (a), el caudal (Q), el exponente (b) y el coeficiente (a):

Tabla N° 35. Cálculo de los exponentes b y coeficiente a para el cálculo de la constante Ka.

ESTACIÓN	NOMBRE	V (m/s)	A (m²)	Q (m³/s)	b	a
E-1	Puente el Tambo	0,289	1,462	0,359	0,43	0,45
E-2	Cancha la Tricolor	0,39	1,147	0,38	0,43	0,59
E-3	Puente la Vega	0,648	0,971	0,535	0,43	0,85
E-4	Finca la Parrilla	0,917	1,11	0,865	0,43	0,98
E-5	La Estancia	0,36	0,144	0,044	0,43	1,38
E-6	Inicio de muro de Contención	0,075	0,265	0,017	0,43	0,43

Fuente: PORH Río Chiriaoimo 2019

Seguidamente, se presenta la estimación de la constante K junto al tiempo de viaje, donde H representa la profundidad.

Tabla N° 36. Estimación de la constante Ka y tiempo de viaje.

ESTACIÓN	NOMBRE	EXPONENTE b	COEFICIENTE a	H prom	Q prom	V prom	Ka	TIEMPO VIAJE (días)
E-1	Puente el Tambo	0,43	0,45	0,18	0,359	0,289	0,2041	0,00053
E-2	Cancha la Tricolor	0,43	0,59	0,38	0,38	0,39	0,0672	0,00039
E-3	Puente la Vega	0,43	0,85	0,27	0,535	0,648	0,1111	0,00006
E-4	Finca la Parrilla	0,43	0,98	1,91	0,865	0,917	0,0059	0,00018
E-5	La Estancia	0,43	1,38	0,15	0,044	0,36	0,2823	0,00006
E-6	Inicio de muro de Contención	0,43	0,43	0,04	0,017	0,075	1,9486	0,00004

Fuente: PORH Río Chiriaoimo 2019

2.4.5.1 Determinación de las pendientes.

Uno de los criterios fundamentales para correr el modelo de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del río Chiriaimo es la determinación de las pendientes, ya que estos datos se deben ingresar en los datos de entrada del *WorkSheet* (Hoja de cálculo) correspondiente a las variables hidráulicas.

Mapa N° 27. Mapa de pendientes – área de influencia.

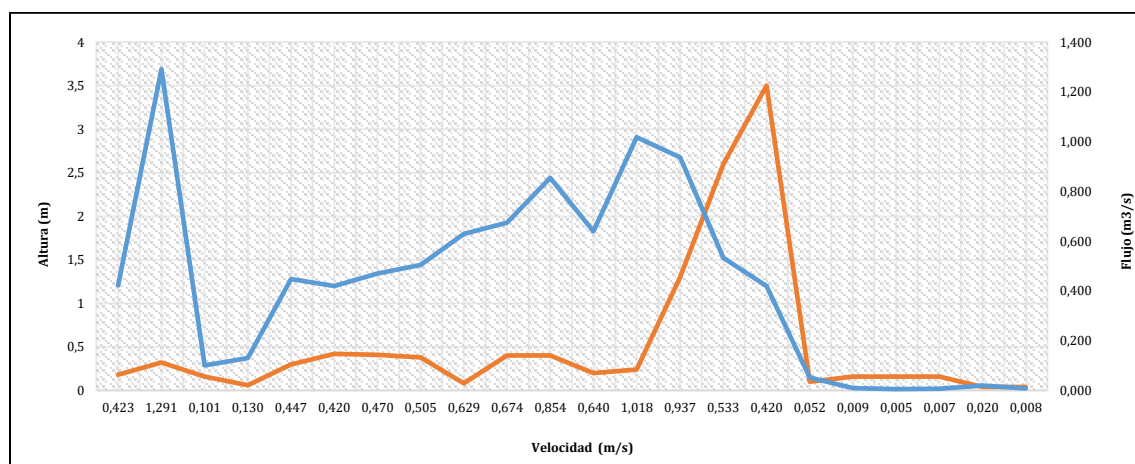


Fuente: Construaambiente & Corpocesar, 2019

2.4.5.2 Condiciones hidráulicas iniciales.

En la siguiente figura se muestran las curvas de calibración hidráulica del río Chiriaimo teniendo en cuenta cada uno de los caudales de la segmentación realizada en el mismo:

Grafica N° 5. Curva de calibración hidráulica.



Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019

En la Tabla N° 37 se presentan las características hidráulicas del tramo de simulación, el cual se subdividió en 22 segmentos, numerados desde cero (0) hasta 21. Cada uno de los segmentos definidos, posee unas características hidráulicas específicas, referidas a una longitud del segmento establecida entre 0,03 y 3,348 km, cuya sumatoria corresponde a la distancia total del tramo de simulación, la definición de los segmentos dependió de las condiciones morfológicas del cuerpo de agua superficial, como ocurrió en algunos escenarios en donde se imposibilitó establecer cortes transversales. Por otro lado, en aras de considerar efectos provenientes de actividades presentadas antes de la estación E1 se tomó como referencia comparativa siete (7) kilómetros más de estudio, distancia que no fue considerada en las características hidráulicas. Cabe resaltar que, debido a que la longitud total del cuerpo de agua superficial es pequeña en comparación con otros, la segmentación de los cortes transversales del Río no permitió la generación de una curva de gastos por cortes, en algunos tramos, los cortes transversales no eran suficientes como para determinar curvas de gastos entre segmentos, es por ello que se presenta la curva de gastos general del Río Chiriaoimo.

Tabla N° 37. Características hidráulicas del tramo de simulación.

SEGMENTO	CALIDAD	LONGITUD SEGMENTO (Km)	DIFERENCIA DE ALTURA (Km)	VELOCIDAD		PENDIENTE m/m
				COEFICIENTE	EXPONENTE	
0	E1	Headwater	0,9	0,43	0,43	0,98
1		3,275	0,9	0,43	1,38	0,49
2		2,234	0,9	0,43	1,38	0,34
3		2,298	0,9	0,43	1,38	0,29
4	E2	3,348	0,9	0,43	0,45	0,49
5		0,796	0,9	0,43	0,43	0,29

SEGMENTO	CALIDAD	LONGITUD SEGMENTO (Km)	DIFERENCIA DE ALTURA (Km)	VELOCIDAD		PENDIENTE m/m
				COEFICIENTE	EXPONENTE	
6		1,171	0,9	0,43	0,45	0,22
7		1,028	0,9	0,43	0,45	0,18
8	E3	2,992	0,9	0,43	1,38	0,14
9		3,013	0,9	0,43	0,59	0,17
10		2,890	0,9	0,43	0,98	0,26
11		3,270	0,9	0,43	0,59	0,44
12	E4	0,331	0,9	0,43	0,59	0,73
13		0,447	0,9	0,43	0,59	0,34
14		0,440	0,9	0,43	0,98	0,17
15		0,339	0,9	0,43	0,85	0,13
16	E5	0,029	0,9	0,43	0,85	0,99
17		0,045	0,9	0,43	0,85	0,49
18		0,039	0,9	0,43	0,98	0,35
19		0,045	0,9	0,43	0,85	0,29
20		0,037	0,9	0,43	0,45	0,59
21	E6	0,041	0,9	0,43	0,98	0,37

Fuente: Construaambiente & Corpocesar, 2019

2.4.6 Análisis de los resultados de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos

Para analizar el grado de calidad y las características actuales de la fuente de agua superficial asociada al estudio, se efectuó una caracterización física, química, microbiológica e hidráulica de las mismas. Las campañas de monitoreo y análisis de calidad de aguas, fueron desarrollados en el mes junio de 2019 para el periodo seco y en el mes de julio para el periodo lluvioso por (Laboratorios Nancy Flórez García S.A.S., 2019). Esto se llevó a cabo a partir de un método de aforo por vadeo utilizando un micromolinetete, donde se determinaron el caudal, velocidad, profundidad y ancho medio en la sección transversal evaluada. En la siguiente tabla se relacionan los resultados del monitoreo para época seca:

Tabla N° 38. Resultados de Monitoreo – Época seca.

PARAMETRO	UNIDAD	E-1	E-2	E-3	E-4	E-5	E-6
		PUENT E EL TAMBO	CANCHA TRICOLO R	PUENT E LA VEGA	FINCA LA PARRILL A	LA ESTANCIA	INICIO DE MURO DE CONTENCIÓ N
Temperatura	C	18,5	24,4	25,6	24,8	33,9	32
Conductividad	umhos	127,3	313	305	350	316	297
Solidos totales	mgO2/L	25,7	27,4	21	14	5	10
Oxígeno Disuelto	mgO2/L	7,71	7,75	7,65	8,28	8,07	7,24
DBO (Última)	mg/L	2	2	2	2	2	2
DBO (total)	mg/L	2	2	2	2	2	2
Nitrógeno Orgánico	mg/L	2	2	2	2	2	2
NO ₃ – Nitratos	mg/L	0,886	2,35	0,886	0,886	0,886	0,928
Fósforo Orgánico	mg/L	0,085	0,068	0,063	0,055	0,05	0,05
Fósforo Inorgánico	mg/L	0,075	0,075	0,075	0,075	0,075	0,075
Patógenos	cfu/100mL	230	16000	1600	920	49	1600
Alcalinidad	mgCaCO3/ L	54,4	124	129	147	133	119
pH	U. pH	8,65	8,77	8,78	8,8	8,92	8,94

Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019

En la siguiente tabla se pueden observar los resultados obtenidos durante el monitoreo realizado para época lluviosa:

Tabla N° 39. Resultados de Monitoreo - Época Lluviosa.

PARÁMETRO	UNIDAD	E-1	E-2	E-3	E-4	E-5	E-6
		PUENT E EL TAMBO	CANCHA TRICOLO R	PUENT E LA VEGA	FINCA LA PARRILL A	LA ESTANCIA	INICIO DE MURO DE CONTENCIÓ N
Temperatura	C	18,9	23,9	28,1	25,9	26,2	26,4
Conductividad	umhos	145,2	359	328	373	370	361
Solidos totales	mgO2/L	10,2	7,5	7,9	6,59	5	5

FORMULACIÓN DEL PLAN DE ORDENAMIENTO DEL RECURSO HIDRICO DEL RIO CHIRIAIMO EN LOS MUNICIPIOS DE LA PAZ Y SAN DIEGO, DEPARTAMENTO DEL CESAR

PARÁMETRO	UNIDAD	E-1	E-2	E-3	E-4	E-5	E-6
		PUENTE E EL TAMBO	CANCHA TRICOLOR	PUENTE LA VEGA	FINCA LA PARRILLA	LA ESTANCIA	INICIO DE MURO DE CONTENCIÓN
Oxígeno Disuelto	mgO ₂ /L	7,99	7,74	7,77	8	8,67	8,49
DBO (ultima)	mg/L	2	2	2	2	2	2
DBO (total)	mg/L	2	2	2	2	2	2
Nitrógeno Orgánico	mg/L	2	2	2	2	2	2
NO ₃ - Nitratos	mg/L	1,49	1,92	1,81	1,81	1,61	0,888
Fosforo Orgánico	mg/L	0,077	0,067	0,075	0,077	0,062	0,074
Fosforo Inorgánico	mg/L	0,102	0,075	0,417	0,098	0,088	0,088
Patógenos	cfu/100mL	920	1600	1600	2400	2400	790
Alcalinidad	mgCaCO ₃ /L	68,8	142	136	179	171	165
pH	U. pH	8,61	8,72	8,75	8,12	8,93	9

Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019

Los resultados antes mencionados, fueron utilizados en la ejecución de la simulación para determinar el comportamiento de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del río Chiriaimo. La modelación fue realizada para escenarios actual, corto, mediano y largo plazo. En la siguiente tabla se pueden observar los resultados promedio que se implementaron:

Tabla N° 40. Resultados promedio de Monitoreo – Época Seca – Época Lluviosa.

Parámetro	Unidad	Puente el Tambo			Cancha la Tricolor			Puente la Vega			Finca la Parrilla			La Estancia			Inicio de muro de Contención		
		Seco	Lluvioso	Promedio	Seco	Lluvioso	Promedio	Seco	Lluvioso	Promedio	Seco	Lluvioso	Promedio	Seco	Lluvioso	Promedio	Seco	Lluvioso	Promedio
Temperatura	C	18,50	18,90	18,70	24,40	23,90	24,15	25,60	28,10	26,85	24,80	25,90	25,35	33,90	26,20	30,05	32,00	26,40	29,20
Conductividad	umhos	127,30	145,20	136,25	313,00	359,00	336,00	305,00	328,00	316,50	350,00	373,00	361,50	316,00	370,00	343,00	297,00	361,00	329,00
Sólidos totales	mgO ₂ /L	25,70	10,20	17,95	27,40	7,50	17,45	21,00	7,90	14,45	14,00	6,59	10,30	5,00	5,00	5,00	10,00	5,00	7,50
Oxígeno Disuelto	mgO ₂ /L	7,71	7,99	7,85	7,75	7,74	7,75	7,65	7,77	7,71	8,28	8,00	8,14	8,07	8,67	8,37	7,24	8,49	7,87
DBO (ultima)	mgO ₂ /L	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
DBO (total)	mgO ₂ /L	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Nitrógeno Orgánico	mgO ₂ /L	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
NO ₃ - Nitratos	mgO ₂ /L	0,89	1,49	1,19	2,35	1,92	2,14	0,89	1,81	1,35	0,89	1,81	1,35	0,89	1,61	1,25	0,93	0,89	0,91
Fosforo Orgánico	mgO ₂ /L	0,09	0,08	0,08	0,07	0,07	0,07	0,06	0,08	0,07	0,06	0,08	0,07	0,05	0,06	0,06	0,05	0,07	0,06
Fosforo Inorgánico	mgO ₂ /L	0,08	0,10	0,09	0,08	0,08	0,08	0,08	0,42	0,25	0,08	0,10	0,09	0,08	0,09	0,08	0,08	0,09	0,08
Patógenos	cfu/100 mL	230,00	920,00	575,00	16000,00	1600,00	8800,00	1600,00	1600,00	1600,00	920,00	2400,00	1660,00	49,00	2400,00	1224,50	1600,00	790,00	1195,00

Parámetro	Unidad	Puente el Tambo			Cancha la Tricolor			Puente la Vega			Finca la Parrilla			La Estancia			Inicio de muro de Contención		
		Seco	Lluvi oso	Prome dio	Seco	Lluvi oso	Prome dio	Seco	Lluvi oso	Prome dio	Seco	Lluvi oso	Prome dio	Seco	Lluvi oso	Prome dio	Seco	Lluvi oso	Prome dio
Alcalinidad	mgCaCO ₃ /L	54,40	68,80	61,60	124,00	142,00	133,00	129,00	136,00	132,50	147,00	179,00	163,00	133,00	171,00	152,00	119,00	165,00	142,00
pH	s.u.	8,65	8,61	8,63	8,77	8,72	8,75	8,78	8,75	8,77	8,80	8,12	8,46	8,92	8,93	8,93	8,94	9,00	8,97

Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019

2.5 DETERMINACIÓN DE CARGA CONTAMINANTES

La carga contaminante se puede definir como la masa de un contaminante generado o vertido en una unidad de tiempo. Con el fin de determinar las condiciones de calidad del río Chiriaimo, se calcularon las Cargas Contaminantes de los parámetros establecidos en el Decreto 2767 de 2012 referente al cobro de Tasas Retributivas (DBO5 y SST). Los cálculos se efectúan con las concentraciones de los parámetros de interés y los datos de caudal obtenidos en cada una de las estaciones de monitoreo pertenecientes a las dos jornadas de caracterización. Adicionalmente se tiene en cuenta la información consignada en el acuerdo 002 del 22 de marzo de 2019 “por medio del cual se define la meta global, las metas individuales y grupales de Carga Contaminante para los parámetros de DBO5 y SST, en los cuerpos de agua o tramos de los mismos en jurisdicción de Corpocesar, para el periodo 2019 – 2023”.

El cálculo de las cargas contaminantes se realiza mediante la siguiente ecuación:

$$CC = [] * Q * 0,0864$$

Dónde:

CC: es la carga contaminante en kg/día.

[]: Es la concentración de DBO5 o SST en mg/L.

0,0864: es el factor de Conversión para obtener el resultado en Kg.

Q: es el caudal vertido L/sg.

Las Tabla N° 41 y Tabla N° 42, consignan los resultados de la carga contaminante para la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) y los Sólidos Suspendidos Totales (SST), obtenidos durante las dos campañas de monitoreo sobre río Chiriaimo.

Tabla N° 41. Carga contaminante DBO Río Chiriaimo

	CAMPAÑA DE MONITOREO No 1	CAMPAÑA DE MONITOREO No 2

ESTACION	DBO (mg/L)	Carga contaminante DBO (Kg/año)	Caudal (L/s)	DBO (mg/L)	Carga contaminante DBO (Kg/año)	Caudal (L/s)
E-1	2	22705.92	360	2	14506.56	230
E-2	2	23967.36	380	2	23336.64	370
E-3	2	34058.88	540	2	26490.24	420
E-4	2	54872.64	870	2	25859.52	410
E-5	2	2522.88	40	2	1261.44	20
E-6	2	1261.44	20	2	1892.16	30

Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019

Tabla N° 42. Carga contaminante SST Rio Chiriaimo

ESTACION	CAMPAÑA DE MONITOREO No 1			CAMPAÑA DE MONITOREO No 2		
	SST (mg/L)	Carga contaminante SST (Kg/año)	Caudal (L/s)	SST (mg/L)	Carga contaminante SST (Kg/año)	Caudal (L/s)
E-1	25.7	291771.07	360	10.2	73983.46	230
E-2	27.4	328352.83	380	7.5	87512.40	370
E-3	21	357618.24	540	7.9	104636.45	420
E-4	14	384108.48	870	6.59	85207.12	410
E-5	5	6307.20	40	5	3153.60	20
E-6	10	6307.20	20	5	4730.40	30

Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019

A partir de los resultados presentados en las tablas anteriores, se encuentra que el rio Chiriaimo presenta una condición de calidad del agua aceptable en algunas de las estaciones y buena calidad en otras, con incidencia de descargas de aguas residuales y escorrentías, proveniente de los centros poblados y de los asentamientos dispersos que predominan de la estación del Tambo hacia aguas abajo.

2.6 PERFILES DE CALIDAD PARA LOS CUERPOS HÍDRICOS PRIORIZADOS

El siguiente componente se basa en el análisis de los principales parámetros fisicoquímicos de la del rio Chiriaimo. Esto se logró a través de la elaboración de gráficos que permitan observar la evolución espacial de algunos parámetros, según los resultados obtenidos a partir del monitoreo del agua superficial durante este estudio y la evolución temporal según los resultados históricos con los que cuenta la Corporación, a partir de lo obtenido en otros proyectos.

Como ya se mencionó, esta información permite construir perfiles de calidad por medio de los cuales es posible conocer la evolución espacial y temporal de las condiciones del cuerpo hídrico, considerando el cambio que sufre un determinado parámetro al pasar de un punto a otro de la red o teniendo en cuenta los distintos resultados obtenidos para un mismo punto a través de las distintas campañas de monitoreo.

Es importante mencionar que, en la mayoría de los casos, los parámetros analizados en laboratorio vienen reportados según el límite de detección del instrumento, por lo que no siempre se cuenta con el valor exacto que permita evaluar el cambio entre distintos puntos, y que los resultados igualmente dependen de las condiciones en las que se realizó la toma de muestras en cada campaña.

2.6.1 Aforos de caudal

El caudal determinado en cada estación por campaña, fue un referente necesario para el análisis de las condiciones de calidad en cada punto, puesto que en función de la cantidad de agua presente en él se puede tener un estimativo de cuan concentrada o diluida se encuentra una sustancia o parámetro. En este sentido, es normal por ejemplo encontrar concentraciones más bajas en épocas húmedas y más altas en épocas secas, así que, en la Tabla N° 43 y la Grafica N° 6 se presentan los resultados de los caudales aforados y el comportamiento de estos en cada punto de monitoreo, para las dos campañas.

Cabe aclarar que el rio Chiriaimo en las dos campañas de muestreo desarrolladas, conservó agua hasta el punto denominado como inicio de muros de contención, a un kilómetro aproximadamente del puente ubicado sobre la vía nacional que conduce al municipio de la Paz – Cesar, desde este punto hasta la desembocadura al rio Cesar se encuentra completamente seco.

Tabla N° 43. Caudales aforados en las estaciones de monitoreo en las campañas correspondiente a temporada seca (CAMP1) y húmeda (CAMP2).

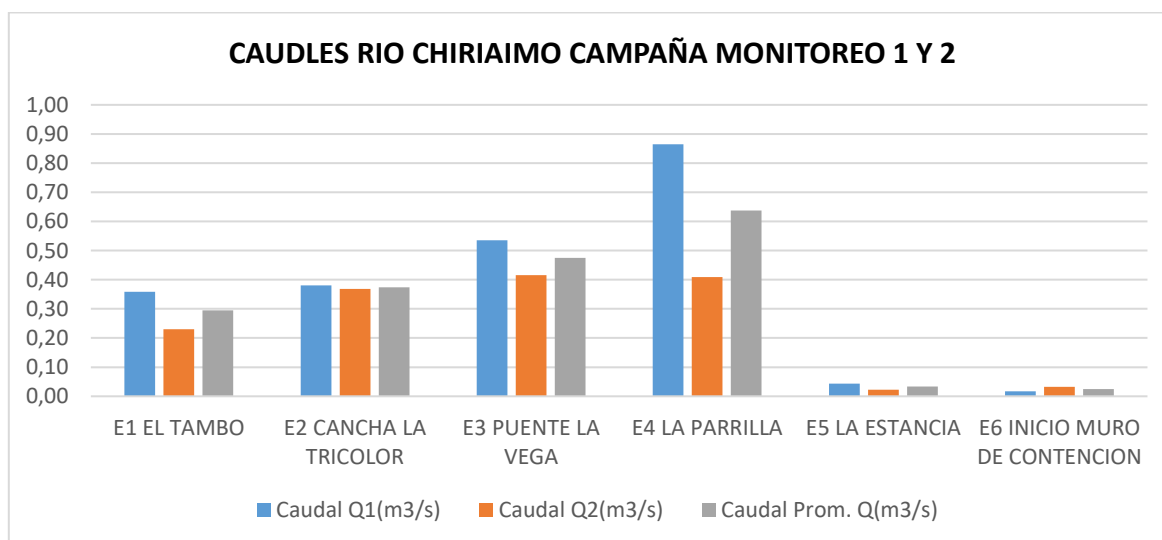
Estación	Nombre	Q C1(m ³ /sg)	Q C2(m ³ /sg)
----------	--------	-----------------------------	-----------------------------

E-1	Puente el Tambo	0.36	0.23
E-2	Cancha la Tricolor	0.38	0.37
E-3	Puente la Vega	0.54	0.42
E-4	Finca la Parrilla	0.87	0.41
E-5	La Estancia	0.04	0.02
E-6	Inicio de muro de Contención	0.02	0.03

Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019

La primera campaña fue programada en temporada seca en el mes de Junio y la segunda buscando la temporada de lluvias del mes de Julio, en campo se encontró que esta situación se cumplió para la primera y en la segunda un periodo de transición con lluvias de intensidad moderadas, podría adjudicarse tal comportamiento a la incidencia del cambio climático que afecta actualmente al planeta. Esta situación es importante a la hora de analizar los resultados fisicoquímicos, puesto que las concentraciones suelen comportarse también de acuerdo al caudal. La información referente a la campaña de aforos y sus respectivos cálculos se encuentran disponibles en el Anexo N° 3

Grafica N° 6. Caudales Rio Chiriaimo campaña de monitoreo 1 y 2



Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019

2.6.2 Condiciones de calidad actual

El análisis de la calidad para los cuerpos hídricos priorizados comprende una primera aproximación a las condiciones del recurso a partir del análisis de los principales parámetros fisicoquímicos. Estos son comparados con la normatividad nacional vigente (Decreto 1076 de 2015), la cual rige los usos del agua en función de la concentración de estos parámetros, debido a sus implicaciones sobre la salud humana.

En las tablas y figuras que se presentan en este apartado, se presentan los resultados reportados por el laboratorio para los parámetros: Coliformes totales, DBO, DQO, OD, SST y pH, a lo largo del monitoreo del cuerpo priorizado, los cuales pueden consultarse en el Anexo N° 4

En las figuras a observar, los valores se encuentran representados por barras verticales, las cuales se encuentran dispuestas según el orden de confluencia de los cuerpos de agua, siendo azul oscuro las barras que representan los cuerpos priorizados, azul claro sus afluentes directos y rojo los vertimientos que tienen lugar sobre estos. Los valores de los vertimientos se presentan en un eje secundario, puesto que suelen representarse en una escala numérica distinta con respecto al agua natural. Finalmente, y de forma transversal a las barras azules de cada figura, se encuentran diferenciados por colores los límites permisibles para los usos que estipula la norma, para aquellos parámetros en que tenga lugar.

2.6.3 Condiciones de calidad actual

El análisis de la calidad para los cuerpos hídricos priorizados comprende una primera aproximación a las condiciones del recurso a partir del análisis de los principales parámetros fisicoquímicos. Estos son comparados con la normatividad nacional vigente (Decreto 1076 de 2015), la cual rige los usos del agua en función de la concentración de estos parámetros, debido a sus implicaciones sobre la salud humana.

En las tablas y figuras que se presentan en este apartado, se presentan los resultados reportados por el laboratorio para los parámetros: Coliformes totales, DBO, DQO, OD, SST y pH, a lo largo del monitoreo del cuerpo priorizado, los cuales pueden consultarse en el Anexo N° 4

En las figuras a observar, los valores se encuentran representados por barras verticales, las cuales se encuentran dispuestas según el orden de confluencia de los cuerpos de agua, siendo azul oscuro las barras que representan los cuerpos priorizados, azul claro sus afluentes directos y rojo los vertimientos que tienen lugar

sobre estos. Los valores de los vertimientos se presentan en un eje secundario, puesto que suelen representarse en una escala numérica distinta con respecto al agua natural. Finalmente, y de forma transversal a las barras azules de cada figura, se encuentran diferenciados por colores los límites permisibles para los usos que estipula la norma, para aquellos parámetros en que tenga lugar.

2.6.3.1 Coliformes Totales

Este parámetro hace referencia a las enterobacterias que se caracterizan por su capacidad para fermentar la lactosa, con producción de ácido y gas. Son bacilos gramnegativos, aerobios y anaerobios facultativos, que se encuentran en el intestino del hombre y de los animales, pero también en otros ambientes como el agua, el suelo, las plantas, etc.

Un grupo perteneciente a los coliformes totales son los coliformes fecales, que comprenden principalmente a la *Escherichia Coli* y algunas cepas de *Enterobacter* y *Klebsiella*. Su origen es principalmente fecal y por esto son considerados uno de los principales indicadores de contaminación del agua.

Una elevada concentración de coliformes en el agua puede tener implicaciones para la salud humana, por lo que suele ser un parámetro muy restringido por la normatividad para agua de consumo humano, agrícola y recreativo.

En la Tabla N° 44 se consignan los resultados obtenidos durante la primera y segunda campaña de monitoreo para los coliformes totales, registrados en los puntos dispuestos sobre el río Chiriaimo.

El comportamiento de estos valores se visualiza en la Grafica N° 7 y Grafica N° 8. En el análisis, las líneas transversales representan los límites normativos para los usos: doméstico con desinfección y recreativo primario, doméstico con tratamiento convencional; y agrícola con recreativo secundario, por ser los que restringen la concentración de los coliformes totales en el agua.

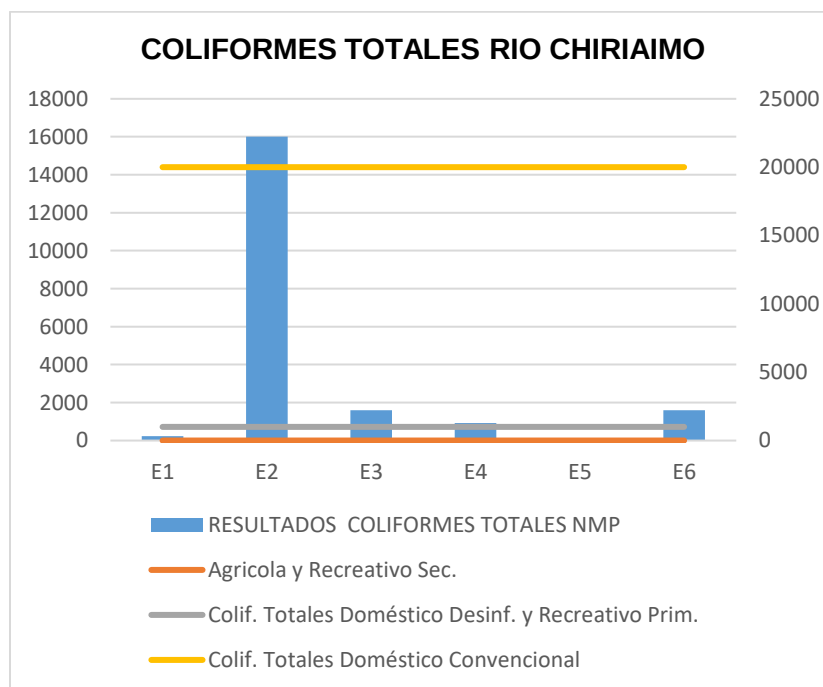
Tabla N° 44. Resultados primera y segunda campaña de monitoreo coliformes totales.

ESTACION	CAMPAÑA DE MONITOREO No 1		CAMPAÑA DE MONITOREO No 2	
	Coliformes Totales (NMP/100ml)	Caudal (m ³ /sg)	Coliformes Totales (NMP/100ml)	Caudal (m ³ /sg)
E-1	230	0.36	920	0.23
E-2	16000	0.38	1600	0.37
E-3	1600	0.54	1600	0.42

E-4	920	0.87	2400	0.41
E-5	49	0.04	2400	0.02
E-6	1600	0.02	790	0.03

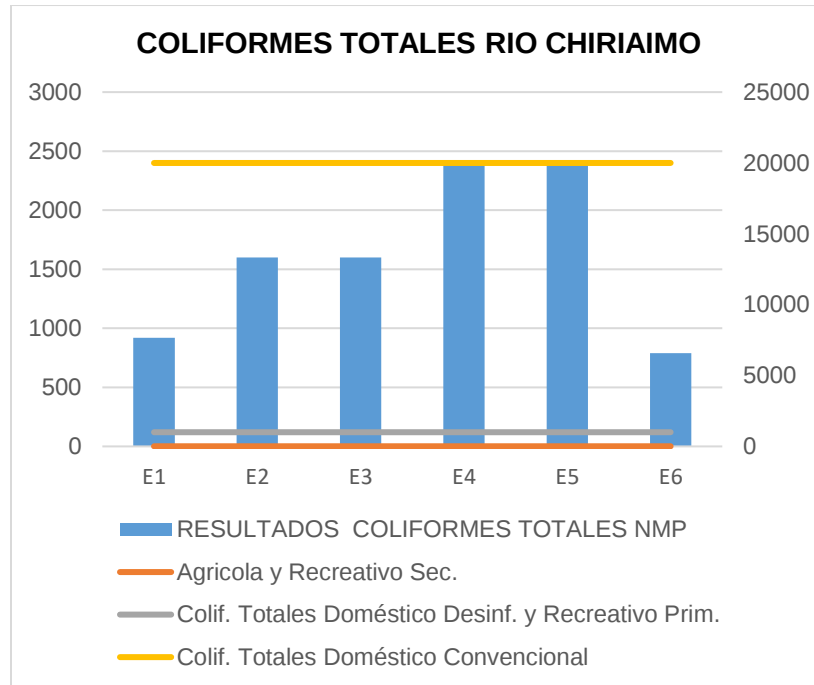
Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019

Grafica N° 7. CAMPAÑA No 1



Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019

Grafica N° 8. CAMPAÑA No 2



Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019

2.6.3.2 Demanda Bioquímica de Oxígeno

La Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) se define como la cantidad de oxígeno que requieren las bacterias durante la estabilización de la materia orgánica susceptible de descomposición en condiciones aerobias (Sawyer, 2001). Dicho en otras palabras, este parámetro es proporcional al contenido de materia orgánica presente en una muestra de agua, la cual puede ser descompuesta por los microorganismos presentes en ella y que consumen oxígeno. Entre mayor sea la cantidad de materia orgánica en la muestra, mayor será la cantidad de oxígeno requerido para que los microorganismos puedan degradarlo.

La Tabla N° 45 consigna los resultados de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) obtenidos durante las dos campañas de monitoreo realizadas para el desarrollo del PORH.

Tabla N° 45. Concentración de la DBO total en el rio Chiriaimo – primera campaña

ESTACION	CAMPAÑA DE MONITOREO No 1		CAMPAÑA DE MONITOREO No 2	
	Valor DBO (mg/L O ₂)	Caudal (m ³ /sg)	Valor DBO (mg/L O ₂)	Caudal (m ³ /sg)
E-1	<2,00	0.36	<2,00	0.23
E-2	<2,00	0.38	<2,00	0.37
E-3	<2,00	0.54	<2,00	0.42
E-4	<2,00	0.87	<2,00	0.41
E-5	<2,00	0.04	<2,00	0.02
E-6	<2,00	0.02	<2,00	0.03

Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019

Es importante considerar que la normatividad no establece limite permisible para la DBO en ningún uso del agua, salvo para los sistemas de remoción, por lo que su concentración no implica restricción a ningún uso del agua.

Para el análisis de la demanda bioquímica de oxígeno, se encontró que no existen mayores impactos. Si bien no se identificaron valores altos en ninguna estación en las dos campañas realizadas; este comportamiento se asoció principalmente a que las descargas que realizan las viviendas dispersas y los centros poblados asentados aguas arriba de las estaciones monitoreadas no aportan cargas orgánicas que la fuente no sea capaz de asimilar.

En todas las estaciones se obtuvieron valores por debajo del límite de detección correspondiente a 2,0 mg/L, indicando que la fuente está en la capacidad de hacer una depuración eficiente de las descargas que recibe, reflejada en las concentraciones de oxígeno reportadas, las cuales estuvieron cercanas al punto de saturación en todos los puntos.

2.6.4 Índice de calidad para los cuerpos hídricos priorizados

Los índices de calidad del agua, son mecanismos mediante el cual se califican diferentes cualidades de las aguas y, por lo tanto, complementan el panorama ambiental de un curso hídrico, tal como lo demuestra la correlación próxima a cero entre ellos. Es importante aclarar que para su determinación se consideraron los resultados de los monitoreos para época seca y lluviosa.

Para el presente estudio, se tuvieron en cuenta los siguientes índices de calidad del agua:

- Macroinvertebrados bentónicos primera campaña de monitoreo

La comunidad incluye a todos los organismos que viven en el fondo de los cuerpos de agua, se encuentran enterrados o sobre el sedimento, adheridos a piedras, rocas o a cualquier otro sustrato (Roldán y Ramírez, 2008), las zonas más propicias para presentar las mayores diversidades son las áreas someras cercanas a las orillas (zona litoral), ya que el oxígeno y la fuentes de alimento disminuyen a medida que aumenta la profundidad (Roldan, 2003; Liévano y Ospina, 2007). La composición de los organismos bentónicos depende de la calidad del agua y los sustratos de los sistemas en los que se encuentren (Ramírez y Viña, 1998). Los macroinvertebrados bentónicos han sido utilizados ampliamente como indicadores de la calidad del agua, esto debido a que cumplen varias de las características que tienen los bioindicadores, como por ejemplo, una excelente diversidad de organismos, variedad en los requerimientos ecológicos, fisicoquímicos y de hábitat, entre las presiones fisicoquímicas que se pueden detectar con este grupo se encuentran, la contaminación térmica y orgánica, cambios en la mineralización del agua y eutrofización del sistema (Confederación hidrográfica del Ebro, 2005a).

Tabla N° 46. Clasificación de las aguas y su significado ecológico de acuerdo con el índice BMWP.

CLASE	CALIDAD	VALOR DEL BMWP	SIGNIFICADO	COLOR
I	Buena	150	Aguas muy limpias, no contaminadas o poco alteradas	Azul
		101-120		
II	Aceptable	61-100	Aguas ligeramente contaminadas	Verde
III	Dudosa	36-60	Aguas moderadamente contaminadas	Amarillo
IV	Critica	16-35	Aguas muy contaminadas	Naranja
V	Muy critica	< 15	Aguas fuertemente contaminadas	Rojo

Fuente: Roldan y Ramírez (2008).

Tabla N° 47. Clasificación de las aguas y su significado ecológico de acuerdo con el índice BMWP/Col.

FAMILIAS	PUNTAJE BMWP/COL
Anomalopsychidae, Atriplectididae, Blephariceridae, Calamoceratidae, Ptilodactylidae, Chordodidae, Gomphidae, Hydridae, Lampyridae, Lymnessiidae, Odontoceridae, Oligoneuridae, Perlidae, Polytoridae, Psephenidae.	10
Ampullariidae, Dysticidae, Ephemeridae, Euthyplociidae, Gyrinidae, Hydrobiosidae, Leptophlebiidae, Philopotamidae, Polycentropodidae, Xiphocentronidae.	9
Gerridae, Hebridae, Helicopsychidae Hydrobiidae, Leptoceridae, Lestidae, Palaemonidae, Pleidae, Pseudothelpusidae, Saldidae, Simuliidae, Velidae.	8
Baetidae, Caenidae, Calopterygidae, Coenagrionidae, Corixidae, Dixidae, Dryopidae, Glossosomatidae, Hyalellidae Hydrobiidae, Hydropsychidae, Leptohyphidae, Naucoridae, Notonectidae, Planariidae, Psychodidae, Scirtidae.	7
Aeshnidae, Ancyliidae, Corydalidae, Elmidae, Libellulidae, Limnichidae, Lutrochidae, Megapodagrionidae, Sialidae, Staphylinidae.	6
Belostomatidae, Gelastocoridae, Hydropsyphidae, Mesoveliidae, Nepidae, Planorbidae, Pyralidae, Tabanidae, Thiaridae	5
Chrysomelidae, Stratiomyidae, Halipidae, Empididae, Dolichopodidae, Sphaeriidae, Lymnaeidae, Hydraenidae, Hydrometridae, Noteridae.	4
Ceratopogonidae, Glossiphoniidae, Cyclobdellidae, Hydrophiliidae, Physidae, Tipulidae.	3
Culicidae, Chironomidae, Muscidae, Sciomyzidae.	2
Tubificidae.	1

Fuente: Laboratorios Nancy Flórez, 2019

➤ Perifiton

El Perifiton es un conjunto compuesto básicamente por microalgas que conforman una biopelícula sobre las superficies sumergidas en los cuerpos de agua, su composición depende de las características del agua, del tipo y rugosidad del sustrato, la comunidad cumple un papel importante en los sistemas hídricos por

varias razones, produce metabolitos para la cadena alimenticia, ofrece una alta tasa de reciclaje de nutrientes, actúa como indicador de la calidad del agua y sirve de alimento para diferentes organismos heterótrofos (Roldán y Ramírez, 2008). En los sistemas lóticos el perifiton es el principal punto de entrada energía al capturar los rayos solares y convertirlos en compuestos orgánicos, tal y como lo hace el fitoplancton en los sistemas lenticos y en las áreas marinas (Ramírez y Viña, 1998).

El perifiton es considerado un excelente bioindicador debido a la sensibilidad que tiene a los cambios y a la respuesta rápida a un amplio rango de presiones fisicoquímicas, además por permanecer unida a los sustratos en los cuerpos de agua, es una comunidad con un grado alto de confiabilidad para la identificación de los cambios en los sistemas hídricos a corto y largo plazo (Confederación hidrográfica del Ebro, 2005a).

➤ Bioindicación

La bioindicación se fundamenta en que todo organismo es guía de las condiciones del medio en el que se encuentra, ya que su presencia indica adaptaciones que están acordes con el sistema. Utiliza la presencia y abundancia de dicho individuo para señalar algún proceso físico o químico que se esté dando en el ecosistema. Es importante aclarar que aunque se hable de individuo indicador, realmente se refiere a la población de dicho individuo (Roldán, 2003). Tal y como lo explica Pinilla (2000), cualquier evento ocurrido al interior de un sistema, provocará un cambio en sus características originales, estos cambios pueden ser evidenciados inmediatamente o incluso años después de ocurrida la perturbación.

2.6.5 Análisis de la información

El planteamiento del estudio se basó en el cálculo y la comparación de las riquezas y abundancias de las comunidades presentes en los puntos establecidos, con el fin de identificar la estabilidad o causas que estén moldeando las poblaciones acuáticas, adicionalmente el análisis estadístico permite desarrollar herramientas que pueden establecer un criterio del estado del sistema. Se aplicaron índices para definir la diversidad, entre ellos Diversidad de Shannon-Wiener (H'), dominancia de Simpson (λ') y equidad de Pielou (J'). Las matrices e índices se elaboraron empleando el programa Excel para Windows 2013 y el programa estadístico Past. Las matrices e índices se elaboraron empleando los programas Excel para windows 2013 y el programa estadístico Past.

2.6.5.1 Índices de calidad actual del cuerpo de agua

2.6.5.1.1 Índice de contaminación por sólidos suspendidos ICOSUS:

Es determinado a partir de la concentración de sólidos suspendidos, con la intervención de la variable de la turbiedad.

$$ICOSUS = -0,02 + 0,003 \text{ Sólidos Suspendidos } \left(\frac{mg}{L}\right)$$

Sólidos Suspendidos mayores a 340 mg/L tienen un ICOSUS=1

Sólidos Suspendidos menores a 10 mg/L tienen un ICOSUS= 0

Índice de contaminación trófico ICOTRO: Es determinado a partir de la concentración de fósforo total.

$$ICOTRO = \text{Fósforo Total } \left(\frac{mg}{L}\right)$$

La concentración de fósforo define por sí mismo una categoría discreta a saber, como se presenta a continuación:

Tabla N° 48. Valores DBO Lenta para época actual - Línea base.

Oligotrofia	<0,01 mg/L
Mesotrófica	0,01 – 0,02 mg/L
Eutrofia	0,02 – 1,00 mg/L
Hipereutrofia	>1,00 mg/L

Fuente: PORH Rio Chiraimo, 2019.

Índice de contaminación por materia orgánica ICOMO: Intervienen diferentes variables tales como nitrógeno amoniacal, nitritos, fósforo, oxígeno, DBO, DQO y coliformes totales y fecales.

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

$$I_{DBO} = -0,05 + 0,70 \log_{10} * DBO \left(\frac{mg}{L} \right)$$

DBO mayores a 30 mg/L tienen un índice de DBO= 1

DBO menores a 2 mg/L tienen un índice de DBO= 0

$$I_{Coliformes} = -1,44 + 0,56 \log_{10} * Coliformes \text{ totales} \left(\frac{NMP}{100mL} \right)$$

Coliformes totales mayores a 20.000 NMP/100 ml tienen un índice de coliformes totales=1

Coliformes totales menores a 500 NMP/100 ml tienen un índice de coliformes totales=0

$$I_{Oxígeno\%} = 1 - 0,01 * Oxígeno\%$$

Oxígenos (%) mayores a 100% tienen un índice de oxígeno =0

Índice de contaminación por mineralización ICOMI: Es obtenido a partir de la siguiente expresión:

$$ICOMI: \frac{1}{3} (I_{Conductividad} + I_{Dureza} + I_{Alcalinidad})$$

$$\begin{aligned} I_{Conductividad} &= \log_{10} * I_{Conductividad} \\ &= -3,26 + 1,34 \log_{10} * Conductividad \left(\mu \frac{S}{cm} \right) \end{aligned}$$

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

$$I_{Dureza} = \log_{10} * I_{Dureza} = -9,07 + 4,40 \log_{10} * Dureza \left(\frac{mg}{L} \right)$$

Durezas mayores a 110 mg/L tienen índice de dureza= 1

Durezas menores a 30 mg/L tienen índice de dureza= 0

$$I_{Alcalinidad} = -0,025 + 0,05 * alcalinidad\left(\frac{mg}{L}\right)$$

Alcalinidades mayores a 250 mg/L tienen un índice de alcalinidad= 1

Alcalinidades menores a 50 mg/L tienen un índice de alcalinidad= 0

Valoración final de los índices de contaminación: La valoración de los índices de contaminación es definida mediante un rango que va desde 0 a 1 y corresponden al valor promedio de las variables elegidas; índices próximos a cero (0) reflejan baja contaminación e índices cercanos a uno (1) reflejan posible contaminación de origen antrópico o naturales de las fuentes hídricas superficiales.

Existe un código de colores para facilitar la interpretación de los valores de los índices de contaminación (ICOS), los cuales se pueden observar en la siguiente tabla:

Tabla N° 49. Valores de interpretación de índices de contaminación

VALOR ÍNDICE DE CONTAMINACIÓN	GRADO DE CONTAMINACIÓN
0,00 – 0,20	Ninguno
0,21 – 0,40	Bajo
0,41 – 0,60	Medio
0,61 – 0,80	Alto
0,81 – 1,00	Muy alto

Fuente: Construaambiente & Corpocesar, 2019.

2.6.5.1.2 Índice de calidad del agua época seca.

A continuación, se presentan los resultados de los índices de contaminación por mineralización (ICOMI), por Materia Orgánica (ICOMO), por Sólidos Suspendidos (ICOSUS) y, por último, el Índice de Calidad del Agua (ICA) para el río Chiriaimo, durante el período seco para cada una de las estaciones registradas:

Tabla N° 50 Índices de contaminación para la estación 1 en época seca.

ICA RIO CHIRIAIMO - SECO		
ESTACIÓN	E1	GRADO DE CONTAMINACIÓN
ICOMI	0,15	BAJO
ICOMO	0,36	
ICOSUS	0,06	
INDICE ICA	0,22	

Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019.

En la anterior tabla se muestran los resultados de los índices de contaminación para la estación 1 (E1) que se encuentra aguas arriba, cada uno de estos se encuentra dentro del rango “Bajo”.

Tabla N° 51. Índices de contaminación para la estación 2 en época seca.

ICA RIO CHIRIAIMO - SECO		
ESTACIÓN	E2	GRADO DE CONTAMINACIÓN
ICOMI	0,79	MEDIO
ICOMO	0,67	
ICOSUS	0,06	
INDICE ICA	0,44	

Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019.

Para la estación 2 (E2) que se encuentra aguas arriba, se presentan los resultados de los índices de contaminación en la tabla anterior, cada uno de estos se encuentra dentro del rango “Medio”.

Tabla N° 52 Índices de contaminación para la estación 3 en época seca.

ICA RIO CHIRIAIMO - SECO		
ESTACIÓN	E3	GRADO DE CONTAMINACIÓN
ICOMI	0,80	BAJO
ICOMO	0,48	
ICOSUS	0,04	
INDICE ICA	0,34	

Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019.

En la anterior tabla se muestran los resultados de los índices de contaminación para la estación 3 (E3) los cuales indican que estos se encuentran dentro del rango “Bajo”.

Tabla N° 53. Índices de contaminación para la estación 4 en época seca.

ICA RIO CHIRIAIMO - SECO		
ESTACIÓN	E4	GRADO DE CONTAMINACIÓN
ICOMI	0,83	BAJO
ICOMO	0,43	
ICOSUS	0,02	
INDICE ICA	0,31	

Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019.

Los resultados de los índices de contaminación para la estación 4 (E4) que se encuentra aguas arriba, se encuentra dentro del rango “Bajo”, tal y como se puede observar en la tabla anterior.

Tabla N° 54. Índices de contaminación para la estación 5 en época seca

ICA RIO CHIRIAIMO - SECO		
ESTACIÓN	E5	GRADO DE CONTAMINACIÓN
ICOMI	0,81	BAJO
ICOMO	0,36	
ICOSUS	0,00	
INDICE ICA	0,26	

Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019.

En la anterior tabla se muestran los resultados de los índices de contaminación para la estación 5 (E5) que se encuentra aguas arriba, los cuales se encuentran dentro del rango “Bajo”.

Tabla N° 55. Índices de contaminación para la estación 6 en época seca.

ICA RIO CHIRIAIMO - SECO		
ESTACIÓN	E6	GRADO DE CONTAMINACIÓN
ICOMI	0,78	BAJO
ICOMO	0,48	

ICA RIO CHIRIAIMO - SECO		
ESTACIÓN	E6	GRADO DE CONTAMINACIÓN
ICOSUS	0,01	
INDICE ICA	0,32	

Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019.

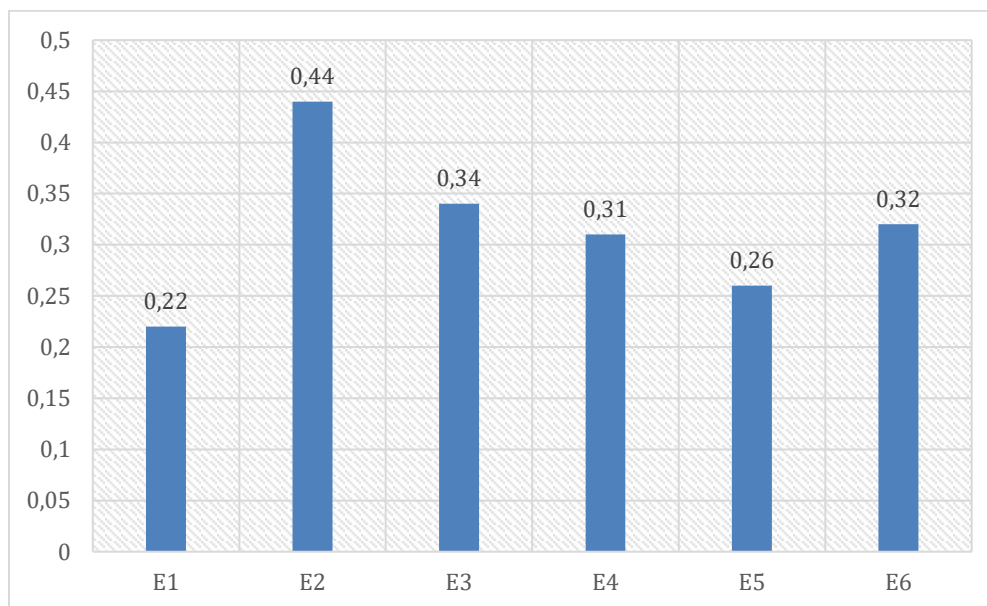
Los resultados de los índices de contaminación para la estación 6 (E6) que se encuentra aguas arriba, muestra que cada uno de estos se encuentra dentro del rango “Bajo”, tal y como se aprecia en la tabla anterior.

Tabla N° 56. Índice ICA por estaciones de monitoreo en época seca.

ÍNDICE ICA POR ESTACIONES DE MONITOREO-SECO		
ESTACIÓN	VALOR	GRADO DE CONTAMINACIÓN
E-1	0,22	Bajo
E-2	0,44	Medio
E-3	0,34	Bajo
E-4	0,31	Bajo
E-5	0,26	Bajo
E-6	0,32	Bajo
PROMEDIO	0,315	Bajo

Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019.

Grafica N° 9. Índice ICA por estaciones de monitoreo en época seca.



Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019.

De la gráfica anterior, se puede determinar que durante la época seca el Índice de Calidad del Agua presentó su mayor valor de 0,44 en la estación 2 (E2) y su mínimo 0,22 en la estación 1 (E1) que se encuentra aguas arriba. Sin embargo, el río Chiriaimo mantiene un grado de contaminación bajo, por lo cual sus aguas no representan peligro alguno para la comunidad que se abastece. En la siguiente tabla se observa una comparación del Índice de Calidad del Agua (ICA) para el río Chiriaimo en época lluviosa y seca:

2.6.5.1.3 Índice de calidad del agua época lluviosa.

A continuación, se presentan los resultados de los índices de contaminación por mineralización (ICOMI), por Materia Orgánica (ICOMO), por Sólidos Suspendidos (ICOSUS) y, por último, el Índice de Calidad del Agua (ICA) para el río Chiriaimo durante el período lluvioso para cada una de las estaciones registradas:

Tabla N° 57. Índices de contaminación para la estación 1 en época lluviosa.

ICA RIO CHIRIAIMO - LLUVIOSO		
ESTACIÓN	E1	GRADO DE CONTAMINACIÓN
ICOMI	0,18	BAJO
ICOMO	0,43	
ICOSUS	0,01	
INDICE ICA	0,24	

Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019.

En la tabla anterior, se muestran los resultados de los Índices de Contaminación para la estación 1 (E1) que se encuentra aguas arriba, donde se puede observar que cada uno de estos se encuentra dentro del rango “Bajo”, por lo cual es posible que estas aguas presenten una alta diversidad de la vida acuática. Además, el agua también presenta niveles adecuados para su utilización en diferentes actividades antrópicas.

Tabla N° 58. Índices de contaminación para la estación 2 en época lluviosa.

ICA RIO CHIRIAIMO - LLUVIOSO		
ESTACIÓN	E2	GRADO DE CONTAMINACIÓN
ICOMI	0,79	BAJO
ICOMO	0,48	
ICOSUS	0,00	
INDICE ICA	0,32	

Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019.

En la anterior tabla se muestran los resultados de los Índices de contaminación para la estación 2 (E2) ubicadas aguas arriba, los cuales se encuentran dentro del rango “Bajo”, razón por la que es posible que estas aguas presentan un alto grado de diversidad en la vida acuática y así mismo, cuentan con niveles adecuados para ser utilizadas en beneficio de diferentes actividades antrópicas.

Tabla N° 59. Índices de contaminación para la estación 3 en época lluviosa.

ICA RIO CHIRIAIMO - LLUVIOSO		
ESTACIÓN	E3	GRADO DE CONTAMINACIÓN
ICOMI	0,80	MEDIO
ICOMO	0,48	
ICOSUS	0,00	
INDICE ICA	0,42	

Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019.

En la tabla anterior, se muestran los resultados de los índices de contaminación para la estación 3 (E3) que se encuentra en la parte media del río, en donde se puede apreciar que estos se encuentran dentro del rango “medio” por lo cual es posible que estas aguas tengan menor diversidad de la vida acuática.

Tabla N° 60. Índices de contaminación para la estación 4 en época lluviosa.

ICA RIO CHIRIAIMO – LLUVIOSO		
ESTACIÓN	E4	GRADO DE CONTAMINACIÓN
ICOMI	0,7	BAJO
ICOMO	0,51	
ICOSUS	0,00	
INDICE ICA	0,33	

Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019.

En la tabla anterior, se muestran los resultados de los índices de contaminación para la estación 4 (E4) que se encuentra en la parte media del río, en donde se puede apreciar que estos se encuentran dentro del rango “bajo” por lo cual es posible que estas aguas tengan menor diversidad de la vida acuática.

En la siguiente tabla se muestran los resultados de los índices de contaminación para la estación 5 (E5) que se encuentra aguas arriba:

Tabla N° 61. Índices de contaminación para la estación 5 en época lluviosa

ICA RIO CHIRIAIMO – LLUVIOSO		
ESTACIÓN	E5	GRADO DE CONTAMINACIÓN
ICOMI	0,55	BAJO
ICOMO	0,51	
ICOSUS	0,00	
INDICE ICA	0,31	

Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019.

Para los resultados de los Índices de contaminación en la estación 5 (E5), se puede observar que se encuentran dentro del grado de contaminación “Bajo”.

Tabla N° 62. Índices de contaminación para la estación 6 en época lluviosa.

ICA RIO CHIRIAIMO – LLUVIOSO		
ESTACIÓN	E6	GRADO DE CONTAMINACIÓN
ICOMI	0,78	BAJO
ICOMO	0,42	
ICOSUS	0,00	
INDICE ICA	0,29	

Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019.

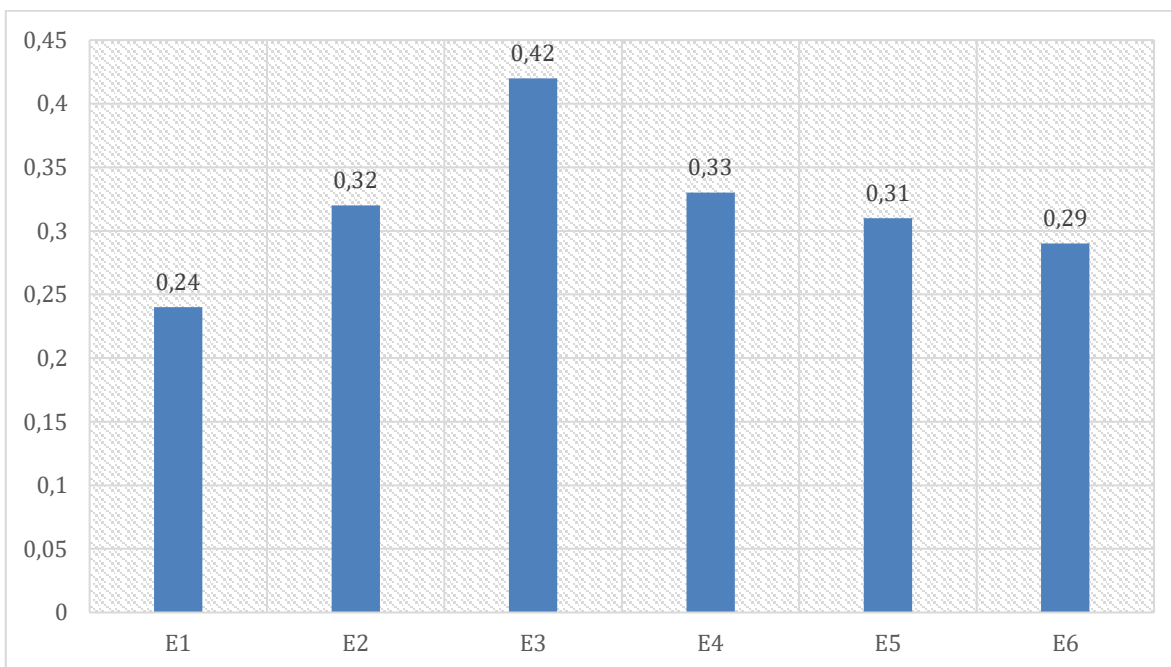
Por último, en la anterior tabla se muestran los resultados de los índices de contaminación para la estación 6 (E6), la cual se ubica aguas arriba, donde se observa que cada uno de estos se encuentra dentro del rango “Bajo”

Tabla N° 63. Índice ICA por estaciones de monitoreo en época lluviosa.

ÍNDICE ICA POR PUNTOS DE MONITOREO-LLUVIOSO		
ESTACIÓN	VALOR	GRADO DE CONTAMINACIÓN
E-1	0,24	Bajo
E-2	0,32	Bajo
E-3	0,42	Medio
E-4	0,33	Bajo
E-5	0,31	Bajo
E-6	0,29	Bajo
PROMEDIO	0,318	Bajo

Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019.

Grafica N° 10. Índice ICA por estaciones de monitoreo en época lluviosa.



Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019.

De la gráfica anterior, donde se encuentran relacionados los ICA para cada una de las estaciones de monitoreo en época lluviosa, se puede determinar que durante la época lluviosa el índice de calidad del agua presentó su mayor valor 0,42 en la

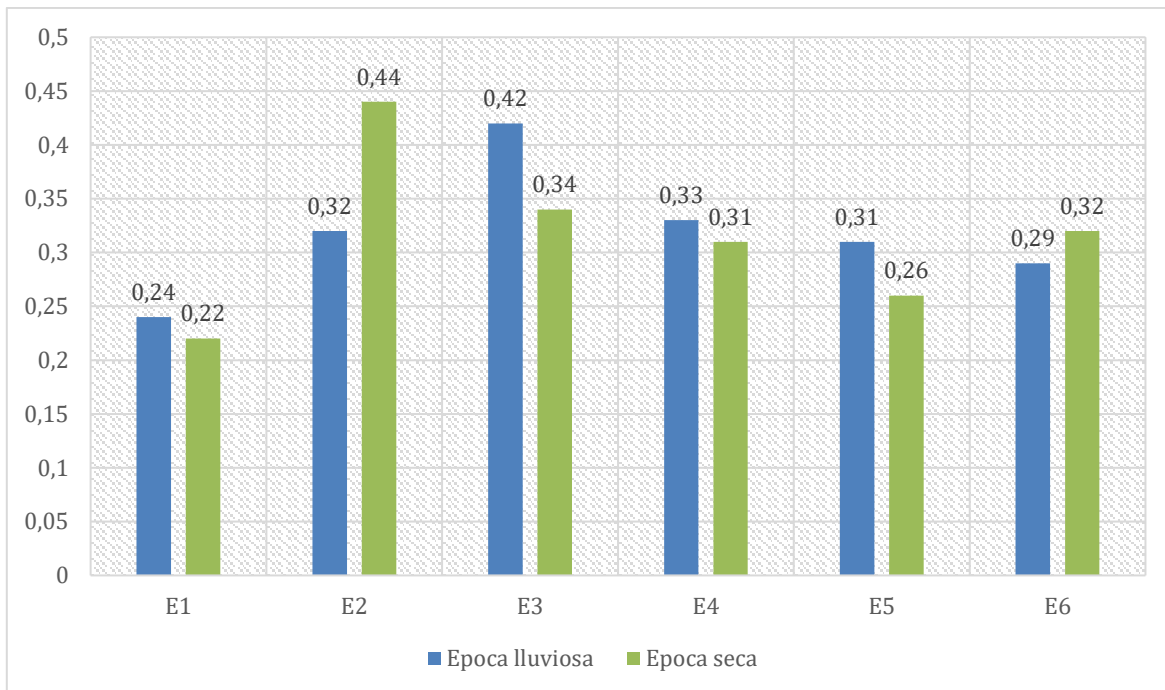
estación 3 (E3) y su mínimo 0,24 en la estación 1 (E1) que se encuentra aguas arriba. Sin embargo, el río Chiriaimo mantiene un grado de contaminación bajo, por lo cual sus aguas no representan peligro alguno para la comunidad que se abastece de él y pueden ser provechosas para el consumo de la misma.

Tabla N° 64. Índice de Calidad del Agua (ICA) en época lluviosa seca.

ESTACIÓN	ÉPOCA LLUVIOSA	ÉPOCA SECA
E-1	0,24	0,22
E-2	0,32	0,44
E-3	0,42	0,34
E-4	0,33	0,31
E-5	0,31	0,26
E-6	0,29	0,32

Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019.

Grafica N° 11. Índice de Calidad del Agua (ICA) en época lluviosa y seca.

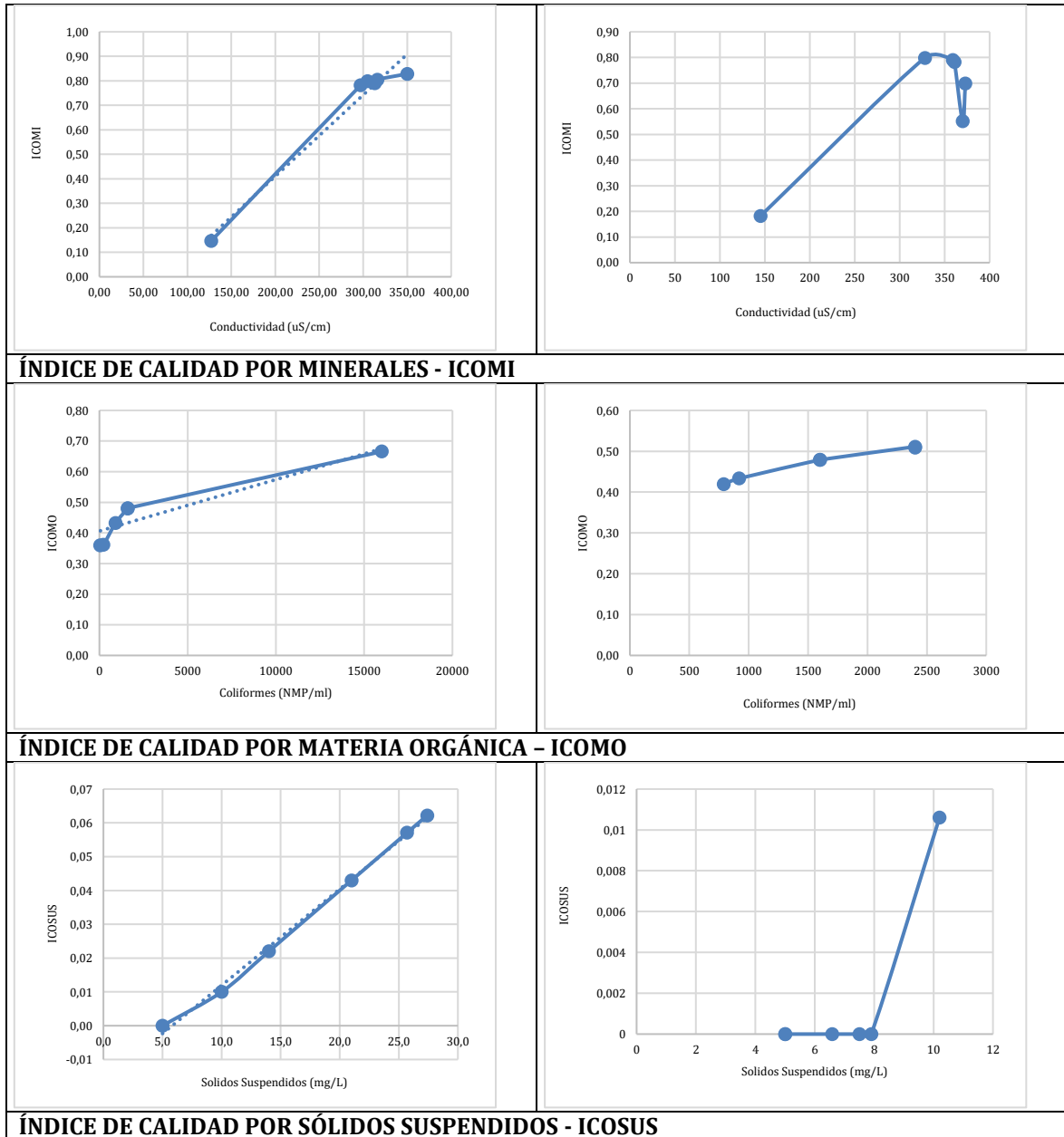


Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019.

En la Grafica N° 11. Índice de Calidad del Agua (ICA) en época lluviosa y seca. En la Grafica N° 11, se observa la comparación en época lluviosa y seca del Índice de Calidad del Agua (ICA) para el río Chiriaimo, donde la serie 1 representa la época

lluviosa, la cual presentó un mayor valor con 0,44 en la estación 2 (E2); por su parte, la serie 2 representa la época seca en la cual se observa el menor valor general en la estación 1 (E1).

Grafica N° 12 Índice de calidad del agua vs concentraciones.



Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019.

2.6.5.1.4 Índice de Langelier.

El índice de Langelier permite conocer la calidad del agua proporcionando información sobre el carácter incrustante o agresivo del agua y está fundamentado en equilibrios del anhídrido carbónico, bicarbonato-carbonatos, el pH, la temperatura, la concentración de calcio y la salinidad total en el agua. Este índice es un criterio fundamental para conocer la corrosión o incrustación en las redes de distribución del agua e instalaciones interiores industriales y domésticas.

Es importante aclarar que para su determinación se consideraron los resultados de los monitoreos para época seca y lluviosa. El índice de Langelier considera las siguientes premisas:

Si el índice es 0: El agua está perfectamente equilibrada. No existe formación de incrustaciones ni eliminación de las mismas.

Si el índice es negativo: Indica que el agua es corrosiva. Agua no saturada con respecto a carbonato cálcico (CaCO_3). El agua no saturada posee la tendencia de eliminar láminas de carbonato cálcico (CaCO_3) presentes que protegen las tuberías y equipos.

Si el índice es positivo: Indica que el agua es incrustante. Agua supersaturada con respecto a carbonato cálcico (CaCO_3). Posible formación de incrustaciones (Universidad, Alicante).

En la práctica se adoptan los siguientes valores: $\text{LSI} > 0.5$, el agua es incrustante y si $\text{LSI} < 0.5$ el agua es agresiva.

➤ Alcalinidad

La alcalinidad de una muestra de agua es una medida de su capacidad para reaccionar o neutralizar iones hidronio, (H^+), hasta un valor de pH igual a 4,5. La alcalinidad es causada principalmente por los bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos presentes en disolución, y en menor grado por los boratos, fosfatos y silicatos, que puedan estar presentes en la muestra. En el caso del agua tanto natural como tratada, la alcalinidad usualmente se debe fundamentalmente a la presencia de iones carbonatos ($\text{CO}_3^{=}$) y bicarbonatos (HCO_3^-), asociados con los cationes Na^+ , K^+ Ca^{+2} y Mg^{+2} (Universidad, Alicante).

➤ Dureza

Se denomina dureza del agua a la concentración de compuestos minerales que hay en una determinada cantidad de agua, en particular sales de magnesio y calcio. El

agua denominada comúnmente como “dura” tiene una elevada concentración de dichas sales y el agua “blanda” las contiene en muy poca cantidad. La unidad de medida de la dureza que se utiliza más habitualmente son los grados hidrométricos franceses (° H F). (FACSA).

➤ Temperatura

La temperatura del agua tiene una gran importancia en el desarrollo de los diversos procesos que en ella se realizan, de forma que un aumento de la temperatura modifica la solubilidad de las sustancias, aumentando la de los sólidos disueltos y disminuyendo la de los gases. La actividad biológica aproximadamente se duplica cada diez grados (ley del Q10), aunque superado un cierto valor característico de cada especie viva, tiene efectos letales para los organismos. Un aumento anormal (por causas no climáticas) de la temperatura del agua, suele tener su origen en el vertido de aguas utilizadas en procesos industriales de intercambio de calor. La temperatura se determina mediante termometría realizada “*in situ*” (Aznar jimenez). La temperatura afecta a la cantidad de oxígeno que puede transportar el agua. El agua a menor temperatura transporta más oxígeno y todos los animales acuáticos necesitan este para sobrevivir. También influye en la fotosíntesis de plantas y algas, y la sensibilidad de los organismos frente a los residuos tóxicos. El aumento de la temperatura en los ríos se puede deber a vertidos de agua caliente de plantas industriales, especialmente de agua de refrigeración. También se puede deber a la escasez de árboles en la orilla del río, provocando que no haya mucha sombra.

El índice de Langelier, se calcula utilizando datos tabulados que se encuentran relacionados directamente a los parámetros fisicoquímicos mencionados anteriormente, su cálculo depende de la interpolación del valor del parámetro de monitoreo en bruto considerando los siguientes coeficientes:

Tabla N° 65. Cálculo para el índice de Langelier.

Temperatura		Dureza Cálcica		Alcalinidad Total	
°C	TF	ppm	HF	ppm	AF
0	0	5	0.7	5	0.7
4	0.1	25	1.4	25	1.4
8	0.2	50	1.7	50	1.7
12	0.3	75	1.9	75	1.9
16	0.4	100	2.0	100	2.0
20	0.5	150	2.2	150	2.2
24	0.6	200	2.3	200	2.3
28	0.7	250	2.4	250	2.4
32	0.7	300	2.5	300	2.5
36	0.8	400	2.6	400	2.6

Temperatura		Dureza Cálrica		Alcalinidad Total	
°C	TF	ppm	HF	ppm	AF
40	0.9	500	2.7	500	2.7
50	1.0	1000	3.0	1000	3.0

Fuente: (Navarro, 2018).

A partir de la tabla anterior, se aplica la siguiente fórmula para el cuerpo de agua continental que es objeto de estudio (Río Chiriaimo).

$$IL = pH + TF + HF + AF - 12.5$$

2.6.5.1.4.1 Índice de saturación de Langelier en época seca.

A continuación, se presentan los resultados del índice de Saturación de Langelier y de los parámetros Temperatura, dureza y alcalinidad para el río Chiriaimo durante el período seco para cada una de las estaciones registradas:

Tabla N° 66. Parámetros e Índice de Langelier, estación 1 en época seca.

ESTACIÓN 1 - ÉPOCA SECA		
PARÁMETRO	VALOR	RESULTADO
TEMPERATURA	0,46	INCRUSTANTE
DUREZA	2,31	
ALCALINIDAD	1,74	
INDICE DE LANGELIER AGUA SUPERFICIAL	0,75	

Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019.

En la anterior tabla se muestran los resultados de los índices de contaminación para la estación 1 (E1) que se encuentra aguas arriba. El resultado de acuerdo al índice de saturación de Langelier fue “Agua incrustante” durante el periodo seco.

Tabla N° 67. Parámetros e Índice de Langelier, estación 2 en época seca.

ESTACIÓN 2 - ÉPOCA SECA		
PARÁMETRO	VALOR	RESULTADO
TEMPERATURA	0,61	INCRUSTANTE
DUREZA	2,228	
ALCALINIDAD	2,096	

INDICE DE LANGELIER AGUA SUPERFICIAL	1,2	
---	-----	--

Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019.

En la anterior tabla se muestran los resultados de los índices de contaminación para la estación 2 (E2) que se encuentra aguas arriba. El resultado de acuerdo al índice de saturación de Langelier fue “Agua incrustante” durante el periodo seco.

Tabla N° 68. Parámetros e Índice de Langelier, estación 3 en época seca.

ESTACIÓN 3 - ÉPOCA SECA		
PARÁMETRO	VALOR	RESULTADO
TEMPERATURA	0,64	INCRUSTANTE
DUREZA	2,232	
ALCALINIDAD	2,116	
INDICE DE LANGELIER AGUA SUPERFICIAL	1,27	

Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019.

En la anterior tabla se muestran los resultados de los índices de contaminación para la estación 3 (E3) que se encuentra aguas arriba. El resultado de acuerdo al índice de saturación de Langelier fue “Agua incrustante” durante el periodo seco.

Tabla N° 69. Parámetros e Índice de Langelier, estación 4 en época seca.

ESTACIÓN 4 - ÉPOCA SECA		
PARÁMETRO	VALOR	RESULTADO
TEMPERATURA	0,62	INCRUSTANTE
DUREZA	2,176	
ALCALINIDAD	2,188	
INDICE DE LANGELIER AGUA SUPERFICIAL	1,28	

Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019.

En la anterior tabla se muestran los resultados de los índices de contaminación para la estación 4 (E4) que se encuentra aguas arriba. El resultado de acuerdo al índice de saturación de Langelier fue “Agua incrustante” durante el periodo seco.

Tabla N° 70. Parámetros e Índice de Langelier, estación 5 en época seca.

ESTACIÓN 5 - ÉPOCA SECA		
PARÁMETRO	VALOR	RESULTADO
TEMPERATURA	0,7475	INCRUSTANTE
DUREZA	2,218	
ALCALINIDAD	2,132	
INDICE DE Langelier Agua Superficial	1,52	

Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019.

En la anterior tabla se muestran los resultados de los índices de contaminación para la estación 5 (E5) que se encuentra aguas arriba. El resultado de acuerdo al índice de saturación de Langelier fue “Agua incrustante” durante el periodo seco.

Tabla N° 71. Parámetros e Índice de Langelier, estación 6 en época seca.

ESTACIÓN 6 -ÉPOCA SECA		
PARÁMETRO	VALOR	RESULTADO
TEMPERATURA	0,7	INCRUSTANTE
DUREZA	2,2	
ALCALINIDAD	2,076	
INDICE DE Langelier Agua Superficial	1,42	

Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019.

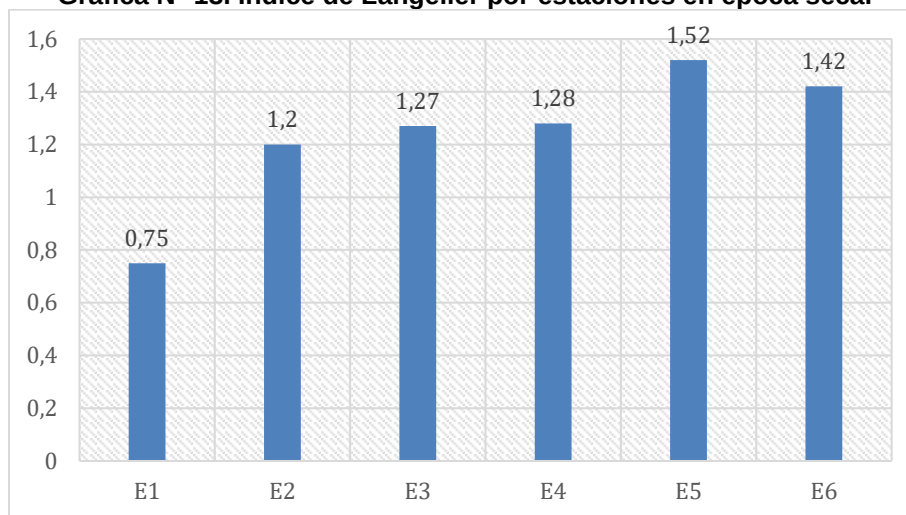
En la anterior tabla se muestran los resultados de los índices de contaminación para la estación 6 (E6) que se encuentra aguas arriba. El resultado de acuerdo al índice de saturación de Langelier fue “Agua incrustante” durante el periodo seco.

Tabla N° 72.Índice de Langelier por estaciones en época seca.

ÍNDICE DE Langelier POR ESTACIONES EN ÉPOCA SECA		
ESTACIÓN	VALOR	RESULTADO
E-1	0,75	Incrustante
E-2	1,2	Incrustante
E-3	1,27	Incrustante
E-4	1,28	Incrustante
E-5	1,52	Incrustante
E-6	1,42	Incrustante

Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019.

Grafica N° 13. Índice de Langelier por estaciones en época seca.



Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019.

De la Grafica N° 13. **Índice de Langelier por estaciones en época seca.** se puede determinar que durante la época seca el valor mayor registrado de acuerdo al índice de saturación de Langelier se presentó en la estación 5 (E5) con 1,52 y el mínimo fue en la estación 1 (E1) con 0,75 y el agua es incrustada.

2.6.5.1.4.2 Índice de saturación de Langelier en época lluviosa.

A continuación, se presentan los resultados del Índice de Saturación de Langelier y de los parámetros Temperatura, Dureza y Alcalinidad para el río Chiriaimo durante el período lluvioso para cada una de las estaciones registradas:

Tabla N° 73. Parámetros e Índice de Langelier, estación 1 en época lluviosa

ESTACIÓN 1 - ÉPOCA LLUVIOSA		
PARÁMETRO	VALOR	RESULTADO
TEMPERATURA	0,47	INCRUSTANTE
DUREZA	2,31	
ALCALINIDAD	1,84	
ÍNDICE DE LANGELIER AGUA SUPERFICIAL	0,73	

Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019.

En la anterior tabla se muestran los resultados de los Índices de Contaminación para la estación 1 (E1) que se encuentra aguas arriba. El resultado de acuerdo al Índice de Saturación de Langelier fue “Agua incrustante”.

Tabla N° 74. Parámetros e Índice de Langelier, estación 2 en época lluviosa

ESTACIÓN 2 - ÉPOCA LLUVIOSA		
PARÁMETRO	VALOR	RESULTADO
TEMPERATURA	0,5975	INCRUSTANTE
DUREZA	2,12	
ALCALINIDAD	2,168	
INDICE DE LANGELIER AGUA SUPERFICIAL	1,11	

Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019.

En la anterior tabla se muestran los resultados de los Índices de contaminación para la estación 2 (E2) que se encuentra aguas arriba. El resultado de acuerdo al índice de saturación de Langelier fue “Agua incrustante”.

Tabla N° 75. Parámetros e Índice de Langelier, estación 3 en época lluviosa

ESTACIÓN 3 - ÉPOCA LLUVIOSA		
PARÁMETRO	VALOR	RESULTADO
TEMPERATURA	0,7	INCRUSTANTE
DUREZA	2,128	
ALCALINIDAD	2,144	
INDICE DE LANGELIER AGUA SUPERFICIAL	1,22	

Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019.

En la anterior tabla se muestran los resultados de los índices de contaminación para la estación 3 (E3) que se encuentra aguas arriba. El resultado de acuerdo al índice de saturación de Langelier fue “Agua incrustante”.

Tabla N° 76. Parámetros e Índice de Langelier, estación 4 en época lluviosa.

ESTACIÓN 4 - ÉPOCA LLUVIOSA		
PARÁMETRO	VALOR	RESULTADO
TEMPERATURA	0,6475	INCRUSTANTE
DUREZA	2,016	

ALCALINIDAD	2,258	
INDICE DE Langelier AGUA SUPERFICIAL	0,54	

Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019.

En la anterior tabla se muestran los resultados de los índices de contaminación para la estación 4 (E4) que se encuentra aguas arriba. El resultado de acuerdo al índice de saturación de Langelier fue “Agua incrustante”.

Tabla N° 77. Parámetros e Índice de Langelier, estación 5 en época lluviosa.

ESTACIÓN 5 - ÉPOCA LLUVIOSA		
PARÁMETRO	VALOR	RESULTADO
TEMPERATURA	0,655	INCRUSTANTE
DUREZA	1,9368	
ALCALINIDAD	2,242	
INDICE DE Langelier AGUA SUPERFICIAL	1,26	

Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019.

En la anterior tabla se muestran los resultados de los índices de contaminación para la estación 5 (E5) que se encuentra aguas arriba. El resultado de acuerdo al índice de saturación de Langelier fue “Agua incrustante”.

Tabla N° 78. Parámetros e Índice de Langelier, estación 6 en época lluviosa.

ESTACIÓN 6 - ÉPOCA LLUVIOSA		
PARÁMETRO	VALOR	RESULTADO
TEMPERATURA	0,66	INCRUSTANTE
DUREZA	2,2	
ALCALINIDAD	2,152	
INDICE DE Langelier AGUA SUPERFICIAL	1,51	

Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019.

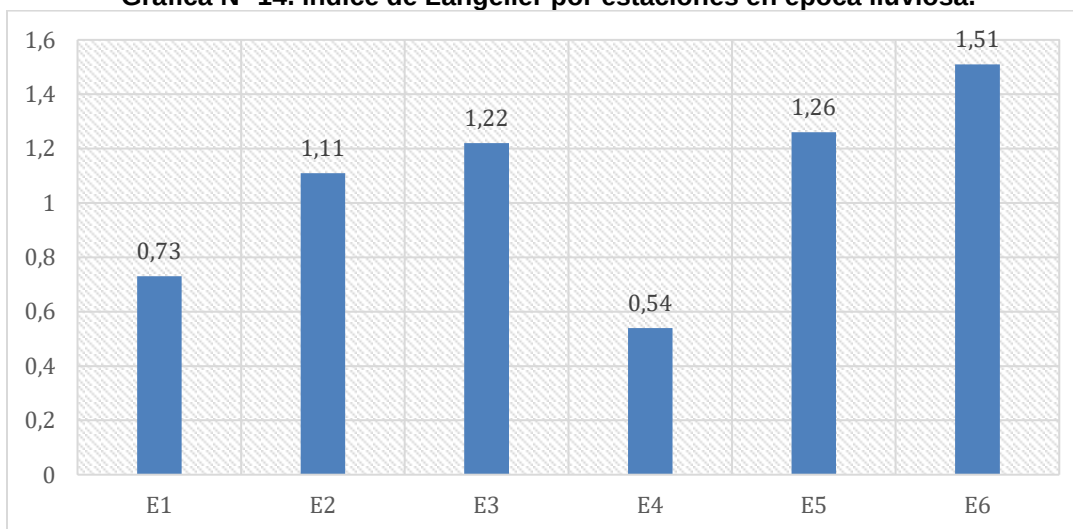
En la anterior tabla se muestran los resultados de los índices de contaminación para la estación 6 (E6) que se encuentra aguas arriba. El resultado de acuerdo al índice de saturación de Langelier fue “Agua incrustante”. En la Tabla N° 79 se presenta el resumen del índice de Langelier por estación para época lluviosa del río Chiriaimo.

Tabla N° 79 Índice de Langelier por estaciones en época lluviosa

ÍNDICE DE Langelier por estaciones en época lluviosa		
ESTACIÓN	VALOR	RESULTADO
E-1	0,73	Incrustante
E-2	1,11	Incrustante
E-3	1,22	Incrustante
E-4	0,54	Incrustante
E-5	1,26	Incrustante
E-6	1,51	Incrustante

Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019.

Grafica N° 14. índice de Langelier por estaciones en época lluviosa.



Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019.

De la gráfica anterior se puede concluir que para la época lluviosa el valor máximo registrado fue de 1,51 en la estación 6 (E6) y el valor mínimo registrado fue de 0,54 en la estación 4 (E4) y el agua es incrustada de acuerdo al Índice de saturación de Langelier.

En la siguiente tabla se observa una comparación del Índice de Saturación de Langelier para el río Chiriaimo en época lluviosa y seca:

Tabla N° 80. Índice de saturación de Langelier en época lluviosa y seca.

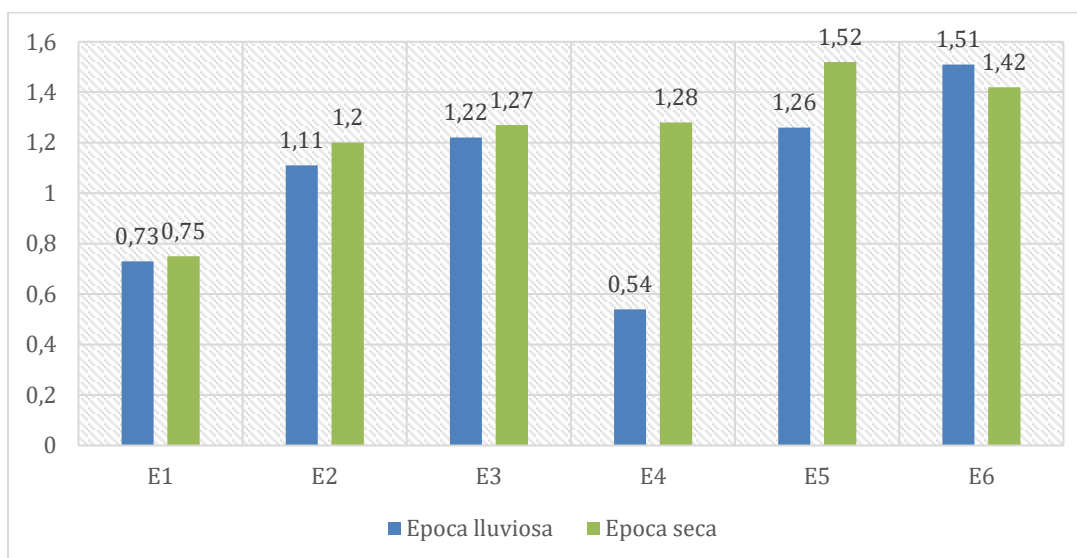
ÍNDICE DE SATURACIÓN DE Langelier en época lluviosa y seca		
ESTACIÓN	ÉPOCA LLUVIOSA	ÉPOCA SECA
E-1	0,73	0,75
E-2	1,11	1,2
E-3	1,22	1,27
E-4	0,54	1,28
E-5	1,26	1,52

E-6	1,51	1,42
-----	------	------

Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019.

En la gráfica Grafica N° 15 se observa la comparación en época lluviosa y seca del Índice de Saturación de Langelier para el río Chiriaimo. La serie 1 representa la época lluviosa que presentó el menor valor general registrado con 0,54 en la estación 4 (E4) y la serie 2 representa la época seca que muestra el mayor valor general registrado en la estación 5 (E5).

Grafica N° 15. Índice de saturación de Langelier en época lluviosa y seca.



Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019.

2.6.6 Objetivos de calidad

2.6.6.1 Establecimiento de categorías y definición de las convenciones

Teniendo en cuenta los diferentes criterios de calidad que a nivel normativo permiten llevar a cabo determinados usos del recurso, se lleva a cabo el establecimiento de las categorías, lo cual consiste en agrupar varios usos en concordancia con lo mencionado. Esta categorización suele establecerse mediante la definición de un código de colores para cada uno de los niveles o categorías, que faciliten la identificación de cada una de ellas.

Para el caso de la microcuenca río Chiriaimo, los usos del agua identificados se clasificaron en seis (6) categorías (I - VI) como se puede observar en la Tabla N° 81. Agrupación de usos del agua y determinación de convenciones..

Tabla N° 81. Agrupación de usos del agua y determinación de convenciones.

CATEGORÍA	USOS PERMITIDOS	CRITERIOS DE CALIDAD	CONVENCIÓN
I	Pesca, Maricultura Acuicultura	Recurso Hídrico en Estado Natural. Agua de muy buena Calidad	Azul Oscuro
II	Recreativo (Contacto primario y secundario)	Recurso Hídrico levemente contaminado. Agua de buena Calidad	Azul
III	Consumo Humano Doméstico	Recurso Hídrico levemente contaminado. Agua de buena Calidad	Verde
IV	Industrial, Pecuario, Agrícola y Generación de Energía	Recurso Hídrico regularmente contaminado. Agua regularmente contaminada.	Amarillo
V	Estético	Recurso Hídrico contaminado. Agua altamente contaminada.	Naranja
VI	Sin uso	Recurso Hídrico muy contaminado. Se ha sobrepasado la capacidad de autodepuración del recurso.	Rojo

Fuente: Construaambiente & Corpocesar, 2019.

Es importante mencionar que el uso de consumo humano y doméstico se presenta en una categoría III, lo que corresponde a que por encima de este se ubiquen dos (2) categorías con un mejor nivel de calidad, y por ende permite concentraciones más altas. Sin embargo, esta clasificación tiene en consideración la implementarse sistemas de tratamiento que favorezcan la remoción de la mayor parte de la concentración de los parámetros considerados, razón por la que al final del proceso su calidad será mejor en comparación con el resto de las categorías.

2.6.6.2 Selección de parámetros y concentraciones

Estos parámetros son seleccionados teniendo en cuenta el uso del agua y algunos aspectos principales como lo son los aspectos técnicos, legales y los usos actuales y futuros. En cuanto a los aspectos técnicos se seleccionan parámetros que sean representativos de contaminación por presencia de residuos orgánicos, nutrientes y patógenos. Legalmente, se tiene en cuenta lo estipulado en el Decreto 2667/2012 (Cargas contaminantes), los parámetros de DBO5 y Sólidos Suspendidos Totales (SST), son de obligatoria determinación. Mientras que para los usos se enfoca en mantener la sostenibilidad del recurso para garantizar su destinación a los usos de consumo humano y doméstico.

Teniendo en cuenta lo anterior los parámetros seleccionados para llevar a cabo la determinación de los objetivos de calidad son:

- **Presencia de materia orgánica y cumplimiento del Decreto 2667/2012:** DBO5 y Sólidos Suspendidos Totales (SST).
- **Presencia de nutrientes (Estado Trófico):** Nitrógeno Total y Fósforo Total.
- **Presencia de microorganismos:** Coliformes.

Tabla N° 82. Concentraciones máximas permisibles teniendo en cuenta el uso del agua actual y futuro.

USO	Coliformes Fecales NMP /100 mL	DBO5 mg/L	Fósforo Total mg/L	Sólidos Suspendidos mg/L	Nitrógeno mg/L
Consumo Humano y Domestico. (Tratamiento Convencional).	2000 ^A	---	---	---	---
Consumo Humano y Domestico. (Desinfección).	---	---	---	---	---
Pecuario	---	---	---	---	---
Recreativo - Contacto primario	200 ^A	20 ^E	Baja ^A	---	Baja ^A
Recreativo - Contacto Secundario	<200 ^D	<100 ^E	Baja ^A	---	Baja ^A
Estético.	---	30 ^B	---	---	---
Industrial (Explotación manual materiales de construcción)	---	---	1.0 ^B	---	---
Industrial (Enfriamiento Industrial).	---	---	5 ^B	5000 ^C	---
Industrial en general	---	---	---	1000 ^C	---
Riego Restringido (Cultivo alimentos procesados comercialmente o no comestibles).	≤ 1000 ^A	≤30 ^D	---	50 ^F	---
Riego no Restringido (Cultivo alimentos no procesados comercialmente).	≤ 1000 ^A	---	---	---	---
Piscicultura	100 ^B	5 ^C	0.1 ^B	25 ^F	0.55 ^F

Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019.

^A: Extraído Decreto 1076 de 2016 – Norma Colombiana.

^B: Carlos Sierra Ramírez - elaboración propia – Tomado del libro Calidad del Agua Evaluación y diagnóstico. Capítulo 4.

^C: Carlos Sierra Ramírez – Adaptado de la referencia [2] presente en el libro Calidad del Agua Evaluación y diagnóstico. Capítulo 4.

^D: Carlos Sierra Ramírez – Tomado de la referencia [1] presente en el libro Calidad del Agua Evaluación y diagnóstico. Capítulo 4.

^E: Carlos Sierra Ramírez – Tomado de la referencia [3 y 4] presente en el libro Calidad del Agua Evaluación y diagnóstico. Capítulo 4.

^F: Criterios Ecológicos de Calidad del Agua CE-CCA-001/89. Estados Unidos Mexicanos. - Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología.

Tabla N° 83. Normatividad Colombiana.

USO	Norma Colombiana decreto 1076 de 2015		
	Coliformes Fecales NMP /100 mL	Fósforo Total mg/L	Nitrógeno mg/L
Consumo Humano y Domestico. (Tratamiento Convencional).	2000	-	12
Consumo Humano y Domestico. (Desinfección).	-	-	12
Pecuario	-	-	<100
Recreativo - Contacto primario	200	-	-
Recreativo - Contacto Secundario	-	-	-
Estético.	-	-	-
Industrial (Explotación manual de materiales de construcción)	-	-	-
Industrial (Enfriamiento Industrial).	-	-	-
Industrial en general	-	-	-
Riego Restringido (Cultivo de alimentos procesados comercialmente o no comestibles).	<1000	-	-
Riego no Restringido (Cultivo alimentos no procesados comercialmente).	<1000	-	-
Piscicultura	-	-	-

Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019.

Tabla N° 84. Normatividad y estándares internacionales.

USO	EPA			OMS establecidas en Génova 1993			Estándares Europeos directiva 98/83/EC de 1998		
	Coliformes Fecales NMP /100 mL	Fósforo Total mg/L	Nitrógeno mg/L	Coliformes Fecales NMP /100 mL	Fósforo Total mg/L	Nitrógeno mg/L	Coliformes Fecales NMP /100 mL	Fósforo Total mg/L	Nitrógeno mg/L
Consumo Humano y Domestico. (Tratamiento Convencional).	-	-	11	-	-	50	-	-	50,5
Consumo Humano y Domestico. (Desinfección).	-	-	11	-	-	50	-	-	50,5
Pecuario	-	-	-	-	-	-	-	-	-

FORMULACIÓN DEL PLAN DE ORDENAMIENTO DEL RECURSO HIDRICO DEL RIO CHIRIAIMO EN LOS MUNICIPIOS DE LA PAZ Y SAN DIEGO, DEPARTAMENTO DEL CESAR

USO	EPA			OMS establecidas en Génova 1993			Estándares Europeos directiva 98/83/EC de 1998		
	Coliformes Fecales NMP /100 mL	Fósforo Total mg/L	Nitrógeno mg/L	Coliformes Fecales NMP /100 mL	Fósforo Total mg/L	Nitrógeno mg/L	Coliformes Fecales NMP /100 mL	Fósforo Total mg/L	Nitrógeno mg/L
Recreativo - Contacto primario	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Recreativo - Contacto Secundario	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Estético.	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Industrial (Explotación manual de materiales de construcción)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Industrial (Enfriamiento Industrial).	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Industrial en general	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Riego Restringido (Cultivo de alimentos procesados comercialmente o no comestibles).	-	-	-	-	-	-	-	0,2 - 2	10 a 15
Riego no Restringido (Cultivo de alimentos no procesados comercialmente).	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Piscicultura	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019.

Tabla N° 85. Acuerdos mexicanos.

USO	Acuerdo CE-CCA001/89 E. U de México			NOM-001 SERMANAT 1996 México		
	Coliformes Fecales NMP /100	Fósforo Total mg/L	Nitrógeno mg/L	Coliformes Fecales NMP /100 mL	Fósforo Total mg/L	Nitrógeno mg/L
Consumo Humano y Domestico. (Tratamiento Convencional).	1000	-	5,05	-	-	-

USO	Acuerdo CE-CCA001/89 E. U de México			NOM-001 SERMANAT 1996 México		
	Coliformes Fecales NMP /100	Fósforo Total mg/L	Nitrógeno mg/L	Coliformes Fecales NMP /100 mL	Fósforo Total mg/L	Nitrógeno mg/L
Consumo Humano y Domestico. (Desinfección).	1000	-	5,05	-	-	-
Pecuario	-	-	100	-	-	-
Recreativo - Contacto primario	-	-	-	-	30	60
Recreativo - Contacto Secundario	-	-	-	-	30	60
Estético.	-	-	-	-	5	15
Industrial (Explotación manual materiales de construcción)	-	-	-	-	-	-
Industrial (Enfriamiento Industrial).	-	-	-	-	-	-
Industrial en general	-	-	-	-	-	-
Riego Restringido (Cultivo de procesados comercialmente comestibles).	1000	-	-	-	30	60
Riego no Restringido (Cultivo no procesados comercialmente).	1000	-	-	-	30	60
Piscicultura	-	-	0,55	-	-	-

Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019.

En relación con la información discriminada en las tablas anteriores, donde se realiza el cruce de las determinaciones de usos de acuerdo a diferentes disposiciones normativas o acuerdos, los objetivos de calidad para cada una de las categorías se establecen definiendo diferentes concentraciones máximas permisibles de los parámetros evaluados, considerando los usos presentes en estas categorías y, por último, considerando la concentración más restrictiva de todas las evaluadas por cada uno de los parámetros.

Con base en lo definido anteriormente, se procede a definir los objetivos de calidad del agua de cada categoría de acuerdo a los parámetros seleccionados.

Tabla N° 86. Objetivos de calidad por categoría de los parámetros seleccionados.

CATEGORÍA	USOS PERMITIDOS	CRITERIOS DE CALIDAD	CONVENCIÓN	E. Coli NM P /100 mL	DBO 5 mg/L	Fósforo Total mg/L	Sólidos Suspendidos mg/L	Nitrógeno Total mg/L
I	Pesca, Maricultura y Acuicultura.	Recurso Hídrico en Estado Natural. Agua de muy buena Calidad	Azul Oscuro	100	5	0,1	5	0,55
II	Recreativo (Contacto primario y secundario)	Recurso Hídrico levemente contaminado. Agua de buena Calidad	Azul	200	20	30	20	12
III	Consumo Humano y Doméstico	Recurso Hídrico levemente contaminado. Agua de buena Calidad	Verde	2000	20	30	20	12
IV	Industrial, Pecuário, Agrícola y Generación de Energía.	Recurso Hídrico regularmente contaminado. Agua regularmente contaminada.	Amarillo	1000	30	30	30	<100
V	Estético	Recurso Hídrico contaminado. Agua altamente contaminada.	Naranja	5000	30	30	30	<100
VI	Sin uso	Recurso Hídrico muy contaminado. Se ha sobrepasado la capacidad de autodepuración del recurso.	Rojo	> 5000	>30	>30	>30	>100

Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019.

2.6.6.3 Establecimiento de la Categoría de Calidad del Agua.

Fueron llevadas a cabo dos campañas de monitoreo de agua superficial en época seca y época lluviosa en seis (6) puntos, como actividad complementaria al proceso de ejecución de la fase de Diagnóstico del PORH del río Chiriaimo. Asimismo, las concentraciones promedio calculadas a partir de los reportes de resultados de dichos monitoreos para ambas épocas, se compararon con los criterios establecidos en la Tabla N° 20 con el fin de obtener la categorización actual. En la Tabla N° 87, se puede apreciar que la categoría para cada uno de los tramos se asignó teniendo en cuenta el uso más desfavorable.

Tabla N° 87. Establecimiento de categorías actuales de calidad del agua por estación de monitoreo.

ESTACIÓN	TIPO MUESTRA	DBO5 mg/L	E. Coli NMP/100mL	Fósforo Total mgP/L	Nitrógeno Total mg/L	Sólidos Suspendidos Totales mg/	CATEGORÍA ACTUAL
E-1	Calidad	2	575	0,081	2	17,95	III
E-2	Calidad	2	8800	0,0675	2	17,45	VI
E-3	Calidad	2	1600	0,069	2	14,45	V
E-4	Calidad	2	1660	0,066	2	10,295	V
E-5	Calidad	2	1225	0,056	2	5	V
E-6	Calidad	2	1195	0,062	2	7,5	V

Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019.

2.6.6.4 Determinación de los Objetivos de Calidad.

Habiendo determinado las categorías de los usos actuales en concordancia con la calidad de agua del cuerpo de agua monitoreado, se llevó a cabo la determinación de los objetivos de calidad, teniendo en cuenta los periodos de tiempo de corto, mediano y largo plazo que establece la Guía PORH. Es por esto que se propone que principalmente la calidad de los cuerpos de agua presente concentraciones favorables para el sostenimiento del uso de Consumo Humano y Doméstico, en busca de mejorar la calidad del agua de los tramos definidos de acuerdo a los tiempos estipulados. De tal modo, cabe aclarar que entre menor sea el número de la categoría, el criterio de calidad del recurso hídrico resulta más estricto

En Tabla N° 88 se presentan las categorizaciones establecidas a corto, mediano y largo plazo para el río Chiriaimo:

Tabla N° 88. Categorización a corto, mediano y largo plazo.

TRAMO	TIPO MUESTRA	CATEGORÍA ACTUAL	CORTO PLAZO	MEDIANO PLAZO	LARGO PLAZO
E-1 – E2	Calidad	III	III	III	II
E-2 – E3	Calidad	VI	VI	VI	V
E-3 – E4	Calidad	V	V	V	IV
E-4 – E5	Calidad	V	V	V	IV
E-5 – E6	Calidad	V	V	V	IV

Fuente: Construaambiente & Corpocesar, 2019.

Adicionalmente y de acuerdo a las categorizaciones y los objetivos de calidad establecidos, a continuación se presentan los objetivos de calidad a corto plazo (De 0 a 2 años), mediano (De 2 a 5 años) y largo plazo (5 a 10 años) (ver tablas Tabla N° 89
Tabla N° 90 Tabla N° 91)

Tabla N° 89. Objetivos de calidad – Corto plazo

TRAMO	OBJETIVO CALIDAD	Coliformes Fecales NMP /100 mL	DBO5 mg/L	Fósforo Total mg/L	Solidos Suspendidos Totales mg/L	Nitrógeno Total mg/L
E-1 – E2	III	2000	20	30	20	12
E-2 – E3	VI	> 5000	>30	>30	>30	>100
E-3 – E4	V	5000	30	30	30	<100
E-4 – E5	V	5000	30	30	30	<100
E-5 – E6	V	5000	30	30	30	<100

Fuente: Construaambiente & Corpocesar, 2019.

Tabla N° 90. Objetivos de calidad – Mediano plazo.

MEDIANO PLAZO						
TRAMO	OBJETIVO CALIDAD	Coliformes Fecales NMP /100 mL	DBO5 mg/L	Fósforo Total mg/L	Solidos Suspendidos Totales mg/L	Nitrógeno Total mg/L
E-1 – E2	III	2000	20	30	20	12
E-2 – E3	VI	> 5000	>30	>30	>30	>100

FORMULACIÓN DEL PLAN DE ORDENAMIENTO DEL
RECURSO HIDRICO DEL RIO CHIRIAIMO EN LOS MUNICIPIOS
DE LA PAZ Y SAN DIEGO, DEPARTAMENTO DEL CESAR

E-3 – E4	v	5000	30	30	30	<100
E-4 – E5	v	5000	30	30	30	<100
E-5 – E6	v	5000	30	30	30	<100

Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019.

Tabla N° 91. Objetivos de calidad – Largo plazo.

LARGO PLAZO						
TRAMO	OBJETIVO CALIDAD	Coliformes Fecales NMP /100 mL	DBO5 mg/L	Fósforo Total mg/L	Solidos Suspendidos Totales mg/L	Nitrógeno Total mg/L
E-1 – E2	II	200	20	30	20	12
E-2 – E3	V	5000	30	30	30	<100
E-3 – E4	IV	1000	30	30	30	<100
E-4 – E5	IV	1000	30	30	30	<100
E-5 – E6	IV	1000	30	30	30	<100

Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019.

2.7 USOS ACTUALES DEL RECURSO HÍDRICO

Tabla N° 92 Usos actuales del recurso hídrico

ESTACIÓN	CATEGORÍA ACTUAL
E-1	III
E-2	VI
E-3	V
E-4	V
E-5	V
E-6	V

Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019.

127

2.8 Análisis de los conflictos actuales de uso por calidad

Los conflictos por uso del recurso hídrico, según la guía para la formulación de planes de ordenación y manejo de cuencas hidrográficas POMCAS, se definen a partir de la evaluación de indicadores como el de uso del agua (IUA) y el índice de alteración potencial de la calidad del agua – IACAL (Minambiente, 2014).

Igualmente, la guía técnica de formulación del PORH en su apartado 2.19 expone que en el marco de formulación de los Planes de Ordenamiento del Recurso Hídrico se debe realizar un análisis de los conflictos actuales de uso, teniendo en cuenta principalmente criterios de calidad, en este ítem se expone: “Determinar el conflicto de uso en la corriente principal y en los drenajes priorizados para el ordenamiento, producto de las condiciones de calidad determinadas en los análisis previstos en esta fase. Se deberán considerar aspectos como los conflictos de uso del suelo, la demanda de agua actual y la zonificación ambiental en donde hay POMCA aprobado” (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2014, pág. 40).

Sin embargo, esta explicación deja de lado la legislación ambiental, las necesidades de los ecosistemas y las relaciones que se dan entre los diferentes actores del territorio. Lo anterior implica que sea necesario complementar el análisis de estos conflictos del uso del agua con las dinámicas socio-ambientales que se dan en el territorio por el que circula el cuerpo de agua.

A partir de esta orientación general, pero buscando ampliar la mirada al análisis de conflictos relacionados con el agua más allá de los conflictos de uso, se reconoce un referente teórico en el que se consideran seis tipologías que guían el análisis de los conflictos. Así mismo, se exponen la metodología definida para determinar y ponderar los conflictos por el agua (CpA) y se presentan los resultados del análisis de CpA, así:

- a) El reconocimiento de los conflictos que corresponden a tipologías de CpA diferentes a los conflictos entre usos, tales como conflictos entre usuarios, conflictos entre actores no usuarios y conflictos institucionales.
 - b) La identificación de los conflictos de uso tal como determina la guía técnica del PORH.
 - c) La ponderación de los resultados globales de los conflictos entre usos, bajo una metodología que integra variables de calidad, cantidad y socio-ambientales.
- Por último, se exponen unas conclusiones generales sobre los cuerpos de agua y el impacto de los conflictos en estos.

2.8.1.1 Conflictos entre usos

Este tipo de conflictos se presenta cuando dos o más usos del agua se afectan entre sí. Para río Chiriaoimo esta tipología de CpA representa un 20% del total de los conflictos identificados y se genera principalmente en torno al uso para consumo humano o doméstico y agrícola.

En el río Chiriaoimo se encuentran dos situaciones específicas que se configuran como conflictos relacionados con el uso del agua:

- El uso doméstico se ve afectado por el uso y/o actividades agropecuarias: El agua para uso doméstico se ve afectada directamente por el impacto actividades agrícolas (siembra de hortalizas, guineo, yuca, café, caña entre otros) en el río Chiriaoimo (tramos 1 y 2), donde se manifiestan afectaciones en captaciones, conducciones y contaminación por descargas de agentes contaminantes al río Chiriaoimo.
- Afectación a recurso hídrico por uso pecuario: los grandes, medianos y pequeños terrateniente se disputan un gran porcentaje del caudal del río Chiriaoimo con el propósito de regar sus pastizales y abrevaderos de ganado y una pequeña fracción para uso doméstico.

2.8.1.2 Conflictos entre actores no usuarios

Corresponde al 50% del total de los conflictos por el CpA identificados en el río Chiriaoimo. Estos conflictos se refieren a actores que no hacen uso directo del recurso hídrico, pero lo afectan de múltiples maneras. En el río Chiriaoimo los actores no usuarios son los que generan mayores afectaciones al recurso por dos causas principales:

- Afectación al recurso hídrico por manejo inadecuado de residuos sólidos: esta es la problemática que según los participantes del encuentro de formulación del PORH requiere mayor atención, dado que se presenta en el río Chiriaoimo por residuos generados por la producción de café (bolsas de almácigo y/o chapolas de café) y por el manejo inadecuado de residuos sólidos en las comunidades que realizan prácticas como la quema de dichos residuos. Esta situación se manifiesta de forma generalizada en el río Chiriaoimo, específicamente en (tramos 2, 3 y 4).

➤ Afectación al recurso hídrico por vertimientos: Este CpA afecta particularmente el río Chiriaimo en (tramo 1, 2, 3) donde se presentan vertimientos de aguas residuales domésticas, matadero y por la escorrentía que proviene del casco urbano de San José de Oriente.

2.8.1.3 Conflictos Institucionales

Los Conflictos Institucionales en el río Chiriaimo se presentan por la percepción que tienen los habitantes del territorio sobre la responsabilidad y el rol activo que deben asumir actores municipales, como la alcaldía y las Empresas Públicas del Municipio de La Paz, en lo relacionado con problemáticas ambientales como las generadas por la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de San José de Oriente, Betania y del matadero de estos mismos centros poblados, así como las captaciones de los Municipio de San Diego y La Paz. Los conflictos por este concepto representan el 10% del valor total del CpA.

2.8.1.4 Conflictos entre usuarios

Corresponde al 20% del total de los conflictos por el CpA identificados en el río Chiriaimo. Estos conflictos se refieren a actores que hacen uso directo del recurso hídrico, pero lo afectan de múltiples maneras. En el río Chiriaimo los actores usuarios son los que consumen la mayor cantidad de agua del total del caudal que la fuente transporta por dos causas principales:

- Abastecimiento de 2 centros poblados, 2 municipios con poblaciones considerables y donde se encontró baja implementación de medidas de ahorro y uso eficiente del agua.
- Riego de grandes extensiones de pastos y abrevadero de ganado, lo cual representa la actividad de mayor vocación en la zona de estudio y una de las que más agua demanda.

Tabla N° 93 Conflictos por uso del agua

Cuerpo de agua	CpA	Descripción del CpA	Actores Involucrados	Tipología del Conflicto	Impacto CpA
TRAMO 1	Afectado por uso doméstico, agrícolas, actividades agropecuarias, vertimientos líquidos y sólidos.	Cultivos de hortalizas, café, cria de cerdos y ganado.	Campesinos, agricultores, veredas.	Conflictos entre usos	2.5
TRAMO 2	Afectación al recurso hídrico por vertimientos líquidos y sólidos.	Vertimientos de las PTAR de San José de Oriente, Betania y matadero, escorrentía canalizada del casco urbano San José de Oriente y residuos sólidos de las casas ubicadas en la margen derecha del río Chiriaimo.	Centros poblados, terratenientes, agricultores, campesinos.	Afectación al recurso hídrico por vertimientos	3.5
TRAMO 3	Afectación al recurso hídrico por captaciones legales e ilegales para uso pecuario, agrícola y doméstico.	Derivaciones legales con caudal por encima del concesionado, derivaciones ilegales, contaminación.	Terratenientes, campesinos, municipios de La Paz y San Diego.	Conflictos Institucionales	3.8
TRAMO 4	Afectación al recurso hídrico por captaciones legales e ilegales para uso pecuario, agrícola y doméstico.	Derivaciones legales con caudal por encima del concesionado, derivaciones ilegales, contaminación.	Terratenientes, campesinos.	Conflictos entre actores no usuarios	3.8

TRAMO 5	Afectación al recurso hídrico por captaciones legales e ilegales para uso pecuario, agrícola y doméstico.	Derivaciones legales con caudal por encima del concesionado, derivaciones ilegales, contaminación.	Terrateniente S, campesinos.	Conflictos entre actores no usuarios	3.8
---------	---	--	------------------------------	--------------------------------------	-----

Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019.

2.8.2 IDENTIFICACIÓN DE LAS ZONAS DE RECARGAS Y DESCARGAS DE ACUIFEROS

Las zonas de recarga o áreas de recargas, hacen referencia a la parte de la cuenca hidrográfica, en la cual las condiciones meteorológicas, topografías y geológicas, permiten la filtración del de agua en el suelo, llegando a recargar los acuíferos. Las fuentes de recargas son muchas las aguas de lluvia, las corrientes superficiales, las unidades hidrogeológicas adyacente al acuífero o el resultado de procesos antrópicos desarrollados en la zona, suministran el agua a los acuíferos.

Las zonas de recarga y descarga son identificadas mediante el reconocimiento de las unidades hidrogeológicas distribuidas en la zona, las formaciones geológicas, las características y los patrones estructurales que condiciona el área. Es importante realizar un análisis textural del suelo, las características y condiciones hidráulicas del suelo, la cobertura vegetal, la piezometría, condiciones hidrometeorológicas y composición del agua. Cabe resaltar que la recarga de los acuíferos está determinada principalmente por los factores texturales del suelo y las pendientes de relieve, principalmente aquellas que son suaves o moderas cuyo grado de inclinación oscila entre 0 – 50°, la medición del nivel piezométrico, el cual es determinado por un inventario de manantiales y la medición de la capa freática en las captaciones de agua subterránea de la zona.

2.8.3 Delimitación de las zonas de recarga

El análisis realizado en inciso anterior, donde clasificamos según su aptitud de recargas los componentes que nos permiten o no que en una cuenca se produzcan zonas de recarga. Este análisis fue adaptado a la metodología de análisis jerárquico (Saaty, 2000), en el cual los cinco factores que intervienen en la formación de zonas de recargas, son reclasificados dándole un peso de ponderación en función a la aptitud que pose cada componente en la recarga de un acuífero. Estos

componentes se encuentran relacionados a partir de la expresión matemática, por medio la cual son establecidas las zonas de recarga en acuífero.

$$PZR = P*(0.30) + S*(0.27) + G*(0.25) + C*(0.13) + A*(0.05)$$

Donde,

PZR corresponde a las potenciales zonas de recarga

P corresponde a las pendientes del terreno

S corresponde a los Suelos

G corresponde a la geología

C corresponde a las coberturas vegetales y usos del suelo

A corresponde al potencial del acuífero

El resultado final que se obtiene después de la aplicación de la expresión matemática a los componentes, para esta cuenca es una ráster con un rango de valores que oscila entre los 0,13 y los 2,13, el cual se reclasifica entres valores, zonas de recarga indirecta baja, zonas de recarga indirecta media y zonas de recarga directa (Tabla N° 94), a esta reclasificación se le superpone la capa de falla geológicas, debido a como se dijo anteriormente estas son zonas que favorecen a las zonas de recarga de los acuíferos (Mapa N° 29).

Tabla N° 94. Reclasificación de las zonas de recargas

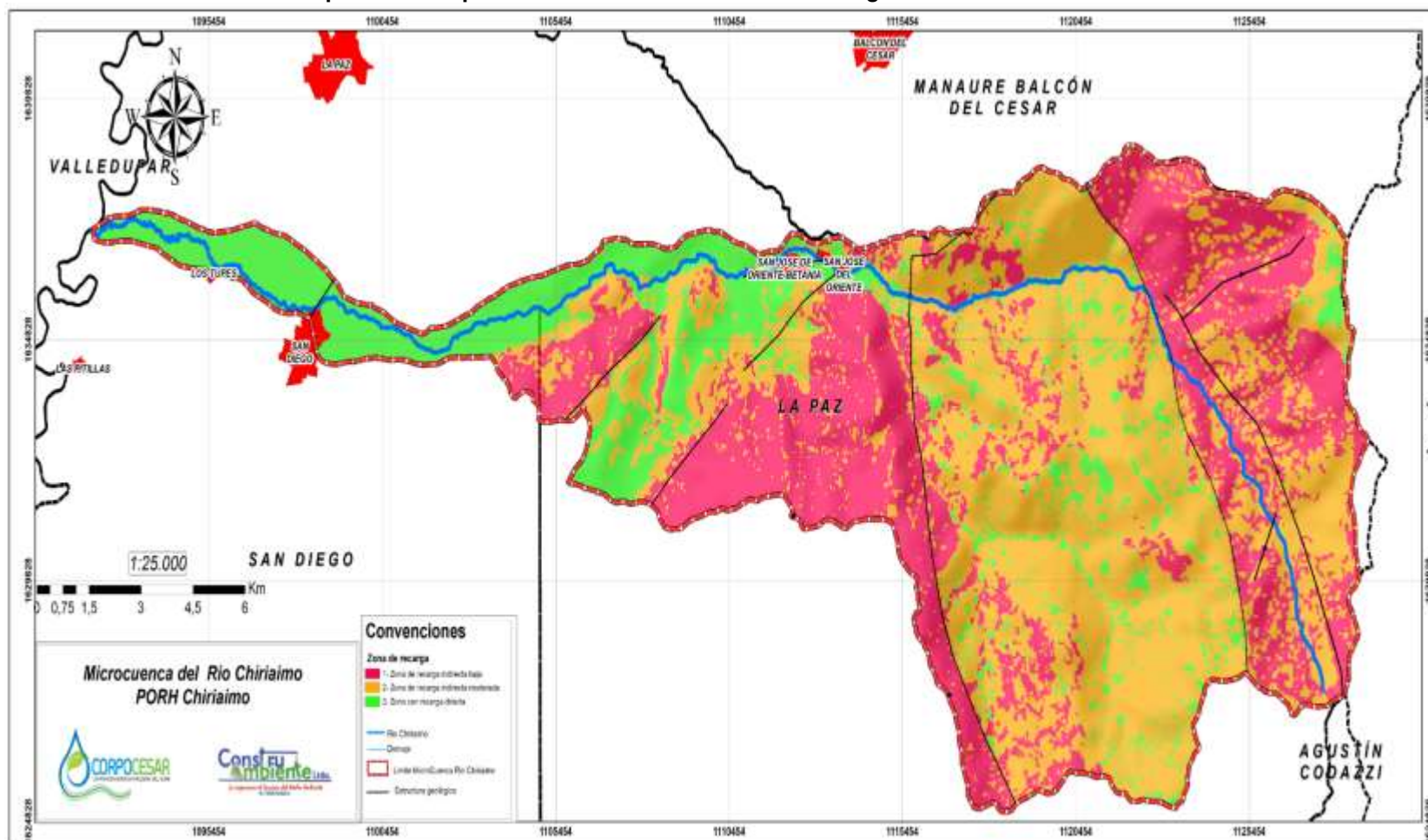
Rango	Reclasificación de zons de recargas	Descripción
0.13 - 0.8	1	Zonas con recarga indirecta baja
0.8 - 1.5	2	Zonas con recarga indirecta media
1.5 - 2.13	3	Zonas con recarga directa

Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019.

A partir del raster obtenido, se ´puede concluir que las zonas que mayor en favorecida para la recarga de acuífero se encuentra localizadas en la parte inferior de la cuenca donde las pendientes no sobre pasan el 25% y las unidades geológicas que se encuentran en superficies son depósitos aluviales, que no han sido intervenidos por actividades antrópicas. Por otra parte las zonas de recarga indirecta

media se encuentran localizados en su gran mayoría en la zonas donde se encuentran aflorando rocas sedimentaria, que por sus características texturales y de composición son lugares propenso en pequeñas proporción a la recarga de acuífero, además están zonas se encuentra potenciadas por fallas geológicas que ayudan a la formación de recargas en esta zonas, mientras que las zonas de baja recarga se encuentra localizadas en sitios donde las característica no son favorables para su formación.

Mapa N° 29. Mapa de delimitación de zonas de recarga de la cuenca Chiriaimo.

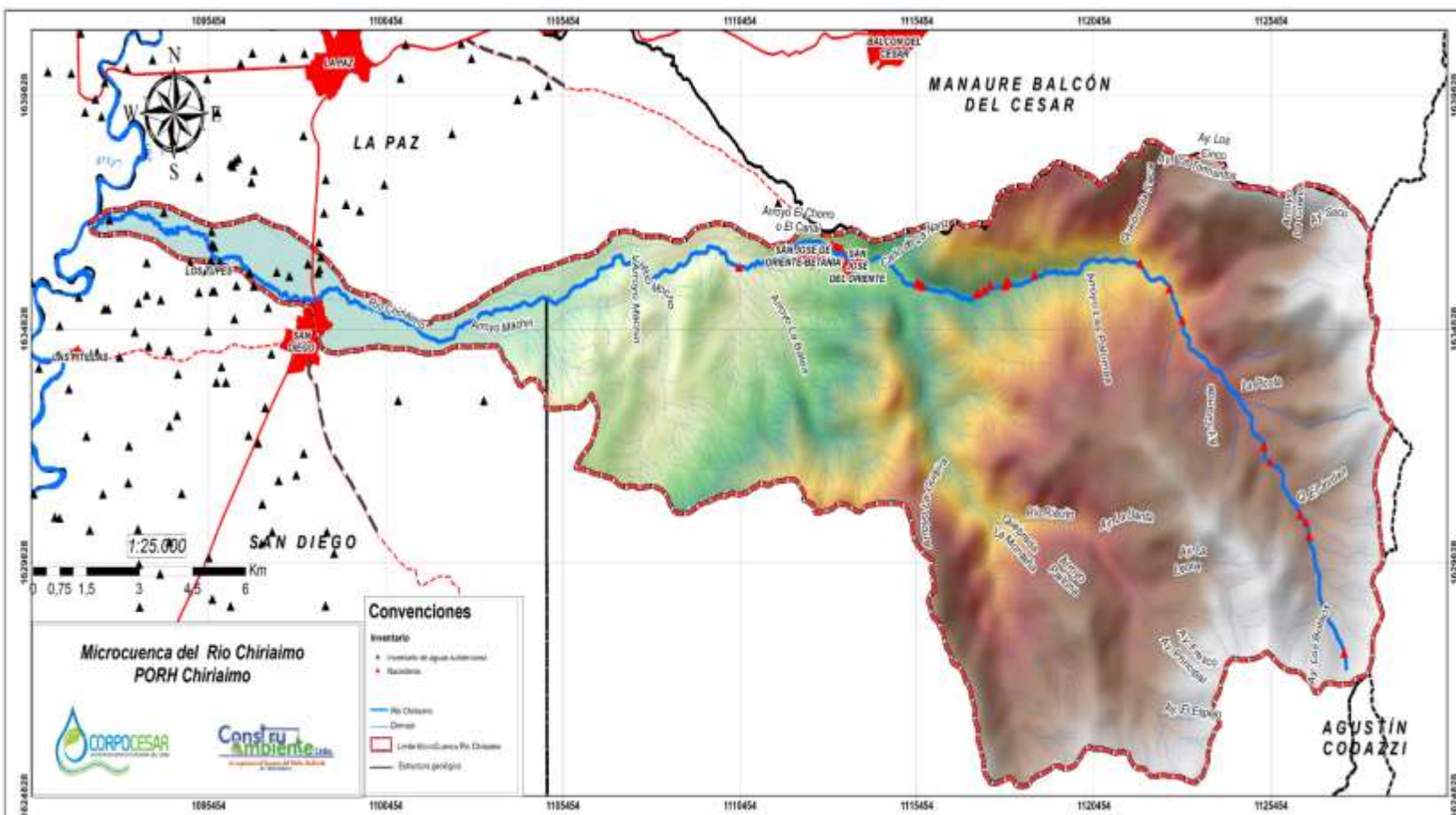


Fuente: Construyeambiente & Corpocesar, 2019.

2.8.4 Zonas de descarga

Las zonas de descarga suelen ser delimitados en aquellos sitios donde se presenta un cambio de manare abrupta en las pendientes del terreno, produciendo que el flujo tenga una dirección de manera paralela a la dirección de la pendiente. Estas zonas en campo suelen ser vista como afloramientos de manantiales, aljibes, nacederos de agua que llegan abastecer las diferentes actividades de la población. Debido a que no se obtiene mucha información son los manantiales o captaciones, que ayuden a determinar el flujo que tiene el agua en superficie, se realizó el levantamiento en campo de algunos de los puntos donde se capta agua (Mapa N° 30) y se realizó una revisión bibliográfica con el fin de conocer el uso del agua subterránea.

Mapa N° 30. Potenciales zonas de descarga en la cuenca Chiriaimo.



Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019.

2.8.5 Estimación de la oferta hídrica

Es importante aclarar que realizar la estimación de la oferta hídrica se debe contar con los datos y las variables que caractericen climatológicamente del área de estudio.

2.8.5.1 Información Climatológica

Para establecer el análisis climatológico de la microcuenca del Río Chiriamo se manejó como fuente, la información registrada y publicada por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, IDEAM, mediante la operación de estaciones meteorológicas instaladas para el registro de las variables climáticas; localizadas dentro y próximas al área de estudio. Entre estas se utilizaron las estaciones de San José de Oriente (Climatológica Ordinaria), San Diego (Climatológica Ordinaria), y Bella la Cruz (Pluviométrica). Obteniendo información específicamente de los datos asociados a los parámetros de Precipitación, Temperatura, Humedad Relativa, Brillo Solar.

En atención a que, de las tres estaciones ubicadas en el área de influencia de la microcuenca, solo la estación climatológica San José de Oriente es la que cuenta con registros históricos de las variables climáticas necesarias para la realización completa de un análisis climatológico, por lo tanto esta estación fue la que se utilizó para llevar a cabo dicho análisis (Ver Tabla N° 95) (Ver Anexo – Archivo Excel – Clima IDEAM).

Tabla N° 95 Registro de estaciones de consulta

CODIGO	NOMBRE	CATEG	ESTADO	CORRIENTE	DEPTO	MPIO	COORD. ESTE	COORD. NORTE	ALTITUD	ESCALA TEMPORAL DE REGISTRO		ENTIDAD ENCARGADA
										FECHA DE INSTALACIÓN	FECHA DE SUSPENSIÓN	
28020300	BELLA PAZ LA	PM	SUSPENDIDA	CHIRIAIMO	CESAR	LA PAZ	1.636.476,516	1.097.936,715	500	15/02/1967	15/10/1971	IDEAM
28025030	SAN DIEGO	CO	SUSPENDIDA	CHIRIAIMO	CESAR	LA PAZ	1.636.321,438	1.107.320,061	165	15/05/1964	15/05/1978	IDEAM
28025040	SAN JOSE D ORIENTE	CO	SUSPENDIDA	CHIRIAIMO	CESAR	LA PAZ	1.636.566,971	1.112.436,902	850	15/08/1975	15/05/1998	IDEAM

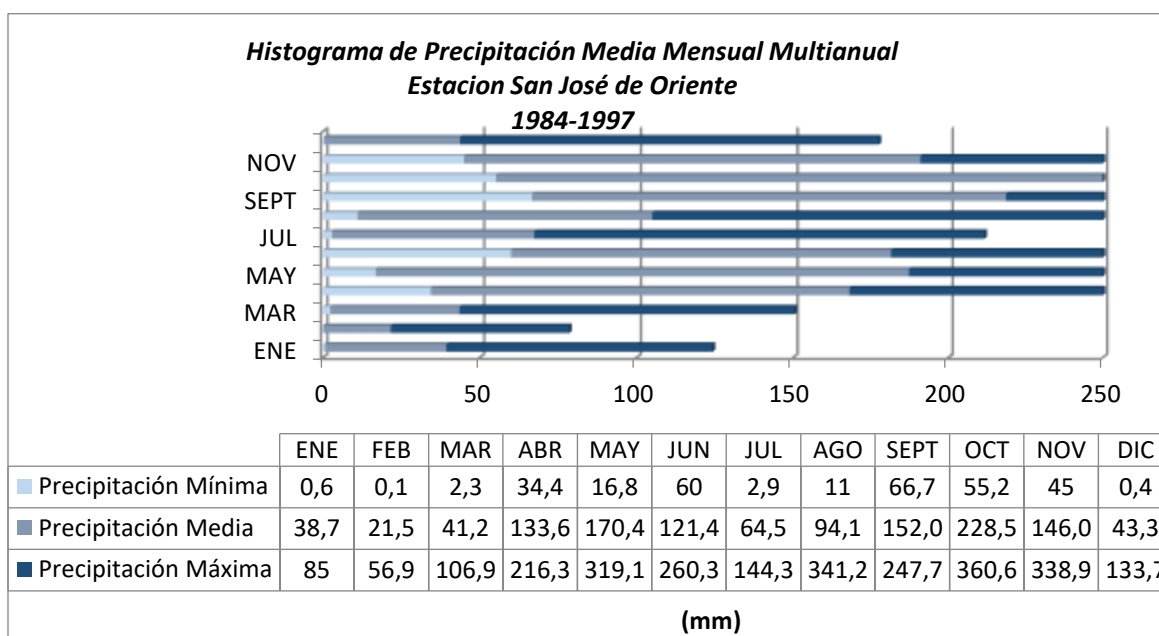
Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019 con información del IDEAM

2.8.5.1.1 Precipitación

- Análisis mensual de precipitación

Con base en los análisis de los registros históricos de la estación San José de Oriente, se pudo establecer que la microcuenca del río Chiriamo presento un comportamiento bimodal, lo que identifica una temporada lluviosa en el primer semestre concentrado en los meses de abril, mayo y junio, y el segundo semestre con mayores registros de precipitación en septiembre, octubre y noviembre, separados por un veranillo corto. Durante los meses de diciembre, enero, febrero y marzo, se presenta la temporada de estiaje un poco más intensa.

Grafica N° 16 Histograma de Precipitación Media Mensual Multianual Estación San José de Oriente 1984-1997

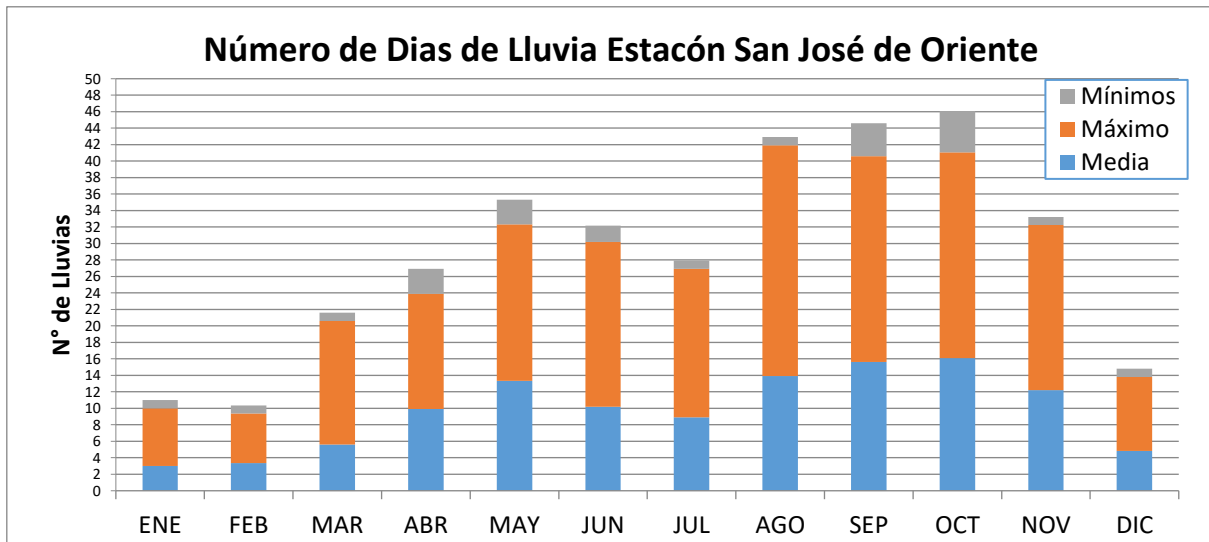


FUENTE: PORH Chiriamo, 2019 tomado de IDEAM

De acuerdo a la permanencia de la precipitación a nivel mensual, pueden ser relacionadas directamente con la probabilidad de ocurrencia de catástrofes como las inundaciones, pues períodos de continuas y máximas lluvias generalmente tienden a afectar a las comunidades y las actividades socioeconómicas.

Una de las características más representativas de las lluvias, la constituye el número de días en que se presenta este fenómeno durante un mes determinado. El promedio anual de lluvias según la Grafica N° 17. En la estación San José de Oriente es de 10 días, caracterizando el mes de agosto con mayor influencia de lluvias.

Grafica N° 17 Número de Días de Lluvia Estación San José de Oriente



FUENTE: PORH Chiriamo, 2019 tomado de IDEAM

En la se presentan los parámetros estadísticos relacionadas con las series pluviométricas de la Estación de San José de Oriente, para calcular el coeficiente relativo de ANGOT, en busca de establecer si el régimen de precipitaciones media mensual de la Microcuenca se ajusta a una distribución normal.

La estación San José de Oriente, se seleccionó como la estación principal, por ser la que cuenta con datos climatológicos más completos y con la que se pueden identificar las condiciones presentes en la zona, esta estación se localiza a 850 m.s.n.m.

Se calcularon los siguientes parámetros estadísticos: coeficiente relativo de ANGOT: desviación típica y coeficiente de variabilidad.

- Desviación estándar o Típica (σ_x): es el promedio o variación esperada con respecto a la media aritmética o es una medida de dispersión en estadística que muestra cuánto tienden a alejarse los valores concretos del promedio en una distribución.

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum (X_i - X)^2}{N}}$$

Donde;

Σ = sumatoria

X = media

X_i = cada uno de los valores de la serie.

- Coeficiente de variabilidad (Cv%): (desviación estándar dividida entre la media, multiplicada por 100 por ciento.

$$Cv \% = (\sigma_x) / (m) * 100$$

Donde;

σ_x = Desviación estándar

m = Valor medio mensual de la precipitación en (mm)

- Coeficiente Relativo de Angot: es aquel que permite conocer fácilmente las relaciones entre los regímenes de dos estaciones cualesquiera, por ello es necesario aplicar la noción del coeficiente pluviométrico. Los coeficientes pluviométricos pueden emplearse para establecer curvas que muestren el régimen con mayor claridad.

Esta relación resulta de dividir el número que expresa la lluvia media observada en un mes dado por la que se observaría si la suma anual estuviese igualmente repartida a lo largo del año. Para tener en cuenta la desigualdad de los meses -una de las objeciones apuntadas, la suma anual se divide por 365 y se multiplica por el número de días del mes considerado; el resultado sirve de divisor a la media mensual observada.

$$\text{Coeficiente Relativo de Angot} = (p * 365) / (P * d)$$

Donde;

p = precipitación media mensual.

P = precipitación media anual.

d = días del mes considerado.

Tabla N° 96 Valores de los parámetros estadísticos a nivel mensual, estación San José de Oriente

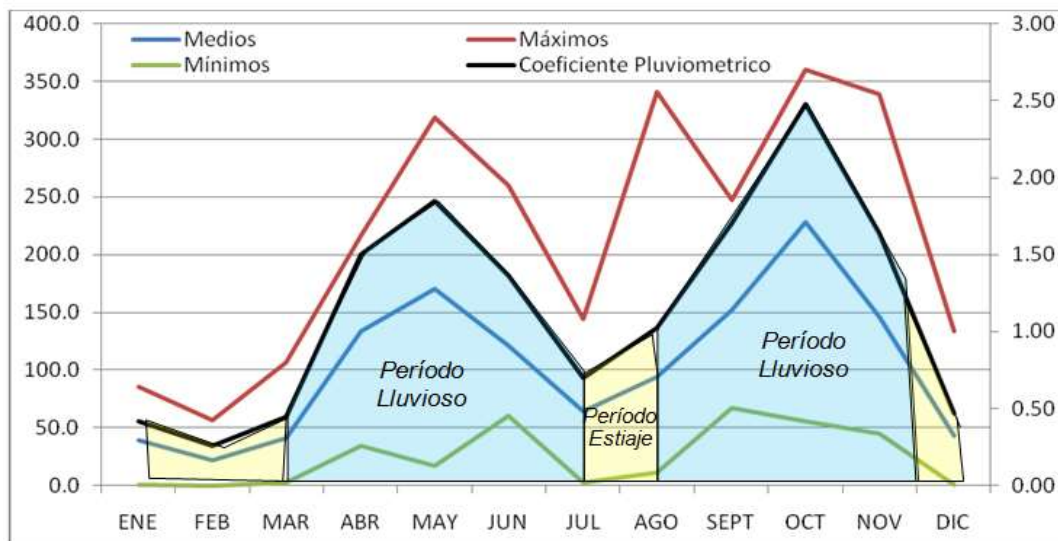
MEDIO	38,7	21,5	41,2	133,6	170,4	121,4	64,5	94,1	152,0	228,5	146,0	43,3	1085,2
MAXIMO	85	56,9	106,9	216,3	319,1	260,3	144,3	341,2	247,7	360,6	338,9	133,7	1930,2
MINIMO	0,6	0,1	2,3	34,4	16,8	60	2,9	11	66,7	55,2	45	0,4	0,0
DESV. STAND	31,5	17,4	35,8	64,5	83,8	72,0	45,0	84,0	49,2	104,2	92,7	45,4	475,9
Cv%	81,3	80,7	86,8	48,3	49,2	59,3	69,7	89,3	32,4	45,6	63,5	104,7	0,4
Coef. Pluviom	0,42	0,26	0,45	1,50	1,85	1,36	0,70	1,02	1,70	2,48	1,64	0,47	

Fuente: PORH Río Chiriaimo, 2019

Los resultados del coeficiente de ANGOT determinaron que para el caso de la Microcuenca del río Chiriaimo los periodos de lluvias máximos para la estación San

José de Oriente, son similares entre los meses de abril a junio y de agosto a noviembre, y así mismo la época de estiaje son coincidentes entre los meses de diciembre a marzo y el mes de julio. (Ver Grafica N° 18).

Grafica N° 18 Valores medios, mínimos, máximos y Coeficiente Relativos de ANGOT mensuales, estación San José de Oriente.



Fuente: PORH Río Chiriamo, 2019

➤ Análisis anual de precipitación:

La estación San José de Oriente, tiene registro discontinuo de 14 años, y por lo tanto no son suficientes para realizar un análisis en cuanto a su distribución cronológica.

La Tabla N° 97, se presenta las variables estadísticas con relación a la estación San José de Oriente, donde la precipitación media anual fue mayor a 1000 mm/año.

Tabla N° 97 Variables estadísticas, análisis anual – estación San José de Oriente

MEDIO	VR ANUAL
MAXIMO	1085,17143
MINIMO	1930,2
DESV. STAND	0
Cv%	475,887835
Coef. Pluviom	0,43853701

Fuente: PORH Río Chiriaoimo, 2019

En la Tabla N° 98 se hace una comparación entre los periodos de registros manejados por el IDEAM durante los últimos 50 años relacionados con el fenómeno de La Niña, y los periodos de registros manejado por la estación San José de Oriente, asociados a eventos fríos y aumentos de la precipitación.

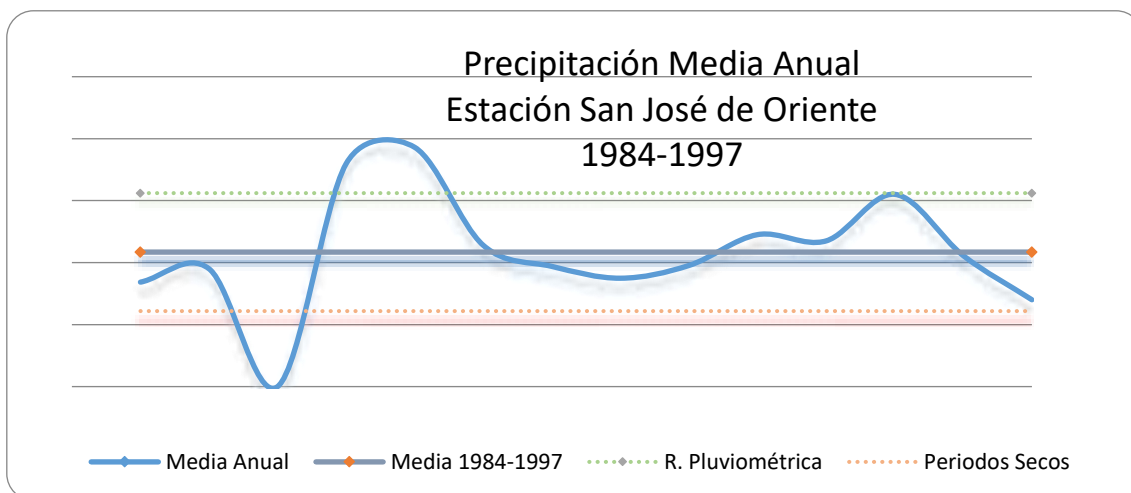
Tabla N° 98 Relación de los fenómenos de la Niña y los períodos de riqueza Pluviométrica

Periodos de registro de los fenómenos de la niña. Atlas Climatológico	Periodos de Riqueza Pluviométrica Estación San José De Oriente
1970 - 1971	
1973 -1974	
1975 - 1976	
	1987
1988 - 1989	1988
1998 - 2000	1995

Fuente: PORH Río Chiriaoimo, 2019

De acuerdo a los registros de ocurrencia de eventos fríos y aumentos de las precipitaciones proporcionados por el IDEAM y la estación San José de Oriente, revelan que existe una relación entre el comportamiento presentado a nivel nacional y el presentado a nivel del área de influencia de la estación, entre los años de 1988 y 1995.

Grafica N° 19 Distribución cronológica de la precipitación Media Anual, Estación San José de Oriente



Fuente: PORH Río Chiriamo, 2019

En la Grafica N° 19 Grafica N° 19 Distribución cronológica de la precipitación Media Anual, Estación San José de Oriente, se observa que, en el año 1986 como el único año seco, pues la precipitación media anual es menor a 609.3 mm. También es importante resaltar que para los períodos de 1984, 1985, 1990, 1991, 1992, 1997, la precipitación estuvo por debajo de la media multianual, situación que trasciende en la disponibilidad de agua en algunos de los meses, y donde la población y las funciones de los sistemas ecológicos se pueden ser alteradas. Además, se registran períodos de riqueza pluviométrica para los años 1987, 1988 y 1995.

En la Tabla N° 99 se hace una comparación entre los periodos de registros manejados por el IDEAM durante los últimos 26 años relacionados con el fenómeno del Niño, y los periodos de registros manejado por la estación San José de Oriente, asociados a periodos secos.

Tabla N° 99 Relación de los fenómenos de Niño y los períodos secos

Periodo Registro de los Fenómenos Del Niño	Periodos Secos
1972 - 1973	
1976	
1982 - 1983	
1986 - 1987	1986
1991 - 19992	
1994 - 1995	
1997 - 1998	

Fuente: PORH Río Chiriamo, 2019

El principal elemento de valoración de la amenaza en términos de precipitación está referido en las máximas en 24 horas que son los que generan mayor problemática, sin embargo la falta de instrumentación en la cuenca no permite tener datos confiables por lo cual se utilizaron las isoyetas.

El mapa de isoyetas para la precipitación media multianual fue creado inicialmente en el programa SURFER, posteriormente se modifican en formato (FLT. ESRI float grid format (*.ers)) siendo una extensión compatible con la aplicación ARCMAP de la casa ARCVIEW para el posterior análisis y presentación en mapas temáticos de isolíneas.

En el **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se muestra la distribución espacial de la precipitación media multianual en la microcuenca del río Chiriamo, en el cual, se distinguen dos grupos homogéneos, un primer grupo homogéneo, de mayor magnitud, se localiza entre las alturas de precipitación 2010 y 2305 (mm/año), zona que corresponde la vereda la Nubes, zona este del área de estudio, territorio que además de estar influenciado por el sistema montañoso de la serranía del Perijá, se encuentra influenciado por la microcuenca Riecito.

Por el contrario, se distingue un segundo grupo homogéneo, de menor intensidad hacia la parte media y baja de la microcuenca del Chiriamo, en la zona correspondiente a la vereda La Vega y el centro poblado de San Diego con magnitudes que descienden desde los 2009 hasta 1168 (mm/año) para valores totales mensual de precipitación registrados para el mes de enero. La precipitación mensual promedio de la cuenca para el mes de enero es de 1949 (mm). (ver Tabla N° 100).

Tabla N° 100 Cálculo de la precipitación media multianual de la Microcuenca.

Intervalos de Precipitación		Marca de clase	Área	entre	Área	entre	Columna	3 x 5
Límite superior	Límite inferior		isolíneas		isolíneas			
mm		mm	m ²		ha			
1	2	3	4	5	6			
1168	1285	1227	10661892	1066	1307681			
1286	1385	1336	5867399	587	783591			
1386	1489	1438	9873611	987	1419332			
1490	1605	1548	26168471	2617	4049571			
1606	1739	1673	6221217	622	1040499			
1740	1887	1814	6028359	603	1093243			
1888	2009	1949	16892181	1689	3291441			
2010	2102	2056	34348690	3435	7062091			
2103	2199	2151	50498833	5050	10862299			
2200	2305	2253	51206946	5121	11534365			
			Suma	21777	42444112			
Precipitación anual promedio de la cuenca (mm)					1949			

Fuente: PORH Río Chiriamo, 2019

2.8.6 Análisis de la Oferta Hídrica en la Cuenca del río Chiriaimo

El conocimiento del caudal del río, su confiabilidad y extensión de la serie del registro histórico; son variables que pueden influir en la estimación de la oferta hídrica superficial.

Cuando existe información histórica confiable de los caudales con series extensas, el caudal medio anual del río es la oferta hídrica de esa microcuenca.

Para hacer el cálculo de la oferta hídrica de la microcuenca del río Chiriaimo, se aplicó la metodología Relación lluvia-escorrentía la cual es aplicable en cuencas menores, es decir cuyas áreas de drenaje sean inferiores a 250 km², cuencas no instrumentadas y en consecuencia no cuentan con registros de caudal para la estimación de la oferta superficial mensual de acuerdo con la información disponible y características físicas de la microcuenca.

2.8.6.1 Análisis estadístico (ANOVA simple) para las precipitaciones de la microcuenca:

El presente análisis se basa en una técnica de comparación de dos o más grupos que busca determinar la diferenciabilidad de una a otra variable la cual se denominada (factor); este muestra la influencia de la variable climatológica precipitación sobre cada mes del año.

Los datos que se analizaron corresponden a valores de precipitación diaria mensual, cuyas características se basan en los registros suministrados por la estación San José de Oriente, ubicada geográficamente como se muestra en la Tabla N° 101, estos datos fueron aportados por el IDEAM (Instituto de Hidrología, Meteorología y estudios ambientales).

Tabla N° 101. Estación IDEAM utilizada para suministrar información a los puntos Worldclim

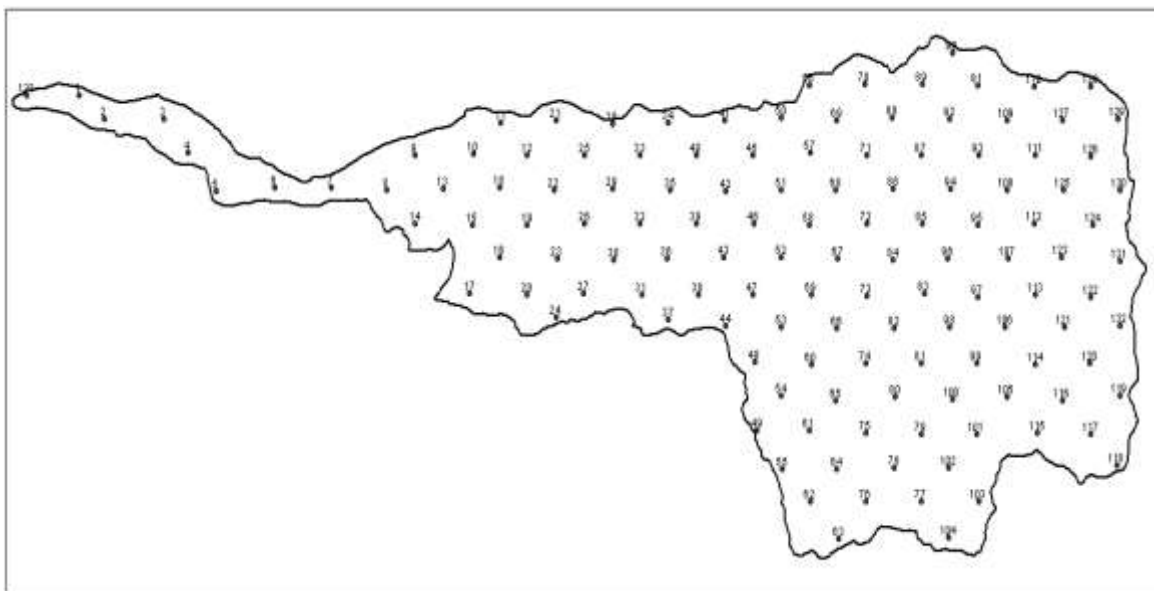
ESTACIÓN	TIPO	CORRIENTE	ELEVACIÓN (m.s.n.m)	COORDENADAS GEOGRAFICAS			
				ELIPSOIDALES		PLANAS	
				Latitud	Longitud	ESTE	NORTE
San José de Oriente	CO	Chiriaimo	850	10° 21'	73° 03'	1636523,84	1112536,20

Fuente: IDEAM

Para el análisis de los valores de precipitación; se realizó un diseño de experimentos de un solo factor categórico, para investigar la influencia de los meses del año sobre la variable climatológica precipitación; es decir, que meses serian homogéneos y conformarían los periodos; tomando como factor los meses, y como variable de respuesta la precipitación.

Debido a que la información suministrada por el ente rector de la climatología en Colombia IDEAM (instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales de Colombia) no es suficiente para caracterizar un evento de lluvia en toda la microcuenca, se determinó como primera instancia del estudio, subdividir la microcuenca del rio Chiriaimo en franjas cuya altura variara en 500 mts; están franjas daban como resultados un espacio entre curvas de nivel influenciado por una grilla de puntos WORDCLIM (software: Diva Gis), los cuales se alimentaron Con la información climatológica arrojada por la estación de información pluviométrica obtenida de la estación San José de Oriente.

Mapa N° 31. Ubicación de puntos de precipitación DIVA – GIS sobre la microcuenca del Río Chiriaimo.



Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019

Después de evaluar la homogeneidad y establecer la ubicación de los puntos de las precipitaciones sobre la totalidad de la microcuenca como se muestra en el Mapa N° 31, se clasifican las franjas se pueden agrupar por rangos de la siguiente forma:

Rango A: franja de terreno cuya altura está entre 125 y 650 mts.

Rango B: franja de terreno cuya altura está entre 650 y 1150 mts.

Rango C: franja de terreno cuya altura está entre 1150 y 1650 mts.

Rango D: franja de terreno cuya altura está entre 1650 y 2150 mts.

Rango E: franja de terreno cuya altura está entre 2150 y 2650 mts.

Rango FG: franja de terreno cuya altura está entre 2650 y 3650 mts.

Teniendo en cuenta la clasificación anterior, se procedió a realizar el diseño estadístico con el fin de estimar cuales franjas del terreno son homogéneas en precipitación y ameriten agruparse.

➤ Modelo Estadísticos para Homogenizar Franjas

Análisis: ANOVA simple para valores medios mensuales de precipitación

Variable dependiente: Precipitación

Factor: Niveles

Número de observaciones: 252

Número de niveles: 12

Tabla N° 102. Resumen Estadístico para Precipitación.

	Count	Average	Standard deviation	Coeff. of variation	Minimum	Maximum	Range
ENERO A	21	6,12857	0,591729	9,65525%	5,3	7,0	1,7
FEBRERO A	21	7,91905	2,09275	26,4268%	3,9	9,8	5,9
MARZO A	21	8,0381	0,635984	7,91213%	6,8	8,9	2,1
ABRIL A	21	14,1905	2,60709	18,3721%	9,8	17,9	8,1
MAYO A	21	15,0	1,114	7,42668%	13,4	16,8	3,4
JUNIO A	21	13,819	0,340028	2,46057%	13,1	14,2	1,1
JULIO A	21	9,65238	0,677952	7,02368%	8,3	10,4	2,1
AGOSTO A	21	9,26667	0,373274	4,02813%	8,5	9,8	1,3
SEPTIEMBRE A	21	11,0476	0,466497	4,2226%	10,6	11,9	1,3
OCTUBRE A	21	14,8	2,26053	15,2739%	12,4	19,0	6,6
NOVIEMBRE A	21	11,3286	2,11143	18,6381%	9,1	15,2	6,1
DICIEMBRE A	21	7,6619	1,37349	17,9262%	5,6	9,8	4,2
Total	252	10,7377	3,29988	30,7317%	3,9	19,0	15,1

	<i>Std. skewness</i>	<i>Std. kurtosis</i>
ENERO A	0,427777	-1,14846
FEBRERO A	-1,6903	-0,748827
MARZO A	-1,73854	-0,253066
ABRIL A	-0,783491	-1,08882
MAYO A	0,518257	-1,08996
JUNIO A	-1,93103	-0,305896
JULIO A	-1,39837	-0,725445
AGOSTO A	-0,913535	-0,357619
SEPTIEMBRE A	1,33001	-0,989703
OCTUBRE A	1,11684	-0,888397
NOVIEMBRE A	1,15149	-1,01605
DICIEMBRE A	-0,22181	-1,20769
Total	1,93645	-2,18888

Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019

La intención principal del análisis de varianza de un factor es la de comparar las medias de los diferentes niveles (ENERO A, FEBRERO A, MARZO A, ETC.) A continuación mostramos el resultado arrojado para dichas variables en el ANOVA:

Tabla N° 103. ANOVA para la precipitación del mes de enero.

<i>Source</i>	<i>Sum of Squares</i>	<i>Df</i>	<i>Mean Square</i>	<i>F-Ratio</i>	<i>P-Value</i>
Between groups	2222,01	11	202,001	94,84	0,0000
Within groups	511,179	240	2,12991		
Total (Corr.)	2733,19	251			

Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019

En la Tabla N° 103 se descompone la varianza de los datos en dos componentes: un componente entre grupos y un componente dentro de los grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 94.84, es el cociente entre el estimado entre grupos y el estimado dentro de grupos. Puesto que el valor-P de la razón-F es igual a 0, lo que indica que existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de Precipitación entre un nivel y otro, con un nivel del 95,0% de confianza.

Tabla N° 104. Medias de Precipitación con intervalos de confianza del 95.0%

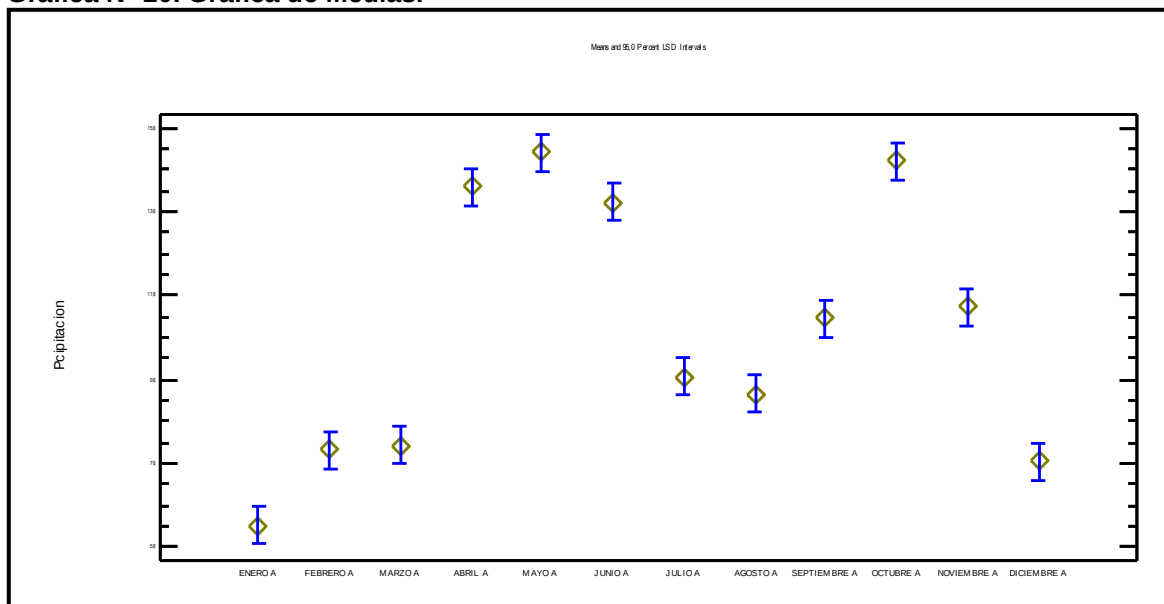
			<i>Std. error</i>		
	<i>Count</i>	<i>Mean</i>	<i>(pooled s)</i>	<i>Lower limit</i>	<i>Upper limit</i>
ENERO A	21	6,12857	0,318472	5,68496	6,57218

FEBRERO A	21	7,91905	0,318472	7,47544	8,36266
MARZO A	21	8,0381	0,318472	7,59449	8,4817
ABRIL A	21	14,1905	0,318472	13,7469	14,6341
MAYO A	21	15,0	0,318472	14,5564	15,4436
JUNIO A	21	13,819	0,318472	13,3754	14,2627
JULIO A	21	9,65238	0,318472	9,20877	10,096
AGOSTO A	21	9,26667	0,318472	8,82306	9,71028
SEPTIEMBRE A	21	11,0476	0,318472	10,604	11,4912
OCTUBRE A	21	14,8	0,318472	14,3564	15,2436
NOVIEMBRE A	21	11,3286	0,318472	10,885	11,7722
DICIEMBRE A	21	7,6619	0,318472	7,2183	8,10551
Total	252	10,7377			

Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019

La Tabla N° 104 muestra la medida de Precipitación para cada franja en todos los meses; también muestra un error estándar de cada medida, el cual es una medida de la variabilidad de su muestreo; en la tabla también se observa un intervalo alrededor de cada medida, estos intervalos están basados en el procedimiento de la diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher y están construido de tal manera, que si dos medias son iguales, sus intervalos se traslaparán un 95% de las veces. Las siguientes gráficas visualizan de mejor forma los resultados para la similitud de lluvias entre las franjas en todos los meses; para esto se tienen: gráficos de medidas, gráficos de caja y bigotes.

Grafica N° 20. Gráfica de Medias.



Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019

Tabla N° 105. Pruebas de múltiples rangos para la precipitación

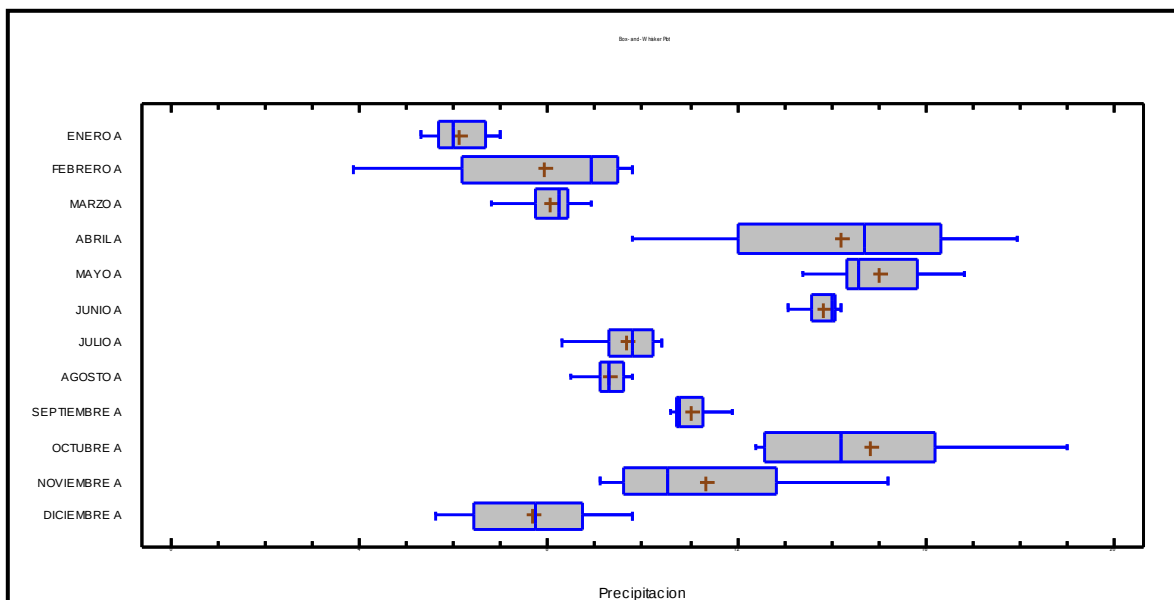
	Count	Mean	Homogeneous Groups
ENERO A	21	6,12857	X
DICIEMBRE A	21	7,6619	X
FEBRERO A	21	7,91905	X
MARZO A	21	8,0381	X
AGOSTO A	21	9,26667	X
JULIO A	21	9,65238	X
SEPTIEMBRE A	21	11,0476	X
NOVIEMBRE A	21	11,3286	X
JUNIO A	21	13,819	X
ABRIL A	21	14,1905	XX
OCTUBRE A	21	14,8	X
MAYO A	21	15,0	X

Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019

Cabe resaltar que para agrupar los meses por periodos aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras, el programa usa la opción “localizar” fijando una línea que toca los meses similares en magnitud, información que se complementa con el análisis de la gráfica de caja y bigotes la cual a partir de los cuartiles de precipitación de cada mes permite afianzar la agrupación des estos.

Por otra parte en la Tabla N° 105 prueba de múltiples rangos, se han identificado grupos homogéneos según la alineación de las X (indican si son semejantes en magnitud), es decir que los meses que comparten una columna de x corresponden a un período u otro.

Gráfica N° 21. Gráfica de caja y bigotes.



Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019

Tabla N° 106. Verificación de Varianza.

	Test	P-Value
Levene's	11,7975	0

Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019

El estadístico mostrado en la anterior tabla evalúa la hipótesis de que la desviación estándar de Precipitación dentro de cada uno de los 12 Niveles es la misma.

De particular interés es el valor-P. Puesto que el valor-P es menor que 0,05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre las desviaciones estándar, con un nivel de confianza del 95,0%.

A partir de la Grafica N° 20, Grafica N° 21 y la tabla de múltiples rangos, dentro de la franja A tenemos la siguiente distribución de periodos:

- Periodo 1: enero
- Periodo 2: febrero, marzo y diciembre
- Periodo 3: agosto y julio
- Periodo 4: septiembre y noviembre
- Periodo 5: abril, mayo, junio y octubre

Siguiendo el procedimiento lógico descrito anteriormente se construyen las pruebas estadísticas de los grupos B, C, D, E y FG obteniendo entre sus resultados una separación dispersa (no se observan grupos definidos) de sus grupos, es decir:

Periodo 1: Enero
Periodo 2: Febrero
Periodo 3: Marzo
Periodo 4: Abril
Periodo 5: junio
Periodo 6: julio
Periodo 7: diciembre
Periodo 8: Septiembre
Periodo 9: mayo, agosto, octubre y noviembre

Cabe resaltar que los meses del periodo 9 son los considerados lluviosos, según los registros pluviométricos arrojados por el software; así mismo dentro de las tablas y graficas de resultados se encuentra terminología en ingles debido a que se utilizó la versión 16 centuriones del statgrapichs. Para verificar los resultados y cálculos aplicados (Ver archivo digital, Estadístico)

➤ Agrupación de precipitaciones por mes

Luego de haber determinado cada uno de los periodos mediante el modelo estadístico de ANOVA SIMPLE (capitulo anterior), se ordenan los registros de precipitaciones de cada mes así:

Período 1: valores de precipitación del mes o los meses correspondientes a este Período

Período 2: valores de precipitación del mes o los meses correspondientes a este Período

Período 3: valores de precipitación del mes o los meses correspondientes a este Período

Se debe tener presente que el orden descrito arriba se aplica para todos los periodos determinados en el análisis estadístico. Se toman los valores de cada uno de los periodos y se ordenan como lo muestra la Tabla N° 107

Tabla N° 107 . Precipitaciones por periodos

PERIODO 1
5,3

PERIODO 2
6,8

PERIODO 3
6,8

5,3	7,0	7,0
5,7	7,1	7,1
5,7	7,5	7,5
6,0	7,7	7,7
6,3	8,0	8,0
6,7	8,2	8,2
7,0	8,4	8,4
7,0	8,2	8,2
6,7	8,4	8,4
6,3	8,2	8,2
6,3	8,4	8,4
7,0	8,4	8,4
7,0	8,4	8,4
5,7	8,6	8,6
5,7	8,8	8,8
5,7	8,9	8,9
6,3	8,4	8,4
5,7	8,2	8,2
6,0	8,4	8,4

Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019

Para efectos explicativos vamos a asumir que los valores mostrados en la Tabla N° 107, reúnen los datos totales del registro pluvial de los periodos, Con estos registros se procede a utilizar el modelo de GUMBEL para determinar las precipitaciones máximas representativas en los tiempos de retorno: 2, 25, 50, 100, 250 y 500 años.

2.8.6.2 Análisis de resultados

En este capítulo se analizaron los registros de precipitaciones para cada punto del WORDCLIN basados en la influencia de las estaciones IDEAM, a partir de los datos de precipitaciones medias mensuales, bajo los cuales se construyó una serie de pruebas para comparar los valores de lluvia en los 12 meses del año. Con las pruebas estadísticas se llegan a establecer los periodos secos, ocasionales y lluviosos.

Para e análisis estadístico realizado fueron procesados los datos de lluvias en el software estadístico Statgraphics; de acuerdo con los resultados arrojados por este, se obtiene 9 periodos cada uno caracterizado por las lluvias representativas de cada mes del año; influyendo esto de forma directa en la formación de escorrentías superficiales (flujo – caudal) para el rio Chiriaimo.

2.8.6.3 Curvas de intensidad, duración y frecuencia (IDF)

Las curvas I D F son la representación gráfica entre la intensidad y la duración de uno o varios eventos de precipitación (lluvias) que a su vez muestran la periodicidad con la que estos pueden ocurrir. Para elaborar las curvas de intensidad, se parte

inicialmente del registro de precipitaciones analizado mediante el modelo estadístico de GUMBEL el cual se explicará más adelante. (Ver: Estadístico; hojas de cálculo). A continuación se describe de forma somera el procedimiento lógico para la elaboración y construcción de las curvas IDF:

Los periodos de retorno son el tiempo esperado o tiempo medio entre dos o más sucesos improbables, cuya característica principal es mostrar parámetros similares a los datos analizados (magnitud de las lluvias), estos permiten dar una idea sobre el tiempo en puede ocurrir o proyectar un evento similar.

2.8.6.4 Modelo estadístico de GUMBEL

Es una distribución de probabilidad utilizada para determinar los valores máximos aleatorios de una población, la cual es utilizada para determinar la probabilidad de ocurrencia de una precipitación igual o mayor a la calculada por este método.

$$P = P(x \leq x_i)$$

$$P = e^{-e^{-y_j}} \quad \text{Donde } y_j \text{ es la variable reducida.}$$

$$y_i = a \cdot (x_i - x_f) \quad x_f = X - S \cdot \frac{Y_n}{S_n}$$

Donde

X= es el promedio de la muestra

S= es la desviación estándar de la muestra

x_i es el dato que se espera que se repita con la probabilidad P.

Y_n y S_n = son la media y la desviación estándar de la variable reducida.

El modelo sirve para determinar los valores máximos de precipitación en los tiempos de retorno mencionados anteriormente. Los datos mostrados en la Tabla N° 108 se consignan en la hoja de cálculo armada para realizar el estadístico de gumbel (ver: Estadístico; hoja de cálculo MATHCAD; gumbel periodos). De los cálculos relacionados anteriormente se tiene:

Los resultados de GUMBEL para cada uno de los periodos se muestran en sus respectivas hojas de cálculo. (Software: Mathcad)

Se procede a elaborar las gráficas de intensidad y duración, para estas se utilizan intervalos de tiempo de 15 minutos. Como resumen de las hojas de cálculo tenemos la Tabla N° 108.

Tabla N° 108. Parámetros de entrada para las curvas IDF (intensidad - duración - frecuencia).

Periodos Retorno	de Probabilidad	Precipitación (mm)	Intensidad Media	Parámetro
2	0,500	11,00	3,67	0,226
25	0,960	20,20	6,73	0,273
50	0,980	22,50	7,50	0,285
100	0,990	24,80	8,27	0,296
250	0,996	27,80	9,27	0,312
500	0,998	30,00	10,00	0,323

Fuente: Construaambiente & Corpocesar, 2019

A partir de los resultados de Gumbel y la Tabla N° 108 , se construyen las curvas teniendo en cuenta los siguientes parámetros:

- Columna Periodos de Retorno, son los especificados en los términos de referencia (2, 25, 50 y 100 años).
- La Columna de *Probabilidad* se calcula mediante la ecuación:

$$Probabilidad = 1 - \frac{1}{Periodos\ de\ retorno}$$

- columna de precipitación viene dada por Los resultados de los valores extremos por Gumbel para los distintos periodos homogéneos y niveles de lluvias que se encuentran en la Tabla N° 108.
- Los valores de intensidad media se calculan dividiendo la precipitación entre la duración de la lluvia que en este caso es de 3 horas.

El parámetro “n” viene dado por la intensidad de la lluvia en la Tabla N° 109 de la Agencia Estatal de Meteorología – AEMET España.

Tabla N° 109. Parámetro n dependiente de la intensidad de las lluvias1.

INTENCIDAD (mm)	n
Débiles: cuando su intensidad es <=2 mm/h	0.0-0.2
Moderadas: >2 mm/h <=15 mm/h	0.2-0.4
Fuertes: >15 mm/h y <=30 mm/h	0.4-0.6

Muy fuertes: >30 mm/h y <=60 mm/h	0.6-0.8
Torrenciales: >60 mm/h	0.8-1.0

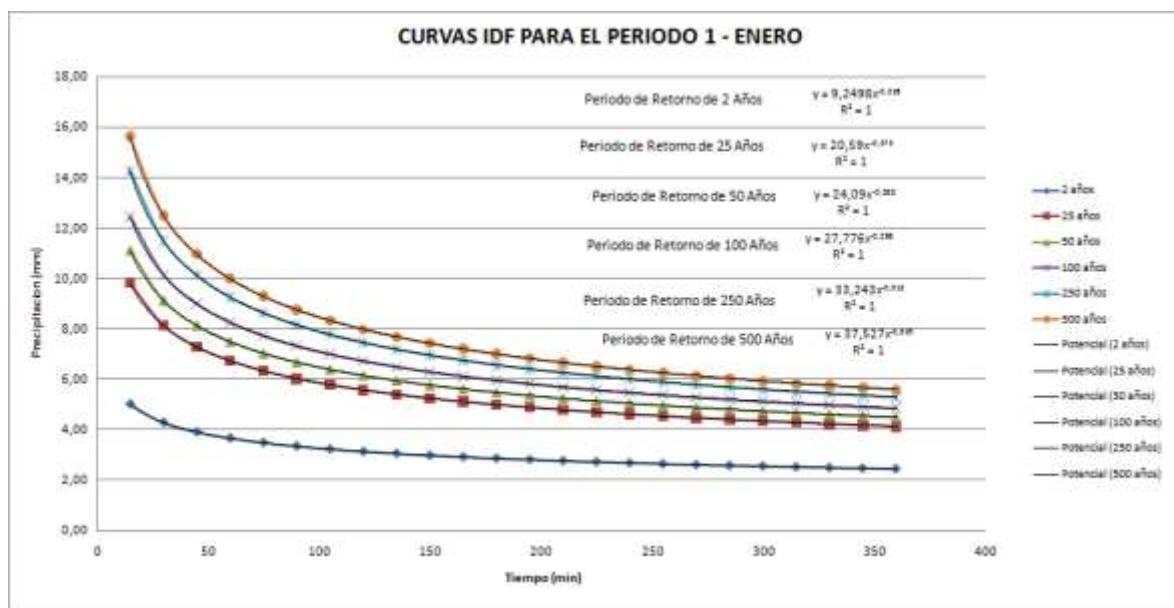
Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019

Así mismo se ven dos valores resaltados en color rojo, estos indican el intervalo de valores que se analizan en las tras horas de duración del evento; Se estudian los periodos de retorno de 2 y 25 años debido a que estos son los tiempos próximos en los que se pueden presentar un evento de precipitación con características muy similares o iguales a las presentadas en cada curva IDF.

A continuación se muestran las curvas IDF para el periodo al mes de Enero y los Hietogramas para los tiempos de retorno de 2 y 25 años.

Los Hietogramas se elaboraron con base en la metodología de bosques que discriminan las precipitaciones de tal forma que se divide desde un valor máximo (pico) y dan a conocer el comportamiento de las lluvias.

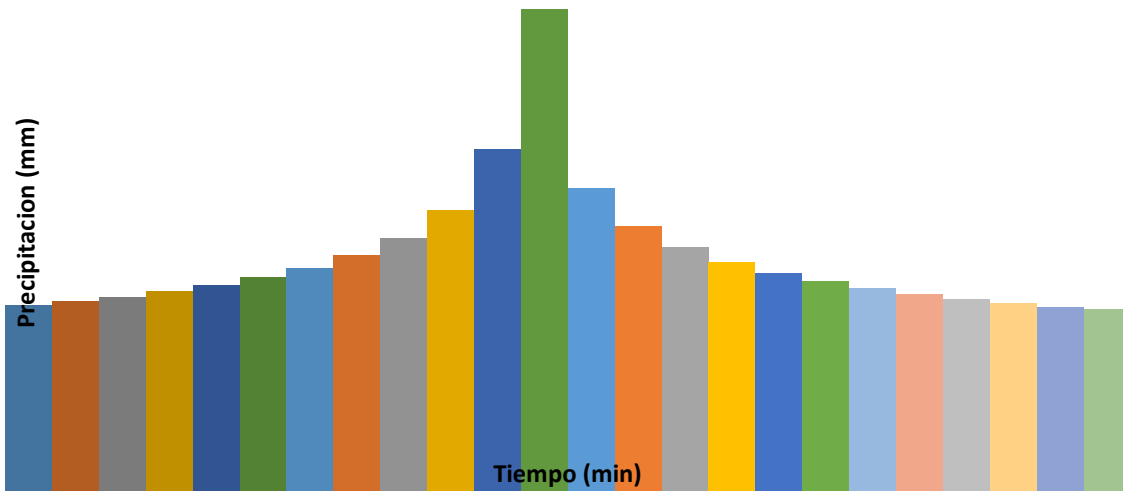
Grafica N° 22. Curva IDF para el 1 periodo



Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019

Grafica N° 23. Hietograma para el periodo 1 con Tr de 2 años.

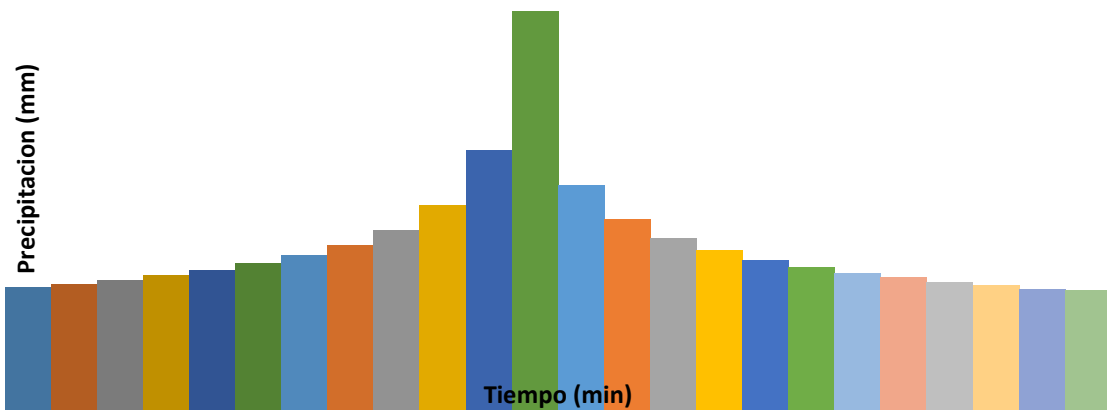
HIETOGRAMA PARA 2 AÑOS



Fuente: Construaambiente & Corpocesar, 2019

Grafica N° 24. Hietograma para el periodo 1 con Tr de 25 años.

HIETOGRAMA PARA 25 AÑOS



Fuente: Construaambiente & Corpocesar, 2019

Para llevar a cabo la modelación hidrológica de estos hietogramas se escogieron los datos de las 3 horas centradas; las gráficas para los periodos 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, y 12 mencionados en el modelo estadístico para homogeneizar los meses y sus meses respectivos se pueden verificar en las memorias de cálculo. (Ver: archivo digital, Curvas IDF).

2.8.6.5 Caracterización física e hídrica de la microcuenca del río Chiriaimo

➤ Morfometría

El análisis morfométrico de la microcuenca es fundamental para comprender e interpretar su comportamiento morfodinámico e hidrológico así como para inferir indirecta y cualitativamente sobre su estructura; Cada una de las cuencas que cubren el área de estudio sobre el río cesar presentan estipuladas condiciones físicas e hídricas, que determinan una serie de parámetros bajo los cuales se obtiene el análisis y que a su vez presenta una relación directa con el proceso de transformación de las precipitaciones en caudales de escorrentía.

Para tal efecto se requiere conocer las características físicas de la red de drenaje de cada una de la microcuenca en estudio como: las longitudes de los drenajes principales y de los valles de inundación, las áreas, sus perímetros, etc. Cuyo fin es definir de forma clara y específica las condiciones hídricas y morfodinámicas de cada microcuenca

Para facilitar el análisis físico e hídrico de la microcuenca del río Chiriaimo se dividió en cuatro microcuencas: microcuenca Riecito, alta, media y baja, cada una de estas fueron estudiadas bajo los parámetros establecidos en el componente climatológico del presente documento; a continuación se muestra en la tabla las características físicas de cada zona

Tabla N° 110. Características físicas de cada una de las Microcuencas (obtenidos por el componente climatológico) de la microcuenca del río Chiriaimo.

MICROCUEENCA	Área (Km2)	Área (Ha)	Pendiente Pro.	Pendiente Pro. Cauce	Long cauce (m)	Perímetro (m)	Long Drenajes (m) incluyendo principal	Long valle (m)
Riecito	67,21	6721	55,56%	13,41%	15259	42042	2990436	17,59
Chiriaimo Alto	84,37	8437	53,41%	11,11%	21595	49494	169535	20,33
Chiriaimo Medio	23,60	2360	43,38%	14,95%	2430	21645	62731	7,86
Chiriaimo Bajo	43,05	4305	20,94%	1,78%	21919	53353	104002	20,28
TOTAL	218,23	21823			61203	166534	3326704	66,06

Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019

Con los registros mostrados en la Tabla N° 110 y con la formulación presentada a continuación se calcularon parámetros como: factores de forma, índice de Gravelius, entre otros, que dan una idea somera de la forma como se comportaría

la microcuenca bajo un evento de precipitación, los valores resultantes se describen a continuación en la Tabla N° 111

Tabla N° 111. Resultados físicos de cada Microcuenca

MICROCUEENCA	Ind Gravelius	Factor de forma	Densidad drenaje	Lon flujo superficial	Sinuosidad
Riecito	1,446	0,289	44,49	0,01	1,05
Chiriaimo Alto	1,520	0,181	2,01	0,12	1,08
Chiriaimo Medio	1,257	3,997	2,66	0,09	1,06
Chiriaimo Bajo	2,293	0,090	2,42	0,10	1,25

Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019

2.8.6.6 Número de Curva (CN)

Cada una de las Microcuencas que se encontraron en la microcuenca completa del río Chiriaimo, presenta diferentes condiciones de humedad antecedente, partiendo de esta apreciación se determina el número de curva de escorrentía con los porcentajes de vegetación, tipo de suelo y la Condición Hidrológica de cada una de las Microcuencas.

- Clasificación del Suelo:
 - a. Bajo potencial de escorrentía: Suelos que tienen alta tasa de infiltración aun cuando estén muy húmedos.
 - b. Moderadamente bajo potencial de escorrentía: Suelos con tasa de infiltración moderada cuando están muy húmedos, moderadamente profundos a profundos, bien drenados.
 - c. Moderadamente alto potencial de escorrentía: Suelos con infiltración lenta cuando están muy húmedos. Consisten de suelos con un estrato que impide el movimiento del agua hacia abajo.
 - d. Alto potencial de escorrentía: Suelos con infiltración muy lenta cuando están muy húmedos. consisten de suelos arcillosos con alto potencial de expansión; suelos con nivel freático alto permanente.

2.8.6.7 Uso y Tratamiento del Suelo:

El efecto de la condición superficial sobre la cuenca hidrográfica se evalúa por medio de las clases de tratamiento y uso del suelo. El uso del suelo pertenece a la cobertura de la cuenca, incluyendo todo tipo de vegetación, humus vegetal, tierras en descanso (suelo limpio), así como usos no agrícolas, como superficies de agua (lagos, ciénagas y otras), superficies impermeables (camino, techos, etc.), y áreas urbanas.

2.8.6.8 Condición Hidrológica

Una condición hidrológica pobre corresponde a menos del 50 por ciento de área cubierta y alta intensidad de pastoreo. Una condición hidrológica aceptable corresponde al 50 a 75 por ciento del área cubierta y media intensidad de pastoreo. Una condición hidrológica buena corresponde a más del 75 por ciento del área cubierta y ligera intensidad de pastoreo. La condición hidrológica para los bosques se determina visualmente como sigue

- Pobre – densamente pastado o bosques regularmente quemados, con pocos arbustos y muy pequeña cantidad de humus vegetal.
- Aceptable – con pastos pero no quemados, con algunos arbustos y moderada cantidad de humus vegetal.
- Buena – protegidos con pasto, con alta cantidad de humus vegetal y muchos arbustos cubriendo la superficie.

Existen 3 niveles de Humedad Antecedente.

Condición de Humedad Antecedente (AMC)	Precipitación acumulada de los 5 días previos al evento en consideración (cm)
I	0 - 3,30
II	3,50 - 5,25
III	más de 5,25

Nota: Este cuadro fue desarrollado utilizando datos del occidente de los Estados Unidos. Por consiguiente, se recomienda tener cautela al emplear los valores suministrados en este cuadro para determinar la condición de humedad antecedente en otras regiones geográficas o climáticas. La precipitación acumulada de los cinco días previos al evento en consideración es para épocas de crecimiento de las plantas.

A partir de la siguiente tabla se determinó el número de curva para cada microcuenca:

Tabla N° 112 Numero de curva de escorrentía para tierras cultivadas.

FORMULACIÓN DEL PLAN DE ORDENAMIENTO DEL RECURSO HIDRICO DEL RIO CHIRIAIMO EN LOS MUNICIPIOS DE LA PAZ Y SAN DIEGO, DEPARTAMENTO DEL CESAR

Uso de la Tierra	COBERTURA		GRUPO DE SUELOS			
	Tratamiento o práctica	Condición hidrológica	A	B	C	D
Rastrojo	Hileras Rectas	---	77	86	91	94
Cultivos en hileras	Hileras Rectas	Mala	71	81	88	91
		Buena	67	78	85	89
	Curvas de nivel	Mala	70	79	84	88
		Buena	65	75	82	86
	Curvas de nivel y terrazas	Mala	66	74	80	82
		Buena	62	71	78	81
Cultivos en hileras estrechas	Hileras rectas	Mala	65	76	84	88
		Buena	63	75	83	87
	Curvas de nivel	Mala	63	74	82	85
		Buena	61	73	81	84
	Curvas de nivel y terrazas	Mala	61	72	79	82
		Buena	59	70	78	81
Leguminosas en hileras estrechas o forraje en rotación	Hileras rectas	Mala	66	77	85	89
		Buena	58	72	81	85
	Curvas de nivel	Mala	64	75	83	85
		Buena	55	69	78	83
	Curvas de nivel y terrazas	Mala	63	73	80	83
		Buena	51	67	76	80
Pastos de pastoreo	---	Mala	68	79	86	89
		Regular	49	69	79	84
		Buena	39	61	74	80
	Curvas de nivel	Mala	47	67	81	88
		Regular	25	59	75	83
		Buena	6	35	70	79
Bosque		Mala	45	66	77	83
		Regular	36	60	73	79
		Buena	25	55	70	77
Patios		---	59	74	82	86
Camino de Tierra		---	72	82	87	89
Pavimentos		---	74	84	90	92

Fuente: ConstruyAmbiente & Corpocesar, 2019

La curva de escorrentía se determina para cada una de las Microcuencas a partir de los datos tomados de la Tabla N° 112 mediante el porcentaje de cobertura vegetal de cada una de ellas.

Los porcentajes de coberturas de cada Microcuenca se obtiene a partir del análisis de imágenes spot, cobertura vegetal entregada por el SIG (sistema de información geográfica), dando como resultado lo mostrado en las tablas anteriores.

A sí mismo en estas encontramos la condición de humedad CN I Y III las cuales se obtienen bajo la formulación matemática que sigue:

Condición CN II:

$$CN = \%de\ bosques * CN_{Bosques} + \%de\ Pastos * CN_{Pastos}$$

A partir del parámetro calculado (CN II) se determinan las condiciones de humedad antecedente CN I y CN III de la siguiente manera:

Condición CN I:

$$CN_I = \frac{CN_{II}}{2.3 - 0.013CN_{II}}$$

Condición CN III:

$$CN_{III} = \frac{CN_{II}}{0.43 + 0.0057CN_{II}}$$

Tabla N° 113. Cobertura vegetal y condición de humedad CNI, CNII Y CNIII para la Microcuenca Riecito

Tipo de suelo	cubierta	hectareas	% cubierto	CN tabla	CN II	CN I	CN III
C	Rastrojos	1637,1	24,36	91	82	66	91
	Pastos	2914,6	43,36	79			
	Bosques	1317,3	19,60	73			
	Suelo desnudo	703,5	10,47	87			
	N.N.	148,61	2,21	87			
	Total	6721,1	100,00				
Abs Max					57	130	24
La (mm)					11	26	5

Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019

Tabla N° 114. Cobertura vegetal y condición de humedad CNI, CNII Y CNIII para la Microcuenca Alta

Tipo de suelo	cubierta	hectareas	% cubierto	CN tabla	CN II	CN I	CN III
C	Rastrojos	2029,0	24,05	91	82	66	91
	Pastos	2843,3	33,70	79			
	Bosques	2219,2	26,30	73			
	Suelo desnudo	1218,3	14,44	87			
	N.N.	127,23	1,51	87			
	Total	8437,0	100,00				
Abs Max					57	132	25
La (mm)					11	26	5

Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019

Tabla N° 115. Cobertura vegetal y condición de humedad CNI, CNII Y CNIII para la Microcuenca Media

Tipo de suelo	cubierta	hectareas	% cubierto	CN tabla	CN II	CN I	CN III
B	Rastrojos	555,0	23,55	86	73	54	86
	Pastos	1333,9	56,61	69			
	Bosques	308,2	13,08	60			
	Suelo desnudo	124,6	5,29	82			
	N.N.	34,65	1,47	82			
	Total	2356,3	100,00				
Abs Max					95	219	41
La (mm)					19	44	8

Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019

Tabla N° 116. Cobertura vegetal y condición de humedad CNI, CNII Y CNIII para la Microcuenca Baja

Tipo de suelo	cubierta	hectareas	% cubierto	CN tabla	CN II	CN I	CN III
A	Rastrojos	410,5	9,53	77	53	33	72
	Pastos	3556,5	82,60	49			
	Bosques	62,0	1,44	36			
	Suelo desnudo	276,6	6,42	72			
	N.N.	0,00	0,00	72			
	Total	4305,6	100,00				
Abs Max					226	519	97
La (mm)					45	104	19

Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019

De igual forma como se calculan las condiciones anteriormente mencionadas, se determinan también las abstracciones. Vale la pena resaltar que se utilizó un CN

diferente para cada periodo de acuerdo con la climatología de cada mes, es decir que las condiciones de humedad variaron en cada condición pluviométrica (12 períodos) establecido.

➤ Método de Abstracción del SCS (Monsalve G, 1999)

Es un método para calcular la precipitación efectiva en una cuenca, por medio de las abstracciones de una tormenta, las cuales incluyen la interceptación, la detención superficial y la infiltración propiamente dicha. El número de curva condiciones de humedad normal (CNII) varía en un rango de 1 a 100, existiendo una función de las siguientes propiedades productoras de escorrentía de la cuenca hidrográfica: tipo de suelo hidrológico, utilización y tratamiento del suelo, condiciones de la superficie del terreno y condición de humedad antecedente del suelo; El método del número de curva de escorrentía, fue desarrollado basado en datos de precipitación y escorrentía de 24 horas.

La precipitación neta para este método es:

$$P_e = \frac{(P - 0.2S)^2}{P + 0.8S}$$

Donde

Pe = es la precipitación efectiva,
P = es la precipitación Total y
S = es la Retención Potencial Máxima.

La Retención Potencial Máxima de cada una de las microcuencas se estima por medio de la Curva Número de Escorrentía.

$$S_i = \frac{25400}{CN} - 254$$

Donde CN es la curva de escorrentía para I, II Y III (humedad antecedente). En las siguientes tablas se muestran los resultados de los parámetros anteriormente definidos de cada una de las cuencas.

➤ Tiempos de Concentración

Esta característica define el tiempo que demora el agua superficial en ir desde la cota más alta del cauce principal hasta la más baja (o final) de la cuenca. Para los tiempos de concentración de cada una de las microcuencas se analizó el método

de KIRPICH. Cabe resaltar que también se estudiaron otras metodologías con el objeto de comparar los valores de drenajes y estimar que el método mencionado anteriormente es más ajustado a las condiciones reales para mostrar lo dicho se presenta la Tabla N° 117.

✓ Fórmula del Kirpich

$$TC = 0.0078 * (L * 3280.84)^{0.77} * \frac{1}{S^{0.385}}$$

En donde:

Tc = Tiempo de concentración (min)

L = Longitud del cauce principal (pies)

S = Pendiente del cauce principal (pies/pies)

Se utiliza este modelo debido a que involucra mas condiciones específicas del relieve de la cuenca, además que sus resultados permiten visualizar de forma mas clara el comportamiento entre una cuenca y otra, facilitando inferencias entre similitudes de sus formas de drenaje.

Tabla N° 117. Tiempos de concentración (en minutos) para los diferentes modelos analizados, resultados suministrados por el componente climatológico.

MICROCUENCAS	Tc (min)				Tc (min) promedio
	Kirpich	CCP	HATAWAY	FAA	
Riecito	82	49	126	77	83
Chiriaimo Alto	100	56	13	84	94
Chiriaimo Medio	42	29	92	56	55
Chiriaimo Bajo	226	95	189	130	160

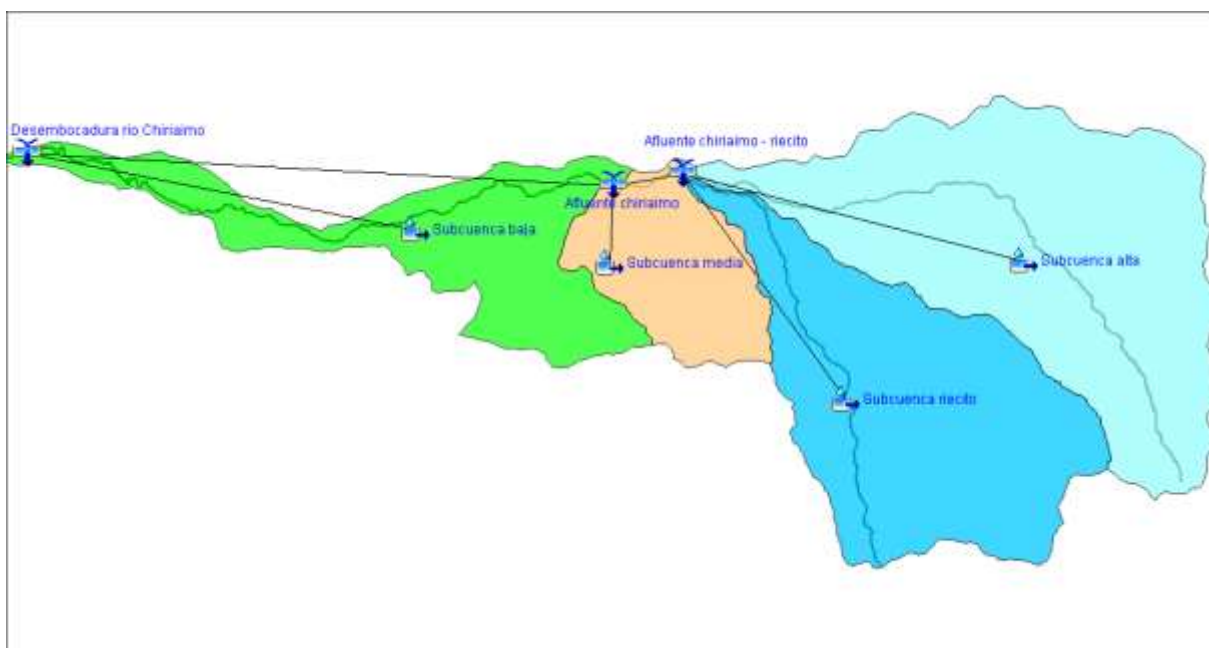
Fuente: Construaambiente & Corpocesar, 2019

Para generar el modelo de escorrentía superficial se trabaja con los valores arrojados por la formulación planteada por KIRPICH (ver: hojas de cálculo, componente climatológico). Es importante mencionar que el valor obtenido para la microcuenca baja (226 minutos) del río Chiriaimo es bastante elevada en comparación con los demás valores de escorrentía, cuya interpretación más lógica lleva a considerar que el tipo de terreno de esta parte de la cuenca es plano; si bien se sabe entre más plano sea el terreno más tarda la estructura de suelo en drenar sus aguas.

2.8.6.9 Modelación hidrológica

La modelación hidrológica de la microcuenca consiste en procesar los datos de escorrentía de cada microcuenca en estudio y convertirla en caudales tributarios sobre el río cesar con el objeto de discriminar su oferta hídrica. La plataforma HEC-HMS 3.4 permite generar un mapa interactivo de las microcuencas de las que consta el río Chiriamo, permitiendo la ubicación y modificación de los parámetros de cada una de ellas. En el Mapa N° 32 se muestra el mapa generado por el software, correspondiente a las microcuencas adyacentes del río Chiriamo y sus puntos de afluencia.

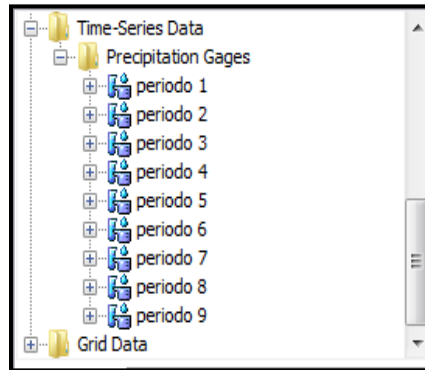
Mapa N° 32. Modelo hidrológico generado por el programa HEC – HMS:



Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019

La plataforma visual de HEC-HMS permite generar un mapa interactivo en la pantalla de computador que permite el acceso fácil de los parámetros de cada una de la microcuenca, Según el modelo computacional generado, se discrimina un vínculo (periodo 1, periodo 2, periodo 3, etc.), en el cual se consignan los valores de lluvias para los meses pertenecientes a cada condición pluviométrica establecidas, así:

Ilustración N° 1. Cuadro de dialogo del software HEC – HMS (vinculo de precipitación)

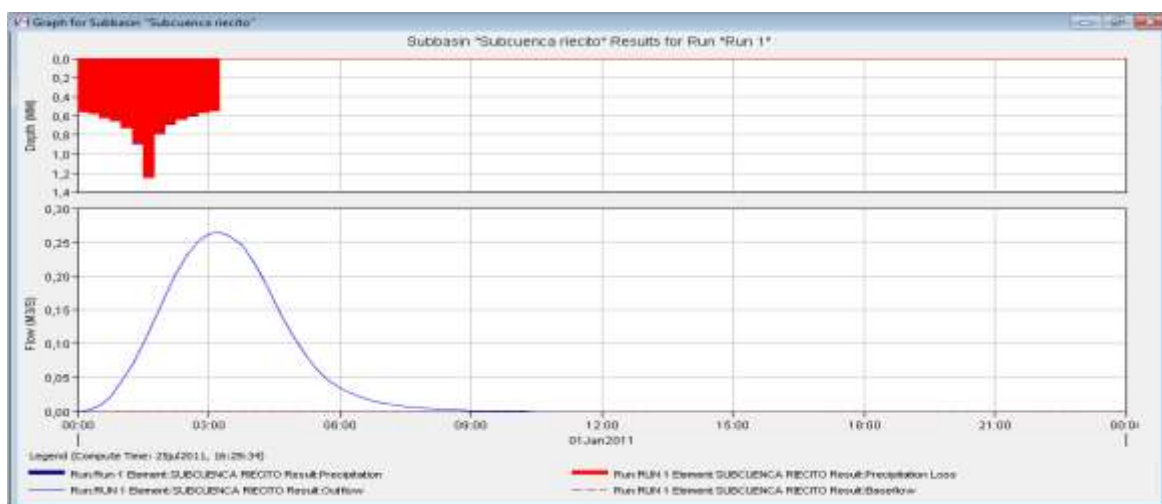


Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019

Los parámetros básicos con los que le modelo genera la hidrología de cada área son:

- Condición de humedad antecedente: CN II, como condición hidrológica base.
- Abstracción inicial: Ia, valor con el que se conoce que tanta agua se infiltra o corre por la superficie.
- Áreas: valor límite de la zona influenciada por las lluvias modeladas.
- Condición de impermeabilidad: *porcentaje* que se supone, es, un estrato (o zona) del suelo impermeable que impide el paso de agua.
- Tiempos de concentración: define cuanto tiempo tarda cada cuenca en drenar sus aguas superficiales (tiempo de escorrentía que el nuestro caso es de 3 horas).
- Período 1 (Valores de Precipitación para 2 años del mes de Enero)
 - Microcuenca Riecito:

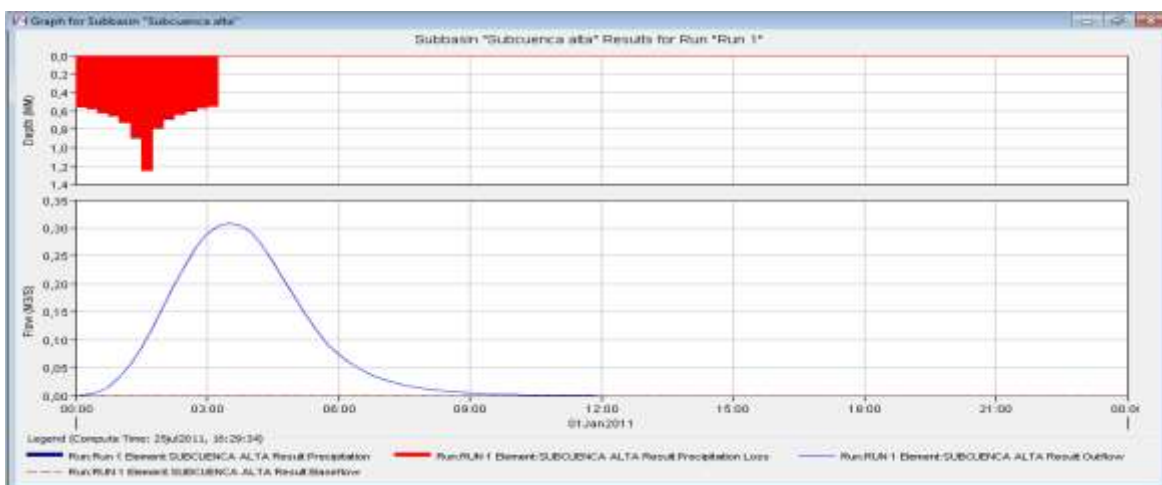
Grafica N° 25. Resultado de flujo para la microcuenca del río Riecito en el mes de enero con un retorno 2 años.



Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019

- Microcuenca Alta del río Chiriaimo

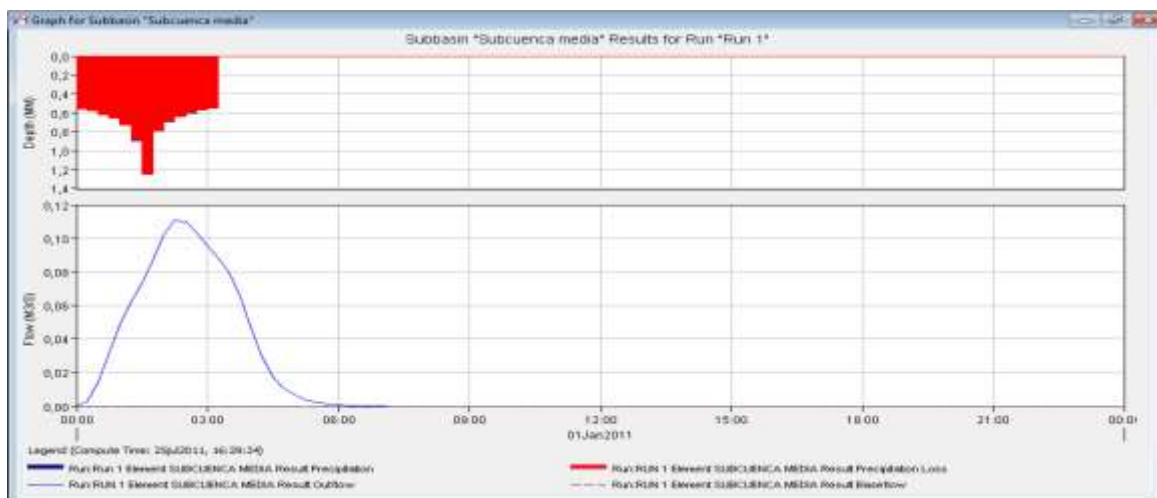
Grafica N° 26. Resultado de flujo para la microcuenca Alta del río Chiriaimo en el mes de enero con un retorno 2 años.



Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019

- Microcuenca Media del río Chiriaimo

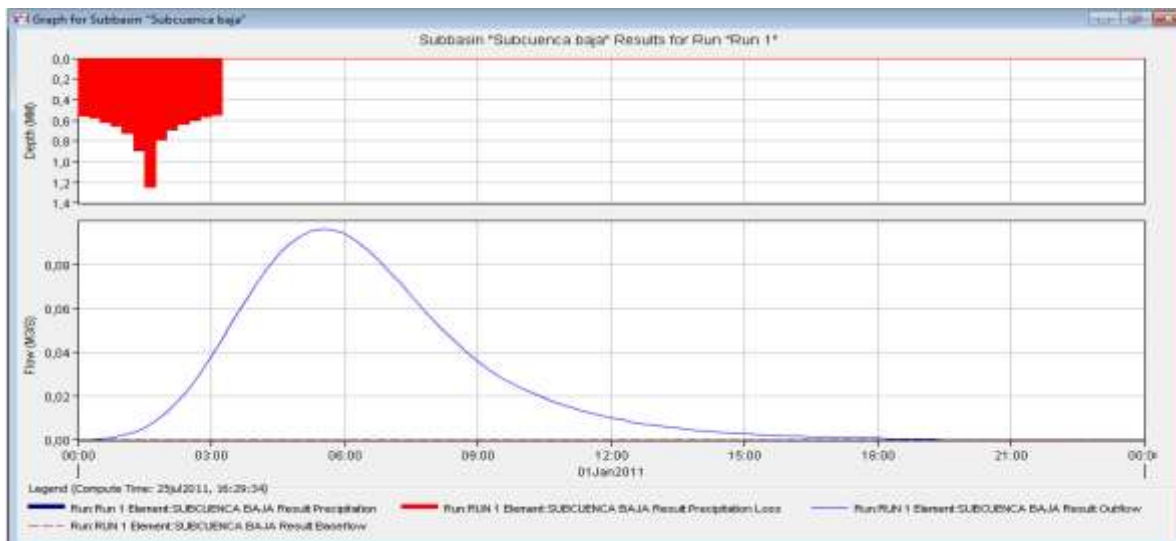
Grafica N° 27. Resultado de flujo para la microcuenca Media del río Chiriaimo en el mes de enero con un retorno 2 años.



Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019

- Microcuenca Baja del río Chiriaimo

Grafica N° 28. Resultado de flujo para la microcuenca Baja del río Chiriaimo en el mes de enero con un retorno 2 años



Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019

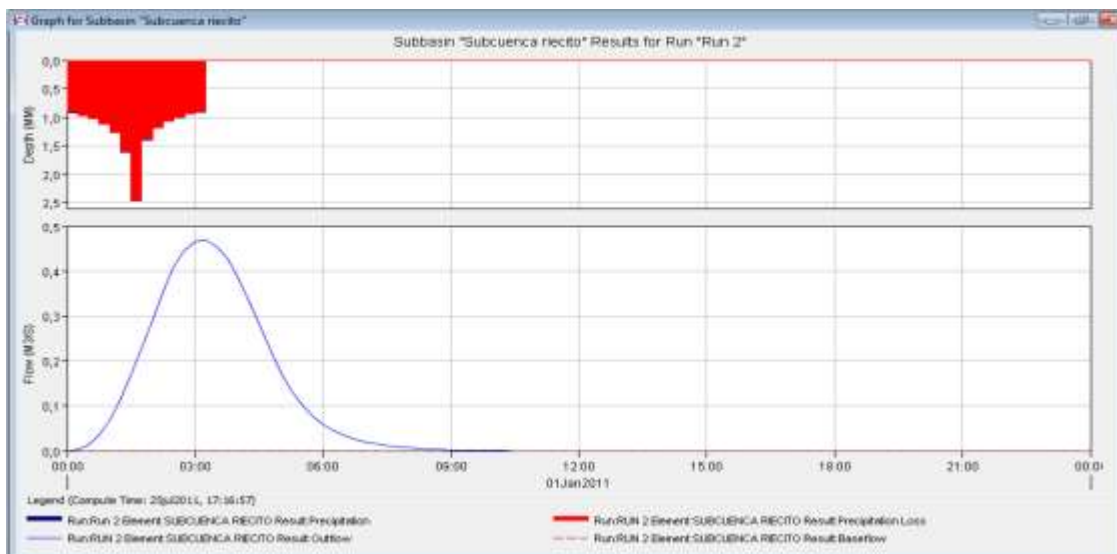
Tabla N° 118. Resultados globales de caudal para un periodo de retorno de 2 años en el mes de enero para la microcuenca del río Chiriaimo.

Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Volume (1000 M3)
Subcuenca alta	84,37	0,3	3,9
Subcuenca riecito	67,21	0,3	3,1
Afluente chiriaimo - riecito	151,58	0,6	6,9
Subcuenca media	23,56	0,1	1,1
Afluente chiriaimo	175,14	0,7	8,0
Subcuenca baja	43,05	0,1	2,0
Desembocadura rio Chiriaimo	218,19	0,7	10,0

Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019

- Período 1 (Valores de Precipitación para 25 años del mes de Enero)
 - Microcuenca Riecito:

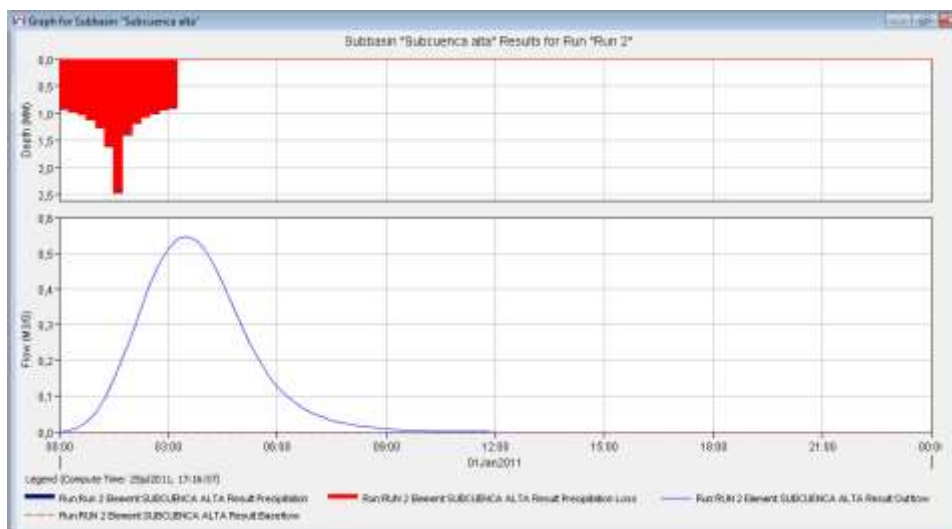
Grafica N° 29. Resultado de flujo para la microcuenca del río Riecito en el mes de enero con un periodo de retorno de 25 años.



Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019

- Microcuenca Alta del río Chiriaimo

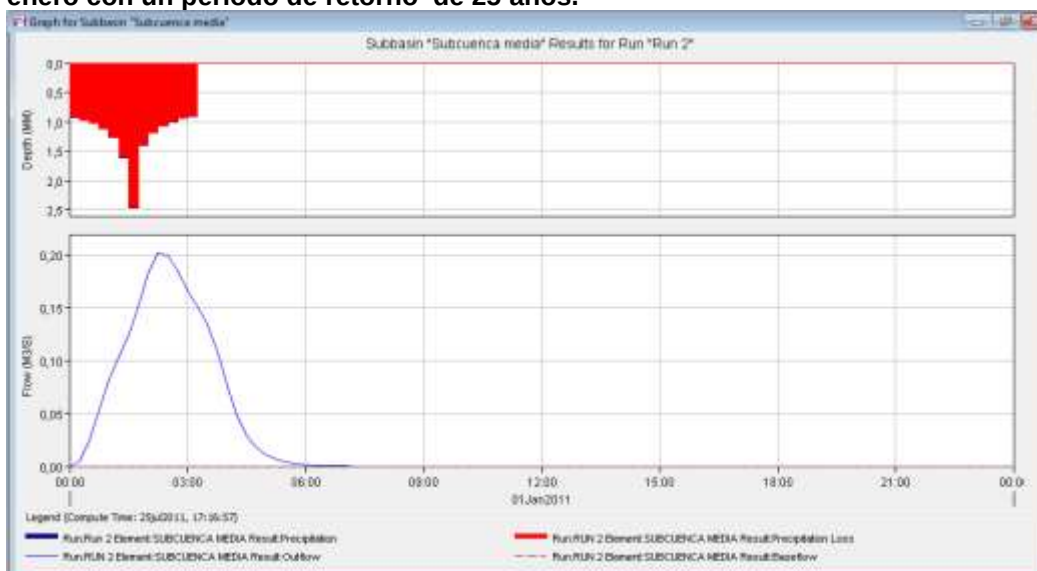
Grafica N° 30. Resultado de flujo para la microcuenca Alta del río Chiriaimo en el mes de enero con un periodo de retorno de 25 años.



Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019

- Microcuenca Media del río Chiriaoimo

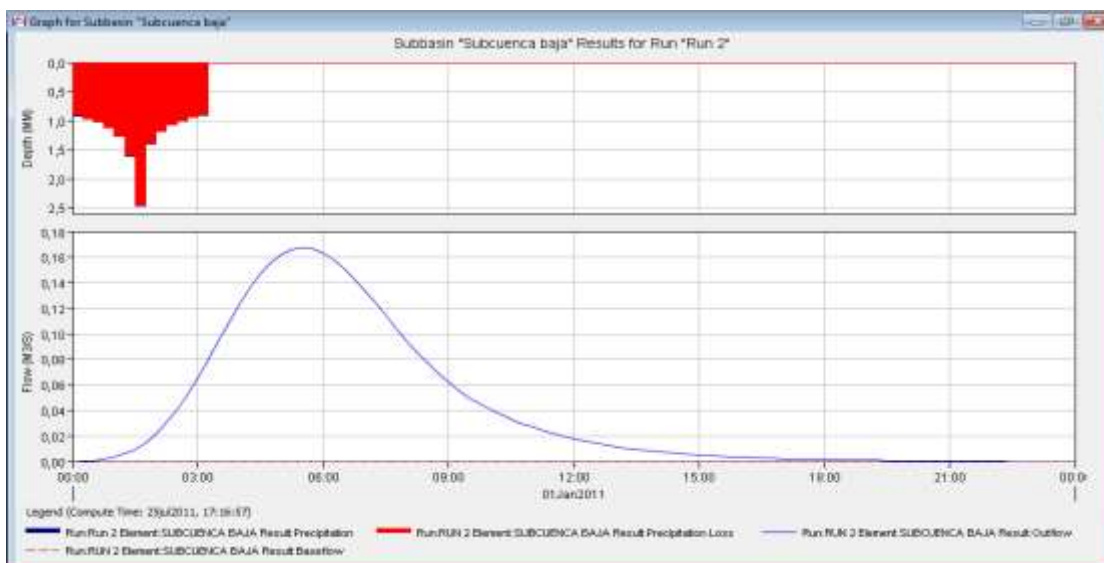
Grafica N° 31. Resultado de flujo para la microcuenca Media del río Chiriaoimo en el mes de enero con un periodo de retorno de 25 años.



Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019

- Microcuenca Baja del río Chiriaoimo

Grafica N° 32. Resultado de flujo para la microcuenca Baja del río Chiriaoimo en el mes de enero con un periodo de retorno de 25 años.



Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019

Tabla N° 119. Resultados globales de caudal para un periodo de retorno de 25 años en el mes de Enero para la microcuenca del río Chiriaimo.

Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Volume (1000 M3)
Subcuenca alta	84,37	0,5	6,7
Subcuenca riecito	67,21	0,5	5,3
Afluente chiriaimo - riecito	151,58	1,0	12,0
Subcuenca media	23,56	0,2	1,9
Afluente chiriaimo	175,14	1,2	13,9
Subcuenca baja	43,05	0,2	3,4
Desembocadura rio Chiriaimo	218,19	1,2	17,3

Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019

Los resultados de caudal para los periodos de retorno de 2 y 25 años en cada uno de los meses del año se pueden revisar en las memorias de cálculo

2.8.6.10 Interpretación de resultados

Las gráficas arrojadas por el modelo, muestran en la parte superior, el diagrama de infiltraciones (en rojo) cuyo valor indica cuanta precipitación se infiltra en la cuenca; también en aquellas zonas en las que aparece un diagrama de color azul, se

representa la escorrentía superficial generadas a partir de los registros de precipitación consignados para cada uno de los meses respectivos.

De igual forma en la parte inferior de los registros gráficos se ve el diagrama de flujos en el cual da una idea clara del caudal generado y su comportamiento (incluyendo pico) en cada una de las cuencas bajo los datos mencionados anteriormente. De forma general se discriminan las tablas en las que se ven los datos de caudal para cada corrida del modelo, esta consta de dos columnas principales:

Tabla N° 120. Datos de caudal insertado para correr el modelo.

Peak Discharge (M3/S)	Volume (1000 M3)
0,5	6,7
0,5	5,3
1,0	12,0
0,2	1,9
1,2	13,9
0,2	3,4
1,2	17,3

Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019

La primera de estas representa el caudal generado por la escorrentía superficial de cada cuenca y la segunda el volumen obtenido por las precipitaciones. Con los datos anteriormente mostrados en los resultados se obtiene el comportamiento hídrico de cada microcuenca.

En las siguientes tablas se muestran los resultados de forma resumida tanto para 2 años como para 25 años de retorno:

Tabla N° 121. Resultados generales de caudal para 2 años desde el mes de enero hasta el mes de junio.

MICROCUENCAS	CAUDALES (m3/s)					
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO
Microcuenca alta	0,3	0,3	0,4	0,7	28,1	0,4
Microcuenca Riecito	0,3	0,3	0,3	0,6	25,1	0,3
Afluente Chiriaimo – Riecito	0,6	0,6	0,7	1,3	52,9	0,7
Microcuenca media	0,1	0,1	0,1	0,2	5,2	0,1
Afluente Chiriaimo	0,7	0,7	0,8	1,4	56,3	0,8
Microcuenca baja	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1
Desembocadura rio Chiriaimo	0,7	0,8	0,8	1,5	56,5	0,9

Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019

Tabla N° 122. Resultados generales de caudal para 2 años desde el mes de julio hasta el mes de diciembre.

MICROCUENCAS	CAUDALES (m3/s)					
	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
Microcuenca alta	0,3	281	0,5	28,1	28,1	0,3
Microcuenca Riecito	0,2	25,1	0,4	25,1	25,1	0,3
Afluente Chiriaimo – Riecito	0,5	52,9	0,8	52,9	52,9	0,6
Microcuenca media	0,1	5,2	0,1	5,2	5,2	0,1
Afluente Chiriaimo	0,6	56,3	0,9	56,3	56,3	0,7
Microcuenca baja	0,1	0,2	0,1	0,2	0,2	0,1
Desembocadura rio Chiriaimo	0,6	56,5	1,0	56,5	56,5	0,7

Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019

Tabla N° 123. Resultados generales de caudal para 25 años desde el mes de enero hasta el mes de junio.

MICROCUENCAS	CAUDALES (m3/s)					
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO
Microcuenca alta	0,5	0,5	0,6	13,9	56,9	1,2
Microcuenca Riecito	0,5	0,4	0,5	12,7	50,1	1,1
Afluente Chiriaimo – Riecito	1,0	0,9	1,0	26,2	105,6	2,3
Microcuenca media	0,2	0,2	0,2	0,4	0,3	0,2
Afluente Chiriaimo	1,2	1,1	1,2	26,4	105,7	2,4
Microcuenca baja	0,2	0,2	0,2	0,2	0,4	0,1

Desembocadura rio Chiriaimo	1,2	1,2	1,3	26,6	105,9	2,5
-----------------------------	-----	-----	-----	------	-------	-----

Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019

Tabla N° 124. Resultados generales de caudal para 25 años desde el mes de julio hasta el mes de diciembre.

MICROCUENCAS	CAUDALES (m3/s)					
	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
Microcuenca alta	0,3	56,9	4,2	56,9	56,9	0,5
Microcuenca Riecito	0,3	50,1	3,9	50,1	50,1	0,4
Afluente Chiriaimo – Riecito	0,6	105,6	8,1	105,6	105,6	0,8
Microcuenca media	0,1	0,3	0,2	0,3	0,3	0,2
Afluente Chiriaimo	0,7	105,7	8,1	105,7	105,7	1,0
Microcuenca baja	0,1	0,4	0,2	0,4	0,4	0,1
Desembocadura rio Chiriaimo	0,8	105,9	8,3	105,9	105,9	1,0

Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019

2.8.7 Caudal ecológico

Según (Izquierdo SnataCruz & Madroñero Palacios, 2014) El Caudal Ambiental es la cantidad, calidad y régimen o estacionalidad de flujos requeridos para sostener los ecosistemas dulceacuícolas y estuarios, así como los servicios que provee, bajo escenarios de competencia por los usos del agua, y se involucra a las poblaciones que dependen de estos ecosistemas, del concepto de Caudal Ambiental se incluye el de Caudal Ecológico; al establecer cualquiera de estos dos tipos de caudales, se busca un equilibrio de los diferentes usos y demandas del agua. El establecerlo puede reducir la disponibilidad de agua destinada para usos económicos y sociales, de aquí radica la importancia de concertación con las comunidades, buscando un equilibrio entre las demandas actuales y futuras, con la conservación y protección de la Biota Acuática.

Por lo anterior después de realizar los análisis estadístico de rigor se obtienen los resultados obtenidos para los periodos de retorno de 2 y 25 años, en los cuales el caudal estimado para la corriente del rio Chiriaimo según datos de la estación climatológica se acercan a 9.45 m3/s del caudal medio mensual multianual para el

cual según la resolución 865 de 2004 en el capítulo 3.4.2 (Reducción por caudal ecológico) indica que según el IDEAM se adopta como caudal ecológico un valor aproximado del 25% del valor medio multianual, por lo que para la fuente superficial en ordenamiento se tomará este valor obteniendo como resultado como caudal ecológico para la corriente del Río Chiriaimo de 2.36 m³/s.

2.9 sobre el recurso hídrico superficial.

Uno de los componentes fundamentales del Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico –PORH es la estimación de la demanda de agua en la cuenca, en el cual se busca determinar la cantidad de agua que se usa actualmente en la cuenca para los sectores productivos y el consumo humano. De igual manera, se evalúa la presión que existe sobre el recurso hídrico, mediante el Índice de Uso del Agua - IUA y el Índice de Vulnerabilidad por desabastecimiento Hídrico –IVH, estos índices permiten evaluar si la cantidad de agua disponible en las fuentes superficiales es suficiente para abastecer el consumo de los usuarios y garantizar la sostenibilidad del ecosistema.

La demanda hídrica en la microcuenca del río Chiriaimo se estimó utilizando la metodología, que consistió en revisar la información de los expedientes de concesiones de agua de la Corporación Autónoma Regional del Cesar – Corpocesar y luego con base en dicha revisión, consolidar en el Registro de Usuarios del Recurso Hídrico propuesto por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible – MADS; complementado con información de los sectores productivos: agrícola y pecuario, entre otros para estimar los requerimientos de agua de los sectores en función del consumo de agua por unidad de producción.

2.9.1 Metodología inventario de concesiones

Esta metodología tiene como punto de partida la información puntual de concesiones de agua. En este sentido, el cálculo de la demanda hídrica se realizó utilizando los datos consolidados en el formato de Registro de Usuarios del Recurso Hídrico - RURH, tanto para personas naturales (PN) como jurídicas (PJ). Uno de los aspectos importantes de esta base de datos es que contiene la información de la concesión de aguas y los usos que se dan a la misma, que son: abastecimiento y consumo humano (doméstico), abrevaderos (pecuario), pesca (piscícola), riego y silvicultura (agrícola) y otros.

2.9.2 Concesiones de agua

La información de concesiones de agua fue recopilada de la base de datos de Corpocesar. La revisión de expedientes se realizó solo para aquellos que se encuentran con una concesión de agua vigente y los datos fueron consolidados en

el formato del Registro de Usuarios del Recurso Hídrico propuesto por el Ministerios de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

En el inventario de concesiones que se consolidó para río Chiriaimo, existe un gran número de concesiones de las que no se tiene georreferenciación. Teniendo en cuenta que estos expedientes representan la información disponible para río Chiriaimo, se consideró necesario tenerlos en cuenta en las estimaciones.

En el Anexo de Demanda Hídrica se encuentra el inventario de concesiones consolidado en el formato RURH y que fue utilizado para este primer análisis de la demanda hídrica. En los mapas anexos se presenta la ubicación espacial de las concesiones de agua para personas naturales y jurídicas respectivamente, cuyo análisis y distribución por usos se presenta más adelante.

2.9.3 Resultados

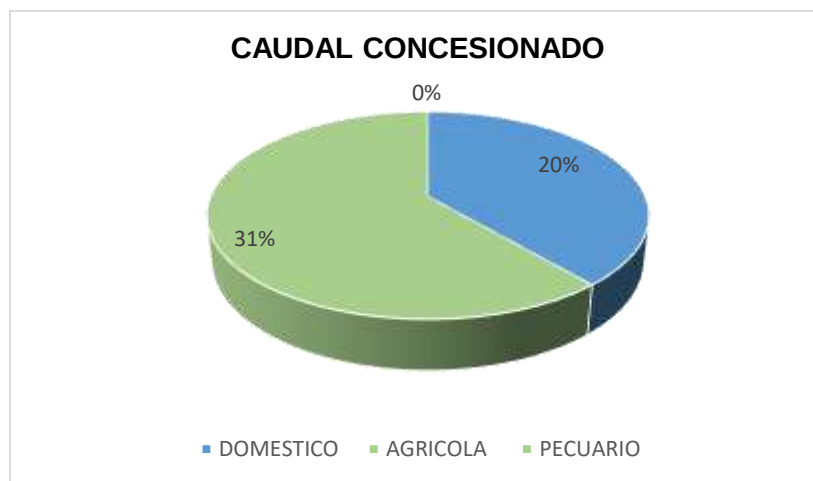
Se muestra la caracterización de usuarios del territorio a partir del análisis de expedientes de concesiones de agua superficial y los caudales otorgados. La importancia de expresar las diferencias entre las proporciones de caudal y las concesiones otorgadas radica en demostrar que existen actividades que requieren una mayor demanda del recurso para llevarlas a cabo y que pueden presentarse escenarios desfavorables si no se les realiza el seguimiento adecuado.

Tabla N° 125. Usos y caudales

USOS	CAUDAL CONCESIONADOS	CAUDAL SIN CONCESIÓN	CAUDAL TOTAL
DOMESTICO	126	57.94	183.94
AGRICOLA	198.96	225.92	424.88
PECUARIO		36.16	36.16
TOTAL	324.96	320.02	644.98

Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019

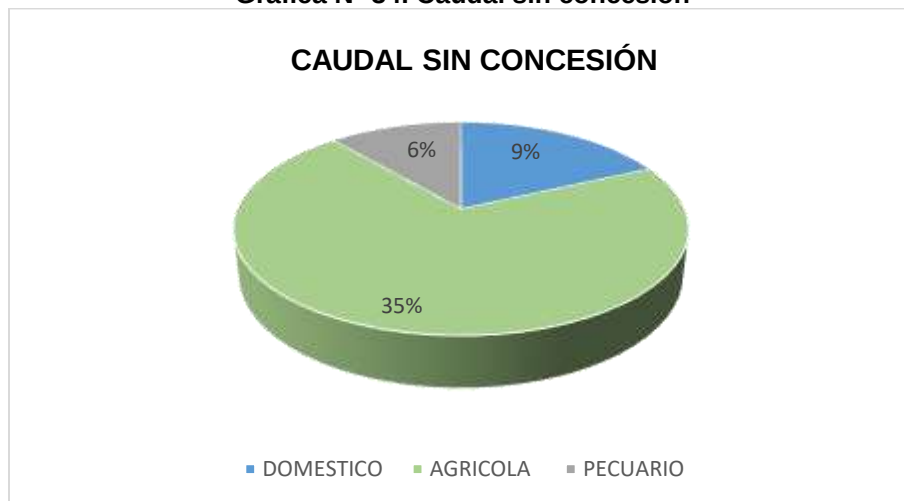
Grafica N° 33. Caudal concesionado



Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019.

En las proporciones de caudal con concesión se observa que el 31% es para uso agrícola, seguidamente se encuentra el uso doméstico con un 20% de la demanda hídrica, posteriormente se encuentra el uso pecuario con un 0%.

Grafica N° 34. Caudal sin concesión



Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019.

En las proporciones de caudal sin concesión se observa que el 35% es para uso agrícola, seguidamente se encuentra el uso doméstico con un 9% de la demanda hídrica, posteriormente se encuentra el uso pecuario con un 6%.

➤ Demanda doméstica

El uso doméstico con mayor demandase atribuye a los de abastecimiento de los Municipios de La Paz y San diego, así como para el centro poblado de San José de Oriente; otro porcentaje es el consumido por las veredas que se sitúan en forma dispersa a lo lado y lado del rio Chiriaimo.

➤ Demanda pecuaria

Con base en lo presentado en el numeral anterior y teniendo en cuenta que el sector ganadero es un renglón importante para el municipio de La paz y San Diego es posible que el inventario de concesiones de agua no sea suficiente lo que supone una subestimación del consumo de agua en este sector, reflejado en un valor menor el consumo de agua.

➤ Demanda agrícola

Con base en los datos se encuentra un valor mayor en la demanda agrícola, debido a que en la zona de estudio prevalecen los cultivos y riegos de pasto en gran extensión.

2.9.4 Indicadores de estado de la demanda

2.9.4.1 Índice de uso del agua – IUA

El índice del uso del agua es la relación porcentual entre la demanda de agua y la oferta hídrica superficial disponible, aunque en un sentido estricto se debería tener en cuenta la oferta de aguas subterráneas, pero el avance en esta área es menor, y por ello sólo se considera el agua superficial (IDEAM, 2014). Se calcula de la siguiente manera:

$$IUA = \frac{D_h}{O_h} \times 100$$

Dónde:

Dh: demanda hídrica total [m³/año] o [l/s]

Oh: oferta hídrica disponible [m³/año] o [l/s]

En la Tabla N° 126 se presenta la manera de categorizar el IUA de acuerdo a los resultados de la relación oferta demanda obtenidos. A continuación se presentan los resultados de la estimación del IUA para las condiciones hidrológicas seca y

normal según lo indica la guía del PORH, utilizando como información de demanda la presentada en el numeral anterior y para la estimación de la oferta total disponible se utilizó como caudal ambiental el 25% del caudal promedio.

Tabla N° 126. Rangos y categorías del Índice de regulación hídrica

Rango (Dh/Oh) *100	Categoría IUA	Significado
> 50	Muy alto	La presión de la demanda es muy alta con respecto a la oferta disponible
20,01 - 50	Alto	La presión de la demanda es alta con respecto a la oferta disponible
10,01 - 20	Moderado	La presión de la demanda es moderada con respecto a la oferta disponible
1 – 10	Bajo	La presión de la demanda es baja con respecto a la oferta disponible
< 1	Muy bajo	La presión de la demanda no es significativa con respecto a la oferta disponible

Fuente: Construaambiente & Corpocesar, 2019.

Al realizar el balance entre oferta y demanda, necesario para estimar el IUA, se realizó un promedio bajo las condiciones hidrológicas evaluadas en el río Chiriaimo, arrojando una presión alta sobre el recurso.

Tabla N° 127. Balance entre oferta y demanda, necesario para estimar el IUA

TRAMO	OFERTA (M3/AÑO) PROM TRAMO	DEMANDA HIDRICA(M3/AÑO) PROM TRAMO	IUA
TRAMO 1	23336640	9303120	39.9
TRAMO 2	29013120	11826000	40.8
TRAMO 3	44465760	15137280	34.0
TRAMO 4	28697760	20183040	70.3
TRAMO 5	1892160	946080	50.0

Fuente: Construaambiente & Corpocesar, 2019.

Tabla N° 128. Categorización de los tramos del río Chiriaimo con el IUA.

TRAMO	CATEGORIA IUA	SIGNIFICADO
TRAMO 1	Alto	La presión de la demanda es alta con respecto a la oferta disponible

TRAMO 2	Alto	La presión de la demanda es alta con respecto a la oferta disponible
TRAMO 3	Alto	La presión de la demanda es alta con respecto a la oferta disponible
TRAMO 4	Muy alto	La presión de la demanda es muy alta con respecto a la oferta disponible
TRAMO 5	Muy alto	La presión de la demanda es muy alta con respecto a la oferta disponible

Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019.

2.9.4.2 Índice de vulnerabilidad por desabastecimiento - IVH

El IVH se define como el grado de fragilidad del sistema hídrico para mantener una oferta para el abastecimiento de agua, que ante amenazas, como períodos largos de sequía, podría generar riesgos por desabastecimiento. Se determina a través de una matriz de relación de rangos entre el Índice de regulación hídrica (IRH) y el Índice de uso del agua (IUA) (IDEAM, 2014).

Tabla N° 129. Matriz para categorizar el índice de vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico

Índice de uso de agua (IUA)	Índice de regulación hídrica (IRH)	Índice de vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico (IVH)
Muy bajo	Alto	Muy bajo
Muy bajo	Moderado	Bajo
Muy bajo	Bajo	Medio
Muy bajo	Muy bajo	Medio
Bajo	Alto	Bajo
Bajo	Moderado	Bajo
Bajo	Bajo	Medio
Bajo	Muy bajo	Medio
Medio	Alto	Medio
Medio	Moderado	Medio
Medio	Bajo	Alto
Medio	Muy bajo	Alto

Alto	Alto	Medio
Alto	Moderado	Alto
Alto	Bajo	Alto
Alto	Muy bajo	Muy alto
Muy alto	Alto	Medio
Muy alto	Moderado	Alto
Muy alto	Bajo	Alto
Muy alto	Muy bajo	Muy alto

Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019.

El IRH para cada uno de los tramos río Chiriaimo se presentó en capítulo de Oferta Hídrica, cuya estimación no presentó variabilidad alguna y corresponde a un valor alto para todos los tramos. Al cruzar esta información con el IUA y aplicar la matriz de categorización del IVH Tabla N° 129 se obtuvo la distribución espacial del índice de vulnerabilidad por desabastecimiento, para las condiciones del monitoreo.

2.10 Determinación de riesgos asociados a la reducción de la oferta y disponibilidad del recurso hídrico.

El análisis de riesgo asociado a la reducción de la oferta hídrica se construyó relacionando los resultados del IVH para la condición seca que en este caso corresponde a la amenaza, y las concesiones de agua otorgadas a personas naturales o jurídicas es la vulnerabilidad. Las categorías de amenaza y vulnerabilidad están definidas tal como se presenta en la Tabla N° 130

Tabla N° 130. Categorías de amenaza y vulnerabilidad para estimar el riesgo por reducción de la oferta hídrica.

Amenaza		Vulnerabilidad	
Criterio	Categoría	Criterio	Categoría
IVH Muy Alto	Alta	Captaciones uso doméstico	Alta
IVH Alto	Media	Captaciones uso agrícola o piscícola	Media
Otro Categoría IVH	Baja	Captaciones otros usos o ausencia de captaciones	Baja

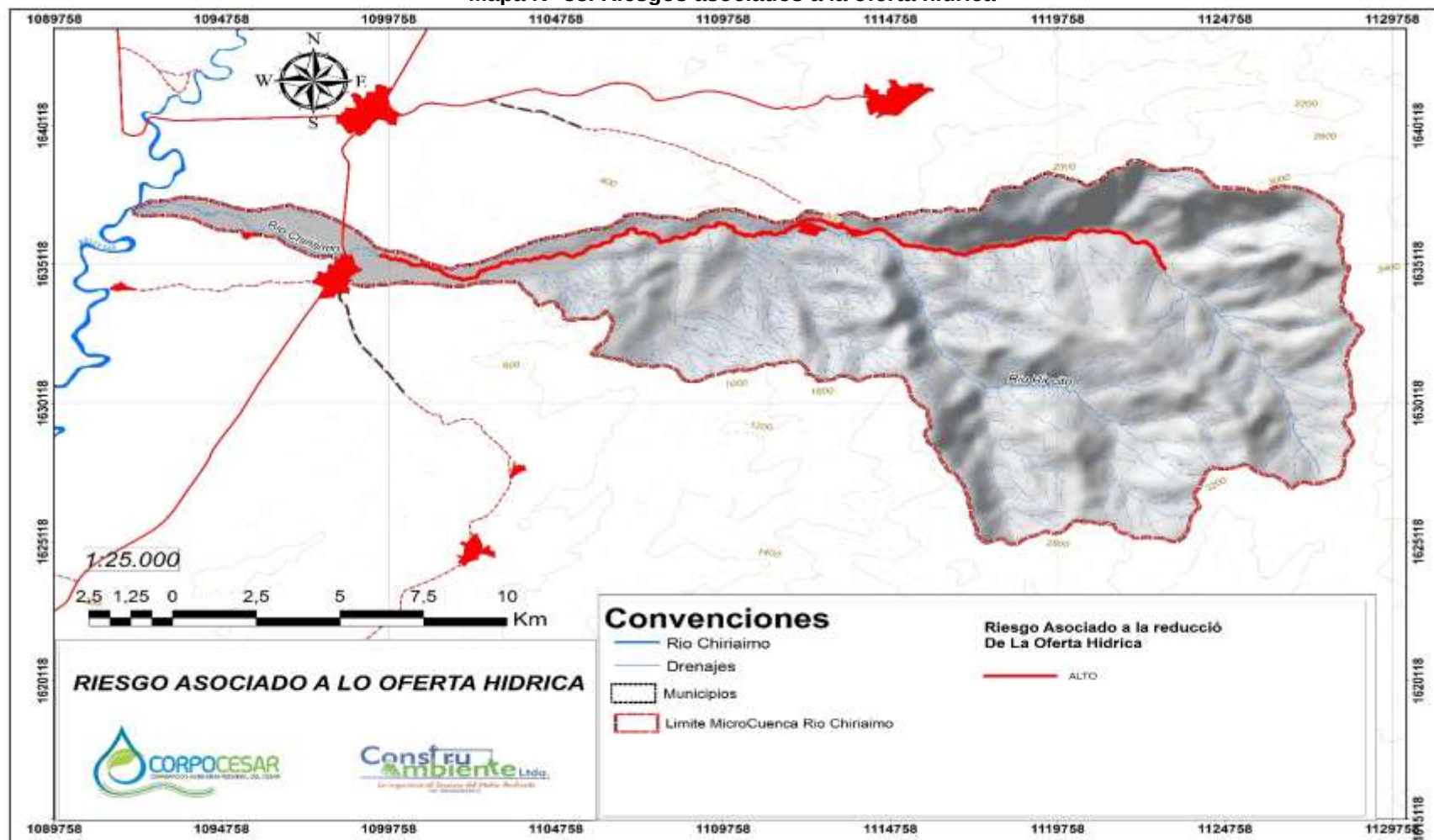
Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019.

Tabla N° 131 Regla de decisión para el riesgo asociado a la reducción de la oferta hídrica.

ESTACION	Amenaza	Vulnerabilidad	Riesgo
E1	Alta	Alta	Alto
E2	Alta	Media	Alto
E3	Alta	Baja	Alto
E4	Media	Alta	Alto
E5	Alta	Alta	Alto

Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019.

Mapa N° 33. Riesgos asociados a la oferta hídrica



Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019.

3.1 PROYECCIÓN DE LA DEMANDA HÍDRICA

La proyección de la demanda hídrica fue estimada bajo los escenarios de análisis propuestos por el IDEAM (IDEAM, 2014). Estos corresponden a un escenario Optimista, Pesimista y Real.

El escenario optimista supone situaciones en la cuales se logran ahorros en los consumos de agua, bien sea por la implementación de acciones de producción más limpia o porque no se tengan crecimientos de los sectores demandantes de agua.

El escenario pesimista, por el contrario, involucra incrementos sustanciales en la demanda de agua como consecuencia de ineficiencias de los sistemas de aprovechamiento y distribución del agua, así como por un aumento en las tasas de crecimiento de los sectores demandantes.

El escenario real fue estimado teniendo en cuenta las demandas hídricas actuales, con solo variación de las tasas de crecimiento de la población.

Adicionalmente, estos análisis fueron realizados teniendo en cuenta tres periodos de tiempo, correspondientes al corto (0-2 años), mediano (2-5 años) y largo plazo (5-10 años), contados a partir del año 2019. En la Tabla N° 132 se presenta los criterios generales empleados para la proyección de la demanda; no obstante, para cada temática específica se expondrá de manera detallada todos los aspectos que fueron tenidos en cuenta para la realización de cada uno de los cálculos.

Dado que no fue posible correlacionar la demanda de agua con valores de producción, se asumió que la tasa de variación de algunos sectores se comportó de una manera similar a la tasa de variación de la demanda hídrica; es decir, si para un periodo determinado se presenta un incremento en la tasa de crecimiento de un sector, es de esperarse que la demanda de agua también se incremente. Por el contrario, cuando se dan tasas de decrecimiento (reflejadas en una menor producción) se asume una disminución en la demanda de agua.

Finalmente, es importante resaltar que si bien en términos económicos un decrecimiento del sector puede considerarse un escenario pesimista, al momento de evaluar la demanda de agua este aspecto se consideró como optimista, porque supone una menor presión en cuanto al uso y demanda del recurso hídrico; de ahí que los escenarios optimistas fueran formulados con las menores tasas de crecimiento de los sectores y teniendo en cuenta reducciones en los consumos de agua por la implementación de medidas de uso eficiente.

Tabla N° 132. Criterios empleados para la proyección de la demanda

Fuente:

Tipo de Demanda	Escenario		
	Optimista	Pesimista	Real
Demanda del sector doméstico	Módulo de consumo de agua del RAS más bajo (90L/persona-día). Tener en cuenta la proyección de la población para 2019, 2022 y 2027.	Módulo de consumo de agua más alto sugerido por el RAS (150L/persona-día). Tener en cuenta la proyección de la población para 2019, 2022 y 2027.	Módulo de consumo de Agua empleada para estimación de la demanda. Tener en cuenta la proyección de la población para 2019, 2022 y 2027.
Demanda del sector pecuario	Reducción en módulos de consumo de agua del 20%. Tener en cuenta la proyección de la población para 2019, 2022 y 2027.	Incremento del módulo de consumo de agua por desperdicios del 20%. Tener en cuenta la proyección de la población para 2019, 2022 y 2027.	Igual a los actuales (afectado solo por el crecimiento de la población).
Demanda del sector agrícola	Teniendo en cuenta riego por goteo, con una eficiencia de riego del 90%.	Con sistema de riego actual pero con problemas de mantenimiento que disminuyen la eficiencia de riego, obteniendo eficiencias del 52%.	Igual a los actuales (afectar por las proyecciones de incremento de los cultivos).

Construambiente & Corpocesar, 2019.

La demanda hídrica de agua para el río Chiriao fue de 57.395.520 m³/año, de los cuales el 76% correspondió a la demanda del sector de Agrícola, seguido en menor proporción del sector Doméstico como se observa en la Tabla N° 133

Tabla N° 133. Demanda hídrica de agua para el Río Chiriao

TRAMO	DEMANDA HIDRICA(M3/AÑO) PROM TRAMO
TRAMO 1	9303120
TRAMO 2	11826000
TRAMO 3	15137280
TRAMO 4	20183040
TRAMO 5	946080
TOTAL	57395520

Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019.

3.1.1 Proyección de la demanda hídrica por sectores

➤ Sector Doméstico

Para estimar la demanda hídrica se comenzó por cuantificar la población asentada dentro de la cuenca, a partir de proyecciones de población que permitieron calcular los habitantes para los años 2019, 2022 y 2027, así como las densidades poblacionales para las áreas urbanas y rurales.

Las proyecciones de población empleadas correspondieron a las sugeridas por el Reglamento de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS (Ministerio de Desarrollo Económico, 2000), según el nivel de complejidad del municipio (Tabla N° 134 y Tabla N° 135)

Tabla N° 134. Determinación del nivel de complejidad del municipio.

Nivel de complejidad	Población en la zona urbana (habitantes)	Capacidad económica de los
Bajo	<2500	Baja
Medio	2501-12500	Baja
Medio-Alto	12501-60000	Media
Alto	>60000	Alta

Fuente: RAS 2000

Tabla N° 135. Métodos de proyección de población según nivel de complejidad.

Método por emplear	Nivel de complejidad del sistema			
	Bajo	Medio	Medio-Alto	Alto
Aritmético, Geométrico y exponencial	x	x		
Aritmético, Geométrico, exponencial, otros			x	x
Por componentes (demográfico)			x	x
Detallar por zonas y detallar densidades			x	x

Fuente: RAS 2000

Tabla N° 136. Proyección de población municipio de La Paz

AÑO	METODOS DE PROYECCION		PROMEDIO
	GEOMETRICO	EXPONENCIAL	
2019	15271	15271	15271
2020	15511	15511	15511
2021	15755	15754	15754
2022	16003	16001	16002
2023	16254	16252	16253
2024	16510	16507	16508
2025	16769	16766	16768
2026	17033	17029	17031
2027	17301	17297	17299

Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019.

Tabla N° 137. Proyección de población municipio de San Diego

AÑO	METODOS DE PROYECCION		PROMEDIO
	GEOMETRICO	EXPONENCIAL	
2019	7394	7394	7394
2020	7510	7510	7510
2021	7628	7628	7628
2022	7748	7748	7748
2023	7870	7869	7870
2024	7994	7993	7993
2025	8119	8118	8119
2026	8247	8245	8246
2027	8377	8375	8376

Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019.

Tabla N° 138. Proyección de población Centro Poblado San José de Oriente

AÑO	METODOS DE PROYECCION		PROMEDIO
	GEOMETRICO	EXPONENCIAL	
2019	1478	1478	1478
2020	1501	1501	1501
2021	1525	1525	1525
2022	1549	1549	1549
2023	1573	1573	1573
2024	1598	1598	1598
2025	1623	1623	1623
2026	1649	1648	1648
2027	1674	1674	1674

Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019.

La proyección de la demanda hídrica para el sector doméstico se realizó para cada año en forma similar a como se procedió para la estimación de la demanda para el año 2019, variando la población según las proyecciones anteriormente presentadas y teniendo en cuenta los módulos de consumo para los escenarios optimista, pesimista y real.

De esta manera, para el escenario optimista se emplearon las dotaciones netas mínimas sugeridas por el RAS (90L/persona-día), mientras que para el pesimista se empleó la más alta (150L/persona-día). Para el escenario real se tuvieron en cuenta las mismas dotaciones que fueron calculadas en la estimación de la demanda hídrica actual.

En la Tabla N° 139 se presenta los valores obtenidos para cada uno de los escenarios propuestos.

Vale la pena mencionar que la demanda para el escenario real dio más baja que para el escenario optimista porque las dotaciones netas estimadas para la demanda hídrica actual fueron más bajas que la mínima sugerida por el RAS empleada para las proyecciones.

Tabla N° 139. Se presenta valores obtenidos para cada uno de los escenarios propuestos.

Sector	Demanda Agua actual (2019)	Demanda de Agua (m3/año)								
		Optimista			Pesimista			Real		
		2019	2022	2027	2019	2022	2027	2019	2022	2027
Doméstico	16.644.701	12.644.701	11.356.425	10.325.256	20.523.256	22.566.233	25.233.556	16.546.230	15.896.235	14.789.255

Fuente: Construyeambiente & Corpocesar, 2019.

➤ Sector Pecuario

La proyección de demanda del sector pecuario, para los tres escenarios considerados, se estimó con base a la tasa de crecimiento del sector, el cual se encuentra en aumento pero sigue manteniendo la densidad de animal por hectárea.

Para el escenario optimista se definió un ahorro del 20% en el consumo de agua, teniendo en cuenta la adopción de prácticas de producción más limpia. En el escenario pesimista, por el contrario, se estableció un desperdicio en el consumo hídrico del 20%, como consecuencia de la falta de mantenimiento y despilfarro del recurso hídrico. Para el escenario real se mantuvieron los mismos módulos de consumos de agua empleados para la estimación de la demanda.

Tabla N° 140. Criterios para la proyección de la demanda de agua sector Pecuario – Bovinos.

	Escenario								
	Optimista			Pesimista			Real		
Demanda	Corto Plazo (2019)	Mediano Plazo (2022)	Largo Plazo (2027)	Corto Plazo (2019)	Mediano Plazo (2022)	Largo Plazo (2027)	Corto Plazo (2019)	Mediano Plazo (2022)	Largo Plazo (2027)
Pecuario	Disminución en los módulos de consumo de agua en un 20% como consecuencia de la implementación de medidas de uso eficiente del agua			Aumento en los módulos de consumo de agua en un 20% como consecuencia de problemas en las redes de suministro y despilfarro del agua			Módulos de consumo de agua actuales.		
Bovinos	Tasa de decrecimiento del 2,58%			Tasa de crecimiento máxima 3,05%			Tasa crecimiento promedio 0,24%		

Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019.

➤ **Sector Agrícola**

El sector agrícola está conformado por coberturas de pastos y mosaicos de cultivos. El único cultivo que se encontró discretizado fue el del café.

Para la estimación de las proyecciones de demanda hídrica se tuvieron en cuenta las estadísticas de áreas cultivadas preparadas por la Federación Nacional de Cafeteros para el departamento del Cesar (2014), de donde se extrajeron datos de áreas con cultivos permanentes y transitorios, a las cuales les fueron estimadas las tasas de crecimiento mínima, máxima y promedio (Tabla N° 141)

Tabla N° 141. Tasas de crecimiento mínima, máxima y promedio

Cobertura	Tasa		
	Promedio	Mínima	Máxima
Pastos	0,	0,0	0,0
Café	0,	-0,008	0,0
Otros cultivos	0,	-0,006	0,0
Bosque natural fragmentado con pastos y cultivos	- 0,0	-0,009	-0,009
	0,	-0,005	0,0

Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019.

3.2 MODELACIÓN DE LA CALIDAD DEL RECURSO HÍDRICO

El Modelo de Calidad e Agua fue ejecutado para cuatro escenarios: Línea base, Corto, Mediano y Largo Plazo y se establecieron los parámetros que simularan la calidad del agua: los niveles de DBO (Lenta y Rápida), Coliformes (patógenos), Nitrógeno, Fósforo y Sólidos Suspendidos. Adicionalmente, para su calibración se tuvieron en cuenta parámetros como Temperatura, Conductividad, Oxígeno Disuelto, pH y Alcalinidad, cuyos valores criterio fueron obtenidos durante el levantamiento de la Línea Base. Es importante aclarar que del mismo modo se consideraron aportes provenientes de veintidós (22) vertimientos presentes a lo largo del río, sin embargo, no se contó con caracterizaciones de los mismos debido a que en su mayoría se constituyen como vertimientos ilegales. A continuación, se enlistan los vertimientos identificados:

Tabla N° 142. Vertimientos identificados a lo largo del río Chiriao.

FORMULACIÓN DEL PLAN DE ORDENAMIENTO DEL RECURSO HIDRICO DEL RIO CHIRIAIMO EN LOS MUNICIPIOS DE LA PAZ Y SAN DIEGO, DEPARTAMENTO DEL CESAR

Tramo	Vertimiento	Nombre del Vertimiento	Coordenadas Magna Sirgas (Origen Bogotá)	
			Este	Norte
E1 – E2	VT1	Vertimiento de químicos	1126690,733	1629878,31
	VT2	Vertimiento de aguas residuales	1122721,464	1635363,365
	VT3	Vertimiento o contaminación en el nacedero por ganadería y caña brava	1117185,616	1635573,42
	VT4	Vertiente de salida de desarenador,	1114760,748	1636149,129
	VT5	Vertimiento tubo séptico	1114641,638	1636283,951
	VT6	Vertimiento de tubería	1113648,574	1636181,694
E2 – E3	VT7	Daño en tubo de 4"	1113573,794	1636234,368
	VT8	Vertimiento descarga directa	1113514,485	1636424,408
	VT9	Vertimiento de aguas proveniente del sector agrícola	1113424,083	1636424,408
	VT10	Vertimiento aguas residuales domesticas	1113290,164	1636436,265
	VT11	Vertimiento de aguas residuales domesticas	1113220,192	1636432,965
	VT12	Desagüe de canal de finca	1113208,061	1636420,634
	VT13	Vertimiento de agua domiciliarias	1113125,739	1636472,608
	VT14	Vertimiento de aguas de alcantarillado domiciliario	1113131,775	1636487,993
	VT15	Vertimiento de agua domiciliarias	1113125,709	1636481,827
	VT16	Vertimiento de aguas domiciliarias	1113119,604	1636487,954
	VT17	Vertimiento de aguas domiciliarias	1113119,594	1636491,027
	VT18	Vertimiento de aguas tratadas PTAR	1113070,861	1636506,234
	VT19	Vertimiento de aguas tratadas PTAR	1112878,844	1636607,022
	VT20	Vertimiento de laguna de oxidación	1111993,672	1636527,347
	VT21	Punto de vertimiento de laguna de oxidación	1111589,899	1636243,339
E4 – E5	VT22	Acumulación de basuras con residuos sólidos y líquidos en talud al costado derecho	1100754,000	1635096,000

Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019.

Los vertimientos asociados en la Tabla N° 142 se presentan a manera de insumo para determinar el efecto de cada uno de ellos en el tramo donde tienen lugar, sin embargo, debido a la carencia de información referente a las concentraciones de los mismos se llevó a cabo la revisión de literatura con el fin de llegar a conclusiones específicas en el modelo con respecto a las fuentes difusas y puntuales, lo cual fue aplicable para todos los escenarios de modelación. Es importante resaltar que para los tramos E3-E4 y E5-E6, no se evidenciaron vertimientos durante el recorrido de identificación realizado.

3.2.1 Geometría de los planos

Como se explicó anteriormente, la geometría de los tramos se determinó a partir del Modelo de Elevación Digital de Terreno - DEM, en donde posteriormente, se realizó el levantamiento de secciones transversales sobre el eje principal de la corriente de interés para los puntos de monitoreo de calidad del agua donde se tiene aforo y además se ajustaron las características hidráulicas del cauce. Por otro lado, para la definición de las secciones transversales y con el fin de determinar la geometría de las mismas, se empleó el software *Hec-GeoRAS*, para determinar la profundidad, ancho, y área transversal por tramo u/o segmento. Así mismo, se definieron segmentos transversales constantes con separaciones entre sí y teniendo en cuenta la localización espacial de la cuenca, se definió un único tramo de simulación de calidad de aguas en el río Chiriaimo.

Tabla N° 143. Esquema de segmentación – Tramo simulación.

	E-1			E-2				E-3				E-4				E-5				E-6		
Segmento	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21

Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019.

Presentado gráficamente el esquema de segmentación, en la siguiente tabla se puede apreciar la distribución de las longitudes por cada segmento y su respectiva longitud acumulada:

Tabla N° 144. Esquema Segmentación – Tramo Simulación.

SEGMENTO	CALIDAD	LONG. SEGMENTO (Km)	LONG. ACUMULADA (Km)
0	E1	Headwater	28,11
1		3,275	24,84
2		2,234	22,60
3		2,298	20,30
4	E2	3,348	16,95
5		0,796	16,16
6		1,171	14,99
7		1,028	13,96
8	E3	2,992	10,97
9		3,013	7,95
10		2,890	5,06
11		3,270	1,79
12	E4	0,331	1,46
13		0,447	1,02
14		0,440	0,58
15		0,339	0,24
16	E5	0,029	0,21
17		0,045	0,16
18		0,039	0,12
19		0,045	0,08
20		0,037	0,04
21	E6	0,041	0,00

Fuente: Construyeambiente & Corpocesar, 2019.

3.2.2 Calibración del modelo.

Para la calibración del modelo *QUAL2Kw*, se utilizó el algoritmo genético PIKAIA (Pelletier et al, 2006), cuya función objetivo ($f(x)$) se define mediante la siguiente expresión. El ajuste óptimo de las variables evaluadas, fue determinado a partir del recíproco de la raíz del error medio (RMSE).

$$f(x) = \left[\sum_{i=1}^q w_i \right] \left[\sum_{i=1}^q \frac{1}{w_i} \left[\frac{\frac{\sum_{j=1}^m O_{ij}}{m}}{\left[\frac{\sum_{j=1}^m (P_{ij} - O_{ij})^2}{m} \right]^{\frac{1}{2}}} \right] \right]$$

Donde O_{ij} = valor observado, P_{ij} = valor modelado, m = número de pares modelados y observados, w_i = factor de peso y q = número de variables de estado simuladas.

QUAL2KW en su versión 5, permite realizar la auto-calibración de las variables a modelar a partir del *WorkSheet "Rates"*, en ella se debe definir el algoritmo de auto-calibración a partir de la definición de datos típicos para cada tipo de agua superficial "lentic/a lotica". Para la calibración del modelo, se utilizaron datos típicos proporcionados por la Guía de Implementación del *Qual2kw*, los cuales se presentan a continuación:

Tabla N° 145. Algoritmo genético de auto-calibración.

<i>Auto-calibration genetic algorithm control:</i>		
Random number seed	123456	seed
Model runs in a population (<=512)	40	np
Generations in the evolution	10	ngen
Digits to encode genotype (<=6)	5	nd
Crossover mode (1, 2, 3, 4, 5, 6, or 7)	3	icross
Crossover probability (0-1):	0,85	pcross
Mutation mode (1, 2, 3, 4, 5, or 6)	2	imut
Initial mutation rate (0-1):	0,005	pmut
Minimum mutation rate (0-1):	0,0005	pmutmn
Maximum mutation rate (0-1):	0,25	pmutmx
Relative fitness differential (0-1):	1	fdif
Reproduction plan (1, 2, or 3):	1	irep
Elitism (0 or 1):	1	ielite
Restart from previous evolution (0 or 1):	0	irestart

Fuente: Construyeambiente & Corpocesar, 2019.

La cantidad de iteraciones para la determinación del mejor algoritmo genético se obtuvo dependiendo del número de cortes transversales (segmentos), un alto número de

segmentos puede considerar un mayor número de iteraciones. En el presente caso se implementó un total de cuarenta (40) iteraciones.

La calibración del modelo se ejecuta dependiendo de los datos de entrada de los parámetros fisicoquímicos, microbiológicos, hidráulicos y de las condiciones establecidas en el algoritmo genético de auto-calibración. Los datos de entrada de la auto-calibración se ingresan en la *Worksheet "Rates"*, cuyo postprocesamiento se ejecuta en el botón "*Run Auto-cal*". El producto del proceso antes mencionado, es el valor del "*Fitness*" que representa la aptitud y precisión del modelo, donde valores cercanos a uno (1) describen mayor precisión en la representatividad de los datos de salida obtenidos. Cabe agregar que "*Fitness*" es una hoja de cálculo elaborada y utilizada como control de ajuste, es decir, es considerada como un factor de calibración.

Tabla N° 146. Auto-calibración del modelo.

Fitness:
0,65

Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019.

Seguidamente se muestra el resumen de los datos de aptitud del cuerpo de agua objeto de modelación del presente estudio:

Tabla N° 147. Resumen de aptitudes "Fitness" del río Chiriaimo.

FUENTE	AH	ZH	SZH	MICROCUENCA	FITNESS
Río Chiriaimo	Magdalena-Cauca	Cesar	Medio Cesar	Rio Chiriaimo	0,65

Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019.

La calibración se ejecutó bajo las condiciones hidráulicas, fisicoquímicas y microbiológicas más críticas considerando los caudales más bajos que fueron determinados en la fase de campo.

3.2.2.1 Calibración hidráulica.

En la Tabla N° 148 Se presentan los resultados de la calibración hidráulica de los tramos de simulación definidos. La calibración fue realizada mediante la implementación del algoritmo genético PIKAIA (Pelletier et al, 2006) cuyo código está incluido en el *QUAL2Kw*.

Tabla N° 148. Calibración hidráulica.

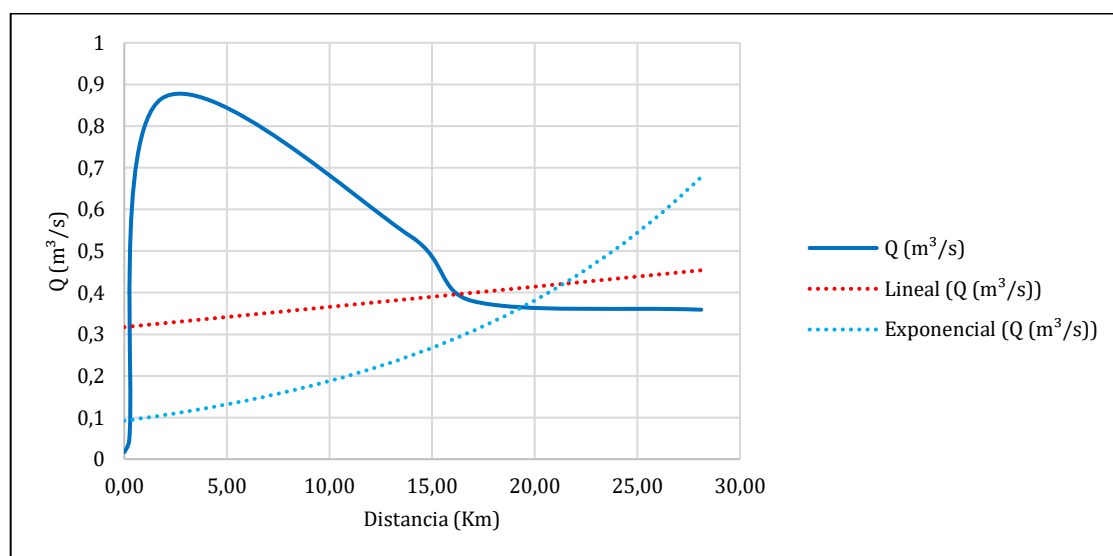
ID	LONGITUD (Km)	Q (m³/s) – ép. seca	Q (m³/s) – ép. lluviosa	Q (m³/s) – Promedio
Puente el Tambo	28,11	0,359	0,23	0,295
Cancha la Tricolor	16,95	0,38	0,368	0,374

ID	LONGITUD (Km)	Q (m ³ /s) – ép. seca	Q (m ³ /s) – ép. lluviosa	Q (m ³ /s) – Promedio
Puente la Vega	10,97	0,535	0,416	0,476
Finca la Parrilla	1,46	0,865	0,409	0,637
La Estancia	0,21	0,044	0,023	0,034
Inicio de muro de Contención	0,00	0,017	0,033	0,025

Fuente: Construaambiente & Corpocesar, 2019.

En la Grafica N° 35 se muestran las curvas de caudales simulados y de campo asociados a la campaña de monitoreo realizada en el río Chiriaoimo, las líneas punteadas roja y azul representan la tendencia lineal y exponencial respectivamente:

Grafica N° 35. Calibración hidráulica



Fuente: Construaambiente & Corpocesar, 2019.

3.2.2.2 Calibración de los parámetros de calidad de agua.

Las constantes cinéticas de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos considerados en la calibración del modelo de calidad *QUAL2Kw*, se presentan en la siguiente tabla:

Tabla N° 149. Calibración de los parámetros de calidad de agua.

Parameter	Value	Units	Symbo l	Auto-calibration inputs		
				Auto- cal	Min value	Max value
Stoichiometry:						
Carbon	40	gC	gC	No	30	50
Nitrogen	7,2	gN	gN	No	3	9
Phosphorus	1	gP	gP	No	0,4	2
Dry weight	100	gD	gD	No	100	100
Chlorophyll	1	gA	gA	No	0,4	2
Inorganic suspended solids:						
Settling velocity	1,1975	m/d	v_i	Yes	0	2
Oxygen:						
Reaeration model	Internal			f (u h)		
Temp correction	1,024		q_a			
Reaeration wind effect	None					
O2 for carbon oxidation	2,69	gO2/gC	r_{oc}			
O2 for NH4 nitrification	4,57	gO2/gN	r_{on}			
Oxygen inhib model CBOD oxidation	Exponential					
Oxygen inhib parameter CBOD oxidation	0,60	L/mgO2	K_{socf}	No	0,60	0,60
Oxygen inhib model nitrification	Exponential					
Oxygen inhib parameter nitrification	0,60	L/mgO2	K_{sona}	No	0,60	0,60
Oxygen enhance model denitrification	Exponential					
Oxygen enhance parameter denitrification	0,60	L/mgO2	K_{sodn}	No	0,60	0,60
Oxygen inhib model phyto resp	Exponential					
Oxygen inhib parameter phyto resp	0,60	L/mgO2	K_{sop}	No	0,60	0,60
Oxygen enhance model bot alg resp	Exponential					
Oxygen enhance parameter bot alg resp	0,60	L/mgO2	K_{sob}	No	0,60	0,60
Slow CBOD:						
Hydrolysis rate	2,11385	/d	k_{hc}	Yes	0	5
Temp correction	1,047		q_{hc}	No	1	1,07
Oxidation rate	0,40943	/d	k_{dcs}	Yes	0	0,5
Temp correction	1,047		q_{dcs}	No	1	1,07
Fast CBOD:						
Oxidation rate	3,17295	/d	k_{dc}	Yes	0	5
Temp correction	1,047		q_{dc}	No	1	1,07
Organic N:						

FORMULACIÓN DEL PLAN DE ORDENAMIENTO DEL RECURSO HIDRICO DEL RIO CHIRIAIMO EN LOS MUNICIPIOS DE LA PAZ Y SAN DIEGO, DEPARTAMENTO DEL CESAR

Parameter	Value	Units	Symbol	Auto-calibration inputs		
				Auto-cal	Min value	Max value
Stoichiometry:						
Hydrolysis	4,2493	/d	k_{hn}	Yes	0	5
Temp correction	1,07		q_{hn}	No	1	1,07
Settling velocity	0,0343	m/d	v_{on}	Yes	0	2
Ammonium: Nitrification	3,5332	/d	k_{na}	Yes	0	10
Temp correction	1,07		q_{na}	No	1	1,07
Nitrate:						
Denitrification	0,8358	/d	k_{dn}	Yes	0	2
Temp correction	1,07		q_{dn}	No	1	1,07
Sed denitrification transfer coeff	0,00555	m/d	v_{di}	Yes	0	1
Temp correction	1,07		q_{di}	No	1	1,07
Organic P:						
Hydrolysis	0,88525	/d	k_{hp}	Yes	0	5
Temp correction	1,07		q_{hp}	No	1	1,07
Settling velocity	0,40228	m/d	v_{op}	Yes	0	2
Inorganic P:						
Settling velocity	0,11284	m/d	v_{ip}	Yes	0	2
Sed P oxygen attenuation half sat constant	0,31894	mgO ₂ /L	k_{spi}	Yes	0	2
Phytoplankton:						
Max Growth rate	2,5	/d	k_{gp}	No	1,5	3
Temp correction	1,07		q_{gp}	No	1	1,07
Respiration rate	0,1	/d	k_{rp}	No	0	1
Temp correction	1,07		q_{rp}	No	1	1,07
Death rate	0	/d	k_{dp}	No	0	1
Temp correction	1		q_{dp}	No	1	1,07
Nitrogen half sat constant	15	ugN/L	k_{sPp}	No	0	150
Phosphorus half sat constant	2	ugP/L	k_{sNp}	No	0	50
Inorganic carbon half sat constant	1,30E-05	moles/L	k_{sCp}	No	1,30E-06	1,30E-04
Phytoplankton use HCO ₃ ⁻ as substrate	Yes					
Light model	Half saturation					
Light constant	57,6	langleys/d	K_{Lp}	No	28,8	115,2
Ammonia preference	25	ugN/L	k_{hnxp}	No	25	25
Settling velocity	0,15	m/d	v_a	No	0	5
Bottom Plants:						
Growth model	Zero-order					
Max Growth rate	38,905	gD/m ² /d or /d	C_{gb}	Yes	0	100
Temp correction	1,07		q_{gb}	No	1	1,07
First-order model carrying capacity	100	gD/m ²	$a_{b,max}$	No	50	200
Basal respiration rate	0,48434	/d	k_{r1b}	No	0	0,3
Photo-respiration rate parameter	0	unitless	k_{r2b}	No	0	0,6

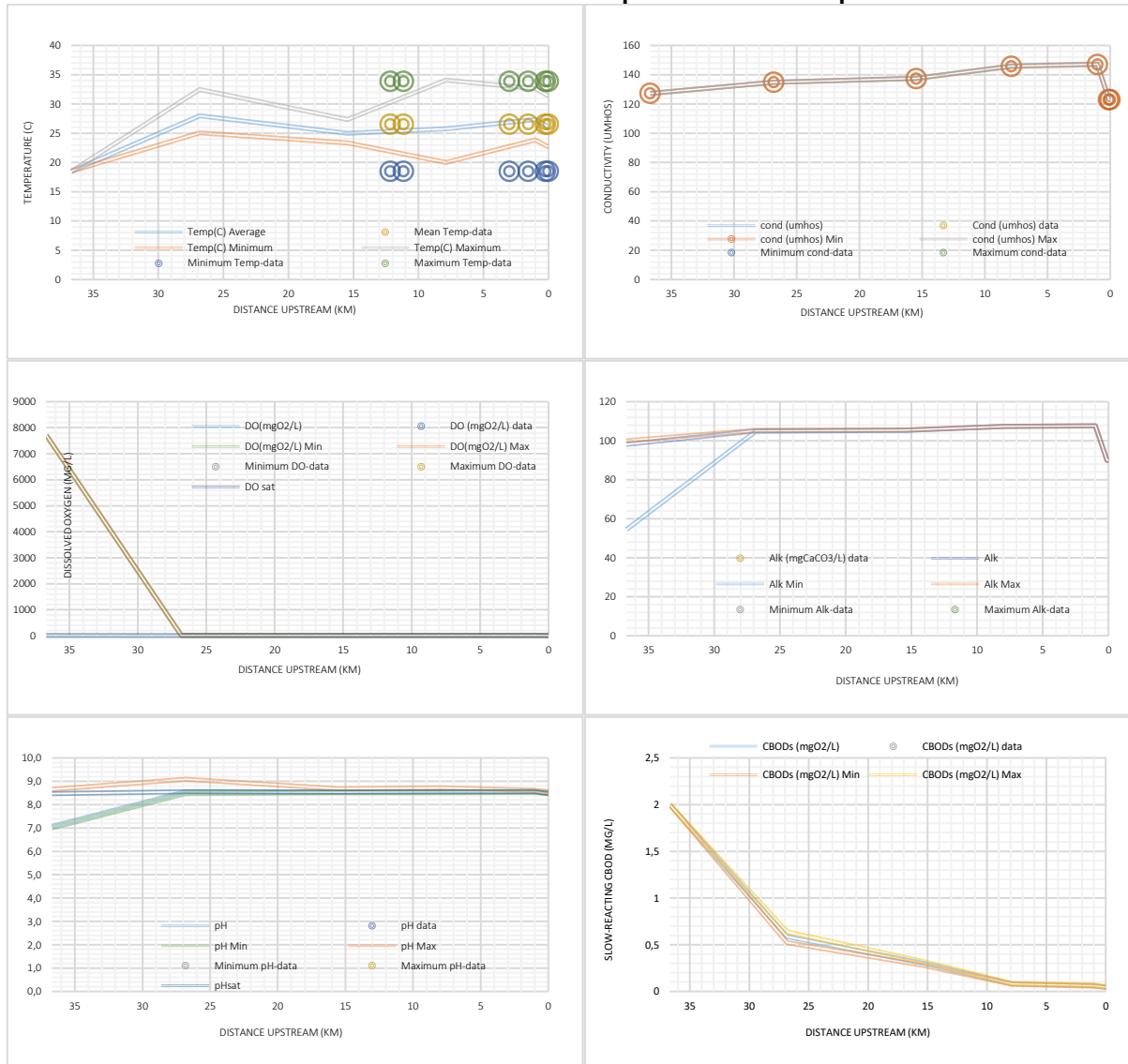
Parameter	Value	Units	Symbol	Auto-calibration inputs		
				Auto-cal	Min value	Max value
Stoichiometry:						
Temp correction	1,07		q_{rb}	No	1	1,07
Excretion rate	0,157725	/d	k_{eb}	Yes	0	0,5
Temp correction	1,07		q_{db}	No	1	1,07
Death rate	0,13997	/d	k_{db}	Yes	0	0,5
Temp correction	1,07		q_{db}	No	1	1,07
External nitrogen half sat constant	174,603	ugN/L	k_{sPb}	Yes	0	300
External phosphorus half sat constant	2,604	ugP/L	k_{sNb}	Yes	0	100
Inorganic carbon half sat constant	3,01E-05	moles/L	k_{sCb}	Yes	1,30E-06	1,30E-04
Bottom algae use HCO3- as substrate	Yes					
Light model	Half saturation					
Light constant	4,70953	langleys/d	K_{Lb}	Yes	1	100
Ammonia preference	99,39016	ugN/L	k_{hnxb}	Yes	1	100
Subsistence quota for nitrogen	2,19531456	mgN/gD	q_{0N}	Yes	0,072	72
Subsistence quota for phosphorus	8,6552461	mgP/gD	q_{0P}	Yes	0,01	10
Maximum uptake rate for nitrogen	1297,554	mgN/gD/d	r_{mN}	Yes	350	1500
Maximum uptake rate for phosphorus	143,5775	mgP/gD/d	r_{mP}	Yes	50	200
Internal nitrogen half sat ratio	2,5931465		$K_{qN, ratio}$	Yes	1,05	5
Internal phosphorus half sat ratio	4,2565705		$K_{qP, ratio}$	Yes	1,05	5
Nitrogen uptake water column fraction	1		$N_{UpWCfrac}$	No	0	1
Phosphorus uptake water column fraction	1		$P_{UpWCfrac}$	No	0	1
Detritus (POM):						
Dissolution rate	3,49455	/d	k_{dt}	Yes	0	5
Temp correction	1,07		q_{dt}	No	1,07	1,07
Settling velocity	0,08895	m/d	v_{dt}	Yes	0	5
Pathogens:						
Decay rate	0,8	/d	k_{dx}	No	0,8	0,8
Temp correction	1,07		q_{dx}	No	1,07	1,07
Settling velocity	1	m/d	v_x	No	1	1
alpha constant for light mortality	1	/d per ly/hr	$apath$	No	1	1
pH:						
Partial pressure of carbon dioxide	347	ppm	p_{CO2}			

Fuente: Construyeambiente & Corpocesar, 2019.

La calibración de calidad de agua se realizó bajo las condiciones más críticas de caudal (caudal más bajo) y de las condiciones fisicoquímicas y microbiológicas. El número de iteraciones para las calibraciones fue ajustado de tal forma que sea la adecuada para el largo total del cauce del cuerpo de agua superficial.

En la Grafica N° 36 se presentan los resultados de la calibración fisicoquímica para condiciones críticas del río Chiriaimo, haciendo especial énfasis en parámetros tales como la temperatura, conductividad, oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno y alcalinidad.

Grafica N° 36. Resultado de la calibración de los parámetros fisicoquímicos.



Fuente: Construyeambiente & Corpocesar, 2019.

Los resultados de la calibración de la calidad del agua, presentan un comportamiento fisicoquímico y microbiológico normal para este tipo de cuerpo de agua superficial. Los valores de la temperatura resultantes de la calibración permanecieron entre 20°C y 30°C, los cuales se encuentran dentro de un rango normalizado para ríos con naturaleza similar al del presente estudio.

Los valores de la conductividad obtenidos a lo largo del río permanecen en valores que van entre 120 umhos y 160 umhos, lo que puede significar que no presenta contaminación por parte de minerales ya que se encuentran por debajo de los 270 umhos (criterio máximo de contaminación para calidad de agua), cabe resaltar que existen incrementos de la conductividad entre el kilómetro 10 y 5, que posteriormente decaen y presentan su valor mínimo en el kilómetro 0 (aguas abajo).

Tanto la alcalinidad como el pH se encuentran fuertemente vinculados con la conductividad; normalmente valores elevados de conductividad representan aguas alcalinas, sin embargo, para el presente caso en ambos escenarios se presenta normalidad en su comportamiento. Los valores del pH permanecen en rangos admitidos según criterios nacionales para los diferentes usos del agua.

Por su parte, los valores de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO), a pesar de encontrarse muy por debajo de los límites máximos permisibles a nivel nacional, disminuyen de forma rápida entre el kilómetro 30 y 35, mientras que entre los kilómetros 35 y 8 disminuyen las concentraciones de manera desacelerada y se mantienen constantes entre el kilómetro 8 y 0.

Teniendo en cuenta que el oxígeno disuelto, es un parámetro que se encuentra correlacionado con la temperatura del agua debido a los procesos de evaporación de la misma (ciclo del agua del recurso hídrico), los valores de oxígeno disuelto decaen considerablemente a lo largo del río, lo cual podría deberse a los leves aumentos de temperatura que se presentan a partir del kilómetro 20 del río.

Para la determinación de las variables que requiere el modelo, se utilizaron los parámetros medidos en campo, las variables analizadas en el laboratorio y las mediciones de datos indirectos para el cuerpo de agua. En Tabla N° 150 se presenta la relación de los parámetros analizados.

3.2.3 Información de la calidad del agua.

Para la determinación de las variables que requiere el modelo, se utilizaron los parámetros medidos en campo, las variables analizadas en el laboratorio y las mediciones de datos indirectos para el cuerpo de agua. En la Tabla N° 150; **Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se presenta la relación de los parámetros analizados:

Tabla N° 150. Parámetros analizados para fuentes naturales e información de vertimientos tomada de bases de datos corporativas.

Parámetro	Fuentes Naturales		Vertimientos	
	¿Requerido para modelación?	¿Se realizó este análisis?	¿Requerido para modelación?	¿Se realizó este análisis?
PH	Si	Si	No	Para ningún escenario
Conductividad eléctrica	Si	Si	No	Para ningún escenario
Oxígeno disuelto	Si	Si	No	Para ningún escenario

Parámetro	Fuentes Naturales		Vertimientos	
	¿Requerido para modelación?	¿Se realizó este análisis?	¿Requerido para modelación?	¿Se realizó este análisis?
Temperatura del agua	Si	Si	No	Para ningún escenario
Alcalinidad	Si	Si	No	Para ningún escenario
BDO5 Total	Si	Si	No	Para ningún escenario
BBO5 Filtrada	Si	No	No	Para ningún escenario
DQO Total	Si	Si	No	Para ningún escenario
DBO última	Si	Calculada	No	Para ningún escenario
Sólidos suspendidos totales	Si	Si	No	Para ningún escenario
Sólidos suspendidos volátiles	Si	No	No	Para ningún escenario
Nitrógeno total	Si	No	No	Para ningún escenario

Fuente: Construyeambiente & Corpocesar, 2019.

Como puede apreciarse en la tabla anterior, ningún vertimiento cuenta con caracterización, por lo cual se consideraron fuentes difusas y puntuales de vertimientos para el presente modelo utilizando datos indicativos.

QUAL2Kw simula la demanda bioquímica de oxígeno en términos de DBO última (DBOu), por lo cual fue necesario convertir la DBO5 filtrada inhibida en nitrógeno reportada por el laboratorio. Para realizar la conversión de DBO5 a DBOu (ambas de tipo carbonáceo) se utilizó la siguiente expresión:

$$DBOu_{inhibidaNfiltrada} = \frac{DBO5_{InhibidaNfiltrada}}{1 - e^{-5k}}$$

Donde k (1/d) es la tasa de degradación de la materia orgánica, la cual oscila entre 0.05 – 0.3 1/d según la composición química de las aguas residuales vertidas en la corriente (Chapra, 1997).

Los valores de DBO Lenta calculados para cada punto de monitoreo de calidad de agua relacionado con el río Chiriaimo, se presentan a continuación:

Tabla N° 151. Valores DBO Lenta para época actual - Línea base

ESTACIÓN	DBO5 (mg/L O2)	DQO (mg/L)	k	DBu	DBL
E-1	2,00	20	0,22	3,00	17,00
E-2	2,00	20	0,22	3,00	17,00
E-3	2,00	20	0,22	3,00	17,00
E-4	2,00	20	0,22	3,00	17,00
E-5	2,00	20	0,22	3,00	17,00
E-6	2,00	20	0,22	3,00	17,00

Fuente: Construyeambiente & Corpocesar, 2019.

Es importante aclarar que el valor de la constante K fue asumido mediante revisión de literatura, bajo el rango normal para ríos con características similares a las del presente estudio.

3.2.3.1 Definición de escenarios de la modelación.

Dentro de las definiciones de que se encuentran establecidas en la Guía Técnica para la Formulación de PORH, en su versión 2014, se clasifican los escenarios para la modelación así:

Tabla N° 152. Valores típicos utilizados para la modelación de las cargas máximas.

Escenario	Cuerpo de agua receptor (principal)		Tributarios		Cargas puntuales o difusas (Vertimientos)	
	Caudal	Calidad del agua cabecera	Caudal	Calidad del Agua	Caudal	Calidad del Agua
Línea Base	Caudales característicos de Condiciones Mínimas	Condiciones medidas para el escenario base con caudal bajo	Caudales característicos de Condiciones Mínimas	Condiciones medidas para el escenario base con caudal bajo	Condiciones actuales	
Carga Máxima Permisible				Condiciones de escenario(s) crítico(s) definidos	Proceso iterativo de verificación para determinar las cargas máximas permisibles para cada vertimiento puntual	
Corto Plazo				Escenario base (caudal bajo) o con medidas o acciones planificadas	Máximo proyectado al corto plazo	Concentraciones máximas proyectadas al corto plazo
Mediano Plazo				Con medidas o acciones planificadas a los escenarios	Máximo proyectado al mediano plazo	Concentraciones máximas proyectadas al mediano plazo
Largo Plazo					Máximo proyectado al largo plazo	Concentraciones máximas proyectadas al largo plazo

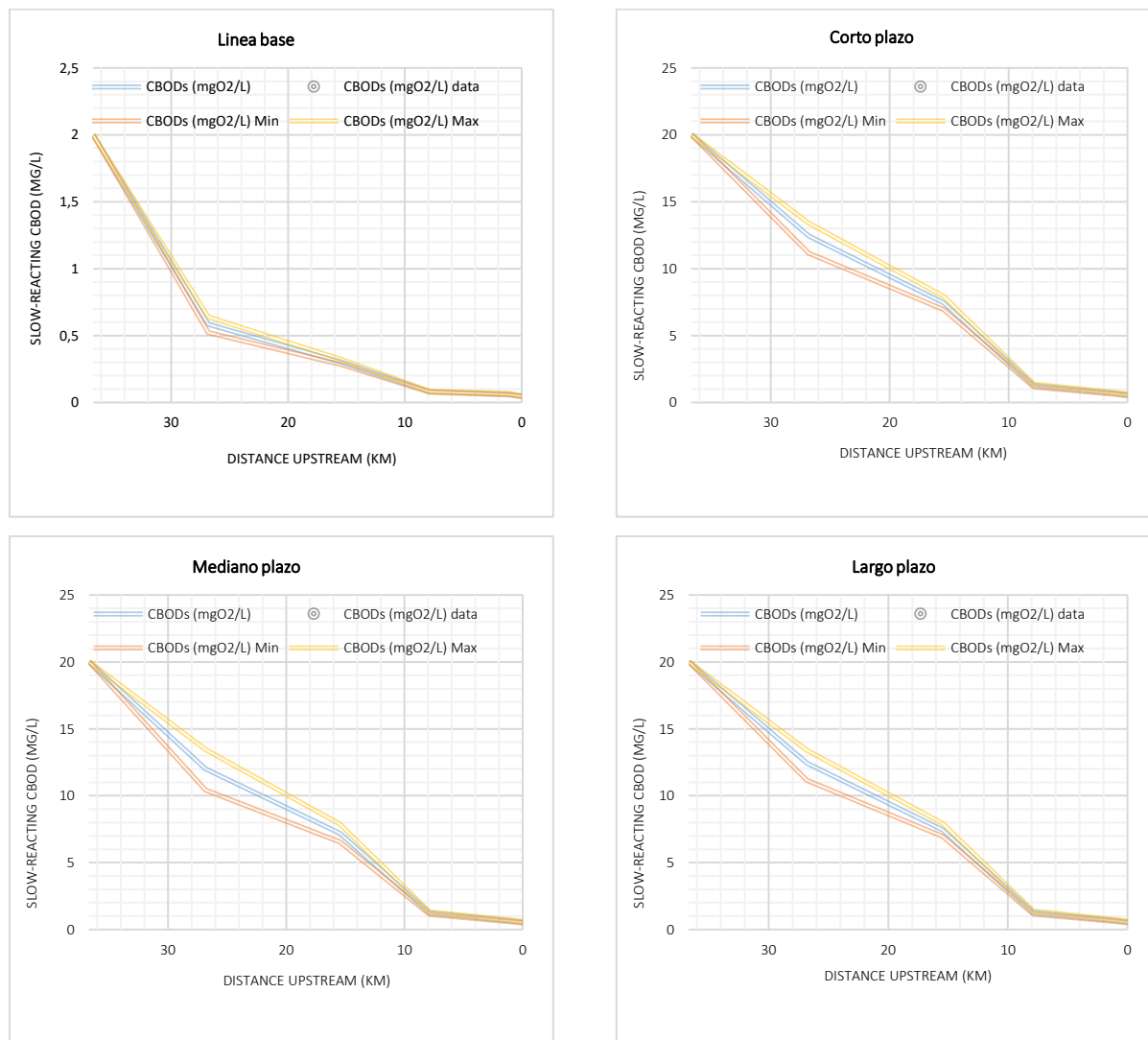
Fuente: (Minambiente, 2014).

Dadas las dificultades mencionadas con relación a la baja disponibilidad de información y lo que esto implica, cada escenario fue simulado bajo una única condición. Al no tener información representativa de los vertimientos, se utilizaron valores típicos provenientes de la normatividad debido a la necesidad de evaluar las variaciones en la calidad de estas fuentes que a su vez modifican la calidad del cuerpo de agua receptor.

3.2.3.2 Resultados de la modelación por escenarios.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos para los diferentes parámetros considerados en el modelo simulado para el río Chiriaimo para escenarios de línea base, corto plazo, mediano plazo y largo plazo.

Grafica N° 37. Comportamiento de la DBO lenta para los 4 escenarios de modelación.



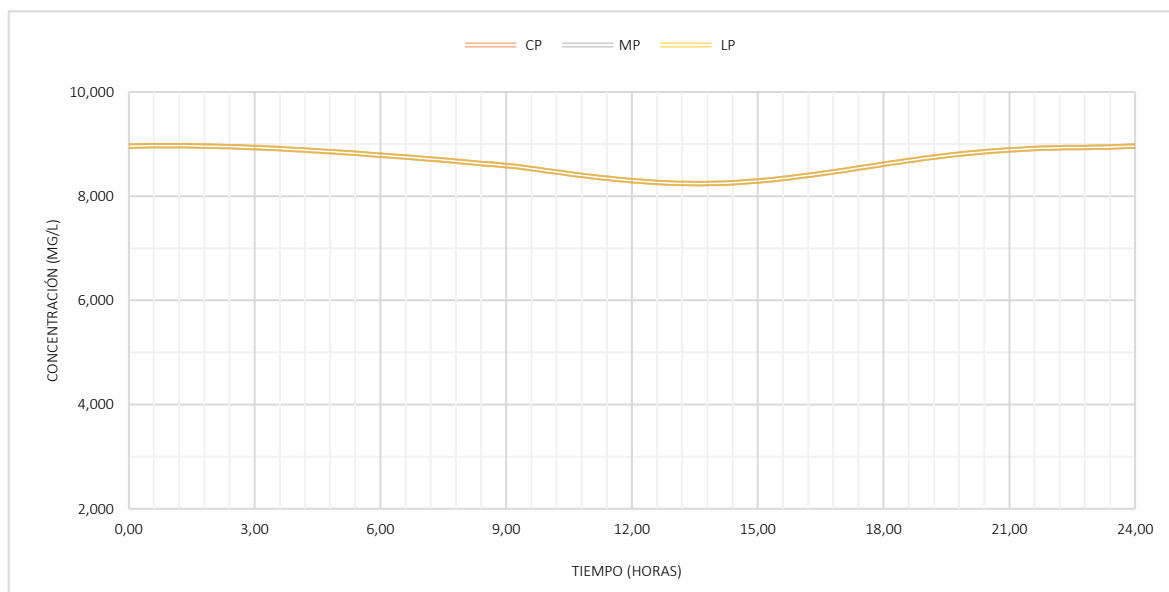
Fuente: Construyeambiente & Corpocesar, 2019.

En la anterior gráfica se observa el comportamiento de la Demanda Bioquímica de Oxígeno -DBO lenta a lo largo de los tramos de monitoreo que se consideraron en la modelación del río Chiriaimo, donde contemplaron cuatro (4) escenarios de modelación para línea base, corto plazo, mediano plazo y largo plazo (una categoría menos en los objetivos de calidad del agua).

La tendencia de la DBO lenta para los cuatro (4) escenarios es de carácter descendente, lo cual se puede notar a partir del flujo aguas arriba. La actividad antrópica y los valores DBO son directamente proporcionales, es decir, que existe la posibilidad de que el río no haya sido intervenido en gran magnitud por el hombre, en especial en temas de vertimientos de aguas residuales.

Los resultados obtenidos para los 4 escenarios indican que, si la tendencia cambia y comienzan a aumentar los valores de DBO lenta, se debe a que se realizan actividades anexas que no se contemplaron en los objetivos de calidad a modelar actualmente.

Grafica N° 38. Concentración de la DBO lenta con respecto al tiempo

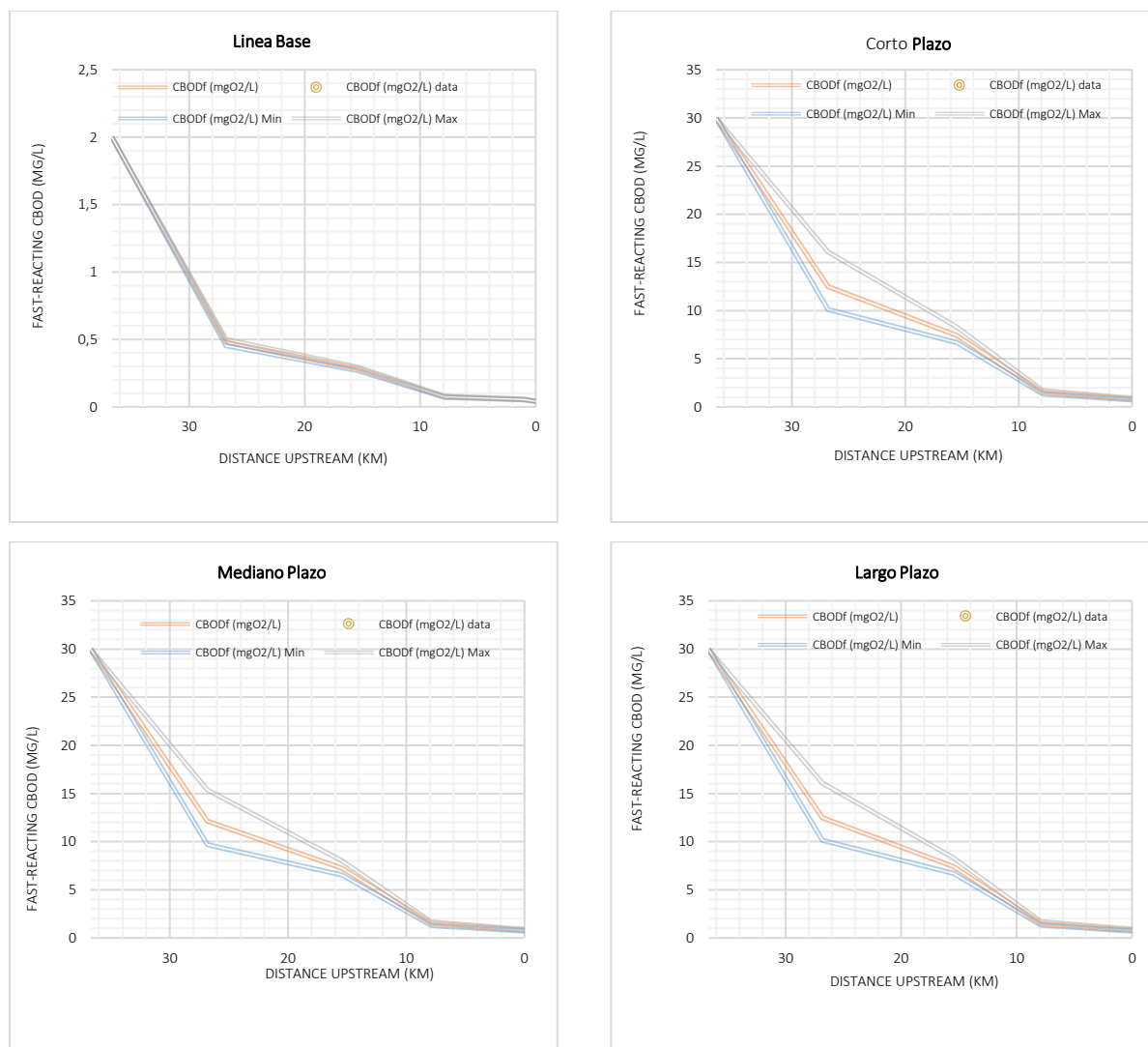


Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019.

En la anterior gráfica se observa el comportamiento de la Demanda Bioquímica de Oxígeno -DBO Lenta con respecto al tiempo a lo largo de los tramos de monitoreo que se consideraron en la modelación del río Chiriamo, se contemplaron 3 escenarios de modelación para corto plazo, mediano plazo y largo plazo (una categoría menos en los objetivos de calidad del agua).

La tendencia de la DBO lenta para los tres (3) escenarios de modelación se mantiene, no hubo gran variación de valores de dicho parámetro con respecto a las 24 horas que se tuvieron en cuenta en el modelo. Los resultados obtenidos indican que las pequeñas variaciones que se generan en la DBO Lenta están relacionadas con la temperatura, a las 12:00 horas disminuyó, mientras que al atardecer a partir de las 18:00 horas comenzó a tener un aumento leve.

Grafica N° 39. Comportamiento de la DBO rápida para los 4 escenarios de modelación.

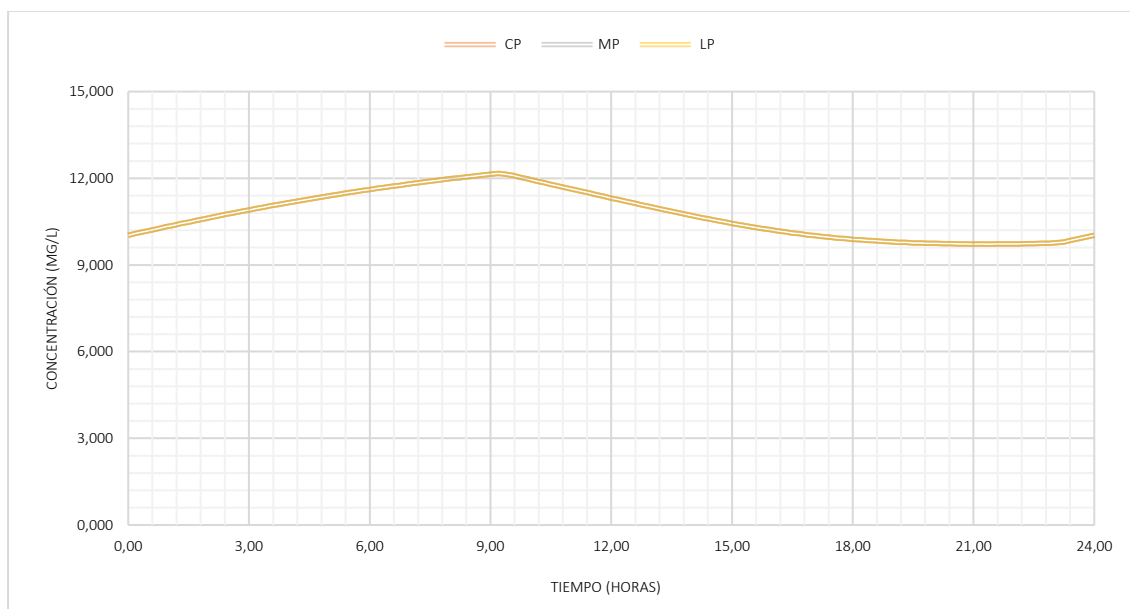


Fuente: Construyeambiente & Corpocesar, 2019.

En la anterior gráfica se observa el comportamiento de la Demanda Bioquímica de Oxígeno -DBO rápida a través de todos de los tramos de monitoreo que se consideraron en la modelación del río Chiriaoimo, se contemplaron 4 escenarios de modelación para línea base, corto plazo, mediano plazo y largo plazo (una categoría menos en los objetivos de calidad del agua).

La tendencia de la DBO rápida para los 4 escenarios es de carácter descendente, lo cual se puede notar a partir del a partir del flujo aguas arriba (kilómetro 30). En la época actual, disminuye más apresuradamente y por ende llega más rápido a aguas abajo del río. Además, en el escenario a largo plazo se asimila dicho parámetro de manera más lenta.

Grafica N° 40. Concentración de la DBO rápida con respecto al tiempo.

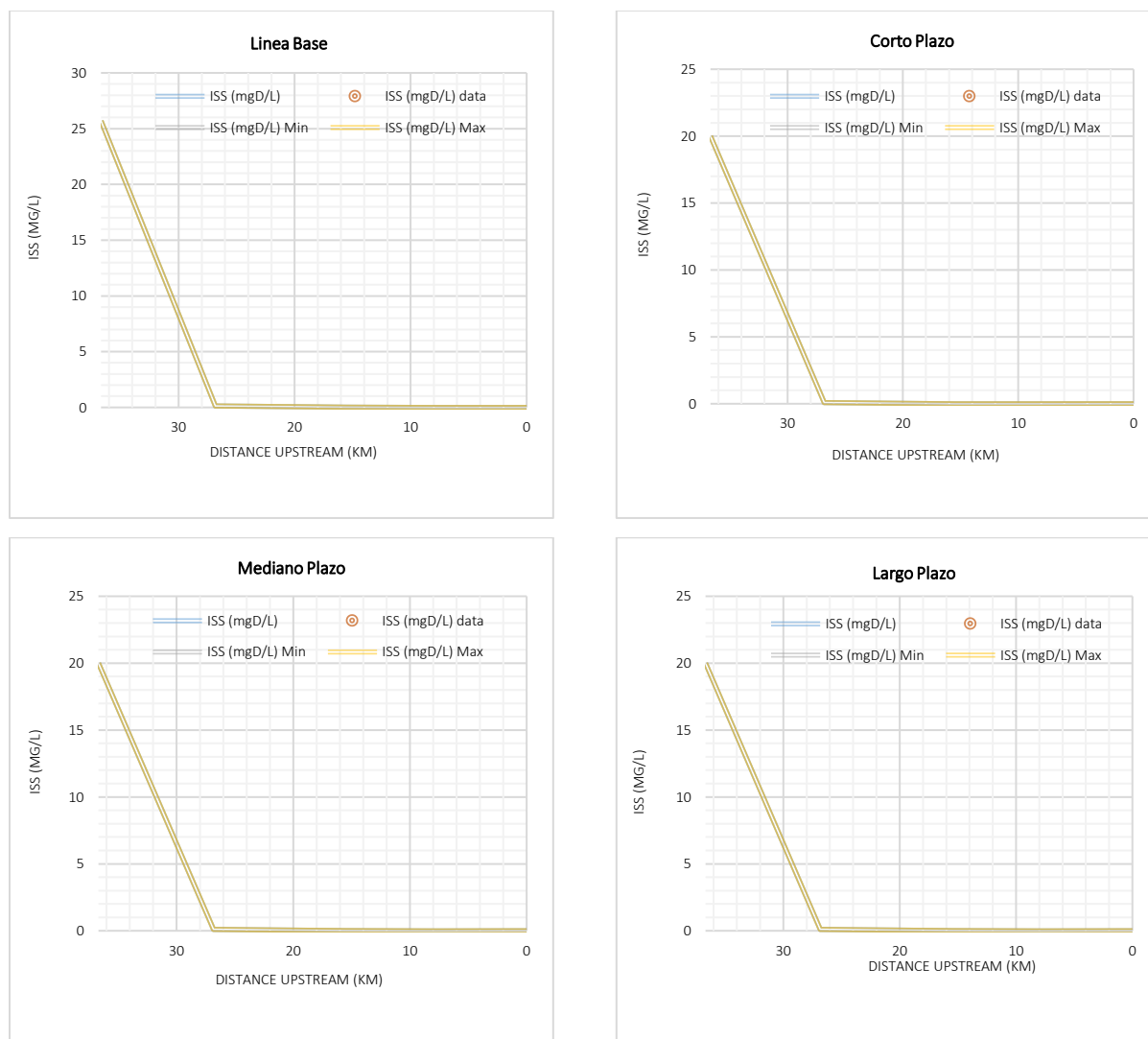


Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019.

En la anterior grafica se muestran los valores de la Demanda Biológica de Oxígeno -DBO rápida con respecto al tiempo, tomando como referencia tres escenarios de modelación a corto, medio y largo plazo.

De acuerdo a lo resultados obtenidos se puede concluir que la temperatura tiene incidencia directa con respecto a los valores de concentración de DBO rápida, a las 9:00 horas se presentó el pico máximo de concentración de los valores obtenidos en la modelación a lo largo del tramo del río Chiriaimo, una causa de esto puede deberse a que los procesos de degradación de materia orgánica se generan con mayor rapidez a medida que aumenta la temperatura. Luego de este pico los valores comenzaron a disminuir hasta llegar a sus condiciones iniciales.

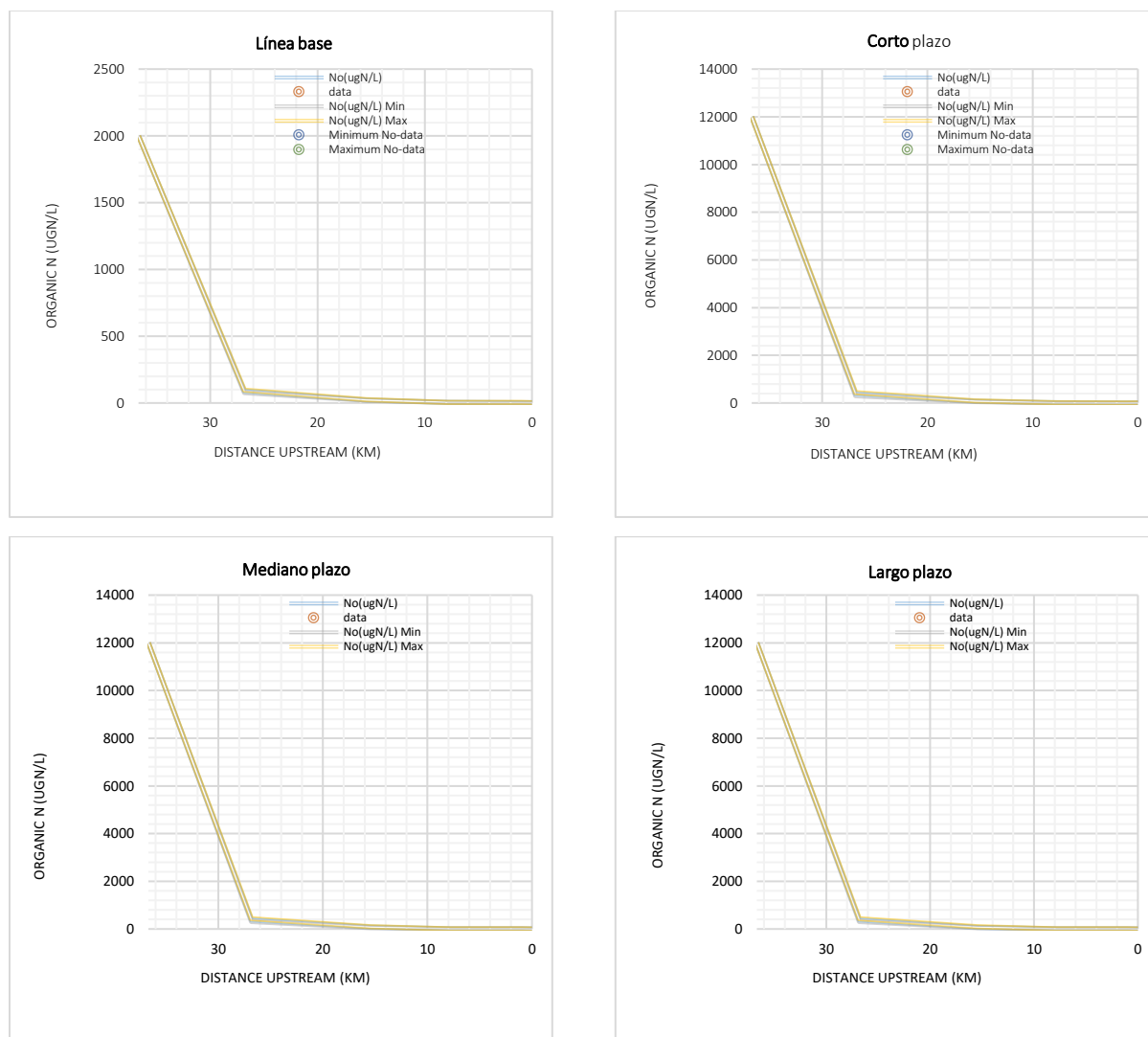
Grafica N° 41. Comportamiento de sólidos suspendidos para los 4 escenarios de modelación.



Fuente: Construyeambiente & Corpocesar, 2019.

En la anterior gráfica se presentan los valores para los sólidos suspendidos teniendo en cuenta cuatro (4) escenarios de modelación para línea base, corto plazo, mediano plazo y largo plazo. Con los resultados obtenidos, se observa que la concentración para los sólidos suspendidos tiende a disminuir en los cuatro (4) escenarios. Se hace énfasis a largo plazo, debido a que se presenta una ligera variación en la concentración entre los kilómetros 30 y 28, es de decir, por encima del tramo medio del río. Los resultados obtenidos en los monitoreos para periodo seco y lluvioso no mostraron mayor variación, por este motivo se mantuvieron las concentraciones similares para el corto y mediano y largo plazo, por esto motivo no resulta gráficamente representativo la comparación de los sólidos suspendidos versus el tiempo en horas.

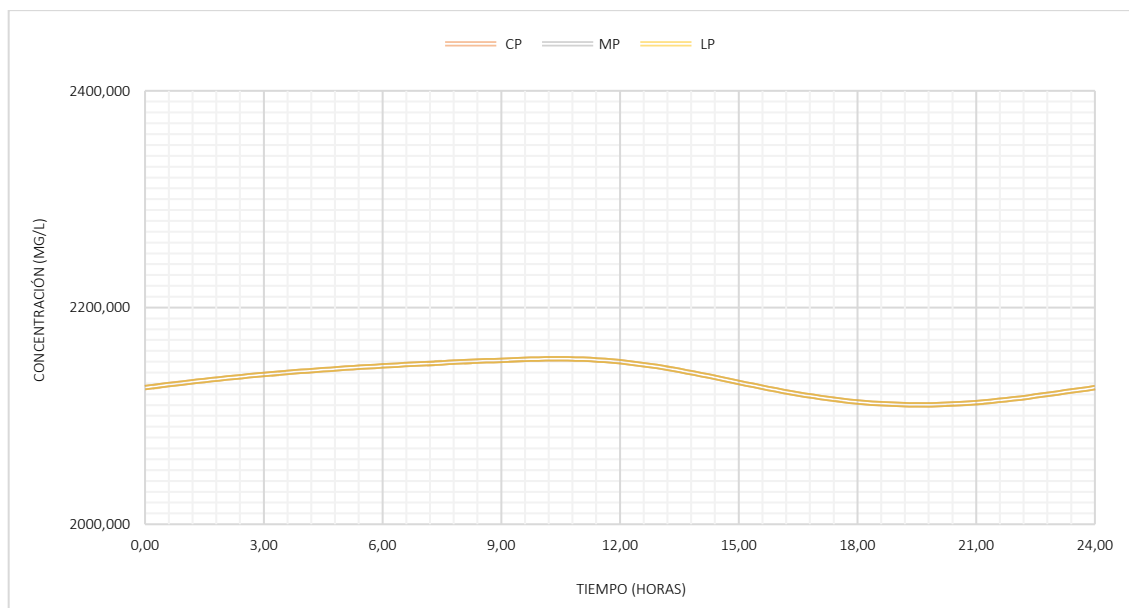
Grafica N° 42. Comportamiento del nitrógeno para los 4 escenarios de modelación.



Fuente: Construyeambiente & Corpocesar, 2019.

En la anterior gráfica se muestran los valores del Nitrógeno teniendo en cuenta cuatro (4) escenarios de modelación para línea base, corto plazo, mediano plazo y largo plazo. De acuerdo a los resultados obtenidos, se puede observar que el resultado en los cuatro casos fue el mismo, ya que la tendencia de las concentraciones de nitrógeno es a la disminución. A partir del kilómetro 28 aproximadamente en el tramo medio del río, las concentraciones de nitrógeno son muy cercanas a cero, por lo que se puede inferir que la actividad antrópica se genera aguas arriba de este.

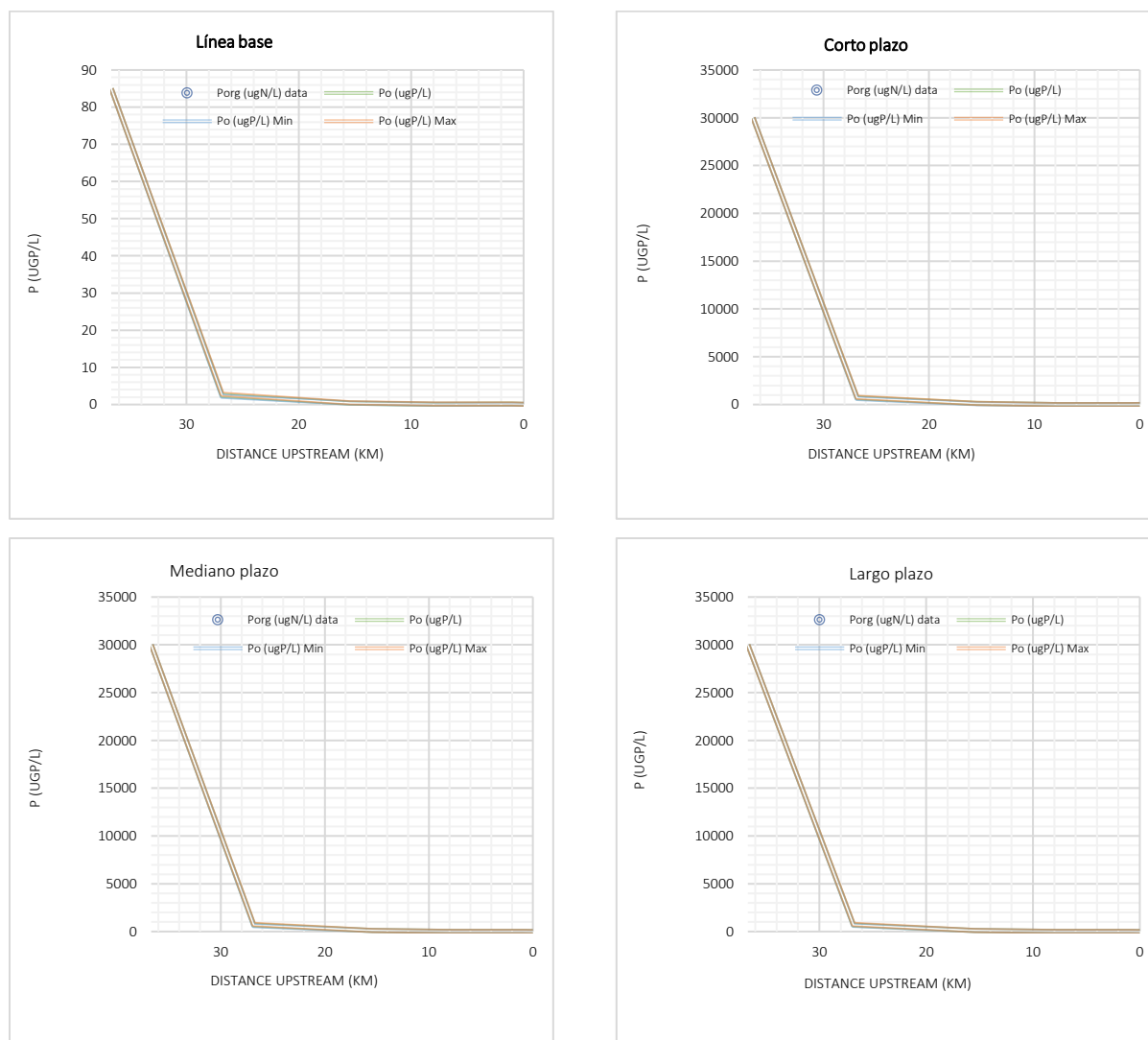
Grafica N° 43. Concentración del nitrógeno con respecto al tiempo



Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019.

En la gráfica anterior se observan los valores del nitrógeno con respecto al tiempo, contemplando tres (3) escenarios de modelación a corto, mediano y largo plazo. De los resultados obtenidos se distingue que la concentración del nitrógeno se mantiene en un rango de 2000 - 2200 mg/l y existen variaciones mínimas en periodos de tiempo donde se presentan altas temperaturas. A las 12:00 horas la concentración del nitrógeno aumentó, lo que pudo deberse a cualquier evento externo presentado en el río como una descarga durante ese lapso de tiempo.

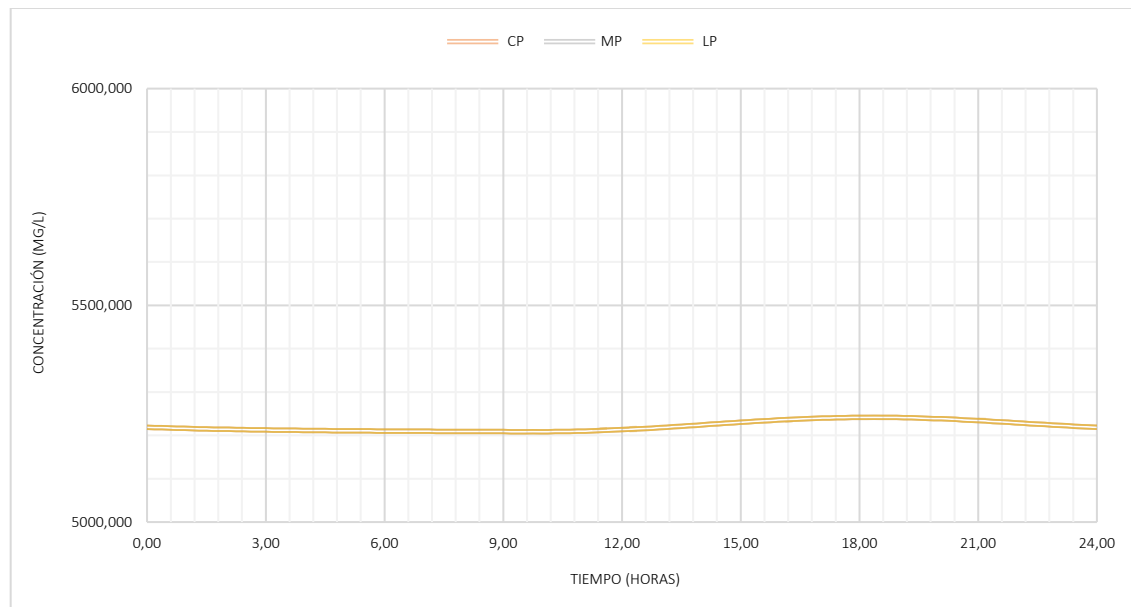
Grafica N° 44. Comportamiento del fósforo para los 4 escenarios de modelación.



Fuente: Construyeambiente & Corpocesar, 2019.

En la anterior gráfica se muestran los valores del fósforo teniendo en cuenta los cuatro escenarios de modelación para línea base, corto plazo, mediano plazo y largo plazo. De acuerdo a los resultados obtenidos, se puede observar que el resultado en los cuatro (4) casos fue el mismo, la tendencia de las concentraciones de fósforo es a la disminución. A partir del kilómetro 28 aproximadamente en el tramo medio del rio, las concentraciones de fósforo son muy cercanas a cero, por lo que se puede inferir que la actividad antrópica se genera aguas arriba de este.

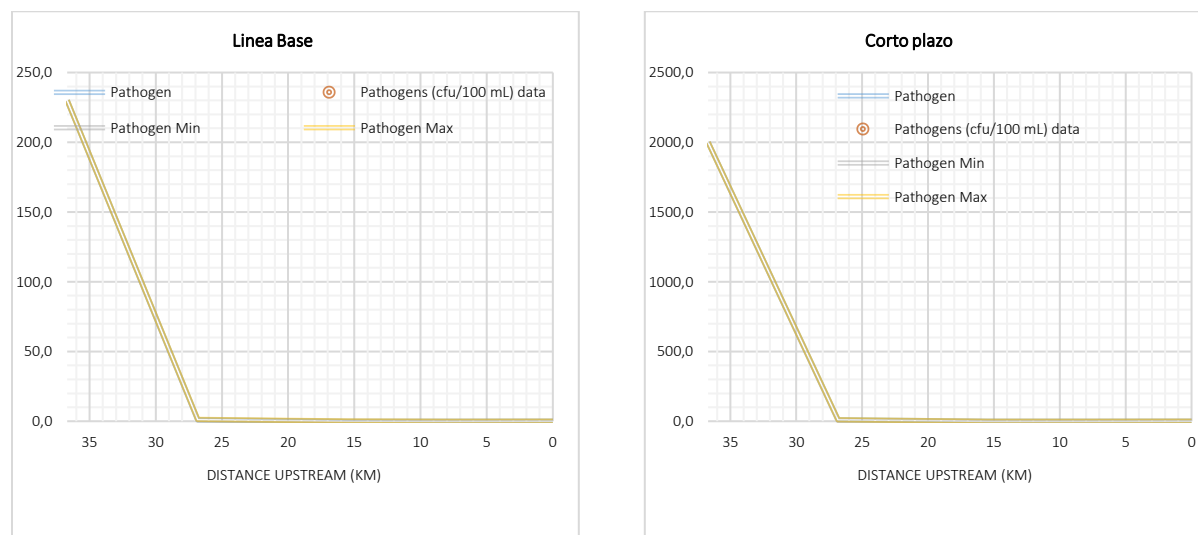
Grafica N° 45. Concentración del fósforo con respecto al tiempo

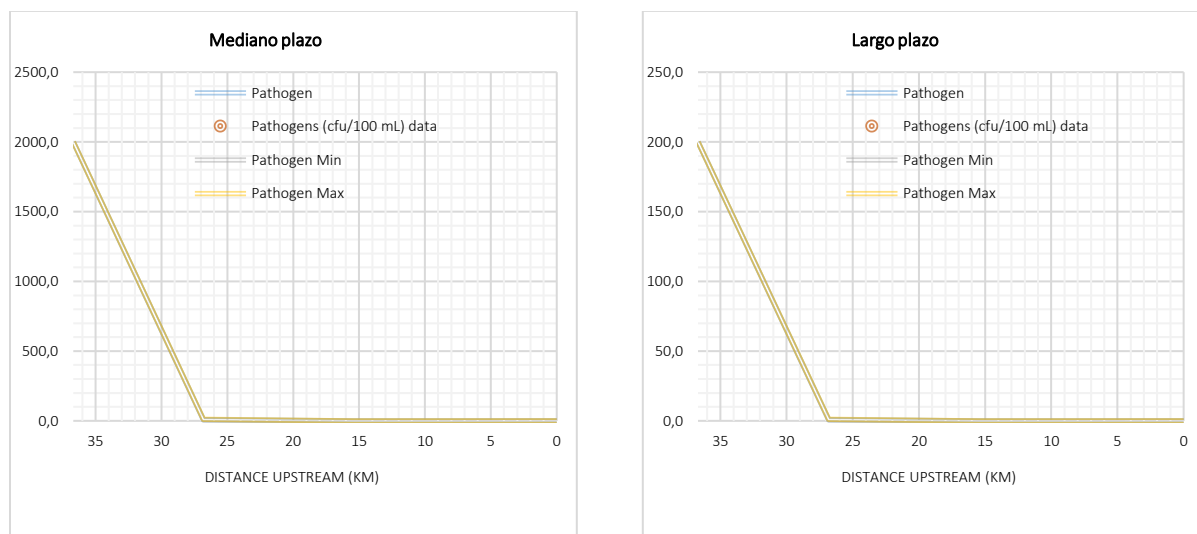


Fuente: Construyeambiente & Corpocesar, 2019.

En la gráfica anterior se observan los valores del fósforo con respecto al tiempo, contemplando tres (3) escenarios de modelación a corto, mediano y largo plazo. De los resultados obtenidos se observa que la concentración del fósforo se mantiene en un rango de 5000- 5500 mg/l y existen variaciones insignificantes.

Grafica N° 46. Comportamiento de patógenos para los 4 escenarios de modelación.



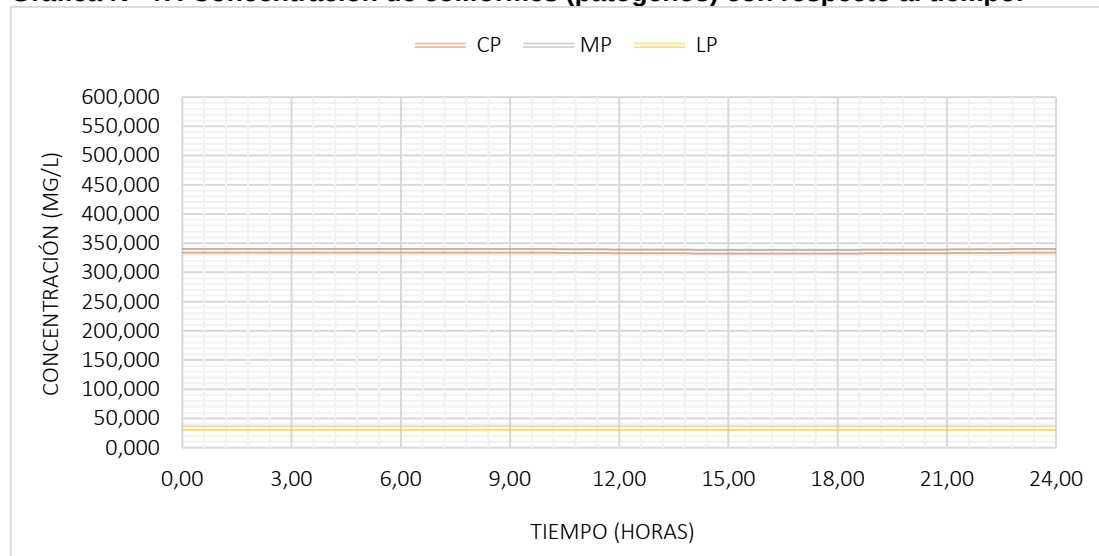


Fuente: Construyeambiente & Corpocesar, 2019.

En la gráfica anterior se observan los valores de coliformes (patógenos) teniendo en cuenta cuatro escenarios de modelación que son: línea base, corto plazo, mediano plazo, largo plazo, para todos los tramos del río Chiriaimo. De acuerdo a los resultados obtenidos, las concentraciones de los coliformes (patógenos) muestran una tendencia decreciente y son muy cercanos a cero a partir del kilómetro 28 aproximadamente en el tramo medio del río.

Es posible que estos hayan disminuido debido a la capacidad de autorregulación del río o los vertimientos de aguas residuales domésticas no fueron excesivos porque la cantidad de coliformes es directamente proporcional a estos.

Grafica N° 47. Concentración de coliformes (patógenos) con respecto al tiempo.



Fuente: Construyeambiente & Corpocesar, 2019.

La gráfica anterior representa las concentraciones de coliformes con respecto al tiempo teniendo en cuenta tres escenarios de modelación a corto, mediano y largo plazo. Los resultados obtenidos no mostraron mayor variación, por este motivo se mantuvieron las concentraciones iguales para el corto y mediano plazo, a excepción del largo plazo, debido a que los objetivos de calidad disminuyeron una categoría, por tanto, los límites con respecto a la concentración también lo hicieron. Para corto y mediano plazo la concentración se mantuvo en un rango de 300-350 mg/L y para largo plazo la concentración se mantuvo en un rango de 0-50 mg/L.

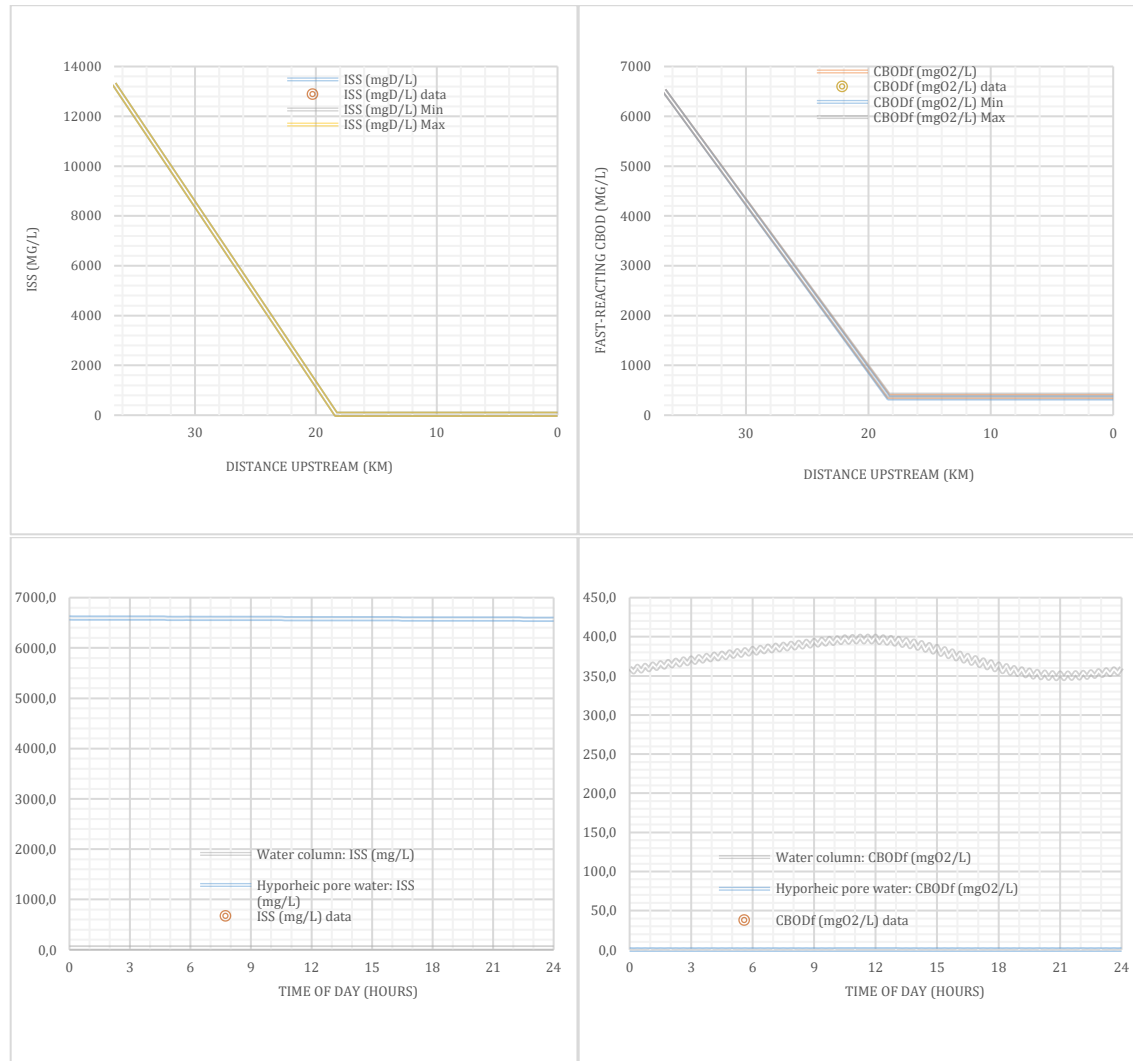
En las siguientes gráficas, se presenta la modelación de los contaminantes para carga máxima de los parámetros sólidos suspendidos y demanda bioquímica de oxígeno (DBO5) realizando la variación de los caudales y concentraciones de los parámetros bases (pH, temperatura, alcalinidad, conductividad). Los valores de carga máxima, fueron extraídos del Acuerdo No. 002 de 2019 de la Corporación Autónoma Regional del Cesar - CORPOCESAR, exactamente las cargas correspondientes al Tramo 81. San Diego – Subtramo del Río Chiriamo. Dichas cargas fueron balanceadas de tal forma que se obtuvieron las concentraciones en las unidades requeridas para los datos de entrada del modelo. Con el fin de obtener concentraciones máximas debido a que se están manejando cargas máximas, se realizaron pruebas a diferentes caudales, con el fin de obtener datos cercanos a la realidad, lógicamente los valores de carga máxima pueden ser mucho más elevados que cualquier representación gráfica de los cuatro escenarios. A continuación, se pueden observar los valores típicos utilizados para la modelación de las cargas máximas:

Tabla N° 153. Valores típicos utilizados para la modelación de las cargas máximas.

Parámetro	Carga (Kg/Año)	Concentración (mg/L)
Demanda Bioquímica de Oxígeno	9.576,83	6.520,00
Sólidos Suspendidos Totales	19.535,37	13.300,00

Fuente: Construyeambiente & Corpocesar, 2019.

Grafica N° 48. Comportamiento de Sólidos Suspendedos y DBO para carga máxima.



Fuente: Construyeambiente & Corpocesar, 2019.

De la gráfica anterior, se puede concluir, que a pesar de presentarse valores elevados de los sólidos suspendidos a lo largo del río Chiriaoimo, el comportamiento de las concentraciones es muy similar a las obtenidas en los cuatro (4) escenarios de modelación antes descritos, en donde normalmente los valores del parámetro a su punto más bajo entre los kilómetros 25 y 18, lo cual significa que disminuye la disposición de sólidos en el tramo correspondiente a dicha distancia; el promedio de las concentraciones de los sólidos suspendidos a través del tiempo decrece ligeramente, aunque no es una variación significativa.

Los valores de las concentraciones de la demanda bioquímica de oxígeno a lo largo del río Chiriamo para las variaciones en las cargas máximas disminuyen notablemente al igual que en el resto de los escenarios expuestos con anterioridad, lo cual puede deberse principalmente a la baja contaminación por el vertido de materia orgánica en el recurso hídrico; cabe resaltar que la demanda bioquímica de oxígeno en función del tiempo presenta variaciones leves llegando a aumentos aproximados de 50 mg/L pero siempre manteniéndose en un rango entre 350 mg/L y 400 mg/L.

3.5 IDENTIFICACIÓN DE LOS USOS POTENCIALES DE LOS CUERPOS DE AGUA OBJETO DE ORDENAMIENTO

La identificación de los usos potenciales de los cuerpos de agua fue establecida considerando el orden de prioridad definido en el Decreto 1076 de 2015 y la distribución de los usos actuales del recurso hídrico en la cuenca, así como también la información disponible en el Plan de Ordenamiento Territorial y el Plan de Ordenamiento y Manejo Ambiental de la Subcuenca Hidrográfica del río Chiriamo.

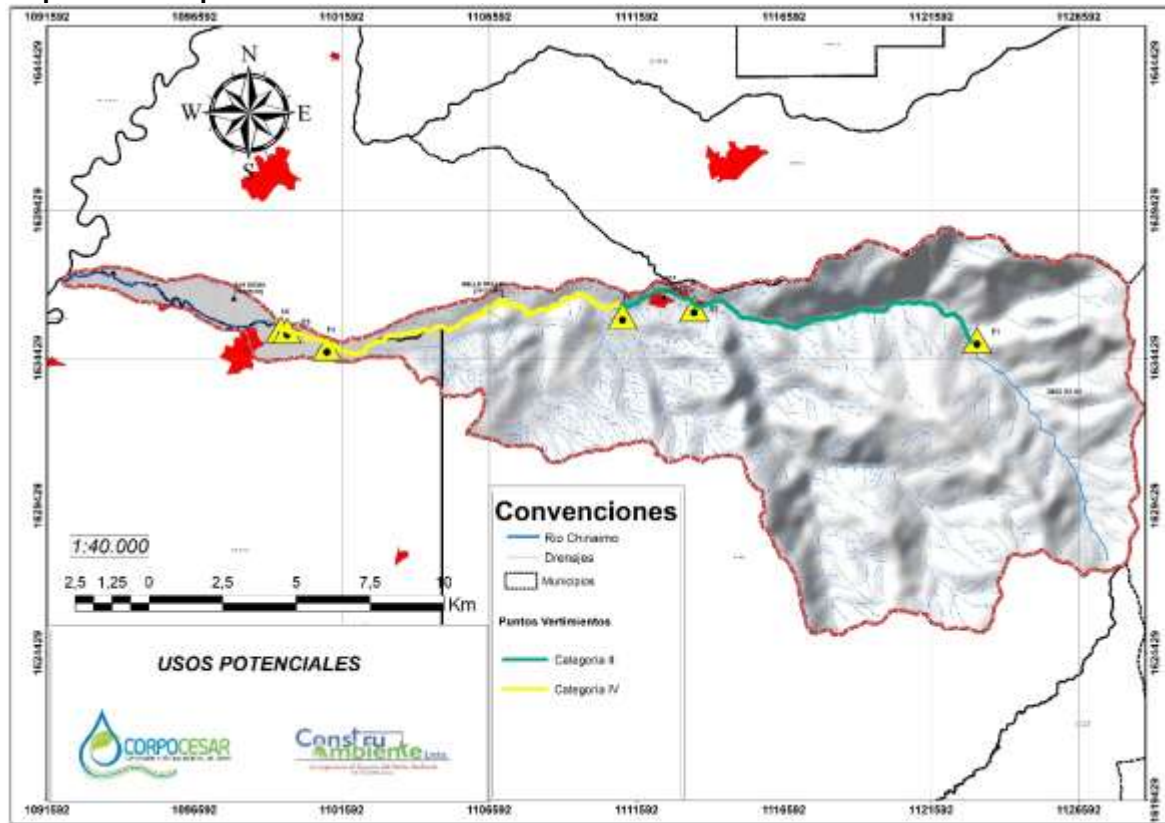
Tabla N° 154. Usos potenciales de acuerdo a los objetivos de calidad.

USO POTENCIAL			
TRAMO	NOMBRE	DESCRIPCIÓN	USO
E1 – E2	Puente el Tambo – Cancha la Tricolor	Doméstico, pecuario, agrícola y recreativo	II
E2 – E3	Cancha la Tricolor – Puente la Vega	Doméstico, pecuario, agrícola y recreativo	II
E3 – E4	Puente la Vega – Finca la Parrilla	Doméstico, pecuario y agrícola	IV
E4 – E5	Finca la Parrilla – La Estancia	Doméstico, pecuario y agrícola	IV
E5 – E6	La Estancia – Inicio de muro de Contención	Doméstico, pecuario y agrícola	IV

Fuente: Construyeambiente & Corpocesar, 2019.

Es importante tener en cuenta que los Usos Potenciales varían dependiendo de la ubicación del tramo, lo que se debe a que aguas arriba la contaminación es menor en comparación con los tramos que se ubican aguas abajo ya que el cuerpo de agua experimenta mayores intervenciones de carácter antrópico. Lo anterior se refleja en que para los tramos E1-E2 y E2-E3, la categoría es menos restrictiva (categoría II) al encontrarse ubicadas aguas arriba y menos expuestas a alteraciones humanas. En la siguiente figura se encuentran representados geoespacialmente los diferentes usos potenciales definidos para el río Chiriamo de acuerdo a los objetivos de calidad:

Mapa N° 34. Mapa de Usos Potenciales del río Chiriaimo.



Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019.

3.6 DEFINICIÓN O AJUSTE DE METAS QUINQUENALES DE REDUCCIÓN DE CARGAS CONTAMINANTES.

3.6.1 EVALUACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DE LOS OBJETIVOS DE CALIDAD EXISTENTES EN EL MARCO DEL PLAN DE ORDENAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO DEL RÍO CHIRIAIMO.

La carga contaminante presente en el río Chiriaimo se presenta en las siguientes tablas para las dos campañas de monitoreo en las diferentes estaciones:

La DBO se mantuvo dentro de los niveles permisibles para corrientes de baja contaminación por materia orgánica, en la siguiente tabla se presenta la proyección de la carga contaminante de cada estación monitoreada:

Tabla N° 155. Cargas contaminantes río Chiriaimo DBO

ESTACION	CAMPAÑA DE MONITOREO No 1		CAMPAÑA DE MONITOREO No 2	
	DBO (mg/L)	Carga contaminante DBO (Kg/año)	DBO (mg/L)	Carga contaminante DBO (Kg/año)
E-1	2	22.705.92	2	14.506.56
E-2	2	23.967.36	2	23.336.64
E-3	2	34.058.88	2	26.490.24
E-4	2	54.872.64	2	25.859.52
E-5	2	2.522.88	2	12.61.44
E-6	2	1.261.44	2	1.892.16

Fuente: Construyeambiente & Corpocesar, 2019.

En la determinación de sólidos suspendidos totales (SST) es de gran valor en el análisis de aguas contaminadas y es uno de los principales parámetros para evaluar en las aguas residuales domésticas (Sawyer & McCarty, 2001), a continuación se presentan las tablas de los puntos de monitoreo ubicados en la corriente hídrica del río Chiriaimo, los cuales sobrepasan los niveles exigidos por la autoridad ambiental en cuanto al Objetivo de Calidad para concentraciones máximas en las corrientes receptoras de vertimientos de centros poblados, la diferencia entre los resultados para la segunda jornada de monitoreo y la primera pudo deberse posiblemente a las lluvias presentadas días antes de realizar la jornada de medición.

Tabla N° 156. Cargas contaminantes rio Chiriaoimo SST

ESTACION	CAMPAÑA DE MONITOREO No 1		CAMPAÑA DE MONITOREO No 2	
	SST (mg/L)	Carga contaminante SST (Kg/año)	SST (mg/L)	Carga contaminante SST (Kg/año)
E-1	25.7	29.1771.07	10.2	73.983.46
E-2	27.4	32.8352.83	7.5	87.512.40
E-3	21	35.7618.24	7.9	104.636.45
E-4	14	38.4108.48	6.59	85.207.12
E-5	5	6.307.20	5	3.153.60
E-6	10	6.307.20	5	4.730.40

Fuente: Construyeambiente & Corpocesar, 2019.

Tabla N° 157. Proyección de cargas contaminante con base en el acuerdo 002 de marzo de 2019.

CRONOGRAMA DE CARGAS CONTAMINANTES 2019-2023												
TRAMO Y/O FUENTE HIDRICA SUPERFICIA	VERTIMIENTO	USUARIO APORTANTE DE CARGAS PUNTUALES (DOMESTICA/ NO DOMESTICA)	AÑO 1 – 2019		AÑO 2 – 2020		AÑO 3 – 2021		AÑO 4 – 2022		AÑO 5 – 2023	
			DBO	SST	DBO	SST	DBO	SST	DBO	SST	DBO	SST
			META KG/AÑO	META KG/AÑO	META KG/AÑO	META KG/AÑO	META KG/AÑO	META KG/AÑO	META KG/AÑO	META KG/AÑO	META KG/AÑO	META KG/AÑO
TOTAL TRAMO												
TRAMO No.81 SANDIEGO-SUBTRAMO - RIOCHIRIAIMO	CORREGIMIENTO DE SAN JOSE DE ORIENTE	MUNICIPIO DE LA PAZ	9.576,83	19.535,37	9.325,44	19.022,57	9.080,65	18.523,23	8.842,28	18.036,99	8.610,17	17.563,52
	PTAP LA PAZ	EMPAZ E.S.P	1.309,18	10.873,22	1.274,81	10.587,80	1.241,35	10.309,87	1.208,76	10.039,24	1.177,03	9.775,71
	PTAP SAN DIEGO	EMPOSANDI EGO E.S.P	1.309,18	10.873,22	1.274,81	10.587,80	1.241,35	10.309,87	1.208,76	10.039,24	1.177,03	9.775,71

Fuente: Construyeambiente & Corpocesar, 2019.

3.6.2 Objetivo de Calidad DBO

Tabla N° 158. Objetivos de calidad – Corto plazo 0 -2 años

TRAMO	DBO5 mg/L
E-1 – E2	20
E-2 – E3	>30
E-3 – E4	30
E-4 – E5	30
E-5 – E6	30

Fuente: Construyeambiente & Corpocesar, 2019.

Tabla N° 159. Objetivos de calidad – Mediano plazo 2 – 5 años

TRAMO	DBO5 mg/L
E-1 – E2	20
E-2 – E3	>30
E-3 – E4	30
E-4 – E5	30
E-5 – E6	30

Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019.

Tabla N° 160. Objetivos de calidad – Largo plazo 5 – 10 años

TRAMO	DBO5 mg/L
E-1 – E2	20
E-2 – E3	30
E-3 – E4	30
E-4 – E5	30
E-5 – E6	30

Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019.

3.6.3 Objetivo de Calidad SST

Tabla N° 161. Objetivos de calidad – Corto plazo 0 -2 años

TRAMO	Solidos Suspendidos Totales mg/L
E-1 – E2	20
E-2 – E3	>30
E-3 – E4	30
E-4 – E5	30
E-5 – E6	30

Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019.

Tabla N° 162. Objetivos de calidad – Mediano plazo 2 – 5 años

TRAMO	Solidos Suspendidos Totales mg/L
E-1 – E2	20
E-2 – E3	>30
E-3 – E4	30
E-4 – E5	30
E-5 – E6	30

Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019.

Tabla N° 163. Objetivos de calidad – Largo plazo 5 – 10 años

TRAMO	Solidos Suspendidos Totales mg/L
E-1 – E2	20
E-2 – E3	30
E-3 – E4	30
E-4 – E5	30
E-5 – E6	30

Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019.

En conclusión al análisis de las cargas contaminantes presentes en la corriente hídrica río Chiriaimo, se pudo establecer a través de la modelación de calidad del agua, que las proyecciones del acuerdo 002 de Corpocesar se ajusta a la capacidad de asimilación de los contaminantes DBO y SST, sin embargo debe monitorearse durante todo el periodo para garantizar que lo planteado en los diferentes escenarios se cumpla.

3.7 ARTICULACIÓN CON EL PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE MICROCUENCAS HIDROGRÁFICAS – POMCA

Actualmente no se tiene POMCA aprobado para la microcuenca del Río Chiriaimo; no obstante se propone que el Plan Operativo de la microcuenca Hidrográfica del Río Chiriaimo se adapte a las diferentes actividades de manejo, con las cuales se pretende llegar a la creación del escenario prospectivo, el cual permitirá el desarrollo de actividades productivas acordes tanto con las necesidades de la población allí asentada, como con el sostenimiento de los recursos naturales presentes en la microcuenca. Pretende así mismo, abordar una serie de acciones de intervención ambiental y social que se definen y prescriben, pretende involucrar todas las componentes o subsistemas de la microcuenca: físico, biótico y socioeconómico, cuya finalidad única es orientarlo hacia la conservación de los recursos naturales renovables manteniendo y mejorando las condiciones de vida de las comunidades asentadas en la microcuenca.

3.8 PROGRAMA DE SEGUIMIENTO Y MONITOREO AL RECURSO HÍDRICO

En este capítulo, se describe las consideraciones que dan lugar al programa de seguimiento y monitoreo del recurso hídrico en la micromicrocuenca del río Chiriaoimo. Se presentan los factores que deben tenerse en cuenta en la red de monitoreo para las futuras jornadas de medición de calidad del agua, de tal forma que la recopilación de información sea significativa no solo para el seguimiento de los objetivos de calidad de agua definidos en las fuentes priorizadas de la microcuenca, sino también para el continuo mejoramiento de la herramienta de simulación de calidad del agua empleada en el marco de este estudio.

3.8.1.1 Seguimiento Espacial De La Calidad Del Agua (Red De Monitoreo)

En el programa de seguimiento y monitoreo de calidad del agua, se seleccionaron sitios que representan de forma adecuada el cambio de calidad del agua a lo largo del cuerpo hídrico principal y los tramos de los afluentes priorizados. Se consideran puntos que permitan identificar el efecto del aporte de cargas contaminantes de los tributarios y vertimientos puntuales. Además, se tiene en cuenta, criterios como:

- Localización y acceso a los sitios de monitoreo.
- Cambios importantes en la geomorfología y dinámica de los cuerpos de agua (cambios de pendiente, tipo de geometría hidráulica).
- Vertimientos significativos de ARD y ARI.
- Tributarios principales al cuerpo de agua principal.
- Red de monitoreo de calidad del agua existente.

En la microcuenca del río Chiriaoimo se definieron dos redes de monitoreo: la primera, tiene con el objetivo principal, hacer un seguimiento a los objetivos de calidad (ODC) establecidos en los tramos priorizados y la segunda red, tiene como objetivo principal, realizar un monitoreo completo, no solo a los puntos de seguimiento de los ODC sino también, la recopilación de información de calidad del agua en las principales fuentes abastecedoras de la microcuenca e información necesaria para continuar con la implementación del modelo de calidad del agua Qual2kw. Igualmente, se define una red de monitoreo y seguimiento a los principales vertimientos realizados en la microcuenca del río Chiriaoimo.

3.8.1.2 Red De Monitoreo Y Seguimiento De Los Objetivos De Calidad (Odc)

Para realizar el seguimiento de los ODC, se definió un total de 6 sitios de monitoreo, adicionando los 3 vertimientos representativos sobre la corriente hídrica (centros poblados san José de oriente y Betania, matadero san José de oriente)

3.8.1.3 Red De Monitoreo Del Plan De Ordenamiento Del Recurso Hídrico.

Para realizar un monitoreo completo de la calidad del agua en la microcuenca del río Chiriaimo, no solo en los sitios de seguimiento de los ODC, sino también, recopilando la información de las principales fuentes abastecedoras de la microcuenca e información para continuar la implementación del modelo numérico de calidad del agua Qual2kw, en este sentido se incluya los tributarios principales.

3.8.1.4 Red De Monitoreo Y Seguimiento A Los Vertimientos Líquidos Puntuales

Para el seguimiento de la calidad del agua en la microcuenca del río Chiriaimo, no solo se debe realizar un seguimiento al agua superficial, sino también, a los principales vertimientos líquidos puntuales que se producen de aguas residuales domésticas y no domésticas en la microcuenca. Para lo cual se recomienda realizar monitoreo y seguimiento a los principales usuarios generadores de cargas contaminantes (kg/día) de sólidos suspendidos totales (SST) y de DBO5.

3.8.1.5 Seguimiento Temporal De La Calidad Del Agua (Frecuencia De Monitoreo)

Para realizar el adecuado seguimiento temporal de la calidad del agua, se proponen dos escenarios o frecuencias diferentes, de acuerdo a las dos redes de monitoreo propuestas. El primer escenario corresponde a una frecuencia mínima para hacer seguimiento a los objetivos de calidad en los tramos priorizados y el segundo corresponde a una frecuencia óptima para el seguimiento de la red de monitoreo del plan de ordenamiento del recurso hídrico.

3.8.1.6 Frecuencia Para La Red De Monitoreo Y Seguimiento De Los Objetivos De Calidad (Odc).

Para llevar a cabo un adecuado seguimiento de los objetivos de calidad en la microcuenca del río Chiriaimo, se recomienda realizar como mínimo dos (2) monitoreos al año (frecuencia semestral), teniendo en cuenta la variabilidad hidrológica de la microcuenca. Para esto, se recomienda realizar un muestreo en la época de caudales mínimos y el segundo en la época de caudales máximos.

3.8.1.7 Frecuencia Para La Red De Monitoreo Del Plan De Ordenamiento Del Recurso Hídrico.

Para llevar a cabo la adecuada caracterización temporal de la calidad del agua en la microcuenca del río Chiriaimo, se recomienda realizar dos (2) muestreos al año con una frecuencia trimestral, teniendo en cuenta la variabilidad hidrológica de la microcuenca. Para esto, se recomienda realizar un muestreo en la época de caudales máximos, un segundo muestreo en la época de caudales mínimos

3.8.1.8 frecuencia para la red de monitoreo y seguimiento a los vertimientos líquidos puntuales

Para conocer la carga contaminante producida por los usuarios principales generadores de vertimientos de aguas residuales domésticas y no domésticas, se recomienda realizar al menos dos (2) monitoreos al año (frecuencia semestral), en el mismo período en el que se realice el monitoreo y seguimiento de los objetivos de calidad (ODC).

3.8.1.9 Variables A Medir

La red definida debe garantizar que el seguimiento del recurso hídrico pueda hacerse en relación con la variabilidad espacial y temporal de la calidad del agua, de acuerdo con el mínimo número de variables fisicoquímicas y microbiológicas establecidas en el Decreto Único Reglamentario 1076 de 2015 en sus Artículos 2.2.9.7.6.2 y 2.2.3.3.1.7 (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible - MinAmbiente 2015) y recomendadas en la Guía técnica para la formulación de planes de ordenamiento del recurso hídrico (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible - MinAmbiente 2014).

El grupo de variables seleccionado también tiene en cuenta aquellas variables significativas de acuerdo con los análisis llevados a cabo para la estimación del índice de calidad del agua ICA (IDEAM 2011).

3.8.1.10 . Metodología De Muestreo

Para el muestreo de aguas superficiales y aguas residuales se tendrán en cuenta los lineamientos del Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico - RAS2000-, específicamente aquellos contenidos en el numeral E.2.3 (Ministerio de Medio Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial 2000). Asimismo, se considera la Guía para monitoreo de vertimientos, aguas superficiales y subterráneas (IDEAM 2002).

3.8.1.11 .Toma De Muestras

La medición de parámetros en campo (pH, OD, Conductividad, Turbidez y Temperatura del agua) se realiza generalmente mediante equipos portátiles, tales como sondas multiparamétricas, pHmetros y conductímetros. Para la captura de los datos de campo es necesario seguir las indicaciones de revisión y calibración de los equipos y diligenciar completamente la información requerida en el formato de captura de datos de campo, el cual varía según el tipo de agua a muestrear. Ejemplos de formatos de captura de datos pueden ser consultados en la Guía para monitoreo de vertimientos, aguas superficiales y subterráneas (IDEAM 2002).

Todos los parámetros tomados en campo deberán quedar consignados en el formato de captura de datos de campo inmediatamente se realicen las correspondientes mediciones. Los parámetros insitu deberán ser tomados de las muestras puntuales dado que la representatividad de éstos, se pierde si se toman de muestras compuestas o integradas. En aguas superficiales el equipo (sondas multiparamétricas, pHmetros y conductímetros) se sumerge directamente en la mitad de la sección transversal, a una profundidad entre 20 y 30 cm de la superficie, en una zona de poca turbulencia y se procede a la lectura. Si esto no es posible, ya sea por la turbulencia o por la longitud del cable, se purga el muestreador, se toma una muestra, que se transfiere a un balde plástico evitando la agitación e inmediatamente se procede a la medición.

Ya sea que se trate de un muestreo puntual, compuesto o integrado, se debe disponer de un recipiente de volumen suficiente que cuente con una válvula o llave inferior para

fraccionar su contenido en muestras puntuales homogéneas (lo que se logra por agitación constante). Se recomienda organizar el total de botellas a llenar por tipo de analito. Las botellas deben estar marcadas con un rótulo en el que se indica código de campo (preestablecido de acuerdo con el formato de captura de datos), sitio de muestreo, el método analítico a que va destinada cada muestra, el tipo de muestreo (puntual, compuesto o integrado), la preservación necesaria y la identificación en caso de que se trate de muestra de control, blanco, testigo o muestra adicionada.

Tan pronto se ejecuta el muestreo y la integración, se purgan dos o tres veces todas las botellas con la muestra; desechando tales enjuagues y se procede a llenar las botellas, homogenizando el contenido del balde por agitación constante con una varilla de plástico (no agitar con la mano ni con cualquier objeto extraño ni por rotación del balde), evitando la inclusión de material u objetos flotantes y/o sumergidos y dejando un espacio libre de aproximadamente dos centímetros en el cuello de la botella. La muestra siempre se extrae del balde a través de la llave, nunca se deben sumergir las botellas en el mismo.

Las botellas para las muestras adicionadas, una vez purgadas, se llenan de la siguiente manera: se vierte en la botella el contenido del correspondiente frasco rotulado como “adicionado”, se enjuaga el frasco con tres porciones de la muestra transfiriendo los enjuagues a la botella y se llena la botella con muestra dejando un espacio libre de aproximadamente dos centímetros; cuando sea necesario, se adiciona el reactivo de preservación, se agita para homogenizar y se tapan las botellas. Desde el momento de la toma de muestras y hasta su llegada al laboratorio, éstas se deben conservar en refrigeración a 4°C, evitando la congelación.

4.1 FORMULACIÓN

A partir de los resultados obtenidos del diagnóstico, se conformó el documento de formulación del Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico del río Chiriamo de acuerdo al numeral 4 del artículo 8 del Decreto 3930 de 2010; en este orden se desarrolló la estructuración del componente programático.

4.1.1 Plan programático

El componente programático responde a la definición de los programas y proyectos planteados para el PORH. Lo anterior se sustenta en la posibilidad que se tiene de que estos proyectos, por un lado, se orienten al cumplimiento de los objetivos de éstos instrumentos de planificación y de otro, cuenten con la posibilidad de gestión presupuestal para su implementación.

La formulación de los programas, proyectos y actividades para el ordenamiento del recurso hídrico, cuentan con cronograma, inversión requerida e indicadores para el corto, el mediano y el largo plazo.

En el componente programático se incluyeron las acciones pertinentes para la expedición de las normas a que haya lugar para la preservación de la calidad del recurso para asegurar la conservación de los ciclos biológicos y el normal desarrollo de las especies.

Los indicadores son medibles y permiten verificar el cumplimiento de las acciones propuestas para reducción de la contaminación (carga total reducida, cuerpos de agua que cumplen criterios y límites establecidos, entre otros).

Se consideraron indicadores que permiten verificar el logro de las metas directamente relacionadas con la recuperación del recurso que están asociadas a la gestión de la autoridad ambiental tales como, usuarios legalizados, usuarios que cumplen metas de reducción, medidas de administración implementadas, entre otros.

El componente programático se estructuro de tal manera que recoge en lo pertinente los objetivos de la Política nacional de gestión integral del recurso hídrico vigente.

4.1.1.1 Ejes transversales

Los ejes transversales formulados son: la educación ambiental, como motor del cambio de conciencia con generación de oportunidades; la sostenibilidad productiva como la materialización de las estrategias que generen sostenibilidad más

competitividad en la microcuenca y la institucionalidad como medio para articular todos los intereses estatales, privados y comunitarios.

Los ejes transversales darán una estructura articulada al plan, garantizando que todos los proyectos y programas propuestos, conserven un horizonte definido y claro.

4.1.1.2 Líneas estratégicas

Se definieron cuatro líneas estratégicas, en la cuales se articularan los programas y proyectos del Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico:

Tabla N° 164. Líneas Estratégicas

Líneas Estratégicas
Fortalecimiento institucional
Gestión del recurso hídrico
Gobernabilidad del recurso hídrico
Sostenibilidad ambiental y productiva

Fuente: Construyeambiente & Corpocesar, 2019.

4.1.1.2.1 Fortalecimiento institucional

La línea de fortalecimiento institucional busca mejorar la imagen institucional de la corporación frente a las administraciones municipales y la comunidad, la línea cuenta con estrategias de apoyo interinstitucional y generación de confianza entre la comunidad, para lograr el cambio de cultura y de percepción, frente al pago de tasas en general, los cuales son la base del funcionamiento de la corporación y de estos depende la efectividad de las estrategias planteadas en todos los planes.

Tabla N° 165. Programas de la línea fortalecimiento institucional

Programa	Descripción	Objetivo
Apoyo interinstitucional	Mejoramiento de relaciones para aunar esfuerzos interinstitucionales.	Mejorar la gestión entre las instituciones del área de influencia del PORH.
Gestión de la información	Consiste en hacer la identificación, legalización y aplicación de las tasas retributivas y de uso, de todos los usuarios de la corriente hídrica río Chiriaimo, mediante el trabajo conjunto entre la comunidad y la corporación.	Aumentar el recaudo del cobro por las tasas en general.

Fuente: Construyeambiente & Corpocesar, 2019.

4.1.1.2.2 Gestión del recurso hídrico

El objetivo de esta línea es el aumento de la oferta y la calidad del recurso hídrico, mediante la protección de la microcuenca y la aplicación de prácticas sostenibles, por parte de los usuarios, así como la disminución de la carga contaminante vertida por parte de la comunidad en torno al recurso hídrico.

Tabla N° 166. Programas de la línea Gestión del recurso hídrico

Programa	Descripción	Objetivo
Calidad del recurso hídrico	Consiste en la creación y ejecución de estrategias efectivas, en la disminución de la carga contaminante de los vertimientos y el mejoramiento de su calidad.	Mejorar la calidad del recurso hídrico, mediante la disminución de la carga contaminante vertida.
Oferta del recurso hídrico	Consiste en aumentar la oferta hídrica de la microcuenca, conservando sus cauces, y retiros, reforestando, y protegiendo los nacimientos.	Aumentar la oferta hídrica en la corriente mediante la protección de sus cauces a través de siembra de especies nativas, recuperación de ecosistemas, y repoblamiento de especies nativas.

Fuente: Construyeambiente & Corpocesar, 2019.

4.1.1.2.3 Gobernabilidad del recurso hídrico

Esta línea tiene como fin generar en la comunidad un sentido de apropiación del territorio, mediante la participación de la comunitaria, la educación ambiental y el control ciudadano, este último como mecanismo efectivo para la aplicación de políticas de uso del recurso hídrico.

El componente de educación ambiental articula todo el conocimiento que ya existe en la comunidad, potencializándolo mediante estrategias que generen sostenibilidad productiva, conciencia ambiental y gobernanza en la comunidad.

Tabla N° 167. Programas de la línea Gobernabilidad del recurso hídrico

Programa	Descripción	Objetivo
Educación ambiental	Radica en hacer campañas de concientización del uso adecuado del recurso para ahorro y uso eficiente del agua.	Implementar las medidas necesarias para lograr que los usuarios del recurso hídrico se acojan a las técnicas de ahorro y uso eficiente del agua promulgadas en la normatividad actual.
	Consiste en la creación de una veeduría del agua por municipio, creando mecanismos de control ciudadano, especialmente del recurso hídrico.	Promover la participación ciudadana, mediante mecanismos efectivos en la gestión pública, incluyendo a la comunidad YUKPA presente en el área de la microcuenca.
	El propósito es hacer campañas y eventos ambientales en las escuelas y colegios, promoviendo la conciencia ambiental en esta población.	Generar consciencia ambiental en los niños y jóvenes, mediante estrategias que vinculen a la comunidad escolar en los proyectos ambientales que se adelantan en la microcuenca.

Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019.

4.1.1.2.4 Sostenibilidad ambiental y productiva

El objetivo de esta línea, es mejorar la sostenibilidad de la microcuenca, mediante la implementación de estrategias económicas y ecológicas, que permitan aumentar los ingresos de los pobladores de la microcuenca, y su vez mejorar el manejo de ésta dándole un aprovechamiento equilibrado a los recursos naturales que esta ofrece.

Tabla N° 168. Programas de la línea Sostenibilidad ambiental y productiva

Programa	Descripción	Objetivo
Buenas practicas ambientales	Consiste en implementar medidas ambientales que ayuden a disminuir el riesgo de contaminación de los recursos naturales con agentes químicos, físicos y biológicos derivados de las actividades agrícolas y pecuarias.	Definir las técnicas de reconversión en el desarrollo de actividades agrícolas y pecuarias.
Emprendimiento ambiental	Se enmarca en generar emprendimientos para atender las necesidades de saneamiento básico y gestión ambiental que se den de la ejecución del PORH.	Generar emprendimientos de carácter ambiental, que permitan aumentar los ingresos de los habitantes.

Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019.

4.1.2 Programas y Proyectos

Tabla N° 169. Mejoramiento de relaciones de la corporación con municipios

LÍNEA ESTRATÉGICA	FORTALECIMIENTO INSTITUCIONAL					
PROGRAMA	Apoyo interinstitucional					
DESCRIPCIÓN DEL PROGRAMA	Mejoramiento de relaciones de la Corporación con Municipios para aunar esfuerzos interinstitucionales en la identificación de usuarios concesionados y no concesionados.					
OBJETIVO DEL PROGRAMA	Mejorar la gestión entre las instituciones del área de influencia del PORH, logrando con ello el flujo de información e implementación de medidas para controlar la demanda del recurso hídrico.					
CODIGO PROYECTO	P01					
PROYECTO	Actualización del inventario y caracterización de usuarios concesionados y no concesionados del recurso hídrico.					
DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	El censo de usuarios del recurso hídrico pretende recopilar la información primaria requerida para complementar o diligenciar el Registro de Usuarios del Recurso Hídrico (RURH) para todos aquellos usuarios (usuarios formalizados) de permisos ambientales registrados en la Corporación (concesiones de agua, permisos de vertimiento, permisos de ocupación de cauces), así como todos aquellos usuarios que hacen uso del recurso hídrico y/o generan vertimientos al suelo o a los cuerpos de agua y que no están formalizados ante la misma.					
OBJETIVO DEL PROYECTO	Actualizar el RURH con los usuarios formales, a partir de las visitas de campo y la información actual de la Corporación, e identificar usuarios no concesionados del agua mediante un censo de usuarios para toda la cuenca que incluya la realización de aforos para su respectiva legalización.					
ACTIVIDADES	- Capacitación al personal que va a realizar la actualización del formato del RURH, indicándoles el proceso de otorgamiento de permisos ambientales, las variables solicitadas para su otorgamiento. - Solicitud de actualización de la información catastral predial al IGAC. - Presencia institucional en los municipios y veredas mediante unas jornadas de formalización de usuarios en las que los usuarios puedan entablar contacto con los funcionarios, aclarar dudas y comenzar un proceso de formalización desde ese momento.					
INDICADOR DE IMPACTO META	Número de usuarios censados. Número de usuarios formales actualizados. Número de usuarios no formales en proceso de formalización.					
META	Número de usuarios censados: 120 Número de usuarios formales actualizados: 75 Número de usuarios no formales en proceso de formalización: 20					
PRESUPUESTO ESTIMADO	ITE M	ACTIVIDADES	UND	CANT.	V. UNITARIO	V.TOTAL
	1. COSTOS DIRECTOS A					
	1.1	Ingenieros	H/mes	2	\$5.000.000	\$10.000.000
	1.2	Trabajadora social	H/mes	2	\$3.000.000	\$6.000.000
	1.3	Técnicos Auxiliares	H/mes	4	\$1000.000	\$4.000.000
	SUBTOTAL					\$20.000.000
	2. COSTOS DIRECTO DIFERENTES A HONORARIOS B					
	2.1	Diseño e impresión, edición de informes y ayudas audiovisuales.	GLB	1	\$1800.000	\$1.800.000
	2.2	Transporte	GLB	1	3.000.000	\$3.000.000
	2.3	Oficina y servicios públicos	GLB	1	2.500.000	\$2.500.000
	SUBTOTAL					\$7.300.000
	SUBTOTAL A+B					\$27.300.000
	IVA (19%)					\$5.187.000
	TOTAL					\$32.487.000

FORMULACIÓN DEL PLAN DE ORDENAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO DEL RÍO CHIRIAIMO EN LOS MUNICIPIOS DE LA PAZ Y SAN DIEGO, DEPARTAMENTO DEL CESAR

CRONOGRAMA	ITEM	PROYECTO	HORIZONTE		
			CORTO PLAZO (2AÑOS)	MEDIANO PLAZO (5AÑOS)	LARGO PLAZO (10AÑOS)
	1	Actualización del inventario y caracterización de usuarios concesionados y no concesionados del recurso hídrico.			

Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019.

Tabla N° 170. Identificación, legalización y aplicación de las tasas retributivas y de uso de todos los usuarios de la corriente hídrica Chiriaimo

LÍNEA ESTRATÉGICA	FORTALECIMIENTO INSTITUCIONAL																																																																	
PROGRAMA	Gestión de la información																																																																	
DESCRIPCIÓN DEL PROGRAMA	Consiste en hacer la identificación, legalización y aplicación de las tasas retributivas y de uso, de todos los usuarios de la corriente hídrica rio Chiriaimo, mediante el trabajo conjunto entre la comunidad y la corporación.																																																																	
OBJETIVO DEL PROGRAMA	Aumentar el recaudo del cobro por las tasas en general.																																																																	
CODIGO PROYECTO	P02																																																																	
PROYECTO	Implementación de un sistema de monitoreo permanente de usuarios de la corriente hídrica																																																																	
DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	Controlar permanentemente el uso y demanda en la corriente hídrica, implementado un sistema de monitoreo a través de inspecciones de campo, con las cuales pueda determinarse el tipo de actividad que genera la demanda, hacer la identificación, legalización y aplicación de las tasas retributivas y de uso.																																																																	
OBJETIVO DEL PROYECTO	Consiste en el diseño y aplicación de un sistema de monitoreo de usuarios de la corriente hídrica para cada sector productivo, mediante un muestreo representativo de usuarios de cada sector en distintas épocas del año con el fin de detectar los principales factores que afectan dichos vertimientos.																																																																	
ACTIVIDADES	- Capacitación al personal que va a realizar la identificación, legalización y aplicación de las tasas retributivas y de uso. - Inspecciones de campo en las diferentes épocas del año. - Actualización permanente de la base de datos corporativa con la información levantada en campo. - Efectuar reuniones, citaciones con los usuarios previamente identificados, y con las asociaciones que los agremian con el fin de implementar estrategias de legalización individuales y masivas.																																																																	
INDICADOR DE IMPACTO META	Número de usuarios monitoreados en el año. Porcentaje de incremento en el recaudo de las tasas de uso.																																																																	
META	Número de usuarios monitoreados en el año: 30 Porcentaje de incremento en el recaudo de las tasas de uso: 15%																																																																	
PRESUPUESTO ESTIMADO	<table><tr><th>ITE M</th><th>ACTIVIDADES</th><th>UND</th><th>CANT.</th><th>V. UNITARIO</th><th>V.TOTAL</th></tr><tr><td colspan="6">3. COSTOS DIRECTOS A</td></tr><tr><td>1.1</td><td>Ingenieros</td><td>H/mes</td><td>3</td><td>\$5.000.000</td><td>\$15.000.000</td></tr><tr><td>1.2</td><td>Trabajadora social</td><td>H/mes</td><td>2</td><td>\$3.000.000</td><td>\$6.000.000</td></tr><tr><td>1.3</td><td>Técnicos Auxiliares</td><td>H/mes</td><td>4</td><td>\$1000.000</td><td>\$4.000.000</td></tr><tr><td colspan="5">SUBTOTAL</td><td>\$25.000.000</td></tr><tr><td colspan="6">4. COSTOS DIRECTO DIFERENTES A HONORARIOS B</td></tr><tr><td>2.1</td><td>Diseño e impresión, edición de informes y ayudas audiovisuales.</td><td>GLB</td><td>1</td><td>\$1800.000</td><td>\$1.800.000</td></tr><tr><td>2.2</td><td>Transporte</td><td>GLB</td><td>1</td><td>3.000.000</td><td>\$3.000.000</td></tr><tr><td>2.3</td><td>Oficina y servicios públicos</td><td>GLB</td><td>1</td><td>2.500.000</td><td>\$2.500.000</td></tr></table>						ITE M	ACTIVIDADES	UND	CANT.	V. UNITARIO	V.TOTAL	3. COSTOS DIRECTOS A						1.1	Ingenieros	H/mes	3	\$5.000.000	\$15.000.000	1.2	Trabajadora social	H/mes	2	\$3.000.000	\$6.000.000	1.3	Técnicos Auxiliares	H/mes	4	\$1000.000	\$4.000.000	SUBTOTAL					\$25.000.000	4. COSTOS DIRECTO DIFERENTES A HONORARIOS B						2.1	Diseño e impresión, edición de informes y ayudas audiovisuales.	GLB	1	\$1800.000	\$1.800.000	2.2	Transporte	GLB	1	3.000.000	\$3.000.000	2.3	Oficina y servicios públicos	GLB	1	2.500.000	\$2.500.000
	ITE M	ACTIVIDADES	UND	CANT.	V. UNITARIO	V.TOTAL																																																												
	3. COSTOS DIRECTOS A																																																																	
	1.1	Ingenieros	H/mes	3	\$5.000.000	\$15.000.000																																																												
	1.2	Trabajadora social	H/mes	2	\$3.000.000	\$6.000.000																																																												
	1.3	Técnicos Auxiliares	H/mes	4	\$1000.000	\$4.000.000																																																												
	SUBTOTAL					\$25.000.000																																																												
	4. COSTOS DIRECTO DIFERENTES A HONORARIOS B																																																																	
	2.1	Diseño e impresión, edición de informes y ayudas audiovisuales.	GLB	1	\$1800.000	\$1.800.000																																																												
	2.2	Transporte	GLB	1	3.000.000	\$3.000.000																																																												
	2.3	Oficina y servicios públicos	GLB	1	2.500.000	\$2.500.000																																																												

FORMULACIÓN DEL PLAN DE ORDENAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO DEL RIO CHIRIAIMO EN LOS MUNICIPIOS DE LA PAZ Y SAN DIEGO, DEPARTAMENTO DEL CESAR

		SUBTOTAL		\$7.300.000	
		SUBTOTAL A+B		\$32.300.000	
		IVA (19%)		\$6.137.000	
		TOTAL		\$38.437.000	
CRONOGRAMA					
	ITEM	PROYECTO	HORIZONTE		
			CORTO PLAZO (2AÑOS)	MEDIANO PLAZO (5AÑOS)	LARGO PLAZO (10AÑOS)
	1	Implementación de un sistema de monitoreo permanente de usuarios de la corriente hídrica			

Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019.

Tabla N° 171. Creación y ejecución de estrategias en la disminución de carga contaminante de los vertimientos y mejoramiento de su calidad

LÍNEA ESTRATÉGICA	GESTIÓN DEL RECURSO HÍDRICO					
PROGRAMA	Calidad del recurso hídrico					
DESCRIPCIÓN DEL PROGRAMA	Consiste en la creación y ejecución de estrategias efectivas, en la disminución de la carga contaminante de los vertimientos y el mejoramiento de su calidad.					
OBJETIVO DEL PROGRAMA	Mejorar la calidad del recurso hídrico, mediante la disminución de la carga contaminante vertida.					
CODIGO PROYECTO	P03					
PROYECTO	Construcción de pozos sépticos y campos de infiltración.					
DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	Muchas viviendas ubicadas en la zona rural no pueden conectarse a la red de alcantarillado municipal debido a su localización geográfica y a las condiciones físico y topográficas; de acuerdo a las visitas realizadas y a los análisis de calidad de la fuente de agua, es necesario fomentar en la comunidad este tipo de acciones para asegurar que a futuro se cumplan los objetivos de calidad de agua establecidos en los tramos priorizados. Los sistemas de tratamiento de aguas residuales domesticas como los pozos sépticos combinados con campos de infiltración pueden remover buena parte de la carga contaminante en las aguas residuales, cuando se operan adecuadamente, evitando que estas lleguen a las fuentes de agua y alteren su calidad; estos sistemas son fáciles de instalar, económicos y permiten hacer un mantenimiento periódico en una forma relativamente sencilla.					
OBJETIVO DEL PROYECTO	Disminuir los vertimientos en la corriente hídrica, mediante la instalación de pozos sépticos para los usuarios con vertimientos dispersos, incluidos los pueblos YUKPAS de las Veredas el cosso cinco caminos y caño padilla.					
ACTIVIDADES	- Diagnóstico que facilite identificar hogares que requieren solución al tratamiento de las aguas residuales. - Diseño e instalación de los pozos sépticos y campos de infiltración en las viviendas que así lo requieran - Programa de capacitación a las familias sobre cómo se debe realizar el mantenimiento de los pozos sépticos a partir de la finalización del proyecto. - Seguimiento, control al sistema de pozos sépticos.					
INDICADOR DE IMPACTO META	Porcentaje % usuarios de la corriente hídrica con sistemas de tratamiento funcionando.					
META	100%					
PRESUPUESTO	ITEM	ACTIVIDADES	UND	CANT.	V. UNITARIO	V.TOTAL
	1	Suministro e instalación pozo séptico prefabricada (precio global) incluye actividades preliminares excavación y relleno. (5000 m³ capacidad)	GLB	50	\$5.500.000	\$275.000.000

FORMULACIÓN DEL PLAN DE ORDENAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO DEL RIO CHIRIAIMO EN LOS MUNICIPIOS DE LA PAZ Y SAN DIEGO, DEPARTAMENTO DEL CESAR

ESTIMADO		2	Campo de infiltración (precio global) incluye actividades preliminares excavación y relleno. (6 ML de longitud)	GLB	50	\$3.500.000	\$175.000.000	
	SUBTOTAL						\$450.000.000	
	AIU 30%						\$135.000.000	
	TOTAL						\$585.000.000	
CRONOGRAMA								
	ITEM	PROYECTO	HORIZONTE					
			CORTO PLAZO (2AÑOS)	MEDIANO PLAZO (5AÑOS)	LARGO PLAZO (10AÑOS)			
	1	Construcción de pozos sépticos y campos de infiltración.						

Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019.

Tabla N° 172. Creación y ejecución de estrategias en la disminución de carga contaminante de los vertimientos y mejoramiento de su calidad (2)

LÍNEA ESTRATÉGICA	GESTIÓN DEL RECURSO HÍDRICO						
PROGRAMA	Calidad del recurso hídrico						
DESCRIPCIÓN DEL PROGRAMA	Consiste en la creación y ejecución de estrategias efectivas, en la disminución de la carga contaminante de los vertimientos y el mejoramiento de su calidad.						
OBJETIVO DEL PROGRAMA	Mejorar la calidad del recurso hídrico, mediante la disminución de la carga contaminante vertida.						
CODIGO PROYECTO	P04						
PROYECTO	Construcción y optimización de plantas de tratamiento de aguas.						
DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	Diseño, construcción y/o optimización de plantas de tratamiento de los centros poblados de San José de oriente, Betania y Matadero de San José de Oriente; implementando los aspectos normativos y técnicas del reglamento técnico de agua potable y saneamiento básico RAS, para lograr la construcción de unidades con la capacidad de reducción de la carga contaminante generada.						
OBJETIVO DEL PROYECTO	Disminuir los vertimientos en la corriente hídrica, mediante Construcción y optimización de plantas de tratamiento de aguas.						
ACTIVIDADES	- Diagnóstico de la situación actual de las plantas de tratamiento de las aguas residuales. - Diseño de los módulos necesarios para optimizar el proceso de tratamiento. - Construcción de los aditamentos necesarios para optimizar las PTAR. - Programa de capacitación a los operadores de las PTAR.						
INDICADOR DE IMPACTO META	Porcentaje % de plantas tratamiento de aguas residuales construidas y optimizadas.						
META	100%						
PRESUPUESTO ESTIMADO	ITEM	ACTIVIDADES	UND	CANT.	V. UNITARIO	V.TOTAL	
	1	Diagnóstico y Diseño de los módulos necesarios para optimizar el proceso de tratamiento. (precios estimados con base en SECOP 2019)	UND	3	\$85.000.000	\$255.000.000	
	2	Construcción de los aditamentos necesarios para optimizar las PTAR (precios estimados con base en SECOP 2019)	UND	3	\$225.000.000	\$675.000.000	

FORMULACIÓN DEL PLAN DE ORDENAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO DEL RIO CHIRIAIMO EN LOS MUNICIPIOS DE LA PAZ Y SAN DIEGO, DEPARTAMENTO DEL CESAR

		SUBTOTAL		\$930,000,000		
		AIU 30%		\$279,000,000		
		TOTAL		\$1,209,000,000		
CRONOGRAMA		ITEM	PROYECTO	HORIZONTE		
				CORTO PLAZO (2AÑOS)	MEDIANO PLAZO (5AÑOS)	LARGO PLAZO (10AÑOS)
		1	Construcción y optimización de plantas de tratamiento de aguas.			

Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019.

Tabla N° 173. Creación y ejecución de estrategias en la disminución de carga contaminante de los vertimientos y mejoramiento de su calidad (3)

LÍNEA ESTRATÉGICA	GESTIÓN DEL RECURSO HÍDRICO						
PROGRAMA	Calidad del recurso hídrico						
DESCRIPCIÓN DEL PROGRAMA	Consiste en la creación y ejecución de estrategias efectivas, en la disminución de la carga contaminante de los vertimientos y el mejoramiento de su calidad.						
OBJETIVO DEL PROGRAMA	Mejorar la calidad del recurso hídrico, mediante la disminución de la carga contaminante vertida.						
CODIGO PROYECTO	P05						
PROYECTO	Red de monitoreo corriente hídrica.						
DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	Consiste en el diseño de una nueva red de monitoreo, y la toma y análisis de muestras en distintas épocas del año.						
OBJETIVO DEL PROYECTO	Conocer la variabilidad de la calidad del agua en la corriente hídrica durante el año en las diferentes estaciones de muestreo.						
ACTIVIDADES	- Ubicación geográfica de las estaciones de muestreo. - Formulación del cronograma de muestreo. - Toma y análisis de muestras con laboratorio certificado IDEAM. - Implementación de modelos de calidad del agua para comparación y análisis de resultados.						
INDICADOR DE IMPACTO META	Porcentaje % de red de monitoreo en operación.						
META	100%						
PRESUPUESTO ESTIMADO	ITEM	ACTIVIDADES	UND	CANT.	V. UNITARIO	V.TOTAL	
	1	Red de monitoreo (incluye preliminares, toma, análisis e interpretación de resultados con modelo de calidad de aguas)	GLB	1	\$150.000.000	\$150.000.000	
	SUBTOTAL					\$150,000,000	
	AIU 30%					\$45,000,000	
	TOTAL					\$195,000,000	

FORMULACIÓN DEL PLAN DE ORDENAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO DEL RIO CHIRIAIMO EN LOS MUNICIPIOS DE LA PAZ Y SAN DIEGO, DEPARTAMENTO DEL CESAR

CRONOGRAMA	ITEM	PROYECTO	HORIZONTE		
			CORTO PLAZO (2AÑOS)	MEDIANO PLAZO (5AÑOS)	LARGO PLAZO (10AÑOS)
	1	Red de monitoreo corriente hídrica			

Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019.

Tabla N° 174. Aumentar la oferta hídrica de la microcuenca.

LÍNEA ESTRATÉGICA	GESTIÓN DEL RECURSO HÍDRICO						
PROGRAMA	Oferta del recurso hídrico						
DESCRIPCIÓN DEL PROGRAMA	Consiste en aumentar la oferta hídrica de la microcuenca, conservando sus cauces, y retiros, reforestando, y protegiendo los nacimientos.						
OBJETIVO DEL PROGRAMA	Aumentar la oferta hídrica en la corriente mediante la protección de sus cauces a través de siembra de especies nativas, recuperación de ecosistemas, y repoblamiento de especies nativas.						
CODIGO PROYECTO	P06						
PROYECTO	Reforestación de áreas de interés, zonas de protección y nacimientos de agua.						
DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	El proyecto consiste en determinar, diseñar y establecer acciones de reforestación, aislamiento y restauración en las zonas con mayor necesidad de repoblamiento y mantenimiento en lo concerniente a reforestación.						
OBJETIVO DEL PROYECTO	Proteger los nacimientos de la fuente hídrica en la parte de alta montaña, mediante el aislamiento y la siembra de especies nativas.						
ACTIVIDADES	- Georeferenciación de las zonas a intervenir. - Aislamiento, repoblamiento, reforestación y mantenimiento fitosanitario de las áreas intervenidas.						
INDICADOR DE IMPACTO META	No. Has recuperadas, protegidas y restauradas.						
META	20 Hectárea						
PRESUPUESTO ESTIMADO	ITEM	ACTIVIDADES	UND	CANT.	V. UNITARIO	V.TOTAL	
	1	Establecimiento de vegetación protectora y de mantenimiento	Ha	20	\$6.500.000	\$130.000.000	
	2	Aislamiento	Ha	20	\$1.350.000	\$27.000.000	
	3	Gestión para la ejecución del proyecto	Ha	20	\$1.250.000	\$25.000.000	
	SUBTOTAL					\$182,000,000	
	AIU 30%					\$54,600,000	
	TOTAL					\$236,600,000	
CRONOGRAMA	ITEM	PROYECTO	HORIZONTE				
			CORTO PLAZO (2AÑOS)	MEDIANO PLAZO (5AÑOS)	LARGO PLAZO (10AÑOS)		
	1	Reforestación de áreas de interés, zonas de protección y nacimientos de agua.					

Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019.

FORMULACIÓN DEL PLAN DE ORDENAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO DEL RIO CHIRIAIMO EN LOS MUNICIPIOS DE LA PAZ Y SAN DIEGO, DEPARTAMENTO DEL CESAR

Tabla N° 175. Lograr un equilibrio para mantener especies acuáticas con la regulación de los caudales

LÍNEA ESTRATÉGICA	GESTIÓN DEL RECURSO HÍDRICO																																																																													
PROGRAMA	Oferta del recurso hídrico																																																																													
DESCRIPCIÓN DEL PROGRAMA	Con la regulación de los caudales se puede lograr un equilibrio para mantener las especies acuáticas, así como garantizar el suministro a las poblaciones que captan en la corriente hídrica.																																																																													
OBJETIVO DEL PROGRAMA	Regular el caudal concesionado en toda la corriente hídrica.																																																																													
CODIGO PROYECTO	P07																																																																													
PROYECTO	Regulación de caudales concesionados.																																																																													
DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	El proyecto hace referencia a controlar periódicamente los caudales concesionados, principalmente en las épocas de verano, en aras de garantizar el caudal ecológico y que además se esté tomando el caudal otorgado en el respectivo permiso.																																																																													
OBJETIVO DEL PROYECTO	Controlar el caudal concesionado en cada uno de los predios permisionados.																																																																													
ACTIVIDADES	- Inspecciones periódicas a los canales de derivación y bocatomas. - Implementación de batimetrías y caudalímetro para los aforos.																																																																													
INDICADOR DE IMPACTO META	% de canales o bocatomas inspeccionadas.																																																																													
META	100%																																																																													
PRESUPUESTO ESTIMADO	<table><tr><th>ITE M</th><th>ACTIVIDADES</th><th>UND</th><th>CANT.</th><th>V. UNITARIO</th><th>V.TOTAL</th></tr><tr><td colspan="6">1. COSTOS DIRECTOS A</td></tr><tr><td>1.1</td><td>Ingenieros</td><td>H/mes</td><td>3</td><td>\$5.000.000</td><td>\$15.000.000</td></tr><tr><td>1.3</td><td>Técnicos Auxiliares</td><td>H/mes</td><td>4</td><td>\$1000.000</td><td>\$4.000.000</td></tr><tr><td colspan="5">SUBTOTAL</td><td>\$19.000.000</td></tr><tr><td colspan="6">2. COSTOS DIRECTO DIFERENTES A HONORARIOS B</td></tr><tr><td>2.2</td><td>Transporte</td><td>GLB</td><td>1</td><td>3.000.000</td><td>\$3.000.000</td></tr><tr><td>2.3</td><td>Molinete (alquiler)</td><td>GLB</td><td>1</td><td>1.500.000</td><td>\$2.500.000</td></tr><tr><td colspan="5">SUBTOTAL</td><td>\$5.500.000</td></tr><tr><td colspan="5">SUBTOTAL A+B</td><td>\$24.500.000</td></tr><tr><td colspan="5">IVA (19%)</td><td>\$4.655.000</td></tr><tr><td colspan="5">TOTAL</td><td>\$23.655.000</td></tr></table>						ITE M	ACTIVIDADES	UND	CANT.	V. UNITARIO	V.TOTAL	1. COSTOS DIRECTOS A						1.1	Ingenieros	H/mes	3	\$5.000.000	\$15.000.000	1.3	Técnicos Auxiliares	H/mes	4	\$1000.000	\$4.000.000	SUBTOTAL					\$19.000.000	2. COSTOS DIRECTO DIFERENTES A HONORARIOS B						2.2	Transporte	GLB	1	3.000.000	\$3.000.000	2.3	Molinete (alquiler)	GLB	1	1.500.000	\$2.500.000	SUBTOTAL					\$5.500.000	SUBTOTAL A+B					\$24.500.000	IVA (19%)					\$4.655.000	TOTAL					\$23.655.000
	ITE M	ACTIVIDADES	UND	CANT.	V. UNITARIO	V.TOTAL																																																																								
	1. COSTOS DIRECTOS A																																																																													
	1.1	Ingenieros	H/mes	3	\$5.000.000	\$15.000.000																																																																								
	1.3	Técnicos Auxiliares	H/mes	4	\$1000.000	\$4.000.000																																																																								
	SUBTOTAL					\$19.000.000																																																																								
	2. COSTOS DIRECTO DIFERENTES A HONORARIOS B																																																																													
	2.2	Transporte	GLB	1	3.000.000	\$3.000.000																																																																								
	2.3	Molinete (alquiler)	GLB	1	1.500.000	\$2.500.000																																																																								
	SUBTOTAL					\$5.500.000																																																																								
	SUBTOTAL A+B					\$24.500.000																																																																								
	IVA (19%)					\$4.655.000																																																																								
TOTAL					\$23.655.000																																																																									
CRONOGRAMA	<table><tr><th rowspan="2">ITEM</th><th rowspan="2">PROYECTO</th><th colspan="3">HORIZONTE</th></tr><tr><th>CORTO PLAZO (2AÑOS)</th><th>MEDIANO PLAZO (5AÑOS)</th><th>LARGO PLAZO (10AÑOS)</th></tr><tr><td>1</td><td>Regulación de caudales concesionados.</td><td></td><td></td><td></td></tr></table>					ITEM	PROYECTO	HORIZONTE			CORTO PLAZO (2AÑOS)	MEDIANO PLAZO (5AÑOS)	LARGO PLAZO (10AÑOS)	1	Regulación de caudales concesionados.																																																															
	ITEM	PROYECTO	HORIZONTE																																																																											
			CORTO PLAZO (2AÑOS)	MEDIANO PLAZO (5AÑOS)	LARGO PLAZO (10AÑOS)																																																																									
1	Regulación de caudales concesionados.																																																																													

Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019.

Tabla N° 176. Realizar campañas de concientización del uso adecuado del recurso hídrico.

LÍNEA ESTRATÉGICA	GOBERNABILIDAD DEL RECURSO HÍDRICO
PROGRAMA	Educación ambiental

FORMULACIÓN DEL PLAN DE ORDENAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO DEL RIO CHIRIAIMO EN LOS MUNICIPIOS DE LA PAZ Y SAN DIEGO, DEPARTAMENTO DEL CESAR

DESCRIPCIÓN DEL PROGRAMA	Radica en hacer campañas de concientización del uso adecuado del recurso para ahorro y uso eficiente del agua.					
OBJETIVO DEL PROGRAMA	Implementar las medidas necesarias para lograr que los usuarios del recurso hídrico se acojan a las técnicas de ahorro y uso eficiente del agua promulgadas en la normatividad actual.					
CODIGO PROYECTO	P08					
PROYECTO	Ahorro y uso eficiente del agua					
DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	Se proyectara la ejecución de talleres (participativos teórico prácticos) dirigidos a los miembros de las juntas de acción comunal de cada uno de los municipios y centros poblados del área del PORH, se ofrecerán todos los temas que integran el Ahorro y uso eficiente del agua, impartiendo conocimiento básico en el manejo y control de pérdidas de agua y sus implicaciones económicas, ambiente y desarrollo sostenible entre otros; así mismo se desarrollara con cada uno de las instituciones educativas buscando la generación de multiplicadores de información; así mismo se desarrollaran visitas puerta a puerta para lograr el acercamiento con los usuarios del recurso hídrico.					
OBJETIVO DEL PROYECTO	Concientización de la población del área de influencia en Ahorro y uso eficiente del agua.					
ACTIVIDADES	- Talleres participativos con comunidad y población educativa. - Entrega casa a casa de información para Ahorro y uso eficiente del agua. - Reuniones con miembros de juntas de acción comunal.					
INDICADOR DE IMPACTO META	% de población capacitada en Ahorro y uso eficiente del agua					
META	100%					
PRESUPUESTO ESTIMADO	ITE M	ACTIVIDADES	UND	CANT.	V. UNITARIO	V.TOTAL
	3. COSTOS DIRECTOS A					
	1.1	Profesionales en ingeniería y/o ciencias básicas	H/mes	5	\$5.000.000	\$25.000.000
	1.2	Trabajadora social	H/mes	2	\$3.000.000	\$6.000.000
	1.3	Técnicos Auxiliares	H/mes	6	\$1000.000	\$6.000.000
	SUBTOTAL					\$37.000.000
	4. COSTOS DIRECTO DIFERENTES A HONORARIOS B					
	2.1	Diseño e impresión, edición de informes y ayudas audiovisuales.	GLB	1	\$2.800.000	\$2.800.000
	2.2	Transporte	GLB	1	6.000.000	\$6.000.000
	2.3	Oficina y servicios públicos	GLB	1	5.000.000	\$5.000.000
	SUBTOTAL					\$13.800.000
	SUBTOTAL A+B					\$50.800.000
	IVA (19%)					\$9.652.000
	TOTAL					\$60.452.000
CRONOGRAMA	ITEM	PROYECTO	HORIZONTE			
			CORTO PLAZO (2AÑOS)	MEDIANO PLAZO (5AÑOS)	LARGO PLAZO (10AÑOS)	
	1	Ahorro y uso eficiente del agua				

Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019.

Tabla N° 177. Creación de veeduría del agua por municipio.

LÍNEA ESTRATÉGICA	GOBERNABILIDAD DEL RECURSO HÍDRICO
PROGRAMA	Educación ambiental

FORMULACIÓN DEL PLAN DE ORDENAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO DEL RIO CHIRIAIMO EN LOS MUNICIPIOS DE LA PAZ Y SAN DIEGO, DEPARTAMENTO DEL CESAR

DESCRIPCIÓN DEL PROGRAMA	Consiste en la creación de una veeduría del agua por municipio, creando mecanismos de control ciudadano, especialmente del recurso hídrico.					
OBJETIVO DEL PROGRAMA	Promover la participación ciudadana, mediante mecanismos efectivos en la gestión pública, incluyendo a la comunidad YUKPA presente en el área de la microcuenca.					
CODIGO PROYECTO	P09					
PROYECTO	Creación de la Veeduría del agua					
DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	El grupo de veedores del agua, debe adoptarse mediante un acto administrativo que les permita ejercer control de las actividades que se desarrollan en la corriente hídrica, integrando a la comunidad YUKPA de los resguardos el cosso cinco caminos y caño padilla, en el marco de los acuerdos protocolizados en la consulta previa, estos serán los encargados de acompañar, vigilar y ejercer el control cuidando de los diferentes usos y actividades que pretendan ejercer en la corriente hídrica.					
OBJETIVO DEL PROYECTO	Formalización de un grupo de veedores del agua con miembros de las poblaciones del área de influencia de la corriente hídrica y la integración de la comunidad YUKPA.					
ACTIVIDADES	- Convocatoria de reuniones para definir actores integrantes de la veeduría. - Formulación de acto administrativo para otorgar facultades a las veedurías. - Dotación de equipos y documentación pertinente.					
INDICADOR DE IMPACTO META	Grupos de veedurías del agua establecidos en el área de influencia de la corriente hídrica.					
META	3 grupos.					
PRESUPUESTO ESTIMADO	ITE M	ACTIVIDADES	UND	CANT.	V. UNITARIO	V.TOTAL
	5. COSTOS DIRECTOS A					
	1.1	Profesionales en ciencias administrativas y/o derecho	H/mes	2	\$5.000.000	\$10.000.000
	1.2	Trabajadora social	H/mes	1	\$3.000.000	\$3.000.000
	1.3	Técnicos Auxiliares	H/mes	1	\$1000.000	\$1.000.000
	SUBTOTAL					\$14.000.000
	6. COSTOS DIRECTO DIFERENTES A HONORARIOS B					
	2.1	Diseño e impresión, edición de informes y ayudas audiovisuales.	GLB	1	\$1.800.000	\$1.800.000
	2.2	Transporte	GLB	1	3.000.000	\$3.000.000
	2.3	Oficina y servicios públicos	GLB	1	2.500.000	\$2.500.000
	SUBTOTAL					\$7.300.000
	SUBTOTAL A+B					\$21.300.000
	IVA (19%)					\$4.047.000
	TOTAL					\$25.347.000
CRONOGRAMA	ITEM	PROYECTO	HORIZONTE			
			CORTO PLAZO (2AÑOS)	MEDIANO PLAZO (5AÑOS)	LARGO PLAZO (10AÑOS)	
	1	Ahorro y uso eficiente del agua				

Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019.

Tabla N° 178. Realizar campañas y eventos ambientales en escuelas y colegios promoviendo la consciencia ambiental en la población.

LÍNEA ESTRATÉGICA	GOBERNABILIDAD DEL RECURSO HÍDRICO
PROGRAMA	Educación ambiental
DESCRIPCIÓN DEL PROGRAMA	El propósito es hacer campañas y eventos ambientales en las escuelas y colegios, promoviendo la consciencia ambiental en esta población.

FORMULACIÓN DEL PLAN DE ORDENAMIENTO DEL RECURSO HIDRICO DEL RIO CHIRIAIMO EN LOS MUNICIPIOS DE LA PAZ Y SAN DIEGO, DEPARTAMENTO DEL CESAR

OBJETIVO DEL PROGRAMA	Generar conciencia ambiental en los niños y jóvenes, mediante estrategias que vinculen a la comunidad escolar en los proyectos ambientales que se adelantan en la microcuenca.					
CODIGO PROYECTO	P10					
PROYECTO	Apoyo a PRAES y PROCEDAS					
DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	Acompañamiento técnico a los docentes de las Instituciones educativas, de los municipios y centros poblados del área de influencia del PORH, en la formación para dar los lineamientos de la formulación de PRAE y PROCEDAS, con el objetivo de que los participantes reconozcan en su entorno las problemáticas ambientales que afectan al recurso hídrico.					
OBJETIVO DEL PROYECTO	Fortalecimiento del sector educativo de los municipios y centros poblados adyacentes al PORH, con herramientas técnicas y normativas para la protección del recurso hídrico.					
ACTIVIDADES	- Capacitaciones a través de talleres participativos. - Foros de problemáticas ambientales. - Desarrollo de eventos culturales en las instituciones educativas. - Formulación e implementación de mecanismos que impulsen los PRAES y PROCEDAS					
INDICADOR DE IMPACTO META	% de instituciones educativas apoyadas por la Corporación.					
META	100%					
PRESUPUESTO ESTIMADO	ITE M	ACTIVIDADES	UND	CANT.	V. UNITARIO	V.TOTAL
	7. COSTOS DIRECTOS A					
	1.1	Profesionales en ciencias administrativas y/o ciencias básicas	H/mes	3	\$5.000.000	\$15.000.000
	1.2	Trabajadora social	H/mes	2	\$3.000.000	\$6.000.000
	1.3	Técnicos Auxiliares	H/mes	2	\$1000.000	\$2.000.000
	SUBTOTAL					\$23.000.000
	8. COSTOS DIRECTO DIFERENTES A HONORARIOS B					
	2.1	Diseño e impresión, edición de informes y ayudas audiovisuales.	GLB	1	\$2.800.000	\$1.800.000
	2.2	Transporte	GLB	1	6.000.000	\$6.000.000
	2.3	Oficina y servicios públicos	GLB	1	5.000.000	\$5.500.000
	SUBTOTAL					\$13.300.000
	SUBTOTAL A+B					\$36.300.000
	IVA (19%)					\$6.897.000
	TOTAL					\$43.197.000
CRONOGRAMA	ITEM	PROYECTO	HORIZONTE			
			CORTO PLAZO (2AÑOS)	MEDIANO PLAZO (5AÑOS)	LARGO PLAZO (10AÑOS)	
	1	Apoyo a PRAES y PROCEDAS				

Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019.

Tabla N° 179. Implementar medidas ambientales que ayuden a disminuir el riesgo de contaminación de los recursos naturales.

LÍNEA ESTRATÉGICA	SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL Y PRODUCTIVA
PROGRAMA	Buenas prácticas ambientales
DESCRIPCIÓN DEL PROGRAMA	Consiste en implementar medidas ambientales que ayuden a disminuir el riesgo de contaminación de los recursos naturales con agentes químicos, físicos y biológicos derivados de las actividades agrícolas y pecuarias.

FORMULACIÓN DEL PLAN DE ORDENAMIENTO DEL RECURSO HIDRICO DEL RIO CHIRIAIMO EN LOS MUNICIPIOS DE LA PAZ Y SAN DIEGO, DEPARTAMENTO DEL CESAR

OBJETIVO DEL PROGRAMA	Definir las técnicas de reconversión en el desarrollo de actividades agrícolas y pecuarias.					
CODIGO PROYECTO	P11					
PROYECTO	Implementación de buenas prácticas agrícolas y pecuarias.					
DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	La implementación de buenas prácticas agrícolas y pecuarias constituye un sistema para contrarrestar la contaminación ambiental, los efectos del cambio climático y favorecer la adaptación de los sistemas ganaderos y agrícolas al fenómeno del calentamiento global, manteniendo una producción que permita aumentar los ingresos a los productores. Pequeños cambios en la forma en que se trabaja en las fincas ganaderas, pueden tener un efecto valioso para asegurar un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, tanto para las comunidades. Tales medidas pueden aplicarse en distintas etapas de la actividad pero serán fundamentales para orientarse hacia la búsqueda de la sostenibilidad productiva, económica y ambiental.					
OBJETIVO DEL PROYECTO	Fomentar las buenas prácticas pecuarias y agrícolas a través de técnicas ambientales sostenibles.					
ACTIVIDADES	- Asistencia técnica a los predios de vocación pecuaria y agrícola en el área de influencia del PORH. - Orientación a los productores pecuarios y agrícolas en el uso de los subproductos de sus actividades para generar energías alternativas y bioabonos.					
INDICADOR DE IMPACTO META	% de predios asistidos técnicamente.					
META	100%					
PRESUPUESTO ESTIMADO	ITE M	ACTIVIDADES	UND	CANT.	V. UNITARIO	V.TOTAL
	9. COSTOS DIRECTOS A					
	1.1	Profesionales en ciencias administrativas y/o ciencias básicas de ingeniería y veterinaria	H/mes	4	\$5.000.000	\$20.000.000
	1.2	Trabajadora social	H/mes	2	\$3.000.000	\$6.000.000
	1.3	Técnicos Auxiliares	H/mes	4	\$1000.000	\$4.000.000
	SUBTOTAL					\$30.000.000
	10. COSTOS DIRECTO DIFERENTES A HONORARIOS B					
	2.1	Diseño e impresión, edición de informes y ayudas audiovisuales.	GLB	1	\$2.800.000	\$1.800.000
	2.2	Transporte	GLB	1	6.000.000	\$6.000.000
	2.3	Oficina y servicios públicos	GLB	1	5.000.000	\$5.500.000
	SUBTOTAL					\$13.300.000
	SUBTOTAL A+B					\$43.300.000
	IVA (19%)					\$8.227.000
	TOTAL					\$51.527.000
CRONOGRAMA	ITEM	PROYECTO	HORIZONTE			
			CORTO PLAZO (2AÑOS)	MEDIANO PLAZO (5AÑOS)	LARGO PLAZO (10AÑOS)	
	1	Implementación de buenas prácticas agrícolas y pecuarias.				

Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019.

Tabla N° 180. Generar emprendimientos para atender las necesidades de saneamiento básico y gestión ambiental que se den en la ejecución del PORH

LÍNEA ESTRATÉGICA	SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL Y PRODUCTIVA
--------------------------	--

FORMULACIÓN DEL PLAN DE ORDENAMIENTO DEL RECURSO HIDRICO DEL RIO CHIRIAIMO EN LOS MUNICIPIOS DE LA PAZ Y SAN DIEGO, DEPARTAMENTO DEL CESAR

PROGRAMA	Emprendimiento ambiental					
DESCRIPCIÓN DEL PROGRAMA	Se enmarca en generar emprendimientos para atender las necesidades de saneamiento básico y gestión ambiental que se den de la ejecución del PORH.					
OBJETIVO DEL PROGRAMA	Generar emprendimientos de carácter ambiental, que permitan aumentar los ingresos de los habitantes					
CODIGO PROYECTO	P12					
PROYECTO	Construcción de senderos ecológicos.					
DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	Un sendero ecológico interpretativo ambiental, el cual consta de diferentes ejes temáticos que le permitirán a la población conocer parte de la gran riqueza en cuanto a biodiversidad con la que cuentan para que así se pueda generar un sentido de pertenencia que les permita conocer para conservar, propiciando así un cambio en las prácticas ambientalmente inadecuadas para la conservación de dicho ecosistema.					
OBJETIVO DEL PROYECTO	Fomentar las buenas prácticas ecoturísticas en el área de influencia del PORH					
ACTIVIDADES	- Análisis, delimitación y escogencia de áreas idóneas para el objetivo del proyecto. - Diseños de los senderos y formulación de las medidas de manejo ambiental para su explotación. - Creación de los instrumentos normativos para regular su uso durante la fase operativa.					
INDICADOR DE IMPACTO META	Kilómetros de senderos construidos.					
META	20 Kilómetros.					
PRESUPUESTO ESTIMADO	ITEM	ACTIVIDADES	UND	CANT.	V. UNITARIO	V.TOTAL
	1	Costos de diseños y preliminares.	KI	20	\$1.500.000	\$30.000.000
	1	Construcción de senderos ecológicos.	KI	20	\$6.500.000	\$130.000.000
	SUBTOTAL					\$160.000.000
	AIU 30%					\$48.000.000
	TOTAL					\$208.000.000
CRONOGRAMA	ITEM	PROYECTO	HORIZONTE			
			CORTO PLAZO (2AÑOS)	MEDIANO PLAZO (5AÑOS)	LARGO PLAZO (10AÑOS)	
	1	Construcción de senderos ecológicos.				

Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019.

4.1.3 Plan financiero

Luego de definir el plan programático con las líneas transversales, estratégicas, programas, y proyectos, se procedió a hacer una proyección de las inversiones de cada una de estas, para lo cual se tuvo en cuenta información de secundaria y primaria sobre costos y precios de los insumos y actividades necesarias durante la ejecución del plan. De la misma forma se propusieron las entidades que pueden cofinanciar los proyectos, valorando los recursos que cada una de estas puede aportar.

Tabla N° 181. Plan de inversiones por líneas estratégicas y programas

LÍNEA	PROGRAMA	VALOR
Fortalecimiento Institucional	Apoyo interinstitucional	\$55,200,000
	Gestión de la información	\$463,150,000
Gestión Del Recurso Hídrico	Calidad del recurso	\$2,397,000,00
	Oferta del recurso	\$693,600,000
Gobernabilidad Del Recurso	Educación ambiental	\$938,400,000
Sostenibilidad Ambiental Y Productiva	Buenas practicas	\$357,000,000
	Emprendimiento ambiental	\$821,100,000
TOTAL		\$5,725,450,000

Entes territoriales:

La Paz:

- Presupuesto para la gestión del riesgo \$ 3.703.000.000
- Presupuesto gestión ambiental \$ 263.752.780.21

San Diego:

- Presupuesto para la gestión del riesgo: \$ 568.878.989,78
- Presupuesto gestión ambiental: \$ 148.585.246,30

Fuente: Construambiente & Corpocesar, 2019.