

III. CARACTERIZACIÓN DEL MEDIO FÍSICO BIÓTICO



III-8. CALIDAD DE AGUA

ABRIL 2017

PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA DEL RÍO RISARALDA
FASE DE DIAGNÓSTICO

CONSORCIO ORDENAMIENTO CUENCA RIO RISARALDA

Carrera 18 E Nro. 42 B 352, Local 5

(6) 314 17 28 Pereira (Risaralda)

pomcasrisaralda@gmail.com

@POMCASRisaraldaOtún

#POMCASRisaralda



TABLA DE CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN.....	1
2	DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL RECURSO HÍDRICO	2
2.1	RED DE MONITOREO DE CARDER.....	2
2.2	ANÁLISIS DE LA CALIDAD DE RECURSO HÍDRICO JURISDICCIÓN CARDER	7
2.2.1	<i>Municipio de Apía</i>	<i>8</i>
2.2.2	<i>Municipio de Balboa</i>	<i>8</i>
2.2.3	<i>Municipio de Belén de Umbría</i>	<i>10</i>
2.2.4	<i>Municipio de Guática</i>	<i>11</i>
2.2.5	<i>Municipio de La Virginia</i>	<i>13</i>
2.2.6	<i>Municipio de Mistrató</i>	<i>14</i>
2.2.7	<i>Municipio de Santuario.....</i>	<i>15</i>
2.3	RED DE MONITOREO DE CORPOCALDAS	18
2.4	ANÁLISIS DE CALIDAD DE AGUA MUNICIPIOS JURISDICCIÓN CORPOCALDAS	20
2.4.1	<i>Municipio de Viterbo</i>	<i>20</i>
2.4.2	<i>Municipio de Belalcázar</i>	<i>22</i>
2.4.3	<i>Municipio de San José</i>	<i>23</i>
2.4.4	<i>Municipio de Risaralda</i>	<i>23</i>
2.4.5	<i>Municipio de Anserma.....</i>	<i>24</i>
2.4.6	<i>Municipio de Riosucio</i>	<i>26</i>
2.5	ÍNDICE DE RIESGO DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO IRCA	26
2.6	PRINCIPALES CONCLUSIONES REDES DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AGUA.....	32
3	IDENTIFICACIÓN DE ACTIVIDADES PRODUCTIVAS QUE GENERAN VERTIMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES	33
3.1	ACTIVIDAD AGRÍCOLA	33
3.2	ACTIVIDAD PECUARIA - PORCÍCOLA	34
3.3	ACTIVIDAD DE BENEFICIO DE ANIMALES	35
3.4	ACTIVIDAD INDUSTRIAL, COMERCIAL O DE SERVICIOS	35
4	ESTIMACIONES DE CARGAS CONTAMINANTES.....	39
4.1	CARGAS CONTAMINANTES JURISDICCIÓN CARDER.....	39
4.1.1	<i>Cargas contaminantes sector doméstico.....</i>	<i>41</i>
4.1.2	<i>Cargas contaminante sector industrial.....</i>	<i>42</i>
4.1.3	<i>Cargas contaminantes sector porcícola.....</i>	<i>43</i>
4.2	CARGAS CONTAMINANTES JURISDICCIÓN CORPOCALDAS.....	43
4.2.1	<i>Cargas contaminantes sector doméstico.....</i>	<i>43</i>
4.2.2	<i>Cargas contaminantes sector industrial.....</i>	<i>43</i>
4.2.3	<i>Cargas contaminantes sector sacrificio</i>	<i>44</i>

5	REALIZACIÓN DE CAMPAÑAS DE MONITOREO	45
5.1.1	<i>Resultados de Aforos</i>	46
5.2	RESULTADOS DE AFOROS Y MUESTREOS	50
5.3	ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LAS CAMPAÑAS DE MONITOREO	77
5.3.1	<i>Caudal.....</i>	77
5.3.2	<i>Temperatura</i>	77
5.3.3	<i>Conductividad Eléctrica</i>	78
5.3.4	<i>Potencial de Hidrogeno (pH).....</i>	79
5.3.5	<i>Demanda Biológica de Oxígeno (DBO).....</i>	80
5.3.6	<i>Oxígeno Disuelto</i>	81
5.3.7	<i>Sólidos Suspendedos Totales (SST)</i>	83
5.3.8	<i>Demanda Química de Oxígeno.....</i>	84
5.3.9	<i>Nitrógeno Total (NT).....</i>	85
5.3.10	<i>Fosforo Total (PT)</i>	86
6	DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA (ICA).....	87
6.1	METODOLOGÍA	87
6.2	OXÍGENO DISUELTO	89
6.3	SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	89
6.4	DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO):.....	90
6.5	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA.....	90
6.6	PH	91
6.7	NITRÓGENO TOTAL (NKT) / FÓSFORO TOTAL (PT):	91
6.8	COLIFORMES FECALES.....	91
6.9	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	93
7	DIAGNÓSTICO DE LOS FACTORES DE CONTAMINACIÓN DE RECURSO HÍDRICO	98
7.1	PASIVOS AMBIENTALES RELACIONADOS CON RESIDUOS SÓLIDOS	102
7.2	APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS	102
7.3	DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS	103
7.4	MANEJO DE ESCOMBROS	103
7.5	MANEJO DE RESIDUOS PELIGROSOS	103
8	ÍNDICE DE ALTERACIÓN POTENCIAL DE LA CALIDAD DE AGUA – IACAL	105
8.1	METODOLOGÍA	105
8.2	INFORMACIÓN SECTORIAL PARA LA ESTIMACIÓN DE CARGAS	110
8.3	FUENTES DE INFORMACIÓN	110
8.3.1	<i>Sector doméstico.....</i>	110
8.3.2	<i>Sector centrales de beneficio.....</i>	110
8.3.3	<i>Sector cafetero</i>	111
8.3.4	<i>Sector Industrial.....</i>	111
8.3.5	<i>Sector Minero</i>	111
8.4	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	111
8.4.1	<i>Análisis de carga contaminante sector doméstico</i>	111



8.4.2	<i>Análisis de carga contaminante sector cafetero</i>	115
8.5	ANÁLISIS DE CARGA CONTAMINANTE SECTOR INDUSTRIAL.....	122
8.6	ANÁLISIS DE CARGA CONTAMINANTE SECTOR CENTRALES DE BENEFICIO.....	122
8.7	ANÁLISIS DE RESULTADOS DE IACAL.....	123
8.8	ANÁLISIS Y CONCLUSIONES DEL CÁLCULO DEL IACAL	139
9	BIBLIOGRAFÍA	140

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Red de monitoreo de CARDER en la cuenca del río Risaralda	3
Tabla 2. Parámetros y peso específico componentes del índice INSF	7
Tabla 3. Clasificación de la calidad del agua según el índice INSF	7
Tabla 4. Estaciones de monitoreo río Apía	8
Tabla 5. Estaciones de monitoreo quebrada Cristales	9
Tabla 6. Estaciones de monitoreo quebrada Chápatá	10
Tabla 7. Estaciones de monitoreo quebrada El Pueblo	11
Tabla 8. Estaciones de monitoreo quebrada Lavapiés	12
Tabla 9. Estaciones de monitoreo río Risaralda (sector La Virginia)	13
Tabla 10. Estaciones de monitoreo río Risaralda (sector Mistrató)	14
Tabla 11. Estaciones de monitoreo quebrada La Bomba (sector Mistrató)	16
Tabla 12. Estaciones de monitoreo río Mapa	17
Tabla 13. Estaciones de monitoreo de recurso hídrico en microcuencas de Caldas	18
Tabla 14. Estaciones de monitoreo de recurso hídrico para la afectación por vertimientos	18
Tabla 15. Estaciones de monitoreo de recurso hídrico ríos Risaralda y Mapa	19
Tabla 16. Clasificación de la calidad del agua según el valor del ICA-CETESB	20
Tabla 17. Estaciones de monitoreo municipio de Viterbo	21
Tabla 18. Estaciones de monitoreo municipio de Belalcázar	22
Tabla 19. Estaciones de monitoreo municipio de San José	23
Tabla 20. Estaciones de monitoreo municipio de Risaralda	24
Tabla 21. Estaciones de monitoreo municipio de Anserma	25
Tabla 22. Puntajes de riesgo	27
Tabla 23. Calificación del IRCA	28
Tabla 24. IRCA para los municipios de la cuenca	29
Tabla 25. Vertimientos sector porcícolas	34
Tabla 26. Vertimientos sector centrales de beneficio	35
Tabla 27. Consolidado de permisos de vertimientos	38
Tabla 28. Tramos y usos preponderantes	39
Tabla 29. Cargas contaminantes E.S.P jurisdicción CARDER	41
Tabla 30. Vertimientos del sector industrial	42
Tabla 31. Cargas contaminantes E.S.P jurisdicción CARDER	43

Tabla 32. Estaciones de monitoreo.....	46
Tabla 33. Resultados de aforos y métodos de medición.....	46
Tabla 34. Parámetros monitoreados	50
Tabla 35. Ponderación del ICA para cinco (5) variables.....	92
Tabla 36. Ponderación del ICA para seis (6) variables.....	92
Tabla 37. Ponderación del ICA para siete (7) variables.....	92
Tabla 38. Categorías del ICA	92
Tabla 39. Variables utilizadas para el cálculo del ICA.....	93
Tabla 40. Resultados del ICA.....	94
Tabla 41. Consolidado resultados ICA	97
Tabla 42. Recolección de Residuos Sólidos en Zonas Rurales	99
Tabla 43. Componentes del Servicio Público de Aseo Urbano Municipios y Cuenca	101
Tabla 44. Rangos del IACAL categoría nacional.....	107
Tabla 45. Niveles subsiguientes o subzonas hidrográficas	108
Tabla 46. Estimación de cargas contaminantes sector doméstico.....	113
Tabla 47. Factores de vertimiento utilizados.....	115
Tabla 48. Estimación de producción de Café	116
Tabla 49. Áreas de Café por cada nivel subsiguiente	118
Tabla 50. Estimación de cargas sector cafetero	120
Tabla 51. Estimación de carga contaminante sector de beneficio animal.....	122
Tabla 52. Consolidado de cargas y caudales para cálculo de IACAL.....	123
Tabla 53. Categorías y descriptores de presión, clasificados de acuerdo con los percentiles asignados a las cargas (ton/año).....	125
Tabla 54. IACAL por carga total para cada nivel subsiguiente	126
Tabla 55. Categorías y descriptores de presión, clasificados de acuerdo con los percentiles asignados Cargas/Oferta año.....	130
Tabla 56. Categoría de presión por cada contaminante para año seco por nivel subsiguiente.....	131
Tabla 57. Categoría de presión por cada contaminante para año medio por nivel subsiguiente.....	135

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización de la red de monitoreo de corrientes de agua.....	6
Figura 2. INSF río Apía.....	9
Figura 3. INSF quebrada Cristales.....	10
Figura 4. INSF quebrada Chápata	11
Figura 5. INSF quebrada El Pueblo	12
Figura 6. INSF quebrada Lavapiés	13
Figura 7. INSF río Risaralda (sector La Virginia)	14
Figura 8. INSF río Risaralda (sector Mistrató)	15
Figura 9. INSF quebrada La Bomba.....	16
Figura 10. INSF río Mapa	17
Figura 11. ICA – CETESB río Risaralda (municipio de Viterbo).....	21
Figura 12. ICA – CETESB corrientes de agua municipio de Belalcázar	22
Figura 13. ICA – CETESB corrientes de agua municipio de San José	23
Figura 14. ICA – CETESB corrientes de agua municipio de Risaralda	24
Figura 15. ICA – CETESB quebrada Cauya – Municipio de Anserma	25
Figura 16. ICA – CETESB río Risaralda – Municipio de Anserma	26
Figura 17. Cultivos transitorios parte alta subcuenca río Totuí	33
Figura 18. Actividades agropecuarias parte media subcuenca río Totuí	34
Figura 19. Etapas para la elaboración del plan de monitoreo	45
Figura 20. Esquema de localización de estaciones de monitoreo de calidad de agua	48
Figura 21. Aforo río Risaralda	49
Figura 22. Caudal campañas de monitoreo.....	77
Figura 23. Comportamiento de la temperatura.....	78
Figura 24. Comportamiento de la conductividad	79

Figura 25. Comportamiento del pH	80
Figura 26. Comportamiento de la DBO5.....	81
Figura 27. Comportamiento del OD	82
Figura 28. Comportamiento de los SST	84
Figura 29. Comportamiento de la DQO.....	85
Figura 30. Comportamiento del fósforo	86
Figura 31. Resultados ICA campaña 1	95
Figura 32. Resultados ICA campaña 2	96
Figura 33. IACAL por carga total.....	128
Figura 34. IACAL año seco por cada nivel subsiguiente (Ton/Hm3)	134
Figura 35. IACAL año medio por cada nivel subsiguiente (Ton/Hm3)	138

ANEXOS

Anexo 1. Listado de vertimientos
Anexo 2. Marco metodológico aforo y muestreo
Anexo 3. Resolución de acreditación Laboratorio de Química Ambiental de la Universidad Tecnológica de Pereira
Anexo 4. Resolución de acreditación Laboratorio de Química de la Universidad Nacional sede Manizales
Anexo 5. Fichas de campo de aforos campaña 1
Anexo 6. Fichas de campo de aforos campaña 2
Anexo 7. Resultados parámetros fisicoquímico campaña 1
Anexo 8. Resultados parámetros fisicoquímico campaña 2
Anexo 9. Resultados parámetros microbiológicos campaña 1
Anexo 10. Resultados parámetros microbiológicos campaña 2
Anexo 11. Aclaración del laboratorio de Química Ambiental - UTP
Anexo 12. Plan de monitoreo
Anexo 13. Fichas de visitas previas
Anexo 14. Hoja de cálculo ICA (Digital)
Anexo 15. Hoja de cálculo IACAL (Digital)
Anexo 16. Mapas ICA (campañas 1 y 2) y Salidas Gráficas IACAL (año seco y año medio), digitales.

1 INTRODUCCIÓN

En el marco de la gestión del recurso hídrico y en los Planes de Ordenamiento de Cuencas el eje estructurante es el recurso agua, que desde sus diferentes componentes, tales como la oferta, la demanda y la calidad configuran potencialidades, limitantes y conflictos para la población que hace parte del área de estudio de la cuenca del río Risaralda y para el desarrollo de los ecosistemas presentes.

Este informe consolida el desarrollo de las actividades conducentes al conocimiento de la calidad de agua en la cuenca del río Risaralda, para lo cual se realizan los siguientes estudios:

- Análisis de las redes de monitoreo de recurso hídrico;
- Identificación de las actividades generadoras de vertimientos;
- Estimación de cargas contaminantes vertidas;
- Presentación de los resultados de las dos campañas de monitoreo de calidad de agua realizadas (2);
- Cálculo el Índice de Calidad de Agua (ICA) y el Índice de Alteración Potencial de la Calidad del Agua (IACAL):
- Descripción y análisis de los factores de contaminación en aguas y suelos asociados al manejo y disposición final de residuos sólidos.

2 DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL RECURSO HÍDRICO

2.1 Red de monitoreo de CARDER

La Corporación Autónoma Regional de Risaralda (CARDER) ejecuta el Programa de Monitoreo de la Calidad y Cantidad del Recurso Hídrico Superficial del Departamento desde el año 1987, en el año 2015 el Monitoreo de Aguas Subterráneas existente fue extendido a la zona aluvial de los Ríos Risaralda y Cauca, en el municipio de La Virginia.

El Programa de Monitoreo se ejecuta según cronograma anual, considera protocolos desde el aprestamiento hasta la emisión de reportes. Las actividades comprenden: selección de puntos de muestreo en función del objetivo, mediciones de caudal, toma de muestras, preservación según parámetros, entrega de muestras en el laboratorio de análisis de aguas de la entidad, análisis estandarizados técnica y metodológicamente de variables físicas, químicas y microbiológicas, registro y entrega de reportes. El laboratorio está acreditado ante el IDEAM en 12 parámetros y cuenta con personal idóneo tanto de laboratorio como de campo.

El programa de monitoreo implica el seguimiento de la calidad y cantidad del agua a 85 fuentes superficiales, consideradas las más importantes en el departamento, incorporando 215 puntos de monitoreo con varias frecuencias en el año dependiendo de su objeto; se incluyen las fuentes que surten los acueductos municipales y los comunitarios más relevantes y a la altura de la captación. Para la cuenca del río Risaralda existen 87 estaciones o puntos de monitoreo, que se listan en la Tabla 1 y se localizan en la Figura 1.

El monitoreo de la calidad y la cantidad en fuentes superficiales responde a diversos objetivos como: *Objetivos de calidad definidos en los cuerpos de agua receptores de los alcantarillados municipales, Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico (PORH), Plan de Ordenamiento y Manejo de Cuencas Hidrográficas (POMCAS), Áreas Protegidas, seguimiento y control a impactos por Rellenos sanitarios activos y clausurados, caracterización de control de vertimientos al sector industrial, pecuario y doméstico para verificar sus sistemas de tratamiento de aguas residuales doméstico y no doméstico, Modelación hídrica, estudio específicos y caudal ambiental.*

Tabla 1. Red de monitoreo de CARDER en la cuenca del río Risaralda

MUNICIPIO	RIO/QUEBRADA	NOMBRE ESTACIÓN	COORDENADAS	
			X	Y
Subregión II	R. Risaralda	R. Risaralda. Antes descarga municipio Mistrató	1078873	1132081
		R. Risaralda. Después descarga municipio Mistrató	1077283	1132891
		R. Risaralda. Puente Umbría	1072165	1137070
		R. Risaralda Las Palmeras	1057079	1136933
		R. Risaralda. Puente Negro	1043457	1135079
		R.Mapa Desembocadura	1040071	1132860
		R.Totuí .Desembocadura	1036671	1132433
		Vertimiento Industrial Ingenio Risaralda	1033085	1131974
		R. Risaralda Desembocadura	1032951	1132072
	Q. Chapata	Q. Chamisito antes descarga municipio de Belén de Umbría	1067877	1134333
		Q. Chapata. después descarga municipio Belén de Umbría puente entrada	1065202	1132998
		Q. Chapata. Desembocadura	1056920	1136671
	R. Mapa	R. Mapa. Puente Orofino Calichal	1053350	1120811
		R. Mapa. Antes del R.Apía (Puente la Marina)	1051268	1124759
		R. Mapa. Estación Bretaña	1051246	1124864
		R. Mapa. Después de arenera Corinto	1042343	1130943
		R.Mapa Desembocadura	1040071	1132860
Santuario	Q. La Bomba	Q.l a Bomba.Antes descarga Municipio Santuario	1053355	1123299
		Q. la Bomba. Después descarga municipal Santuario	1053320	1124134
		Q. La Honda (Bomba). Desembocadura	1052531	1125169
	R. San Rafael	PMN Planes de San Rafael. Río San Rafael	1058935	1118715
		R. San Rafael. Puente Vía el Tambo	1054966	1123238
		R. San Rafael.Desembocadura	1053882	1125719
	Q. la yaruma	Antes bocatoma La Taroma La Yaruma		
Apía	R. Apía	R. Apía Puente la María antes municipio de Apía	1059300	1124948
		R. Apía. Después descarga municipal Apía	1054814	1125562
		R. Apía .Antes Desembocadura	1051323	1124827
	Q Agua linda	PMN Agua linda. Q.Agua Linda antes bocatoma de Apía	1057300	1126836

MUNICIPIO	RIO/QUEBRADA	NOMBRE ESTACIÓN	COORDENADAS	
			X	Y
	Q. Santa Isabel	Q. Agualinda (Santa Isabel).antes Bocatoma Apía	1057767	1127172
	Q. NN	Q. N.N Antes del relleno Sanitario de Apía	1054894	1127690
		Q. N.N Después del Relleno Sanitario de Apía.	1055084	1128777
	Q. Guanabano	Bocatoma el jazmín el Jazmín el Guanábano		
	Q. La Máquina	La máquina bocatoma No 1		
		La máquina bocatoma No 2		
Balboa	Q. Cristales (Q. La Eme)	Q.La Eme Cristales.Glorieta que conduce a La Celia antes descarga Balboa	1039511	1123879
		Q. La Eme Cristales. Después Q.Pueblo descarga municipio de Balboa	1039513	1124531
		Q.La Eme Cristales. desembocadura	1041457	1127083
	Q. Peñas Blancas (Q. La Sirena)	Q. Peñas Blancas antes Bocatoma balboa	1049071	1114258
	Q. La Bedoya	PMN Alto del Rey. Q.Granatal	1038635	1126906
	Q. Sebastopol	Bocatoma Sebastopol		
Belén	Q. Santa Emilia (Q. El Cofre)	Q. Chapata PMN Antes bocatoma municipio de Belén de Umbría	1067826	1130455
	Q. La Bomba	Q. La Bomba Antes de la Belén de Umbría	1067643	1134334
		Q. La Bomba. Después de la Planta de Reciclaje Belén de umbría	1067687	1134222
	Q. La Llorona	Bocatoma Providencia-la llorona		
	Q. Sandía	Bocatoma Providencia Sandia		
	Q.n.n	Bocatoma Asuacongo		
	Q. Papayala	Qda Papayala Baldelomar		
		Qda Papayala Chontaduro La Isla		
	R. Guarne	Rio Guarne Al Abejero Alturas		
Cuenca del rio Totuí	R. Totuí	R. Totuí. Nacimiento	1046080	1121701
		R. Totuí. Desp Q.El Buey	1043629	1125691
		R. Totuí. Antes de la Bocatoma de la Virginia	1041666	1126965
		R. Totuí. Desembocadura	1036671	1132433
Guática	Q. Ojo de Agua	Q. Ojo Agua o Guática Viejo.sector Jardín Botánico antes descarga municipio de Guatica	1079441	1142353
		Q. Ojo Agua o Guática Viejo. Después	1079424	1141217

MUNICIPIO	RIO/QUEBRADA	NOMBRE ESTACIÓN	COORDENADAS	
			X	Y
		descarga municipal de Guática matadero		
		Q. Ojo Agua o Guática Viejo. desembocadura	1079056	1139934
		Q.Chorros. Antes descarga municipio de Guática	1079841	1142193
	Q. Chorros	Q.Chorros .Después descarga municipio Guatica	1080125	1141472
		Q.Chorros desembocadura	1080442	1140847
		R.Del Oro. Sector Llanogrande	1083728	1144757
	R. Guatica	R.Guática.Desembocadura	1070876	1140124
		Q. Del Paraíso (pira).Antes bocatoma municipal Guática	1078550	1142212
	Q. Pira	Q. Del Paraíso (pira).Antes bocatoma municipal Guática	1078550	1142212
	Q. Jamaica/Q. Samaria	Q. Jamaica. antes Bocatoma municipal Guatica	1081726	1143795
	Q. El Jardín	Bocatoma Travesías (Jardín)		
	Q. las palmas	Qda las palmas san clemente		
La Virginia	Q. La Florida	Qda la florida santa teresa		
	Q. Agua Bonita	Bocatoma Suaiba (Puente Umbría) Agua Bonita		
	Canal del Ingenio Rda	Canal del Ingenio antes Relleno Sanitario	1040389	1131530
		Canal del Ingenio después Relleno Sanitario	1040298	1131669
	Qda. N N	Q.N.N Nacimiento Aledaño	1040313	1131617
	Q. Churimal	Q. Churimal antes bocatoma las palmas el aguacate		
	Q. la Morelia No 1	Q. La Morelia No 1 bocatoma las palmas el aguacate		
	Q. la Morelia No 2	Q. La Morelia No 2 bocatoma las palmas el aguacate		
	Q. las Margaritas	Q. Las Margaritas bocatoma las palmas el aguacate		
	Q. Arrayanal	PMN Arrayanal. Q.Arrayanal antes bocatoma municipal Mistrato	1076855	1131244
	Q. el tambo	Q. El Tambo Antes bocatoma El Tambo	1080565	1131549
	Q. Concora	Q. Antes Bocatoma Bellavista		
Mistrató	Q. Bellavista	Q. Bellavista El Tejar		
	Q. Buenos Aires	Q. Buenos Aires Bella Vista Bajo		

Fuente: CARDER, 2016

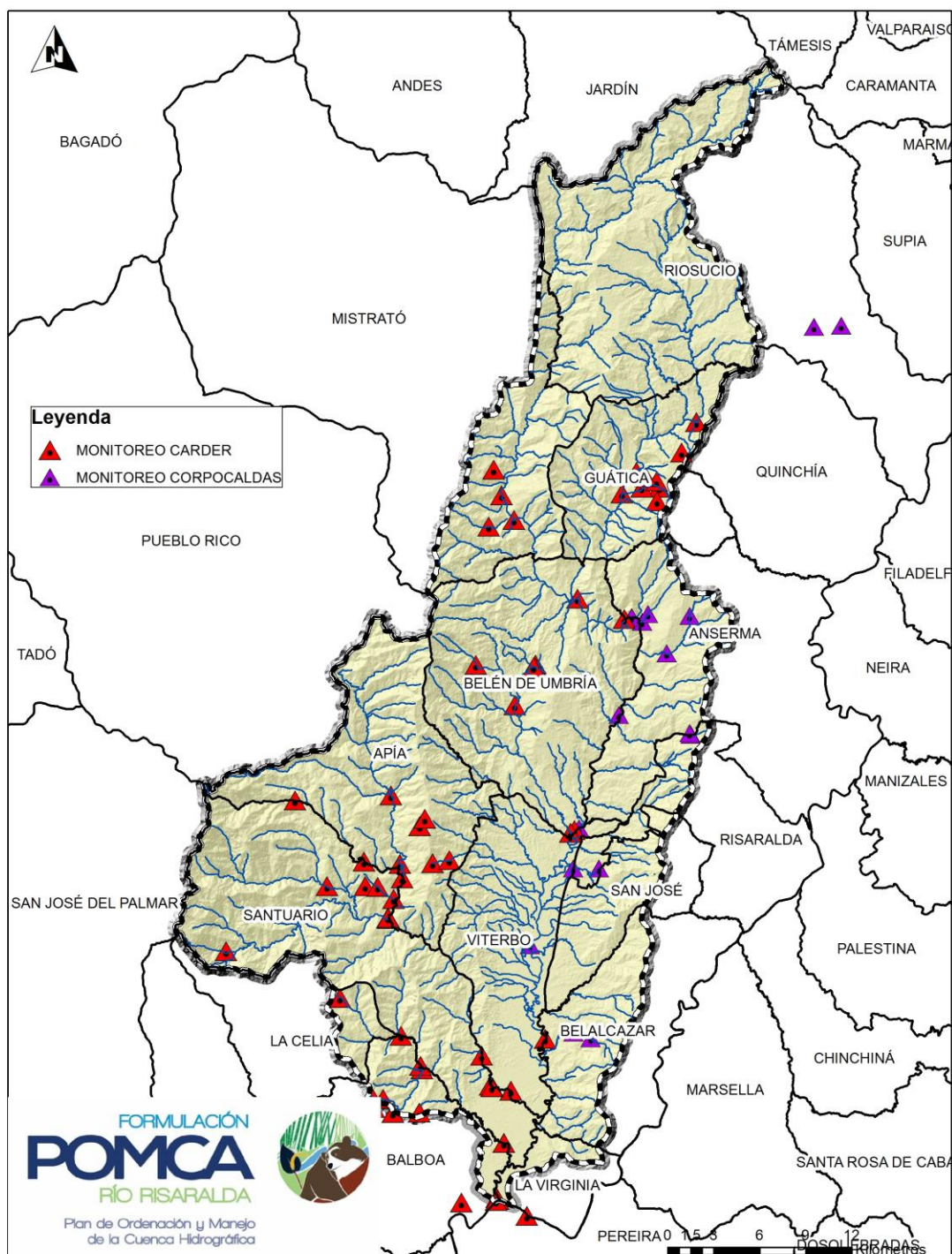


Figura 1. Localización de la red de monitoreo de corrientes de agua
Fuente: Consorcio Ordenamiento Cuenca Otún, 2016

2.2 Análisis de la calidad de recurso hídrico jurisdicción CARDER

La CARDER adoptó el Índice de Calidad del Agua NSF (National Sanitation Foundation Index), el cual combina el efecto de los siguientes nueve (9) parámetros asociados a calidad del recurso: Porcentaje de Saturación de Oxígeno Disuelto, Coliformes Fecales, pH, DBO₅, Nitratos, Fosfatos, Temperatura, Turbidez y Sólidos Totales (Tabla 2). Durante 2015, se obtuvieron resultados de Caudales y Calidad (IFSN) de 27 de las principales fuentes abastecedoras de 12 de los municipios de Risaralda, que usualmente presentan dificultades de abasto; se destaca que Guática cuenta con 5 fuentes para abastecimiento, Apía y La Virginia con 3 cada una y Mistrató, Belén de Umbría, Balboa y Santuario con 2 fuentes de abasto.

Tabla 2. Parámetros y peso específico componentes del índice NSF

Parámetro	Unidades	Peso específico (W)
Oxígeno Disuelto	% saturación	0.1825
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	0.1625
pH	Unidades	0.1325
DBO ₅	mg/l	0.1125
Nitratos	mg/l-NO ₃	0.1125
Fosfatos	mg/l-PO ₄	0.1125
Turbiedad	NTU	0.0925
Sólidos Totales	mg/l	0.0925
Sumatoria pesos específicos ΣW =		1.0000

Fuente: National Sanitation Foundation

De acuerdo a los valores obtenidos por cada uno de los parámetros en cada estación de muestreo, la calidad del agua puede clasificarse según la Tabla 3.

Tabla 3. Clasificación de la calidad del agua según el índice NSF

Valor del índice NSF	Clasificación de la calidad del agua
91 – 100	Excelente
71 – 90	Buena
51 – 70	Media
26 – 50	Mala
0 – 25	Muy Mala

Fuente: National Sanitation Foundation

El Convenio CARDER - UTP N° 674/2014, que tuvo como propósito de “Aunar esfuerzos entre la CARDER y la UTP para adelantar el proceso de establecimiento de las metas de carga contaminante para el quinquenio años 2015-2019, implementación de Tasa Retributiva, en el departamento de Risaralda, de acuerdo a lo establecido por el Decreto 2667-12”, generó el informe “Estado de la calidad

de los cuerpos de agua receptores de vertimientos, en Risaralda”, del cual se analizan y comparan los resultados de tres (3) campañas de monitoreo realizadas en el año 2013, para las corrientes de agua con Objetivos de Calidad, de acuerdo con la Resolución CARDER N° 252/2007.

2.2.1 Municipio de Apía

El río Apía se encuentra al norte de la cabecera municipal, recorre el municipio en dirección norte – sur, durante un tramo cercano a los 30 Km, recibe 15 afluentes principales a lo largo de su recorrido, 12 de los cuales nacen en la cuchilla del San Juan, siendo la quebrada Risaralda su más importante afluente (UTP, 2007). En la margen derecha del río Apía se ubica el casco urbano del municipio, el cual vierte sus aguas residuales directamente sobre las quebradas Agualinda, El Clavel (El Hospital) y El Muñeco, para posteriormente tributar al río Apía, por lo que se considera este como el receptor final de los vertimientos del municipio.

En los monitoreos realizados durante el año 2013 en el río Apía, se observó que la calidad del agua en el tramo I es buena, mientras que en el tramo II disminuye a media, debido a la descarga de los vertimientos del casco urbano y finalmente en el tramo III se da una recuperación natural hasta la desembocadura, este comportamiento se observó tanto para la primera como para la tercera jornada de monitoreo, no obstante en la segunda jornada, se evidenció un descenso de calidad que inició en el tramo II y continuó en el tramo III, tal como se muestra en la Figura 2.

Tabla 4. Estaciones de monitoreo río Apía

Corriente	Estación	Coordenadas	
		X	Y
Río Apía	E1 - Puente La María	1124970	1059303
	E2- Después del colector el Clavel	1125610	1054804
	E3-Antes desembocadura	1124858	1051312

Fuente: CARDER – UTP, 2015

2.2.2 Municipio de Balboa

Los objetivos de calidad del municipio de Balboa, se establecieron sobre las fuentes superficiales Quebrada Cristales y Quebrada Cuba, la quebrada Cristales es la corriente de agua que pertenece a la cuenca del río Risaralda.

La quebrada Cristales en la cabecera, recibe el nombre de quebrada La Eme, de la cual se abastece un acueducto comunitario que proporciona agua a un porcentaje de la población rural aledaña a la cabecera municipal. Aproximadamente 800 metros aguas abajo de la bocatoma, recibe las aguas residuales del 70% de la población total urbana; luego y con el nombre de quebrada Cristales tributa al río Totuí que abastece parte del acueducto del municipio de La Virginia (UTP, 2007).

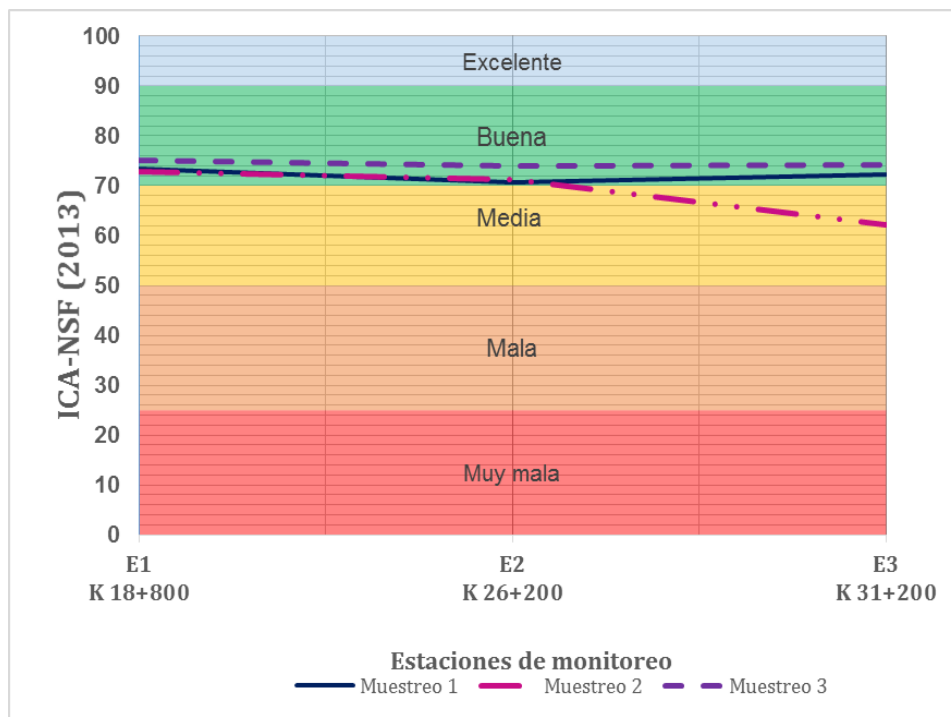


Figura 2. INSF río Apía.
Fuente: CARDER – UTP, 2015

Tabla 5. Estaciones de monitoreo quebrada Cristales

Corriente	Estación	Coordenadas	
		X	Y
Q. Cristales	E1 - Glorieta que conduce a La Celia antes descarga Balboa	1123909	1039578
	E2- Después Q. Pueblo descarga municipio de Balboa	1124538	1039402
	E3-Antes desembocadura	11 27117	1041508

Fuente: CARDER – UTP, 2015

En los monitoreos realizados durante el año 2013 se registró una calidad buena en los tres (3) monitoreos del primer tramo, es decir antes del municipio de Balboa, para el segundo tramo la calidad desciende a media, al aumentar los parámetros de DBO₅ y Coliformes Fecales, debido a la descarga del alcantarillado del municipio de Balboa y en el tramo III se observa una recuperación natural aguas abajo hasta la desembocadura, como se observa en Figura 3.

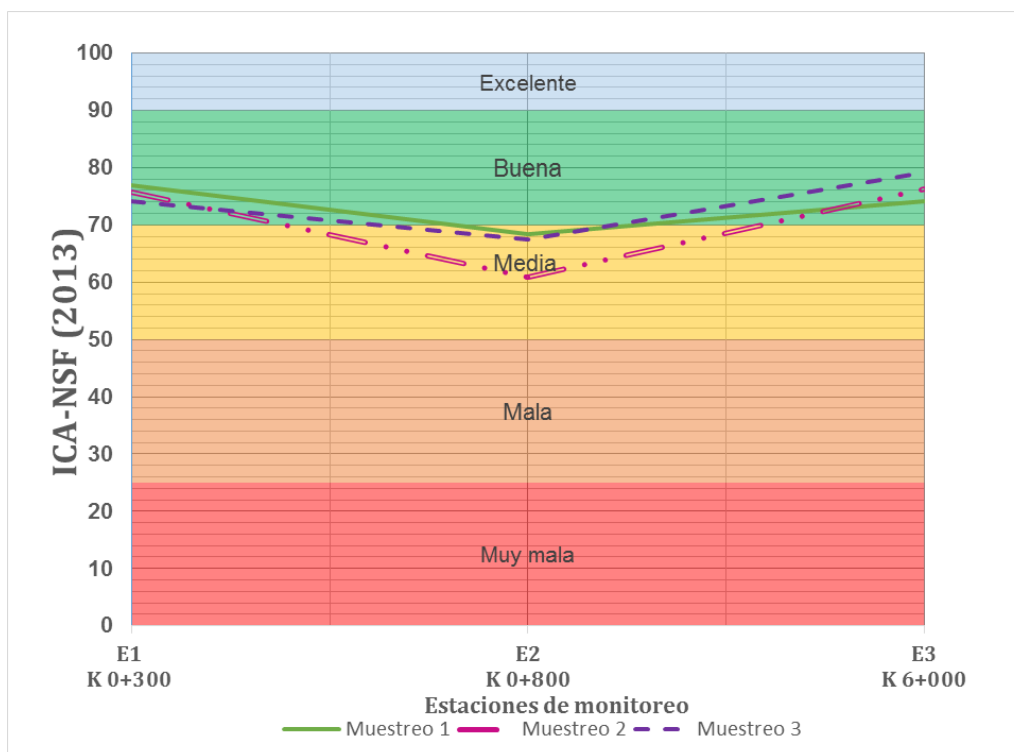


Figura 3. INSF quebrada Cristales

Fuente: CARDER – UTP, 2015

2.2.3 Municipio de Belén de Umbría

La quebrada Chápata, también conocida como Tenería o Chamisito, nace al nororiente del casco urbano, hace un recorrido en sentido Este - Oeste; drena un área circundante a la cabecera municipal a una distancia de 300 m aproximadamente. Sus afluentes más importantes, las quebradas Arenales y Palmarcito, las cuales con Tenería drenan el área urbana y junto con Tenería recogen las aguas residuales del municipio de Belén de Umbría (UTP, 2007).

Tabla 6. Estaciones de monitoreo quebrada Chápata

Corriente	Estación	Coordenadas	
		X	Y
Q. Chápata	E1 - Sector Planta de Tratamiento de Residuos Sólidos	1134370	1067855
	E2- Puente entrada a Belén de Umbría	1135015	1065169
	E3-Desembocadura	1136686	1056902

Fuente: CARDER – UTP, 2015

En el año 2013 la CARDER realizó tres (3) monitoreo desde el nacimiento (sector planta de residuos sólidos), hasta la desembocadura al río Risaralda. Para el tramo I se presentó una calidad buena, mientras que para el tramo II en la estación puente entrada Belén de Umbría se observó un aumento de Coliformes Fecales y DBO₅, debido a la descarga del alcantarillado del municipio. Por último el tramo III presenta una pequeña recuperación natural del cuerpo de agua hasta la desembocadura como se evidencia en la Figura 4.

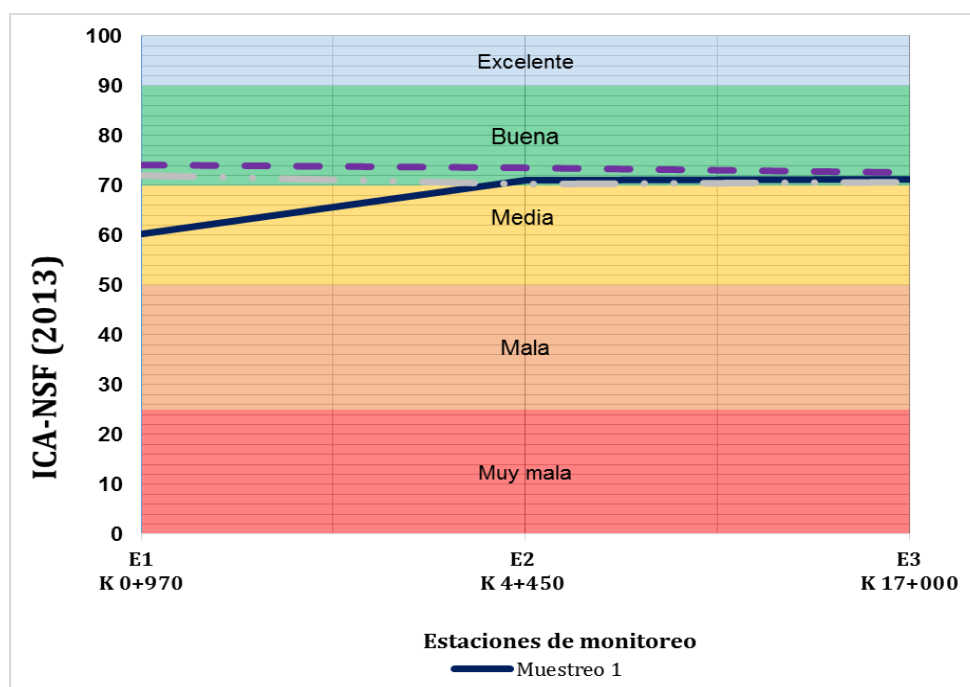


Figura 4. NSF quebrada Chápata
Fuente: CARDER – UTP, 2015

2.2.4 Municipio de Guática

La quebrada El Pueblo o quebrada Ojo de Agua nace en el Jardín Botánico al Sureste del municipio, recibe el 60% de las aguas residuales de la cabecera municipal y desemboca en el río Guática (UTP, 2007).

Tabla 7. Estaciones de monitoreo quebrada El Pueblo

Corriente	Estación	Coordenadas	
		X	Y
Q. El Pueblo	E1 - Jardín Botánico	1142346	1079409
	E2- Después del matadero municipal	1141281	1079308
	E3- Antes de la desembocadura al río Guática	1139955	1079039

Fuente: CARDER – UTP, 2015

Los tres (3) monitoreos realizados en el año 2013, para la quebrada El Pueblo, mostraron que para el tramo I antes de la primera descarga del municipio se presentó una calidad buena, mientras que para el tramo II se observó una disminución de la calidad a media, debido al aumento de Coliformes Fecales y DBO5 por la descarga del alcantarillado del municipio. Por último, aunque el tramo III presenta una recuperación hasta la desembocadura, continúa con un ICA medio como se evidencia en la Figura 5.

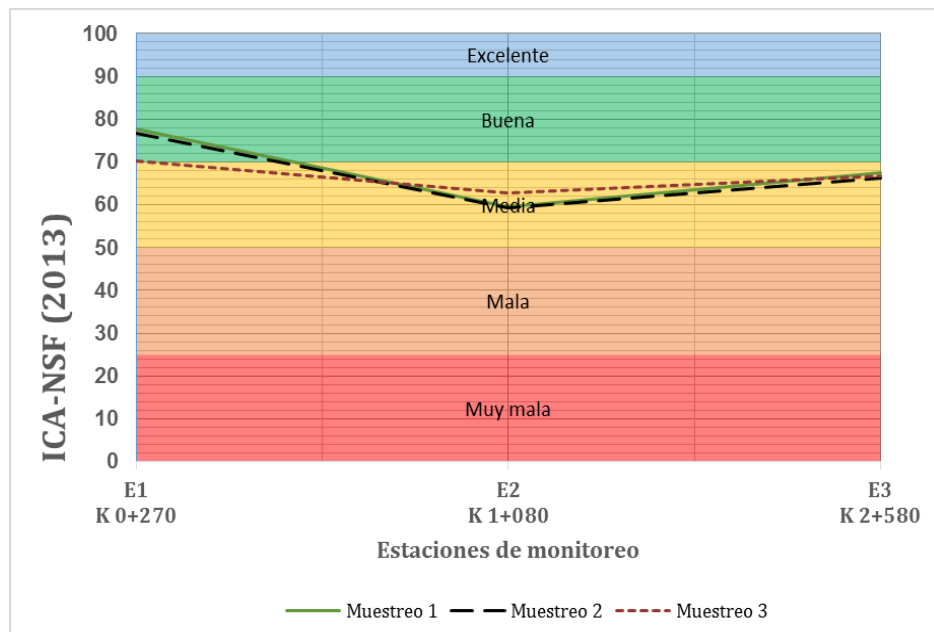


Figura 5. INSF quebrada El Pueblo

Fuente: CARDER – UTP, 2015

Por su parte la quebrada Lavapiés o quebrada Los Chorros nace al noroeste del municipio de Guática, recibe el 40% de las aguas residuales de la cabecera municipal y desemboca al río Guática. Es importante aclarar que el caudal de esta corriente es escaso y en época de estiaje la quebrada se forma cuando recibe las descargas de la primera cámara del municipio (UTP, 2007). A continuación se presenta la localización de las estaciones de monitoreo definidas para la quebrada Lavapiés.

Tabla 8. Estaciones de monitoreo quebrada Lavapiés

Corriente	Estación	Coordenadas	
		X	Y
Q. Lavapiés	E1 - Después de la descarga municipal	1141059	1080329
	E2- Antes de la desembocadura al río Guática	1140866	1080427

Fuente: CARDER – UTP, 2015

Los tres (3) monitoreos realizados en el año 2013 para la Q. Lavapiés, mostraron que para el tramo I antes de la primera descarga del municipio se presentó una calidad que varió entre media a mala, por alta concentración de DBO5 y Coliformes Fecales, así como una muy baja concentración de oxígeno disuelto en el agua OD, mientras que en el tramo II se observó una pequeña recuperación hasta la desembocadura como se evidencia en la Figura 6.

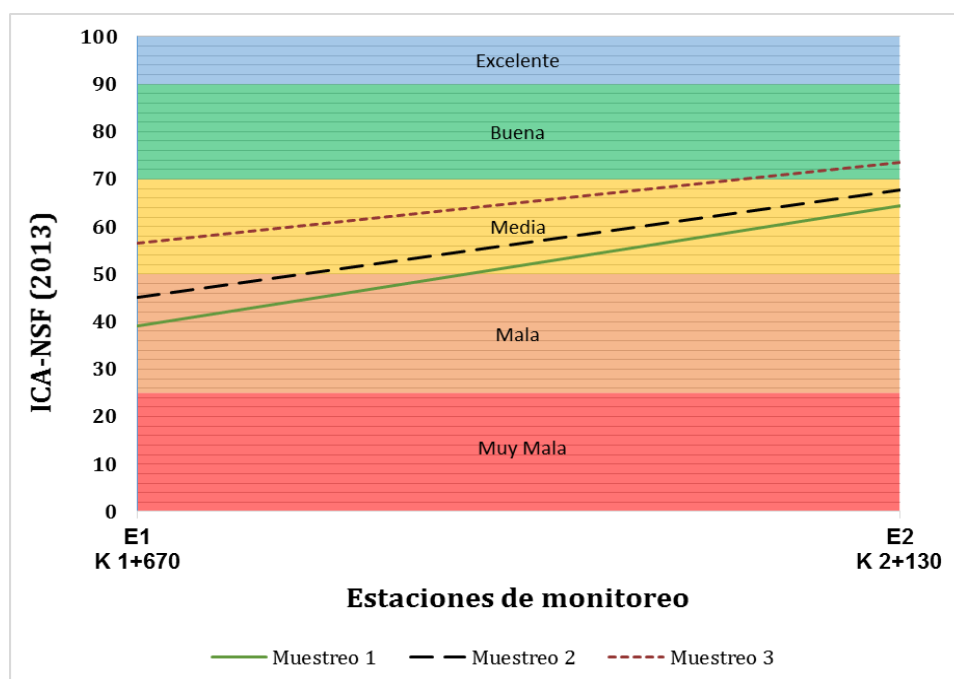


Figura 6. NSF quebrada Lavapiés

Fuente: CARDER – UTP, 2015

2.2.5 Municipio de La Virginia

En el municipio de La Virginia, los objetivos de calidad se establecieron sobre las fuentes río Risaralda y río Cauca, las cuales atraviesan las márgenes del sector urbano, siendo los cuerpos receptores del alcantarillado del municipio.

Tabla 9. Estaciones de monitoreo río Risaralda (sector La Virginia)

Corriente	Estación	Coordenadas	
		X	Y
Río Risaralda	E1 - Puente Negro	1135088	1043660
	E2- Desembocadura	1132016	1033018

Fuente: CARDER – UTP, 2015

Los tres (3) monitoreos realizados en el año 2013 para el río Risaralda, mostraron para el tramo I, una buena calidad, la cual disminuye a media a partir del tramo II y continúa con esta tendencia hasta el tramo III, como se observa en la Figura 7.

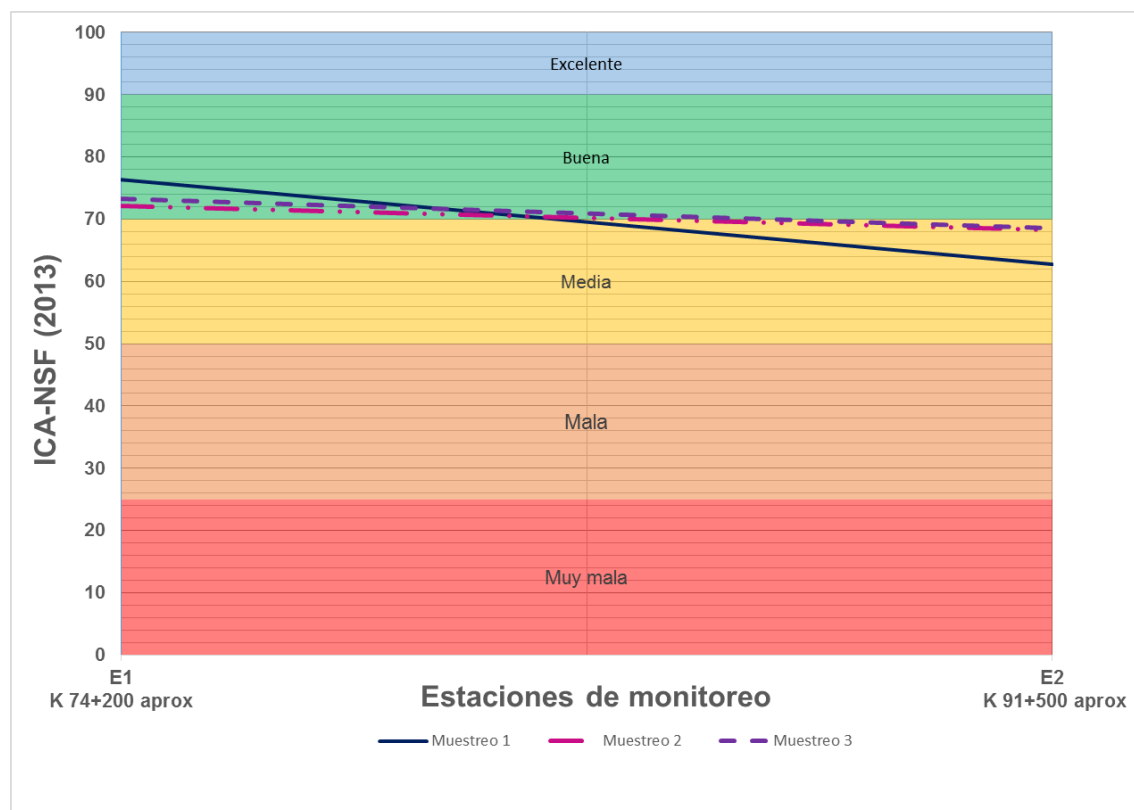


Figura 7. INSF río Risaralda (sector La Virginia)
Fuente: CARDER – UTP, 2015

2.2.6 Municipio de Mistrató

La zona urbana del municipio de Mistrató, se localiza en la margen izquierda del río Risaralda, siendo el cuerpo receptor del alcantarillado municipal (UTP, 2007).

Tabla 10. Estaciones de monitoreo río Risaralda (sector Mistrató)

Corriente	Estación	Coordenadas	
		X	Y
Río Risaralda	E1 -Antes de Mistrató	1132410	1079924
	E2-Después de Mistrató	1132702	1076912
	E3-Puente Umbría	1137093	1072154

Fuente: CARDER – UTP, 2015

Los tres (3) monitoreos realizados en el año 2013 para el río Risaralda, en las estaciones definidas a su paso por el municipio de Mistrató mostro para los tres (3) tramos en general una calidad buena, lo cual puede deberse a la capacidad de asimilación de esta fuente receptora, ver Figura 8.

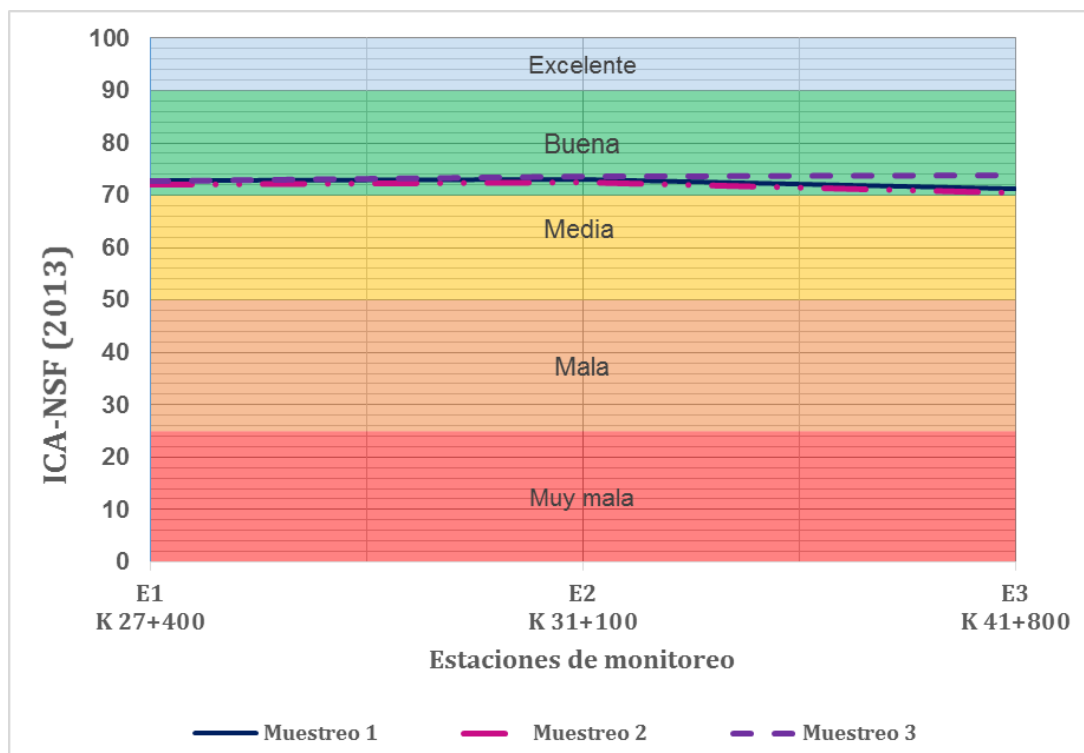


Figura 8. NSF río Risaralda (sector Mistrató)

Fuente: CARDER – UTP, 2015

2.2.7 Municipio de Santuario

En el municipio de Santuario, se establecieron objetivos de calidad sobre las corrientes quebrada La Bomba y río Mapa, las cuales atraviesan la margen izquierda y derecha de la zona urbana, siendo los cuerpos receptores del alcantarillado municipal.

La quebrada La Bomba nace en el casco urbano en el sector Nororiental cerca de los barrios Los Pinos y Las Palmas en la Finca Las Palmas, abastece a los residentes de la propiedad y dos (2) viviendas más. A 100 m aproximadamente de su nacimiento, la quebrada recibe el primer vertimiento municipal procedente de los barrios antes mencionados; después de su paso por la cabecera municipal, ha recibido el 49% de las aguas residuales de la población urbana. A continuación, se presentan las estaciones de monitoreo definidas para la Q. La Bomba.

Tabla 11. Estaciones de monitoreo quebrada La Bomba (sector Mistrató)

Corriente	Estación	Coordenadas	
		X	Y
Q. La Bomba	E1 - Antes de la descarga del municipio de Santuario	1123301	1053363
	E2- Después de la descarga municipal de Santuario	1124178	1053329
	E3- Desembocadura	1123202	1052564

Los tres (3) monitoreos realizados en el año 2013, mostraron una buena calidad del agua para el tramo I de la Q. La Bomba, en el tramo II se observa una disminución de la calidad, asociada a la descarga de vertimientos del municipio de Santuario y finalmente en el tramo III se observa una leve recuperación, sin embargo, la calidad del agua continúa en media, a excepción del último monitoreo donde en este tramo se logró alcanzar una calidad buena, como se aprecia en la Figura 9.

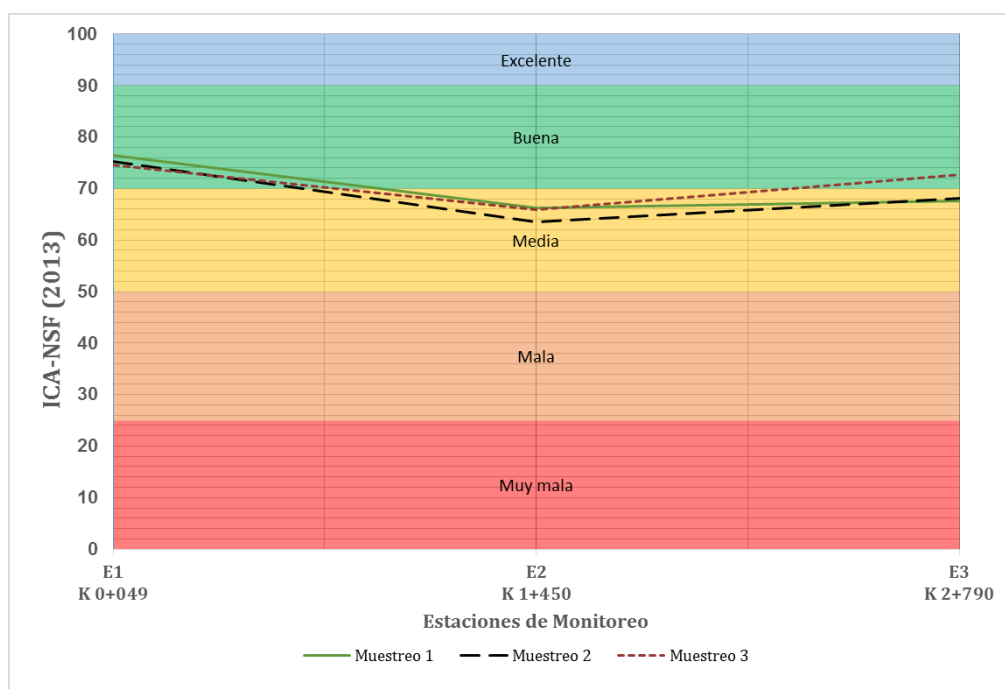


Figura 9. INSF quebrada La Bomba
Fuente: CARDER – UTP, 2015

El río Mapa nace en el Parque Nacional Natural Tatamá, es un importante afluente que abastece parte de la población rural y la totalidad de la población urbana del municipio de Balboa. Cruza por un costado del municipio de Santuario, recibiendo parte de los vertimientos procedentes del municipio.

Tabla 12. Estaciones de monitoreo río Mapa

Corriente	Estación	Coordenadas	
		X	Y
Río Mapa	E1 - Puente Oro fino Calichal	1120828	1053327
	E2- Puente la Marina	1124801	1051257
	E3- Desembocadura	1132884	1040056

Fuente: CARDER – UTP, 2015

Los monitoreos realizados en el año 2013, mostraron en términos generales para los tramos I, II y III una calidad del agua buena, la cual se mantuvo desde el nacimiento hasta la desembocadura, esto puede deberse a la capacidad de asimilación de la corriente receptora, no obstante, en la segunda jornada de monitoreo se observó una disminución de la calidad del agua, llegando a media a partir del tramo II (Figura 10).

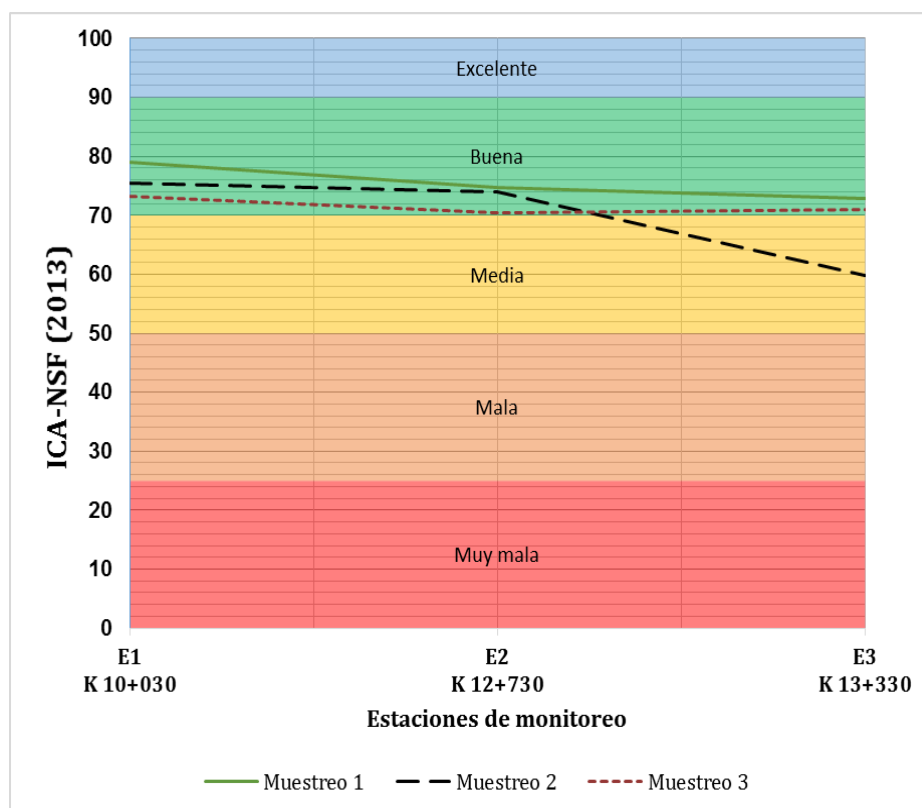


Figura 10. INSF río Mapa
Fuente: CARDER – UTP, 2015

El municipio de La Celia, no se incluye en el análisis debido a que su casco urbano no se encuentra dentro de la cuenca y los vertimientos son entregados al río Monos y al río Cañaveral.

2.3 Red de monitoreo de CORPOCALDAS

Se presenta a continuación la red de monitoreo del recurso hídrico de microcuencas en jurisdicción de los municipios de Caldas que pertenecen a la cuenca del río Risaralda.

Tabla 13. Estaciones de monitoreo de recurso hídrico en microcuencas de Caldas

Municipio	Sub-Cuenca	Micro-Cuenca	Norte	Este	Altura
BELALCAZÁR	Río Risaralda	Quebrada La Betulia	1043628	805308	1560
RISARALDA	Río Risaralda	Quebrada Lázaró	1063436	811826	1444
ANSERMA	Río Risaralda	Quebrada Gupacha	1064727	807136	1099
RISARALDA	Río Risaralda	Quebrada Lázaró	1063521	811753	1507
VITERBO	Río Risaralda	Quebrada Guamito	1049711	801353	963
ANSERMA	Río Risaralda	Quebrada	1071177	811752	1647
ANSERMA	Río Risaralda	Quebrada San Pedro	1070802	808672	1248
SAN JOSÉ	Río Risaralda	Quebrada Changüí	1054719	804168	1007
ANSERMA	Río Risaralda	Quebrada Guapacha	1071097	807965	1242
ANSERMA	Río Risaralda	Quebrada Cauyá	1068735	810251	1494
SAN JOSÉ	Río Risaralda	Quebrada Changüí	1054707	805848	1128
ANSERMA	Río Risaralda	Quebrada San Pedro	1071308	809035	1558
BELALCAZÁR	Río Risaralda	Quebrada La Betulia	1044010	804179	994
VITERBO	Río Risaralda	Quebrada La Máquina	1057334	804552	1010

Fuente: CORPOCALDAS, 2013

Adicionalmente, desde el año 2005 CORPOCALDAS ha realizado estudios de calidad de agua en jurisdicción de su departamento. En la Tabla 14, se observan las estaciones monitoreadas por para determinar la afectación por vertimientos.

Tabla 14. Estaciones de monitoreo de recurso hídrico para la afectación por vertimientos

Municipio	Estación	Fuente receptora	Descripción	Altura
Riosucio	E1	Riosucio	Antes de vertimientos	1625
	E2	Riosucio	Después de vertimientos	1472
Anserma	E1	Q. Cauyá	Antes del municipio	995
	E2	Q. Cauyá	Después del municipio	963
	E3	Q. San Pedro	Antes de recibir primer descole	1606
	E4	Q. San Pedro	Antes de desembocar río Risaralda	1457
	E5	R. Risaralda	Antes de la quebrada San Pedro	1367

Municipio	Estación	Fuente receptora	Descripción	Altura
	E6	R. Risaralda	Después de la Q. Egoyá	1255
Viterbo	E1	Río Risaralda	Puente de entrada a Belén de Umbria	995
	E2	Río Risaralda	Después de pasar por el municipio	963
Belalcázar	E1	Q. 2614001022004	Antes de que se unan los descoles	1087
	E2	Q. Betulia	Después de la unión de los descoles	994
	E3	Q. 2617124011	Finca El Placer – Nacimiento	1600
	E4	Q. Monterredonda	Después del último descole	1233
San José	E1	Q. 2614001046009	Antes de la desembocadura Q. Changüí	1050
	E2	Q. Changüí	Después de las descargas del municipio	1000

Fuente: CORPOCALDAS, 2013

En el estudio denominado “*Estudio hidrológico, hidráulico y ambiental del río Risaralda mediante campañas de muestreo de las variables ambientales y de sedimentos para el tramo final de los ríos Risaralda y Mapa Informe final*”, desarrollado en el año 2010 se presenta una red de monitoreo para la corriente principal del río Risaralda y río Mapa (Tabla 15).

Tabla 15. Estaciones de monitoreo de recurso hídrico ríos Risaralda y Mapa

Fuente receptora	Lugar de muestreo	Altura
R. Risaralda	Puente Lázaro	1086
R. Risaralda	Puente Remolinos	965
R. Risaralda	Puente Negro	965
R. Mapa	La Cristalina – Puente colgante	1044
R. Mapa	R. Mapa	975
R. Risaralda	Puente Mocatán vía Apía - La Virginia	1253

Fuente: CORPOCALDAS, 2013

Con respecto a la red de monitoreo de calidad de agua, el presente proyecto tuvo acceso a varios informes, dentro de los cuales el último es derivado del contrato 2012-278 Suscrito entre la Corporación Autónoma Regional de Caldas CORPOCALDAS y la Fundación Profesional para el Manejo Integral del Agua PROAGUA, cuyo objeto fue “*operar la red de monitoreo de la calidad del agua en la subcuenca del río chinchiná, quebrada aguas claras - río marmato y fuentes receptoras de vertimientos municipales en el departamento de caldas; y optimizar el modelo matemático de simulación de calidad del agua qual2kw en el río chinchiná y quebrada Manizales*”, presentado en el año 2013.

Para analizar los resultados, se realizó la aplicación de Índices de Calidad ICA y determinación de índices de contaminación ICO, uno de los índices calculado y adoptado por CORPOCALDAS históricamente es el ICA-CETESB (2002), que es una adaptación del ICA-NSF para ríos de condiciones tropicales, ésta adaptación propuso modificar el ICA multiplicativo de la NSF, ajustado a las condiciones

específicas de los ríos del Estado de Sao Paulo. Dicha modificación consistió en el cambio de los parámetros Nitratos y Fosfatos por Nitrógeno Total y Fósforo Total respectivamente, manteniendo las mismas funciones de los subíndices y las ponderaciones específicas de cada parámetro establecido en el ICA-NSF. Adicionalmente, el CETESB modificó la clasificación de la calidad del agua de los ríos de acuerdo con el valor del índice obtenido, considerando la destinación del recurso para el abastecimiento humano.

Para realizar la clasificación del agua de acuerdo con la metodología del ICA-CETESB, existen rangos y colores teniendo en cuenta las características que debe presentar el agua para ser considerada como fuente de captación para el consumo humano, como se aprecia en la Tabla 16.

Tabla 16. Clasificación de la calidad del agua según el valor del ICA-CETESB

Índice de Calidad	Clasificación
79-100	Excelente calidad
51-79	Buena calidad
36-51	Regular calidad
19-36	Mala calidad
0-19	Pésima calidad

Fuente. CORPOCALDAS, 2013

2.4 Análisis de calidad de agua municipios jurisdicción CORPOCALDAS

A continuación, se presenta para cada municipio que de Caldas que hace parte de la cuenca las estaciones que son monitoreadas y los resultados del ICA – CETESB para una campaña de monitoreo realizada en el año 2013.

2.4.1 Municipio de Viterbo

La fuente receptora de los vertimientos de la cabecera municipal de Viterbo es el río Risaralda, en el cual se tienen dos estaciones de monitoreo, la primera ubicada antes de Belén de Umbría y la segunda después de pasar el municipio de Viterbo.

Tabla 17. Estaciones de monitoreo municipio de Viterbo

Corriente	Estación	Coordenadas	
		Lat	Long
Río Risaralda	E1. Antes de Belén de Umbría	5°6'52.30"	75°50'38.74
	E2. Después de pasar por el municipio de Viterbo	5°2'55.33"	75°52'7.26

Fuente. CORPOCALDAS, 2013

Para el año 2013, en el municipio de Viterbo se realizó la campaña de monitoreo, con el fin de realizar un seguimiento a la calidad del agua del río Risaralda en el tramo que recibe los vertimientos provenientes del municipio de Viterbo.

En la determinación de la calidad del agua del río Risaralda se calculó el valor del ICA, el cual presentó un nivel de “Regular calidad” en E1 y “Buena calidad” en E2. Esta situación se debe a un mejoramiento de los parámetros como turbiedad, DBO₅, coliformes fecales, nitrógeno y sólidos totales. Esto puede indicar una buena capacidad de dilución y recuperación del río.

A pesar de este mejoramiento, en la E1 se presenta un deterioro de la calidad del agua con respecto a los estudios de años anteriores, esto puede atribuirse a vertimientos realizados antes de la entrada a Belén de Umbría (CORPOCALDAS, 2013).

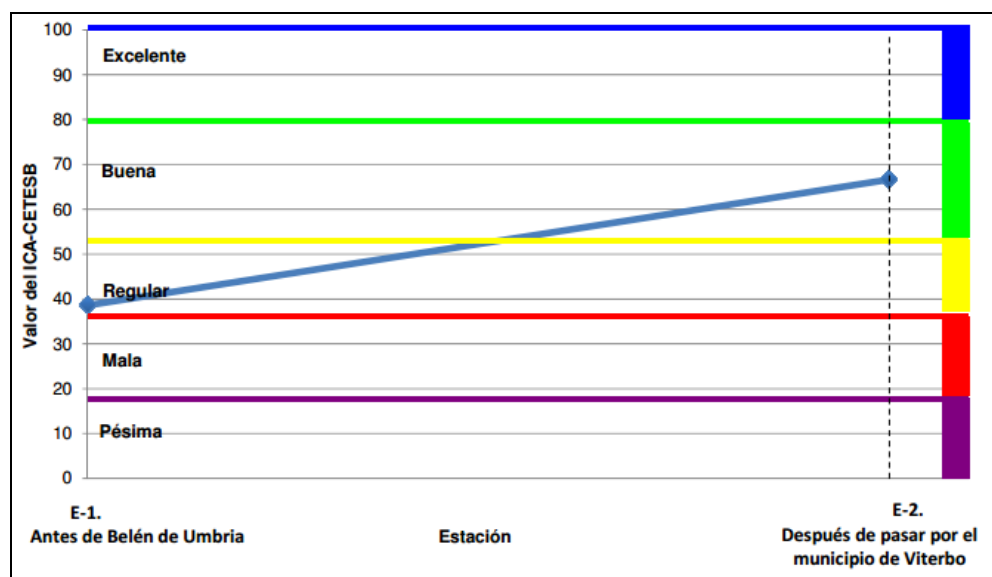


Figura 11. ICA – CETESB río Risaralda (municipio de Viterbo)

Fuente. CORPOCALDAS, 2013

2.4.2 Municipio de Belalcázar

El municipio de Belalcázar cuenta con cuatro fuentes receptoras de los vertimientos municipales, en la cuales se tienen establecidas cuatro estaciones establecidas por CORPOCALDAS, de las cuatro estaciones, dos corresponden a jurisdicción de la cuenca del río Risaralda y se presenta en la Tabla 18.

Tabla 18. Estaciones de monitoreo municipio de Belalcázar

Corriente	Estación	Coordenadas	
		Lat	Long
Quebrada 2619-001-0022-004	E1. Belalcázar	4°59'51.66"	75°49'2.86"
Quebrada Betulia	E2. Belalcázar.	4°59'40.58"	75°50'45.72"

Fuente. CORPOCALDAS, 2013

En la quebrada NN, se reportó una disminución significativa de la calidad del agua, la cual se refleja en el valor del ICA, que pasa de “Buena calidad” a “Mala calidad” en E2. Esto se presenta por el incremento de turbiedad, nitrógeno total, DBO₅, sólidos totales y coliformes fecales, debido a la descarga de aguas residuales domésticas.

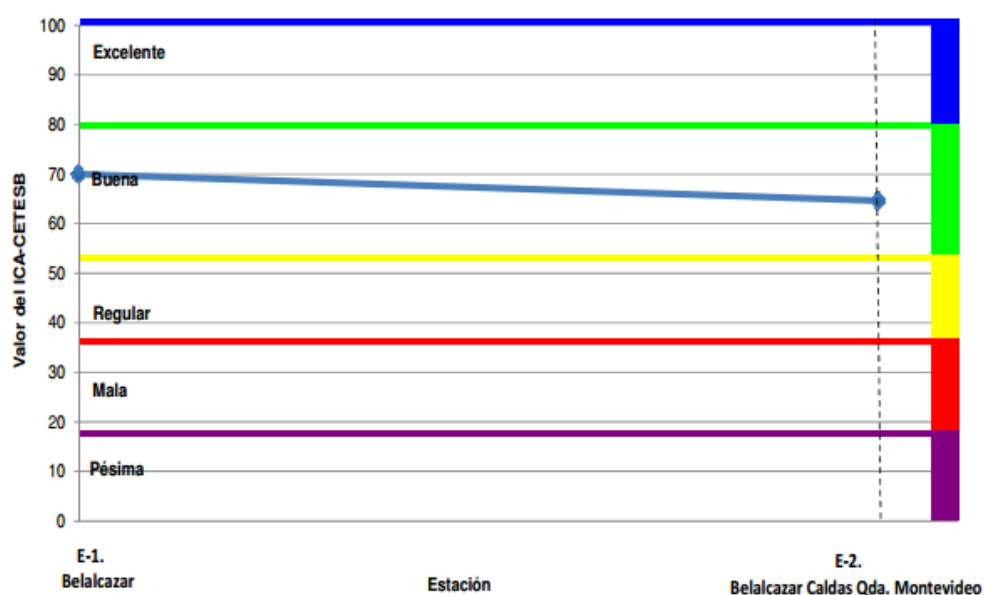


Figura 12. ICA – CETESB corrientes de agua municipio de Belalcázar

Fuente. CORPOCALDAS, 2013

2.4.3 Municipio de San José

El municipio de San José cuenta con tres fuentes receptoras de las aguas residuales municipales, las cuales son quebrada sin nombre, quebrada Changüi y quebrada la Habana. Las estaciones que hacen parte de la cuenca Risaralda son la que se relacionan en la Tabla 19.

Tabla 19. Estaciones de monitoreo municipio de San José

Corriente	Estación	Coordenadas	
		Lat	Long
Quebrada 2619-001-0022-004	E1. Antes de desembocar a la quebrada Changüi.	5°4'29"	75°49'20.69"
Quebrada Changüi	E2. Después se recoger las aguas residuales del Mpio.	5°5'20.53"	75°50'36.34"

Fuente. CORPOCALDAS, 2013

El estado de calidad del agua, calculado a través del ICA pasó de un nivel de “Buena calidad” a “Mala calidad”, en las E1 y E2. Esto se presentó, debido al incremento de turbiedad, DBO₅, y coliformes fecales, por los vertimientos de aguas residuales del municipio de San José. Este deterioro limita los usos de la fuente y pone en riesgo la fauna presente en este cuerpo de agua.

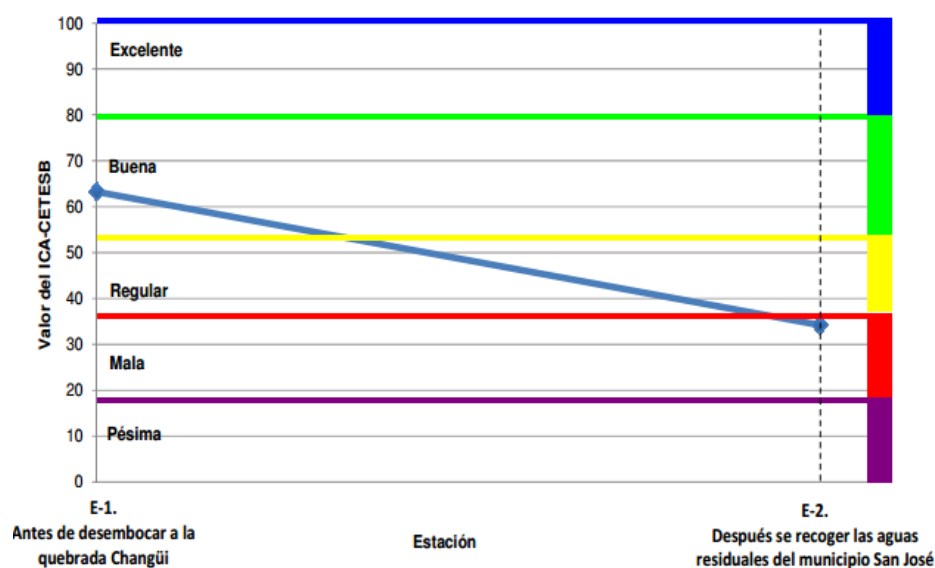


Figura 13. ICA – CETESB corrientes de agua municipio de San José

Fuente. CORPOCALDAS, 2013

2.4.4 Municipio de Risaralda

El municipio de Risaralda cuenta con una fuente receptora de los vertimientos municipales, siendo la quebrada sin nombre afluente de la quebrada lázaro, donde

se cuenta con dos estaciones de monitoreo establecidas por Corpocaldas, con el fin de establecer la carga y el comportamiento de los contaminantes aportados por el municipio de Risaralda.

Tabla 20. Estaciones de monitoreo municipio de Risaralda

Corriente	Estación	Coordenadas	
		Lat	Long
Quebrada sin nombre	E1. Antes de desembocar quebrada Lázaro.	5 10'14.90"	75 46'35.40"
Quebrada Lázaro	E2. Después de desembocar a la quebrada sin nombre.	5 10'12.31"	75 46'42.24"

En la Figura 14 se muestra el resultado obtenido del cálculo del ICA a lo largo de la quebrada Lázaro, en las dos estaciones de muestreo. Esto se realizó con el fin de determinar el estado de calidad, las posibles fuentes de contaminación y la disponibilidad para otros usos.

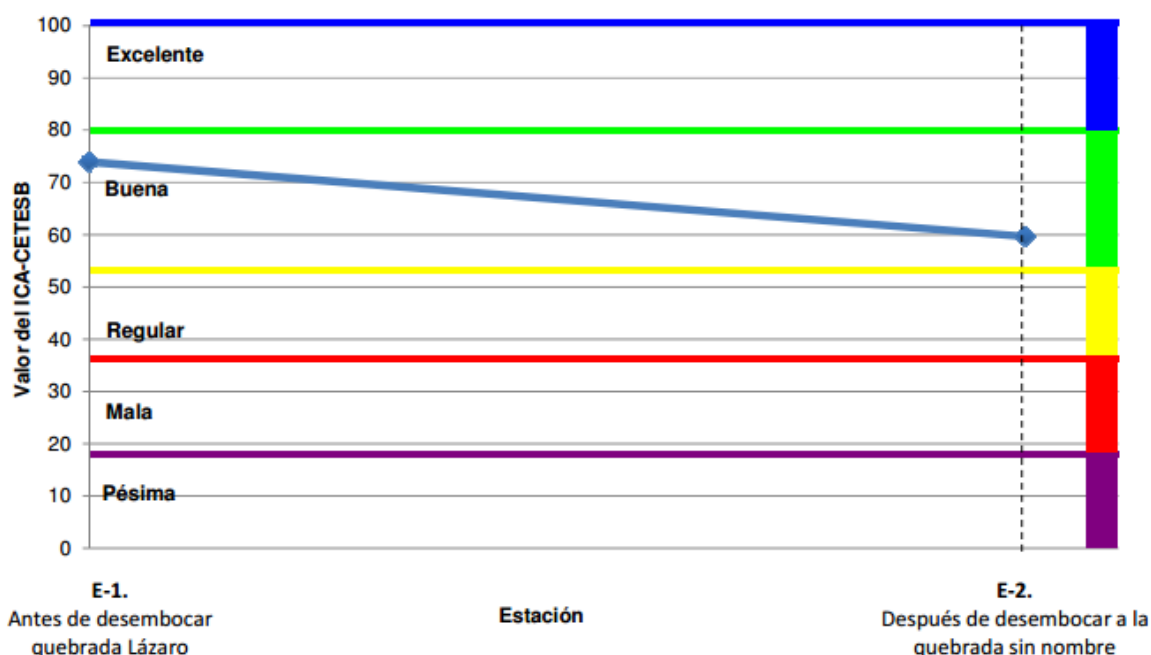


Figura 14. ICA – CETESB corrientes de agua municipio de Risaralda

Fuente. CORPOCALDAS, 2013

2.4.5 Municipio de Anserma

El municipio de Anserma cuenta con tres fuentes receptoras de los vertimientos municipales, donde se han establecido seis estaciones de monitoreo. En la Tabla 21 se presenta una descripción de estas estaciones y de su ubicación geográfica.

Tabla 21. Estaciones de monitoreo municipio de Anserma

Corriente	Estación	Coordenadas	
		Lat	Long
Quebrada Cauyá.	E1. Antes de entrar al municipio	5°14'25.17"	75°46'48.47"
Quebrada Cauyá.	E2. Después de pasar por el municipio	5°13'6.23"	75°47'32.59"
Quebrada San Pedro	E3. Antes de recibir el primer descole	5°14'29.42"	75°48'12.39"
Quebrada San Pedro	E4. Antes de desembocar al río Risaralda.	5°14'12.30"	75°48'28.83"
Río Risaralda	E5. Antes de la quebrada San Pedro.	5°14'15.94"	75°48'29.88"
Río Risaralda	E6. Después de la quebrada Cauya	5°11'10.45"	75°49'8.25"

Fuente. CORPOCALDAS, 2013

El comportamiento del ICA a lo largo de las estaciones E1 y E2, se mantuvo en un nivel de “Buena calidad”, aunque se aprecia una disminución del valor del ICA que se puede atribuir al incremento de Coliformes totales, durante este tramo, posiblemente por la descarga de aguas residuales en su paso por el municipio. De acuerdo a los resultados históricos, se conserva el estado de calidad del agua durante los diferentes muestreos realizados en varios años (CORPOCALDAS, 2013), ver Figura 15.

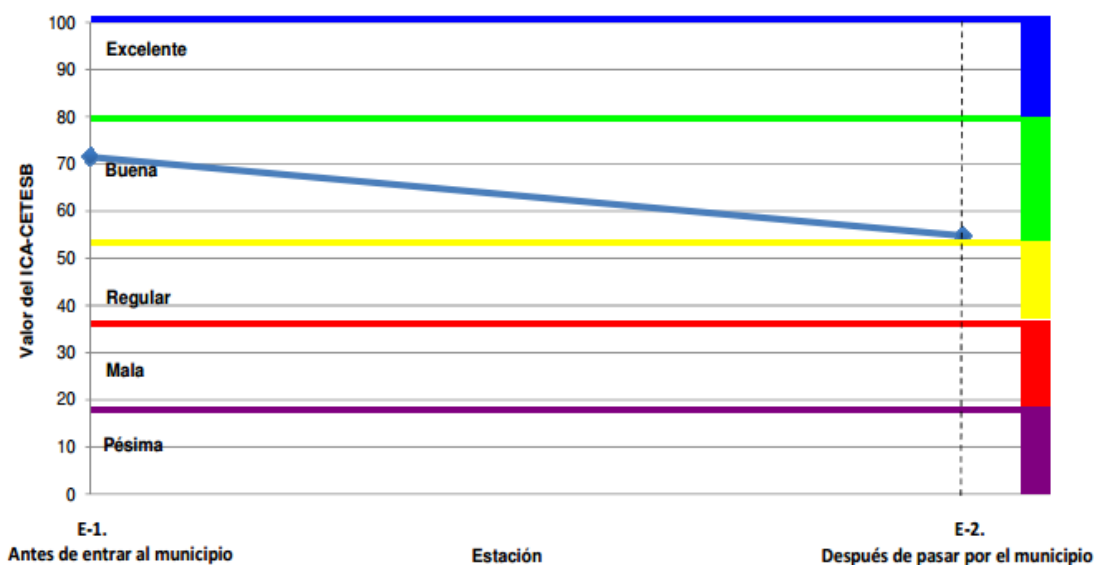


Figura 15. ICA – CETESB quebrada Cauya – Municipio de Anserma

Fuente. CORPOCALDAS, 2013

La calidad del agua del río Risaralda, se midió a través del cálculo del ICA, en el cual se obtuvo que el nivel de clasificación corresponda a “Buena calidad”. Este

comportamiento, se presenta de la misma manera en los diferentes estudios realizados en años anteriores, como se aprecia en Figura 16.

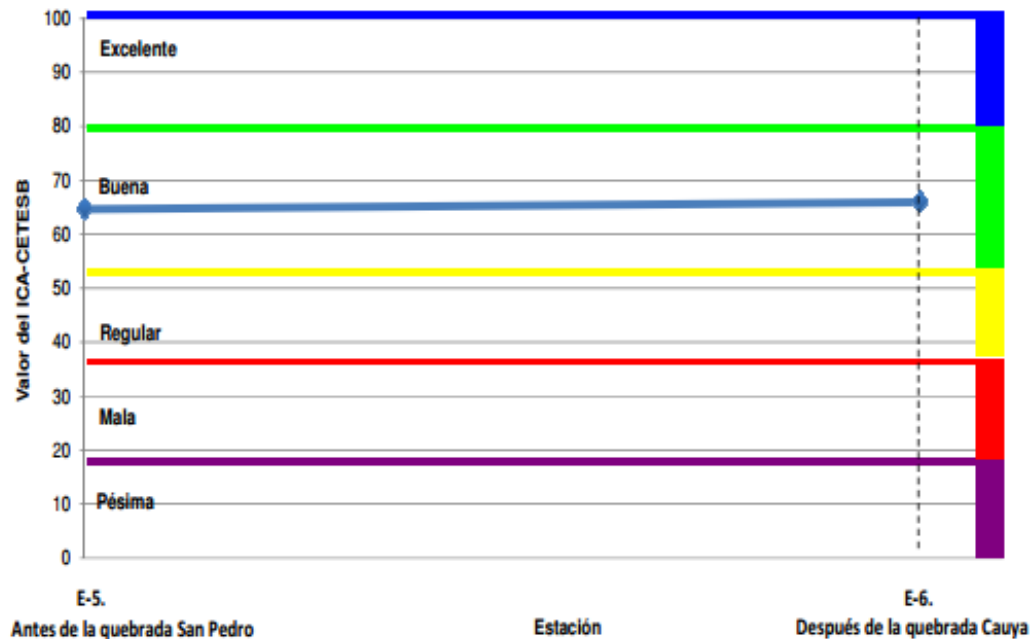


Figura 16. ICA – CETESB río Risaralda – Municipio de Anserma
Fuente. CORPOCALDAS, 2013

2.4.6 Municipio de Riosucio

El casco urbano municipio de Riosucio se encuentra por fuera de la jurisdicción de la cuenca del río Risaralda y los vertimientos se entregan al río Cauca, por ello no se presenta análisis para este municipio.

2.5 Índice de Riesgo de La Calidad del Agua para Consumo Humano IRCA

Dentro de los instrumentos básicos para garantizar la calidad de consumo humano, se tiene el Índice de Riesgo de La Calidad del Agua para Consumo Humano –IRCA-, cuya metodología y análisis de cálculo se describe en el artículo 13 del Decreto N° 2115/2007 *“Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano”* del Ministerio de la Protección Social y Ministerio de Ambiente, Vivienda Y Desarrollo Territorial.

Se presenta a continuación la metodología utilizada para el cálculo del indicador:

Tabla 22. Puntajes de riesgo

Característica	Puntaje de riesgo
Color Aparente	6
Turbiedad	15
pH	1.5
Cloro Residual Libre	15
Alcalinidad Total	1
Calcio	1
Fosfatos	1
Manganeso	1
Molibdeno	1
Magnesio	1
Zinc	1
Dureza Total	1
Sulfatos	1
Hierro Total	1.5
Cloruros	1
Nitratos	1
Nitritos	3
Aluminio (Al^{3+})	3
Fluoruros	1
COT	3
Coliformes Totales	15
Escherichia Coli	25
Sumatoria de puntajes asignados	100

Fuente. Resolución 2115/2007

El valor del IRCA es cero (0) puntos cuando cumple con los valores aceptables para cada una de las características físicas, químicas y microbiológicas contempladas en la Resolución y cien puntos (100) para el más alto riesgo cuando no cumple ninguno de ellos.

El cálculo del índice de riesgo de la calidad del agua para consumo humano – IRCA, se realizará utilizando las siguientes fórmulas:

$$IRCA (\%) = \frac{\Sigma \text{ puntajes de riesgo asignado a las características no aceptables}}{\Sigma \text{ puntajes de riesgo asignados a todas las características analizadas}} \times 100$$

$$IRCA (\%) = \frac{\Sigma \text{ de los IRCAs obtenidos en cada muestra realizada en el mes}}{\text{Número total de muestras realizadas en el mes}}$$

Teniendo en cuenta los resultados del IRCA por muestra, se define la siguiente clasificación del nivel de riesgo del agua suministrada para el consumo humano (Tabla 23).

Tabla 23. Calificación del IRCA

Clasificación IRCA (%)	Nivel de Riesgo	IRCA por muestra (Notificaciones que adelantará la autoridad sanitaria de manera inmediata)	IRCA mensual (Acciones)
80.1 - 100	INVIABLE SANITARIA MENTE	Informar a la persona prestadora, al COVE, Alcalde, Gobernador, SSPD, MPS, INS, MAVDT, Contraloría General y Procuraduría General.	Agua no apta para consumo humano, gestión directa de acuerdo a su competencia de la persona prestadora, alcaldes, gobernadores y entidades del orden nacional.
35.1 - 80	ALTO	Informar a la persona prestadora, COVE, Alcalde, Gobernador y a la SSPD.	Agua no apta para consumo humano, gestión directa de acuerdo a su competencia de la persona prestadora y de los alcaldes y gobernadores respectivos.
14.1 - 35	MEDIO	Informar a la persona prestadora, COVE, Alcalde y Gobernador.	Agua no apta para consumo humano, gestión directa de la persona prestadora.
5.1 - 14	BAJO	Informar a la persona prestadora y al COVE.	Agua no apta para consumo humano, susceptible de mejoramiento.
0 - 5	SIN RIESGO	Continuar el control y la vigilancia.	Agua apta para consumo humano. Continuar la vigilancia.

Fuente. Resolución 2115/2007

Adicionalmente, El Instituto Nacional de Salud, en cumplimiento del Decreto 1575 de 2007 y sus resoluciones reglamentarias, que establecen el sistema de protección y control del agua para consumo humano; desarrolló el aplicativo "*Sistema de Información de la Vigilancia de la Calidad del Agua para Consumo Humano-SIVICAP*", que permite a todas las Autoridades Sanitarias departamentales, reportar los datos de la vigilancia de la calidad del agua, en función de sus actividades de Inspección, Vigilancia y Control en el país.

Actualmente, se encuentra en funcionamiento el nuevo sistema-SIVICAP WEB, para reporte en línea de la información de la calidad del agua e incluye el cálculo de los indicadores **IRCA**, IRABA, BPS Y MAPA DE RIESGO. Además, permite compartir más eficientemente la información generada y actualizada, con los diferentes usuarios directos o indirectos del sector. En este sentido se realizó una consulta de la página web del SIVICAP para los municipios que hacen parte de la

Con el fin de establecer la calidad del agua empleada para consumo humano por medio de los acueductos rurales y urbanos dentro de la cuenca

se analizó la información disponible en la página web del SIVICAP (<http://www.ins.gov.co/sivicap/Paginas/sivicap.aspx>), al igual que información suministrada por la Empresa De Aguas y Aseo de Risaralda; es oportuno mencionar que para el caso de los municipios en jurisdicción de Risaralda son del periodo 2015, pero los municipios en jurisdicción de Caldas son para el periodo 2012, ya que es la información que se encuentra disponible en el SIVICAP.

La información consultada se consolidó en la Tabla 24 y lo que se presenta es por cada municipio de la cuenca cuales las entidades prestadoras de acueducto cual es el puntaje promedio de IRCA y el nivel de riesgo.

Tabla 24. IRCA para los municipios de la cuenca

MUNICIPIO	ENTIDAD PRESTADORA	IRCA	NIVEL DE RIESGO
Apía	Acueducto vereda Buenavista	58.39	Alto
	Empresas públicas municipales de Apía E.S.P	0	Sin riesgo
	Junta acción comunal vereda Pavero	82.43	Inviabile sanitariamente
	Junta administradora acueducto Baja Campana	58.39	Alto
	Junta administradora acueducto La Estrella	58.39	Alto
	Junta administradora acueducto La María 2	67.48	Alto
	Junta administradora acueducto San Andrés	59.25	Alto
	Junta administradora acueducto San Andrés alto no. 2	68.14	Alto
	Junta administradora acueducto vereda Dosquebradas	58.39	Alto
	Junta administradora mini acueducto Candelaria	62.16	Alto
	Junta de acción comunal acueducto La María	58.39	Alto
Balboa	Acueducto comunitario Coachuscal	59.25	Alto
	Acueducto vereda San Antonio	21.89	Medio
	Comité acueducto Cocohondo	58.39	Alto
	Comité acueducto Pueblo Nuevo	66.66	Alto
	Emilio Gartner Empresa De Servicios Públicos De Balbo	0	Sin riesgo
	Junta de acción comunal acueducto comunitario La Quiebra	60.15	Alto
	Junta de acción comunal La Palmera	60.15	Alto
	Junta de acción comunal Monterredondo	66.66	Alto
La comunidad vereda Carminales Bajo		75.86	Alto

MUNICIPIO	ENTIDAD PRESTADORA	IRCA	NIVEL DE RIESGO
	Asociación de usuarios acueducto San José - El Congo	58.39	Alto
	Asociación microacueducto Altos De La Loma	60.74	Alto
	Empresas públicas municipales de Belén De Umbría E.S.P.	0	Sin riesgo
	Junta administradora acueducto Piñales Bajo	54.05	Alto
	Junta administradora acueducto Puente Umbría	22.22	Medio
	Junta administradora vereda Guarcia	74.32	Alto
	Usuarios finca La Esperanza	59.85	Alto
Guática	Acueducto La Fuente	59.85	Alto
	Acueducto La Palma 3	59.25	Alto
	Acueducto santa Ana Avasa	73.93	Alto
	Comunidad de socios Acueducto El Jordán	82.43	Inviabile sanitariamente
	Empresas Publicas Municipales de Guática E.S.P.	0	Sin riesgo
	Junta administradora Acueducto Marmolejo	20.97	Medio
	Junta administradora Acueducto Marmolejo Bajo	89.05	Inviabile sanitariamente
	Junta administradora acueducto Vereda Pira	54.05	Alto
La Virginia	Junta beneficiarios acueducto Santa Ana	7.05	Alto
	Empresa de Servicios Públicos de La Virginia E.S.P.	0	Sin riesgo
Mistrató	Junta administradora Acueducto Aguapalma	0	Sin riesgo
	acueducto La María	54.05	Alto
	Acueducto Mampay	58.39	Alto
	Empresa de Servicios Públicos de Mistrató Risaralda E.S.P	0	sin riesgo
	Junta acción comunal vereda Río Mistrató	80.29	inviabile sanitariamente
	Junta administradora Acueducto Barcinal	58.39	Alto
	Junta administradora Acueducto Buenos Aires	84.84	Inviabile sanitariamente
	Junta administradora Acueducto El Caucho	59.25	Alto
	Junta administradora Acueducto Génova	55.17	Alto
	Junta administradora Acueducto Miraflores	55.17	Alto
	Junta administradora acueducto Pinar Del Río	59.25	Alto
	Junta administradora acueducto Playa Bonita	58.39	Alto
	Junta administradora acueducto Quebrada Arriba	0	sin riesgo
	Junta administradora acueducto San José	0	sin riesgo

MUNICIPIO	ENTIDAD PRESTADORA	IRCA	NIVEL DE RIESGO
	Junta administradora acueducto Vereda Bellavista	54.05	Alto
	Junta administradora acueducto Vereda Chorro Seco	58.39	Alto
Santuario	Acueducto comunidad Vereda El Corinto	60.15	Alto
	Acueducto comunitario Peralonso	58.39	Alto
	Asociación de usuarios Acueducto Brillante	60.15	Alto
	Asociación de usuarios Acueducto Cundina	58.39	Alto
	Asociación de usuarios Acueducto El Tambo	59.25	Alto
	Asociación de usuarios Acueducto La Marina	58.39	Alto
	Asociación de usuarios Acueducto La Marina 2	58.39	Alto
	Comunidad acueducto Alto Cedral - La Argelia	59.25	Alto
	Comunitario Alto Peñas Blancas	54.05	Alto
	Comunitario Bajo Peñas Blancas	62.16	Alto
	Empresa de Servicios Públicos de Santuario	0	Sin riesgo
	Junta administradora Acueducto La Bamba	21.89	Medio
	Junta de Acción Comunal Acueducto Orofin	22.22	Medio
Anserma	Asociación de servicios colectivos San Pedro	98.1	Inviabile sanitariamente
	Asociación de servicios colectivos Carmelo Bajo	71.01	Alto
	Asociación de servicios colectivos Partidas	98.1	Inviabile sanitariamente
	Empocaldas Anserma	0	Sin Riesgo
Belalcázar	Empocaldas Belalcázar	0	Sin Riesgo
	Junta administradora El Madroño	71	Alto
	Junta administradora Altobonito	98.1	Inviabile sanitariamente
	Junta administradora Buenavista	98.1	Inviabile sanitariamente
Ríosucio	Empocaldas Ríosucio	0	Sin riesgo
	Junta administradora del Acueducto Aguacatal	80.6	Inviabile sanitariamente
	Junta administradora del acueducto barrio el nevado	98.1	Inviabile sanitariamente
	Junta administradora del acueducto San Lorenzo	0	Sin riesgo
Risaralda	Empocaldas Risaralda	0	Sin riesgo
San José	Comunidad Alto Mira	78.7	Alto
	Empocaldas San José	0	Sin riesgo
Viterbo	Empocaldas Viterbo	0	Sin riesgo
	Junta administradora Bellavista, La Merced	98.1	Inviabile sanitariamente
	Junta administradora Canaán	98.1	Inviabile sanitariamente
	Junta administradora El Porvenir	98.1	Inviabile sanitariamente
	Junta administradora El Socorro	98.1	Inviabile sanitariamente
	Junta Administradora La Arabia	98.1	Inviabile sanitariamente

MUNICIPIO	ENTIDAD PRESTADORA	IRCA	NIVEL DE RIESGO
	Junta administradora La Linda	98.1	Inviabile sanitariamente
	Junta Administradora La Tesalia	98.1	Inviabile sanitariamente
	Junta administradora Palmar, Granadillo	98.1	Inviabile sanitariamente

Fuente: SIVICAP, Aguas y Aseo de Risaralda

2.6 Principales conclusiones redes de monitoreo de calidad del agua

Con respecto a la red de monitoreo de CARDER se puede concluir que para la cuenca existe una red densa, con una frecuencia significativa de tres veces al año, que permite conocer fluctuaciones en los diferentes periodos hidrológicos. El índice de calidad de agua utilizado y que además se soporta en los parámetros analizados por el laboratorio de CARDER es El INSF, sin embargo, a partir del presente proyecto se debe incorporar el cálculo del ICA, el cual es el referente nacional según lo establecido en el ENA y los ERA. En general se observa que el comportamiento del INSF se mantiene entre Buena Calidad en los tramos aguas arriba de los vertimientos, que pasa a Media Calidad en su paso por las cabeceras municipales y que en la mayoría de los casos presentan una tendencia a la recuperación, que puede ser debido a los niveles de autodepuración y reaeración de las corrientes de agua de montaña.

La red de monitoreo de CORPOCALDAS no es tan densa para la cuenca en comparación con CARDER y tampoco tiene una frecuencia alta, ya que se ha realizado con intermitencia entre años. El comportamiento del ICA – CETESB es similar al del INSF en cuanto a que se mantiene entre Buena y Regular Calidad, que disminuye en su paso por los cascos urbano y en algunos casos con tendencia a la recuperación, en otros casos se mantiene o disminuye su calidad.

De la Tabla 24, se puede analizar que se tuvo acceso a información de 90 entidades prestadoras de acueducto, para el caso de los cascos urbanos de los 14 municipios de la cuenca, las empresas prestadoras en promedio un IRCA que indica un agua apta para consumo humano, ya que presenta un nivel Sin Riesgo, lo que indica que el agua suministrada es tratada de manera óptima.

La mayoría de los acueductos rurales en la cuenca tienen un IRCA que indica que el agua no es apta para consumo humano con un nivel de riesgo entre Alto e Inviabile Sanitariamente.

Es importante destacar que en cuanto a los acueductos rurales se refiere la mayoría no cuentan con sistemas de tratamiento por lo que el Índice de Riesgo evaluado es el de la fuente directamente, estos niveles de riesgo altos obtenidos en la zona rural por lo tanto son normales para el agua superficial y se debe entender que los esfuerzos para instalar sistemas de potabilización u optimizar los que ya se tienen debe ser un objetivo fundamental para las administraciones locales.

3 IDENTIFICACIÓN DE ACTIVIDADES PRODUCTIVAS QUE GENERAN VERTIMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES

Se presenta a continuación una descripción de las actividades más importantes en la cuenca que generan vertimientos directos a corrientes de agua, al suelo o difusas.

3.1 Actividad Agrícola

La cuenca del río Risaralda, es una cuenca de carácter productivo y por consiguiente se desarrollan actividades agrícolas que ocupan el 65.27% del área total de la cuenca, en las cuales se utilizan agroquímicos, tales como abonos, plaguicidas, herbicidas, funguicidas, etc), que por su naturaleza pueden afectar los recursos naturales, dentro de ellos, recurso hídrico por escorrentía.

En la parte alta de la subcuenca del río Totuí, las actividades productivas han erradicado las coberturas naturales, destacándose en particular los cultivos de café, plátano y la producción ganadera, estas alteraciones repercuten en afectación al recurso hídrico, ya que las actividades se desarrollan aguas arriba de la captación que abastece al municipio de La Virginia y en la ronda hídrica del nacimiento, como se observa en la Figura 17 y Figura 18.

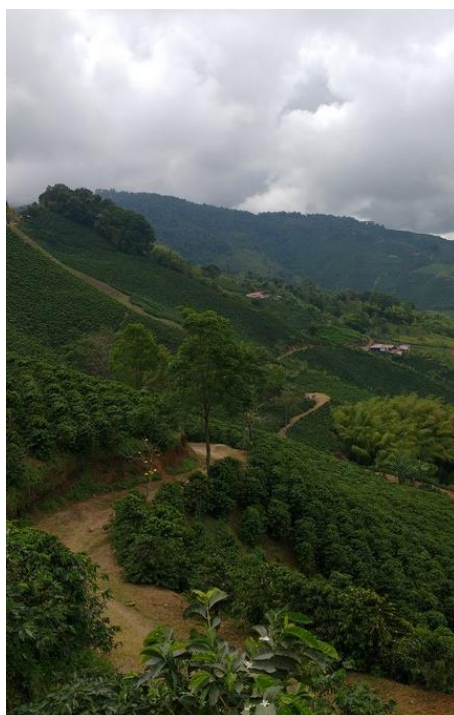


Figura 17. Cultivos transitorios parte alta subcuenca río Totuí
Fuente: Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda. 2017

Las actividades desarrolladas en muchos de los cultivos, se hacen con prácticas poco adecuadas, como lo son el uso de agroquímicos, ubicación en terrenos de ladera y altas pendientes, eliminando las coberturas naturales, y en muchos casos sin respetar las zonas forestales protectoras.



Figura 18. Actividades agropecuarias parte media subcuenca río Totuí
Fuente: Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda

3.2 Actividad pecuaria - porcícola

Para la cuenca del río Otún, de acuerdo con la información suministrada por CARDER existen siete (7) porcícolas, sin embargo sólo una tiene vertimiento directo al río Mapa, el restante cuenta con plan de fertilización al suelo.

Tabla 25. Vertimientos sector porcícolas

Municipio	Usuario	Fuente receptora
Apía	Porcícola Finca Santuario	Suelo
Belén de Umbría	Porcícola Finca El Pomo	Suelo
Belén de Umbría	Porcícola Finca La Manuela	Suelo
Guática	Porcícola Finca La Galicia	Suelo
Santuario	Porcícola Granja La Marina	Suelo
Santuario	OINC S.A.S	Río Mapa
Santuario	Finca Villa Carmen	Suelo

Fuente: CARDER, 2015

Para la jurisdicción de CORPOCALDAS, de acuerdo con la información suministrada, solo se identifica una porcícola asociada al municipio de Viterbo y con vertimiento directo al río Risaralda.

3.3 Actividad de beneficio de animales

Con respecto a las centrales de beneficio animal, se identifican cuatro (4) para la jurisdicción de CARDER, las cuales tienen permiso de vertimiento y vierten a un cuerpo de agua, todas son objeto de cobro de tasa retributiva.

Tabla 26. Vertimientos sector centrales de beneficio

Usuario	Permiso de Vertimiento	Fuente Receptora
Central de B. Animal de Apía	Si, Directo	Río Apía
Central de B. Animal de Risaralda	Si, Directo	Río Chápata
Central de B. Animal de Guática	Si, Directo	Q. El Pueblo
Matadero de La Virginia Ltda.	Si, Directo	Río Risaralda

Fuente: CARDER, 2015

Para el caso de la jurisdicción de CORPOCALDAS, se identifica una solo central de sacrificio en Anserma, la cual tiene vertimiento directo a la quebrada Cauyá.

3.4 Actividad Industrial, Comercial o de Servicios

Con base en los vertimientos reportados por las corporaciones autónomas regionales localizadas en la jurisdicción de la cuenca: CARDER Y CORPOCALDAS, se consolidó un listado de usuarios con permisos de vertimientos a un cuerpo de agua o al suelo, para las actividades domésticas, industriales, comerciales o de servicios. El listado de permisos se encuentra en el anexo digital uno (1), y entre otra información contiene la información general del usuario, el tipo de permiso, tipo de cuerpo receptor, tipo de vertimiento, el caudal, componentes del sistema de tratamiento.

Se identificaron un total de 481 permisos de vertimientos, de dicho total 344 son en jurisdicción de CARDER y 137 en jurisdicción de CORPOCALDAS. Del total de permisos 260 son a un cuerpo de agua y 81 son al suelo, a su vez 339 son de origen doméstico, dos (2) del sector acuícola, dos (2) del sector pecuarios del sector agrícola y 2 son del sector industrial.

Con respecto a los vertimientos de las cabeceras municipales, se puede indicar que ninguno de los 14 municipios que hacen parte de la cuenca, cuentan con

sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas, esto a pesar de que todos los municipios cuentan con Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos aprobados y es por ello que se retoma el siguiente del texto denominado el manejo de las aguas residuales urbanas y los Planes de Saneamiento y Manejo De Vertimientos elaborado por el CARDER:

“Es notable el incremento de la población urbana, con la consecuente demanda de Servicios Públicos Básicos de Acueducto y Alcantarillado. En el caso del Alcantarillado, por consiguiente, aumentan las entregas directas a los cuerpos de agua y por ende la longitud y diámetro de los colectores interceptores, requeridos para trasladar las aguas residuales a los sistemas de tratamiento, normalmente localizados a las afueras de la municipalidad; así entonces, se incrementa el volumen de aguas residuales a recolectar, transportar y tratar, y por ende los costos asociados.

Hoy, la vía fija y expedita de ingresos para financiar el alcantarillado moderno (incluida la construcción de colectores interceptores y las plantas de tratamiento), corresponde y obedece a la tarifa reglamentada para el cobro por la Comisión Reguladora de Agua Potable y Saneamiento (Resolución 287 de 2004).

En el país, por lo menos el 50 % de los Usuarios/Suscriptores Residenciales corresponden a los Estratos Socioeconómicos uno (1) y dos (2), e incluido el tres (3) el 85%; se infiere entonces, una limitada capacidad de pago de los colombianos, y asociada al pago de los Servicios Públicos.

La normativa vigente en Servicios Públicos le posibilita a los Gobiernos Locales subsidiar el Sector Agua Potable y Saneamiento Básico.

Adicionalmente, es oportuno tener en consideración en la ciudad de Pereira, descensos significativos en los consumos de agua en los últimos 8 años, afectando notablemente los ingresos, por conceptos de Acueducto y de Alcantarillado, afectando notablemente los Planes de Inversión en la Empresas Prestadoras de dichos servicios

Las Empresas Prestadoras del Servicio Público del Alcantarillado, aducen tener una limitada capacidad ECONÓMICA – FINANCIERA para abordar las componentes de PREINVERSIÓN, INVERSIÓN y de OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO del Sistema de Alcantarillado, incluyendo el Componente de Tratamiento de Aguas Residuales; así entonces, son inciertas las condiciones para garantizar la implementación de un SERVICIO INTEGRAL SOSTENIBLE.

De otro lado, lo relevante en la ejecución del PSMV corresponde a los proyectos de descontaminación hídrica a nivel urbano: Sistema de Colectores Interceptores y los Sistemas de Tratamiento de las Aguas Residuales Municipales, siendo su

desarrollo bajo en el departamento de Risaralda; adicionalmente, son pocos los Proyectos de Saneamiento Ambiental en ejecución, y mínimos los planificados en el marco del PDA. Las inversiones en el Sistema de Colectores Interceptores y PTARs aún no se reflejan en los PAP – PDA, actualmente en ejecución en el país

Los **PSMV** en el Departamento de Risaralda han sido aprobados por la CARDER, a través de Resoluciones, desde el año 2007 y con vigencia de 10 años, bajo los lineamientos de la Resolución MADS 1433 de 2004.

Es generalizado el incumplimiento de los PSMV por parte de las Empresas Prestadoras del Servicio de Alcantarillado-EPSA, y son motivo de Investigaciones Preliminares por parte de la Entidad; situación que se suma a la incertidumbre originada en los esquemas de financiación que se plantean de orden nacional, regional, local y condicionada a la gestión a cargo de la EPSA o de los Municipios.

Igualmente, el incumplimiento de los PSMV ha traído consigo un incremento sustancial de la Tasa Retributiva en Risaralda (por lo menos del 50% a partir de 2013, con la entrada en vigencia del Decreto 2667-12 MADS). De igual forma, es inminente el aumento sucesivo anual y en dicha proporción, ante la incertidumbre generalizada del cumplimiento de los Cronogramas aprobados

La Facturación de la Tasa Retributiva en el período 2009-2013, por parte de la CARDER, corresponde aproximadamente a **\$14,000 millones**.

Utilización Recaudo CARDER periodo 2009 - 2013

- Inversión Urbana (Colectores Interceptores): 50%
- Inversión Rural (Sistemas Sépticos): 20%
- Implementación Cobro (Logística, Monitoreo, Laboratorio): 30%”

En la Tabla 27 se presenta un consolidado de los permisos de vertimientos de aguas residuales domésticas y no domésticos relacionando los sistemas de tratamiento.

Tabla 27. Consolidado de permisos de vertimientos

Jurisdicción - Corporación	Número de permisos de vertimiento	Vertimientos domésticos	Tipos Sistema de tratamiento vertimientos domésticos	Vertimientos no domésticos			Estaciones de servicio	Cafetero
				Agrícola	Industrial	Pecuario		
CARDER	344	339 80 al suelo 259 a un cuerpo de agua	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Trampa de grasas ✓ Tanque séptico ✓ FAFA 	1 permiso: <ul style="list-style-type: none"> ✓ Tanque tolva desnatadora ✓ Filtro Anaerobio 	2 permisos <ul style="list-style-type: none"> ✓ Trampa de grasas ✓ Lodos activados ✓ Sedimentador Clarificador ✓ Pila de cenizas ✓ Piscina de enfriamiento 	2 permisos Piscina de sedimentación estabilización	2 permisos Rejilla perimetral y trampa de grasas	
CORPOCALDAS	137	52 57 no reporta tipo de sistema	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Trampa de grasas ✓ Tanque séptico ✓ FAFA 		1		13 Rejilla perimetral y trampa de grasas	1. Beneficiadero de Tipo Ecológico 1 2. Cuenta con beneficiadero tipo Tradicional. 3. Beneficiadero de tipo Ecológico No 3 4. Beneficiadero de Tipo Ecológico 1 5. Módulo BELCOSUB 6. Beneficiadero Tradicional

Fuente: CARDER, CORPOCALDAS 2016

4 ESTIMACIONES DE CARGAS CONTAMINANTES

El convenio N° 676/2014, suscrito entre la Universidad Tecnológica de Pereira y la CARDER tuvo como objeto *“Aunar esfuerzos entre la CARDER y la UTP para adelantar el proceso de establecimiento de las metas de carga contaminante para el Quinquenio años 2015-2019, en la implementación de Tasa Retributiva, en el departamento de Risaralda, de acuerdo a lo establecido por el decreto 2667 de 2012”*, uno de los productos fue actualizar el listado de usuarios de tasa retributiva y determinar la línea base de carga contaminante. En este sentido se presenta a continuación para los prestadores de servicios públicos, industrias y porcícolas las cargas contaminantes para el año 2013.

A su vez, el contrato N° 109-2013 suscrito entre la Universidad Tecnológica de Pereira y CORPOCALDAS, tuvo como objeto *“Apoyo técnico para la reglamentación de la tasa retributiva por la utilización directa e indirecta del recurso hídrico como receptor de vertimientos puntuales, jurisdicción de CORPOCALDAS”*

Los anteriores estudios se toman como principal referente para la estimación de línea base de carga contaminante, sin desconocer que existen otros vertimientos no incluidos en los usuarios objeto de cobro de tasa retributiva que aportan carga contaminante, como por ejemplo el sector cafetero y el sector minero, del cual no se cuenta con información suficiente para estimación de cargas contaminantes. En este sentido se presenta a continuación consolidados de los usuarios y las cargas contaminantes.

4.1 Cargas contaminantes jurisdicción CARDER

La Resolución CARDER N° 252/2007, estableció los objetivos de calidad para los cuerpos de agua, en este sentido en la Tabla 28, se presentan los tramos para cada fuente receptora de los municipios en jurisdicción de la cuenca y el uso potencial preponderante.

Tabla 28. Tramos y usos preponderantes

Municipio	Fuente Receptora	Tramo	Objetivo de Calidad – uso preponderante
Apía	Río Apía	Tramo I Nacimiento – 1ra Descarga Urbana	Recreativo Contacto Primario
		Tramo II Urbano Río Apía – PTARF	Recreativo Contacto Secundario

Municipio	Fuente Receptora	Tramo	Objetivo de Calidad – uso preponderante
		Tramo III PTARF – Desembocadura	Preservación Fauna y Flora
Balboa	Q. Cristales	Tramo I Nacimiento – 1ra Descarga Urbana	Consumo humano y doméstico (tratamiento desinfección)
		Tramo II Urbano Q. Cristales – PTARF	Recreativo Contacto Secundario
		Tramo III PTARF – Desembocadura	Consumo humano y doméstico (tratamiento convencional)
Belén de Umbría	Q. Chápata	Tramo I Nacimiento – 1ra Descarga Urbana	Consumo humano y doméstico (tratamiento desinfección)
		Tramo II Urbano Q. Chápata - PTARF	Recreativo contacto secundario
		Tramo III PTARF – Desembocadura	Preservación Fauna y Flora
Guática	Q. El Pueblo - Ojo de Agua-	Tramo I Nacimiento – 1ra Descarga Urbana	Consumo humano y doméstico (tratamiento desinfección)
		Tramo II Urbano Q. El Pueblo - PTARF	Recreativo contacto secundario
		Tramo III PTARF – Desembocadura	Asimilación
	Q. Lavapiés - Los Chorros-	Tramo I Nacimiento – 1ra Descarga Urbana	Asimilación
		Tramo II Urbano Q. Lavapiés Desembocadura	Agrícola
La Virginia	R. Risaralda	Tramo I Nacimiento – 1ra Descarga Urbana	Recreativo contacto primario
		Tramo II Urbano R. Risaralda Desembocadura	Recreativo contacto primario
Mistrató	Río Risaralda	Tramo I Nacimiento – 1ra Descarga Urbana	Consumo humano y doméstico (tratamiento desinfección)
		Tramo II Urbano Río Risaralda - PTARF	Recreativo contacto secundario
		Tramo III PTARF – Desembocadura	Recreativo contacto primario

Fuente: CARDER, 2015

4.1.1 Cargas contaminantes sector doméstico

El sector doméstico es quien aporta mayor carga contaminante a los cuerpos de agua ya que no cuentan actualmente con ningún tratamiento, es por ello que las empresas de servicios públicos se encuentran en incumplimiento con el cronograma de obras e inversiones contempladas en los PSMV, lo que conlleva al incremento del factor regional y por tanto el valor a pagar por tasa retributiva. En Risaralda, el único municipio que cuenta con Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) es la E.S.P de La Celia, la cual opera desde el año 2009 y posee permiso de vertimientos a partir del año 2012, sin embargo el casco urbano de este municipio no hace parte de la cuenca del río Risaralda.

De los municipios que vierten directamente sus aguas residuales domésticas al río Risaralda son: parte del municipio de La Virginia, Mistrató y Viterbo.

En la Tabla 29 se presenta la información asociada al cobro de la tasa retributiva a las E.S.P. para el año 2013, el estado del permiso de vertimiento o PSMV, la fuente receptora y la carga contaminante generada.

Tabla 29. Cargas contaminantes E.S.P jurisdicción CARDER

Municipio	Usuario	Fuente Receptora	Carga Cont. Último año (2013)	
			DBO (Kg/año)	SST (Kg/año)
Apía	E.S.P. Apía (alcantarillado)	Río Apía	143,992.50	143,992.50
	E.S.P. Apía (PTAP)	Río Apía	155.95	3,367.41
Balboa	E.S.P. Balboa (alcantarillado)	Q. Cristales – Q. Cuba	33,561.75	33,561.75
	E.S.P. Balboa (PTAP)	Q. Cristales	26.09	563.87
Belén de Umbría	E.S.P. Belén (alcantarillado)	Q. Chápata	227,650.50	227,650.50
	E.S.P. Belén de Umbría (PTAP)	Q. Chápata	196.12	4,233.27
Guática	E.S.P. Guática (alcantarillado)	Q. El Pueblo – Q. Lavapiés	72,051.00	72,051.00
	E.S.P. Guática (PTAP)	Q. El Pueblo	26.45	571.65
La Virginia	E.S.P. La Virginia (alcantarillado)	Río Cauca – Río Risaralda	572,064.50	572,064.50
	E.S.P. La Virginia (PTAP)	Río Risaralda	523.45	11,306.71
Mistrató	E.S.P. Mistrató (alcantarillado)	Río Risaralda	76,431.00	76,431.00
	E.S.P. Mistrató (PTAP)	Río Risaralda	26.61	575.07

Municipio	Usuario	Fuente Receptora	Carga Cont. Último año (2013)	
			DBO (Kg/año)	SST (Kg/año)
Santuario	E.S.P. Santuario (alcantarillado)	Río Mapa	131,016.75	131,016.75
	E.S.P. Santuario (PTAP)	Río Mapa	149.44	3,226.86

Fuente: CARDER, UTP 2015

4.1.2 Cargas contaminante sector industrial

De acuerdo con la información aportada por CARDER (convenio N° 676/2014), hacen parte de este sector aquellos usuarios que vierten aguas residuales no doméstica (ARnD), con excepción de las porcícolas, las cuales se clasificaron en un sector aparte.

En la Tabla 30, se presentan los vertimientos del sector industrial, de las cuales se encuentran que 4 usuarios son del sector de sacrificio bovino y porcino, y 1 industria.

Al río Risaralda vierten directamente el Matadero de La Virginia y el Ingenio de Risaralda, siendo oportuno mencionar que es la única industria en jurisdicción de CARDER que vierte y paga tasa retributiva, adicionalmente esta industria se encuentra dentro de las cinco con mayor aporte de carga contaminante de todo el departamento de Risaralda.

Tabla 30. Vertimientos del sector industrial

Departamento Jurisdicción	Municipio	Usuario	Fuente Receptora	Carga Línea Base (2013)	
				DBO (Kg/año)	SST (Kg/año)
Risaralda CARDER	Apía	Central de B. Animal: Cooperativa COOPGACOR	Río Apía	1,175.0	380.2
	Belén de Umbría	Central de B. Animal: Matadero Municipal de Risaralda S.A.	Q. Chápata	2,403.5	2,761.7
	La Virginia	Matadero de La Virginia Ltda.	Río Risaralda	2,949.5	6,509.6
	La Virginia	Ingenio Risaralda S.A.	Río Risaralda	519,748.3	338,919.8
	Santuario	OINC. S.A	Río Mapa	858.0	177.6

Fuente: CARDER, UTP 2015

4.1.3 Cargas contaminantes sector porcícola

Como se mencionó en el capítulo 3, ítem 3.2, se identificaron 4 porcícolas, de las cuales solo una tiene vertimiento directo, corresponde a OINC S.A.S, la cual para el año 2013 vertió una carga contaminante de 858 Kg/año de DBO₅ y 177.6 Kg/año de SST.

4.2 Cargas contaminantes jurisdicción CORPOCALDAS

La resolución CORPOCALDAS N° 239 de mayo 24 de 2007, estableció los criterios y los objetivos de calidad en 23 municipios del departamento, dentro de los cuales se encuentran los 5 municipios de la cuenca.

4.2.1 Cargas contaminantes sector doméstico

En la Tabla 31 se presentan las cargas contaminantes para el sector doméstico, por parte de las empresas prestadoras de servicio de alcantarillado. Se puede apreciar que el municipio que vierte directamente al río Risaralda es Viterbo, los demás vierten a tributarios.

Tabla 31. Cargas contaminantes E.S.P jurisdicción CARDER

Razón Social	Municipio	Permiso de vertimientos	Tipo de vertimiento	Corriente con objetivos de calidad	DBO ₅ (Kg/año)	SST (Kg/año)
EMPOCALDAS S.A. E.S.P., Anserma	Anserma	PSMV	Doméstico	Q. Cauyá	316.379	316.379
EMPOCALDA S.A. E.S.P., Belalcázar	Belalcázar	PSMV	Doméstico	Q. Montevideo - Q. Betulia	72.538	72.538
EMPOCALDAS S.A. E.S.P., Risaralda	Risaralda	No tiene	Doméstico	Q. Lázaro	97.844.98	97.844.98
EMPOCALDAS S.A. E.S.P., San José	San José	No tiene	Doméstico	Q. 2614-001-046-009 y Changüí	30.000	30.000
EMPOCALDAS S.A. E.S.P., Viterbo	Viterbo	No tiene	Doméstico	Río Risaralda	231.997.34	231.997.34

Fuente: CORPOCALDAS, UTP 2015

4.2.2 Cargas contaminantes sector industrial

Para los municipios en jurisdicción de la cuenca del río Risaralda por parte de CORPOCALDAS, no se reportan usuarios industriales con vertimientos o que sean objeto de cobro de tasa retributiva.

4.2.3 Cargas contaminantes sector sacrificio

Solo se identifica un usuario objeto de cobro de tasa retributiva y con vertimiento directo en la cuenca, el cual es Frigoporcinos del Eje S.A.S, que de acuerdo con la línea base para el año 2013, vertió una carga de 3878.67 kg/año de DBO_5 y 1384.13 kg/año de SST al río Risaralda, esta central de sacrificio se encuentra en jurisdicción de Viterbo.

5 REALIZACIÓN DE CAMPAÑAS DE MONITOREO

Para el planificación del programa de monitoreo de la cantidad y la calidad del recurso de la cuenca del río Risaralda, se llevaron a cabo tres pasos, en ellos se realizó la revisión de información secundaria de experiencias preliminares de monitoreo de cantidad y calidad de agua e información de estaciones de aforo existentes con el fin de caracterizar la red de monitoreo actual para así, priorizar las estaciones monitorear definidas en la reunión adelantada con el profesionales de la CARDER y CORPOCALDAS.

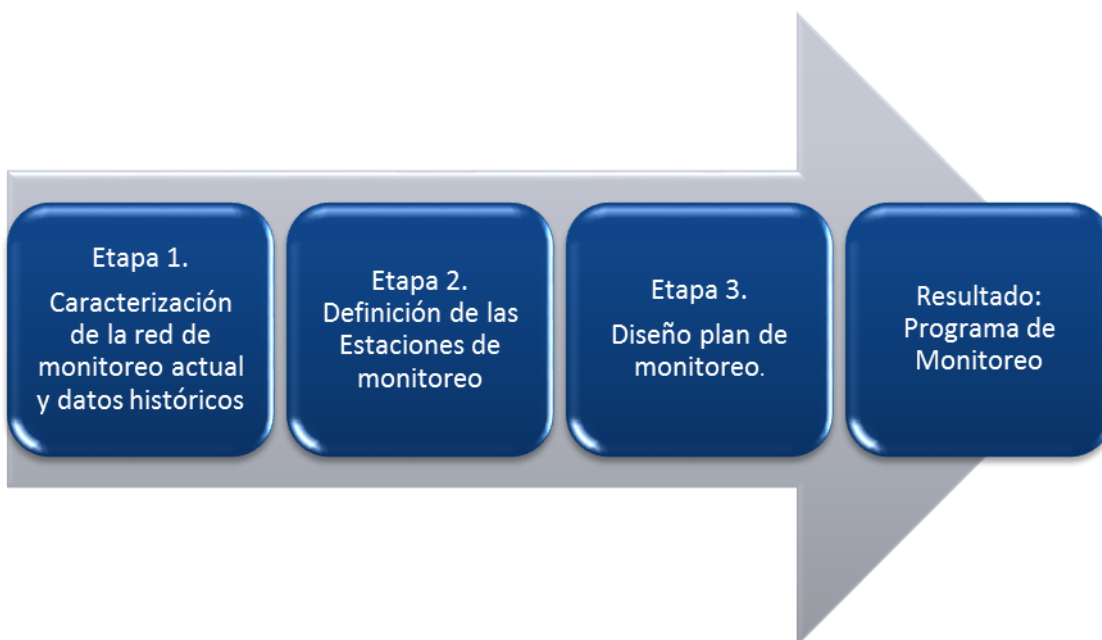


Figura 19. Etapas para la elaboración del plan de monitoreo
Fuente. Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda 2016

Con base en la red de monitoreo de calidad de agua, definida en el capítulo 2 del presente documento se definió la red de monitoreo de calidad de agua.

A continuación (Tabla 32) se relacionan las estaciones de monitoreo concertados y el esquema de localización.

Tabla 32. Estaciones de monitoreo

Ítem	Nombre de la nueva estación	COORDENADAS	
		X	Y
1	Río Risaralda rio arriba – Arroyo Hondo	802458,48	1086375,93
2	R. Risaralda. Antes descarga municipio Mistrató	799540,56	1079060,34
3	R. Risaralda. Después descarga municipio Mistrató	800311,97	1077428,96
4	R. Risaralda. Puente Umbría	804476,67	1072311,38
5	R. Risaralda. después de la Q. Cauyá	807151,76	1064718,91
6	R. Risaralda. Las Palmeras	804305,34	1057158,00
7	R. Risaralda. Puente Negro	802358,03	1043673,16
8	R. Mapa. Desembocadura	800116,10	1040186,72
9	R. Totuí. Desembocadura	799656,47	1036769,89
10	R. Risaralda Antes de la Virginia	799208,75	1033297,81
11	R. Risaralda. Desembocadura	799302,21	1033146,25
12	Q. Chápata. Desembocadura	804047,83	1057007,59
13	R. Guática. Desembocadura O Estación la Virgen	807535,32	1070976,68

Fuente. Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda 2016

Se efectuaron dos campañas de monitoreo para las diferentes condiciones hidrológicas en los puntos definidos. El monitoreo correspondiente a condiciones hidrológicas secas se realizó entre el ocho (8) y diez (10) de febrero de 2016 y el monitoreo en condiciones de transición a lluvias se efectuó entre el 30 de marzo – 31 de marzo de 2016, ambas tomadas en condiciones ambientales favorables a la toma de muestras. En el anexo dos (2), se presenta el marco metodológico para los aforos y muestreos.

5.1.1 Resultados de Aforos

En la Tabla 33 se puede evidenciar los caudales obtenidos en los aforos de la primera y segunda campaña respectivamente, así como el método utilizado.

Tabla 33. Resultados de aforos y métodos de medición

Ítem	Nombre de la nueva estación	Caudales m³/s		Método
		Campaña 1	Campaña 2	
1	Río Risaralda rio arriba – Arroyo Hondo	0.25	0.42	Área velocidad
2	R. Risaralda. Antes descarga municipio Mistrató	2.34	2.87	Área velocidad
3	R. Risaralda. Después descarga municipio Mistrató	2.71	2.93	Área velocidad
4	R. Risaralda. Puente Umbría	2.87	3.11	Área velocidad
5	R. Risaralda. después de la Q. Cauyá	3.82	6.46	Área velocidad
6	R. Risaralda. Las Palmeras	3.85	6.55	Área velocidad

Ítem	Nombre de la nueva estación	Caudales m ³ /s		Método
		Campaña 1	Campaña 2	
7	R. Risaralda. Puente Negro	4.91	8.0	Perfilador acústico
8	R. Mapa. Desembocadura	1.07	1.41	Área velocidad
9	R. Totuí. Desembocadura	0.05	0.035	Área velocidad
10	R. Risaralda Antes de la Virginia	6.23	9.55	Perfilador acústico
11	R. Risaralda. Desembocadura	6.29	10.4	Perfilador acústico
12	Q. Chápata. Desembocadura	0.80	0.39	Área velocidad
13	R. Guática. Desembocadura O Estación la Virgen	3.40	4.27	Área velocidad

Fuente. Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda 2016

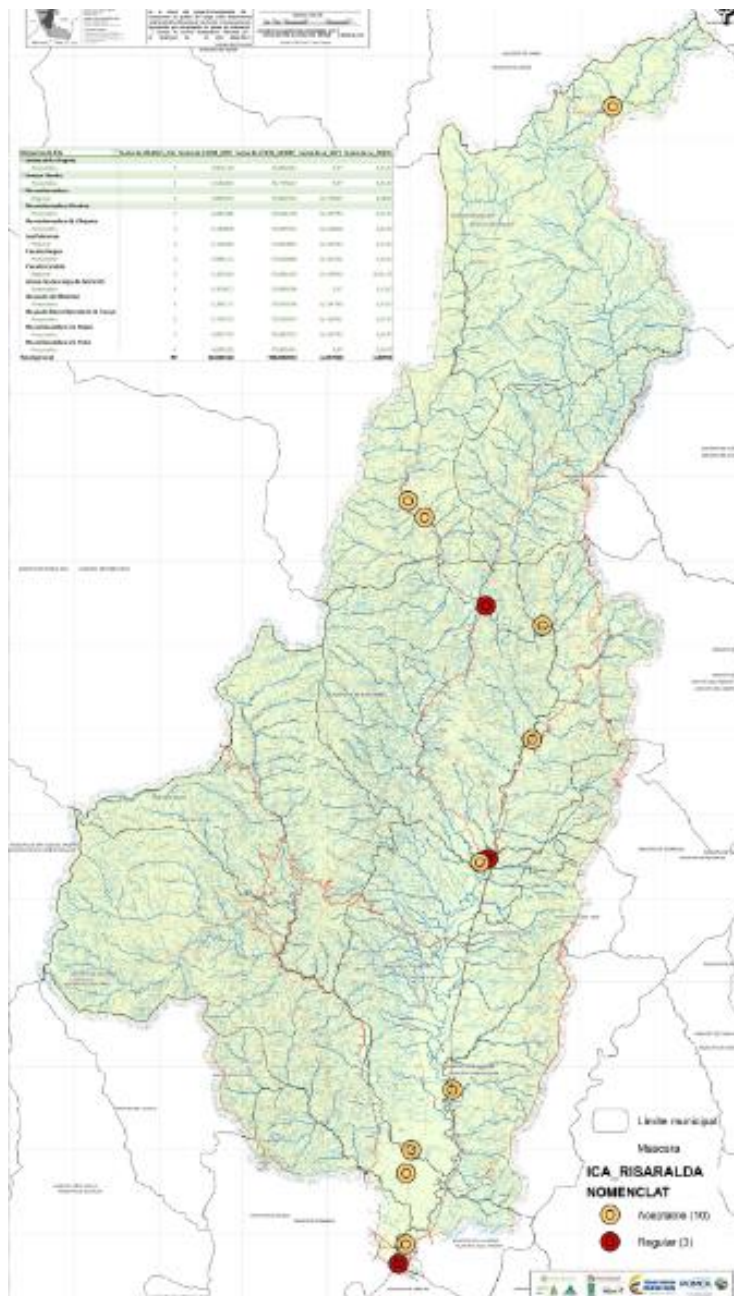


Figura 20. Esquema de localización de estaciones de monitoreo de calidad de agua
 Fuente. Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda 2016

En general se puede observar que la primera campaña registró menores caudales en comparación con la segunda campaña a excepción de la estación río Totuí desembocadura y quebrada Chapatá desembocadura, cabe la pena resaltar del río Totuí se abastece el municipio de La Virginia Risaralda y la quebrada Chápata es el principal cuerpo receptor de vertimientos de Belén de Umbría Risaralda. Para el resto de estaciones el aumento de caudales es consecuente con los periodos climáticos e hidrológicos en los cuales se desarrollaron las campañas.



Figura 21. Aforo río Risaralda

Fuente. Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda 2016

El muestreo de calidad incluyó un registro detallado de las condiciones de y de las características de la zona que permitan identificar problemas asociados con la calidad (vertimientos puntuales, asentamientos en la orilla del cauce, actividades económicas aledañas) o que permitan realizar modificaciones a las estaciones consideradas debido a dificultades de acceso, alteraciones del cauce, etc.

Las muestras de la primera campaña fueron enviadas para su análisis fisicoquímico al Laboratorio de Química Ambiental de la Universidad Tecnológica de Pereira, acreditado mediante por el IDEAM mediante Resolución N° 2234 de septiembre 2 de 2014; para la segunda campaña las muestras se analizaron por

parte del Laboratorio de Química de la Universidad Nacional sede Manizales, el cual se encuentra acreditado mediante ante el IDEAM según resolución No. 0004 del 02 de enero de 2012 y Resolución No. 1418 del 12 de julio de 2012. Las resoluciones de acreditación se encuentran en anexos 3 y 4

Con respecto al análisis de los parámetros microbiológicos (Coliformes fecales y Coliformes totales), fueron analizados por el Laboratorio de Análisis de Aguas de la Universidad Tecnológica de Pereira, acreditado por ONAC.

Durante su transporte, las muestras se almacenaron en neveras plásticas con válvula de desagüe de fondo y se refrigeraron a 6°C, en ausencia de luz, para garantizar la confiabilidad de los resultados de sus análisis en el laboratorio.

En la preservación de muestras se siguieron las técnicas del “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater en su última edición

En la Tabla 34 se muestran los parámetros monitoreados en las dos campañas de monitoreo en la cuenca del río Risaralda

Tabla 34. Parámetros monitoreados

PARÁMETRO	MÉTODO
pH	Electrométrico
DBO5	Incubación a cinco días, electrodo de membrana
DQO	Reflujo con dicromato
Conductividad	Conductivímetro
Fósforo total	Ácido ascórbico
Oxígeno disuelto	Modificación de la Ázida - Volumetría
Nitrógeno total	Micro - Kjeldahl
Sólidos suspendidos totales	Filtración y secado entre 103 - 105°C
Coliformes	Índice número más probable

Fuente. Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda 2016

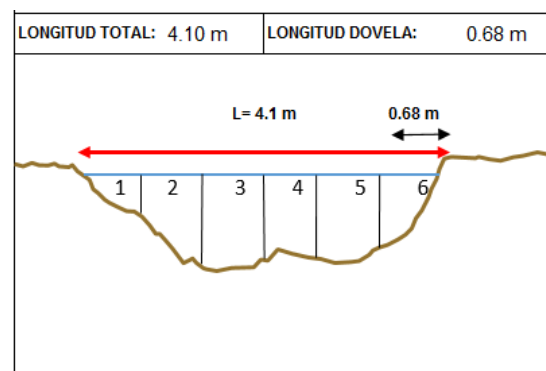
5.2 Resultados de aforos y muestreos

Se muestra a continuación fichas de resultados por cada estación, la cual incluye un registro fotográfico, observaciones principales del área de influencia, el perfil transversal de la sección en el aforo y los resultados de laboratorio comparados con los históricos en donde existe información de referencia. Los resultados de los aforos y de los reportes del laboratorio se encuentran en los anexos 7 a 10.

RÍO RISARALDA AGUAS ARRIBA (Q. ARROYONDO)



Es la primera estación de monitoreo seleccionada para esta campaña, no se tienen datos históricos de la misma. Se observó una buena cobertura vegetal de especies arbóreas y zonas de plantación forestal en especial eucalipto y pino, ganadería extensiva, sembrado de mora de castilla. Durante la campaña de periodo seco se observó alta nubosidad sin lluvias. En la campaña de periodo lluvioso se tuvo una precipitación leve durante el muestreo.



Parámetro	Caudal m³/s	O.D mg/l	Temperatura del agua °C	SST mg/l	DQO mg/l	Nitrógeno Total mg N/L	Fosforo total mg P-PO4/L	Conductividad eléctrica uS/cm	pH Und	DBO 5 mg/l	C. Fecales NMP/ 100ml
Campaña 1	0.25	7.98	12.2	3.9	13.5	<10	0.03	34.4	7.75	1.95	170
Campaña 2	0.42	7.7	13.2	6	13.5	<1.54	0.02	26	7.55	1.69	27
Máximo	No existen históricos										
Mínimo	No existen históricos										
Promedio	No existen históricos										

REGISTRO FOTOGRÁFICO



Puente sobre el río Risaralda a 50 metros del punto



Centro educativo los Chancos a 100 metros del puente



Ubicación del punto en referencia al puente

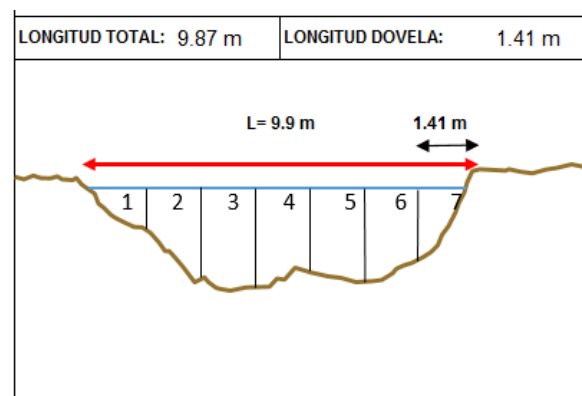


Medición de parametros de campo (campana periodo seco)

RÍO RISARALDA ANTES DE MISTRATÓ



Hacia este sector ya se presentan cambios en las dinámicas de los usos de suelo, existen actividades agrícolas y pecuarias. Se evidencian coberturas vegetales de pastos, caña brava, café y algunos relictos de cultivos de eucalipto. A unos metros aguas abajo se evidenciaron descoles de aguas residuales domésticas. El agua no presenta olor o color característico. Durante el muestreo de período seco se presentó una nubosidad media sin presencia de lluvias. En la siguiente campaña se presentaron lluvias ligeras.



Parámetro	Caudal m ³ /s	O.D mg/l	Temperatura del agua °C	SST mg/l	DQO mg/l	Nitrógeno Total mg N/L	Fosforo total mg P-PO ₄ /L	Conductividad eléctrica uS/cm	pH Und	DBO 5 mg/l	C. Fecales NMP/ 100ml
Campaña 1	2.34	7.55	21.1	3.9	13.5	ND	0.03	81.4	8.5	1.95	130
Campaña 2	2.87	7.53	19.2	4	13.5	ND	0.18	67	7.9	1.69	49
Máximo	11867.0	8.4	19.8	174.0	53.0	-	-	-	8.0	5.6	13000.0
Mínimo	3105.0	7.2	15.8	2.1	5.0	-	-	-	6.6	0.01	50.0
Promedio	7254.0	7.7	17.3	26.4	13.2	-	-	-	7.6	0.8	2663.4

REGISTRO FOTOGRÁFICO



Viviendas aledañas al punto de muestreo



Cultivos en las cercanías del punto

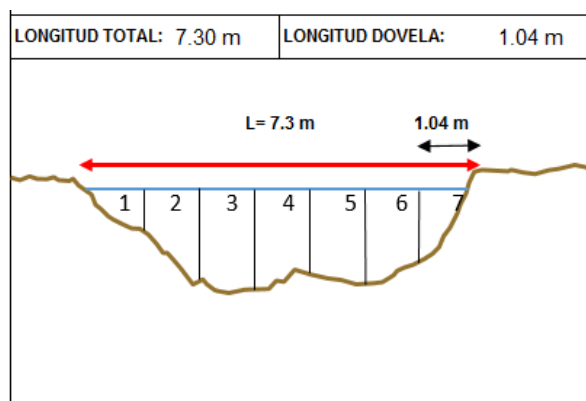


Integración de muestras en el punto (campana periodo seco)

RÍO RISARALDA DESPUÉS DE MISTRATÓ



En este punto, el río ha recogido descargas de aguas residuales del casco urbano del municipio de Mistrató. Las coberturas vegetales observadas son cultivos agrícolas (café, plátano, cítricos), rastrojo de porte medio. También se evidenció una erosión en el lado izquierdo y derecho del cauce. . Durante el muestreo de período seco se presentó una nubosidad media sin presencia de lluvias. En la siguiente campaña se presentaron lluvias ligeras.



Parámetro	Caudal m³/s	O.D mg/l	Temperatura del agua °C	SST mg/l	DQO mg/l	Nitrógeno Total mg N/L	Fosforo total mg P-PO4/L	Conductividad eléctrica uS/cm	pH Und	DBO 5 mg/l	C. Fecales NMP/ 100ml
Campaña 1	2.71	7.19	21.5	5.9	13.5	ND	0.03	88.9	8.1	1.95	920
Campaña 2	2.93	7.74	20.5	7	13.5	ND	0.02	65.8	7.8	1.69	920
Máximo	11.7	-	19.0	98.4	21.3				7.9	138.0	54000.0
Mínimo	3.17	-	16.6	3.6	18.9				7.4	63.3	5400.0
Promedio	7.22		17.6	27.7	20.5				7.6	88.6	37566.7

REGISTRO FOTOGRÁFICO



Vivienda de referencia para descender al punto de muestreo



Cultivos de café y plátano cerca del punto de muestreo



Toma de muestras en el punto (campaña periodo seco)

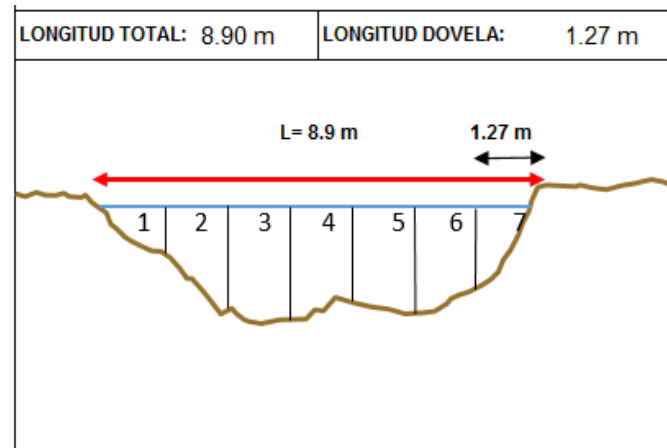


Medición parámetros in situ en el punto (campaña periodo seco)

RÍO RISARALDA PUENTE UMBRÍA



Se evidenció un uso del suelo de cultivo de caña, ganadería, se observó una cantera clausurada. Esta zona ha sido utilizada como de recreación por lo que se presenta contacto primario y secundario. Se observan coberturas vegetales de pastos, rastrojo bajo. Aguas arriba del punto se evidenciaron algunos vertimientos domésticos de aproximadamente 5 viviendas. Durante el muestreo de período seco se presentó una nubosidad media sin presencia de lluvias. En la siguiente campaña se presentaron lluvias



Parámetro	Caudal m³/s	O.D mg/l	Temperatura del agua °C	SST mg/l	DQO mg/l	Nitrógeno Total mg N/L	Fosforo total mg P-PO4/L	Conductividad eléctrica uS/cm	pH Und	DBO 5 mg/l	C. Fecales NMP/ 100ml
Campaña 1	2.87	6.76	23.3	6.2	13.5	ND	0.04	113	8.2	1.95	1600
Campaña 2	3.1	7.74	21.5	4	13.5	ND	0.03	79.1	7.7	2.73	1600
Máximo	24.5	8.0	24.0	368.0	91.0				8.2	3.4	170000.0
Mínimo	3.36	7.0	16.2	6.0	5.0				7.4	0.1	2400.0
Promedio	9.82	7.4	20.1	60.0	15.4				7.8	1.0	30548.6

REGISTRO FOTOGRÁFICO



Puente via Belén de Umbria y viviendas aledañas



Ganado y explotación de minerales en las cecanías al punto



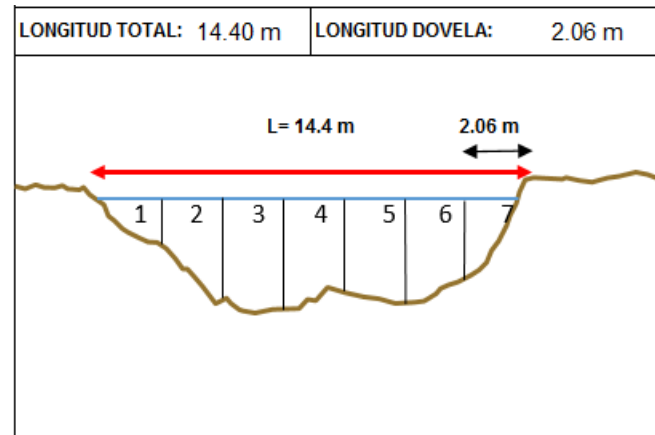
Integración de muestras en el punto (campana periodo seco)



RÍO GUÁTICA DESEMBOCADURA



Punto ubicado sobre el río Risaralda 400 metros aguas abajo de la desembocadura del río Guática, accediendo desde la vía Anserma - Belén de Umbría. A unos 100 metros agua arriba del punto se ubica el proyecto hidroeléctrico Morro Azul, en fase de construcción. La dinámica relevante y reciente en el sector es la PCH Risaralda Energía que ha generado intervenciones del cauce, el cauce es en forma de V y se evidencian zonas de altas pendientes. Se observan coberturas de suelo arbóreas y pastos.



Parámetro	Caudal m³/s	O.D mg/l	Temperatura del agua °C	SST mg/l	DQO mg/l	Nitrógeno Total mg N/L	Fosforo total mg P-PO4/L	Conductividad eléctrica uS/cm	pH Und	DBO 5 mg/l	C. Fecales NMP/ 100ml
Campaña 1	3.4	7.76	20.2	5.8	13.5	<10	0.03	115	8.2	1.95	130
Campaña 2	4.2	7.54	22.3	10	13.5	<1.54	0.08	90.2	8.0	2.73	280
Máximo											
Mínimo											
Promedio											

REGISTRO FOTOGRÁFICO



Acumulación de espumas en las cercanías del punto



Actividades de construcción aguas arriba del punto



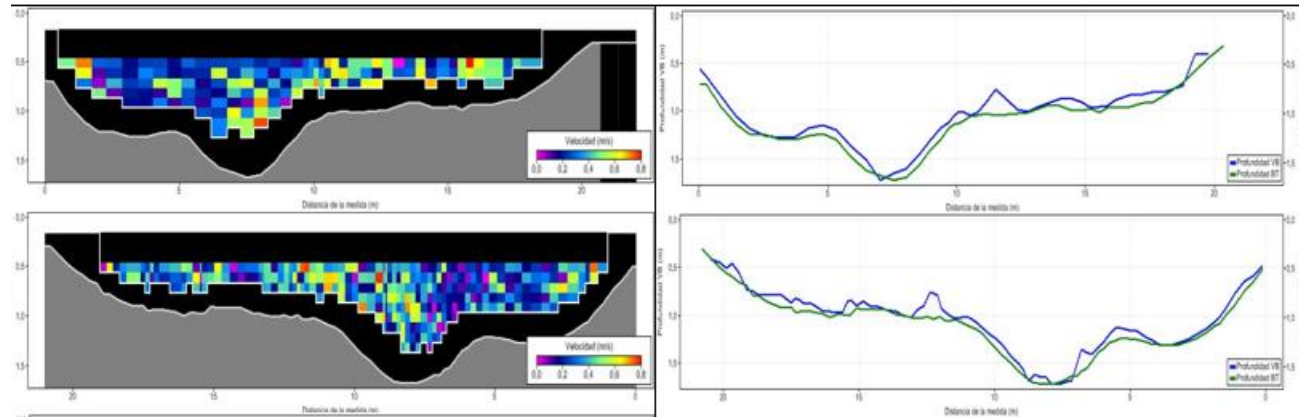
Integración de muestras en el punto (campana periodo seco)

RÍO RISARALDA DESPUÉS DE LA QUEBRADA CAUYÁ



En el área contigua se encuentra la empresa Triturcol S.A, que desarrolla actividades de extracción de material de arrastre. Se desarrollan actividades de ganadería; se observan coberturas vegetales de relictos boscosos, pastos, rastrojo de porte medio. El cuerpo de agua muestra una ligera presencia de espumas, y en las orillas se encontraron alevines. Durante el muestreo de período seco se presentó una nubosidad alta sin lluvias. En la siguiente campaña la nubosidad fue baja y sin lluvias.

DETALLES DE LA SECCIÓN



Parámetro	Caudal m³/s	O.D mg/l	Temperatura del agua °C	SST mg/l	DQO mg/l	Nitrógeno Total mg N/L	Fosforo total mg P-PO4/L	Conductividad eléctrica uS/cm	pH Und	DBO 5 mg/l	C. Fecales NMP/ 100ml
Campaña 1	3.82	7.94	22	5.7	13.5	<10	0.04	133	8.3	1.95	17
Campaña 2	6.4	8.15	21.6	15	13.5	<1.54	0.1	179.4	8.5	1.69	3500
Máximo	No tiene históricos										
Mínimo	No tiene históricos										
Promedio	No tiene históricos										

REGISTRO FOTOGRÁFICO



Ligera presencia de espumas en el cuerpo de agua



Panorámica del sitio de muestreo

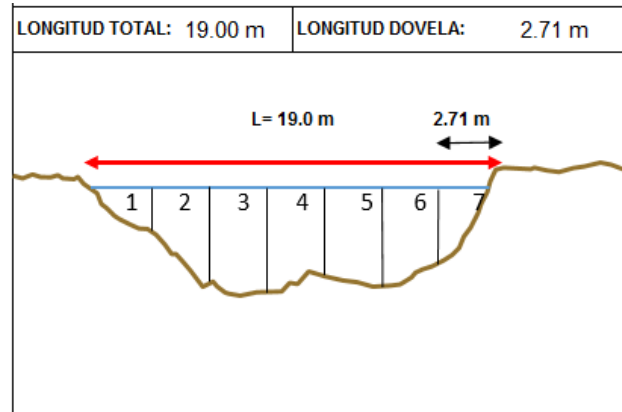


Toma de muestras (campana período seco)

RÍO RISARALDA LAS PALMERAS



Punto ubicado sobre el río Risaralda dentro del centro de camping Las Palmeras, a 30 metros del puente de la vía La Virginia – Belén de Umbría. En el predio se tienen algunos equinos. El río muestra una ligera presencia de espumas. Durante el monitoreo del periodo seco la nubosidad fue alta sin precipitación. En la siguiente campaña se tuvo baja nubosidad sin lluvias. Se desarrollan actividades turísticas en donde existe contacto primario. El uso de suelo es ganadería y se observan coberturas vegetales de árboles aislados, rastros bajos y relictos de guadua.



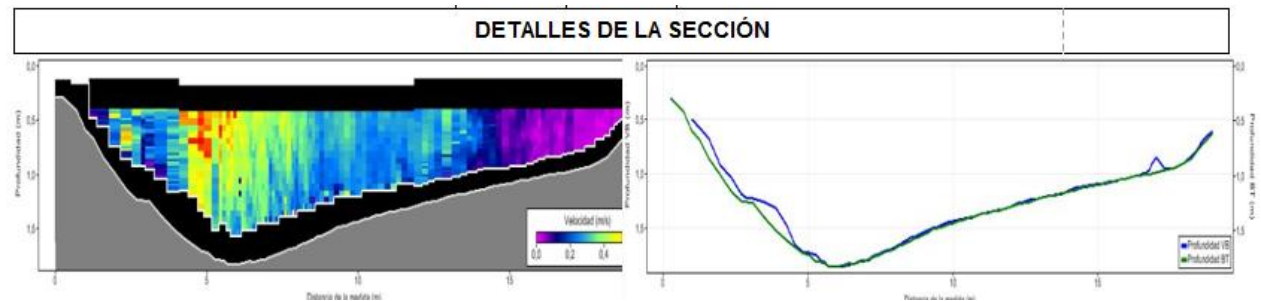
Parámetro	Caudal m ³ /s	O.D mg/l	Temperatura del agua °C	SST mg/l	DQO mg/l	Nitrógeno Total mg N/L	Fosforo total mg P-PO ₄ /L	Conductividad eléctrica uS/cm	pH Und	DBO 5 mg/l	C. Fecales NMP/ 100ml
Campaña 1	3.85	7.82	26.5	5.8	13.5	ND	0.05	139	8.8	1.95	26
Campaña 2	6.57	8.1	24.8	9	13.5	ND	0.13	112.9	8.7	1.69	3500
Máximo	35.1	8.2	26.0	438.0	60.0				8.7	9.9	50000.0
Mínimo	6.78	6.5	19.0	6.6	5.0				6.7	0.2	230.0
Promedio	16.96	7.3	22.2	87.8	17.3				7.9	1.4	11386.9

REGISTRO FOTOGRÁFICO	
	
Zona de camping aledaña al punto	Espumas en el cuerpo de agua
	
Toma de muestras en el punto (campana periodo seco)	

RÍO RISARALDA PUENTE NEGRO



Este punto ha sido considerado como el punto de control antes del municipio de la Virginia. En los alrededores del punto se encontraron cultivos de caña, viviendas y condominios. En el cuerpo de agua se observaron alevines y una ligera presencia de espumas en la superficie., existen usos de suelo de caña de azúcar, plátano y banano



Parámetro	Caudal m³/s	O.D mg/l	Temperatura del agua °C	SST mg/l	DQO mg/l	Nitrógeno Total mg N/L	Fosforo total mg P-PO4/L	Conductividad eléctrica uS/cm	pH Und	DBO 5 mg/l	C. Fecales NMP/ 100ml
Campaña 1	4.91	8.31	26.6	8.0	13.5	<10	0.07	156	8.0	1.95	110
Campaña 2	8.0	7.53	25.6	6.0	13.5	<1.68	0.12	126	8.4	1.69	350
Máximo	92.28	8.0	24.8	680.0					8.1	7.1	110000.0
Mínimo	8.0	6.0	45.0	7.6					7.0	0.1	1100.0
Promedio	32.20	7.1	24.8	124.6					7.7	1.4	21394.4

REGISTRO FOTOGRÁFICO



Puente Negro y cultivos de caña



Descoles y vivienda en las cercanías del punto



Alevines en las orillas

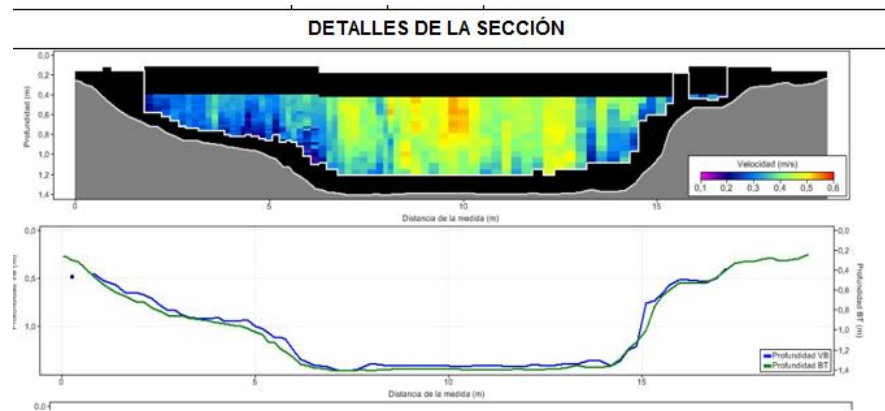


Ligera presencia de espumas en la superficie

RÍO RISARALDA ANTES DE LA VIRGINIA



Este punto es la primera vez que se monitorea, se localiza justo antes de recibir la descarga de la central de sacrificio de La Virginia, del Ingenio de Risaralda y de vertimientos domésticos de La Virginia. En los alrededores del punto se encontraron cultivos de caña, viviendas y extracción de material de río. En el agua presenta un ligero olor a aguas residuales domésticas. El color del río tiene una tonalidad marrón. Durante el monitoreo de período seco el cielo estuvo despejado y soleado. En la siguiente campaña se presentó nubosidad media sin precipitación.



Parámetro	Caudal m³/s	O.D mg/l	Temperatura del agua °C	SST mg/l	DQO mg/l	Nitrógeno Total mg N/L	Fosforo total mg P-PO4/L	Conductividad eléctrica uS/cm	pH Und	DBO 5 mg/l	C. Fecales NMP/ 100ml
Campaña 1	6.2	6.59	27.5	21.3	13.5	ND	0.08	156	7.58	1.95	1700
Campaña 2	9.5	5.95	26.9	10	13.5	ND	0.16	138.2	7.57	1.69	110
Máximo	No tiene históricos, es la primera vez que se realiza el monitoreo en éste punto										
Mínimo											
Promedio											

REGISTRO FOTOGRÁFICO



Descole matadero en la cercanía del punto



Extracción material de río en la cercanía del punto



Recolección de muestras en el punto (campana periodo seco)

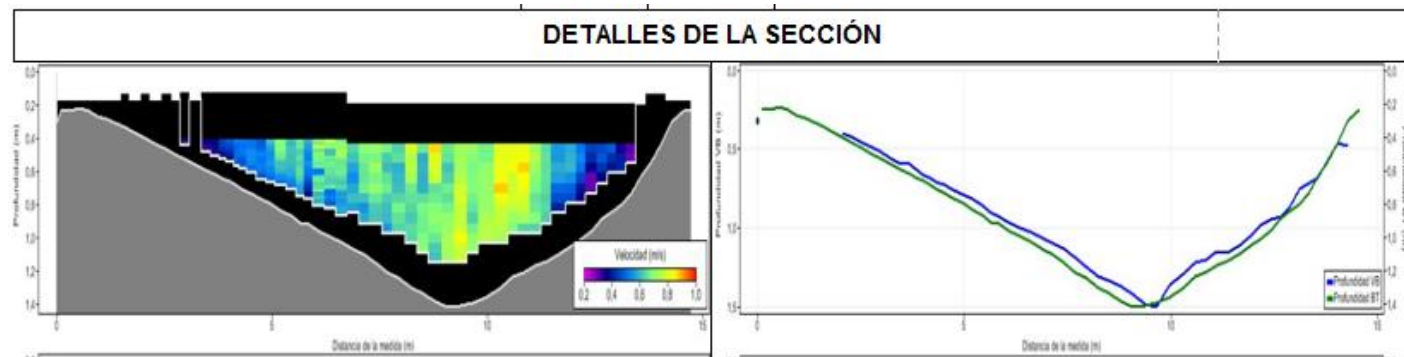


Medición de parámetros in situ.(campana perioso seco)

RÍO RISARALDA DESEMBOCADURA



Ésta es la última estación antes de la desembocadura al río Cauca. En los alrededores del punto se encontraron cultivos de caña. En el agua presenta olor a aguas residuales domésticas. El color del río tiene una tonalidad marrón.



Parámetro	Caudal m³/s	O.D mg/l	Temperatura del agua °C	SST mg/l	DQO mg/l	Nitrógeno Total mg N/L	Fosforo total mg P-PO4/L	Conductividad eléctrica uS/cm	pH Und	DBO 5 mg/l	C. Fecales NMP/ 100ml
Campaña 1	6.2	4.83	27.7	37.7	36	ND	0.3	165	7.5	15.5	170
Campaña 2	10.4	5.6	27.5	10	56.65	ND	0.31	145.6	6.9	22.15	470
Máximo	-	7.4	29.0	2905.0	339.0				8.7	212.0	140000.0
Mínimo	-	5.0	20.7	20.0	5.0				5.0	0.1	5000.0
Promedio	-	6.3	23.6	326.3	41.7				7.4	15.4	46522.6

REGISTRO FOTOGRÁFICO



Cultivos de caña aledaños al punto



Ubicación del punto con referencia al río Cauca



Toma de muestras en el punto (campaña periodo seco)

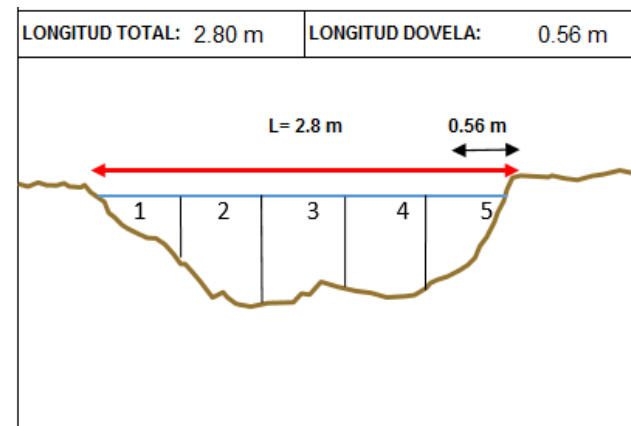


Medición de parámetro in situ (campaña periodo seco)

RÍO TOTUÍ DESEMBOCADURA



Punto sobre el Río Totuí antes de la desembocadura al Río Risaralda, a unos 50 metros del puente sobre vía secundaria Viterbo - La Virginia. Se observan coberturas vegetales correspondientes a cultivos de caña, se observa relictos de guadua y bosque natural.



Parámetro	Caudal m³/s	O.D mg/l	Temperatura del agua °C	SST mg/l	DQO mg/l	Nitrógeno Total mg N/L	Fosforo total mg P-PO4/L	Conductividad eléctrica uS/cm	pH Und	DBO 5 mg/l	C. Fecales NMP/ 100ml
Campaña 1	0.05	6.13	25.8	3.9	13.5	<10	0.05	159	7.6	1.95	170
Campaña 2	0.03	6.37	26.3	6	13.5	<1.54	0.05	151.4	7.6	1.69	560
Máximo	6.0	8.1	29	-	108				8.3	16.4	80000
Mínimo	0.22	5.2	21.2	-	0.5				6.8	0.1	300
Promedio	1.6	7.0	23.4	-	23.2				7.6	1.7	10626

REGISTRO FOTOGRÁFICO



Vía y cultivos de caña cerca del punto



Toma de muestras en el punto (campana periodo seco)



Toma de muestras (campana periodo lluvioso)

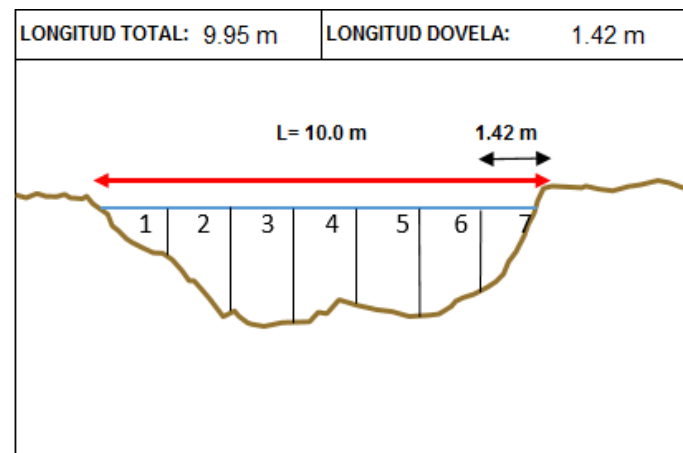


Medición de parámetros en campo (campana periodo lluvioso)

RÍO MAPA DESEMBOCADURA



Punto sobre el Río Mapa antes de la desembocadura al Río Risaralda, a unos 100 metros del puente sobre vía secundaria Viterbo - La Virginia. Este punto ha sido monitoreado históricamente por CARDER. Se observan coberturas vegetales correspondientes a cultivos de caña, se observa relictos de guadua y bosque natural



Parámetro	Caudal m³/s	O.D mg/l	Temperatura del agua °C	SST mg/l	DQO mg/l	Nitrógeno Total mg N/L	Fosforo total mg P-PO4/L	Conductividad eléctrica uS/cm	pH Und	DBO 5 mg/l	C. Fecales NMP/ 100ml
Campaña 1	1.0	7.23	27.6	12.6	13.5	<10	0.07	112	7.8	1.95	79
Campaña 2	1.4	6.78	27.3	15	13.5	<1.54	0.05	106.6	7.7	2.91	350
Máximo											
Mínimo											
Promedio											



REGISTRO FOTOGRÁFICO



Ubicación del punto con referencia al puente sobre el río Mapa



Toma de muestras en el punto (campana periodo seco)

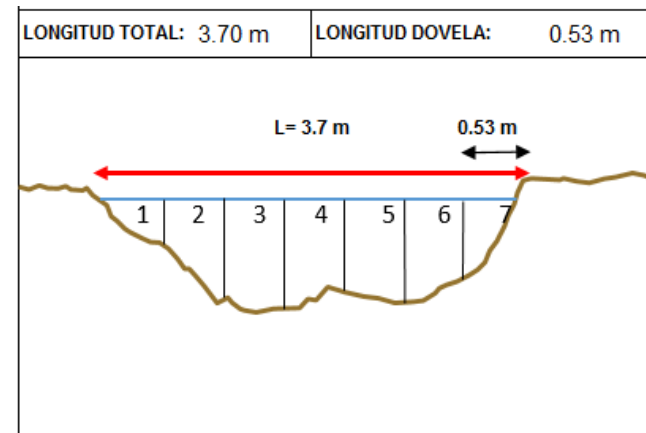


Medición de parámetros in situ (campana periodo seco)

QUEBRADA CHAPATÁ DESEMBOLCADURA



Punto sobre la quebrada Chapatá, antes de su desembocadura al Río Risaralda, en las cercanías al centro de recreación y camping las Palmas (vía Pereira – Belén de Umbría). En las orillas del cuerpo de agua se observaron alevines. En el agua no se percibe olor o color característico. Durante el monitoreo de período seco la nubosidad fue alta sin precipitación. En la siguiente campaña se tuvo baja nubosidad sin lluvias. El uso del suelo predominante en el sitio es el cultivo de la caña de azúcar, en la franja de protección de la quebrada predominan los pastos y rastrojo de porte bajo, se observan relictos de guadua.



Parámetro	Caudal m³/s	O.D mg/l	Temperatura del agua °C	SST mg/l	DQO mg/l	Nitrógeno Total mg N/L	Fosforo total mg P-PO4/L	Conductividad eléctrica uS/cm	pH Und	DBO 5 mg/l	C. Fecales NMP/ 100ml
Campaña 1	0.8	6.95	25.1	7.70	13.6	<10	0.23	181	7.9	1.95	33
Campaña 2	0.39	7.81	24.3	9	13.9	1.99	0.25	174.6	8.3	1.69	260
Máximo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mínimo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Promedio	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

REGISTRO FOTOGRÁFICO



Medición de parámetros in situ (campana periodo seco)



Orilla del cuerpo de agua con presencia de alevines



Toma de muestras en el punto (campana periodo seco)



Punto de muestreo (campana periodo lluvioso)

5.3 Análisis de resultados de las campañas de monitoreo

5.3.1 Caudal

El comportamiento del caudal se puede observar en la Figura 22, hasta la cuarta estación de monitoreo (Puente Umbría), se mantiene tendencia similar en las dos campañas, sin embargo, a partir de esta estación se nota un incremento en el caudal para la segunda campaña de monitoreo. Para la primera campaña de monitoreo el caudal en la desembocadura al río Cauca es de 6.2 m³/s, mientras que para la segunda campaña fue de 10.4 m³/s.

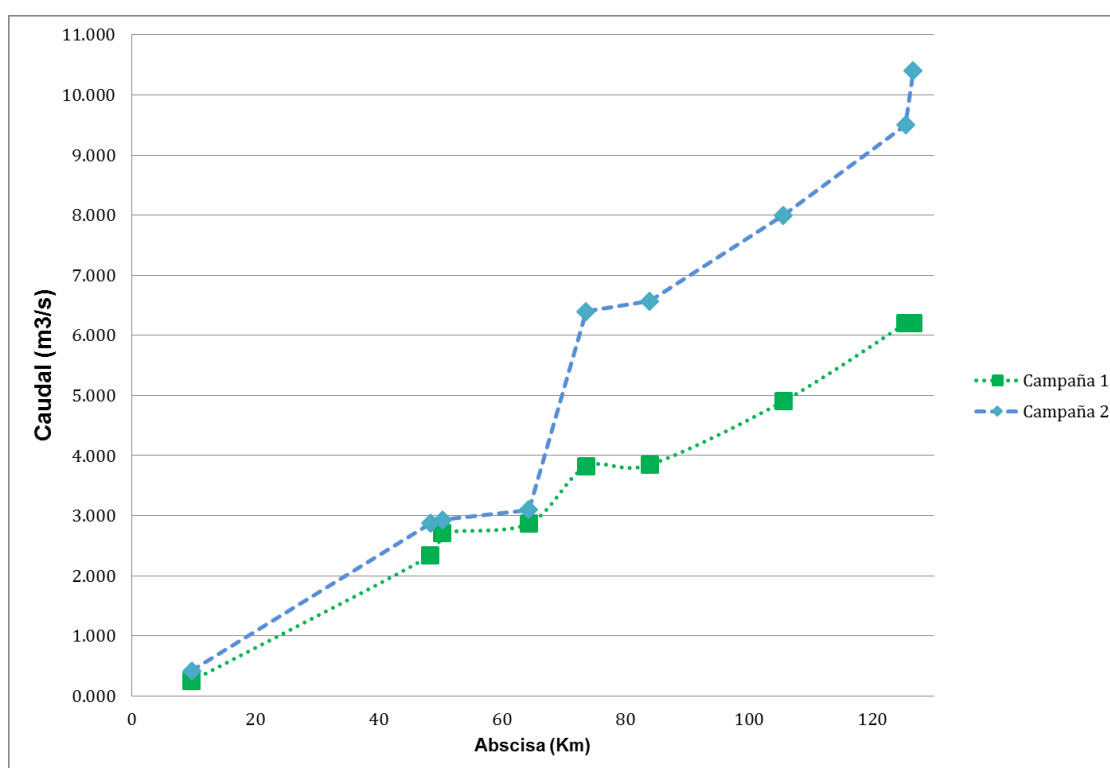


Figura 22. Caudal campañas de monitoreo
Fuente. Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda 2016

5.3.2 Temperatura

Las fuentes de agua superficial están sometidas a variaciones de temperatura a lo largo de su trayectoria, debido a las fluctuaciones del clima y las variaciones altitudinales, de igual manera en un mismo punto se presentan variaciones de temperatura en periodos de 24 horas debido a la cantidad de energía solar recibida, la cual varía con la hora del día, con la estación del año y con la latitud.

Cuando la temperatura del agua se incrementa, la velocidad de las reacciones químicas aumenta conjuntamente con la evaporación y volatilización de sustancias químicas, en especial las orgánicas.

En la Figura 23. Se muestra el comportamiento de la temperatura, los valores son cercanos para las dos campañas de monitoreo, sin embargo, si son menores para la segunda campaña, lo cual es coherente ya que para esta campaña ya se había iniciado un periodo de lluvias en la cuenca.

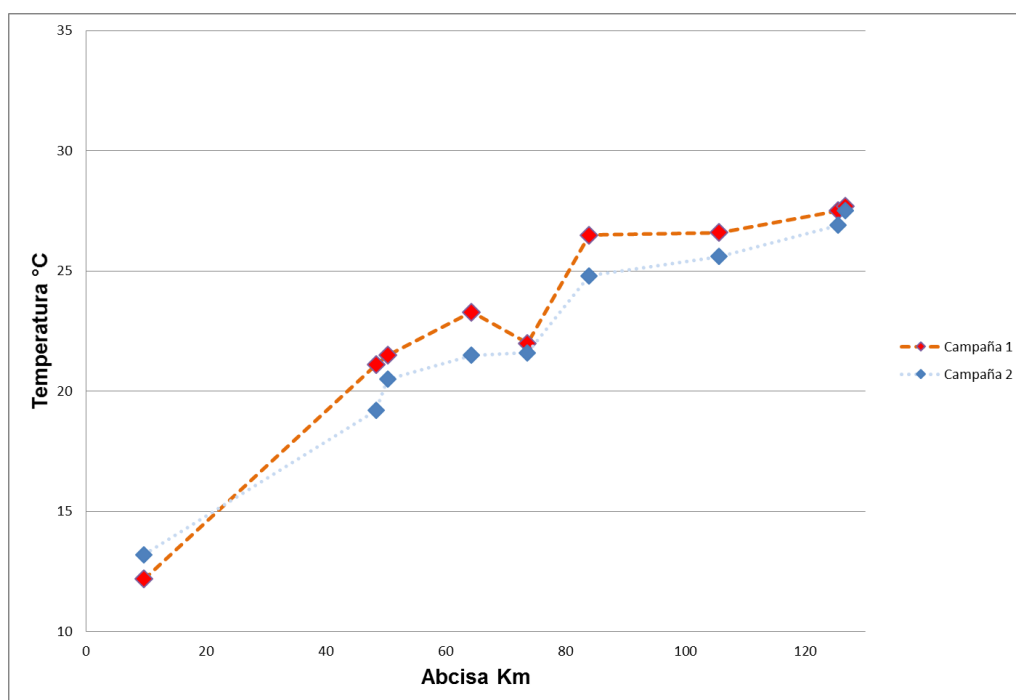


Figura 23. Comportamiento de la temperatura
Fuente. Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda 2016

5.3.3 Conductividad Eléctrica

La conductividad eléctrica de una muestra de agua es una medida de la capacidad que tiene la solución para transmitir corriente eléctrica. Esta capacidad depende de la presencia, movilidad, valencia y concentración de iones, así como de la temperatura del agua. La conductividad eléctrica indica el contenido de sales disueltas o de minerales en el agua. Los intervalos de conductividad eléctrica de las aguas superficiales varían de 10 a 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, pero pueden exceder 1.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, especialmente en aguas contaminadas con aguas residuales o aguas que reciben grandes derrumbes de tierra (UNESCO, 1996). La conductividad es una medida indirecta de los sólidos disueltos (Ramirez, 2011)

En la Figura 24 se muestra el comportamiento de la conductividad eléctrica, se observa que la campaña 2 mantiene valores por debajo en comparación con la primera campaña, a excepción de la estación Río Risaralda después de la quebrada Cauyá que reporta el valor más elevado de las dos jornadas (179 uS/cm).

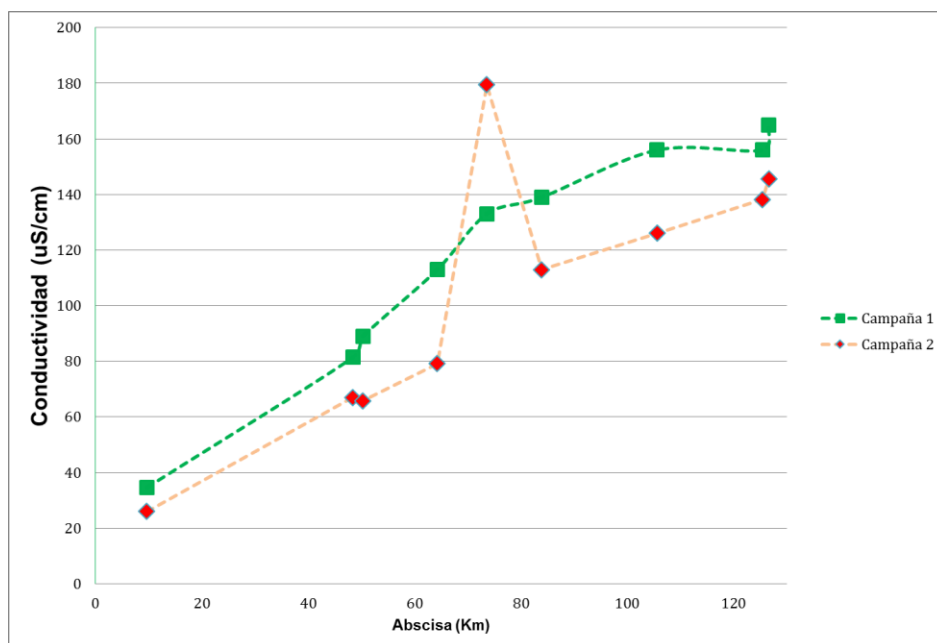


Figura 24. Comportamiento de la conductividad
Fuente. Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda 2016

5.3.4 Potencial de Hidrogeno (pH)

El pH es una forma de expresar la concentraciones de iones de hidrogeno $[H^+]$ o más exactamente su actividad. Es el término utilizado para expresar la intensidad de las condiciones ácidas o básicas del agua. Por análisis químicos se sabe que el pH siempre se encuentra en una escala de 0 a 14, esta escala mide la intensidad o el grado de la acidez o basicidad. (Ramirez, 2011)

Se puede observar en la Figura 25 el comportamiento del pH, hasta la estación Puente Umbría para la segunda campaña se observan valores inferiores en comparación con la primera campaña, posteriormente se incrementa para la penúltima estación de monitoreo, sin embargo los valores se entre 6.9 y 8.8 upH.

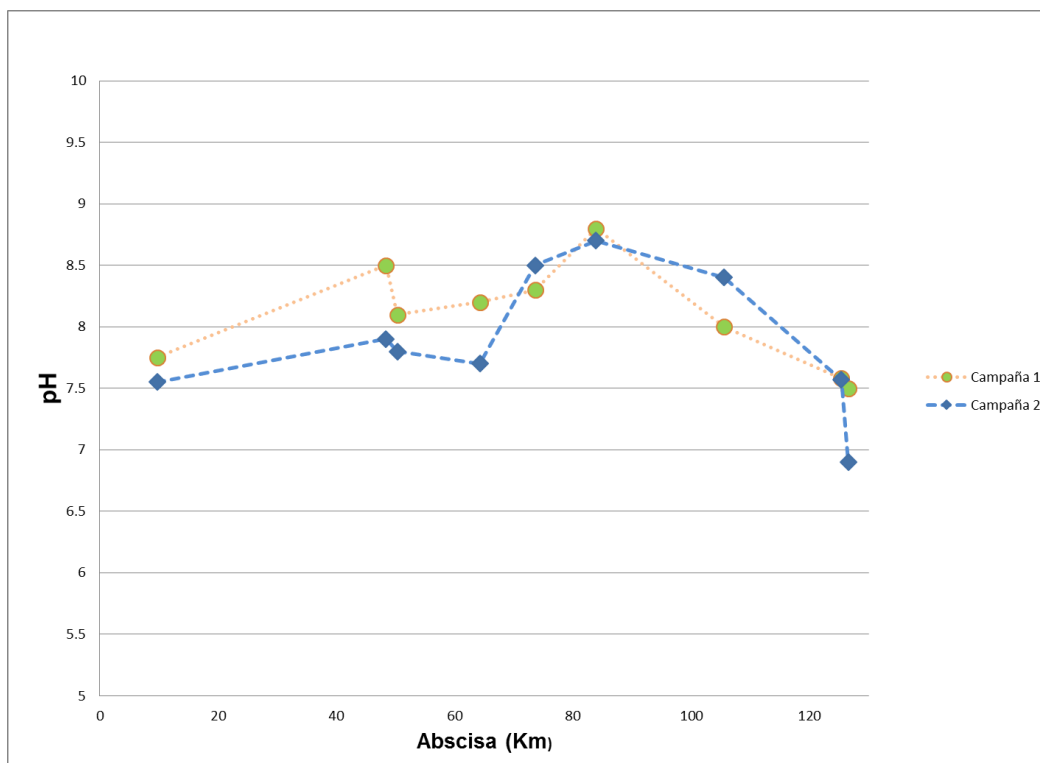


Figura 25. Comportamiento del pH
Fuente. Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda 2016

5.3.5 Demanda Biológica de Oxígeno (DBO)

Según lo establecido por Ramirez, 2011, es el parámetro de mayor referencia para la determinación del contenido de materia orgánica en una muestra de agua. Se cuantifica determinando la cantidad de oxígeno que requieren los microorganismos (bacterias principalmente), para degradar, oxidar, estabilizar la materia orgánica.

La prueba de DBO más utilizada es la DBO_5 , que se realiza incubando la muestra de agua en el laboratorio y se mide al quinto día el consumo de oxígeno por parte de los microorganismos.

Las concentraciones de DBO_5 menores de 2 mg/l indican aguas poco contaminadas, mientras que valores de DBO_5 mayores de 10 mg/l indican aguas impactadas por descargas de aguas residuales, particularmente cerca del punto de vertimiento (UNESCO 1996).

En la Figura 26 se observa el comportamiento de la DBO_5 en las campañas de monitoreo; hasta la penúltima estación de monitoreo (río Risaralda antes de La

Virginia), se muestra valores muy cercanos en las dos campañas, los cuales se encuentran por debajo del límite de cuantificación del ensayo de acuerdo con las técnicas los laboratorios, sin embargo para la última estación (río Risaralda antes de la desembocadura al río Cauca), se evidencia un incremento sustancial en las concentraciones de DBO_5 , correspondientes a 15.5 mg/l y 22.1 mg/l para la primera y segunda campaña, respectivamente.

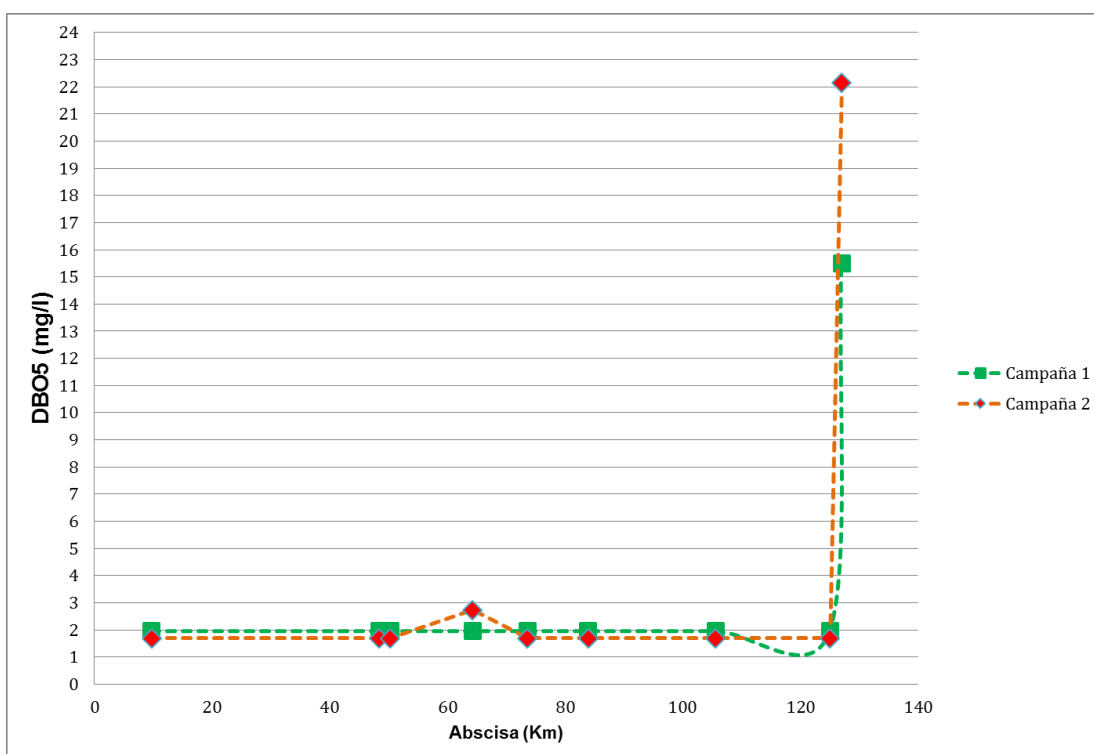


Figura 26. Comportamiento de la DBO_5
Fuente. Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda 2016

5.3.6 Oxígeno Disuelto

La relación entre los ríos y las descargas de aguas residuales domésticas e industriales sin tratar, con un alto contenido de materia orgánica, conlleva a la disminución de la concentración de Oxígeno Disuelto, debido a su consumo en la degradación de dicha materia orgánica aguas abajo de las descargas. La recuperación en los niveles de Oxígeno Disuelto en los ríos se debe principalmente a la capacidad de reaeración que tienen estos, la cual está influenciada por la turbulencia del agua.

El Oxígeno Disuelto (OD) es la cantidad de Oxígeno libre disponible en el agua. El contenido de OD en aguas naturales varía con la temperatura, la salinidad, la turbulencia, la actividad fotosintética de algas y plantas y la presión atmosférica. Este parámetro es uno de los constituyentes más importantes de los sistemas de aguas naturales, ya que los peces y otras especies animales acuáticas requieren de él para su subsistencia. Según la UNESCO (1996) concentraciones menores a 5 mg/l afectan la diversidad biológica de los cuerpos de agua y valores menores a 2 mg/l causan la muerte de la mayoría de los peces. Además de este aspecto de sobrevivencia, el Oxígeno Disuelto es importante porque los productos finales de las reacciones químicas y bioquímicas en sistemas anaeróbicos a menudo producen en el agua, colores, sabores y olores desagradables y antiestéticos (Barba, 1989). Por las anteriores razones, el OD es uno de los indicadores más empleados en la calidad del agua.

Como se aprecia en la Figura 27 el oxígeno disuelto para la primera campaña inicia con una concentración de 7.98 mg/l y finaliza en 4.8 mg/l, siendo la más baja de las dos campañas de monitoreo y a su vez en la segunda campaña se inicia con una concentración de 7.7 mg/l y finaliza con 5.5 mg/l. Las altas concentraciones de DBO₅, presentadas para la última estación de monitoreo que se ven reflejadas en la disminución de oxígeno disuelto.

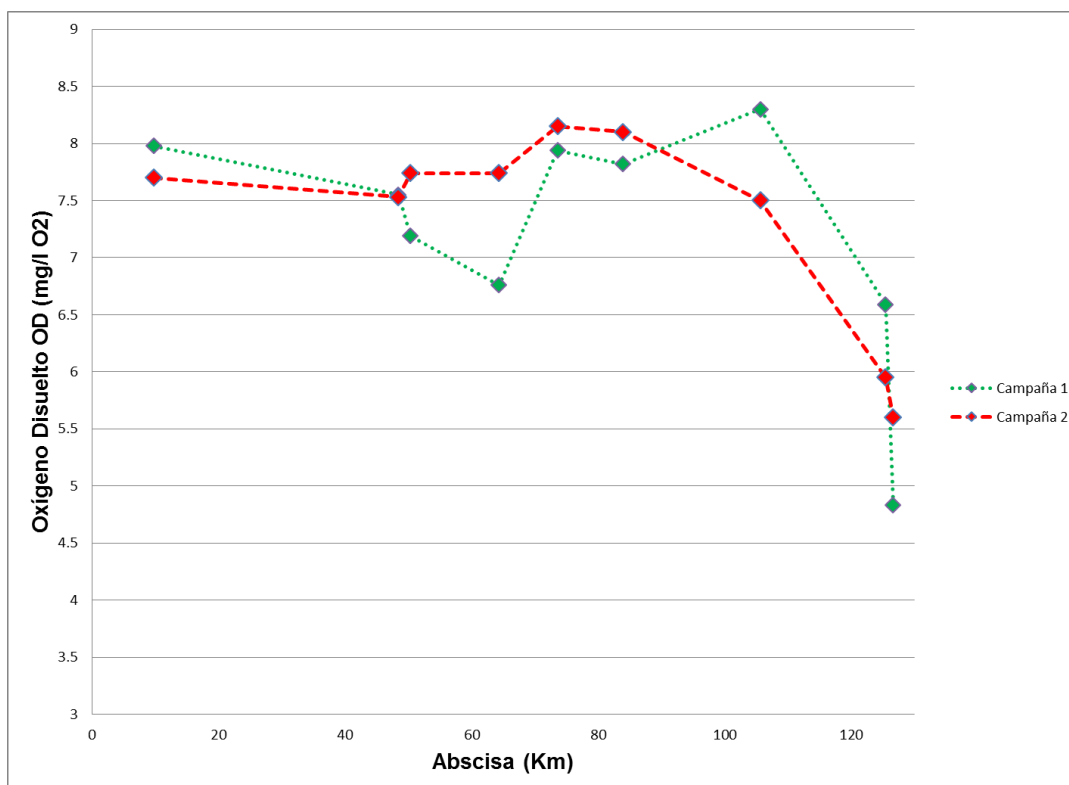


Figura 27. Comportamiento del OD

Fuente. Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda 2016

5.3.7 Sólidos Suspendidos Totales (SST)

Para determinar la calidad de agua, es necesario determinar la cantidad de sólidos que contiene una muestra, existen diferentes tipos de sólidos a calcular, dentro de los que se encuentran los Sólidos Totales (ST), Sólidos Sedimentables (SD), Sólidos Disueltos fijos y volátiles (SDF, SDV), sin embargo los Sólidos Suspendidos Totales (SST), son el tipo de sólidos más importantes para determinar la calidad de agua, principalmente porque se utilizan para el cobro de tasas retributivas y diseño de plantas de tratamiento.

En la Figura 28 se observa el comportamiento histórico de los SST, se observa que hasta la estación Puente Umbría el comportamiento es similar, se evidencia un incremento en la concentración para la estación después de la quebrada Cauyá con una concentración de 15 mg/l en la segunda campaña, y la concentración más elevada se observa para la primera campaña en la estación desembocadura con una concentración de 37.7 mg/l, esto se puede deber a que además de toda la carga que el río recibe en su trayecto, en un tramo en una distancia de aproximadamente 1 km, recibe los efluente de la central de sacrificio de La Virginia, parte de los vertimientos de la red de alcantarillado de La Virginia y del Ingenio de Risaralda, que es la única industria en jurisdicción de CARDER con vertimiento directo al río Risaralda y que paga tasa retributiva y además se encuentra dentro de las cinco industrias de todo el departamento de Risaralda con mayor aporte de carga contaminante en DBO5 y SST.

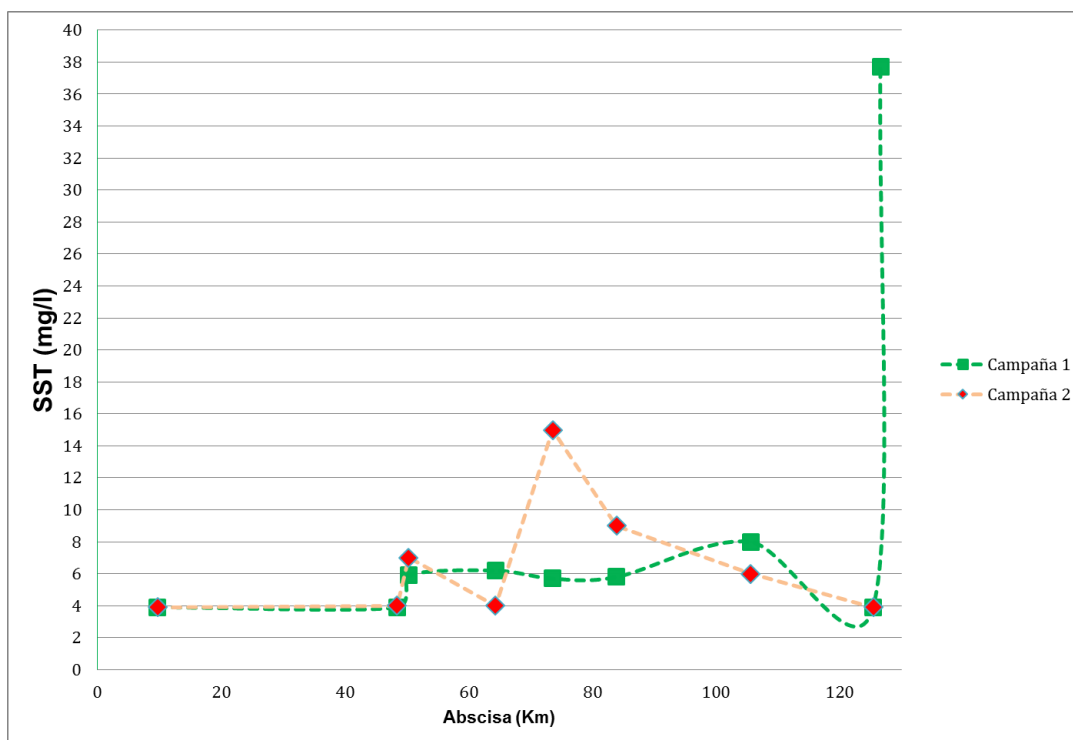


Figura 28. Comportamiento de los SST
Fuente. Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda 2016

5.3.8 Demanda Química de Oxígeno

Este ensayo es altamente utilizado para determinar el contenido de materia orgánica de una muestra de agua. A diferencia de la DBO, en esta prueba la materia orgánica es oxidada utilizando una sustancia química y no microorganismos.

La Figura 29 muestra el comportamiento de la DQO, se puede observar que hasta la penúltima estación, las concentraciones se mantienen por debajo del límite de cuantificación del ensayo correspondiente a 13.5 mg/l, sin embargo para la última estación de monitoreo (desembocadura), si se evidencia un incremento en las dos concentraciones, correspondientes a 36 mg/L y 56 mg/l para la primera y segunda campaña de monitoreo respectivamente.

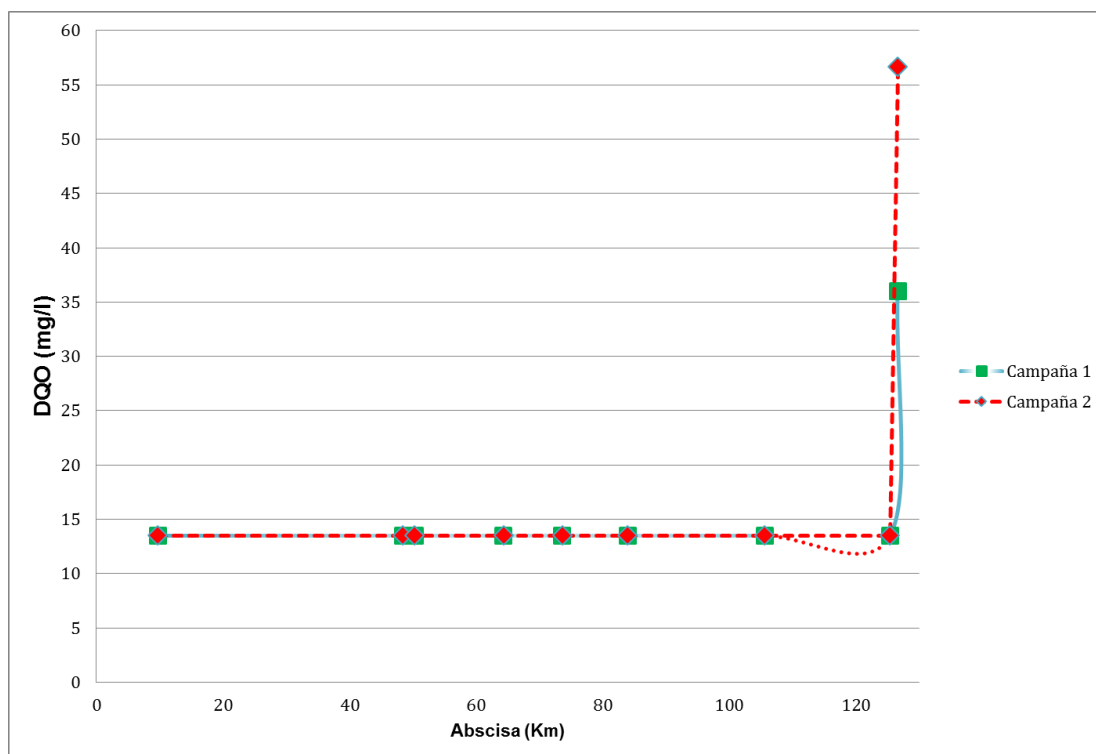


Figura 29. Comportamiento de la DQO

Fuente. Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda 2016

5.3.9 Nitrógeno Total (NT)

Corresponde a la sumatoria entre el nitrógeno amoniacal y el nitrógeno orgánico. Estos compuestos son de gran interés debido a su importancia en los procesos vitales de todas las plantas y animales.

En la Figura 26 se muestra el comportamiento del NT para las campañas de monitoreo; para la campaña 1 todos los resultados estuvieron por debajo del límite de cuantificación del ensayo (<10 mg N/L) del laboratorio con el cual se contrataron los análisis para dicha campaña (Laboratorio de Química Ambiental de la UTP); a su vez para la segunda campaña hasta la estación Puente Negro los resultados se encuentran por debajo del límite de cuantificación (<1.54 mg N/L) del laboratorio con el cual se contrataron los análisis para dicha campaña (Laboratorio de Química Ambiental de la UNAL sede Manizales), sin embargo la estación Puente Negro reporta una concentración de 2.46 mg N/L, la más alta de las dos campañas.

5.3.10 Fosforo Total (PT)

Es un elemento esencial en el crecimiento de plantas y animales. Actualmente se considera como uno de los nutrientes que controla el crecimiento de algas, pero un exceso de fósforo produce un desarrollo exorbitado de plantas, lo cual causa condiciones inadecuadas para ciertos usos benéficos del agua.

En la Figura 30 se observa el comportamiento del PT en las campañas de monitoreo; se presentaron mayores concentraciones en la segunda campaña con respecto de la primera, sin embargo, en la última estación (Desembocadura), las concentraciones de las dos campañas son las más altas (0.3 mg P-PO₄/L).

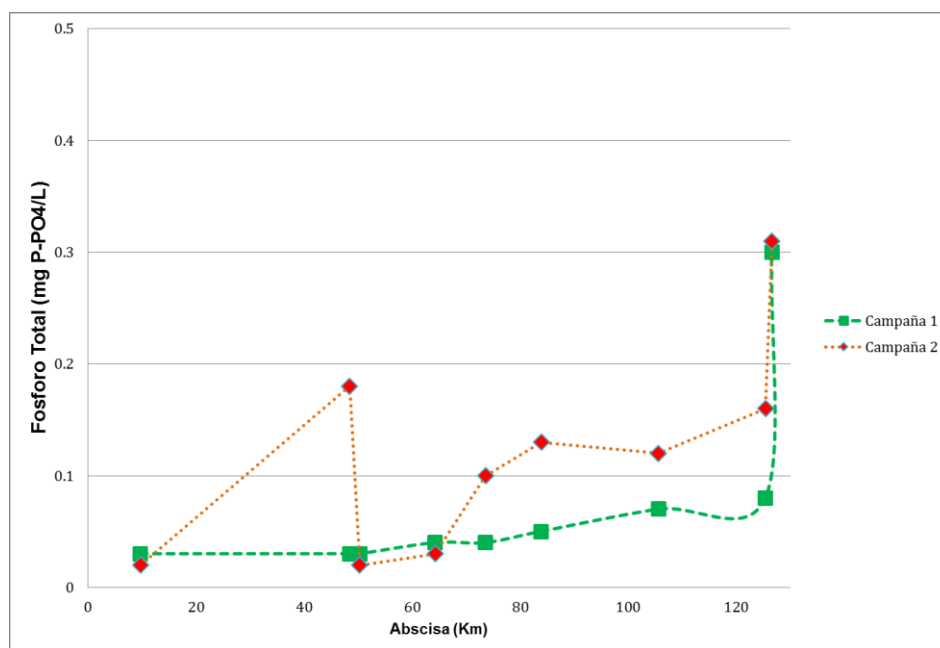


Figura 30. Comportamiento del fósforo

Fuente. Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda 2016

6 DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA (ICA)

6.1 Metodología

El ICA es el valor numérico que califica en una de cinco categorías, la calidad del agua de una corriente superficial, con base en las mediciones obtenidas para un conjunto de variables, registradas en una estación de monitoreo.

El indicador determina condiciones fisicoquímicas generales de la calidad de un cuerpo de agua y, en alguna medida, permite reconocer problemas de contaminación en un punto determinado, para un intervalo de tiempo específico. Permite representar el estado en general del agua y las posibilidades o limitaciones para determinados usos en función de variables seleccionadas, mediante ponderaciones y agregación de variables físicas, químicas y biológicas.

Se han identificado seis aplicaciones básicas del Índice:

- Análisis de tendencias: para determinar degradación o recuperación de la calidad hídrica a través de un período de tiempo.
- Agregar información: para mostrar de forma fácilmente comprensible las variaciones que presenta la calidad de las aguas superficiales.
- Cumplimiento de estándares.
- Clasificación de sitios: pueden compararse las condiciones ambientales en diferentes áreas geográficas.
- Asignación de recursos: para ayudar a tomar decisiones en la asignación de fondos y determinación de prioridades.
- Información pública: para informar al público acerca de las condiciones del recurso

El Estudio Nacional del Agua –ENA– (2010) describe el ICA como un indicador de las condiciones de la calidad en las corrientes, ya sea por deterioro o recuperación. Las variables medidas son aquellas que dan cuenta del origen de la contaminación y son demanda química de oxígeno (DQO), sólidos suspendidos totales (SST), porcentaje de saturación de oxígeno disuelto (% O.D sat), conductividad eléctrica del agua (CE), pH, y nutrientes como nitrógeno total y fósforo total.

La fórmula de cálculo del indicador es la siguiente:

$$ICA_{njt} = \left(\sum_{i=1}^n W_i \cdot I_{ikjt} \right)$$

Donde:

ICAnjt Es el Índice de calidad del agua de una determinada corriente superficial en la estación de monitoreo de la calidad del agua *j* en el tiempo *t*, evaluado con base en *n* variables.

W_i Es el ponderador o peso relativo asignado a la variable de calidad *i*.

I_{ikjt} Es el valor calculado de la variable *i* (obtenido de aplicar la curva funcional o ecuación correspondiente), en la estación de monitoreo *j*, registrado durante la medición realizada en el trimestre *k*, del período de tiempo *t*.

n Es el número de variables de calidad involucradas en el cálculo del indicador; *n* es igual a 5, o 6 dependiendo de la medición del ICA que se seleccione

Se recomienda que la tabla de datos del indicador incluya el valor mínimo del ICA registrado en el periodo de tiempo *t* y además, el ICA promedio de ese periodo, que se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$ICA_{promedio_{njt}} = \frac{\sum_{k=1}^m \left(\sum_{i=1}^n W_i \cdot I_{ikjt} \right)}{m}$$

Donde:

m Es el número de muestreos en los cuales se midieron las variables de calidad involucradas en el cálculo del indicador. $1 \leq m \leq 4$ si el periodo es anual.

El índice permite reducir varios datos de campo y de laboratorio a una clasificación de calidad con un valor numérico de cero (0) a uno (1), que representa la calidad del agua en orden de: muy malo, malo, regular, aceptable y bueno

Para los parámetros seleccionados se construyen “relaciones funcionales” o “curvas funcionales” (ecuaciones), en las que los niveles de calidad de 0 a 1 se representan en las ordenadas de cada gráfico y los distintos niveles (o intensidades) de cada variable en las abscisas, generando curvas representativas de la variación de la calidad del agua con respecto a la magnitud de cada contaminante.

Las curvas funcionales adoptadas son las propuestas por Ramírez y Viña para oxígeno disuelto (OD), sólidos suspendidos totales (SST), y conductividad eléctrica (CE), la propuesta por Universidad Politécnica de Catalunya (2006) para demanda química de oxígeno (DQO), la propuesta por el laboratorio del

Departamento de Calidad Ambiental de Oregon (Estados Unidos) para pH y la propuesta por Rueda (2008) para la relación N/P.

Las siguientes son las ecuaciones para el cálculo de los subíndices de calidad de sólidos suspendidos, conductividad eléctrica y pH, respectivamente.

6.2 Oxígeno disuelto

Esta variable tiene el papel biológico fundamental de definir la presencia o ausencia potencial de especies acuáticas.

Inicialmente se calcula el porcentaje de saturación de oxígeno disuelto PS_{OD} :

$$PS_{OD} = \frac{Ox * 100}{Cp}$$

Donde:

Ox : Es el oxígeno disuelto medido en campo (mg/l) asociado a la elevación, caudal y capacidad de reoxigenación.

Cp : Es la concentración de equilibrio de oxígeno (mg/l), a la presión no estándar, es decir, oxígeno de saturación.

Porcentaje de oxígeno de saturación (%Sat OD)

Los cálculos para el porcentaje de saturación de oxígeno están incluidos en el subsistema de información denominado Módulo Físicoquímico Ambiental – MFQA, y se puede consultar como cálculo de déficit de oxígeno disuelto para cada muestra a partir de su identificador, que es un código numérico asignado por el Sistema. Luego se importa a la base de datos que contiene la consulta de las demás variables para poder calcular el índice consolidado. Una vez calculado el porcentaje de saturación de oxígeno disuelto, el valor $OD I$ se calcula con la fórmula:

$$I\%sat OD = 1 - (1 - 0.01 * \%satOD)$$

Si, $\%satOD > 100\%$, entonces $I\%sat OD = 1 - (1 - 0.01 * \%satOD)$

6.3 Sólidos Suspendidos Totales

La presencia de sólidos en suspensión en los cuerpos de agua indica cambio en el estado de las condiciones hidrológicas de la corriente. Dicha presencia puede estar relacionada con procesos erosivos, vertimientos industriales, extracción de

materiales y disposición de escombros. Tiene una relación directa con la turbiedad.

El subíndice de calidad para sólidos suspendidos se calcula como sigue:

Sí, $Isst = 1 - (-0.02 + 0.003 * SST)$

Sí, $SST \leq 4.5$, entonces $Isst = 1$

Sí, $SST \geq 320$, entonces $Isst = 0$

6.4 Demanda química de oxígeno (DQO):

Refleja la presencia de sustancias químicas susceptibles de ser oxidadas a condiciones fuertemente ácidas y alta temperatura, como la materia orgánica, ya sea biodegradable o no, y la materia inorgánica.

Mediante adaptación de la propuesta de la Universidad Politécnica de Catalunya se

Calcula con la fórmula:

Si, $DQO \leq 20$, entonces $IDQO = 0.91$

Si, $20 < DQO \leq 25$, entonces $IDQO = 0.71$

Si, $25 < DQO \leq 40$, entonces $IDQO = 0.51$

Si, $40 < DQO \leq 80$, entonces $IDQO = 0.26$

Si, $DQO > 80$, entonces $IDQO = 0.125$

6.5 Conductividad eléctrica

Está íntimamente relacionada con la suma de cationes y aniones determinada en forma química, refleja la mineralización. Se calcula como sigue:

Sí, $I_{cond} = 1 - 10^{(-3.26 + 1.34 \log 10 \text{ cond})}$

Si, $I_{cond} < 0$ (Negativo), entonces $I_{cond} = 0$

6.6 pH

Mide la acidez, valores extremos pueden afectar la flora y fauna acuáticas.

Sí, $\text{pH} > 4$, entonces $\text{IpH} = 0.1$

Sí, $4 < \text{pH} \leq 7$, entonces $\text{IpH} = 0.02628419 * e^{(\text{pH} * 0.520025)}$

Sí, $7.1 < \text{pH} \leq 8$, entonces $\text{IpH} = 1$

Sí, $8.1 < \text{pH} \leq 11$, entonces $\text{IpH} = 1 * e^{((\text{pH}-8) * -0.5187742)}$

Sí, $\text{pH} > 11.1$, entonces $\text{IpH} = 0.10$

6.7 Nitrógeno total (NKT) / Fósforo total (PT):

Mide la degradación por intervención antrópica, es una forma de aplicar el concepto de saprobiedad empleado para cuerpos de agua lénticos (ciénagas, lagos, etc.) como la posibilidad de la fuente de asimilar carga orgánica; es una relación que indica el balance de nutrientes para la productividad acuícola de las zonas inundables en los ríos neotropicales (desde el norte de Argentina hasta el centro de México).

Sí, $\text{N: P} \geq 15$, entonces $\text{IN/P} = 0.80$

Sí, $10 < \text{N: P} < 15$, entonces $\text{IN/P} = 0.60$

Sí, $5 < \text{N: P} < 10$, entonces $\text{IN/P} = 0.35$

Sí, $\text{N: P} \leq 5$, entonces $\text{IN/P} = 0.15$

6.8 Coliformes fecales

Para el caso de Coliformes Fecales, es oportuno aclarar que la ficha del IDEAM del indicar solo contempla el cálculo del ICA con cinco y seis variables, sin embargo, los lineamientos de la Evaluación Regional del Agua (ERA), contempla adicionalmente siete (7) variables incluyendo Coliformes fecales.

Sí $\text{CF} < 50$, entonces $\text{ICF} = 0.98$

Sí $\text{CF} \geq 50 < 1600$, entonces $\text{ICF} = (0.98 * \text{Exp} ((\text{CF} - 50 + (-0.00009917754))))$

Sí $\text{CF} \geq 1600$, entonces $\text{ICF} = 0.1$

En la Tabla 35, Tabla 36 y Tabla 37, se presentan las ponderaciones para el cálculo del ICA, para cinco, seis y siete variables, respectivamente.

Tabla 35. Ponderación del ICA para cinco (5) variables

Variable	Unidad de medida	Ponderación
Oxígeno disuelto	% Saturación	0.2
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	0.2
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	0.2
Conductividad eléctrica	µs/cm	0.2
Potencial de hidrógeno	Unidades de pH	0.2

Fuente: IDEAM

Tabla 36. Ponderación del ICA para seis (6) variables

Variable	Unidad de medida	Ponderación
Oxígeno disuelto	% Saturación	0.17
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	0.17
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	0.17
Conductividad eléctrica	µs/cm	0.17
Potencial de hidrógeno	Unidades de pH	0.15
Nitrogeno total/Fosforo Total	mg/L/ mg/L	0.17

Fuente: IDEAM, ERA

Tabla 37. Ponderación del ICA para siete (7) variables

Variable	Unidad de medida	Ponderación
Oxígeno disuelto	% Saturación	0.16
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	0.14
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	0.14
Conductividad eléctrica	µs/cm	0.14
Potencial de hidrógeno	Unidades de pH	0.14
Nitrogeno total/Fosforo Total	mg/L/ mg/L	0.14
Coliformes Fecales	UFC/100 ml	0.14

Fuente: ERA

Los valores optativos que puede llegar a tomar el indicador han sido clasificados en categorías, de acuerdo a ellos se califica la calidad del agua de las corrientes superficiales, al cual se le ha asociado un color como señal de alerta. En la Tabla 38 se registra la relación entre valores y calificación.

Tabla 38. Categorías del ICA

Descriptores	Calificación	Color
Muy malo	0 -0.25	Rojo
Malo	0.26 – 0.50	Naranja
Regular	0.51 – 0.70	Amarillo
Aceptable	0.71 -0.90	Verde
Bueno	0.91 -1.00	Azul

Fuente, ENA 2014

6.9 Análisis de resultados

De acuerdo con lo establecido en las tablas 14 a 16 y con base en los parámetros monitoreados en el presente proyecto, se determinó que el ICA se puede calcular para siete variables, sin embargo, se realizó un análisis de sensibilidad de los parámetros y se encontraron las siguientes observaciones:

La Conductividad Eléctrica refleja la mineralización (IDEAM 2016), sin embargo se observa que los pesos porcentuales respecto a la calificación de este parámetro son muy bajos y se relaciona con los valores reportados, es decir en estaciones históricas de buena calidad, donde no existen presiones ambientales, pero que reportan valores altos de conductividad el peso porcentual es muy bajo, lo cual afecta la calificación final del indicador, en este sentido se tomó la decisión de omitir la conductividad eléctrica, para el cálculo del ICA.

- Los análisis se realizaron en laboratorios diferentes para la primera y segunda campaña (de acuerdo con lo mencionado en el numeral 5.1.1 del presente informe, si bien los laboratorios contratados tienen Acreditación por el IDEAM (anexos 3 y 4), utilizan técnicas, equipos diferentes y por consiguiente varían los límites de cuantificación del ensayo; en este sentido el Nitrógeno Total arroja valores de límites de cuantificación para la primera campaña < 10 mg/L y para la segunda campaña de < 1.54 mg/L. Por las anteriores razones se decidió no utilizar este parámetro para el cálculo del indicador ya que no son consistentes los límites de cuantificación y esto podría afectar el cálculo del indicador.

En este sentido, se calcula el ICA con 5 variables, como se relaciona en la Tabla 39.

Tabla 39. Variables utilizadas para el cálculo del ICA

Variable	Unidad de medida	Ponderación
Oxígeno disuelto	% Saturación	0.16
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	0.14
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	0.14
Potencial de hidrogeno	Unidades de pH	0.14
Coliformes Fecales	UFC/100 ml	0.14

Fuente: Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda. 2017

Con las anteriores variables se muestra en la Tabla 40, los resultados del ICA para las dos campañas de monitoreo en la cuenca del río Risaralda.

Tabla 40. Resultados del ICA

NOMBRE DE ESTACIÓN	Primera Campaña		Segunda Campaña	
	VAL_ICA	NOMENCLAT	VAL_ICA	NOMENCLAT
R. Risaralda - Arroyo Hondo	0.95	Bueno	0.97	Bueno
R. Risaralda Antes de Mistrató	0.94	Bueno	0.97	Bueno
R. Risaralda Después de Mistrató	0.85	Aceptable	0.84	Aceptable
R. Risaralda Puente Umbría	0.79	Aceptable	0.77	Aceptable
R. Risaralda Después Desembocadura Q. Cauyá	0.91	Bueno	0.71	Aceptable
R. Risaralda Las Palmeras	0.85	Aceptable	0.69	Regular
R. Risaralda Puente Negro	0.89	Aceptable	0.85	Aceptable
R. Risaralda Antes de la Virginia	0.80	Aceptable	0.96	Bueno
R. Risaralda Desembocadura	0.66	Regular	0.75	Aceptable
Desembocadura R. Guática	0.94	Bueno	0.91	Bueno
Desembocadura R. Mapa	0.93	Bueno	0.90	Bueno
Desembocadura R Totuí	0.93	Bueno	0.90	Aceptable
Desembocadura Q. Chapata	0.96	Bueno	0.87	Aceptable

Fuente. Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda 2016

De la Tabla 40, se puede establecer que los resultados del ICA fueron coincidentes para las dos campañas de monitoreo, en donde se aprecia que para las primeras estaciones en la parte alta de la cuenca El ICA es de buena calidad; para las dos estaciones siguientes la calidad es Aceptable; para la estación R. Risaralda Después Desembocadura Q. Cauyá el ICA es de Buena calidad para la primera campaña y disminuye a Regular calidad para la segunda campaña, es oportuno mencionar que la quebrada Cauyá es el principal cuerpo receptor de vertimientos del municipio de Anserma.

La estación Las Palmeras presenta un ICA aceptable para la primera campaña y Regular para la segunda campaña, al igual que el río Risaralda en la primera campaña presenta una calidad Regular.

Por su parte los tributarios monitoreados, los cuales son desembocadura río Totuí, desembocadura río Mapa, desembocadura río Mapa y desembocadura quebrada Chapata presentan calidad Buena para la primera campaña que se mantiene para río Guática y río Mapa, pero para río Totuí y quebrada Chapata disminuye a Aceptable.

El comportamiento de los resultados del ICA en los puntos de monitoreo y entre los tramos se observa en la Figura 31 y Figura 32.

Los mapas de ICA año para campañas 1 y 2, se encuentran en el anexo 16.

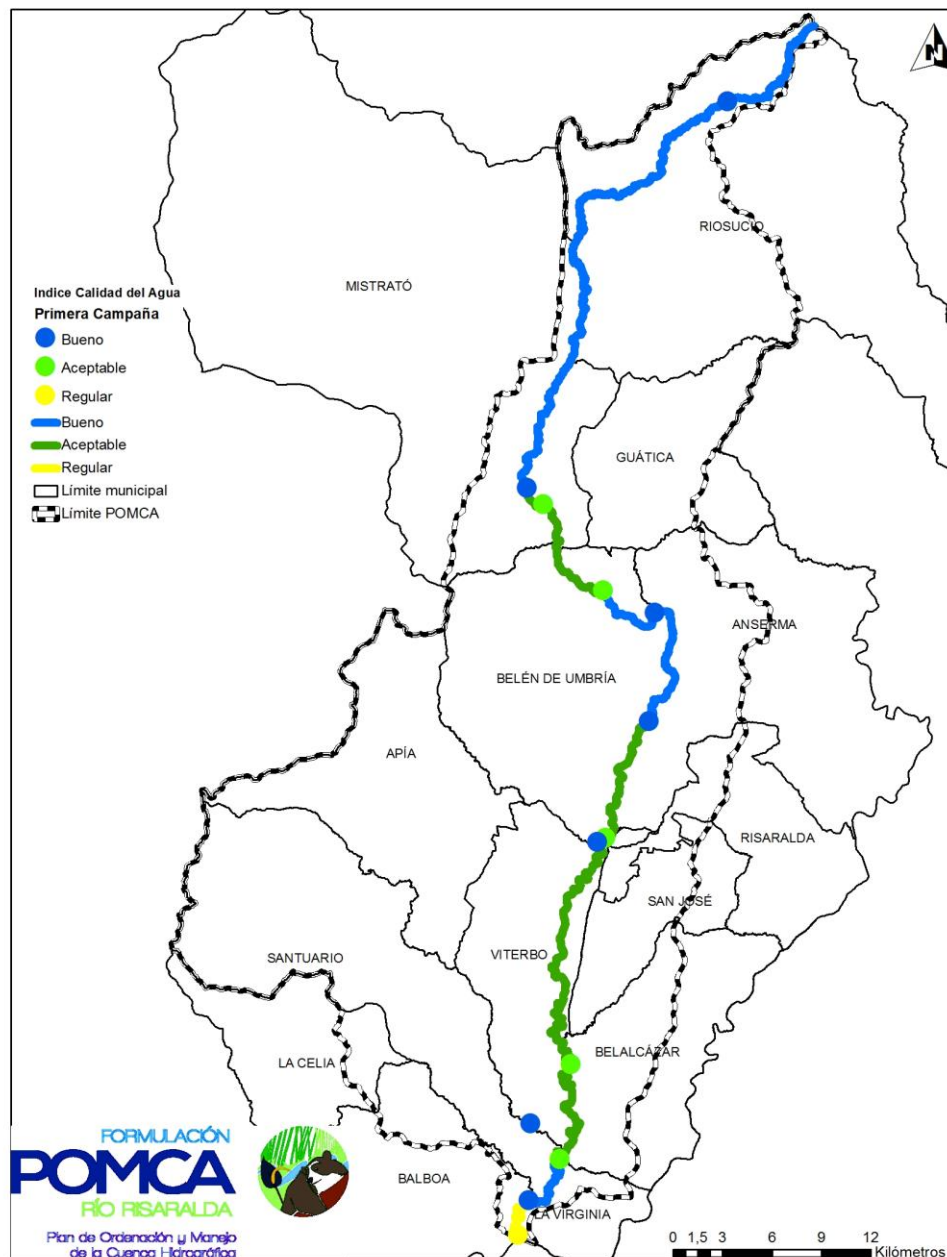


Figura 31. Resultados ICA campaña 1
 Fuente. Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda 2016

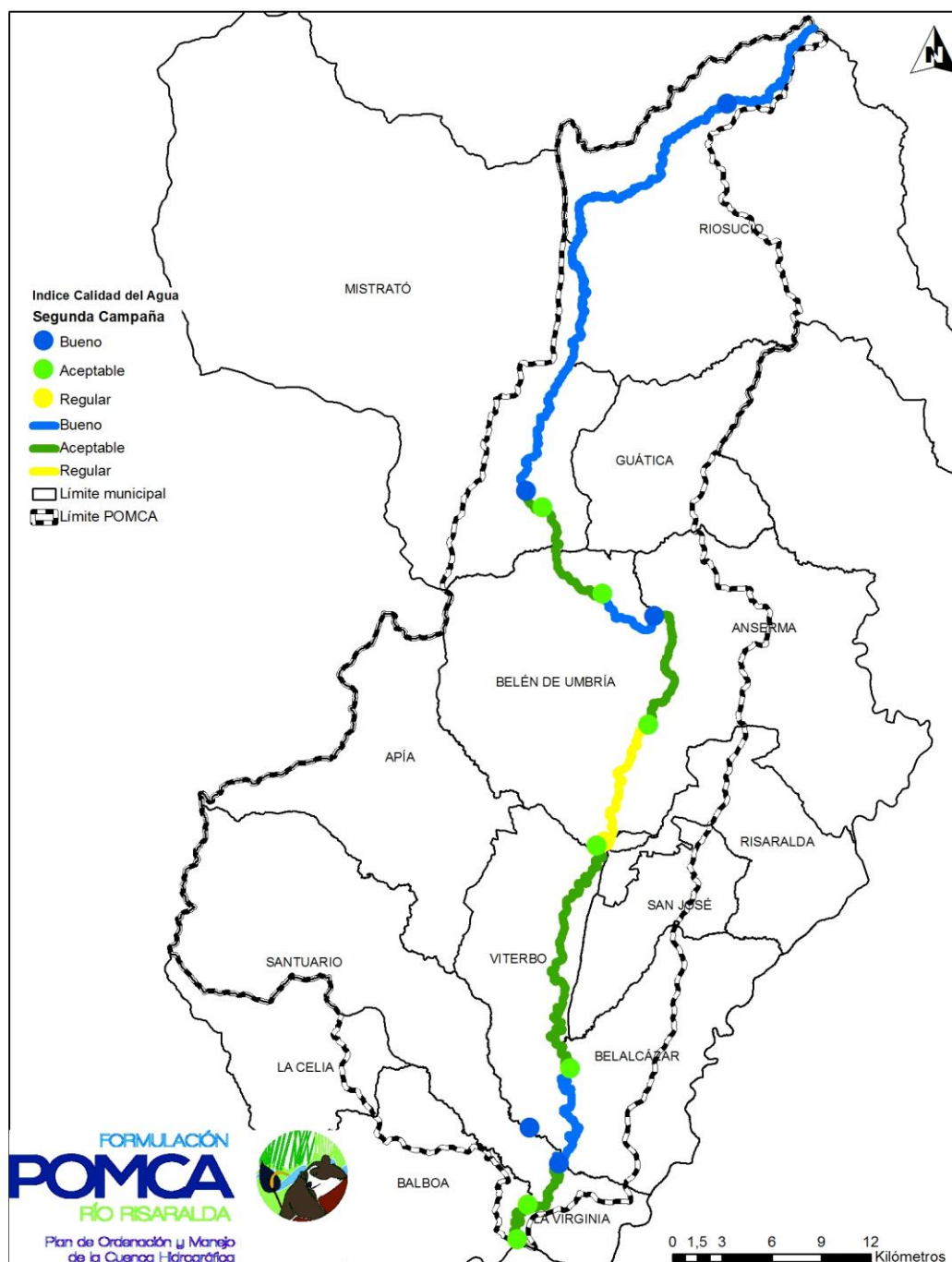


Figura 32. Resultados ICA campaña 2

Fuente. Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda 2016

Es en este proyecto en donde por primera oportunidad se calcula este indicador para la cuenca, por lo que no hay valores comparativos, sin embargo, el IDEAM,

en su página web (indicadores ambientales) presenta datos del ICA para algunas corrientes de agua dentro de las cuales se encuentra desembocadura del río Risaralda, se presenta en la Tabla 41 un consolidado con los resultados reportados por el IDEAM:

Tabla 41. Consolidado resultados ICA

Estación	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Desembocadura río Risaralda	Malo	Regular	Regular	Regular	Malo	Aceptable	Regular

Fuente, IDEAM

Finalmente como se mencionó en el capítulo 2 “identificación de redes de monitoreo” el índice de calidad de agua utilizado históricamente por la CARDER es el INSF y por CORPOCALDAS es el ICA CETESB, sin embargo no es posible calcularlos para las campañas de monitoreo desarrolladas en el presente proyecto, ya que no se incluyeron todos los parámetros requeridos para el cálculo de dichos indicadores.

7 DIAGNÓSTICO DE LOS FACTORES DE CONTAMINACIÓN DE RECURSO HÍDRICO

La cobertura urbana del servicio de aseo, de acuerdo a los prestadores municipales es del 100%, a excepción de Apía y Mistrató, que es del 98%, y Santuario, con el 99%. Esto es debido a sitios inaccesibles para el carro recolector, como son en Apía el barrio San Juan, Calle 5 (límite vereda Agua Linda); en Mistrató, en parte de los barrios Lavapiés, Siglo XX y Arrayanal – La Planta.

En la actualidad, todos los municipios de la cuenca cuentan con Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos –PGIRS- actualizado, adoptado o en proceso de adopción, con un horizonte de ejecución hasta el año 2027. Lo cual es una gran ventaja o fortaleza, ya que redundo no solo en la calidad y cobertura de la prestación del servicio (barrido, mantenimiento de zonas verdes, recolección, transporte y disposición final), sino en la planeación y ejecución de programas y proyectos para la sensibilización de la población en la cultura de generación, manejo en la fuente, reciclaje y aprovechamiento de los residuos, y en general de limpieza y protección del medio ambiente

En zonas rurales, los residuos generados pueden afectar las corrientes de agua, ya sea por no contar con un servicio de recolección o por el desarrollo de actividades agrícolas como el beneficio del café y otros cultivos que generan envases de agroquímicos, sin embargo, algunas de las empresas prestan servicios de recolección en los centros poblados nucleadas, de acuerdo con la **Tabla 42**.

Con la implementación de los PGIRS, es muy posible que la cobertura rural se amplíe, o por lo menos en lo concerniente a los residuos inorgánicos, ya que todos los municipios deben contemplar en su PGIRS proyectos para esta zona debido a que los desechos son enterrados, quemados o arrojados a cielo abierto o a las corrientes de agua.

En la Tabla 43 se puede observar entre otra información los sitios de disposición final de residuos sólidos para los municipios de la cuenca, en donde principalmente se observa que el relleno sanitario La Glorita en Pereira y el relleno sanitario La Esmeralda en Manizales son quienes reciben los residuos sólidos.

Tabla 42. Recolección de Residuos Sólidos en Zonas Rurales

MUNICIPIO	OPERADOR	ZONAS RURALES NUCLEADAS A LAS CUALES SE LES PRESTA EL SERVICIO DE RECOLECCIÓN , SEAN USUARIOS O NO, DEL SERVICIO
Anserma	EMAS de OCCIDENTE S.A. E.S.P.	Zona suburbana
Apía	E.P.M. de APÍA E.S.P.	Vereda y caserío la maría
Balboa	ESPM de BALBOA EMILIO GARTNER	Caserío tres esquinas y la aurora (y en otras veredas que no pertenecen a la cuenca)
Belalcázar	EMAS de OCCIDENTE S.A. E.S.P.	Zona suburbana y a la comunidad Totumal
Belén de umbría	E.P.M. de BELÉN DE UMBRÍA	Corregimiento de Taparcal, centro poblado de Columbia, Baldelomar y de Puente Umbría
Guática	Subcontrato con EMAS de OCCIDENTE S.A. E.S.P.	Corregimientos de Santa Ana, San Clemente y Travesías
La Virginia	E.S.P. LA VIRGINIA	No prestan el servicio
Mistrató	E.P.M. de MISTRATÓ	Caserío Pinar Del Río
Risaralda	EMAS de OCCIDENTE S.A. E.S.P.	Zona suburbana
San José	EMAS de OCCIDENTE S.A. E.S.P.	Condominios
Santuario	E.S.P. de SANTUARIO	La Bretaña (sectores Puente Negro, El Rosal y La Marina); Playa Rica, Corinto y Peralonso
Viterbo	EMSERVI- S.A. E.S.P. de VITERBO (SUBCONTRATO con ATESA)	Áreas sub-urbanas como los condominios. Además, existen algunos usuarios en la vía la Virginia-Viterbo y sector de Asia-Cabo Verde.

Fuente: Empresas de Servicios Públicos Municipales, 2016. Empresa Metropolitana de Aseo S.A. E.S.P. - EMAS- datos 2016. Los datos del municipio de Balboa son del año 2010 fuente Sistema de Información y Estadística Territorial - Siete - Gobernación de Risaralda

De acuerdo con la información consignada en el estudio denominado “Estructuración de alternativas para la optimización del servicio público domiciliario de aseo en el departamento de Risaralda” elaborado por Aguas y Aseo de Risaralda S.A E.S.P de agosto 2015, se establece que además del relleno sanitario La Glorita que se localiza en la cuenca del río Otún y que recibe residuos



sólidos de 23 municipios de Risaralda, Caldas y Norte del Valle, los proyectos que tienen permisos ambientales son la planta de tratamiento de residuos sólidos Belén de Umbría, y la escombrera de Guática.

Tabla 43. Componentes del Servicio Público de Aseo Urbano Municipios y Cuenca

Municipio	Operador	Servicios prestados según componente	Cobertura %	Sitio de disposición final Relleno sanitario	Distancia del Centroe al sitio de disp. Final	Estado de PGIRS
Anserma	EMAS de OCCIDENTE S.A. E.S.P.	Barrido, recolección, disp. Final. Mantenimiento de zonas verdes	100.00%	La Esmeralda Manizales	65.0	Actualizado y adoptado
Apía	E.P.M. de APÍA E.S.P.	Barrido, recolección y transporte, rocería y limpieza.	99.00%	La Glorita Pereira	73.3	Proceso actualización
Balboa	ESPM de BALBOA EMILIO GARTNER	Barrido, recolección, disp. Final	70.45%	La Glorita Pereira	52.6	N.d.
Belalcázar	EMAS de OCCIDENTE S.A. E.S.P.	Barrido, recolección, disp. Final. Mantenimiento de zonas verdes	100.00%	La esmeralda Manizales	55.0	Actualizado en adopción
Belén de umbría	E.P.M. de BELÉN DE UMBRÍA	Barrido, recolección, disp. Final	100.00%	La glorita Pereira	80	Actualizado en adopción
Guática	Subcontrato con EMAS de OCCIDENTE S.A. E.S.P.	Barrido, recolección, disp. Final. Mantenimiento de zonas verdes	100.00%	La esmeralda Manizales	92.0	Actualizado
La Virginia	E.S..P. de LA VIRGINIA E.S.P.	Barrido, recolección, disp. Final	100.00%	La glorita Pereira	36.26	Adoptado
Mistrató	E.P.M. de MISTRATÓ	Barrido, recolección, disp. Final	98.00%	La glorita Pereira	96.2	Adoptado
Risaralda	EMAS de OCCIDENTE S.A. E.S.P.	Barrido, recolección, disp. Final. Mantenimiento de zonas verdes	100.00%	La esmeralda Manizales	63.8	Actualizado y adoptado
San José	EMAS de OCCIDENTE S.A. E.S.P.	Barrido, recolección, disp. Final. Mantenimiento de zonas verdes	100.00%	La esmeralda Manizales	62.1	Actualizado y adoptado

Municipio	Operador	Servicios prestados según componente	Cobertura %	Sitio de disposición final Relleno sanitario	Distancia del Centroide al sitio de disp. Final	Estado de PGIRS
Santuario	E.S.P. de SANTUARIO ESP	Barrido, recolección, disp. Final	99.00%	LA GLORITA PEREIRA	68.0	Adoptado
Viterbo	EMSERVI-S.A. E.S.P. de VITERBO (SUBCONTRATO con ATESA)	Barrido, recolección, transporte y disposición final	100.00%	LA GLORITA PEREIRA	56.2	Vigente
TOTAL			97.20%			

Fuente: Empresas de Servicios Públicos Municipales, 2016. Empresa Metropolitana de Aseo S.A. E.S.P. - EMAS- datos 2016. Los datos del municipio de Balboa son del año 2010 fuente Sistema de Información y Estadística Territorial - Siete - Gobernación de Risaralda

Fuente: Empresas Prestadoras del Servicio de Aseo

7.1 Pasivos ambientales relacionados con residuos sólidos

La identificación de pasivos ambientales en lo relacionado a manejo de residuos, generalmente está ligado a los sitios de manejo y disposición final de residuos, siendo los botaderos a cielo abierto o sitios de enterramiento los pasivos que se encuentran con mayor frecuencia (Aguas y Aseo de Risaralda, 2015)

En cuanto a cierre de botaderos se indica que de acuerdo con lo establecido por CARDER los municipios han cumplido con los planes de cierre.

7.2 Aprovechamiento de residuos sólidos

En el municipio de Belén de Umbría existe planta de tratamiento de residuos del municipio se tiene un proceso de compostaje donde se manejan aproximadamente 80 ton/mes de residuos orgánicos, obteniendo una cantidad de producto promedio de 16 Ton/mes. Por su parte el municipio de Mistrató el corregimiento de San Antonio, se cuenta con una planta donde se realiza el proceso de lombricompost y recuperación de reciclables, en la planta se manejan residuos generados en el corregimiento, el cual se localiza a aproximadamente hora y media del casco urbano del municipio.

7.3 Disposición final de residuos sólidos

Ninguno de los municipios en jurisdicción de la cuenca cuentan con Relleno Sanitario, el sitio de disposición final es el Relleno Sanitario La Glorita localizado en la cuenca del río Otún y corresponde al relleno regional del departamento, se inició operación en 1997, en 2014 fue aprobado por la CARDER el plan de manejo ambiental para prolongar su operación hasta el año 2025. En la actualidad se dispone en el Vaso 6 y es operado en concesión por ATESA.

Recibe residuos de 23 municipios, 13 de ellos del departamento de Risaralda, un promedio de 90 viajes/día y 21.000 toneladas/mes.

7.4 Manejo de escombros

Sólo los municipios de Apía y Guática cuentan con sitios autorizados por la CARDER para la disposición de escombros. El manejo de escombros es el principal problema relacionado con los residuos en los municipios, pues al no contarse con sitios autorizados se están disponiendo al margen de las vías o en lotes baldíos constituyendo la mayoría de los puntos críticos existentes.

7.5 Manejo de residuos peligrosos

El manejo de residuos hospitalarios es realizado por gestores contratados por las instituciones de salud, en la mayoría de municipios se hace referencia a los gestores: EMDEPSA SA ESP localizado en la ciudad de Pereira y ASEVICAL Ltda ubicado en la ciudad de Manizales.

En cuanto a residuos peligrosos generados por talleres, estaciones de servicio y algunas industrias, se referencia al gestor Combustibles Juanchito ESP localizado en Candelaria Valle del Cauca, quien maneja aceites usados.

Las acciones realizadas por los municipios promovidas por la CARDER, en su mayoría se relacionan con la formulación del PGIRS RESPEL Institucional y la elaboración del inventario de generadores de residuos peligrosos en los municipios. Por otra parte, algunos de los municipios han participado en procesos posconsumo iniciados por la ANDI, para llantas usadas, pilas y bombillas, sin embargo, se coincide en que no han tenido el efecto esperado.

La corporación por su parte en el marco del Plan Departamental RESPEL, promociona programas de devolución posconsumo como: Punto azul, Pilas con el ambiente, Lumina, Cierra el ciclo, Computadores y llantas



Como síntesis se puede establecer que los Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS), no se están implementando en su totalidad salvo los Municipios de Belén de Umbría, Guática, La Celia y Mistrató, las restantes localidades no evidencian niveles adecuados en el cumplimiento de las metas, lo que revela que, en algunos casos, los PGIRS no están siendo tomados como un instrumento efectivo para el propósito ejecución de las acciones tendientes a minimizar los impactos sobre la salud pública y el medio ambiente derivados de una excesiva producción de residuos acompañada de inadecuadas prácticas de recolección, transporte y disposición final.

8 ÍNDICE DE ALTERACIÓN POTENCIAL DE LA CALIDAD DE AGUA – IACAL

8.1 Metodología

El Índice de Alteración Potencial de la Calidad de Agua (IACAL), es el referente de la presión de los contaminantes vertidos (materia orgánica, sólidos suspendidos y nutrientes) sobre las condiciones de calidad de agua en los sistemas hídricos superficiales. (IDEAM, 2010). El índice de alteración potencial de la calidad del agua es un reflejo de la amenaza por contaminación a la que pueden estar sometidas las subzonas hidrográficas objeto de estudio.

La afectación de la calidad del recurso hídrico se puede entender como una amenaza, cuya magnitud depende de la disponibilidad natural y/o regulada de dicho recurso (la cual no es constante debido a la variabilidad climática), y de la presión ejercida sobre éste por cuenta de los usos y el consumo que realiza la población asentada en sus alrededores, y de los vertimientos que dicha población descarga en las corrientes.

En la medida que se incrementan las cargas vertidas por los diferentes sectores, se reduce la capacidad natural de autodepuración del sistema hídrico superficial que las recibe, se pierde su aptitud para ciertos usos específicos y se afecta la calidad de los beneficios ambientales que prestan estos sistemas hídricos.

El objetivo de este índice es estimar presuntivamente cargas contaminantes por sector productivo. El IACAL refleja la alteración probable de la calidad del agua por presión de la actividad socioeconómica, pues se calcula en función de la presión ambiental, entendida como la contribución potencial de cada agente social o actividad humana (población, industria, agricultura, minería) a las alteraciones del medio ambiente por consumo de recursos naturales, generación de residuos (emisión o vertimiento) y transformación del medio físico. Es decir, es la capacidad de generar un impacto ambiental. La afectación potencial se refiere a la posibilidad de generar un grado de alteración debido a una presión ambiental; por ejemplo, un vertimiento puede generar distintos impactos ambientales en función de diversos factores: la fragilidad del medio receptor, la concentración de presión ambiental en el área (existencia de muchos vertimientos) y la capacidad de recuperación del medio receptor (contempla en su mayoría información presuntiva).

Variables:

- Oferta Hídrica.
- Demanda Química de Oxígeno – DQO
- Demanda Bioquímica de Oxígeno – DBO
- Sólidos Suspendidos Totales – SST
- Nitrógeno Total – NT
- Fósforo Total – PT

Para el cálculo de IACAL se evalúa a partir del promedio de jerarquías asignadas a las cargas contaminantes de materia orgánica, sólidos suspendidos y nutrientes ejercidas por el sector doméstico, industrial, sacrificio de ganado bobino, avícola y agrícola (cultivo de café).

A partir de la agregación espacial, después de contrastar la carga contaminante estimada con la oferta total en millones de metros cúbicos (Mm³) se infieren las probabilidades de contaminación para periodos secos y medios.

El IACAL arroja valores numéricos que se califican en una de cinco categorías, en un cálculo de razón existente entre la carga contaminante que se estima recibe una zona hidrográfica determinada en un periodo de tiempo y la oferta hídrica superficial (normal y seco) estimada a partir de una serie de tiempo.

Las fórmulas para el cálculo del IACAL son las siguientes:

$$IACAL_{jt-añomed} = \frac{\sum_{i=1}^n catiacal_{ijt-añomed}}{n}$$

Donde,

IACAL_{jt-añomed}: es el índice de alteración potencial de la calidad del agua de una subzona hidrográfica durante un periodo de tiempo, evaluado para una oferta hídrica propia de un año medio

catiacal_{ijt-añomed}: es la categoría de clasificación de la amenaza por la potencial alteración de la calidad del agua que representa el valor de la estimación de la carga de la variable de calidad que se puede estar vertiendo en la subzona hidrográfica durante un periodo de tiempo dividido por la oferta hídrica en un año medio.

n: es el número de variables de calidad involucradas.

Para año seco:

$$IACAL_{jt-año\ sec} = \frac{\sum_{i=1}^n catiacal_{ijt-año\ sec}}{n}$$

$IACAL_{jt-año\ sec}$: es el índice de alteración potencial de la calidad del agua de una subzona hidrográfica durante un periodo de tiempo, evaluado para una oferta hídrica propia de un año seco

$catiacal_{ijt-año\ sec}$: es la categoría de clasificación de la amenaza por la potencial alteración de la calidad del agua que representa el valor de la estimación de la carga de la variable de calidad que se puede estar vertiendo en la subzona hidrográfica durante un periodo de tiempo dividido por la oferta hídrica en un año medio.

n : es el número de variables de calidad involucradas.

En la **Tabla 44** se registran los rangos de valores a obtener en el cálculo de IACAL, la categoría de clasificación que se asigna a cada uno, la clasificación del nivel de amenaza y el color que representa.

Tabla 44. Rangos del IACAL categoría nacional

Rangos $IACAL_{jt-año\ med}$ $IACAL_{jt-año\ sec}$	Categoría de clasificación	Calificación de la amenaza
$1,0 \leq IACAL \leq 1,5$	1	Baja
$1,5 < IACAL \leq 2,5$	2	Moderada
$2,5 < IACAL \leq 3,5$	3	Media-Alta
$3,5 < IACAL < 4,5$	4	Alta
$4,5 \leq IACAL \leq 5,0$	5	Muy Alta

Fuente, IDEAM

El cálculo de cada uno de los $iacal_{ijt-año\ med}$ o $iacal_{ijt-año\ sec}$ se realiza mediante la siguiente formula

$$iacal_{ijt-añomed} = \frac{C_{ijt}}{O_{añomed}}$$

O

$$iacal_{ijt-año sec} = \frac{C_{ijt}}{O_{año sec}}$$

Donde, $iacal_{ijt-añomed}$ o $iacal_{ijt-año sec}$, son estimaciones de las cargas de las variables de calidad que pueden estar vertiendo en las zonas de estudio durante un periodo ponderado por la oferta hídrica estimada para año medio o seco.

C_{ijt} : carga variable de calidad que se puede estar vertiendo durante un periodo de tiempo.

$O_{añomed}$ o $O_{año sec}$ son la oferta hídrica para un año medio o seco

En el proceso de análisis para la determinación de los indicadores de calidad y cantidad del recurso hídrico, se utilizarán las siguientes subzonas hidrográficas o nivel hidrográfico subsiguiente, el criterio para la definición de las subzonas hidrográficas se describe en el capítulo de hidrografía, ver Tabla 45.

Tabla 45. Niveles subsiguientes o subzonas hidrográficas

CODIGO	NOMBRE	ÁREA ha
261401	R. Arroyo hondo	5897.8
261402	FH. Riosucio-Mistrató	8970.3
261403	Q. Serna	2010.8212
261404	Q. Peñas Blancas	5387.26797
261405	Q. La Ilorona	1152.78503
261406	FH. Belén de Umbría 1	5387.26797
261407	Q. Sandía	1083.2644
261408	Q. Congo	5387.26797
261409	FH. Q. El Boquerón	5387.26797
261410	Q. del Olvido o Tinajitas	473.591552
261411	FH. Belén de Umbría 2	65.8185724
261412	Q. Tachigui	1190.23314
261413	FH. Belén de Umbría 3	151.981578
261414	Q. Los Ángeles	713.478942
261415	FH. Q. Pumía - Q. Tetuán	560.535613
261416	Q. Papayal	770.591933
261417	FH. Belén de Umbría 4	1009.01248
261418	Q. Chápata	6568.41081
261419	FH. Q. Puracé - Q. El Dinde	1009.01248
261420	R. Guarne	5371.73162

CODIGO	NOMBRE	ÁREA ha
261421	FH. Q. Guamo Viejo	478.643639
261422	Q. Samaria	2069.40663
261423	FH. Q. La Cecilia - Q. Guamito	3838.68801
261424	R. Mapa	28886.2655
261425	FH. Santuario	803.183164
261426	R. Totuí	6083.77836
261427	FH. Balboa	398.13386
261428	FH La Virginia	562.143405
261429	Q. El Cairo	984.918951
261430	FH. Belalcázar 5	93.589693
261431	Q. Génova	198.367923
261432	FH. Belalcázar 4	105.109972
261433	Q. Calamar	238.48696
261434	FH. Belalcázar 3	45.0136441
261435	Q. Los Micos	566.055666
261436	FH. Belalcázar 2	576.536652
261437	Q. La Betulia	1009.34698
261438	FH. Belalcázar 1	576.536652
261439	Q. el Águila (Q. El Guamo)	2762.21683
261440	FH. Q. La Equis	809.563904
261441	Q. La Hermosa	770.400115
261442	FH. Viterbo 5	114.712624
261443	Q. Candilejas	403.932278
261444	FH. Viterbo 4	11.9105623
261445	Q. La Primavera	654.460477
261446	FH. Viterbo 3	26.3455367
261447	Q. Changüi	1637.26353
261448	FH. Viterbo 2	26.3455367
261449	Q. La Honda	564.947298
261450	FH. Viterbo 1	26.6351843
261451	Q. La Tesalia	781.702578
261452	Q. Palo Gordo	264.476572
261453	Q. Tamaspia	1593.88098
261454	FH. Anserma 3	501.663708
261455	Q. El Oro	962.713768
261456	FH. Q. Valdivia	501.663708
261457	Q. Lázaro	1098.48275
261458	FH. Anserma 2	95.033279
261459	Q. Chapata	586.490306
261460	FH. Anserma 1	151.138224
261461	Q. Tusas	732.558679
261462	FH. Q. Villa Orozco	319.16628
261463	Q. Cauyá	1606.82029
261464	Q. Guapacha - San Pedro	2065.79829
261465	R. Guática	17939.8524
261466	FH. Q. Maira Bajo	2065.79829
261467	Q. Sirguia	802.481849
261468	FH. Caño La Calera	8970.35126

Fuente: Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda. 2017

En total son 68 niveles subsiguientes, a los cuales se les estiman las cargas contaminantes para el cálculo del IACAL.

8.2 Información sectorial para la estimación de cargas

Para el cálculo del IACAL en ciertos municipios; se obtuvo información más precisa y acertada para las variables o indicadores que componen el índice, puesto que, algunos datos se encontraban en las cargas reportadas por las empresas e industrias de los municipios y de la estimación o cálculo de cargas en los permisos de vertimientos. Así mismo, las proyecciones o estimaciones calculadas de variables específicas, se basaron en estudios previos que ya se han desarrollado en el área de estudio y otra información secundaria a disposición.

Sector primario: son las actividades que permiten obtener alimentos, fuentes de energía y materias primas (se incluye la agricultura y producción y beneficio de café)

Sector secundario: aquellas actividades de transformación de los productos generados por la naturaleza y convertidos en bienes de consumo o para otras actividades (industria manufacturera)

Sector Terciario: sector de prestación de servicio. Incluye lo doméstico y sacrificio de ganado.

8.3 Fuentes de información

8.3.1 Sector doméstico

Entre las fuentes de información secundaria con contenidos referidos a los aspectos sociodemográficos requeridos en este documento de diagnóstico se contó con el Censo general 2005 y las proyecciones de población del DANE, y la base consolidada del Sisben a febrero de 2016.

Para el censo general 2005 se realizaron consultas mediante Redatam a nivel de sector censal y se articuló la cartografía correspondiente con la de las microcuencas y zonas hidrográficas de estudio.

8.3.2 Sector centrales de beneficio

Para el cálculo de cargas se tuvo en cuenta la información suministrada por la CARDER y CORPOCALDAS referente al cobro de tasa retributiva de las centrales de sacrificio que se localizan en la cuenca.

8.3.3 Sector cafetero

Se utilizó la información de la evaluación agrícola y pecuaria anual, información suministrada por la secretaria de desarrollo agropecuario del departamento, donde se especifica por municipio la producción, así mismo se consultó bibliografía sobre el tema de cargas contaminantes del beneficio del café archivos de artículos publicados por CENICAFE, la Federación Nacional de Cafeteros y los organismos competentes en Guatemala, Costa Rica y Cuba.

8.3.4 Sector Industrial

Se tuvo en cuenta la información de cobro de tasa retributiva, información suministrada CARDER y CORPORCALDAS.

8.3.5 Sector Minero

Con respecto a este sector es oportuno indicar que el IACAL en su metodología sólo contempla minería de oro y plata, de acuerdo con la información consultada en la Agencia Nacional de Minería y Corporaciones que tienen jurisdicción en la cuenca existen títulos mineros y licencias de exploración, más no se identifican licencias ambientales, lo que permite deducir que legalmente no se está desarrollando minería de oro o plata.

8.4 Análisis de resultados

8.4.1 Análisis de carga contaminante sector doméstico

Para la determinación de carga contaminante por el sector doméstico fue necesario estimar la población por cada una de los niveles subsiguientes definidos, para ello contó con el apoyo del componente socio económico del proyecto, adicionalmente se consultaron fuentes de información como el DANE.

La metodología establecida en ENA 2014, establece la siguiente ecuación para estimar la carga del sector doméstico:

$$\begin{aligned}
 &P - XPS \\
 &Fip - XRT \\
 &Ps = XPS * P \\
 &PPS * Xpps * P \\
 &Kp = (1 - XRT) * \Sigma [Fip * Ps) + (Fip * PPs)]
 \end{aligned}$$

Donde:

P = Población. Para la estimación de la población se tomó como referencia información DANE, en donde se determina el total de población urbana y rural de cada municipio en la cuenca, adicionalmente soportado en núcleos censales.

XPS = Fracción de la población conectada al alcantarillado. Para la estimación de esta fracción, se analizó espacialmente la ubicación de las cabeceras municipales en los niveles subsiguientes y con base en ello del total de población se establecía la conectada al alcantarillado.

PS= Población conectada al alcantarillado (nro. Personas).

La fracción de población conectada al alcantarillado, se determinó del total de la población en una o varios niveles subsiguientes en donde existiera cascos urbanos, se estimaba la fracción.

Fip = Factor de emisión de DBO_5 por persona, según si está conectada al alcantarillado o a pozo séptico. El factor de emisión lo establece el ENA 2010, que indica 18.1 kg/persona-año si está conectado al alcantarillado y 6.9 kg/persona-año si está conectado a sistema séptico. Esto es equivalen a un aporte per cápita de 50 g/hab/día y 19 g/hab/día, respectivamente.

XRT = Fracción de remoción de materia orgánica, sólidos y nutrientes dependiendo del tipo de tratamiento de agua residual doméstica. Se estimó una fracción de remoción de 0.8 de acuerdo con unas condiciones óptimas de operación y mantenimiento de un sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas.

En la Tabla 46 se presentan los resultados de la estimación de la carga contaminante del sector doméstico, por cada una de los niveles subsiguientes definidos.

De la Tabla 46, se puede estimar que el sector doméstico aporta una carga de 543.26 Ton/año de DBO_5 y SST. Existen áreas muy pequeñas con poca población cuyas cargas son muy bajas, los niveles subsiguientes con mayores aportes son en los cuales se localizan los cascos urbanos de los municipios de la cuenca

Tabla 46. Estimación de cargas contaminantes sector doméstico

CÓDIGO	NIVEL SUBSIGUIENTE	P	Xps	PS	PPs	FiP DBO y SST Urbano (kg/hab año)	FiP DBO Y SST Rural (kg/hab año)	XRT	KP DBO - SST (Ton/año)
261401	R. Arroyo hondo	6593	0	0	4615.1	18.1	6.1	0.8	5.63
261402	FH. Riosucio-Mistrató	6285	0.67	4210.95	6527.5	18.1	6.1	0.8	38.87
261403	Q. Serna	761	0	0	532.7	18.1	6.1	0.8	0.65
261404	Q. Peñas Blancas	315	0	0	220.5	18.1	6.1	0.8	0.27
261405	Q. La Ilorona	937	0	0	655.9	18.1	6.1	0.8	0.80
261406	FH. Belén de Umbría 1	99	0	0	69.3	18.1	6.1	0.8	0.08
261407	Q. Sandía	881	0	0	616.7	18.1	6.1	0.8	0.75
261408	Q. Congo	614	0	0	429.8	18.1	6.1	0.8	0.52
261409	FH. Q. El Boquerón	852	0	0	596.4	18.1	6.1	0.8	0.73
261410	Q. del Olvido o Tinajitas	385	0	0	269.5	18.1	6.1	0.8	0.33
261411	FH. Belén de Umbría 2	53	0	0	37.1	18.1	6.1	0.8	0.05
261412	Q. Tachiguí	967	0	0	676.9	18.1	6.1	0.8	0.83
261413	FH. Belén de Umbría 3	123	0	0	86.1	18.1	6.1	0.8	0.11
261414	Q. Los Ángeles	580	0	0	406	18.1	6.1	0.8	0.50
261415	FH. Q. Pumía - Q. Tetuán	453	0	0	317.1	18.1	6.1	0.8	0.39
261416	Q. Papayal	626	0	0	438.2	18.1	6.1	0.8	1.59
261417	FH. Belén de Umbría 4	16	0	0	11.2	18.1	6.1	0.8	0.01
261418	Q. Chápatá 1	18697	0.71	13274.87	3900.4	18.1	6.1	0.8	62.17
261419	FH. Q. Puracé - Q. El Dinde	347	0	0	242.9	18.1	6.1	0.8	0.88
261420	R. Guarne	3058	0	0	2140.6	18.1	6.1	0.8	2.61
261421	FH. Q. Guamo Viejo	3139	0.98	3076.22	35.7	18.1	6.1	0.8	11.27
261422	Q. Samaria	7788	0.92	7164.96	406.7	18.1	6.1	0.8	27.41
261423	FH. Q. La Cecilia - Q. Guamito	766	0	0	536.2	18.1	6.1	0.8	0.65
261424	R. Mapa	31202	0.5	15601	10989.3	18.1	6.1	0.8	96.26
261425	FH. Santuario	358	0	0	250.6	18.1	6.1	0.8	0.31
261426	R. Totuí	3811	0.3	1143.3	1892.8	18.1	6.1	0.8	10.99
261427	FH. Balboa	150	0	0	105	18.1	6.1	0.8	0.38
261428	FH La Virginia	24794	0.99	24546.06	50	18.1	6.1	0.8	89.04
261429	Q. El Cairo	354	0	0	247.8	18.1	6.1	0.8	0.90
261430	FH. Belalcázar 5	47	0	0	32.9	18.1	6.1	0.8	0.12
261431	Q. Génova	100	0	0	80	18.1	6.1	0.8	0.29
261432	FH. Belalcázar 4	51	0	0	35.7	18.1	6.1	0.8	0.13
261433	Q. Calamar	120	0	0	84	18.1	6.1	0.8	0.30
261434	FH. Belalcázar 3	22	0	0	15.4	18.1	6.1	0.8	0.06
261435	Q. Los Micos	285	0	0	228	18.1	6.1	0.8	0.28

CÓDIGO	NIVEL SUBSIGUIENTE	P	Xps	PS	PPs	FiP DBO y SST Urbano (kg/hab año)	FiP DBO Y SST Rural (kg/hab año)	XRT	KP DBO - SST (Ton/año)
261436	FH. Belalcázar 2	142	0	0	99.4	18.1	6.1	0.8	0.36
261437	Q. La Betulia	4079	0.85	3467.15	347.9	18.1	6.1	0.8	4.65
261438	FH. Belalcázar 1	140	0	0	98	18.1	6.1	0.8	0.35
261439	Q. el Águila (Q. El Guamo)	1943.8	0.17	330.446	1124.9	18.1	6.1	0.8	5.27
261440	FH. Q. La Equis	575	0	0	460	18.1	6.1	0.8	0.56
261441	Q. La Hermosa	400	0	0	400	18.1	6.1	0.8	0.49
261442	FH. Viterbo 5	200	0	0	200	18.1	6.1	0.8	0.24
261443	Q. Candilejas	342	0	0	273.6	18.1	6.1	0.8	0.99
261444	FH. Viterbo 4	2	0	0	2	18.1	6.1	0.8	0.00
261445	Q. La Primavera	536	0	0	375.2	18.1	6.1	0.8	0.46
261446	FH. Viterbo 3	2	0	0	2	18.1	6.1	0.8	0.00
261447	Q. Changüí	2121	0.46	975.66	918.4	18.1	6.1	0.8	6.86
261448	FH. Viterbo 2	4	0	0	4	18.1	6.1	0.8	0.00
261449	Q. La Honda	454	0	0	317.8	18.1	6.1	0.8	0.39
261450	FH. Viterbo 1	6	0	0	5	18.1	6.1	0.8	0.01
261451	Q. La Tesalia	478	0.9	430.2	382.4	18.1	6.1	0.8	2.94
261452	Q. Palo Gordo	123	0	0	86.1	18.1	6.1	0.8	0.31
261453	Q. Tamaspia	986	0	0	200	18.1	6.1	0.8	0.72
261454	FH. Anserma 3	80	0	0	200	18.1	6.1	0.8	0.72
261455	Q. El Oro	544	0	0	380.8	18.1	6.1	0.8	0.46
261456	FH. Q. Valdivia	216	0	0	151.2	18.1	6.1	0.8	0.18
261457	Q. Lázaro	3750	0.83	3112.5	431.2	18.1	6.1	0.8	12.83
261458	FH. Anserma 2	56	0	0	39.2	18.1	6.1	0.8	0.05
261459	Q. Chápata 2	250	0	0	175	18.1	6.1	0.8	0.21
261460	FH. Anserma 1	89	0	0	62.3	18.1	6.1	0.8	0.08
261461	Q. Tusas	427	0	0	341.6	18.1	6.1	0.8	0.42
261462	FH. Q. Villa Orozco	186	0	0	130.2	18.1	6.1	0.8	0.16
261463	Q. Cauyá	13733	0.93	12771.69	607.6	18.1	6.1	0.8	48.43
261464	Q. Guapacha - San Pedro	9515	0.9	8563.5	661.5	18.1	6.1	0.8	33.39
261465	R. Guática	19592	0.2	3918.4	13714.4	18.1	6.1	0.8	63.83
261466	FH. Q. Maira Bajo	303	0	0	212.1	18.1	6.1	0.8	0.77
261467	Q. Sirguia	785	0	0	549.5	18.1	6.1	0.8	0.67
261468	FH. Caño La Calera	342	0	0	239.4	18.1	6.1	0.8	0.29
	Total								543.26

Fuente: Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda. 2017

8.4.2 Análisis de carga contaminante sector cafetero

En principio y en vista de que el cálculo de la carga contaminante del sector cafetero tiene como una de las variables el tipo de beneficio, es decir si es ecológico o no ecológico, se definen a continuación para un mejor entendimiento:

Beneficio convencional de café: Con este nombre se conoce al proceso que tradicionalmente se ha utilizado en Colombia para transformar el fruto en semilla y en el cual se utiliza agua en las etapas de despulpado, lavado y transporte (del fruto, del café despulpado y del café lavado), con un consumo global cercano a los 40 litros de agua por cada kilogramo de café pergamino seco (cps) (20, 33) y en el cual no se realiza manejo a los subproductos obtenidos (Cenicafé, 2016).

Beneficio ecológico de café: Es un proceso de beneficio de café amigable con el ambiente, que permite obtener cafés con la calidad -sica y de taza característicos del café de Colombia. Se define como “El conjunto de operaciones realizadas para transformar el café cereza en café pergamino seco, conservando la calidad exigida por las normas de comercialización, evitando pérdidas del producto y eliminando procesos innecesarios, lográndose además el aprovechamiento de los subproductos, lo cual representa el mayor ingreso económico para el caficultor y la mínima alteración del agua estrictamente necesaria en el beneficio (Cenicafé, 2016).

Otra de las variables del IACAL para la determinación de la carga por el sector Cafetero es el factor de aporte de DBO₅ y SST, de acuerdo con el tipo de beneficio, en este sentido en la Tabla 47 se relacionan los factores de vertimientos utilizados para DBO₅ y SST para beneficio tradicional y ecológico.

Tabla 47. Factores de vertimiento utilizados

Factor de vertimiento	Valor (Kg/arroba café pergamino seco)
Factor de vertimientos DBO beneficio tradicional	3.59
Factor de vertimientos DBO beneficio ecológico	0.94
Factor de vertimientos SST beneficio tradicional	3.48
Factor de vertimientos SST beneficio ecológico	0.20

Fuente: Cenicafé, 2016

Adicionalmente, para el comité departamental de Cafeteros de Risaralda, maneja tres (3) tipos de alternativas para tratamiento de aguas residuales, la cuales son:

Sistema Modular de Tratamiento Anaerobio (**SMTA**), éste sistema se compone de trampa de pulpas, Reactor Hidrolítico Acido génico (RHA), recamara de

dosificación y reactor metano génico; es para capacidad de 126 kg de café cereza por día y para fincas de aproximadamente de 1 Ha.

Otro de los sistemas de tratamiento es el denominado Beneficio Ecológico del Café y Aprovechamiento de Subproductos (**BECOLSUB**) el desmucilaginator mecánico DESLIM (desmucilaginator-lavador-limpiador), con un consumo específico de agua entre 0,7 y 1,0 L.kg ⁻¹ de Café Pergamino Seco CPS, y la mezcla de la pulpa y el mucilago en un transportador de tornillo sin-n, se logra controlar la contaminación de los recursos hídricos en cerca de un 20% adicional. Consiste en racionalizar el agua en el lavado del café, utilizando menos de 5 L/kg de cps, mediante el empleo del tanque tina y la práctica de los cuatro enjuagues, y remojar la pulpa en el proceso de transformación con las aguas provenientes de los dos primeros enjuagues del lavado del café (Cenicafé, 2016).

El beneficio más ecológico es el denominado **ECOMILL** Consiste en el despulpado sin agua, transporte del café despulpado y de la pulpa sin agua, proceso de fermentación natural en tanques cilíndricos que no necesitan agua para el vaciado del café, sistema mecánico de lavado con mínima cantidad de agua (menos de 0,5 L.kg ⁻¹ de cps) y manejo de las aguas resultantes con cero vertimientos.

No obstante, con la información suministrada por el comité departamental de cafeteros de Risaralda, no es posible determinar por cada una de las áreas de gestión hidrológica cuantos predios productores de café existen, las áreas sembradas y el tipo de beneficio, únicamente se obtuvo la información reportada en la Tabla 48. Para el cálculo de la carga contaminante por beneficio de café, se utilizó como fuente de información de la producción anual de café pergamino seco.

Tabla 48. Estimación de producción de Café

MUNICIPIO	PRODUCCION ESTIMADA 2016	PRODUCCION ESTIMADA 2016	TIPO DE BENEFICIO. % ESTIMADO	
	arrobas café pergamino seco	Sacos de 60 k	ecológico	no ecológico
APÍA	497.072	77.185	25	75
BALBOA	273.068	42.402	30	70
BELEN DE UMBRIA	803.342	124.743	27	73
GUATICA	301.654	46.841	30	70
LA CELIA	373.782	58.041	10	90
LA VIRGINIA	6.905	1.072	40	60

MUNICIPIO	PRODUCCION ESTIMADA 2016	PRODUCCION ESTIMADA 2016	TIPO DE BENEFICIO. % ESTIMADO	
	arrobas café pergamino seco	Sacos de 60 k	ecológico	no ecológico
MISTRATO	184.341	28.624	23	77
SANTUARIO	630.444	97.895	25	75

Fuente: Comité Departamental de Cafeteros de Risaralda, 2016

La información para la estimación de producción por área hidrográfica definida, se utilizó el mapa de coberturas y uso de suelo 2015, desarrollado en el marco del presente proyecto.

La metodología establecida en ENA 2014, establece la siguiente ecuación para estimar la carga del sector cafetero:

$$PC - Fi - XBE$$

$$XBNE = 1 - XBE$$

$$Kc = (PC * XBE * Fi) + (PC * XA * XPC * XBNE * Fi)$$

Donde:

PC = Producción municipal de café como número de sacos de 60 kg de café pergamino seco. (Para el caso del presente proyecto es producción por área hidrográfica)

XBE = Fracción de beneficio ecológico nacional de café.

XBNE = Fracción de beneficio no ecológico nacional de café.

Kc = Carga de proveniente del beneficio del café en ton/año.

Fi = Factor de emisión para una unidad productiva específica en kg DBO₅, DQO, SST, NT y PT/ton producto final o materia prima consumida.

Para la determinación de la producción de café como sacos de 60 kg, como se mencionó anteriormente con base en el mapa de coberturas y usos se estimó las Hectáreas de café sembrado, con base en lo establecido por la Federación Nacional de Cafeteros en 2015 (*La productividad promedio de la caficultura colombiana superó los 15,4 sacos de 60 kilos de café verde por hectárea*). Con base en esto se determinó el número de sacos estimados se producen en el año 2016 por cada área hidrográfica.

Es importante aclarar que la cosecha del sector cafetero en estas zonas (eje cafetero) se realiza entre septiembre y diciembre, y hay una cosecha secundaria

entre abril y junio que se denomina "de mitaca". La cosecha principal y la de mitaca pueden alternarse en otras regiones de acuerdo con su latitud; en este sentido el aporte de carga contaminante no es continuo, es intermitente de acuerdo con la época de cosecha, sin embargo el IACAL por ser un indicador potencial de alteración de calidad relaciona la oferta hídrica del cuerpo receptor del vertimiento y la producción, lo cual servirá como insumo para enfocar la gestión del recurso hídrico de las autoridades competentes en las unidades de gestión hidrográfica definidas y de acuerdo con la alteración potencial.

Se presenta a continuación (Tabla 49) las áreas de café de acuerdo con las coberturas 2015 para cada uno de los niveles subsiguientes.

Tabla 49. Áreas de Café por cada nivel subsiguiente

Nivel subsiguiente	CAFÉ (ha)
R. Arroyo hondo	0
FH. Riosucio-Mistrató	270
Q. Serna	60
Q. Peñas Blancas	90
Q. La Ilorona	308
FH. Belén de Umbría 1	20
Q. Sandía	321
Q. Congo	491
FH. Q. El Boquerón	456
Q. del Olvido o Tinajitas	215
FH. Belén de Umbría 2	0
Q. Tachigui	453
FH. Belén de Umbría 3	0
Q. Los Ángeles	326
FH. Q. Pumía - Q. Tetuán	10
Q. Papayal	217
FH. Belén de Umbría 4	0
Q. Chápatá 1	1.606
FH. Q. Puracé - Q. El Dinde	2
R. Guarne	969
FH. Q. Guamo Viejo	0
Q. Samaria	37
FH. Q. La Cecilia - Q. Guamito	0
R. Mapa	4.267
FH. Santuario	0
R. Totuí	2.380
FH. Balboa	0
FH. La Virginia	0
Q. El Cairo	0
FH. Belalcázar 5	0
Q. Génova	0
FH. Belalcázar 4	0

Nivel subsiguiente	CAFÉ (ha)
Q. Calamar	0
FH. Belalcázar 3	0
Q. Los Micos	99
FH. Belalcázar 2	0
Q. La Betulia	63
FH. Belalcázar 1	0
Q. el Águila (Q. El Guamo)	933
FH. Q. La Equis	0
Q. La Hermosa	0
FH. Viterbo 5	0
Q. Candilejas	0
FH. Viterbo 4	0
Q. La Primavera	0
FH. Viterbo 3	0
Q. Changüi	0
FH. Viterbo 2	0
Q. La Honda	0
FH. Viterbo 1	0
Q. La Tesalia	88
Q. Palo Gordo	0
Q. Tamaspia	697
FH. Anserma 3	0
Q. El Oro	428
FH. Q. Valdivia	24
Q. Lázaro	738
FH. Anserma 2	0
Q. Chápatá	326
FH. Anserma 1	0
Q. Tusas	603
FH. Q. Villa Orozco	51
Q. Cauyá	1.156
Q. Guapacha - San Pedro	976
R. Guática	922
FH. Q. Maira Bajo	6
Q. Sirguia	247
FH. Caño La Calera	10
TOTALES ÁREAS	19.866

Fuente: Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda. 2017

Se presenta en la Tabla 50 la información base y la estimación de a carga contaminante para cada nivel subsiguiente por el sector cafetero.

De los 68 niveles subsiguientes, 29 no presentan producción de café y por consiguiente no aportan carga contaminante. Se estima una carga de 3844 Ton/año de SST y 4132.9 Ton/año de DBO₅.

Tabla 50. Estimación de cargas sector cafetero

CÓDIGO	NIVEL SUBSIGUIENTE	PC	XBE	XBNE	KCSST (ton/año)	KC DBO (ton/año)	Fi XBE DBO5/Ton	Fi XBNE DBO5/Ton	Fi XBE SST/To n	Fi XBNE SST/Ton
261401	R. Arroyo hondo	0	0.2	0.8	0.0	0.0	4.512	17.232	0.9984	16.704
261402	FH. Riosucio-Mistrató	4165	0.2	0.8	56.5	61.2	4.512	17.232	0.9984	16.704
261403	Q. Serna	918	0.2	0.8	12.4	13.5	4.512	17.232	0.9984	16.704
261404	Q. Peñas Blancas	1379	0.2	0.8	18.7	20.3	4.512	17.232	0.9984	16.704
261405	Q. La Ilorona	4746	0.2	0.8	64.4	69.7	4.512	17.232	0.9984	16.704
261406	FH. Belén de Umbría 1	309	0.2	0.8	4.2	4.5	4.512	17.232	0.9984	16.704
261407	Q. Sandía	4947	0.2	0.8	67.1	72.7	4.512	17.232	0.9984	16.704
261408	Q. Congo	7568	0.2	0.8	102.6	111.2	4.512	17.232	0.9984	16.704
261409	FH. Q. El Boquerón	7019	0.2	0.8	95.2	103.1	4.512	17.232	0.9984	16.704
261410	Q. del Olvido o Tinajitas	3307	0.2	0.8	44.8	48.6	4.512	17.232	0.9984	16.704
261411	FH. Belén de Umbría 2	0	0.2	0.8	0.0	0.0	4.512	17.232	0.9984	16.704
261412	Q. Tachiguí	6978	0.2	0.8	94.6	102.5	4.512	17.232	0.9984	16.704
261413	FH. Belén de Umbría 3	1	0.2	0.8	0.0	0.0	4.512	17.232	0.9984	16.704
261414	Q. Los Ángeles	5024	0.2	0.8	68.1	73.8	4.512	17.232	0.9984	16.704
261415	FH. Q. Pumía - Q. Tetuán	149	0.2	0.8	2.0	2.2	4.512	17.232	0.9984	16.704
261416	Q. Papayal	3347	0.2	0.8	45.4	49.2	4.512	17.232	0.9984	16.704
261417	FH. Belén de Umbría 4	7	0.2	0.8	0.1	0.1	4.512	17.232	0.9984	16.704
261418	Q. Chápata 1	24731	0.2	0.8	335.4	363.3	4.512	17.232	0.9984	16.704
261419	FH. Q. Puracé - Q. El Dinde	24	0.2	0.8	0.3	0.4	4.512	17.232	0.9984	16.704
261420	R. Guarne	14918	0.2	0.8	202.3	219.1	4.512	17.232	0.9984	16.704
261421	FH. Q. Guamo Viejo	0	0.2	0.8	0.0	0.0	4.512	17.232	0.9984	16.704
261422	Q. Samaria	570	0.2	0.8	7.7	8.4	4.512	17.232	0.9984	16.704
261423	FH. Q. La Cecilia - Q. Guamito	0	0.2	0.8	0.0	0.0	4.512	17.232	0.9984	16.704
261424	R. Mapa	65706	0.2	0.8	891.2	965.1	4.512	17.232	0.9984	16.704
261425	FH. Santuario	0	0.2	0.8	0.0	0.0	4.512	17.232	0.9984	16.704
261426	R. Totuí	36644	0.2	0.8	497.0	538.2	4.512	17.232	0.9984	16.704
261427	FH. Balboa	0	0.2	0.8	0.0	0.0	4.512	17.232	0.9984	16.704
261428	FH La Virginia	0	0.2	0.8	0.0	0.0	4.512	17.232	0.9984	16.704
261429	Q. El Cairo	0	0.2	0.8	0.0	0.0	4.512	17.232	0.9984	16.704
261430	FH. Belalcázar 5	0	0.2	0.8	0.0	0.0	4.512	17.232	0.9984	16.704
261431	Q. Génova	0	0.2	0.8	0.0	0.0	4.512	17.232	0.9984	16.704
261432	FH. Belalcázar 4	0	0.2	0.8	0.0	0.0	4.512	17.232	0.9984	16.704
261433	Q. Calamar	0	0.2	0.8	0.0	0.0	4.512	17.232	0.9984	16.704
261434	FH. Belalcázar 3	0	0.2	0.8	0.0	0.0	4.512	17.232	0.9984	16.704

CÓDIGO	NIVEL SUBSIGUIENTE	PC	XBE	XBNE	KCSST (ton/año)	KC DBO (ton/año)	Fi XBE DBO5/Ton	Fi XBNE DBO5/Ton	Fi XBE SST/To n	Fi XBNE SST/Ton
261435	Q. Los Micos	1518	0.2	0.8	20.6	22.3	4.512	17.232	0.9984	16.704
261436	FH. Belalcázar 2	0	0.2	0.8	0.0	0.0	4.512	17.232	0.9984	16.704
261437	Q. La Betulia	964	0.2	0.8	13.1	14.2	4.512	17.232	0.9984	16.704
261438	FH. Belalcázar 1	0	0.2	0.8	0.0	0.0	4.512	17.232	0.9984	16.704
261439	Q. el Águila (Q. El Guamo)	14368	0.2	0.8	194.9	211.0	4.512	17.232	0.9984	16.704
261440	FH. Q. La Equis	0	0.2	0.8	0.0	0.0	4.512	17.232	0.9984	16.704
261441	Q. La Hermosa	0	0.2	0.8	0.0	0.0	4.512	17.232	0.9984	16.704
261442	FH. Viterbo 5	0	0.2	0.8	0.0	0.0	4.512	17.232	0.9984	16.704
261443	Q. Candilejas	0	0.2	0.8	0.0	0.0	4.512	17.232	0.9984	16.704
261444	FH. Viterbo 4	0	0.2	0.8	0.0	0.0	4.512	17.232	0.9984	16.704
261445	Q. La Primavera	0	0.2	0.8	0.0	0.0	4.512	17.232	0.9984	16.704
261446	FH. Viterbo 3	0	0.2	0.8	0.0	0.0	4.512	17.232	0.9984	16.704
261447	Q. Changüi	0	0.2	0.8	0.0	0.0	4.512	17.232	0.9984	16.704
261448	FH. Viterbo 2	0	0.2	0.8	0.0	0.0	4.512	17.232	0.9984	16.704
261449	Q. La Honda	4	0.2	0.8	0.1	0.1	4.512	17.232	0.9984	16.704
261450	FH. Viterbo 1	0	0.2	0.8	0.0	0.0	4.51	17.23	1.00	16.70
261451	Q. La Tesalia	1354	0.2	0.8	18.4	19.9	4.51	17.23	1.00	16.70
261452	Q. Palo Gordo	0	0.2	0.8	0.0	0.0	4.51	17.23	1.00	16.70
261453	Q. Tamaspia	10740	0.2	0.8	145.7	157.7	4.51	17.23	1.00	16.70
261454	FH. Anserma 3	0	0.2	0.8	0.0	0.0	4.51	17.23	1.00	16.70
261455	Q. El Oro	6598	0.2	0.8	89.5	96.9	4.51	17.23	1.00	16.70
261456	FH. Q. Valdivia	363	0.2	0.8	4.9	5.3	4.51	17.23	1.00	16.70
261457	Q. Lázaro	11357	0.2	0.8	154.0	166.8	4.51	17.23	1.00	16.70
261458	FH. Anserma 2	0	0.2	0.8	0.0	0.0	4.51	17.23	1.00	16.70
261459	Q. Chápata 2	5020	0.2	0.8	68.1	73.7	4.51	17.23	1.00	16.70
261460	FH. Anserma 1	0	0.2	0.8	0.0	0.0	4.51	17.23	1.00	16.70
261461	Q. Tusas	9289	0.2	0.8	126.0	136.4	4.51	17.23	1.00	16.70
261462	FH. Q. Villa Orozco	791	0.2	0.8	10.7	11.6	4.51	17.23	1.00	16.70
261463	Q. Cauyá	17798	0.2	0.8	241.4	261.4	4.51	17.23	1.00	16.70
261464	Q. Guapacha - San Pedro	15035	0.2	0.8	203.9	220.8	4.51	17.23	1.00	16.70
261465	R. Guática	14192	0.2	0.8	192.5	208.5	4.51	17.23	1.00	16.70
261466	FH. Q. Maira Bajo	91	0.2	0.8	1.2	1.3	4.51	17.23	1.00	16.70
261467	Q. Sirguia	3810	0.2	0.8	51.7	56.0	4.51	17.23	1.00	16.70
261468	FH. Caño La Calera	160	0.2	0.8	2.2	2.3	4.51	17.23	1.00	16.70
	Total				3844.96	4163.92				

Fuente: Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda. 2017.

8.5 Análisis de carga contaminante sector Industrial

Para el caso del sector industrial, solo se identificó una industria con vertimiento directo al río Risaralda, y en vista de que es objeto de cobro de tasa retributiva, la cual es soportada en caracterizaciones realizadas por la empresa y por la Autoridad Ambiental, se consideró que el valor con trazabilidad y con certidumbre es la carga contaminante mediante la cual se cobra la tasas retributiva.

La industria en mención es el ingenio de Risaralda, que se localiza en el nivel subsiguiente F.H La Virginia y se tomó como referencia la carga con la cual se cobró la tasa retributiva para el año 2015, que fue de 1416.75 Ton/año de DBO₅ 1187.55 Ton/año de SST. Como se mencionó en los capítulos 3 y 4 del presente informe, esta industria se encuentra dentro de los cinco que más aportan carga contaminante de todo el departamento de Risaralda.

8.6 Análisis de carga contaminante sector centrales de beneficio

Para el caso de las cargas contaminantes de la actividad de sacrificio de ganado, se identificaron las centrales de sacrificio que operan en la cuenca y que además son objeto de cobro de tasa retributiva por las autoridades ambientales y que al igual que el sector industrial cuentan con información de caracterizaciones realizadas por los usuarios, que constituye un mejor soporte en la estimación de la carga contaminante, es por ello que se toma referencia la carga del año 2015 para la estimación del IACAL, ver Tabla 51.

Tabla 51. Estimación de carga contaminante sector de beneficio animal

CÓDIGO	NIVEL SUBSIGUIENTE	KSG DBO (Ton/año)	KSG SST (Ton/año)
261418	Q. Chápata 1	8.18	18.65
261424	R. Mapa	5.37	10.18
261428	FH La Virginia	1.33	3
261463	Q. Cauyá	2.12	2.81
	Total	17	34.64

Fuente: Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda. 2017

8.7 Análisis de resultados de IACAL

Una vez estimadas las cargas para los sectores productivos y para las actividades establecidas en la metodología del IACAL, se procede a consolidar las cargas, a establecer los caudales para cada nivel subsiguiente para año seco y año medio, a establecer los catiacales para DBO₅ y SST y finalmente establecer el valor del indicador, ver Tabla 52.

Tabla 52. Consolidado de cargas y caudales para cálculo de IACAL

CÓDIGO	NIVEL SUBSIGUIENTE	K DBO (Ton/año)	K SST (Ton/año)	Q AÑO SECO Hm3/año	Q AÑO MEDIO Hm3/año
261401	R. Arroyo hondo	5.6	5.6	4.8	89.7
261402	FH. Riosucio-Mistrató	95.4	100.0	13.0	215.2
261403	Q. Serna	13.1	14.1	1.2	11.2
261404	Q. Peñas Blancas	19.0	20.5	0.2	3.7
261405	Q. La Ilorona	65.2	70.5	0.7	9.2
261406	FH. Belén de Umbría 1	4.3	4.6	0.1	0.9
261407	Q. Sandía	67.8	73.4	0.6	13.1
261408	Q. Congo	103.2	111.7	0.4	13.5
261409	FH. Q. El Boquerón	95.9	103.8	0.9	12.0
261410	Q. del Olvido o Tinajitas	45.2	48.9	0.2	7.9
261411	FH. Belén de Umbría 2	0.0	0.0	0.0	0.7
261412	Q. Tachigui	95.5	103.3	0.4	12.0
261413	FH. Belén de Umbría 3	0.1	0.1	0.1	1.7
261414	Q. Los Ángeles	68.6	74.3	0.3	12.1
261415	FH. Q. Pumía - Q. Tetuán	2.4	2.6	0.2	5.8
261416	Q. Papayal	47.0	50.7	0.3	11.1
261417	FH. Belén de Umbría 4	0.1	0.1	0.0	0.2
261418	Q. Chápata 1	405.8	444.1	3.4	102.5
261419	FH. Q. Puracé - Q. El Dinde	1.2	1.2	0.4	12.0
261420	R. Guarne	204.9	221.7	3.0	80.7
261421	FH. Q. Guamo Viejo	11.3	11.3	0.2	6.1
261422	Q. Samaria	35.1	35.8	0.8	21.0
261423	FH. Q. La Cecilia - Q. Guamito	0.7	0.7	1.5	70.6
261424	R. Mapa	992.8	1071.5	20.9	468.3
261425	FH. Santuario	0.3	0.3	0.2	15.7
261426	R. Totuí	508.0	549.2	3.7	87.0
261427	FH. Balboa	0.4	0.4	0.1	6.8
261428	FH. La Virginia	1507.1	1279.6	0.3	6.3
261429	Q. El Cairo	0.9	0.9	0.5	7.1
261430	FH. Belalcázar 5	0.1	0.1	0.0	0.8
261431	Q. Génova	0.3	0.3	0.1	2.0
261432	FH. Belalcázar 4	0.1	0.1	0.1	1.0
261433	Q. Calamar	0.3	0.3	0.1	1.6
261434	FH. Belalcázar 3	0.1	0.1	0.0	0.3
261435	Q. Los Micos	20.9	22.6	0.4	4.9
261436	FH. Belalcázar 2	0.4	0.4	0.1	2.6
261437	Q. La Betulia	17.7	18.8	0.4	10.5

CÓDIGO	NIVEL SUBSIGUIENTE	K DBO (Ton/año)	K SST (Ton/año)	Q AÑO SECO Hm3/año	Q AÑO MEDIO Hm3/año
261438	FH. Belalcázar 1	0.4	0.4	0.1	3.4
261439	Q. el Águila (Q. El Guamo)	200.1	216.3	1.5	39.4
261440	FH. Q. La Equis	0.6	0.6	0.3	11.5
261441	Q. La Hermosa	0.5	0.5	0.3	8.8
261442	FH. Viterbo 5	0.2	0.2	0.0	2.0
261443	Q. Candilejas	1.0	1.0	0.2	4.7
261444	FH. Viterbo 4	0.0	0.0	0.0	0.2
261445	Q. La Primavera	0.5	0.5	0.3	7.8
261446	FH. Viterbo 3	0.0	0.0	0.0	0.2
261447	Q. Changüi	6.9	6.9	0.7	20.1
261448	FH. Viterbo 2	0.0	0.0	0.0	0.4
261449	Q. La Honda	0.4	0.4	0.2	5.7
261450	FH. Viterbo 1	0.0	0.0	0.0	0.3
261451	Q. La Tesalia	21.3	22.8	0.3	8.6
261452	Q. Palo Gordo	0.3	0.3	0.1	2.7
261453	Q. Tamaspia	146.4	158.5	0.6	26.3
261454	FH. Anserma 3	0.7	0.7	0.1	1.8
261455	Q. El Oro	90.0	97.4	0.4	15.9
261456	FH. Q. Valdivia	5.1	5.5	0.1	4.4
261457	Q. Lázaro	166.9	179.6	0.3	23.6
261458	FH. Anserma 2	0.0	0.0	0.0	0.9
261459	Q. Chápata 2	68.3	73.9	0.2	10.3
261460	FH. Anserma 1	0.1	0.1	0.1	1.6
261461	Q. Tusas	126.4	136.9	0.2	16.1
261462	FH. Q. Villa Orozco	10.9	11.8	0.2	4.0
261463	Q. Cauyá	291.9	312.7	0.5	34.7
261464	Q. Guapacha - San Pedro	237.3	254.2	0.6	32.9
261465	R. Guática	256.3	272.3	13.1	149.7
261466	FH. Q. Maira Bajo	2.0	2.1	0.2	2.4
261467	Q. Sirguia	52.3	56.6	0.5	7.5
261468	FH. Caño La Calera	2.5	2.6	0.3	3.2

Fuente: Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda. 2017

En el Anexo 15, se encuentran todos los cálculos realizados para la obtención del IACAL. Se muestra como Anexo por la dificultad para presentar en este documento toda la información obtenida y calculada en la hoja Excel.

En vista de que la ficha metodológica del IDEAM para el cálculo del indicador presenta una categorización nacional, y con el fin de tener unos resultados más ajustados a las condiciones de la cuenca del río Risaralda, se decidió realizar una recategorización mediante el uso de percentiles.

Una vez obtenidas las cargas por sectores presentadas en la Tabla 52, se obtiene el valor para la sumatoria de las cargas por nivel subsiguiente estimadas en toneladas/año y se calcula para cada variable la distribución de frecuencias a nivel de la cuenca, correspondientes a los percentiles 65, 75, 85 y 95 respectivamente, y a cada rango se le asigna una categoría de presión de uno (1) a cinco (5) para

obtener una escala cualitativa de presión: baja (1), moderada (2), media (3), alta (4) y muy alta (5) correspondiente a la clasificación de presión.

En la Tabla 53 se muestran las magnitudes que corresponden a cada categoría de presión para las cargas agregadas estimadas por subcuenca (según los percentiles).

Tabla 53. Categorías y descriptores de presión, clasificados de acuerdo con los percentiles asignados a las cargas (ton/año)

CATEGORIA DE PRESIÓN	DESCRIPTOR DE PRESIÓN	PERCENTILES AJUSTADOS	PERCENTILES DBO	PERCENTILES SST
			t/año	t/año
1	BAJA	65	41	43
2	MODERADA	75	74	80
3	MEDIA	85	145	157
4	ALTA	95	366	398
5	MUY ALTA	MAX	1507	1280

Fuente: Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda. 2017

De acuerdo con los descriptores se obtienen las diferentes categorías de presión por contaminante para cada nivel subsiguiente, así como la categoría de presión por carga total (Tabla 54), que se puede apreciar gráficamente (Figura 33). Se destaca que la tabla por carga total se obtiene de la reponderación de la clasificación por contaminante para cada subcuenca (promedio de la categoría de cada contaminante, de 1 a 5, por subcuenca)

Tabla 54. IACAL por carga total para cada nivel subsiguiente

CÓDIGO	NIVEL SUBSIGUIENTE	Carga (Ton/año)	Carga (Ton/año)	Clasificación por carga Ton/año DBO	Clasificación por carga Ton/año SST	Categoría por carga Ton/año DBO	Categoría por carga Ton/año SST	IACAL Ton/año
261401	R. Arroyo hondo	5.63	5.63	Baja	Baja	1	1	BAJA
261402	FH. Riosucio-Mistrató	100.04	95.36	Media Alta	Media Alta	3	3	MEDIA ALTA
261403	Q. Serna	14.13	13.10	Baja	Baja	1	1	BAJA
261404	Q. Peñas Blancas	20.53	18.98	Baja	Baja	1	1	BAJA
261405	Q. La Ilorona	70.51	65.17	Moderada	Moderada	2	2	MODERADA
261406	FH. Belén de Umbría 1	4.62	4.27	Baja	Baja	1	1	BAJA
261407	Q. Sandía	73.41	67.84	Moderada	Moderada	2	2	MODERADA
261408	Q. Congo	111.68	103.16	Media Alta	Media Alta	3	3	MEDIA ALTA
261409	FH. Q. El Boquerón	103.82	95.92	Media Alta	Media Alta	3	3	MEDIA ALTA
261410	Q. del Olvido o Tinajitas	48.90	45.18	Moderada	Moderada	2	2	MODERADA
261411	FH. Belén de Umbría 2	0.05	0.05	Baja	Baja	1	1	BAJA
261412	Q. Tachigui	103.33	95.47	Media Alta	Media Alta	3	3	MEDIA ALTA
261413	FH. Belén de Umbría	0.12	0.12	Baja	Baja	1	1	BAJA
261414	Q. Los Ángeles	74.29	68.64	Moderada	Moderada	2	2	MODERADA
261415	FH. Q. Pumía - Q. Tetuán	2.58	2.41	Baja	Baja	1	1	BAJA
261416	Q. Papayal	50.75	46.98	Moderada	Moderada	2	2	MODERADA
261417	FH. Belén de Umbría 4	0.12	0.11	Baja	Baja	1	1	BAJA
261418	Q. Chapatá 1	433.61	416.25	Muy Alta	Muy Alta	5	5	MUY ALTA
261419	FH. Q. Puracé - Q. El Dinde	1.23	1.20	Baja	Baja	1	1	BAJA
261420	R. Guarne	221.73	204.94	Alta	Alta	4	4	ALTA
261421	FH. Q. Guamo Viejo	11.27	11.27	Baja	Baja	1	1	BAJA
261422	Q. Samaria	35.78	35.14	Baja	Baja	1	1	BAJA
261423	FH. Q. La Cecilia - Q. Guamito	0.65	0.65	Baja	Baja	1	1	BAJA
261424	R. Mapa	1066.71	997.59	Muy Alta	Muy Alta	5	5	MUY ALTA
261425	FH. Santuario	0.31	0.31	Baja	Baja	1	1	BAJA
261426	R. Totui	549.22	507.99	Muy Alta	Muy Alta	5	5	MUY ALTA
261427	FH. Balboa	0.38	0.38	Baja	Baja	1	1	BAJA
261428	FH. La Virginia	1507.12	1279.59	Muy Alta	Muy Alta	5	5	MUY ALTA
261429	Q. El cairo	0.90	0.90	Baja	Baja	1	1	BAJA
261430	FH. Belalcázar 5	0.12	0.12	Baja	Baja	1	1	BAJA
261431	Q. Genova	0.29	0.29	Baja	Baja	1	1	BAJA
261432	FH. Belalcázar 4	0.13	0.13	Baja	Baja	1	1	BAJA
261433	Q. Calamar	0.30	0.30	Baja	Baja	1	1	BAJA
261434	FH. Belalcázar 3	0.06	0.06	Baja	Baja	1	1	BAJA

CÓDIGO	NIVEL SUBSIGUIENTE	Carga (Ton/año)	Carga (Ton/año)	Clasificación por carga Ton/año DBO	Clasificación por carga Ton/año SST	Categoría por carga Ton/año DBO	Categoría por carga Ton/año SST	IACAL Ton/año
261435	Q. Los Micos	22.58	20.87	Baja	Baja	1	1	BAJA
261436	FH. Belalcázar 2	0.36	0.36	Baja	Baja	1	1	BAJA
261437	Q. La Betulia	18.82	17.74	Baja	Baja	1	1	BAJA
261438	FH. Belalcázar 1	0.35	0.35	Baja	Baja	1	1	BAJA
261439	Q. el Águila (Q. El Guamo)	216.30	200.14	Alta	Alta	4	4	ALTA
261440	FH. Q. La Equis	0.56	0.56	Baja	Baja	1	1	BAJA
261441	Q. La Hermosa	0.49	0.49	Baja	Baja	1	1	BAJA
261442	FH. Viterbo 5	0.24	0.24	Baja	Baja	1	1	BAJA
261443	Q. Candilejas	0.99	0.99	Baja	Baja	1	1	BAJA
261444	FH. Viterbo 4	0.00	0.00	Baja	Baja	1	1	BAJA
261445	Q. La Primavera	0.46	0.46	Baja	Baja	1	1	BAJA
261446	FH. Viterbo 3	0.00	0.00	Baja	Baja	1	1	BAJA
261447	Q. Changüi	6.86	6.86	Baja	Baja	1	1	BAJA
261448	FH. Viterbo 2	0.00	0.00	Baja	Baja	1	1	BAJA
261449	Q. La Honda	0.45	0.44	Baja	Baja	1	1	BAJA
261450	FH. Viterbo 1	0.01	0.01	Baja	Baja	1	1	BAJA
261451	Q. La Tesalia	22.83	21.31	Baja	Baja	1	1	BAJA
261452	Q. Palo Gordo	0.31	0.31	Baja	Baja	1	1	BAJA
261453	Q. Tamaspia	158.47	146.39	Alta	Alta	4	4	ALTA
261454	FH. Anserma 3	0.72	0.72	Baja	Baja	1	1	BAJA
261455	Q. El Oro	97.38	89.96	Media Alta	Media Alta	3	3	MEDIA ALTA
261456	FH. Q. Valdivia	5.51	5.11	Baja	Baja	1	1	BAJA
261457	Q. Lázaro	179.65	166.87	Alta	Alta	4	4	ALTA
261458	FH. Anserma 2	0.05	0.05	Baja	Baja	1	1	BAJA
261459	Q. Chapatá 2	73.94	68.29	Moderada	Moderada	2	2	MODERADA
261460	FH. Anserma 1	0.08	0.08	Baja	Baja	1	1	BAJA
261461	Q. Tusas	136.85	126.40	Media Alta	Media Alta	3	3	MEDIA ALTA
261462	FH. Q. Villa Orozco	11.78	10.89	Baja	Baja	1	1	BAJA
261463	Q. Cauyá	311.97	292.63	Alta	Alta	4	4	ALTA
261464	Q. Guapacha - San Pedro	254.22	237.31	Alta	Alta	4	4	ALTA
261465	R. Guática	272.29	256.32	Alta	Alta	4	4	ALTA
261466	FH. Q. Maira Bajo	2.11	2.01	Baja	Baja	1	1	BAJA
261467	Q. Sirguia	56.63	52.34	Moderada	Moderada	2	2	MODERADA
261468	FH. Caño La Calera	2.64	2.46	Baja	Baja	1	1	BAJA

Fuente: Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda. 2017

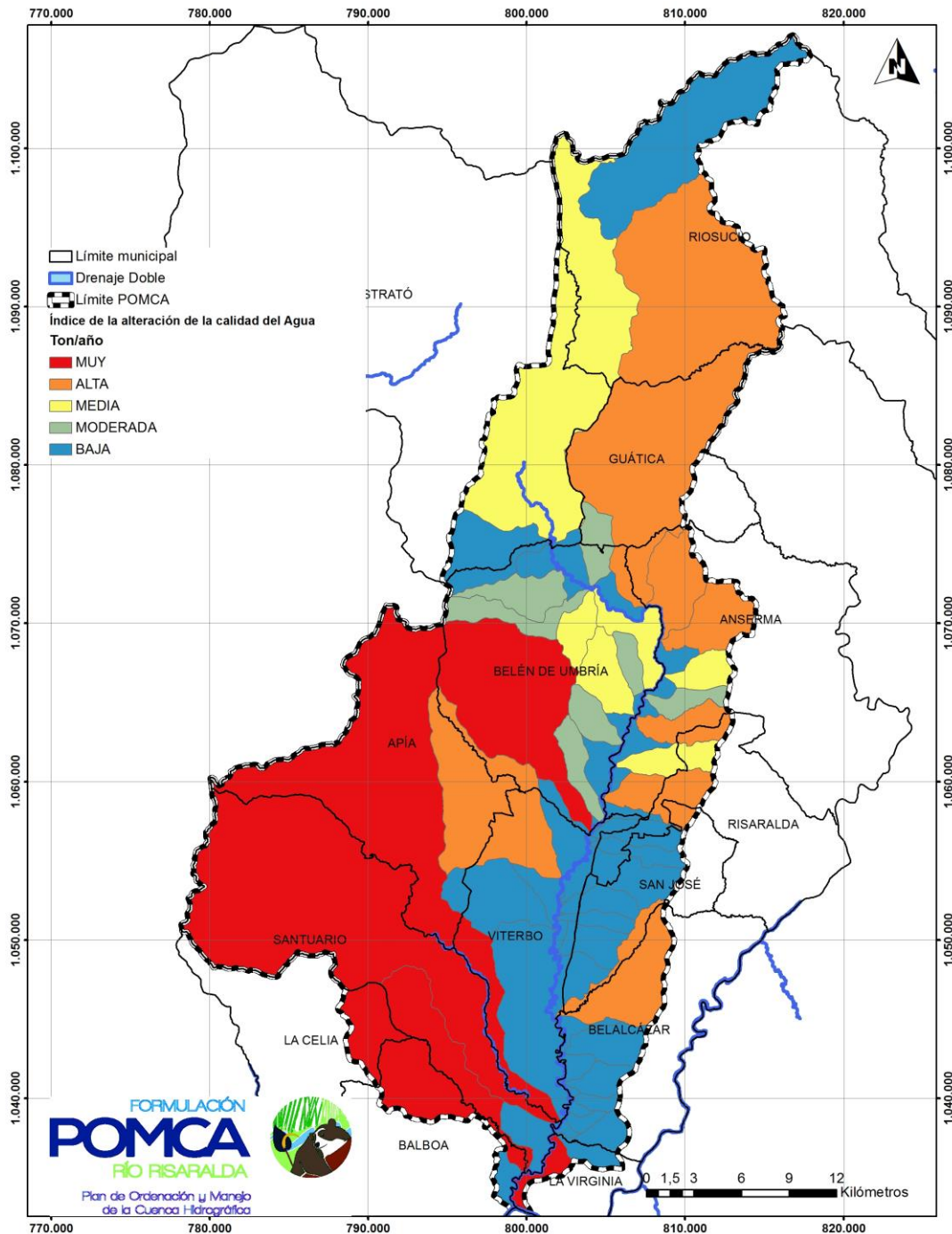


Figura 33. IACAL por carga total

Fuente: Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda. 2017

Analizando los resultados del cálculo del IACAL por carga únicamente (sin tener en cuenta la oferta hídrica), se observa que las unidades con categoría Muy Alta

son en jurisdicción de los municipios de Belén de Umbría, Apía, Santuario, La Virginia, La Celia y Balboa, y que corresponden a la quebrada Chapatá, el río Mapa, el río Totuí y F.H La Virginia, que son cuerpos de agua receptores de vertimientos de los cascos urbanos municipios mencionados anteriormente y de las zonas rurales, adicionalmente se desarrollan actividades agropecuarias, tales como por ejemplo cultivos de café.

Posteriormente se aprecia unas categorías Altas para los niveles subsiguientes Río Guarne, Quebrada El Águila, quebrada Tamaspa, quebrada Lázaro, quebrada Cauyá, quebrada Guapacha y río Guática, asociado a los municipios de Riosucio, Guática, Anserma, Risaralda, San José y Belalcázar, de igual manera es coherente con las descargas de aguas residuales de los cascos urbanos mencionados y el desarrollo de actividades agropecuarias.

Para los demás niveles subsiguientes la categoría oscila entre Baja a Moderada y corresponden a la parte central de la cuenca en donde el río Risaralda es el cuerpo de agua receptor de vertimientos.

Cabe la pena resaltar que el anterior análisis y el cálculo de IACAL en carga no está contemplado en la hoja metodológica del IDEAM, en Estudio Nacional del Agua o en los alcances técnicos, sin embargo se consideró oportuno realizar este análisis y proyectar un esquema.

Posteriormente se realiza el cálculo del IACAL relacionando carga con oferta hídrica superficial para año seco y para año medio, para lo cual se divide las cargas contaminantes entre la oferta de agua total para año medio y año seco en Hectómetro cúbicos (Hm^3), la cual representa la capacidad de autodepuración; da un indicativo de la probabilidad de afectación por cargas contaminantes, de modo que un valor menor indica una probabilidad menor de ocurrencia de un evento severo de alteración de la calidad (IDEAM, 2010).

Con el fin de estimar el IACAL con una escala local se calculan los respectivos percentiles para esta relación de contaminantes por la oferta hídrica por cada contaminante. En la tabla siguiente se muestran las magnitudes que corresponden a cada categoría de presión para las cargas estimadas sobre oferta año medio por subcuenca (según los percentiles).

Posteriormente se toman los valores de carga por subcuenca (ton/año) se dividen entre la oferta hídrica total media y seca (Hectómetros cúbicos) y se vuelve a recategorizar el IACAL de acuerdo con los resultados de los cálculos percentiles de carga sobre oferta media anual para determinar el IACAL según la oferta hídrica.

Tabla 55. Categorías y descriptores de presión, clasificados de acuerdo con los percentiles asignados Cargas/Oferla año

CATEGORIA DE PRESIÓN	DESCRIPTOR DE PRESIÓN	PERCENTIL AJUSTADO	PERCENTI DBO	PERCENTILS DBO	PERCENTIL SST	PERCENTILS ST
			ton/Hm3 año seco	ton/Hm3 año medio	ton/Hm3 año seco	ton/Hm3 año medio
1	BAJA	65	6.48	2.23	5.99	2.06
2	MODERADA	75	10.75	3.87	10.01	3.49
3	MEDIA	85	16.14	5.65	14.91	5.20
4	ALTA	95	26.18	9.15	24.36	8.44
5	MUY ALTA	MAX	434.46	154.16	368.87	130.89

Fuente: Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda. 2017

Los valores obtenidos de la razón de carga por tipo de contaminante sobre oferta hídrica (año medio y año seco) se clasifican según las categorías y descriptores anteriores, obteniéndose los datos de calidad (descriptores de presión/oferta hídrica, de 1 a 5) para cada nivel subsiguiente por tipo de contaminante. De estos últimos se obtienen las salidas graficas respectivas que se encuentran en el anexo 16 (salidas gráficas IACAL).

El IACAL se obtiene de la reponderación de la clasificación (de 1 a 5) por contaminante para cada subcuenca (promedio de la categoría de cada contaminante), tanto para año medio como para año seco. Se presenta en la Tabla 56 y Figura 34 los resultados de IACAL para año seco y en la Tabla 57 y Figura 35 para año medio.

Tabla 56. Categoría de presión por cada contaminante para año seco por nivel subsiguiente

CÓDIGO	NIVEL SUBSIGUIENTE	Catiacal DBO AÑO SECO Ton/Hm3	Catiacal SST AÑO SECO Ton/Hm3	Clasificación por carga Ton/Hm ³ DBO año seco	Clasificación por carga Ton/Hm ³ SST año seco	IACAL Ton/Hm3 año seco
261401	R. Arroyo hondo	1.16235	1.16235	Baja	Baja	BAJA
261402	FH. Riosucio-Mistrató	7.32237	7.68218	Alta	Alta	ALTA
261403	Q. Serna	10.93180	11.79365	Muy Alta	Muy Alta	MUY ALTA
261404	Q. Peñas Blancas	86.86461	93.96838	Muy Alta	Muy Alta	MUY ALTA
261405	Q. La Ilorona	98.69342	106.78009	Muy Alta	Muy Alta	MUY ALTA
261406	FH. Belén de Umbría 1	66.99891	72.44691	Muy Alta	Muy Alta	MUY ALTA
261407	Q. Sandía	105.13035	113.75481	Muy Alta	Muy Alta	MUY ALTA
261408	Q. Congo	231.00646	250.07239	Muy Alta	Muy Alta	MUY ALTA
261409	FH. Q. El Boquerón	101.80684	110.18825	Muy Alta	Muy Alta	MUY ALTA
261410	Q. del Olvido o Tinajitas	192.71462	208.58507	Muy Alta	Muy Alta	MUY ALTA
261411	FH. Belén de Umbría 2	1.84020	1.84020	Baja	Baja	BAJA
261412	Q. Tachiguí	266.91553	288.86621	Muy Alta	Muy Alta	MUY ALTA
261413	FH. Belén de Umbría 3	1.99007	2.01336	Baja	Baja	BAJA
261414	Q. Los Ángeles	237.60638	257.17498	Muy Alta	Muy Alta	MUY ALTA
261415	FH. Q. Pumía - Q. Tetuán	11.18985	11.96913	Muy Alta	Muy Alta	MUY ALTA
261416	Q. Papayal	139.24877	150.41024	Muy Alta	Muy Alta	MUY ALTA
261417	FH. Belén de Umbría 4	14.83632	15.92059	Muy Alta	Muy Alta	MUY ALTA
261418	Q. Chapatá 1	118.61191	129.80591	Muy Alta	Muy Alta	MUY ALTA
261419	FH. Q. Puracé - Q. El Dinde	2.91341	2.97857	Moderada	Moderada	MODERADA
261420	R. Guarne	69.03197	74.68560	Muy Alta	Muy Alta	MUY ALTA
261421	FH. Q. Guamo Viejo	62.09078	62.09078	Muy Alta	Muy Alta	MUY ALTA
261422	Q. Samaria	44.05557	44.85939	Muy Alta	Muy Alta	MUY ALTA
261423	FH. Q. La Cecilia - Q. Guamito	0.43777	0.43777	Baja	Baja	BAJA
261424	R. Mapa	47.54748	51.31842	Muy Alta	Muy Alta	MUY ALTA
261425	FH. Santuario	1.44822	1.44822	Baja	Baja	BAJA
261426	R. Totuí	138.79271	150.05727	Muy Alta	Muy Alta	MUY ALTA
261427	FH. Balboa	2.92833	2.92833	Moderada	Moderada	MODERADA
261428	FH. La Virginia	5647.82674	4795.17270	Muy Alta	Muy Alta	MUY ALTA
261429	Q. El Cairo	1.71572	1.71572	Baja	Baja	BAJA
261430	FH. Belalcázar 5	2.67938	2.67938	Moderada	Baja	MODERADA

CÓDIGO	NIVEL SUBSIGUIENTE	Catiacal DBO AÑO SECO Ton/Hm3	Catiacal SST AÑO SECO Ton/Hm3	Clasificación por carga Ton/Hm ³ DBO año seco	Clasificación por carga Ton/Hm ³ SST año seco	IACAL Ton/Hm3 año seco
261431	Q. Génova	2.90794	2.90794	Moderada	Moderada	MODERADA
261432	FH. Belalcázar 4	2.48199	2.48199	Baja	Baja	BAJA
261433	Q. Calamar	2.42653	2.42653	Baja	Baja	BAJA
261434	FH. Belalcázar 3	2.61416	2.61416	Baja	Baja	BAJA
261435	Q. Los Micos	57.52183	62.23001	Muy Alta	Muy Alta	MUY ALTA
261436	FH. Belalcázar 2	2.44368	2.44368	Baja	Baja	BAJA
261437	Q. La Betulia	40.11971	42.57443	Muy Alta	Muy Alta	MUY ALTA
261438	FH. Belalcázar 1	3.32339	3.32339	Moderada	Moderada	MODERADA
261439	Q. el Aguila (Q. El Guamo)	134.82181	145.71166	Muy Alta	Muy Alta	MUY ALTA
261440	FH. Q. La Equis	1.60751	1.60751	Baja	Baja	BAJA
261441	Q. La Hermosa	1.62369	1.62369	Baja	Baja	BAJA
261442	FH. Viterbo 5	6.20578	6.20578	Media alta	Media alta	MEDIA ALTA
261443	Q. Candilejas	5.86304	5.86304	Media alta	Media alta	MEDIA ALTA
261444	FH. Viterbo 4	0.57220	0.57220	Baja	Baja	BAJA
261445	Q. La Primavera	1.70779	1.70779	Baja	Baja	BAJA
261446	FH. Viterbo 3	1.17715	1.17715	Baja	Baja	BAJA
261447	Q. Changüi	10.04132	10.04132	Muy Alta	Muy Alta	MUY ALTA
261448	FH. Viterbo 2	1.03667	1.03667	Baja	Baja	BAJA
261449	Q. La Honda	1.96405	1.98364	Baja	Baja	BAJA
261450	FH. Viterbo 1	0.65695	0.65695	Baja	Baja	BAJA
261451	Q. La Tesalia	69.90078	74.89891	Muy Alta	Muy Alta	MUY ALTA
261452	Q. Palo Gordo	3.14345	3.14345	Moderada	Moderada	MODERADA
261453	Q. Tamaspia	241.20483	261.11522	Muy Alta	Muy Alta	MUY ALTA
261454	FH. Anserma 3	12.47974	12.47974	Muy Alta	Muy Alta	MUY ALTA
261455	Q. El Oro	221.42445	239.69804	Muy Alta	Muy Alta	MUY ALTA
261456	FH. Q. Valdivia	34.50992	37.26930	Muy Alta	Muy Alta	MUY ALTA
261457	Q. Lázaro	511.48519	550.65393	Muy Alta	Muy Alta	MUY ALTA
261458	FH. Anserma 2	1.41126	1.41126	Baja	Baja	BAJA
261459	Q. Chapatá 2	305.82490	331.11554	Muy Alta	Muy Alta	MUY ALTA
261460	FH. Anserma 1	1.20564	1.20564	Baja	Baja	BAJA
261461	Q. Tusas	538.56263	583.09224	Muy Alta	Muy Alta	MUY ALTA

CÓDIGO	NIVEL SUBSIGUIENTE	Catiacal DBO AÑO SECO Ton/Hm ³	Catiacal SST AÑO SECO Ton/Hm ³	Clasificación por carga Ton/Hm ³ DBO año seco	Clasificación por carga Ton/Hm ³ SST año seco	IACAL Ton/Hm ³ año seco
261462	FH. Q. Villa Orozco	69.46744	75.14613	Muy Alta	Muy Alta	MUY ALTA
261463	Q. Cauyá	559.34195	599.02982	Muy Alta	Muy Alta	MUY ALTA
261464	Q. Guapacha - San Pedro	378.10872	405.06110	Muy Alta	Muy Alta	MUY ALTA
261465	R. Guática	19.55723	20.77560	Muy Alta	Muy Alta	MUY ALTA
261466	FH. Q. Maira Bajo	11.27088	11.84816	Muy Alta	Muy Alta	MUY ALTA
261467	Q. Sirguia	107.44582	116.24492	Muy Alta	Muy Alta	MUY ALTA
261468	FH. Caño La Calera	9.58703	10.28782	Muy Alta	Muy Alta	MUY ALTA

Fuente: Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda. 2017

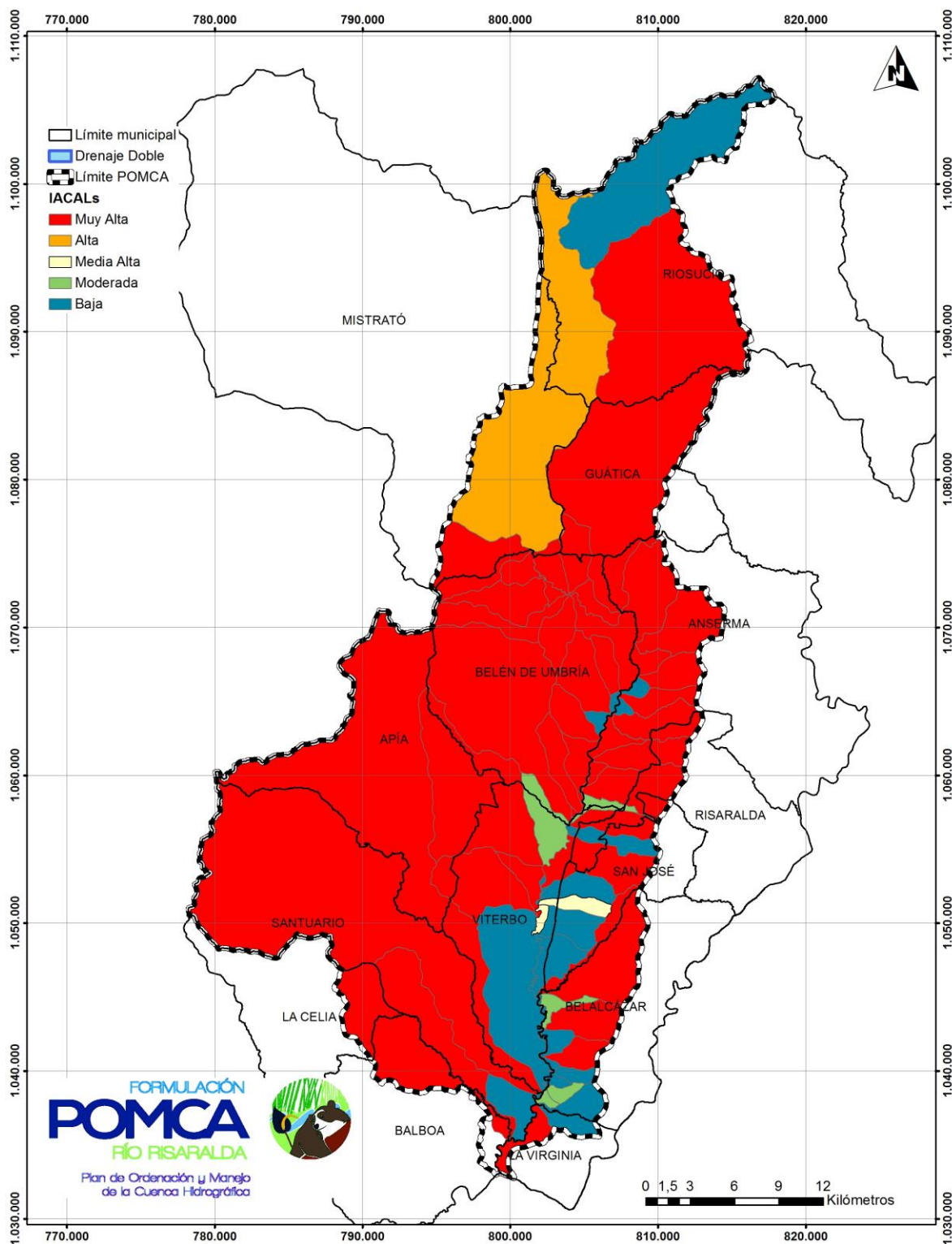


Figura 34. IACAL año seco por cada nivel subsiguiente (Ton/Hm³)

Fuente: Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda. 2017

Tabla 57. Categoría de presión por cada contaminante para año medio por nivel subsiguiente

CÓDIGO	NIVEL SUBSIGUIENTE	Catiacal DBO AÑO MEDIO Ton/Hm3	Catiacal SST AÑO MEDIO Ton/Hm3	Clasificación por carga Ton/Hm3 DBO año medio	Clasificación por carga Ton/Hm3 SST año medio	IACAL Ton/Hm3 año medio
261401	R. Arroyo hondo	0.05579	0.05579	Baja	Baja	BAJA
261402	FH. Riosucio-Mistrató	0.03284	0.03130	Baja	Baja	BAJA
261403	Q. Serna	0.40000	0.37077	Baja	Baja	BAJA
261404	Q. Peñas Blancas	2.97216	2.74747	Moderada	Moderada	MODERADA
261405	Q. La Ilorona	3.49365	3.22907	Alta	Alta	ALTA
261406	FH. Belén de Umbría 1	2.12380	1.96409	Moderada	Moderada	MODERADA
261407	Q. Sandía	3.87958	3.58545	Media alta	Media alta	MEDIA ALTA
261408	Q. Congo	8.43153	7.78870	Alta	Alta	ALTA
261409	FH. Q. El Boquerón	2.31831	2.14197	Muy Alta	Muy Alta	MUY ALTA
261410	Q. del Olvido o Tinajitas	5.96369	5.50993	Media alta	Media alta	MEDIA ALTA
261411	FH. Belén de Umbría 2	0.04784	0.04784	Baja	Baja	BAJA
261412	Q. Tachiguí	4.96429	4.58706	Muy Alta	Muy Alta	MUY ALTA
261413	FH. Belén de Umbría 3	0.04904	0.04847	Baja	Baja	BAJA
261414	Q. Los Ángeles	5.88925	5.44113	Media alta	Media alta	MEDIA ALTA
261415	FH. Q. Pumía - Q. Tetuán	0.26374	0.24656	Baja	Baja	BAJA
261416	Q. Papayal	3.74231	3.46461	Moderada	Moderada	MODERADA
261417	FH. Belén de Umbría 4	0.39065	0.36404	Baja	Baja	BAJA
261418	Q. Chapatá 1	3.87312	3.71809	Moderada	Moderada	MODERADA
261419	FH. Q. Puracé - Q. El Dinde	0.07096	0.06941	Baja	Baja	BAJA
261420	R. Guarne	2.94183	2.71914	Baja	Baja	BAJA
261421	FH. Q. Guamo Viejo	1.32302	1.32302	Baja	Baja	BAJA
261422	Q. Samaria	0.98656	0.96888	Baja	Baja	BAJA
261423	FH. Q. La Cecilia - Q. Guamito	0.00983	0.00983	Baja	Baja	BAJA
261424	R. Mapa	2.62618	2.45602	Baja	Baja	BAJA
261425	FH. Santuario	0.02154	0.02154	Baja	Baja	BAJA
261426	R. Totuí	5.27747	4.88130	Media alta	Media alta	MEDIA ALTA
261427	FH. Balboa	0.05479	0.05479	Baja	Baja	BAJA
261428	FH La Virginia	154.16255	130.88858	Muy Alta	Muy Alta	MUY ALTA
261429	Q. El Cairo	0.05172	0.05172	Baja	Baja	BAJA
261430	FH. Belalcázar 5	0.07553	0.07553	Baja	Baja	BAJA
261431	Q. Génova	0.08348	0.08348	Baja	Baja	BAJA

CÓDIGO	NIVEL SUBSIGUIENTE	Catiacal DBO AÑO MEDIO Ton/Hm3	Catiacal SST AÑO MEDIO Ton/Hm3	Clasificación por carga Ton/Hm3 DBO año medio	Clasificación por carga Ton/Hm3 SST año medio	IACAL Ton/Hm3 año medio
261432	FH. Belalcázar 4	0.08196	0.08196	Baja	Baja	BAJA
261433	Q. Calamar	0.07417	0.07417	Baja	Baja	BAJA
261434	FH. Belalcázar 3	0.08839	0.08839	Baja	Baja	BAJA
261435	Q. Los Micos	2.30984	2.13508	Moderada	Moderada	MODERADA
261436	FH. Belalcázar 2	0.07131	0.07131	Baja	Baja	BAJA
261437	Q. La Betulia	1.06569	1.00424	Baja	Baja	BAJA
261438	FH. Belalcázar 1	0.07500	0.07500	Baja	Baja	BAJA
261439	Q. el Águila (Q. El Guamo)	4.48294	4.14790	Moderada	Moderada	MODERADA
261440	FH. Q. La Equis	0.03955	0.03955	Baja	Baja	BAJA
261441	Q. La Hermosa	0.03599	0.03599	Baja	Baja	BAJA
261442	FH. Viterbo 5	0.12895	0.12895	Baja	Baja	BAJA
261443	Q. Candilejas	0.14276	0.14276	Baja	Baja	BAJA
261444	FH. Viterbo 4	0.01290	0.01290	Baja	Baja	BAJA
261445	Q. La Primavera	0.04032	0.04032	Baja	Baja	BAJA
261446	FH. Viterbo 3	0.01934	0.01934	Baja	Baja	BAJA
261447	Q. Changüi	0.23892	0.23892	Baja	Baja	BAJA
261448	FH. Viterbo 2	0.01547	0.01547	Baja	Baja	BAJA
261449	Q. La Honda	0.04553	0.04508	Baja	Baja	BAJA
261450	FH. Viterbo 1	0.00062	0.00062	Baja	Baja	BAJA
261451	Q. La Tesalia	1.64537	1.53557	Baja	Baja	BAJA
261452	Q. Palo Gordo	0.07060	0.07060	Baja	Baja	BAJA
261453	Q. Tamaspia	5.64623	5.21570	Media alta	Media alta	MEDIA ALTA
261454	FH. Anserma 3	0.32797	0.32797	Baja	Baja	BAJA
261455	Q. El Oro	5.71834	5.28240	Media alta	Media alta	MEDIA ALTA
261456	FH. Q. Valdivia	0.87432	0.80958	Baja	Baja	BAJA
261457	Q. Lázaro	9.33855	8.67429	Alta	Alta	ALTA
261458	FH. Anserma 2	0.03033	0.03033	Baja	Baja	BAJA
261459	Q. Chapatá 2	7.10512	6.56243	Media alta	Alta	ALTA
261460	FH. Anserma 1	0.02835	0.02835	Baja	Baja	BAJA
261461	Q. Tusas	10.58421	9.77592	Alta	Alta	ALTA
261462	FH. Q. Villa Orozco	2.07572	1.91886	Moderada	Moderada	MODERADA
261463	Q. Cauyá	10.99154	10.31033	Muy Alta	Muy Alta	MUY ALTA

CÓDIGO	NIVEL SUBSIGUIENTE	Catiacal DBO AÑO MEDIO Ton/Hm3	Catiacal SST AÑO MEDIO Ton/Hm3	Clasificación por carga Ton/Hm3 DBO año medio	Clasificación por carga Ton/Hm3 SST año medio	IACAL Ton/Hm3 año medio
261464	Q. Guapacha - San Pedro	8.57593	8.00530	Alta	Alta	ALTA
261465	R. Guática	0.94882	0.89317	Baja	Baja	BAJA
261466	FH. Q. Maira Bajo	0.31857	0.30304	Baja	Baja	BAJA
261467	Q. Sirguia	3.99051	3.68845	Alta	Alta	ALTA
261468	FH. Caño La Calera	0.46462	0.43297	Baja	Baja	BAJA

Fuente: Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda. 2017

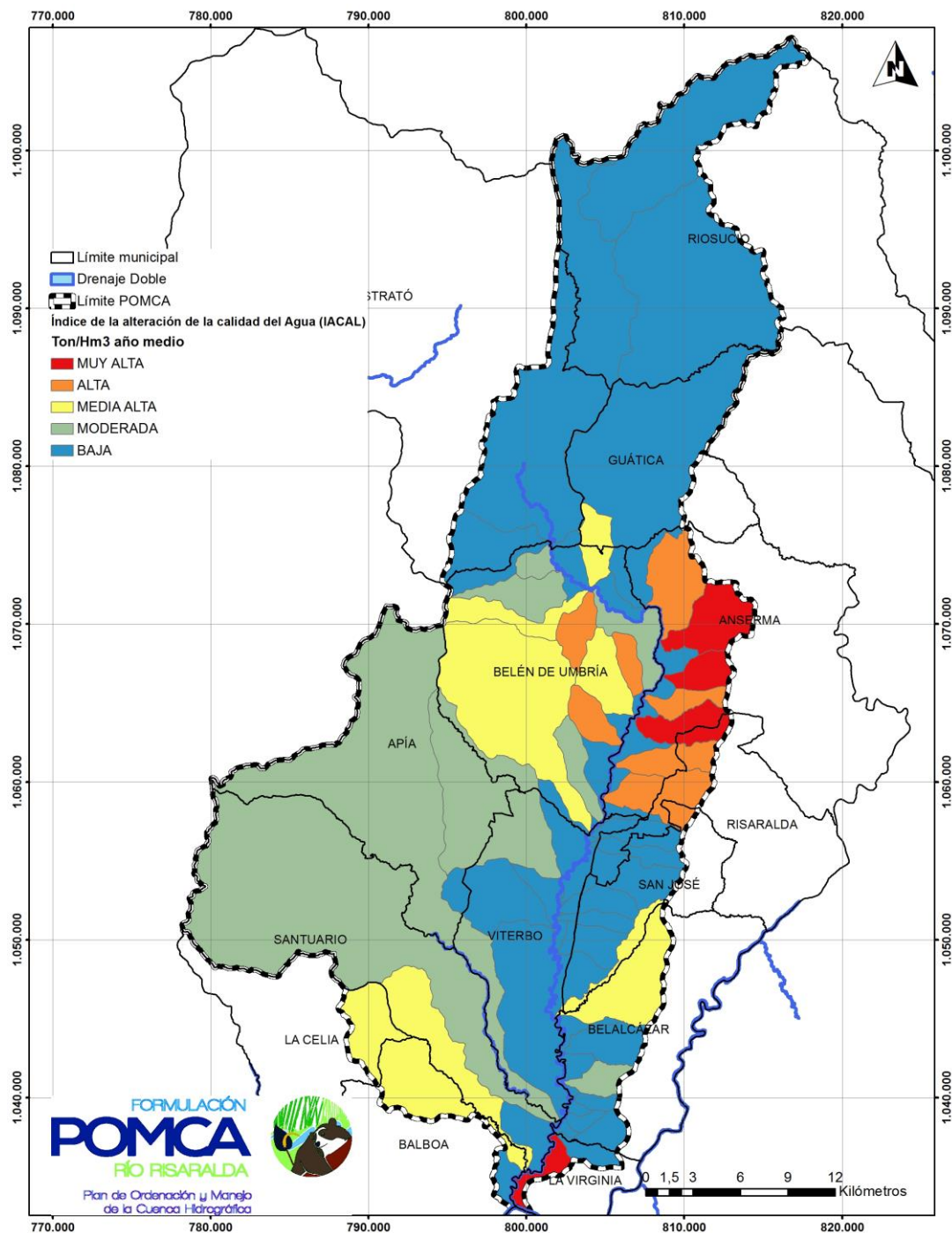


Figura 35. IACAL año medio por cada nivel subsiguiente (Ton/Hm³)
Fuente: Consorcio Ordenamiento Cuenca Risaralda. 2017

8.8 Análisis y conclusiones del cálculo del IACAL

Analizando el IACAL en carga/oferta con caudales de año seco, se observa que en total 39 de los 68 niveles subsiguientes se encuentran en categoría Muy Alta, esto equivale al 57.3% del total de unidades analizadas; en comparación para año medio sólo 4 niveles permanecen en categoría Muy Alta, en este sentido las unidades que permanecen en categoría Muy Alta para año seco y medio son: FH. Q. El Boquerón, Q. Tachiguí, FH La Virginia y Q. Cauyá. Realizando una revisión de éstas unidades se encuentra que la FH. Q. El Boquerón su principal afectación se presenta por una alta producción de Café y caudales muy bajos, similar situación se presenta para la Q. Tachiguí. La F.H La Virginia se ve impactada por parte de los vertimientos del municipio de La Virginia.

En cuanto a la categoría Alta, para año seco la única unidad la F.H Riosucio – Mistrató; en cuanto a la misma categoría para año medio se encuentran que siete (7) unidades se encuentran dentro de esta categoría, las cuales corresponden a las quebradas: La Llorona, Congo, Lázaro, Chápata 2, Tusas, Guapacha San Pedro y Sirguia, éstas áreas principalmente son destinadas a actividad agrícolas como el cultivo de café.

Para año seco en la categoría Media Alta, sólo presentan dos niveles subsiguientes, correspondientes a F.H Viterbo 5 y quebrada Candilejas. Para año medio se presentan 6 unidades en esta categoría y corresponden a las quebradas: Sandía, Tinajitas, Los Ángeles, Tamaspia, El Oro y río Totuí.

Entre categorías Moderada y Baja, para año seco se presentan 27 niveles subsiguientes, equivalentes al 39.7 % del total de las unidades hidrológicas analizadas, y para año medio 52 unidades se encuentran dentro de estas dos categorías, correspondiente al 76.4% del total de unidades.

9 BIBLIOGRAFÍA

AGUAS Y ASEO DE RISARALDA S.A E.S.P 2015. Estructuración de alternativas para la optimización del servicio público domiciliario de aseo en el departamento de Risaralda.

Corporación Autónoma Regional de Risaralda –CARDER 2015. Informe de monitoreo del recurso hídrico del departamento de Risaralda 2015.

Corporación Autónoma Regional de Risaralda –CARDER 2015 y Universidad Tecnológica de Pereira 2015. Convenio N° 676-2014 Aunar esfuerzos entre la CARDER y la UTP para adelantar el proceso de establecimiento de las metas de carga contaminante para el Quinquenio años 2015-2019, en la implementación de Tasa Retributiva, en el departamento de Risaralda, de acuerdo a lo establecido por el decreto 2667 de 2012.

Corporación Autónoma Regional de Caldas –CORPOCALDAS y Universidad Tecnológica de Pereira 2013. Apoyo técnico para la reglamentación de la tasa retributiva por la utilización directa e indirecta del recurso hídrico como receptor de vertimientos puntuales, jurisdicción de CORPOCALDAS.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM. *Hoja metodológica del indicador Índice de calidad del agua (Versión 1,00)*. Sistema de Indicadores Ambientales de Colombia - Indicadores de Calidad del agua superficial. 10 p.

IDEAM. Guía para el monitoreo de vertimientos, aguas superficiales y subterráneas. 2002.

Rodríguez N., Sanz J., Oliveros C., Ramírez C. Beneficio del café en Colombia, Cenicafe, 2016

Sierra, C.A.2011. Calidad del agua - Evaluación y diagnóstico-. Ediciones de la U. Universidad de Medellín. Medellín Colombia.