

Evaluación de la calidad del agua en los diferentes regímenes hidrológicos de las corrientes de Rio Frio y Surata en el área de jurisdicción de la CDMB.

Adriana del Pilar Córdoba Castellanos

Trabajo de Grado para Optar por el Título de Especialista en Química
Ambiental

Director

Carlos Mauricio Torres Galvis

Especialista en Ingeniería de Preservación de Recursos Hídricos y Suelos-

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ciencias

Escuela de Química

Especialización en Química Ambiental

Bucaramanga 2020

Dedicatoria

A Dios por ser mi guía, mi fuerza y permitirme alcanzar este peldaño

A la vida por siempre indicarme el momento y el camino perfecto

A mis hijas Valeria y Verónica porque son mi todo, mi motivación, mi alegría

A mi madre porque enseñarme a nunca vencerme

A mi compañero de vida por siempre estar dispuesto ayudarme hasta en los momentos más difíciles

A mis compañeros de la Especialización por compartir conmigo los mejores momentos de esta etapa, en especial a mis amigos Karencilla, Diego y Lyda por aguantarme mis locuras y alcahuetearme tanto

A mis amigos por el apoyo moral, las palabras de aliento, la confianza, esperarme para sus planes después de las 10 pm

Agradecimientos

A la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga-
CDMB

Al Grupo de Gestión del Conocimiento de la CDMB por el apoyo, a los Ingenieros
Carlos Mauricio Torres, María Carmenza Viccini, Johana Sanabria y Ginita

A mis compañeros de la CDMB por su ayuda, su apoyo, su orientación

A mi familia por su contribución a este proceso

Tabla de Contenido

Introducción.....	15
1 Objetivos.....	18
1.1 Objetivo General.....	18
1.2 Objetivos Específicos.....	18
2 Cuerpo Del Trabajo.....	19
2.1 Marco Teórico.....	19
2.1.1 El Agua	19
2.1.2 Ciclo Hidrológico.....	19
2.1.3 Aguas Superficiales	20
2.1.4 Corrientes O Aguas Loticas	20
2.1.5 Clima En Colombia –.....	20
2.1.6 Régimen Hidrológico Bimodal.....	21
2.1.7 Periodo De Estiaje O Seco.....	22
2.1.8 Periodo Húmedo O Lluvioso	22
2.1.9 Calidad Del Agua.....	23
2.1.10 Índice De Calidad Del Agua Ica	23
2.2 Marco Conceptual.....	25
2.3 Metodología	29
2.3.1 Etapas Para El Desarrollo	30
2.3.1.1 Recopilación De Los Datos De La Red De Monitoreo De Calidad De Agua Y Las Estaciones Hidroclimatológicos Disponibles Para El Periodo De 1986 A 2019.....	32

2.3.1.2 Clasificación De Los Datos Recopilados	31
2.3.1.3 Calculo Índices De Calidad Del Agua.....	32
2.4 Resultados	39
2.4.1 Localización De Las Estaciones Seleccionadas.....	39
2.4.2 Precipitaciones	42
2.4.3 Caudales Disponibles (1986 A 2019)	44
2.4.4 Ica Ideam Metodología (5 Parámetros) Por Meses Del Año 2009 A 2019... ..	48
2.4.5 Ica Nsf Metodología CdmB Por Meses Del Año 1986 A 2019	54
2.4.6 Calidad Del Agua Por Parámetro.....	57
2.4.6.1 Potencial De Hidrógeno Ph.....	66
2.4.6.2 Oxígeno Disuelto- Od	69
2.4.6.3 Coliformes Fecales -Cf	72
2.4.6.4 Demanda Bioquímica De Oxígeno–Dbo5	76
2.4.6.5 Nitratos.....	79
2.4.6.6 Fósforo Total.....	82
2.4.6.7 Temperatura Del Agua.....	85
2.4.6.8 Turbiedad.....	88
2.4.6.9 Solidos Totales.....	91
2.4.7 Comparativo Régimen De Estiaje Y Húmedo	94
2.5 Discusión De Resultados.	96
3 Conclusiones	105
4 Referencias.....	107

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1 Estaciones Hidroclimatológicas seleccionadas.....	30
Tabla 2 Estaciones seleccionadas de la Red de Monitoreo de corrientes de la CDMB	31
Tabla 3 Variables y ponderación para el cálculo del ICA Ideam	33
Tabla 4 Valoracion Calidad del agua- ICA IDEAM	33
Tabla 5 Factores de Ponderación NSF.....	35
Tabla 6 Valoracion Calidad del agua- ICA NSF	38
Tabla 7 estaciones seleccionadas Suratá.....	40
Tabla 8 estaciones seleccionadas Rio Frio.....	41
Tabla 9 Datos de Caudal promedio por año para cada estación disponibles (1986 a 2019) corriente Rio Suratá	44
Tabla 10 Datos de Caudal promedio por año para cada estación disponibles (1986 a 2019) corriente Rio Frio.....	45
Tabla 11 Promedios y desviaciones de Caudal mensual por estación (1986 a 2019) Rio Suratá.....	46
Tabla 12 Promedios y desviaciones de Caudal mensual por estación (1986 a 2019) Rio Frio	47
Tabla 13 ICA promedio al mes Rio Suratá- IDEAM (1986 a 2019).....	51
Tabla 14 ICA promedio al mes Rio Frio- IDEAM (1986 a 2019).....	51
Tabla 15 ICA promedio al mes Rio Suratá- NSF (1986 a 2019).....	55

Tabla 16 ICA promedio al mes Rio Frío- NSF (1986 a 2019)	55
Tabla 17 Máximos y Mínimos SA-07 (Suratá).....	58
Tabla 18 Tabla 15 Máximos y Mínimos SA-06 (Suratá)	59
Tabla 19 Tabla 15 Máximos y Mínimos SA-05 (Suratá)	59
Tabla 20 Tabla 15 Máximos y Mínimos SA-03 (Suratá)	60
Tabla 21 Tabla 15 Máximos y Mínimos SA-01 (Suratá)	61
Tabla 22 Tabla 15 Máximos y Mínimos RF- P (Rio Frio)	62
Tabla 23 Tabla 20 Tabla 15 Máximos y Mínimos RF- B (Rio Frio).....	63
Tabla 24 Tabla 20 Tabla 15 Máximos y Mínimos RF- 1A (Rio Frio)	64
Tabla 25 Tabla 20 Tabla 15 Máximos y Mínimos RF- 03 (Rio Frio)	65

Lista de Graficas

	Pág.
Gráfica 1 Precipitaciones mensuales promedio Rio Suratá (2013-2019)	42
Gráfica 2 Precipitaciones mensuales promedio Rio Frío (2013-2019).....	43
Gráfica 3 Calculo ICA promedio al mes Rio Suratá- IDEAM (1986 a 2019).....	52
Gráfica 4 Calculo ICA promedio al mes Rio Frio- IDEAM (1986 a 2019)	53
Gráfica 5 Calculo ICA promedio al mes Rio Suratá- NSF (1986 a 2019)	56
Gráfica 6 Calculo ICA promedio al mes Rio Frío- NSF (1986 a 2019).....	57
Gráfica 7 Comportamiento pH SA-07 (Rio Suratá)	66
Gráfica 8 Comportamiento pH SA-06 (Rio Suratá)	66
Gráfica 9 Comportamiento pH SA-05 (Rio Suratá)	67
Gráfica 10 Comportamiento pH SA-03 (Rio Suratá)	67
Gráfica 11 Comportamiento pH SA-01 (Rio Suratá)	67
Gráfica 12 Comportamiento pH RF-03 (Rio Frio)	68
Gráfica 13 Comportamiento pH RF-P (Rio Frio)	68
Gráfica 14 Comportamiento pH RF-B (Rio Frio).....	68
Gráfica 15 Comportamiento pH RF- 1 A (Rio Frio)	69
Gráfica 16 Comportamiento Oxígeno Disuelto SA -07 (Rio Suratá).....	69
Gráfica 17 Comportamiento Oxígeno Disuelto SA -06 (Rio Suratá).....	69
Gráfica 18 Comportamiento Oxígeno Disuelto SA -05 (Rio Suratá).....	70
Gráfica 19 Comportamiento Oxígeno Disuelto SA -03 (Rio Suratá).....	70
Gráfica 20 Comportamiento Oxígeno Disuelto SA -01 (Rio Suratá).....	70
Gráfica 21 Comportamiento Oxígeno Disuelto RF -3 (Rio Frio).....	71
Gráfica 22 Comportamiento Oxígeno Disuelto RF -P (Rio Frio).....	71

Gráfica 23 Comportamiento Oxígeno Disuelto RF -B (Rio Frio)	71
Gráfica 24 Comportamiento Oxígeno Disuelto RF -1 A (Rio Frio).....	72
Gráfica 25 Comportamiento Coliformes Fecales SA-07 (Rio Suratá)	72
Gráfica 26 Comportamiento Coliformes Fecales SA-06 (Rio Suratá)	73
Gráfica 27 Comportamiento Coliformes Fecales SA-05 (Rio Suratá)	73
Gráfica 28 Comportamiento Coliformes Fecales SA-03 (Rio Suratá)	73
Gráfica 29 Comportamiento Coliformes Fecales SA-01 (Rio Suratá)	74
Gráfica 30 Comportamiento Coliformes Fecales RF-03 (Rio Frio).....	74
Gráfica 31 Comportamiento Coliformes Fecales RF-P (Rio Frio).....	75
Gráfica 32 Comportamiento Coliformes Fecales RF-B (Rio Frio)	75
Gráfica 33 Comportamiento Coliformes Fecales RF-1 A (Rio Frio).....	75
Gráfica 34 Comportamiento Demanda Bioquímica de Oxígeno SA-07 (Rio Suratá)	76
Gráfica 35 Gráfica 34 Comportamiento Demanda Bioquímica de Oxígeno SA-06 (Rio Suratá)	76
Gráfica 36 Gráfica 34 Comportamiento Demanda Bioquímica de Oxígeno SA-05 (Rio Suratá)	76
Gráfica 37 Gráfica 34 Comportamiento Demanda Bioquímica de Oxígeno SA-03 (Rio Suratá)	77
Gráfica 38 Gráfica 34 Comportamiento Demanda Bioquímica de Oxígeno SA-01 (Rio Suratá)	77
Gráfica 39 Comportamiento Demanda Bioquímica de Oxígeno RF-03 (Rio Frio)....	77
Gráfica 40 Comportamiento Demanda Bioquímica de Oxígeno RF-P (Rio Frio)	78
Gráfica 41 Comportamiento Demanda Bioquímica de Oxígeno RF-B (Rio Frio)....	78
Gráfica 42 Comportamiento Demanda Bioquímica de Oxígeno RF-1 A (Rio Frio)..	78

Gráfica 43 Comportamiento Nitratos SA-07 (Rio Suratá)	79
Gráfica 44 Gráfica 43 Comportamiento Nitratos SA-06 (Rio Suratá)	79
Gráfica 45 Gráfica 43 Comportamiento Nitratos SA-05 (Rio Suratá)	79
Gráfica 46 Gráfica 43 Comportamiento Nitratos SA-03 (Rio Suratá)	80
Gráfica 47 Gráfica 43 Comportamiento Nitratos SA-01 (Rio Suratá)	80
Gráfica 48 Comportamiento Nitratos RF-3 (Rio Frio)	80
Gráfica 49 Comportamiento Nitratos RF-P (Rio Frio)	81
Gráfica 50 Comportamiento Nitratos RF-B (Rio Frio).....	81
Gráfica 51 Comportamiento Nitratos RF-1 A (Rio Frio)	81
Gráfica 52 Comportamiento Fosforo total SA-07(Rio Suratá).....	82
Gráfica 53 Comportamiento Fosforo SA-06 (Rio Suratá).....	82
Gráfica 54 Comportamiento Fosforo SA-05 (Rio Suratá).....	82
Gráfica 55 Comportamiento Fosforo SA-03 (Rio Suratá).....	83
Gráfica 56 Comportamiento Fosforo SA-01 (Rio Suratá).....	83
Gráfica 57Gráfica 51 Comportamiento Fosforo RF-03 (Rio Frio).....	84
Gráfica 58 Gráfica 51 Comportamiento Nitratos RF-B (Rio Frio).....	84
Gráfica 59 Gráfica 51 Comportamiento Fosforo RF-P (Rio Frio)	84
Gráfica 60 Gráfica 51 Comportamiento Fosforo RF-1 A (Rio Frio).....	84
Gráfica 61 Comportamiento Temperatura SA-07 (Rio Suratá).....	85
Gráfica 62 Comportamiento Temperatura SA-06 (Rio Suratá).....	85
Gráfica 63 Comportamiento Temperatura SA-05 (Rio Suratá).....	86
Gráfica 64 Comportamiento Temperatura SA-03 (Rio Suratá).....	86
Gráfica 65 Comportamiento Temperatura SA-01 (Rio Suratá).....	86
Gráfica 66 Comportamiento Temperatura RF-03 (Rio Frio).....	87

Gráfica 67 Comportamiento Temperatura RF-P (Rio Frio)	87
Gráfica 68 Comportamiento Temperatura RF-B (Rio Frio).....	87
Gráfica 69 Comportamiento Temperatura RF-1 A (Rio Frio).....	88
Gráfica 70 Comportamiento Turbiedad SA-07 (Rio Suratá).....	88
Gráfica 71 Comportamiento Turbiedad SA-06 (Rio Suratá).....	88
Gráfica 72 Comportamiento Turbiedad SA-05 (Rio Suratá).....	89
Gráfica 73 Comportamiento Turbiedad SA-03 (Rio Suratá).....	89
Gráfica 74 Comportamiento Turbiedad SA-01 (Rio Suratá).....	89
Gráfica 75 Comportamiento Turbiedad RF-1 A (Rio Frio).....	90
Gráfica 76 Comportamiento Turbiedad RF-P (Rio Frio)	90
Gráfica 77 Comportamiento Temperatura RF-B (Rio Frio).....	90
Gráfica 78 Comportamiento Temperatura RF-1 A (Rio Frio).....	91
Gráfica 79 Comportamiento Solidos Totales SA-07 (Rio Suratá).....	91
Gráfica 80 Comportamiento Solidos Totales SA-06 (Rio Suratá).....	91
Gráfica 81 Comportamiento Solidos Totales SA-05 (Rio Suratá).....	92
Gráfica 82 Comportamiento Solidos Totales SA-03 (Rio Suratá).....	92
Gráfica 83 Comportamiento Solidos Totales SA-01 (Rio Suratá).....	92
Gráfica 84 Comportamiento Solidos Totales RF-3 (Rio Frio)	93
Gráfica 85 Gráfica 84 Comportamiento Solidos Totales RF-P (Rio Frio)	93
Gráfica 86 Gráfica 84 Comportamiento Solidos Totales RF-B (Rio Frio).....	93
Gráfica 87 Gráfica 84 Comportamiento Solidos Totales RF-1A (Rio Frio)	94
Gráfica 88 Comparativo por régimen Hidrológico Rio Suratá.....	95
Gráfica 89 Comparativo por régimen Hidrológico Rio Frio	96

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1 Curvas de Función valor Q (DBO, % Saturación, CF, Nitratos, pH, Temperatura).....	36
Figura 2 Curvas de Función valor Q (STD, Fosfatos, Turbidez).....	37
Figura 3 Localización estaciones Rio Suratá.....	39
Figura 4 Localización estaciones Rio Frio.....	41

Resumen

Título: Evaluación de la calidad del agua en los diferentes regímenes hidrológicos de las corrientes de Rio Frio y Suratá en el área de jurisdicción de la CDMB.

Autor: Adriana del Pilar Córdoba Castellanos

Palabras Clave: Hidrológico, Agua, Rio Frío, Suratá, Estiaje, Húmedo, ICA

Descripción: Para la materialización del presente trabajo de grado se recopilieron los datos disponibles de las mediciones realizadas por la Red de Monitoreo de Calidad del Agua de la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga – CDMB, medida en trece (13) parámetros fisicoquímicos y dos (2) microbiológicos desde el año 1986 al 2019 de las corrientes del Rio Frio y Suratá en la jurisdicción de la CDMB. Posteriormente estos datos fueron analizados comparativamente en los dos (2) regímenes hidrológicos característicos de la región, denominados estiaje o periodo seco y húmedo o periodo de lluvias. Lo anterior con el fin de establecer la variación de la calidad del agua de las corrientes de Rio Frio y Surata, asociado al régimen hidrológico de estiaje y húmedo presentes en las corrientes mencionadas. La evaluación de la calidad del agua se efectuó a partir del cálculo del Índice de Calidad del Agua NSF, que fue desarrollado en 1970 por la National Sanitation Foundation (NSF) de Estados Unidos, que se determina a partir de nueve (9) parámetros como lo son: el Oxígeno Disuelto, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Nitrógeno Total, Fósforo Total, Sólidos Totales, Turbiedad, Coliformes Fecales, pH y Temperatura. Asimismo, a partir de los datos históricos de cada uno de los parámetros medidos la Red de Monitoreo de Calidad del Agua de la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga – CDMB, se analizaron estadísticamente con el objeto de establecer las tendencias y variaciones de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos a través del tiempo de estudio.

Abstract

Title: Water quality evaluation in different hydrological regimes in Rio Frio and Suratá rivers under the CDMB's areas jurisdiction.

Author: Adriana del Pilar Córdoba Castellanos

Key Words: Hydrological, Water, Riofrio, Suratá, Low Water, Wet, ICA

Description: The current thesis development, were collected for the available data from the measurements made by the Water Quality Monitoring Network of the Regional Autonomous Corporation in Bucaramanga (CDMB), measured by thirteen (13) physicochemical and two (2) microbiological parameters from 1986 to 2019 in Rio Frio and Suratá rivers under the CDMB's areas jurisdiction. Subsequently, these data were comparatively analyzed in the two (2) characteristic hydrological regimes of the region, called low water or dry and wet period or rainy period. The foregoing to establish the variation of the water quality of the Rio Frio and Suratá rivers, associated with the hydrological regime of dry and wet in the before mentioned rivers. The evaluation of water quality was carried out from the calculation of the NSF Water Quality Index, which was developed in 1970 by the National Sanitation Foundation (NSF) of the United States, which is determined by nine (9) parameters such as Dissolved Oxygen, Biochemical Oxygen Demand, Total Nitrogen, Total Phosphorus, Total Solids, Turbidity, Fecal Coliforms, pH and Temperature. Likewise, from the historical data of each of the parameters measured, the Water Quality Monitoring Network of the Regional Autonomous Corporation in Bucaramanga (CDMB), were statistically analyzed to establish trends and variations of the physicochemical and microbiological parameters through the study period.

Degree work

Faculty of Sciences, School of Chemistry, Director Carlos Mauricio Torres Galvis

Introducción

La calidad de cualquier masa de agua, superficial o subterránea depende tanto de factores naturales como de la acción humana. Sin la acción humana, la calidad del agua vendría determinada por la erosión del substrato mineral, los procesos atmosféricos de evapotranspiración y sedimentación de lodos y sales, la lixiviación natural de la materia orgánica y los nutrientes del suelo por los factores hidrológicos, y los procesos biológicos en el medio acuático que pueden alterar la composición física y química del agua. Por lo general, la calidad del agua se determina comparando las características físicas y químicas de una muestra de agua con unas directrices de calidad del agua o estándares (Organización de las Naciones Unidas, 2019).

El deterioro de la calidad del agua se ha convertido en motivo de preocupación a nivel mundial con el crecimiento de la población humana, la expansión de la actividad industrial y agrícola y la amenaza del cambio climático como causa de importantes alteraciones en el ciclo hidrológico. (Organización de las Naciones Unidas, 2019)

A nivel de Latinoamérica, se han desarrollado estudios que buscan relacionar las variaciones temporales y espaciales con la calidad de agua de diferentes cuerpos de aguas de: México, Costa Rica y Brasil. En nuestro país, se han hecho determinaciones y caracterizaciones de calidad de agua en varios sistemas cuyos resultados son relacionados con épocas de sequía y lluvia, que, en consecuencia, evidencian el efecto de las precipitaciones características en cada estudio, teniendo como características comunes: la baja de la salinidad por un periodo intenso de

lluvias y su ascenso en periodo seco, así como el aumento de materia orgánica y nutrientes, en periodos de lluvia, entre otras (Severiche, Barreto, & Acevedo, 2013).

La Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga – CDMB, es la entidad ambiental encargada de la ejecución de políticas, planes, programas y proyectos sobre el medio ambiente y la preservación de los recursos naturales, en su jurisdicción según lo dispuesto en la Ley 99 de 1993 *‘Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA y se dictan otras disposiciones’*. (Secretaria del senado. Ley 99 de 1993, 2019)

El área de influencia de la CDMB está integrada por los siguientes trece (13) municipios: Bucaramanga, Floridablanca, Girón, Piedecuesta, Vetas, California, Suratá, Matanza, Charta, Tona, El Playón, Rionegro y Lebrija (Corporación autónoma regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga, 2019)

La Región CDMB cuenta con siete (7) cuencas hidrográficas: Cáchira Norte, Cáchira Sur, Lebrija Medio, Lebrija Alto, Chítágá, Sogamoso y Medio-Bajo Chicamocha (Secretaria del senado. Ley 99 de 1993, 2019)

Las corrientes que presentan mayor impacto por recepción de aguas residuales domésticas e industriales se encuentran en la cuenca del río Lebrija la cual representa un 77% del área de jurisdicción. Los ríos de Oro, Suratá y Lebrija, son las corrientes que reciben y asimilan

las aguas residuales del Área Metropolitana de Bucaramanga, así como de los municipios menores de área de la jurisdicción de la CDMB

La red de monitoreo de calidad del agua de la CDMB, es un programa institucional que comprende el monitoreo de la calidad del agua en las corrientes hídricas de intereses de la jurisdicción, e incluye la toma de muestras, análisis de laboratorio y la evaluación de los resultados. La red tiene localizadas las estaciones en las principales corrientes del área de jurisdicción y en los afluentes de mayor relevancia (Corporación autónoma regional para la defensa de la meseta de Bucaramanga. (2010). Informe Semestral De La Red De Monitoreo de calidad del Agua. Bucaramanga: CDMB., 2010).

Los datos insumo de este trabajo de grado, se recopilarán a partir de los generados por la Red de monitoreo de calidad del agua y la Red hidroclimatológica de la CDMB (Corporación autónoma regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga, 2019)

Para determinar la ocurrencia de cada uno de los regímenes hidrológicos, se tuvieron en cuenta los datos registrados de precipitaciones por las estaciones hidroclimatológicas más cercanas a las corrientes mencionadas y que contaran con datos representativos, adicionalmente se comparó con los datos de caudal de las diferentes Estaciones de la Red de Monitoreo en las corrientes de Surata y Rio Frio.

1 Objetivos

1.1 Objetivo General

Determinar el estado de contaminación de la corriente del Rio Frio y Rio Surata en el periodo comprendido entre 1986 a 2019, a través de un análisis diferencial de la calidad del agua usando el Índice de Contaminación ICA en los regímenes hidrológicos de estiaje o seco y húmedo o lluvioso.

1.2 Objetivos Específicos

Calcular los índices de calidad del agua en cada uno de los regímenes hidrológicos para las corrientes de Rio Frio y Surata.

Realizar un análisis comparativo de la calidad del agua en las corrientes de Rio Frio y Surata, para los diferentes regímenes hidrológicos.

Procesar estadísticamente la información histórica de los resultados de monitoreo desde el año 1986 al año 2019, con el fin de establecer periodos de máximos y mínimos históricos para cada parámetro medido.

2 Cuerpo del Trabajo

2.1 Marco teórico

2.1.1 *El Agua*

El agua es el constituyente más importante del organismo humano y del mundo en el que vivimos. Tiene una gran influencia en los procesos bioquímicos que ocurren en la naturaleza. Esta influencia no solo se debe a sus propiedades fisicoquímicas como molécula bipolar sino también a los constituyentes orgánicos e inorgánicos que se encuentran en ella. (Martel, 2005).

El agua es un recurso natural escaso, indispensable para la vida humana y el sostenimiento del medio ambiente, que, como consecuencia del rápido desarrollo humano y económico y del uso inadecuado se ha hecho de ella como medio de eliminación, ha sufrido un alarmante deterioro. (L Damia Barcelo, 15)

2.1.2 *Ciclo hidrológico*

También llamado ciclo del agua es el proceso de transferencia o circulación del agua entre los distintos componentes que forman la hidrósfera. Es un ciclo biogeoquímico en el que hay una intervención mínima de reacciones químicas, porque el agua se transfiere de un lugar a otro o cambia de estado físico. Está regulado por dos causas: La energía solar y la gravedad (Gálvez, 2011).

2.1.3 Aguas superficiales

Corresponde a todas aguas que discurren por la superficie de las tierras emergidas o plataforma continental, y que de forma general provienen de las precipitaciones de cada cuenca (España, 2019)

Se presenta en forma de lagos de agua dulce, ríos lagunas, ciénagas, entre otras que son las que el hombre utiliza comúnmente para suplir sus necesidades básicas como: abastecimiento de agua potable, navegación, pesca, recreación, etc. (Sierra Ramirez, 2011)

2.1.4 Corrientes o aguas loticas

Corresponden a la masa de agua que se mueven unidireccionalmente es decir siempre en una misma dirección como ríos, manantiales, riachuelos, arroyos, quebradas, etc. Se caracterizan porque fluyen con velocidades promedio relativamente altas que varían entre 0,1 y 1 m/s (Ordoñez, Cuaspué, & Paredes, 2017). Generalmente para efectos de estudio, y dada las características hidrológicas de estos cuerpos de agua pueden considerarse permanentemente mezclados, por lo tanto, se asume que la calidad importante en el sentido del flujo (Galvez, 2011). Es importante mencionar que el flujo de estos cuerpos de agua presenta variaciones significativas dadas por las condiciones morfológicas del drenaje y las condiciones climatológicas esencialmente de la precipitación.

2.1.5 Clima en Colombia –

El clima regional de Colombia, está definido por las propiedades relevantes de los valores medios de los campos, que están forzados por las condiciones de frontera de la atmósfera, de la distribución de continente océano y las variaciones de la radiación solar sobre la superficie, en el

espacio y tiempo. Estos fenómenos atmosféricos son fuertemente influenciados por la distribución de la topografía y la vegetación en la superficie dentro del territorio colombiano (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM)).

En Colombia se presentan comportamientos en la precipitación mensual de tipo unimodal, bimodal y en algunas regiones no se observa claramente un patrón de distribución en donde ocurran picos máximos definidos. Características de tipo unimodal se presentan en la región oriental del país, en los Llanos Orientales, en la vertiente del Amazonas y en la región Atlántica. Patrones de distribución bimodal en la región andina en las cuencas de los ríos Patía, Cauca y Magdalena para latitudes entre los 4 y 7°N. En el nudo de Los Pastos, en la cuenca alta del río Magdalena y en la llanura del Pacífico no se observan los comportamientos anteriores y ocurre poca variación en las cantidades de lluvia entre un mes y otro (Jaramillo & Chaves, 2000).

2.1.6 Régimen hidrológico bimodal

Se puede definir como las variaciones del estado y las características de una masa de agua que son cíclicas de forma regular en el espacio- tiempo y que se comportan mostrando coincidencias estacionales o de otros tipos (ArcGIS inc, 2020). Para el caso de Colombia comúnmente se habla de estiaje o periodo seco y húmedo o lluvioso.

El régimen de lluvias es bastante variado en el país y depende de la localización de la zona de convergencia intertropical. En el sur del país, está presente casi permanente con lluvias casi todo el año, pero el centro y norte de Colombia tiene un régimen bimodal con dos máximos, uno, el menor, en abril-mayo; otro, el mayor, en octubre-noviembre. El máximo más importante en los meses octubre-noviembre es provocado por la intensificación del frente frío, el cual hace avanzar a masas de aire norteañas sobre el mar Caribe, cargándose de humedad hasta una latitud tan baja como 10°N y produciendo fuertes lluvias. Es necesario resaltar que existe una gran

variabilidad de la lluvia causada por la orientación de la Cordillera oriental y la presencia de la Sierra nevada de Santa Marta y su relación a los patrones de flujo de aire que se suceden en esos meses. Durante los meses de julio a septiembre se observa una disminución de lluvia. En diciembre prevalece la subsidencia (descenso en las lluvias), fenómeno que generalmente ocurre entre diciembre y marzo y está asociada a la estación seca de comienzos de año (Geotecnia Ltda, 2005).

Conocer como varia la calidad del agua en estos dos regímenes es de vital importancia para la CDMB, como referente para el manejo y preservación de las corrientes en su jurisdicción.

2.1.7 Periodo de estiaje o seco

Se tienen varias denominaciones para este periodo que generalmente ocurre dos veces por año, las más frecuentes son: estiaje, seco, sequia, verano y veranillo cuando se presenta en periodos más cortos de tiempo.

Principalmente se caracteriza por no presentarse lluvias frecuentes y abundantes, afectando las fuentes hídricas superficiales con una reducción del caudal de la masa de agua y sequía de los cuerpos de agua intermitentes y las escorrentías.

2.1.8 Periodo húmedo o lluvioso

Comúnmente es llamado periodo húmedo, lluvioso o invierno, se presenta dos veces en el año alternándose con el periodo de estiaje.

El aumento de las precipitaciones y la alta nubosidad durante este periodo genera un aumento en el caudal, lo que según la intensidad puede provocar inundaciones.

2.1.9 Calidad del agua

Los cuerpos continentales y marítimos colombianos son receptores activos y transportan las cargas contaminantes de agua utilizadas en los diferentes procesos socioeconómicos tales como drenajes municipales, escorrentía agrícola, entre otros. Estas aguas contaminadas son vertidas mayoritariamente sin tratamiento previo; además, son los receptores de altos volúmenes de sedimentos originados por procesos de erosión, bien sea de origen natural o por acción del hombre.

Los volúmenes y las cargas se incrementan diariamente, debido al crecimiento de la población y de las actividades económicas, afectando los ecosistemas acuáticos y naturalmente la salud humana (IDEAM, 2018).

La calidad del agua de consumo humano se ha asociado con diversas enfermedades. Un gran número de enfermedades infecciosas y parasitarias en el mundo, se debe a la falta de acceso adecuado a fuentes de agua y a condiciones de saneamiento, y la Organización Mundial de la Salud (OMS) estima que 2,9 millones de personas mueren cada año por estas causas (Pruss-Ustun, Bos, Gore, & Bartram, 2008).

2.1.10 Índice de Calidad del agua ICA

El índice de calidad de agua (ICA) es una herramienta que permite identificar la calidad de agua de un cuerpo superficial o subterráneo en un tiempo determinado. En general, el ICA incorpora datos de múltiples parámetros físicos, químicos y biológicos, en una ecuación matemática, mediante la cual se evalúa el estado de un cuerpo de agua (Yogendra & Puttaiah, 2008).

Mediante el cálculo del ICA se puede hacer un análisis de la calidad del agua, comparando con los diferentes niveles establecidos y así lograr estimar la vulnerabilidad del cuerpo de agua.

Esta herramienta surge como una alternativa para la evaluación de los cuerpos hídricos permitiendo que los procesos de formulación de políticas públicas y seguimientos de los impactos sean más eficaces (Torres, Cruz, & Patiño, 2009).

El índice de Calidad de Agua-ICA 'Water Quality Index'(WQI), se desarrolló en 1970 por la National Sanitation Foundation (NSF) de Estados Unidos, usando la técnica de investigación Delphi que contó con la participación de 142 expertos (Ball & Church, 1980). El ICA NSF, tiene la característica de ser un índice multiparámetro, y se basó en tres estudios. En el primero, cada uno de los expertos clasificó entre 35 variables cuales deberían ser incluidas asignándoles un valor de 1 a 5 de acuerdo a su mayor o menor importancia dentro de la calidad del agua (Ott, 1978). En el segundo estudio, se realizó una evaluación comparativa de las respuestas del primer estudio, como resultado se identificaron nueve variables de mayor importancia: oxígeno disuelto, Coliformes fecales, pH, DBO₅, nitratos, Fosfatos, Temperatura, Turbidez y Sólidos Totales (Brown, McClelland, Deininger, & Tozer, 1970). Por último, en el tercer estudio los participantes fueron cuestionados sobre el desarrollo de una curva de valoración para cada variable. Los niveles de calidad del agua se evaluaron en un rango de 0-100 que fueron localizadas en las ordenadas y los diferentes niveles de las variables seleccionadas en las abscisas, y cada uno de los expertos proyectó su curva que representaba la variación de la calidad del agua, estas curvas fueron denominadas como relaciones Funcionales o Curvas de Función (Brown, McClelland, Deininger, & Tozer, 1970). Las curvas para cada contaminante

fueron promediadas y graficadas a través de la media aritmética con un límite de confianza del 80% (Universidad de Pamplona, 2010).

2.2 Marco Conceptual

A través de la tierra todos los cuerpos de agua están interconectados, desde la atmósfera hasta los océanos a través del denominado ciclo hidrológico. Las aguas superficiales (lagos de agua dulce, ríos, lagunas, ciénagas) que son las que el hombre utiliza para desarrollar sus funciones básicas (abastecimiento de agua potable, navegación, pesca, recreación, etc.), desafortunadamente son las que se encuentran más contaminadas debido a que reciben directamente las descargas de aguas contaminadas provenientes de drenajes municipales, escorrentía agrícola, entre otras fuentes; las cuales generalmente son vertidas sin ningún tratamiento. Muchas corrientes superficiales en el mundo se encuentran en estados avanzados de contaminación y no tienen ningún uso, excepto el de ser receptoras de desechos (Sierra Ramirez, 2011)

Los cuerpos de agua que componen la Tierra, son diversos, el presente estudio se centra en los denominados Ríos o aguas superficiales de tipo lótico. Estos se definen como cuerpos de agua, comúnmente denominados corrientes, se caracterizan porque fluyen unidireccionalmente con velocidades promedio relativamente altas que varían entre 0,1 y 1 m/s (Ordoñez, Cuaspud, & Paredes, 2017).

El flujo en los ríos es altamente variable y depende de las condiciones climáticas y de las características morfológicas del área de drenaje, es decir a través de su curso estas corrientes pueden presentar diferentes flujos. En general, los ríos son cuerpos de agua los cuales pueden

considerarse permanentemente mezclados, y en la mayoría de ellos, la calidad del agua es importante en el sentido del flujo (Sierra Ramirez, 2011).

Las corrientes ubicadas en la jurisdicción de la CDMB que fueron las establecidas como de interés del presente estudio se indican a continuación:

- *El Río Frío*: Se describe como una subcuenca que se localiza en la parte media de la zona alta de la Cuenca Superior del Río Lebrija, su corriente principal nace al Oeste del Alto del Picacho, en una elevación cercana a los 2850 msnm y su área aferente es de 132 km², hasta su desembocadura en el Río de Oro. Su cauce tiene una dirección originariamente al Norte y en la Corcova cambia a una dirección Sur-Oeste. A la altura de 1050 msnm en el sitio conocido como La Esperanza, el Acueducto Metropolitano de Bucaramanga tiene una bocatoma en donde aprovecha las aguas del río Frío para abastecer gran parte de la población de Floridablanca. Sus afluentes principales en la margen derecha son las quebradas Providencia, Dos Aguas, Suratoque, Zapamanga, y por la margen izquierda son en orden las quebradas Aguablanca, Judía Chiquita, Judía Grande, La Carbona, La Estancia (Instituto Colombiano de minas y energía-Ingeominas, 2007).
- *Río Surata*: Se clasifica como una subcuenca, perteneciente a la Cuenca Del Alto Lebrija, está localizada en la parte nororiental de la cuenca Alto Lebrija y está conformada por las microcuencas del Río Tona, Río Charta, Río Vetas, Río Surata Alto y Río Surata Bajo. Su perímetro se extiende alrededor de 238,84 km y su área aferente es de aproximadamente 691,23 km². (Corporación Autonoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga-CDMB, 2019). Adicionalmente es importante mencionar que de la captación

del Rio Suratá se abastece aproximadamente en un 40% el sistema de acueducto de Bucaramanga y la cual es tratada en la planta de potabilización de Bosconia.

La alta complejidad de los factores antrópicos y naturales que pueden influir en la calidad del agua, y la gran cantidad de variables utilizadas para describir el estado de los cuerpos de agua en términos cuantitativos, hace muy difícil dar una definición simple u homogenizada de “calidad del agua” de un cuerpo.

Al pasar del tiempo los conocimientos sobre calidad del agua han ido evolucionando a medida que se han afinado los métodos para analizar e interpretar sus características y propiedades, en respuesta a un aumento en la demanda del recurso y una ampliación para los diferentes usos.

La calidad de un ambiente acuático se puede definir como: (i) Una lista de concentraciones, especificaciones y aspectos físicos de sustancias orgánicas e inorgánicas, y ii) la composición y el estado de la biota acuática presente en el cuerpo de agua. La calidad presenta variaciones espaciales y temporales debido a factores externos e internos al cuerpo de agua (Sierra Ramirez, 2011).

La contaminación de un ambiente acuático significa la introducción por el hombre directa o indirectamente de sustancias o energía lo cual resulta en problemas como: daños en los organismos vivos, efectos sobre la salud de los humanos, impedimento de actividades acuáticas como natación, buceo, cano-taje, pesca, etc., e interferencia sobre actividades económicas como el riego, el abastecimiento de agua para la industria, etc. (Sierra Ramirez, 2011).

El análisis de la calidad del agua generalmente se puede hacer de dos (2) maneras: a) Reportando directamente la medición de las variables físicas (turbiedad, sólidos totales, etc.), químicas (pH, acidez, etc.) o biológicas (bioindicadores como patógenos) b) Calculando un

índice de calidad del agua ICA a partir de los parámetros establecidos para cada Índice y comparando con los niveles fijados para los criterios de evaluación de la calidad del agua.

La Red de monitoreo de calidad del agua de la CDMB, viene monitoreando las diferentes corrientes superficiales del Área de Jurisdicción de la entidad, entre las cuales se monitorean las corrientes del Rio Surata y Rio Frio.

El programa de monitoreo de corrientes de la CDMB se encarga de establecer y evaluar la calidad del agua en corrientes superficiales, y comprende las siguientes actividades:

- Muestreo y aforo
- Análisis de Laboratorio
- Análisis de Información para determinar la calidad del agua.

El fortalecimiento de los sistemas de vigilancia debe ir acompañado del establecimiento de marcos políticos e institucionales que respalden la implementación de estos programas, así como del desarrollo de tecnologías apropiadas para los diferentes contextos (Schütz, S., H., & Moreno, 2008). Es fundamental, igualmente, el desarrollo del recurso humano, el aumento de la capacidad analítica de los laboratorios y el fortalecimiento de los procesos de gobernanza, en aras de una ejecución satisfactoria de las acciones de vigilancia (Guzmán, Nava, & Diaz, 2015)

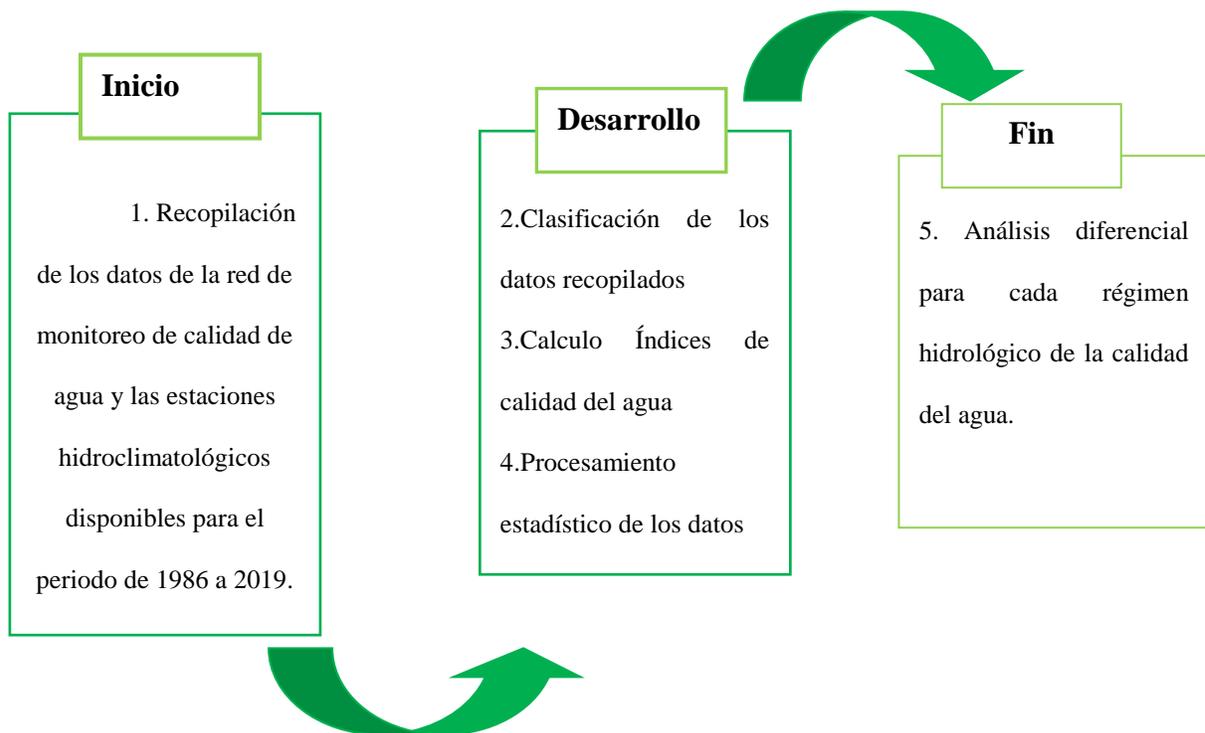
La información del programa de monitoreo de corrientes de la CDMB se consolidada e incluye en la base de datos de la autoridad ambiental y de los sistemas de vigilancia nacionales de la calidad del agua, con el objetivo de evaluar el estado de la calidad del agua de acuerdo al Índice Calidad del Agua y su comparación con el Decreto 1076 de 2015 y Estatuto Sanitario. (Coporación autonoma regional para la defensa de la meseta de Bucaramanga. (2010). Informe Semestral De La Red De Monitoreo de calidad del Agua. Bucaramanga: CDMB., 2010)

Con el fin de evaluar la calidad del agua de cada una de las corrientes monitoreadas por las estaciones, se calcula el Índice de Calidad del Agua por el método NSF, el cual se determina a partir de nueve (9) parámetros fisicoquímicos y microbiológicos.

Es importante resaltar que también el Instituto Colombiano de Estudios Ambientales IDEAM, desarrollo una metodología para el cálculo y precisa que el Índice de calidad del agua 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 cinco o seis variables, registradas en una estación de monitoreo j en el tiempo t .

2.3 Metodología

La metodología utilizada en el presente estudio, se basará en cumplir los objetivos específicos a partir del desarrollo de actividades por cada uno de ellos.



2.3.1 Etapas para el desarrollo

2.3.1.1 Recopilación de los datos de la red de monitoreo de calidad de agua y las estaciones hidroclimatológicas disponibles para el periodo de 1986 a 2019.

A partir del uso de las bases de datos de la CDMB y el Sistema de Información Ambiental, se recopilaron los datos disponibles para el periodo de tiempo indicado en las siguientes estaciones hidroclimatológicas y de monitoreo de corrientes:

Red Hidroclimatológica. En esta aplicación se maneja toda la información de las estaciones hidroclimatológicas en el Área de Jurisdicción de la CDMB. Es importante resaltar que la CDMB cuenta con datos consistentes de precipitaciones en milímetros de agua sobre unidad de superficie medidos en mm, a partir del año 2013. Teniendo en cuenta lo anterior, los datos entre 2013 y 2019 son los considerados para el desarrollo del presente trabajo de grado. Las estaciones hidroclimatológicas indicadas a continuación se seleccionaron teniendo en cuenta su localización y la disponibilidad de los datos de precipitaciones.

Tabla 1

Estaciones Hidroclimatológicas seleccionadas

Corriente	Nombre	Código CDMB	Municipio	Georreferenciación (coordenadas Planas)		
				X	Y	Elevación (m.s.n.m)
Suratá	Lago Alto	C2	Suratá	1122312	1314018	2600
	El Roble	C3	Charta	1123241	1295190	2270
Río Frio	Club Campestre	C4	Floridablanca	1106399	1273072	940
	Florida	C22	Floridablanca	1107315	1273904	861

Monitoreo de Corrientes. En esta aplicación se capta la información técnica y espacial correspondiente a la Red de Monitoreo de la Calidad del Agua en el Área de Jurisdicción de la CDMB, que corresponde a la medición de los diferentes parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en los periodos establecidos en cuatro corrientes. Dado que las corrientes de intereses del presente estudio son Rio Frio y Suratá, se seleccionaron los siguientes puntos de monitoreo ubicados en las estaciones de:

Tabla 2

Estaciones seleccionadas de la Red de Monitoreo de corrientes de la CDMB

Corriente	Nombre	Código CDMB	Municipio	Georreferenciación (coordenadas Planas)		
				X	Y	Elevación (m.s.n.m)
Suratá	Bavaria	SA-01	Bucaramanga	1103941	1283904	624
	Zaragoza	SA-03	Bucaramanga	1106774	1283144	706
	La Playa	SA-05	Matanza	1116170	1297202	1368
	Panagá	SA-06	Suratá	1121395	1307446	1757
	Uña de Gato	SA-07	Suratá	1120447	1305018	1654
Rio Frio	Caneyes	RF-1 A	Girón	1110082	1273099	706
	La Esperanza	RF-3	Floridablanca	1111634	1274248	1001
	El Caucho	RF-B	Floridablanca	1104257	1272587	742
	El Pórtico	RF-P	Floridablanca	1105209	1273129	756

2.3.1.2 Clasificación de los datos recopilados .

En esta etapa se procesaron estadísticamente los datos de precipitaciones en mm medidos por las estaciones mencionadas para el periodo comprendido entre 2013 y 2019 usando líneas de tendencia y promedios que permitieron establecer para cada una de las corrientes, cuáles de los meses del año correspondían a cada régimen hidrológico ya sea estiaje o húmedo.

Es importante establecer que a partir de las tendencias observadas de la precipitación en los años de 2013 a 2019 medidos en las estaciones hidroclimatológicas seleccionadas, se clasificarán los datos de calidad del agua para los años de 1986 a 2019 entre periodo de estiaje o seco y periodo húmedo o lluvioso.

Cabe resaltar que a partir de las estaciones las 9 estaciones de la red de monitoreo seleccionadas, se tomaron los datos de caudales para cada una de las mediciones reportadas desde el año 1986 al 2019, pero dada la baja representatividad de los datos, no se tomaron para establecer el régimen hidrológico al cual pertenecían cada uno de los meses reportados. En el capítulo de resultados se presentarán los datos disponibles y el análisis de representatividad.

2.3.1.3 Cálculo Índices de calidad del agua.

El indicador de calidad del agua por la metodología del IDEAM, se calcula a partir de los datos de concentración de un conjunto de cinco variables que determinan, en gran parte, la calidad de las aguas corrientes superficiales y para el análisis se clasifica en cinco categorías y un valor numérico de 0 a 1. La fórmula de cálculo del indicador es: (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM, 2013):

$$ICA_{njt} = \sum_i^n W_i I_{kjt}$$

Donde:

ICA: 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.

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

I_{kjt} 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 para el caso de este ICA.

Las variables de calidad y su ponderación (W) para el cálculo del ICA según la metodología del Ideam son:

Tabla 3

Variables y ponderación para el cálculo del ICA Ideam

Variable	Unidad de medida	Ponderación
Oxígeno disuelto, OD.	% Saturación	0,2
Sólidos suspendidos totales SST	mg/l	0,2
Demanda química de oxígeno, DQO.	mg/l	0,2
Conductividad eléctrica, C.E.	μ S/cm	0,2
pH	Unidades de pH	0,2

Nota: Tomada de <http://www.ideam.gov.co/>

Es importante mencionar que se seleccionó la metodología del cálculo con 5 variables fisicoquímicas, ya que esta permitía calcular un mayor número de ICAs durante el periodo de estudio, dado que no se cuenta con medición de todos los parámetros para realizar el cálculo con seis (6) o (7) variables.

Tabla 4

Valoración Calidad del agua- ICA IDEAM

Rango	Valoración	Nivel de alerta
-------	------------	-----------------

0.00-0.25	Muy mala	Roja
0.26-0.50	Mala	Naranja
0.51-0.70	Regular	Amarilla
0.71-0.90	Aceptable	Verde
0.91-1.00	Buena	Azul

Fuente: <http://www.ideam.gov.co/documents>

El índice de Calidad del Agua (desarrollado por la National Sanitation Foundation) se determina a partir de 9 parámetros que son el Oxígeno Disuelto, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Nitrógeno Total, Fósforo Total, Sólidos Totales, Turbiedad, Coliformes Fecales, pH y Temperatura, a los cuales se les asigna un valor que se extrae de la gráfica de calidad respectiva, el cual está en un rango de 0-100 (Corporación Autónoma Regional para la defensa de la Meseta de Bucaramanga-CDMB, 2018). El Índice de Calidad del Agua ICA es calculado como la multiplicación de todos los nueve parámetros multiplicado a un valor atribuido en función de la importancia del parámetro, así:

$$I.C.A = \sum_{i=1}^n C_i W_i$$

Donde:

ICA.: Índice de Calidad del Agua, un número entre 0 y 100, adimensional.

Ci: Calidad del iésimo parámetro, un número entre 0 y 100, obtenido del respectivo gráfico función o de calidad, en función de su concentración o medida.

Wi: Valor ponderado correspondiente al *i*ésimo parámetro, atribuido en función de la importancia de ese parámetro para la conformación global de la calidad, un número entre 0 y 1. La sumatoria de valores *w_i* es igual a 1, siendo *i* el número de parámetros que entran en el cálculo.

Este índice fue calculado directamente del Software de Monitoreo de corrientes de la CDMB, y el valor del factor *W_i* atribuido a cada parámetro es establecido según los Factores de ponderación de la NSF (National Sanitation Foundation Water Quality Index, 2005), como se indica en la Tabla 5:

Tabla 5 Factores de Ponderación NSF

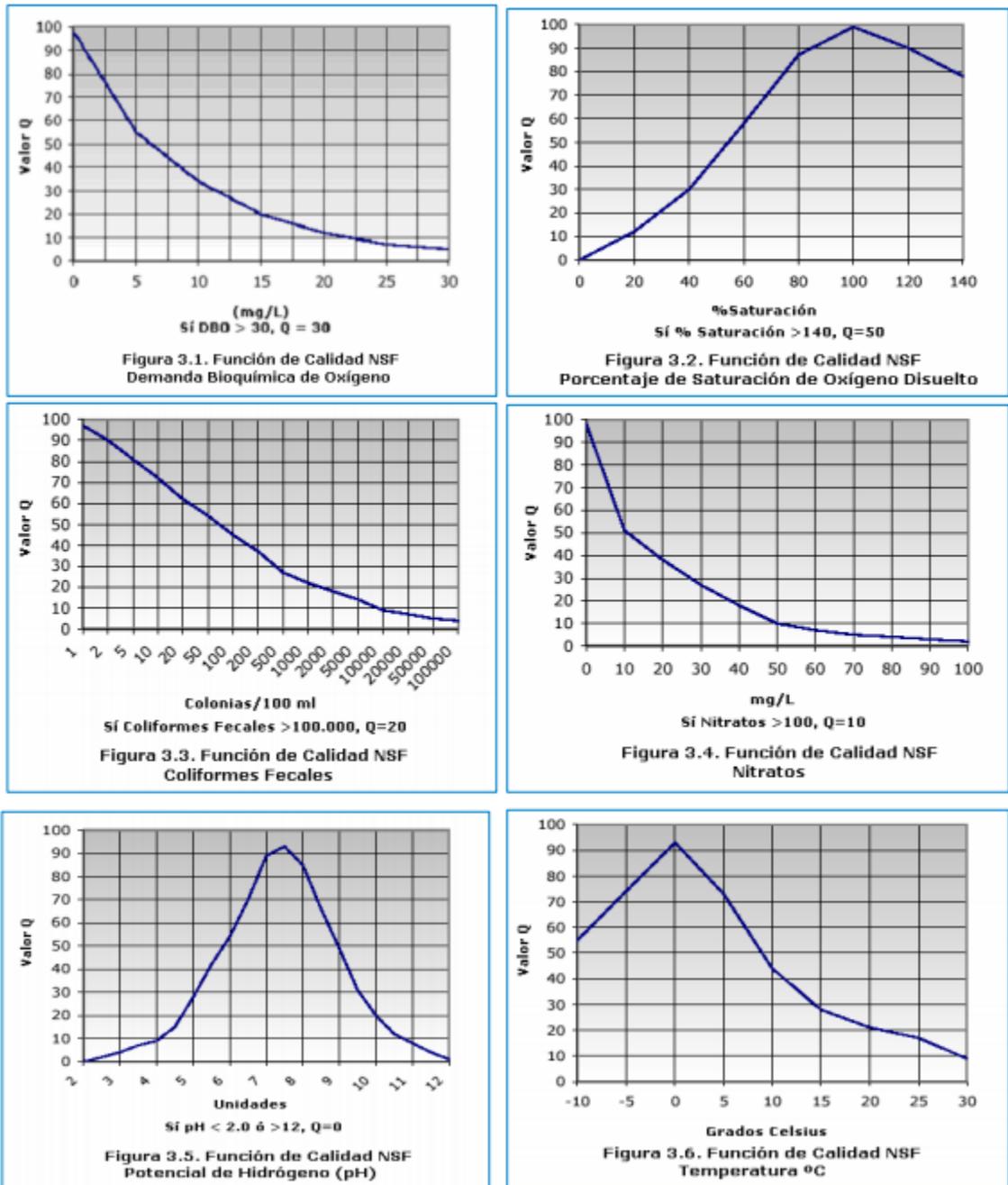
Variable	Unidad de medida	Factores de Ponderación
% Saturación de oxígeno.	% sat	0,17
Coliformes Fecales, CF	#/100ml	0,16
pH	Unidades de pH	0,11
Demanda bioquímica de oxígeno, DBO.	mg/l	0,11
Nitratos	mg/l NO ₃	0,10
Fosfatos	mg/l PO ₄ -P	0,10
Temperatura ΔT	°C	0,10
Turbiedad	NTU	0,08
Solidos Totales	mg/l	0,07

Nota: tomada de http://www.nsf.org/consumer/just_for_kids/wqi.asp

Finalmente, con las gráficas de función para cada parámetro de calidad según el valor medido nos reportan un valor de Calidad, como se muestra en la Figura 1 y Figura 2

Figura 1

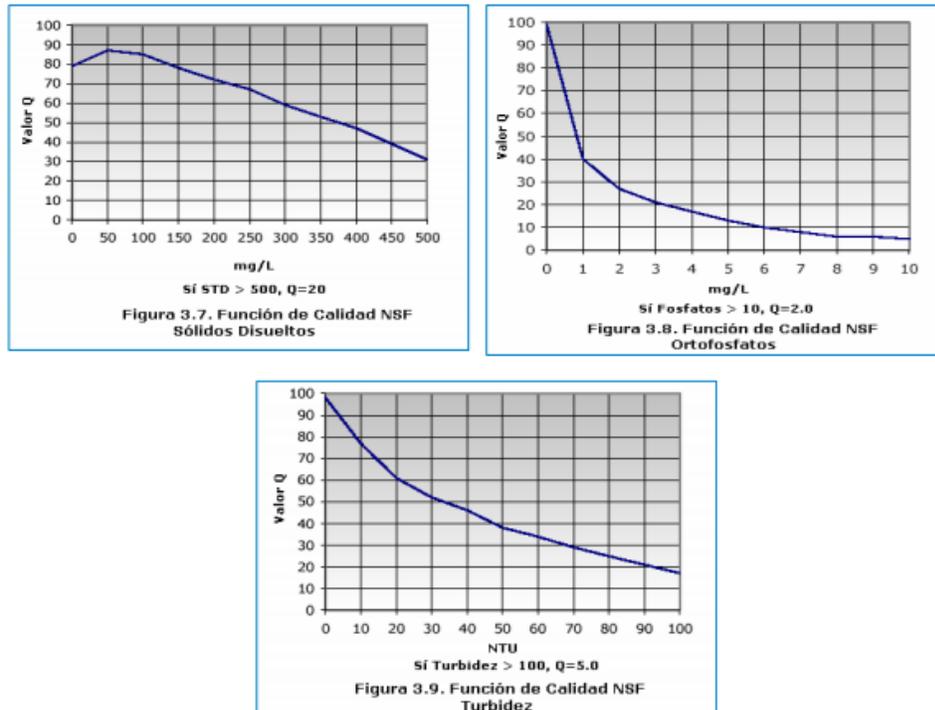
Curvas de Función valor Q (DBO, % Saturación, CF, Nitratos, pH, Temperatura)



Fuente: (Universidad de Pamplona, 2010)

Figura 2

Curvas de Función valor Q (STD, Fosfatos, Turbidez)



Fuente: (Universidad de Pamplona, 2010)

El valor Q es multiplicado por la ponderación de cada una de las variables, y luego la sumatoria de todas las variables de calidad determina el valor del ICA.

Esta metodología, nos permite redistribuir el valor de la ponderación de un dato faltante entre los restantes para que el ICA sea calculado con los parámetros disponibles en caso de que algún parámetro no fue registrado.

La clasificación de la Calidad del agua a partir del ICA-NSF desarrollado por la CDMB, se hace por 5 niveles que dividen la escala de 0 a 100, como se indica en la

Tabla 6.

Tabla 6

Valoración Calidad del agua- ICA NSF

Rango	Valoración	Nivel de alerta
0-19	Pésima	Roja
20-36	Inadecuad	Amarillo
37-51	Dudosa	Verde
52-79	Buena	Azul claro
80-100	Optima	Azul intenso

Fuente: Informe Estado de los recursos naturales CDMB-2017

2.4 Resultados

2.4.1 Localización de las estaciones seleccionadas

Para la subcuenca del Rio Surata, se tomaron las estaciones que se presentan en la Figura 3 y se relaciona en la Tabla 7.

Figura 3

Localización estaciones Rio Surata



Tabla 7*Estaciones seleccionadas Suratá*

Nombre	Tipo	Código CDMB	Municipio	Georreferenciación (coordenadas Planas)		
				X	Y	Elevación (m.s.n.m)
Lago Alto	Hydroclimatológica	C2	Suratá	1122312	1314018	2600
El Roble	Hydroclimatológica	C3	Charta	1123241	1295190	2270
Bavaria	Red de Monitoreo	SA-01	Bucaramanga	1103941	1283904	624
Zaragoza	Red de Monitoreo	SA-03	Bucaramanga	1106774	1283144	706
La Playa	Red de Monitoreo	SA-05	Matanza	1116170	1297202	1368
Panagá	Red de Monitoreo	SA-06	Suratá	1121395	1307446	1757
Uña de	Red de Monitoreo	SA-07	Suratá	1120447	1305018	1654

Gato

Para la microcuenca del Rio Frio, se tomaron las estaciones que se presentan en la Figura 4y se relaciona en la Tabla 8.

Figura 4

Localización estaciones Rio Frio

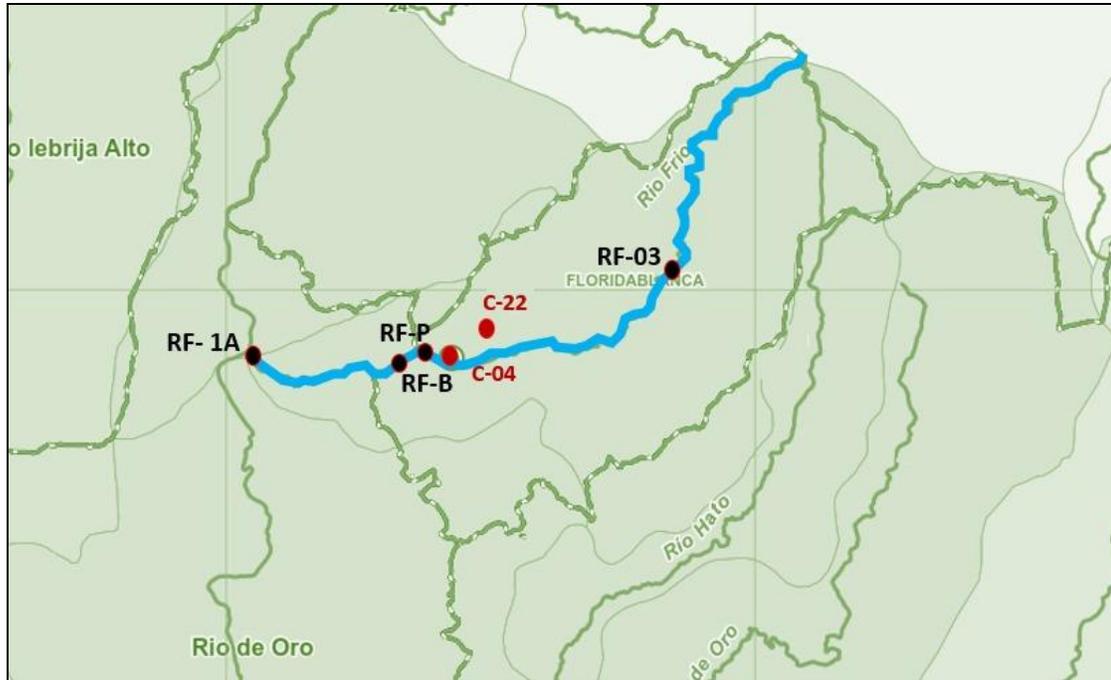


Tabla 8

Estaciones seleccionadas Rio Frio

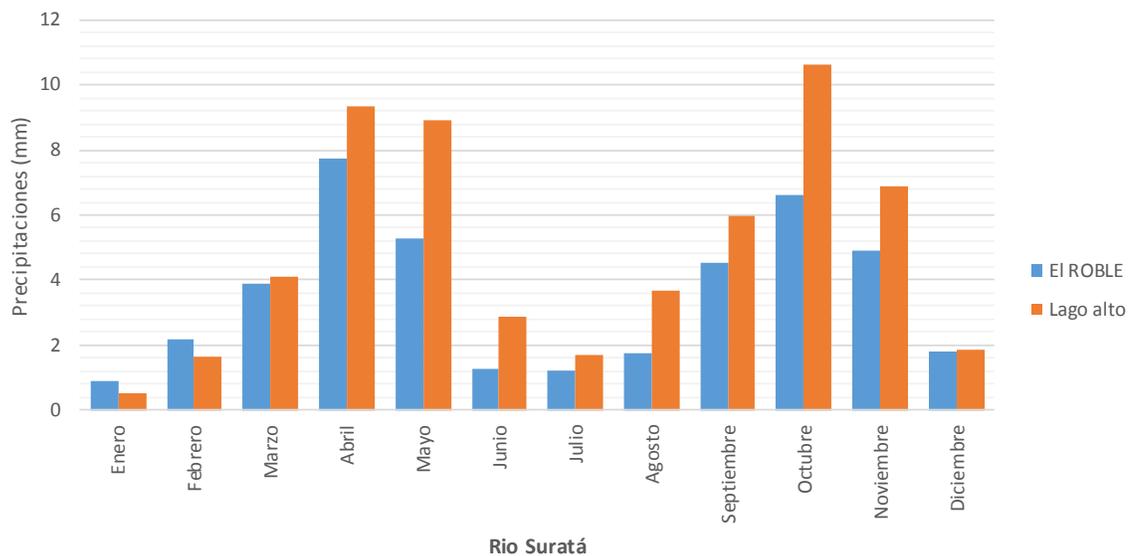
Nombre	Tipo	Código CDMB	Municipio	Georreferenciación (coordenadas Planas)		
				X	Y	Elevación (m.s.n.m)
Club	Hydroclimatológica	C4	Floridablanca	1106399	1273072	940
Campestre						
Florida	Hydroclimatológica	C22	Floridablanca	1107315	1273904	861
Caneyes	Red de Monitoreo	RF-1 A	Girón	1110082	1273099	706
La Esperanza	Red de Monitoreo	RF-3	Floridablanca	1111634	1274248	1001
El Caucho	Red de Monitoreo	RF-B	Floridablanca	1104257	1272587	742
El Pórtico	Red de Monitoreo	RF-P	Floridablanca	1105209	1273129	756

2.4.2 Precipitaciones

Los datos disponibles desde el año 2013, para las estaciones hidroclimatológicas de Lago Alto y El Roble, ubicadas sobre la corriente del Rio Suratá y Club Campestre y Florida en el Rio Frío; fueron graficados en un diagrama de barras indicando los meses del año en el eje X y las precipitaciones totales mensuales promedio durante el periodo de 2013 a 2019 en el eje Y, como se muestra en la Gráfica 1 para el Rio Surata y en la Gráfica 2 para el Rio Frio.

Gráfica 1

Precipitaciones mensuales promedio Rio Suratá (2013-2019)



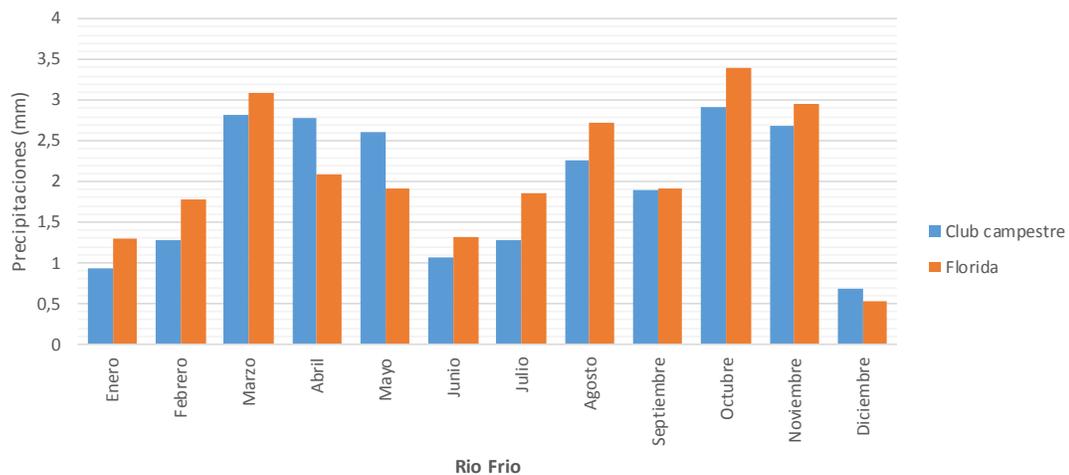
Según lo observado en la gráfica, para las estaciones y las corrientes del Rio Suratá en los meses de abril, mayo, septiembre y noviembre hay un aumento de la precipitación lo cual corresponde al periodo húmedo o de lluvias.

Teniendo en cuenta lo expuesto anteriormente y lo observado en la muestra de los datos de precipitaciones de los años de 2013 a 2019, se estableció que el régimen hidrológico para la corriente del Rio Surata, presenta las siguientes características:

- Régimen bimodal de lluvias
- Periodo estiaje y húmedo alternado
- Periodo de estiaje para los meses de: enero, febrero, marzo, junio, julio, agosto y diciembre.
- Periodo húmedo para los meses de: abril, mayo, septiembre, octubre y noviembre

Gráfica 2

Precipitaciones mensuales promedio Rio Frío (2013-2019)



En relación con lo que se muestra en Gráfica 2, para las estaciones ubicadas en cercanías al Río Frío, se evidencia un aumento en las precipitaciones para los meses de marzo, abril, mayo, agosto, octubre, y noviembre identificándose estos meses con régimen hidrológico húmedo o de lluvias.

Se estableció que el régimen hidrológico para la corriente del Río Frío, presenta las siguientes características:

- Régimen bimodal de lluvias
- Periodo estiaje y húmedo alternado
- Periodo de estiaje par los meses de: enero, febrero, junio, julio, septiembre y diciembre.
- Periodo húmedo para los meses de: marzo, abril, mayo, agosto, octubre y noviembre.

2.4.3 Caudales disponibles (1986 a 2019)

Se recopilaron los datos disponibles de los aforos realizados durante el periodo de estudio, para cada una de las corrientes, posteriormente se clasificaron por estación y por años. Es importante mencionar que los espacios en blanco corresponden a los años para los cuales no se tiene ningún dato para la estación relacionada. Adicionalmente también se presentó que en algunos años se realizaron más de un aforo por mes.

Tabla 9

Datos de Caudal promedio por año para cada estación disponibles (1986 a 2019) corriente Rio Suratá

AÑO	SA-01		SA-03		SA-05		SA-06		SA-07		Representatividad
	Caudal (m ³ /s)	# datos	%								
1986	7,33	12	5,80	12			2,54	13	2,05	12	80%
1987	6,16	12	5,84	12			1,74	12	1,39	12	80%
1988	7,06	11	3,53	3			1,08	3	1,13	3	80%
1989	6,82	12									20%
1990	4,38	24									20%
1991	5,63	23									20%
1992	3,71	24									20%
1993	4,73	24									20%
1994	4,99	24									20%
1995	1,34	23									20%
1996											0%
1997	4,07	24	4,67	12							40%

1998	4,01	11	4,73	9	3,65	8	1,79	8	1,69	8	100%
1999	8,75	12	9,19	11	5,92	3	2,20	99	2,50	3	100%
2000	4,81	12	5,83	12							40%
2001	2,50	9	3,43	9							40%
2002	2,99	10	3,63	10							40%
2003	2,98	9	3,66	9	7,80	3	4,51	3	4,01	3	100%
2004	3,12	10	2,87	10							40%
2005	3,31	9	4,16	9	3,29	4	1,19	4	1,38	4	100%
2006	2,84	6	3,61	6			1,10	6	1,32	6	80%
2007											0%
2008											0%
2009			2,41	4	1,24	2	1,70	2	1,48	2	100%
2010							2,28	4			20%
2011					4,39	3	1,43	3	1,27	4	60%
2012							1,28	5	1,39	5	40%
2013											0%
2014					1,36	5	0,58	4		4	40%
2015	0,56	3	1,50	3	1,05	4	0,42	4	0,38	4	100%
2016	2,73	4	3,87	4	2,58	4	1,67	4	1,58	4	100%
2017	5,70	4	7,55	4	3,96	4	2,35	4	1,76	4	100%
2018	11,51	4	10,56	4	6,34	4	3,91	4	3,77	4	100%
2019	11,99	3	5,02	2	5,02	3	2,78	3	1,89	3	100%
Promedio de representatividad											
54%											

Tabla 10

Datos de Caudal promedio por año para cada estación disponibles (1986 a 2019) corriente Rio Frio

Año	RF-P		RF-03		RF-B		RF-1A		Representatividad %
	Caudal (m ³ /s)	# datos							
1986			1,03	12			1,30	12	50%
1987			0,83	12			0,81	12	50%
1988			1,35	11	1,96	1	2,41	11	75%
1989	1,54	12							25%
1990	0,96	12			1,03	12	1,37	24	75%
1991	0,82	12			0,92	12	1,70	23	75%
1992	0,22	12			0,79	12	0,72	24	75%
1993	0,31	12			1,10	12	1,13	24	75%
1994	0,41	12			1,19	12	1,40	24	75%
1995	0,65	10			1,38	10	1,77	20	75%
1996	1041,00	11							25%
1997	0,41	12			1,15	11	1,61	19	75%
1998	0,60	12	0,86	11	1,48	12	1,76	24	100%

1999	1,00	12	1,11	12	2,14	12	2,30	11	100%
2000	0,63	12	0,94	12	1,62	12	1,82	12	100%
2001	0,27	9	0,72	9	1,21	9	1,32	12	100%
2002	0,28	11	0,72	11	1,10	11	1,33	9	100%
2003	0,64	9	0,98	9	1,49	9	1,80	11	100%
2004	0,55	10	0,90	10	1,32	10	1,57	9	100%
2005	0,73	10	1,05	10	1,67	10	1,71	10	100%
2006	0,42	6	0,25	6			1,89	6	75%
2007		3							0%
2008		3							0%
2009	0,38	2	0,77	2	1,09	3	1,54	2	100%
2010	1,14	5	0,81	5	1,98	5	2,70	5	100%
2011	1,39	5	1,63	5	2,87	5	2,62	5	100%
2012	0,90	6	1,08	5	1,79	6	1,60	6	100%
2013							1,74	3	25%
2014	0,16	5	0,61	6	1,17	5	1,09	5	100%
2015	0,11	3	0,41	3	0,61	3	0,69	3	100%
2016	1,05	4	1,21	4	1,13	4	1,35	4	100%
2017	0,73	4	1,52	4	1,59	4	2,33	4	100%
2018	1,19	4	2,11	4	1,88	4	2,30	4	100%
2019	1,18	3	1,12	3	2,11	3	3,42	3	100%

76%

Tabla 11

Promedios y desviaciones de Caudal mensual por estación (1986 a 2019) Río Suratá

Río Suratá						
Mes (1986-2019)	SA-1	SA-3	SA-5	SA-6	SA-7	Representatividad
Enero	4	4		3	3	8%
Febrero	8	8	3	6	6	18/%
Marzo	7	7	2	5	5	15%
Abril	7	7	3	5	5	16%
Mayo	7	4		2	2	9%
Junio	12	10	5	8	7	25%
Julio	8	7	3	5	5	16%
Agosto	11	12	7	9	9	28%
Septiembre	9	8	6	8	8	23%
Octubre	11	9	8	9	10	28%
Noviembre	11	10	7	10	9	28%
Diciembre	7	6	1	3	3	12%

Promedio de representatividad de la muestra

19%

Tabla 12

Promedios y desviaciones de Caudal mensual por estación (1986 a 2019) Rio Frio

Rio Frio					
Mes (1986-2019)	RF-1A	RF-03	RF-B	RF-P	Representatividad
Enero	18	6	20	21	48%
Febrero	31	15	18	19	61%
Marzo	25	11	15	17	50%
Abril	29	13	17	18	57%
Mayo	29	14	18	19	59%
Junio	35	16	21	22	69%
Julio	32	17	21	22	68%
Agosto	35	18	22	23	72%
Septiembre	36	19	23	24	75%
Octubre	32	17	22	23	69%
Noviembre	32	17	21	22	68%
Diciembre	24	10	14	14	46%
Promedio de representatividad de la muestra					62%

Los datos de caudales medidos fueron obtenidos de las mediciones de las diferentes campañas de monitoreo realizadas entre los años 1986 y 2019 para la corriente del Rio Suratá y Rio Frio.

Según lo presentado en la

Tabla 11 se refleja una baja representatividad (28%) de la muestra de datos para cada uno de los meses. Es decir, asumiendo una sola medición por mes en cada una de las estaciones del Rio Suratá en el periodo de 1986 a 2019, el conjunto total debería contener 170 datos, y el máximo número de datos disponibles fue para el mes de agosto con 48 datos.

Para los años 1996, 2007, 2008 y 2013 no se cuenta con ningún registro de caudales para la corriente del Rio Suratá, y para los años de 1989 a 1995 solo se realizó una medición por estación, según lo evidenciado en la Tabla 9. Cabe resaltar que las mediciones en algunos meses no se realizaron o se cuenta con uno o máximo dos datos registrados.

Para la corriente del Rio Frio, los datos recopilados son expuestos en la Tabla 12, de donde se puede inferir que hay una mayor cantidad de datos con una representatividad del 62% de datos para un año por estación, igualmente se cuenta con ninguna, una o máximo dos mediciones en el mes para cada año por estación. No se cuentan con datos de caudal registrado para ninguna estación de la corriente del Rio Frio en los años 2008 y 2007, en el año 1996 el único dato reportado que corresponde a la estación RF-P El Pórtico presenta un valor atípico en comparación con los otros años para el cual se midió un caudal de 1041 m³/s.

2.4.4 ICA Ideam metodología (5 parámetros) por meses del año 2009 a 2019

A partir de las mediciones de los parámetros el Oxígeno Disuelto, Demanda Química de Oxígeno, Sólidos Suspendidos Totales, pH y Temperatura, se calcularon los ICAs por la metodología propuesta por el Ideam de cinco (5) parámetros en las estaciones de corrientes de la CDMB obtuvo el valor de los ICA para cada uno de los muestreos tomados en las campañas de monitoreo del año 1986 a 2019 para las estaciones de monitoreo de Bavaria SA-01, Zaragoza SA-03, La Playa SA-05, Panagá SA-06 y Uña de Gato SA-07 en la corriente del Rio Suratá, y Caneyes RF-1 A, La Esperanza RF-03, El Caucho RF-B y El Pórtico RF-P para el Rio Frio.

Los datos recopilados fueron procesados distribuyéndose en los meses del año en el cual fue realizado el monitoreo, y posteriormente se calculó promedio aritmético a estos grupos de valores para obtener el promedio por mes, para luego ser diferenciados en cada uno de los regímenes hidrológicos barras amarillas para estiaje y barras azules para húmedo.

Adicionalmente los diagramas muestran los rangos en los cuales se clasifica la calidad del agua según el valor del ICA metodología del Ideam, que va desde 0-0,25 con color rojo que indica calidad del agua como pésima hasta 0,91-1,00 con color azul oscuro que la califica, como buena.

Teniendo en cuenta la disponibilidad de los parámetros requeridos para el cálculo del ICA –IDEAM, no fue posible realizar este cálculo para el Rio Suratá en el mes de enero y para Rio Frío en los meses de diciembre y enero.

La Gráfica 3 muestra los diagramas de barras de los promedios del ICA-Ideam en las 5 estaciones de monitoreo para el Rio Suratá, iniciando con Uña de Gato SA-07 a una mayor altitud (1654 m.s.n.m) la más cercana del nacimiento y finalizando con Bavaria SA-01 (624 m.s.n.m) en la parte baja de la subcuenca donde ya la corriente ha recibido una gran cantidad de aportantes, escorrentías y vertimientos provenientes de actividades antrópicas.

En general la estación SA-07 presenta una mejor calidad del agua, se observa una distribución muy uniforme de los ICAs con una clasificación de calidad del agua en aceptable durante todos los meses del año, el mes de junio que pertenece al régimen de estiaje presenta una mejor calidad del agua y el mes de diciembre que también pertenece al régimen de estiaje tiene una calidad del agua menor.

Para la estación SA-01, se observa en general una menor calidad del agua con ICAs más bajos en comparación con las otras estaciones, con una clasificación de calidad del agua entre criterio de mala para el mes de febrero que pertenece al régimen de estiaje y el mes de junio y noviembre con un valor más alto calificado como de regular.

La Gráfica 4 muestra los diagramas de barras de los promedios del ICA-Ideam en las 4 estaciones de monitoreo para el Rio Frio, iniciando con La Esperanza RF-03 a una mayor altitud (1021 m.s.n.m) y finalizando con Caneyes RF-1 A (706 m.s.n.m) en la parte baja de la microcuenca muy cercana a su desembocadura en el Rio de Oro, y adicionalmente en esta estación la corriente ha recibido una gran cantidad de aportantes, escorrentías y vertimientos provenientes de actividades antrópicas en especial de algunas zonas industriales y asentamientos humanos.

La estación RF-1A presenta una calidad del agua más baja, se observa una distribución muy uniforme de los ICAs con una clasificación de calidad del agua entre muy mala en el mes de febrero, junio, Julio y septiembre, y mala el mes de abril, agosto, octubre y noviembre.

En la Tabla 13 y

Tabla 14, se presentan los promedios de los ICAs calculados por mes para cada una de las estaciones y el número de datos que se usaron para el promedio.

Tabla 13

ICA promedio al mes Rio Surata- IDEAM (1986 a 2019)

Mes	Rio Surata									
	SA-01 Bavaria		SA-03 Zaragoza		SA-05 La Playa		SA-06 Pánaga		SA-07 Uña de Gato	
	prom	# datos	prom	# datos	prom	# datos	prom	# datos	prom	# datos
Feb	0,30	1	0,44	1	0,48	2	0,70	1	0,81	1
Abr	0,34	1	0,64	1	0,47	2	0,71	1	0,85	1
May	0,35	1	0,53	1	0,47	2	0,71	2	0,83	2
Jun	0,56	5	0,63	4	0,55	5	0,37	4	0,80	4
Jul	0,53	4	0,58	4	0,50	4	0,48	3	0,87	3
Ago	0,53	6	0,58	7	0,55	8	0,40	7	0,75	7
Sep	0,46	6	0,56	6	0,58	6	0,48	6	0,82	6
Oct	0,44	7	0,56	7	0,57	8	0,40	7	0,76	8
Nov	0,53	7	0,59	5	0,56	6	0,31	8	0,74	7
Dic	0,46	1	0,66	1	0,57	1	0,71	1	0,72	1

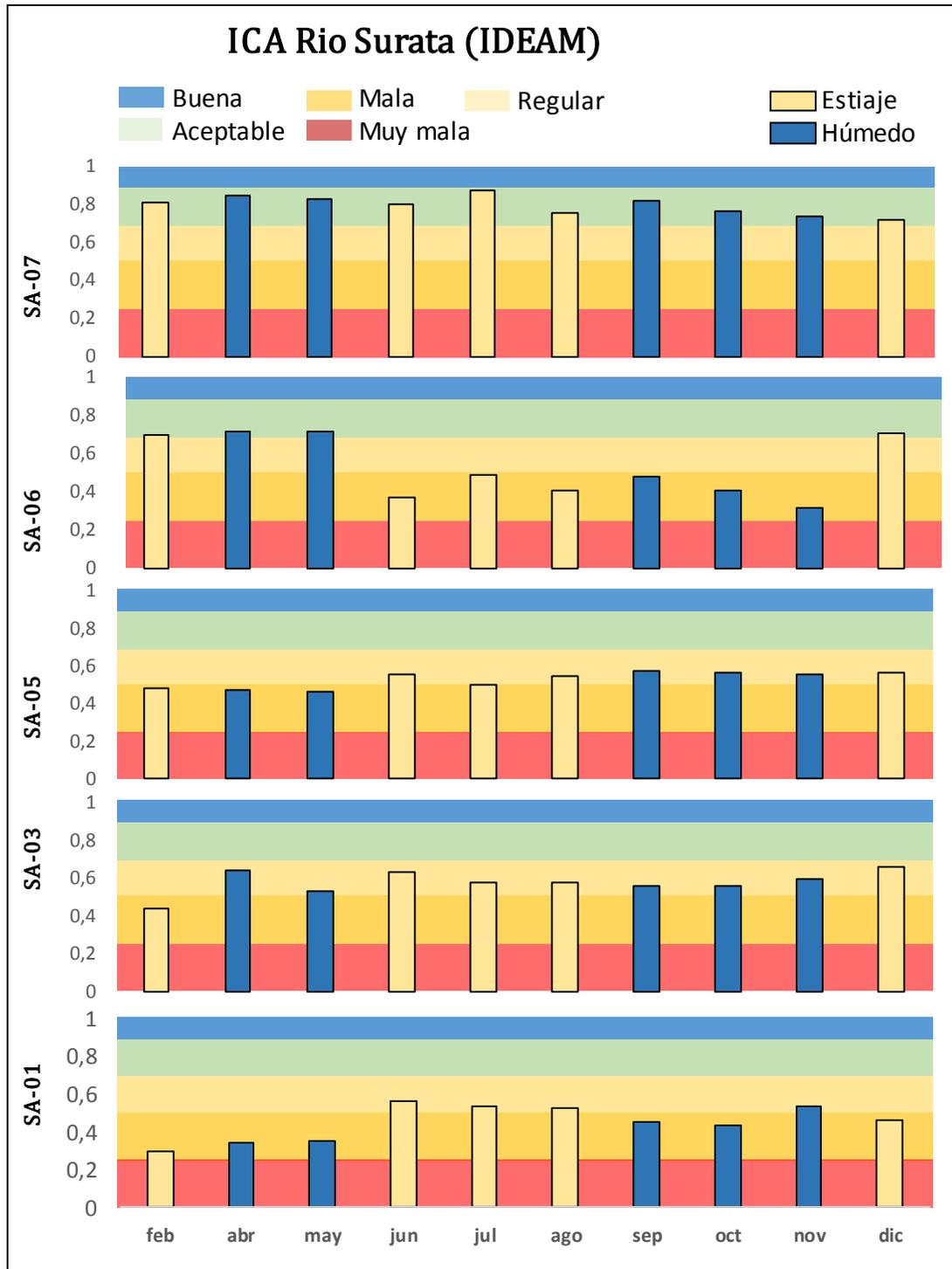
Tabla 14

ICA promedio al mes Rio Frio- IDEAM (1986 a 2019)

Mes	Rio Frio							
	RF-1A Caneyes		RF-03 La Esperanza		RF-B El Caucho		RF-P El Pórtico	
	prom	# datos	prom	# datos	prom	# datos	prom	# datos
Feb	0,20	1	0,55	2	0,21	1	0,42	1
Abr	0,25	2	0,75	2	0,26	2	0,40	2
May	0,24	3	0,75	3	0,24	3	0,55	3
Jun	0,24	4	0,79	3	0,27	4	0,63	4
Jul	0,21	5	0,81	5	0,27	5	0,47	5
Ago	0,30	6	0,74	5	0,29	5	0,62	5
Sep	0,20	9	0,83	9	0,21	9	0,56	9
Oct	0,27	7	0,72	6	0,33	6	0,48	6
Nov	0,26	7	0,76	7	0,27	7	0,56	7

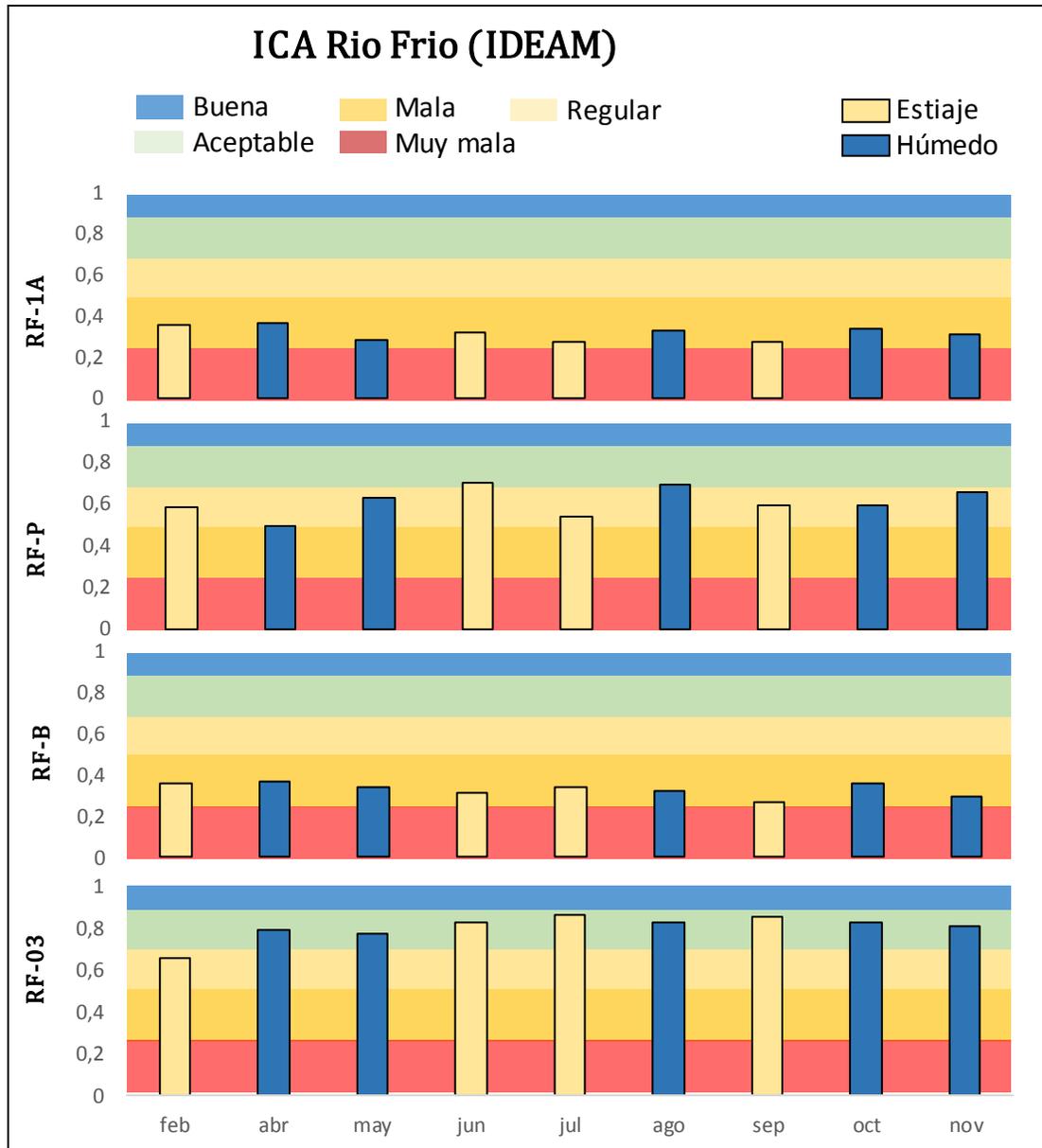
Gráfica 3

Calculo ICA promedio al mes Rio Surata- IDEAM (1986 a 2019)



Gráfica 4

Calculo ICA promedio al mes Rio Frio- IDEAM (1986 a 2019)



2.4.5 ICA NSF metodología CDMB por meses del año 1986 a 2019

A partir de las mediciones de los parámetros el Oxígeno Disuelto, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Nitrógeno Total, Fósforo Total, Sólidos Totales, Turbiedad, Coliformes Fecales, PH y Temperatura, el software de la Red de Monitoreo de corrientes de la CDMB obtuvo el valor de los ICA para cada uno de los muestreos tomados en las campañas de monitoreo del año 1986 a 2019, para las estaciones de monitoreo de Bavaria SA-01, Zaragoza SA-03, La Playa SA-05, Panagá SA-06 y Uña de Gato SA-07 pertenecientes a la corriente del Rio Suratá. Los datos recopilados fueron procesados distribuyéndose en los meses del año en el cual fue realizado el monitoreo, y posteriormente se calculó promedio aritmético a estos grupos de valores para obtener el promedio por mes, para luego ser diferenciados en cada uno de los regímenes hidrológicos barras amarillas para estiaje y barras azules para húmedo.

Adicionalmente los diagramas muestran los rangos en los cuales se clasifica la calidad del agua según el valor del ICA, que va desde 0-20 con color rojo que indica calidad del agua como pésima a 80-100 con color azul oscuro que la califica, como óptima.

La grafica nos muestra, las 5 estaciones de monitoreo tomadas iniciando con Uña de Gato SA-07 a una mayor altitud la más cercana del nacimiento y finalizando con Bavaria SA-01 en la parte baja de la cuenca donde ya la corriente ha recibido una gran cantidad de aportantes y vertimientos.

Tabla 15

ICA promedio al mes Rio Surata- NSF (1986 a 2019)

Mes	Rio Surata									
	SA-07 UÑA DE GATO		SA-06 PÁNAGA		SA-05 LA PLAYA		SA-03 ZARAGOZA		SA-01 BAVARIA	
	PROM	# Datos	PROM	# Datos	PROM	# Datos	PROM	# Datos	PROM	# Datos
ene	74,2	3	68,0	5			57,3	9	33,0	45
feb	74,0	8	65,0	9	53,1	5	61,3	17	34,6	32
mar	66,0	6	68,5	9	50,7	3	59,1	15	33,0	27
abr	69,7	7	61,6	9	57,2	5	57,2	16	34,9	30
may	71,9	5	65,2	7	47,8	3	55,8	14	35,0	30
jun	70,9	9	63,9	11	56,5	7	61,9	23	42,1	37
jul	75,7	7	64,4	9	56,1	6	58,7	18	39,3	32
ago	71,4	11	63,5	14	55,4	10	60,5	23	38,6	35
sep	73,3	12	62,8	15	56,4	10	56,3	21	36,6	35
oct	66,3	13	63,4	15	57,6	11	54,9	20	36,9	35
nov	70,9	12	65,5	16	56,5	10	59,5	21	41,1	34
dic	72,4	3	63,2	6	56,4	1	60,6	14	39,2	27

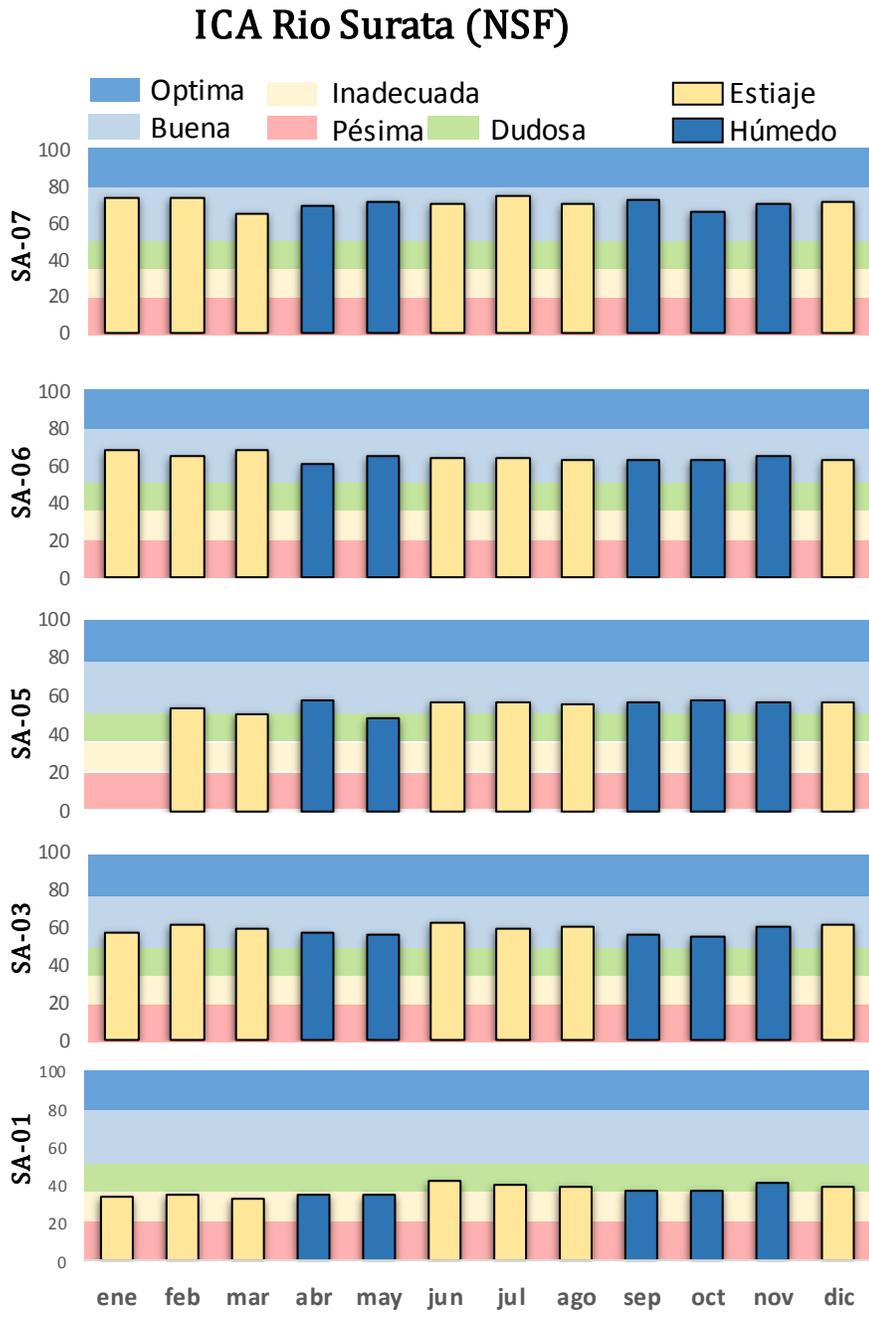
Tabla 16

ICA promedio al mes Rio Frío- NSF (1986 a 2019)

Mes	Rio Frío							
	RF-03 LA ESPERANZA		RF-P EL PÓRTICO		RF-B EL CAUCHO		RF-1A CANEYES	
	PROM	# Datos	PROM	# Datos	PROM	# Datos	PROM	# Datos
Ene	69,2	9	26,2	21	14,9	20	28,0	20
Feb	67,5	17	43,4	19	16,6	18	24,4	34
Mar	67,9	12	43,1	17	15,3	15	23,7	27
Abr	66,7	14	41,7	18	21,4	17	22,6	32
May	68,7	16	44,8	19	16,8	18	24,7	31
Jun	70,6	19	47,2	22	17,8	21	27,4	38
Jul	70,6	19	43,2	22	16,8	21	24,3	34
Ago	70,3	21	47,9	23	17,4	22	23,7	38
Sep	71,1	22	46,7	24	16,1	23	22,9	39
Oct	63,7	19	44,1	23	19,3	22	26,0	35
Nov	67,8	20	46,0	22	18,8	21	24,5	35
Dic	65,5	13	46,5	14	18,0	14	26,5	27

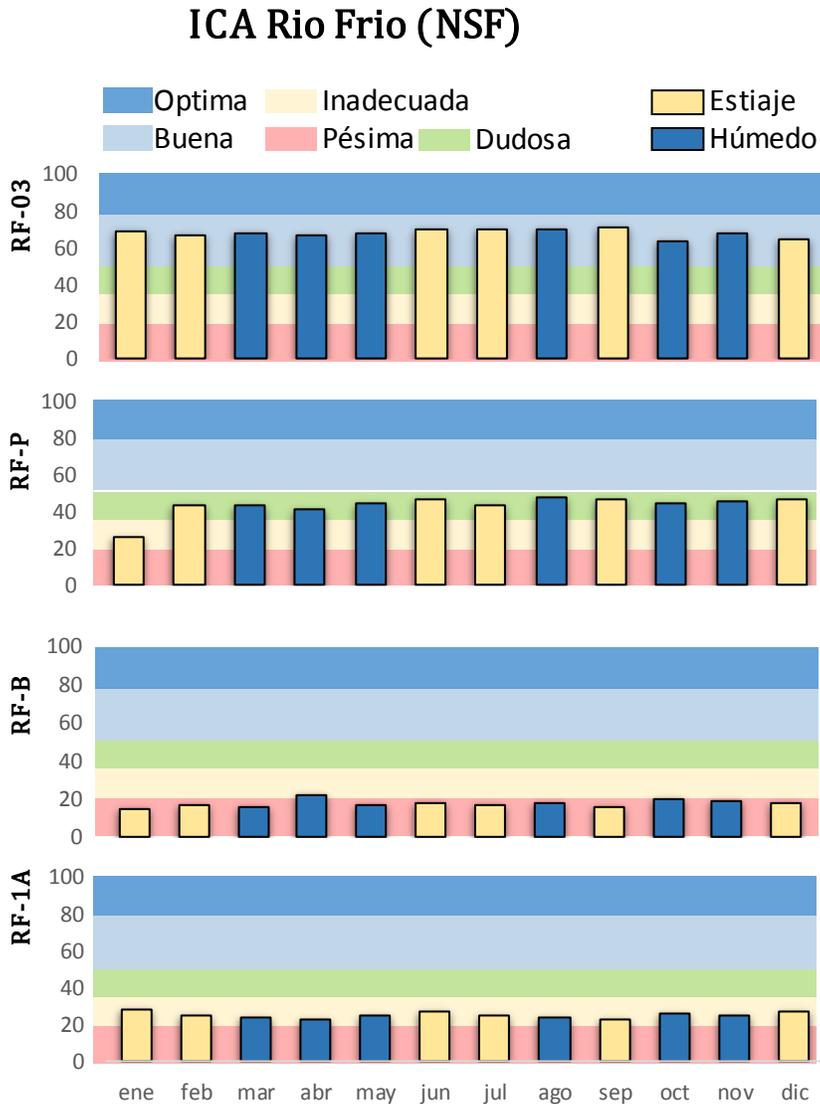
Gráfica 5

Calculo ICA promedio al mes Río Suratá- NSF (1986 a 2019)



Gráfica 6

Calculo ICA promedio al mes Rio Frío- NSF (1986 a 2019)



2.4.6 Calidad del agua por parámetro

Es importante mencionar, que se acoto este análisis a los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos indicadores de la calidad del agua, que contaban con un mayor número de datos históricos.

Para el análisis se graficaron los parámetros de pH, oxígeno disuelto, Coliformes fecales, DBO₅, nitratos, Fósforo, Temperatura, Turbidez y Solidos Totales en función del tiempo, obteniéndose una grafica de maximos y minimos por parámetros.

Tabla 17

Máximos y Mínimos SA-07 (Suratá)

SA-07 UÑA DE GATO																		
AÑO	pH		Turbiedad		Temp.Agua		Sól.Totales		O.D		Nitratos		Fósforo Total		DBO5		Colif.Fecales	
	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min
1984	8	7,9	22	8	13	10	130	82	7,6	7,4	0,12	0,05	0,1	0,1	1,6	0,9	930	43
1985	8,6	6,5	12	2,5	13	8	108	60	8,5	7,1	0,21	0	0,4	0	1,1	0,2	2400	36
1986	8,4	7,1	25	1,7	14	12	118	42	8,3	7,7	0,19	0,04	0,2	0	1,5	0,2	2400	91
1987	7,8	6,5	315	1	15	13	1000	14	8,6	7,5	0,16	0	0,6	0	1,6	0,1	4600	90
1988	7,3	7,1	10	3	14	14	120	70	8	7,8	0,05	0,03	0,1	0	1,5	0,5	2400	430
1998	8,2	7	14	2	16	14	112	55	8	6,9	0,09	0	0,7	0,1	2,1	0,7	4600	150
1999	7,6	7,1	22	7,1	15	13	124	96	8	7,8	0,21	0,11	0,1	0	1	0,6	4600	430
2003	8,5	7,2	17	11	18	5	106	98	8,1	7,8	0,196	0,112	0,1	0,1	2,4	1,3	9200	130
2005	7,9	7,7	69	3	15	15	212	82	8	7,2	0,32	0,069	0,3	0	1,3	1,3	24000	2400
2006	7,8	7,4	22	1,8	20	14	128	80	8	6,5	0,121	0,049	0,2	0	1,3	1,3	3500	490
2007	7,9	7,2	6,7	1,7	16	15	82	76	7,9	7,6	0,1	0,1	0,1	0,1	1,3	1,3	9200	3500
2008	8,1	7,8	41,5	1,6	15	15	278	88	8,4	7,8	0,635	0,1	1,3	0,1	1,3	1,3	2400000	2,2
2009	8,1	8	28	3,05	16	16	108	84	7,8	7,78	0,11	0,11	0,1	0,1	1,3	1,3	1700	330
2010	8	7,3	65,1	5,82	16	14	160	68	8,05	7,5	0,11	0,11	0,2	0,1	1,3	1,3	700	230
2011	8	7,8	31,5	3,6	17	14	108	80	7,68	7,64	0,11	0,11	0,1	0,1	3	1,3	490	170
2012	8,2	7,6	21,7	4,14	16	16	102	80	8,2	7,77	0,11	0,06	0,1	0,1	1,3	1,3	1700	490
2014	7,8	7,5	47	1,82	19	15	146	90	8,11	7,52	0,24	0,11	0,1	0,1	1,3	1,3	790	230
2015	8,2	7	29	1	19	16	144	48	8,13	7,36	0,08	0,05	0,2	0,1	2	2	18	6,8
2016	8,5	6,5	34	2	18	16	84	56	8,12	7,77	0,07	0,05	0,6	0,1	2	2	410	100
2017	8,1	7,8	60,5	3,55	19	18	173	71	8,29	6,89	0,14	0,1	0,2	0,1	2	2	3500	110
2018	8	7,6	60	2,32	20	17	147	65	7,8	7,18	0,1	0,1	0,1	0,1	4,3	2	5400	170
2019	7,9	7,1	9,7	2	27	17	88	69	8,07	7,24	0,1	0,1	0,1	0,1	2,1	2	15000	1300

Tabla 18

Máximos y Mínimos SA-06 (Suratá)

SA-06 PÁNAGA																		
AÑO	pH		Turbiedad		Temp.Agua		Sól.Totales		O.D		Nitratos		Fósforo Total		DBO5		Colif.Fecales	
	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min
1983	8	7,4	25	2,8	15	12	132	66	7,8	6,8	0,18	0,03	0,2	0,1	1,7	0,1	24000	200
1984	8,1	7,5	30	2	14	10	122	80	8,1	6,6	0,12	0,007	0,2	0,1	1,7	0,8	240000	210
1985	8,4	6,5	67	3,8	14	9	138	64	8,3	7	0,17	0,03	3,6	0	1,8	0,4	24000	200
1986	8,4	7,1	28	3,2	16	9,5	132	54	8,3	7	0,14	0,04	0,7	0	3,4	0,2	24000	110
Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
1987	7,8	6,7	305	1	16	14	766	44	8,2	7,5	0,19	0	1	0	1,8	0,3	24000	200
1988	7,7	7,3	25	5	15	15	146	83	8	7,3	0,04	0,03	0,1	0	1,9	1	11000	2100
1998	8,1	7	18	5	20	15	120	63	8	7,1	0,11	0,003	1	0,1	1,9	0,5	46000	4600
1999	7,7	7,2	18	7	19	14	154	82	8	7,9	0,14	0,11	0,1	0,1	1,2	0,1	11000	7500
2003	8,4	7,3	18	12	20	10	116	106	8,1	7,4	0,204	0,106	0,1	0,1	1,3	1,3	17000	4900
2005	7,9	7,7	76	3	26	16	232	94	7,9	7,3	0,274	0,083	0,3	0	1,3	1,3	54000	13000
2006	7,9	7,3	38	1,9	18	16	164	82	7,9	7,2	0,151	0,06	0,2	0,1	1,3	1,3	24000	9200
2007	7,8	7,4	9	1,3	17	16	92	86	7,8	7,7	0,1	0,1	0,1	0,1	1,3	1,3	24000	16000
2008	8,1	7,8	51,1	2	16	16	150	104	8	7,7	0,12	0,1	0,1	0,1	1,3	1,3	160000	4900
2009	8,1	8	33	3,12	18	18	116	94	7,7	7,5	0,13	0,12	0,1	0,1	1,3	1,3	92000	54000
2010	8	7,3	75,9	6,68	17	16	186	76	7,95	7,41	0,11	0,11	0,1	0,1	1,3	1,3	35000	7900
2011	8,1	7,9	44,5	4,5	18	16	132	86	7,67	7,54	0,11	0,11	0,1	0,1	3,4	1,3	1600000	3300
2012	8,4	8	23,6	3,96	18	17	100	88	8,14	7,68	0,11	0,04	0,1	0,1	1,3	1,3	28000	13000
2014	8,6	7,8	63,4	1,89	19	16	170	96	8,1	7,68	0,31	0,11	0,1	0,1	1,5	1,3	24000	11000
2015	8,3	7,7	25	1	22	17	152	88	8,11	7,26	0,18	0,05	0,2	0,1	3	2	33	7,8
2016	8,5	7,2	32	2	20	17	140	74	8,05	7,64	0,06	0,05	0,6	0,1	2	2	98000	8330
2017	8,2	7,9	70,6	2,54	22	17	232	76	8,01	7,04	0,45	0,1	0,3	0,1	2	2	24000	940
2018	8,1	7,7	55	3,97	22	18	168	73	7,63	7,45	0,23	0,1	0,1	0,1	5,1	2	24000	5400
2019	8,2	7,5	81	2,4	19	17	96	81	8,39	7,35	0,1	0,1	0,1	0,1	2,6	2	240000	17000

Tabla 19

Máximos y Mínimos SA-05 (Suratá)

SA-05 LA PLAYA																		
AÑO	pH		Turbiedad		Temp.Agua		Sól.Totales		O.D		Nitratos		Fósforo Total		DBO5		Colif.Fecales	
	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min
1998	7,9	6,5	118	27	23	17	382	176	8	6,9	0,26	0,06	0,9	0,1	4,7	0,7	46000	2400
1999	7,7	7,3	48	13	17	17	298	144	8	7,9	0,12	0,11	0,2	0,1	1,2	0,7	46000	11000
2003	8,8	7,4	40	18	20	12	260	156	7,7	6,9	0,24	0,18	0,1	0	2	1,3	35000	4900
2005	7,9	7,8	82	25	19	17	282	174	7,6	7,2	0,348	0,191	0,3	0	1,3	1,3	92000	24000
2006	8	7,4	78	20	20	16	328	132	7,8	6,9	0,696	0,121	2,8	0,1	3,1	1,3	92000	7900

SA-05 LA PLAYA

AÑO	pH		Turbiedad		Temp.Agua		Sól.Totales		O.D		Nitratos		Fósforo Total		DBO5		Colif.Fecales	
2007	7,8	7,5	50	21	20	17	226	144	7,9	7	0,159	0,107	0,2	0,1	1,4	1,3	160000	54000
2008	8	8	97,1	48	18	18	250	224	7,8	7,7	0,157	0,109	0,2	0,1	1,3	1,3	160000	17000
2009	8,3	7,9	75	51,7	21	20	202	198	7,6	7,58	0,25	0,13	0,1	0,1	1,3	1,3	54000	24000
2010	8	7,6	140	26,4	18	17	344	130	7,98	6,96	0,16	0,11	0,2	0,1	2,2	1,3	35000	11000
2011	8,1	7,9	69,2	34	19	18	200	172	7,64	7,17	0,2	0,15	0,2	0,1	3,1	1,3	35000	17000
2012	8,3	7,9	90,1	26,5	20	17	293	172	8,1	7,94	0,22	0,13	0,2	0,1	2,2	1,3	54000	7000
2013	8,1	8,1	32,9	32,9	18	18	212	212	7,82	7,82	0,14	0,14	0,1	0,1	1,7	1,7	35000	35000
2014	8,5	7,8	155	25,6	21	17	310	207	8,15	7,6	0,37	0,12	0,1	0,1	1,7	1,3	54000	24000
2015	8,2	8	33	18	23	19	328	176	7,87	7,32	0,19	0,06	0,2	0,1	3	2	23	1,8
2016	8,4	7,8	66	32	22	20	224	140	7,89	7,58	0,16	0,08	0,6	0,1	2	2	22300	9700
2017	8	7,6	97,2	27,7	19	17	248	156	9,51	7,92	0,2	0,17	0,2	0,1	2,2	2	4900	1300
2018	8,1	7	55	13,2	24	16	196	126	8,6	6,48	0,56	0,1	0,2	0,1	4,9	2	13000	1700
2019	7,9	7,6	70	45	22	20	242	164	8,22	7,73	1,19	0,12	0,2	0,1	2,6	2,2	22000	540

Tabla 20

Máximos y Mínimos SA-03 (Suratá)

SA-03 ZARAGOZA

AÑO	pH		Turbiedad		Temp.Agua		Sól.Totales		O.D		Nitratos		Fósforo Total		DBO5		Colif.Fecales	
	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min
1983	8,5	7,9	120	20	20	12	460	130	7,7	6,8	0,2	0,07	0,9	0,2	2,4	0,7	24000	150
1984	8,4	7,8	265	15	25	18	480	146	8,2	6,4	0,12	0,01	0,8	0,1	3	0,5	4600	210
1985	8,4	7,5	190	20	26	17	514	116	8,1	6,8	0,242	0,03	0,3	0	2	0,2	11000	210
1986	8,4	7,7	550	15	24	20	1076	122	8,1	7	0,13	0,04	0,6	0,1	1,9	0,5	11000	210
1987	7,9	6,8	350	15	26	20	1236	140	8,2	7,2	0,14	0,03	1,2	0,1	2,6	0,4	4600	930
1988	7,8	7,6	102	14	25	22	348	194	7,9	7,4	0,08	0,03	0,6	0,1	1,7	0,6	930	280
1996	8,3	7	160	14	23	19	968	178	8,4	7,6	0,12	0	0,4	0	3,5	0,4	24000	930
1997	8	7,1	700	22	24	21	3224	174	8,2	7	0,27	0	1,7	0	3,7	0,5	93000	150
1998	8,5	7,5	165	28	27	21	916	188	8,3	6,8	0,41	0,06	0,4	0,1	1,5	0,4	21000	430
1999	8,2	7	120	17	24	19	832	158	8	6,7	0,4	0,08	0,4	0,1	2,4	0,2	46000	2400
2000	8,2	7,4	200	22	23	19	686	150	8,66	7	0,42	0,106	0,8	0,1	2,6	0,4	46000	2300
2001	8,3	7,8	300	16	21	16	1746	208	8,9	6,2	0,78	0,064	0,2	0	5	0,9	100000	1500
2002	8,2	7	200	12	20	17	576	160	7,7	6,6	0,26	0	0,2	0	3,5	0,5	45000	4300
2003	8,3	7,8	45	15	24	17	262	140	7,7	6,4	0,26	0,084	0,2	0	1,4	1,3	24000	2300
2004	8,2	7,7	880	18	26	18	2408	156	8,3	6	0,246	0,066	1,5	0,1	3,4	1,3	54000	200
2005	8,2	7,9	300	16	23	19	1092	168	7,6	5,8	0,35	0,143	0,7	0,1	2	1,3	240000	2300
2006	8,2	7,7	120	22	23	20	466	166	7,4	6,2	0,189	0,096	0,4	0,1	1,4	1,3	54000	3300
2007	8,7	8	63	22	24	20	291	176	7,9	6,8	0,11	0,1	0,4	0,1	1,3	1,3	54000	3300
2008	8,2	7,9	251	23	22	20	540	180	7,7	7,2	0,229	0,1	0,4	0,1	1,3	1,3	54000	13000
2009	8,4	7,6	64	9,01	24	21	266	192	8	5,4	0,27	0,12	0,6	0	18	1,3	350000	11000

SA-03 ZARAGOZA

AÑO	pH		Turbiedad		Temp.Agua		Sól.Totales		O.D		Nitratos		Fósforo Total		DBO5		Colif.Fecales	
2010	8,2	8	350	23,5	22	19	600	144	8,47	7,34	0,22	0,11	0,6	0,1	2	1,3	13000	2300
2011	8,1	7,8	95,6	41,5	21	20	308	184	7,84	7,64	0,21	0,17	0,2	0,1	3,2	1,3	16000	1700
2012	8,4	7,9	139	30,4	24	19	420	186	8,56	7,67	0,19	0,13	0,4	0,1	1,8	1,3	24000	1100
2013	8,4	8,4	111	111	23	23	294	294	7,66	7,66	0,12	0,12	0,7	0,7	2,1	2,1	13000	13000
2014	8,2	7,7	319	56,1	24	22	506	242	8,01	7,54	0,29	0,13	0,3	0,1	2,2	1,3	5400	1400
2015	8,2	6,6	41	18	25	21	268	180	8,17	7,7	0,21	0,13	2,2	0,1	14	2	33	6,8
2016	8,5	6,5	147	37	25	22	340	180	8,12	7,96	0,15	0,05	0,6	0,1	3	2	4100	2000
2017	8,1	7,6	69,3	11,3	31	19	195	127	8,46	7,49	0,18	0,11	0,2	0,1	2,1	2	7800	490
2018	8,4	7,4	90	10,5	23	20	210	127	7,87	7,67	0,21	0,1	0,2	0,1	4,8	2	4000	1700
2019	8,1	7,9	170	36	24	21	318	169	8,23	8,08	1,36	0,1	0,2	0,1	3,5	2,2	33000	130

Tabla 21

Máximos y Mínimos SA-01 (Suratá)

SA-01 BAVARIA

	pH		Turbiedad		Temp.Agua		Sól.Totales		O.D		Nitratos		Fósforo Total		DBO5		Colif.Fecales	
	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min
1983	8,2	7,5	180,0	21,0	23,0	18,0	1386,0	174,0	7,1	4,0	0,3	0,0	0,8	0,2	68,0	6,0	2400000	21000
1984	8,2	7,4	650,0	12,0	24,0	17,5	950,0	128,0	7,1	5,9	0,2	0,0	1,1	0,2	41,0	7,5	1100000	93000
1985	8,8	7,6	235,0	25,0	26,0	13,0	558,0	108,0	7,4	5,9	0,3	0,0	0,5	0,0	72,0	0,8	1100000	930
1986	8,2	7,1	700,0	22,0	25,0	21,0	1342,0	144,0	7,6	5,6	0,1	0,0	2,6	0,1	71,0	1,4	460000	2300
1987	8,0	7,0	380,0	11,0	26,0	20,0	1132,0	128,0	7,5	5,1	0,1	0,0	1,0	0,1	55,0	10,0	2400000	93000
1988	8,4	7,2	2500,0	17,0	25,0	20,0	4692,0	250,0	7,8	4,4	0,2	0,0	1,1	0,0	77,0	9,0	460000	24000
1989	8,2	7,2	550,0	10,0	24,0	21,0	3858,0	206,0	7,4	5,0	0,4	0,0	1,1	0,1	51,0	14,0	1100000	75000
1990	8,0	6,8	1740,0	60,0	25,0	20,0	4256,0	244,0	8,5	5,3	0,3	0,0	2,6	0,1	113,0	9,0	2400000	43000
1991	8,2	6,0	780,0	18,0	24,0	20,0	3888,0	216,0	7,9	5,3	0,2	0,0	1,5	0,2	76,0	15,0	2400000	43000
1992	7,8	6,7	660,0	18,0	26,0	21,0	1412,0	230,0	7,3	2,8	0,2	0,0	2,2	0,4	216,0	7,7	2400000	1100000
1993	8,0	7,3	400,0	22,0	24,0	20,0	1480,0	202,0	8,1	3,7	0,4	0,0	0,8	0,1	43,0	5,0	2400000	93000
1994	8,3	7,0	340,0	20,0	25,0	17,0	1600,0	200,0	8,3	5,3	0,1	0,0	1,1	0,1	26,0	5,0	2400000	1100000
1995	8,6	0,0	425,0	0,0	24,0	0,0	1640,0	0,0	8,6	0,0	0,3	0,0	1,0	0,0	47,3	0,0	24000000	0
1996	8,8	6,7	500,0	27,0	24,0	20,0	1978,0	144,0	8,3	7,0	0,4	0,0	1,2	0,2	34,0	9,0	2400000	75000
1997	9,1	6,2	1152,0	37,0	26,0	20,0	4960,0	0,8	7,4	4,6	2,8	0,0	3,7	0,1	84,0	17,0	24000000	174
1998	7,7	7,0	250,0	28,0	28,0	23,0	824,0	174,0	7,6	4,5	0,4	0,0	2,8	0,4	79,0	13,0	2400000	93000
1999	8,7	6,9	280,0	24,0	24,0	20,0	860,0	230,0	8,7	6,4	0,6	0,0	1,1	0,0	80,0	14,0	2400000	23000
2000	9,7	7,1	800,0	22,0	24,0	20,0	2496,0	216,0	7,4	5,8	0,4	0,0	0,8	0,4	88,0	20,0	2400000	93000
2001	7,9	7,2	580,0	28,0	22,0	17,0	2578,0	284,0	7,2	3,2	1,0	0,0	2,9	0,5	105,0	24,0	2400000	460000
2002	9,0	7,0	307,0	18,0	21,0	17,0	1386,0	200,0	7,1	4,3	0,3	0,0	1,0	0,2	77,0	7,8	2400000	93000
2003	7,8	7,6	250,0	18,0	25,1	18,0	1558,0	176,0	7,2	4,5	0,3	0,1	0,9	0,2	29,0	5,0	2400000	93000
2004	8,1	7,5	1100,0	24,0	26,3	19,4	3084,0	191,0	7,3	5,0	0,3	0,1	1,9	0,3	19,0	7,9	2400000	130000
2005	7,9	7,7	550,0	22,0	24,3	19,5	1472,0	167,0	7,4	4,9	0,7	0,1	0,8	0,3	22,0	4,3	2400000	920000

SA-01 BAVARIA

	pH		Turbiedad		Temp.Agua		Sól.Totales		O.D		Nitratos		Fósforo Total		DBO5		Colif.Fecales	
	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min
2006	8,2	7,7	125,0	20,0	24,4	21,4	518,0	200,0	7,0	5,4	0,3	0,1	1,0	0,3	19,0	4,6	2400000	110000
2007	7,8	0,0	64,0	23,0	24,5	20,3	300,0	202,0	7,5	5,6	0,2	0,1	0,4	0,2	16,0	8,0	2400000	240000
2008	8,0	7,8	237,0	22,0	22,2	20,0	772,0	220,0	7,6	6,8	0,2	0,1	0,5	0,2	18,0	5,0	2400000	240000
2009	7,9	7,9	68,0	68,0	22,0	22,0	253,0	253,0	7,4	7,4	0,2	0,2	0,3	0,3	6,9	6,9	2400000	2400000
2010	8,0	7,8	404,0	32,2	24,0	18,5	836,0	174,0	8,3	7,0	0,2	0,1	1,0	0,1	13,0	3,1	1600000	240000
2011	8,1	7,9	107,0	41,3	22,2	20,6	288,0	205,0	8,0	7,5	0,2	0,1	0,3	0,3	6,2	1,3	540000	110000
2012	8,8	8,0	108,0	38,5	24,2	20,1	376,0	222,0	8,3	7,2	0,2	0,1	0,5	0,3	11,0	4,9	540000	170000
2013	8,1	8,1	61,4	61,4	24,5	24,5	305,0	305,0	6,9	6,9	0,1	0,1	0,7	0,7	14,0	14,0	540000	540000
2014	8,0	7,5	320,0	24,3	25,2	23,7	516,0	226,0	7,7	6,5	0,3	0,2	0,8	0,4	18,0	1,6	2400000	540000
2015	7,9	7,3	64,0	18,0	26,3	21,3	360,0	284,0	8,1	4,1	1,3	0,1	0,5	0,1	26,0	2,0	92000	130
2016	8,2	7,3	145,0	25,0	23,7	22,5	452,0	184,0	7,9	6,4	0,2	0,1	0,6	0,1	44,0	2,0	1350000	231000
2017	8,1	7,7	64,6	16,0	32,1	23,2	291,0	164,0	8,0	7,1	0,2	0,2	0,3	0,2	6,3	3,0	49000	7800
2018	8,4	7,4	110,0	12,0	24,5	21,0	260,0	141,0	8,2	7,2	0,3	0,1	0,3	0,2	7,1	2,9	350000	13000
2019	8,1	7,9	290,0	21,0	23,5	22,1	608,0	184,0	8,0	7,6	0,3	0,1	0,4	0,1	10,3	3,3	1300000	24000

Tabla 22

Máximos y Mínimos RF- P (Rio Frio)

RF-P EL PÓRTICO

	pH		Turbiedad		Temp.Agua		Sól.Totales		O.D		Nitratos		Fósforo Total		DBO5		Colif.Fecales	
	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min
1989	7,5	7,0	1120,0	106,0	25,0	21,0	1680	396	6,7	1,0	0,2	0,0	3,7	1,3	125,0	45,0	2400000	210000
1990	7,4	6,9	318,0	65,0	25,0	22,0	804	360	6,7	0,2	0,2	0,0	7,4	0,3	190,0	8,0	2400000	150000
1991	7,7	6,8	400,0	12,0	25,0	22,0	1818	170	7,7	5,0	0,9	0,1	6,6	0,2	19,0	2,0	2400000	43000
1992	7,8	7,2	850,0	10,0	27,0	20,0	1432	198	7,1	3,1	0,4	0,0	2,2	0,3	28,0	1,6	2400000	43000
1993	8,1	7,1	700,0	12,0	25,0	22,0	1316	216	8,1	5,6	0,5	0,0	1,2	0,1	21,0	1,3	2400000	43000
1994	8,0	6,6	300,0	7,0	24,0	22,0	678	154	7,8	6,4	0,3	0,0	0,5	0,1	7,3	1,0	2400000	43000
1995	7,8	6,1	700,0	9,0	25,0	20,0	1300	128	8,3	4,9	0,3	0,0	1,5	0,1	22,0	1,4	4600000	210000
1996	8,0	7,0	750,0	23,0	25,0	20,0	2240	132	8,4	6,0	0,7	0,3	1,1	0,1	21,0	1,1	2400000	23000
1997	7,8	6,5	1600,0	12,0	25,0	20,0	522	136	8,2	5,0	0,9	0,1	0,5	0,1	20,1	1,3	240000	3600
1998	8,0	7,4	650,0	8,0	27,0	23,0	1124	154	7,9	5,1	1,0	0,5	0,4	0,0	17,0	1,2	1100000	23000
1999	8,1	6,9	820,0	14,0	25,0	20,0	3558	156	7,7	6,2	0,9	0,1	2,6	0,2	14,0	1,9	460000	23000
2000	7,9	7,5	112,0	8,0	26,0	20,0	238	142	7,8	5,8	2,1	0,4	1,0	0,2	43,0	1,7	2400000	43000
2001	8,6	7,8	45,0	4,0	23,0	20,0	308	140	9,3	1,1	1,0	0,4	0,6	0,1	6,5	2,1	240000	9100
2002	8,7	7,4	16,0	5,0	24,0	20,0	246	126	9,0	6,2	1,6	0,3	0,5	0,1	8,6	0,9	240000	3600
2003	8,3	7,7	73,0	6,0	24,0	20,0	260	128	7,3	5,7	0,9	0,5	0,6	0,1	8,0	1,7	2400000	11000
2004	8,2	7,5	140,0	5,0	27,1	22,5	276	116	7,2	5,1	1,0	0,2	0,8	0,1	7,8	1,3	1600000	7000

RF-P EL PÓRTICO

	pH		Turbiedad		Temp.Agua		Sól.Totales		O.D		Nitratos		Fósforo Total		DBO5		Colif.Fecales	
2005	8,0	7,6	140,0	6,0	25,9	21,6	570	102	7,7	5,3	1,0	0,2	1,1	0,2	23,0	2,2	2400000	540000
2006	8,1	7,1	24,0	14,0	23,8	21,7	166	128	7,4	5,8	0,8	0,1	0,3	0,2	7,6	1,3	920000	17000
2007	7,9	7,6	83,0	8,5	21,9	20,1	316	143	7,7	7,4	1,0	0,7	0,3	0,1	4,9	1,8	240000	49000
2008	7,9	7,8	85,0	13,0	22,8	21,8	284	146	7,4	7,2	0,8	0,4	0,3	0,3	6,0	2,0	350000	13000
2009	7,9	7,7	84,1	10,2	28,0	27,5	318	180	5,8	5,2	1,0	0,9	0,9	0,7	28,0	12,0	1600000	1600000
2010	8,0	7,2	307,0	14,1	25,0	20,5	444	166	7,3	4,6	0,9	0,6	1,5	0,4	36,0	5,4	2400000	540000
2011	7,8	6,9	371,0	34,6	23,4	21,4	787	168	7,8	7,0	0,9	0,7	0,8	0,2	5,2	2,7	920000	350000
2012	8,1	7,9	362,0	23,1	24,6	22,8	522	172	7,7	7,3	0,8	0,7	1,1	0,3	19,0	6,1	2400000	350000
2013	7,8	7,8	48,8	48,8	25,4	25,4	272	272	6,2	6,2	0,6	0,6	0,6	0,6	27,0	27,0	540000	540000
2014	7,9	7,4	548,0	7,7	26,1	20,9	874	172	8,2	3,9	1,0	0,3	1,2	0,2	49,0	6,2	2400000	240000
2015	8,3	8,0	207,0	14,0	28,3	26,1	420	164	7,9	6,7	4,6	1,6	0,5	0,1	5,0	3,0	2000	17
2016	8,0	7,8	153,0	35,0	24,9	22,2	318	200	8,3	7,5	2,9	0,7	0,5	0,2	8,0	2,0	16600000	235000
2017	8,1	7,5	65,9	7,6	25,9	22,0	188	140	8,9	7,3	1,8	0,8	0,6	0,2	9,9	3,9	24000	1100
2018	8,4	6,9	200,0	4,3	25,7	21,8	465	130	8,3	6,6	1,0	0,8	0,3	0,2	6,7	3,4	220000	17000
2019	7,9	7,5	270,0	4,5	25,3	21,1	374	118	7,5	6,7	1,2	0,9	0,4	0,3	10,4	6,0	240000	33000

Tabla 23

Tabla 15 Máximos y Mínimos RF- B (Rio Frio)

RF-B EL CAUCHO

	pH		Turbiedad		Temp.Agua		Sól.Totales		O.D		Nitratos		Fósforo Total		DBO5		Colif.Fecales	
	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min
1988	7,2	7,2	74,0	74,0	24,0	24,0	148	148	2,8	2,8	0,3	0,3	1,3	1,3	68,0	68,0	460000	460000
1990	7,6	6,8	280,0	56,0	27,0	23,0	792	428	3,7	0,3	0,2	0,0	8,3	2,0	160,0	64,0	4600000	2400000
1991	7,3	6,8	325,0	22,0	27,0	24,0	1152	208	6,4	0,6	1,1	0,0	5,7	1,3	159,0	4,2	2400000	1100000
1992	7,5	7,1	250,0	30,0	27,0	24,0	942	338	2,0	0,2	0,4	0,0	7,1	0,3	180,0	38,0	2400000	1100000
1993	7,5	7,2	480,0	50,0	27,0	23,0	1208	380	3,6	0,2	0,1	0,0	6,3	2,2	165,0	37,0	2400000	2400000
1994	7,4	6,5	245,0	50,0	26,0	25,0	620	424	2,9	0,7	0,1	0,0	5,9	2,5	188,0	87,0	2400000	1100000
1995	7,5	7,0	300,0	35,0	26,0	22,0	926	350	6,7	0,5	0,2	0,0	4,0	1,2	152,0	20,0	24000000	110000
1996	7,5	6,8	435,0	49,0	27,0	23,0	1208	344	5,2	2,6	0,5	0,1	16,1	1,3	136,0	59,0	46000000	240000
1997	7,3	6,6	1560,0	46,0	29,0	22,0	7124	378	4,6	0,5	0,2	0,0	4,8	2,6	164,0	78,0	24000000	4600000
1998	7,4	7,0	275,0	54,0	30,0	23,0	848	34	3,6	1,3	0,9	0,0	10,3	2,1	171,0	9,2	11000000	4600000
1999	7,5	6,7	580,0	48,0	28,0	23,0	3716	398	5,4	1,1	0,7	0,0	6,6	1,2	177,0	32,0	24000000	930000
2000	7,7	7,1	57,0	32,0	28,0	22,0	480	360	2,5	0,4	0,3	0,0	5,8	3,2	152,0	61,0	24000000	430000
2001	7,7	7,0	90,0	5,8	26,0	23,0	566	132			0,4	0,0	5,9	3,1	128,0	80,0	11000000	930000
2002	8,4	6,9	130,0	44,0	28,0	24,0	652	404			0,2	0,0	6,1	3,8	239,0	92,0	24000000	2400000
2003	7,5	7,4	72,0	28,0	27,4	23,0	446	260	2,7	0,9	0,4	0,0	6,1	2,9	117,0	64,0	2400000	460000
2004	7,6	7,2	130,0	54,0	28,4	25,2	779	370	2,6	0,3	0,3	0,0	8,0	2,9	193,0	112,0	2400000	2400000
2005	7,8	7,3	130,0	43,0	29,6	23,4	554	354	3,8	0,5	0,4	0,1	6,1	1,8	130,0	56,0	2400000	2400000
2006	7,4	7,0	113,0	28,0	27,6	24,5	514	304	1,7	0,3	0,4	0,1	5,6	2,4	134,0	42,0	2400000	1600000

RF-B EL CAUCHO

	pH		Turbiedad		Temp.Agua		Sól.Totales		O.D		Nitratos		Fósforo Total		DBOS		Colif.Fecales	
	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min
2007	7,5	7,2	60,0	44,0	25,2	20,4	487	402	2,8	0,7	0,3	0,2	5,6	4,7	92,0	50,0	2400000	2400000
2008	7,3	7,2	38,0	33,0	26,3	25,8	1100	352	2,6	1,8	0,7	0,1	5,7	4,7	64,0	43,0	24000000	2400000
2009	7,4	7,3	132,0	105,0	26,0	24,0	554	528			0,1	0,1	8,1	5,6	169,0	159,0	2400000	2400000
2010	7,5	7,4	577,0	90,2	25,0	21,4	962	354	5,5	1,2	0,7	0,1	9,4	2,6	179,0	30,0	2400000	2400000
2011	7,5	6,9	172,0	62,7	24,7	23,0	660	354	4,9	2,5	0,5	0,1	5,4	3,5	65,0	46,0	2400000	2400000
2012	7,5	7,3	158,0	83,3	28,1	23,5	528	436	5,7	2,8	0,3	0,1	8,0	4,9	124,0	77,0	2400000	2400000
2013	7,4	7,4	86,5	86,5	26,3	26,3	518	518	2,0	2,0	0,2	0,2	4,0	4,0	104,0	104,0	2400000	2400000
2014	7,6	7,1	715,0	72,4	26,6	25,1	1030	52	5,3	0,6	0,4	0,1	8,7	3,3	158,0	60,0	2400000	2400000
2015	7,4	7,3	106,0	49,0	29,9	28,5	544	476	0,5	0,2	0,4	0,1	7,3	1,8	64,0	46,0	540000	2600
2016	7,5	7,1	106,0	28,0	28,4	20,5	464	292	5,3	2,0	0,1	0,1	12,4	0,7	64,0	30,0	6870000	1590000
2017	7,6	7,3	76,3	66,2	30,4	25,3	462	406	7,0	2,5	0,3	0,1	6,7	5,7	99,1	84,9	2000000	790000
2018	7,4	7,3	100,0	45,0	27,3	24,1	514	354	6,2	0,4	0,4	0,1	6,2	3,1	90,9	38,1	35000000	1,3E+07
2019	7,8	7,4	110,0	13,0	31,5	25,5	488	348	6,7	3,7	0,5	0,1	4,6	4,0	56,5	31,4	54000000	3500000

Tabla 24

Máximos y Mínimos RF- 1A (Rio Frio)

RF-1A CANEYES

	pH		Turbiedad		Temp.Agua		Sól.Totales		O.D		Nitratos		Fósforo Total		DBOS		Colif.Fecales	
	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min
1984	7,9	7,2	296,0	20,0	27,0	21,5	600	212	6,9	0,2	1,5	0,1	3,1	0,4	77,0	6,0	1100000	43000
1985	7,7	7,1	245,0	45,0	28,0	23,0	596	242	4,7	1,5	0,8	0,0	12,7	0,4	126,0	18,0	2400000	460000
1986	7,8	6,7	2240,0	33,0	27,0	20,0	2204	260	6,7	1,3	0,3	0,0	8,0	0,3	132,0	16,0	2400000	43000
1987	8,1	6,8	610,0	19,0	27,0	20,0	1192	196	7,0	0,5	0,3	0,0	2,0	0,5	73,0	18,0	1100000	23000
1988	7,6	6,6	98,0	12,0	31,0	23,0	436	198	5,7	0,6	0,3	0,0	3,7	0,4	81,0	9,0	2400000	93000
1990	7,8	7,0	710,0	45,0	28,0	22,0	1406	50	7,8	3,6	0,3	0,1	2,1	0,6	67,0	8,0	2400000	93000
1991	7,7	6,2	1860,0	25,0	28,0	22,0	2668	4	5,8	0,4	0,6	0,0	3,3	0,1	90,0	6,8	2400000	544
1992	7,7	6,4	380,0	1,7	30,0	22,0	1500	146	6,7	3,0	0,6	0,1	5,6	1,1	163,0	6,0	24000000	43000
1993	8,0	7,0	275,0	16,0	29,0	23,0	974	270	7,0	2,5	0,5	0,1	3,5	1,3	49,0	7,1	2400000	210000
1994	8,2	7,4	1400,0	30,0	30,0	22,0	1884	354	5,8	2,1	0,6	0,0	3,6	0,3	64,0	2,1	2400000	240000
1995	8,0	7,0	700,0	7,0	27,0	24,0	1170	296	6,3	1,2	0,4	0,0	5,2	1,5	120,0	12,0	2400000	24000
1996	7,7	6,7	650,0	42,0	28,0	18,0	3478	234	7,4	0,9	0,2	0,0	3,4	0,3	414,0	6,6	24000000	230000
1997	7,7	7,0	1400,0	35,0	27,0	22,0	4154	306	7,1	4,2	0,4	0,0	13,2	0,7	65,0	8,0	46000000	43000
1998	7,6	6,7	1880,0	25,0	30,0	24,0	7472	340	6,3	1,5	0,6	0,0	4,6	1,7	113,0	2,6	46000000	93000
1999	7,7	7,1	475,0	20,0	30,0	24,0	1708	184	5,3	0,5	0,7	0,1	4,8	1,1	82,0	33,0	24000000	2400000
2000	7,7	7,0	800,0	24,0	30,0	22,0	3862	394	5,6	0,8	0,9	0,0	5,5	1,2	100,0	33,0	4600000	430000
2001	8,5	7,5	120,0	32,0	30,0	23,0	994	364	3,3	1,3	0,8	0,1	5,1	2,6	83,0	36,0	11000000	230000
2002	7,8	7,2	60,0	27,0	28,0	24,0	566	368	2,5	0,5	0,7	0,1	5,4	2,8	73,0	3,6	24000000	930000
2003	7,9	7,1	170,0	32,0	30,0	26,0	738	348	2,5	0,9	0,3	0,0	6,0	3,1	181,0	3,5	24000000	2400000

RF-1A CANEYES

	pH		Turbiedad		Temp.Agua		Sól.Totales		O.D		Nitratos		Fósforo Total		DBO5		Colif.Fecales	
2004	7,8	7,6	150,0	25,0	28,4	25,0	484	324	4,3	1,3	0,5	0,1	5,8	1,6	72,0	40,0	2400000	920000
2005	7,8	7,4	85,0	38,0	31,0	25,5	546	340	3,0	0,5	0,2	0,0	6,7	2,5	94,0	62,0	2400000	240000
2006	7,7	7,4	210,0	36,0	30,8	24,1	800	317	4,9	1,4	0,4	0,1	4,7	1,6	87,0	24,0	2400000	2400000
2007	7,7	7,5	110,0	28,0	29,0	24,8	520	300	3,5	1,4	0,4	0,1	5,6	2,0	78,0	30,0	2400000	2400000
2008	7,8	7,4	120,0	18,0	28,5	24,5	526	323	4,3	2,7	0,4	0,1	3,9	2,6	42,0	28,0	2400000	2400000
2009	7,7	4,9	58,0	25,0	27,5	26,6	380	290	4,3	2,4	0,2	0,2	5,4	0,0	40,0	31,0	24000000	2400000
2010	7,5	7,4	105,0	49,1	27,5	25,0	509	380	0,2	0,2	0,1	0,1	6,5	4,7	113,0	62,0	2400000	1600000
2011	7,7	7,5	375,0	69,7	28,0	21,7	746	310	5,9	1,4	0,7	0,1	6,3	1,7	102,0	23,0	2400000	2400000
2012	7,6	7,3	244,0	55,2	27,4	25,2	712	320	4,6	2,9	0,5	0,1	4,2	2,2	42,0	30,0	2400000	2400000
2013	7,8	7,6	259,0	72,7	29,6	25,3	764	409	5,1	1,1	0,4	0,1	5,5	1,1	80,0	48,0	2400000	2400000
2014	7,9	7,7	245,0	24,7	27,4	25,8	551	366	5,0	0,7	0,3	0,1	5,3	3,4	91,0	41,0	2420000	2400000
2015	7,7	7,6	892,0	54,0	29,8	25,9	1226	326	5,2	0,6	1,7	0,1	4,2	0,5	55,0	12,0	2400000	33000
2016	7,7	7,2	253,0	45,0	30,1	28,5	924	416	1,3	0,2	0,1	0,1	3,2	1,7	34,0	18,0	2700	1700
2017	7,9	7,0	81,0	58,0	26,9	20,1	504	352	5,7	1,5	0,1	0,1	5,9	0,5	43,0	27,0	9800000	22800
2018	7,7	7,2	73,3	28,0	31,4	26,6	500	351	7,5	2,5	0,5	0,1	5,7	4,3	68,5	34,6	3500000	130000
2019	7,6	7,3	82,1	11,0	28,5	23,0	448	256	5,6	2,8	0,6	0,1	5,0	1,9	68,6	15,9	17000000	400000

Tabla 25

Máximos y Mínimos RF- 03 (Rio Frio)

RF-03 LA ESPERANZA

	pH		Turbiedad		Temp.Agua		Sól.Totales		O.D		Nitratos		Fósforo Total		DBO5		Colif.Fecales	
	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min
1983	8,0	7,3	13,0	2,5	20,0	14,0	318	62	8,1	6,8	0,3	0,0	0,6	0,1	1,7	0,1	1500	73
1984	8,0	7,2	150,0	2,5	18,0	15,0	254	70	8,0	7,0	0,2	0,0	0,4	0,1	2,0	0,3	11000	150
1985	8,6	7,0	150,0	4,2	18,0	12,0	342	58	8,1	7,1	0,3	0,1	0,3	0,0	1,8	0,4	2400	91
1986	8,2	7,1	220,0	3,5	19,0	13,0	410	44	8,3	7,7	0,3	0,0	0,2	0,0	2,0	0,3	4600	73
1987	7,6	6,0	9,0	3,5	20,0	14,0	126	38	8,2	7,7	0,2	0,1	0,2	0,0	1,2	0,3	2400	91
1988	8,0	7,1	160,0	6,0	20,0	15,0	330	44	8,3	7,6	0,4	0,1	0,3	0,0	1,4	0,1	4600	230
1998	7,7	6,3	48,0	7,0	19,0	12,0	288	80	8,3	7,5	0,9	0,3	0,6	0,1	2,3	0,2	110000	210
1999	8,2	6,9	1375,0	7,0	19,0	16,0	5100	98	8,6	6,0	0,8	0,3	0,7	0,1	6,7	0,2	46000	360
2000	7,9	7,2	12,0	4,0	18,0	17,0	132	88	8,6	7,4	0,7	0,1	0,3	0,0	1,9	0,2	9300	230
2001	7,9	7,4	18,0	4,0	18,0	14,0	160	80	8,3	7,0	0,5	0,4	0,2	0,0	1,7	0,6	2400	150
2002	7,8	6,6	15,0	4,0	17,0	14,0	120	74	8,0	7,4	1,1	0,4	0,1	0,0	1,3	0,2	9300	230
2003	7,9	7,2	34,0	3,0	18,0	15,0	214	60	8,4	6,6	0,7	0,4	0,7	0,0	1,3	1,3	2400	230
2004	7,8	6,8	38,0	5,0	19,4	17,3	192	62	8,2	6,9	1,0	0,3	0,2	0,0	1,4	1,3	24000	230
2005	7,9	7,3	142,0	4,0	19,2	17,6	542	72	8,0	5,2	1,0	0,2	0,6	0,0	5,0	1,3	24000	9200
2006	7,6	6,5	12,0	3,8	19,4	17,9	100	78	8,0	6,5	0,7	0,5	0,2	0,0	1,6	1,3	240000	330
2007	7,6	7,0	40,0	3,0	18,8	17,0	214	82	8,1	7,9	0,7	0,5	0,1	0,1	1,9	1,3	16000	3200
2008	7,8	7,7	6,5	3,8	18,4	17,6	330	88	8,0	7,8	0,6	0,2	0,1	0,1	1,3	1,3	2400	330

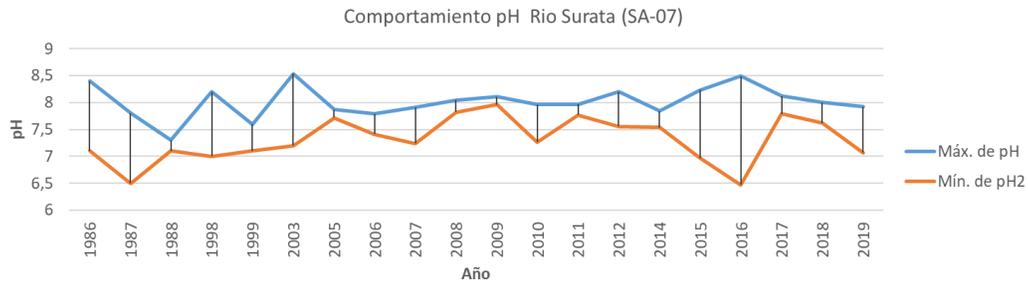
RF-03 LA ESPERANZA

	pH		Turbiedad		Temp.Agua		Sól.Totales		O.D		Nitratos		Fósforo Total		DBO5		Colif.Fecales	
2009	7,9	7,7	5,0	4,3	21,0	20,0	80	78	7,8	7,6	0,5	0,5	0,1	0,1	1,3	1,3	790	230
2010	8,0	7,7	132,0	10,0	20,0	17,5	270	88	8,3	7,3	0,8	0,6	0,2	0,1	1,3	1,3	24000	330
2011	8,0	7,0	162,0	20,9	18,9	17,7	316	112	8,1	7,7	0,8	0,7	0,2	0,1	1,3	1,3	24000	1100
2012	7,9	7,6	61,0	9,8	18,8	17,7	186	92	8,4	8,0	0,7	0,6	0,2	0,1	1,3	1,3	2400	700
2013	7,9	7,9	8,3	8,3	18,5	18,5	108	108	8,3	8,3	0,8	0,8	0,1	0,1	1,3	1,3	790	790
2014	7,6	6,9	655,0	3,7	20,1	18,6	1042	76	8,5	8,0	0,9	0,5	0,9	0,1	3,0	1,3	11000	210
2015	7,7	7,4	19,0	4,0	20,2	19,4	88	60	8,2	8,1	0,6	0,5	0,9	0,1	2,0	2,0	20	5
2016	7,9	6,8	43,0	21,0	19,9	18,5	216	120	8,5	8,1	0,7	0,5	0,2	0,1	2,0	2,0	2990	106
2017	7,7	6,9	16,2	6,0	19,9	17,1	87	78	9,4	8,0	0,8	0,6	0,1	0,1	2,0	2,0	4900	1700
2018	7,7	7,1	92,7	5,2	19,2	17,7	298	66	8,5	6,6	0,7	0,7	0,2	0,1	3,6	2,0	21000	700
2019	7,7	7,2	33,0	2,0	18,8	18,5	129	76	8,5	8,0	0,9	0,6	0,1	0,1	3,4	2,4	14000	5400

2.4.6.1 Potencial de Hidrógeno pH

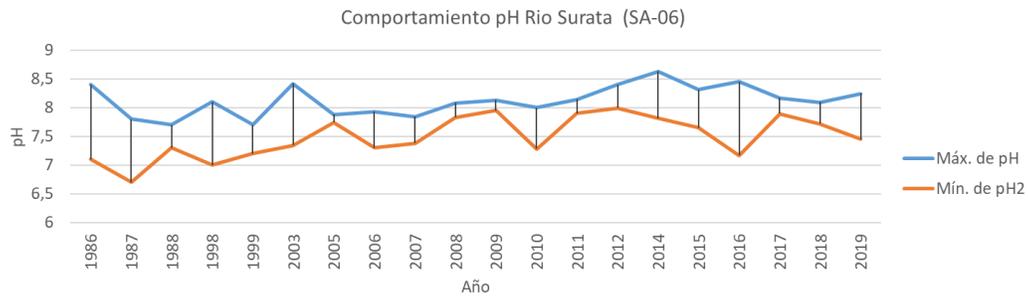
Gráfica 7

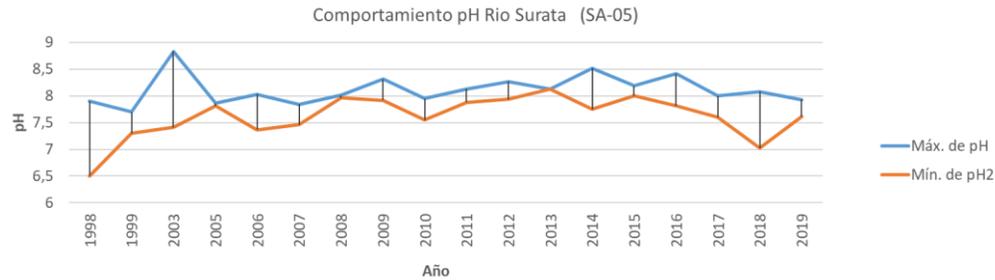
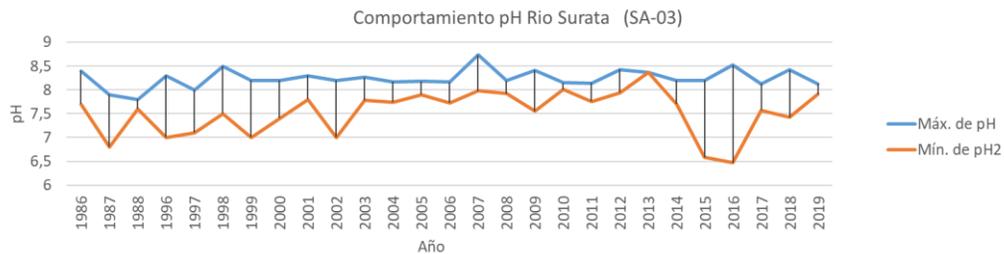
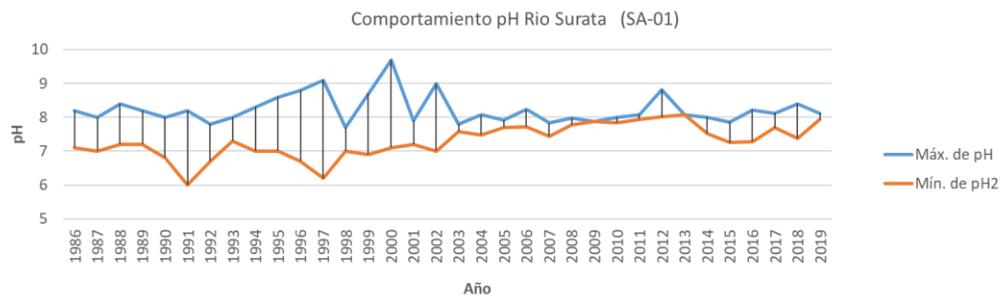
Comportamiento pH SA-07 (Rio Suratá)



Gráfica 8

Comportamiento pH SA-06 (Rio Suratá)



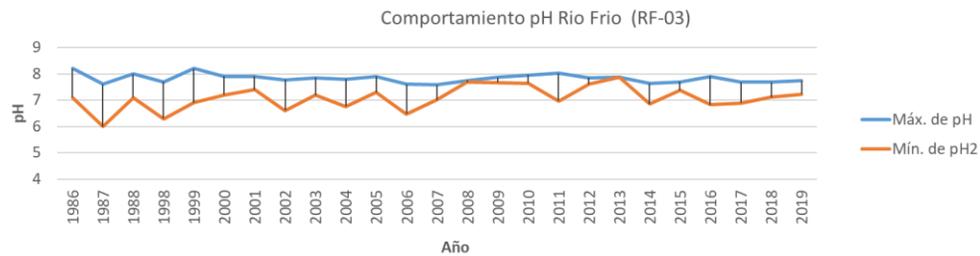
Gráfica 9**Comportamiento pH SA-05 (Río Surata)****Gráfica 10****Comportamiento pH SA-03 (Río Surata)****Gráfica 11****Comportamiento pH SA-01 (Río Surata)**

Para la corriente del Río Surata, se observa que los valores de potencial de hidrógeno, oscilan entre 6 y 9,5 unidades. se observa de picos de p H congruentes para el mismo año en diferentes estaciones, por ejemplo el mínimo presentado en el 2016 para las estaciones SA-03

Zaragoza, SA-06 Panagá y SA-07 Uña de gato. El máximo presentado en el año 2003 para las estaciones SA-03 Zaragoza, SA-05 La Playa, SA-06 Panagá y SA-07.

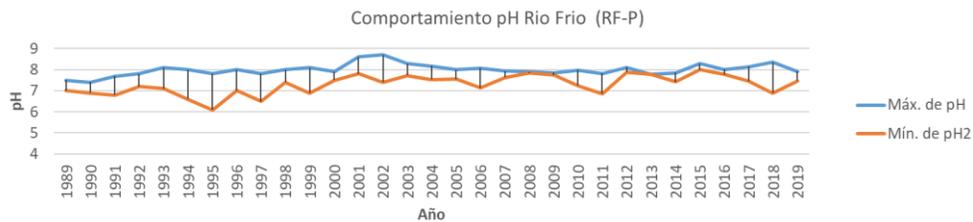
Gráfica 12

Comportamiento pH RF-03 (Rio Frio)



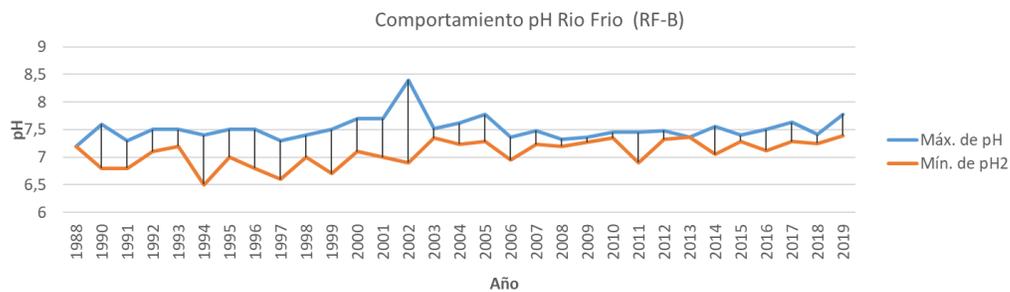
Gráfica 13

Comportamiento pH RF-P (Rio Frio)



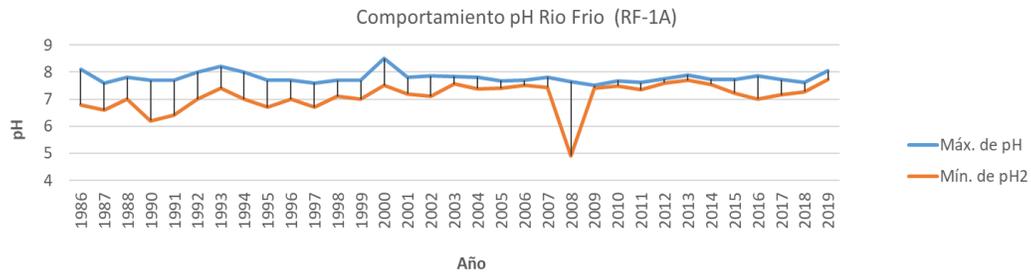
Gráfica 14

Comportamiento pH RF-B (Rio Frio)



Gráfica 15

Comportamiento pH RF- 1 A (Rio Frio)

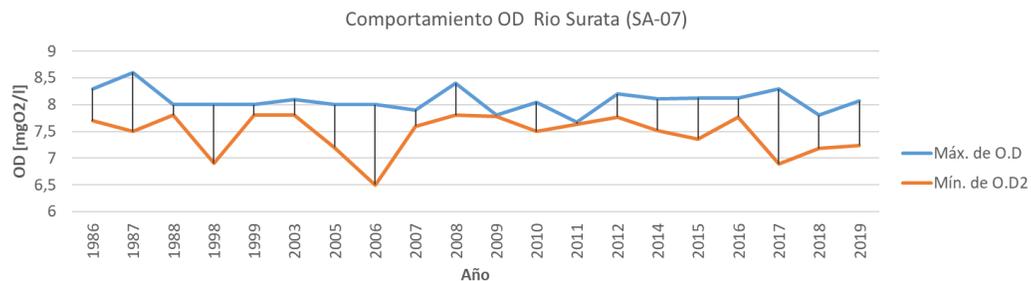


Para la corriente del Rio Frio se observan resultados muy similares de pH a lo largo de la microcuenca. En el 2008 se presento un pico de pH acido muy cercano a las 5 unidades.

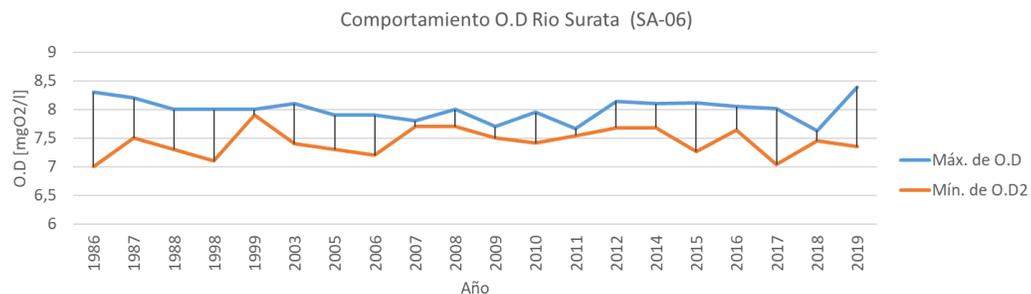
2.4.6.2 Oxígeno Disuelto- OD

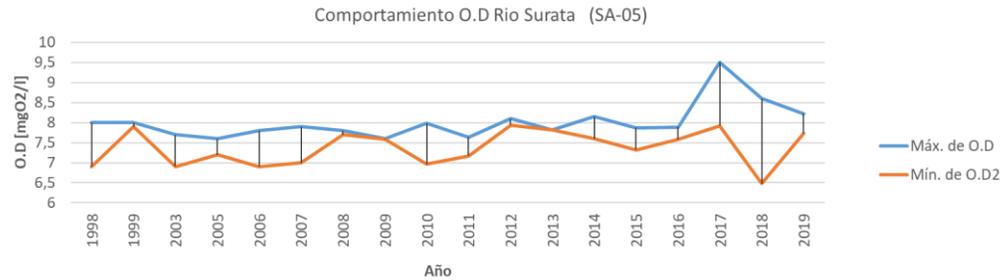
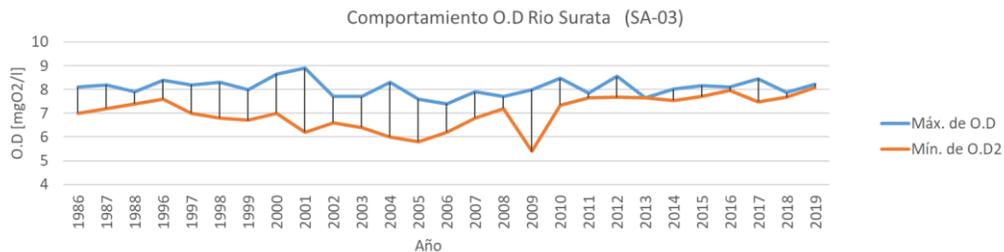
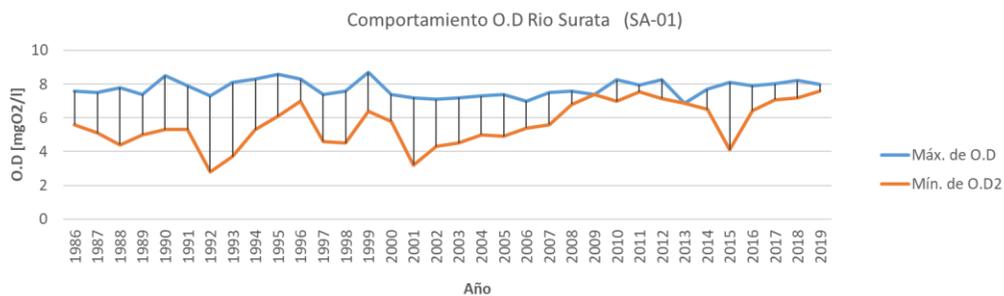
Gráfica 16

Comportamiento Oxígeno Disuelto SA -07 (Rio Surata)



Gráfica 17 Comportamiento Oxígeno Disuelto SA -06 (Rio Surata)

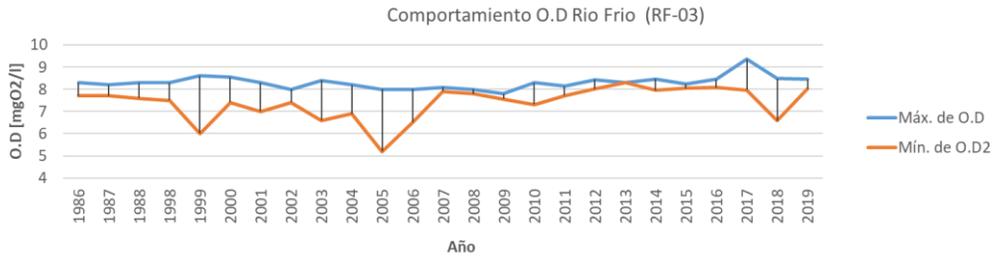


Gráfica 18**Comportamiento Oxígeno Disuelto SA -05 (Río Suratá)****Gráfica 19****Comportamiento Oxígeno Disuelto SA -03 (Río Suratá)****Gráfica 20****Comportamiento Oxígeno Disuelto SA -01 (Río Suratá)**

El oxígeno disuelto, es un indicador muy importante en el agua relacionado con la actividad biológica, para la corriente del Surata se observan valores entre 5,5 y 9,5 mg/l.

Gráfica 21

Comportamiento Oxígeno Disuelto RF -3 (Rio Frio)



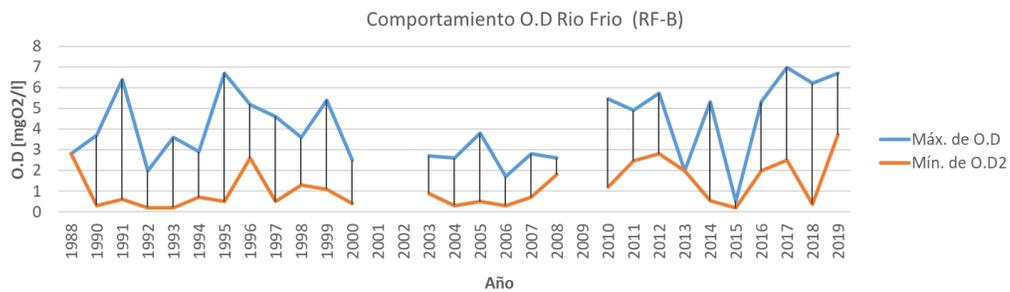
Gráfica 22

Comportamiento Oxígeno Disuelto RF -P (Rio Frio)



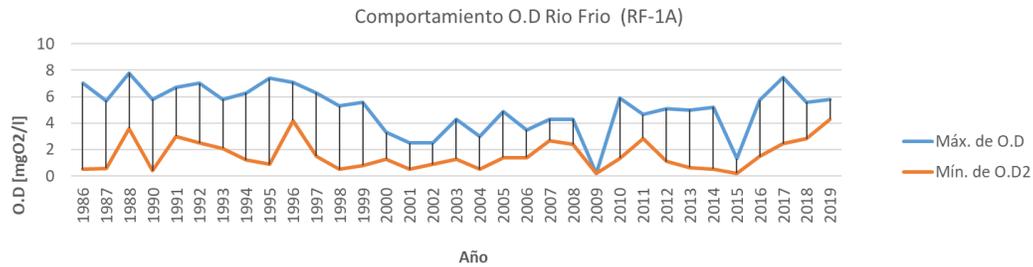
Gráfica 23

Comportamiento Oxígeno Disuelto RF -B (Rio Frio)



Gráfica 24

Comportamiento Oxígeno Disuelto RF -1 A (Río Frio)

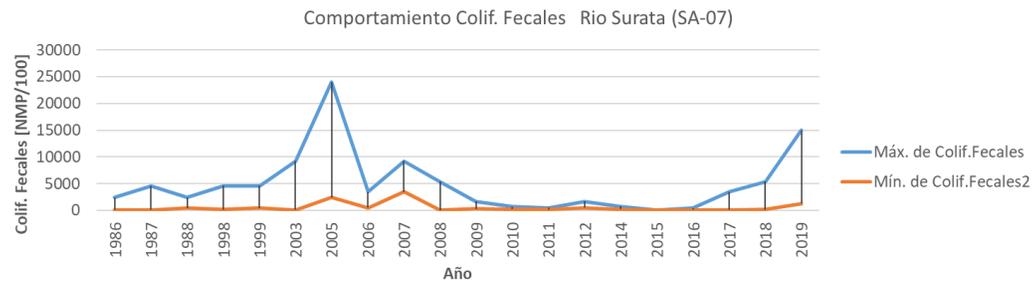


Para la corriente del Río Frio, los valores mínimos de oxígeno disuelto son bastante bajos para las estaciones de Caneyes RF-1 A, El Caucho RF-B y El Portico RF-P, donde se observan lecturas muy cercanas a 0 mg/L de Oxígeno disuelto. Mientras que en la estación La Esperanza RF-03 que se ubica mas cerca al nacimiento el mínimo es cercano 5 mg/L de Oxígeno disuelto en agua.

2.4.6.3 Coliformes Fecales -CF

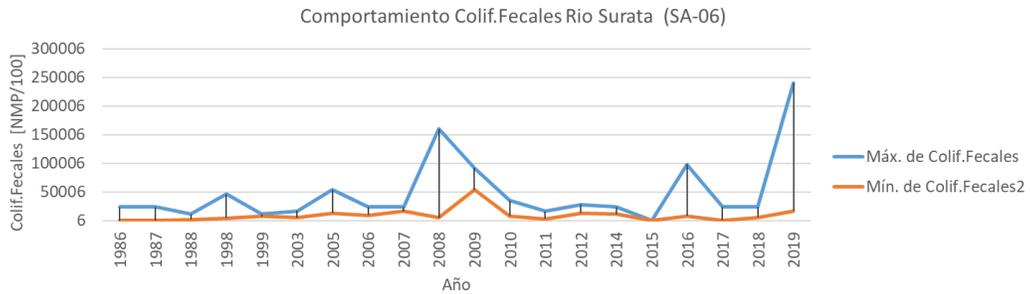
Gráfica 25

Comportamiento Coliformes Fecales SA-07 (Río Suratá)



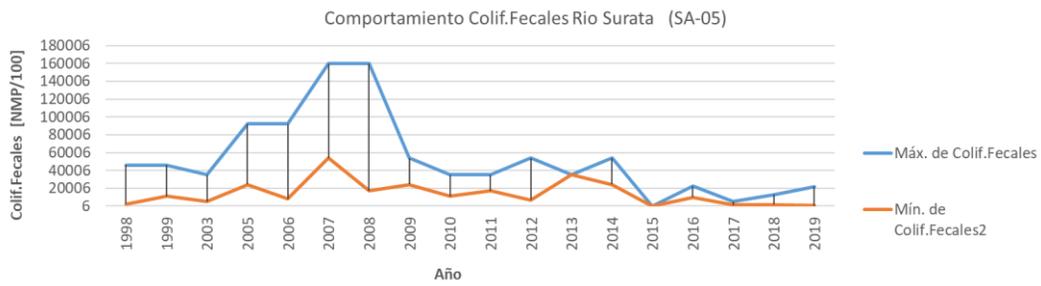
Gráfica 26

Comportamiento Coliformes Fecales SA-06 (Río Suratá)



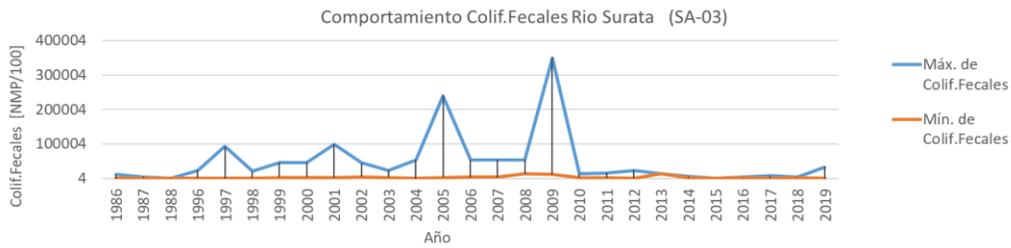
Gráfica 27

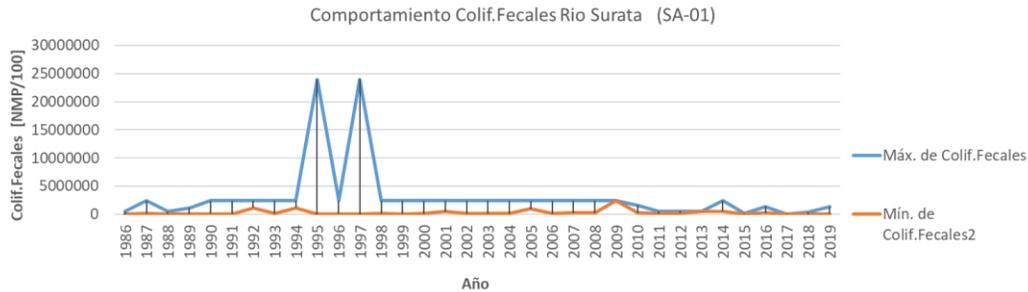
Comportamiento Coliformes Fecales SA-05 (Río Suratá)



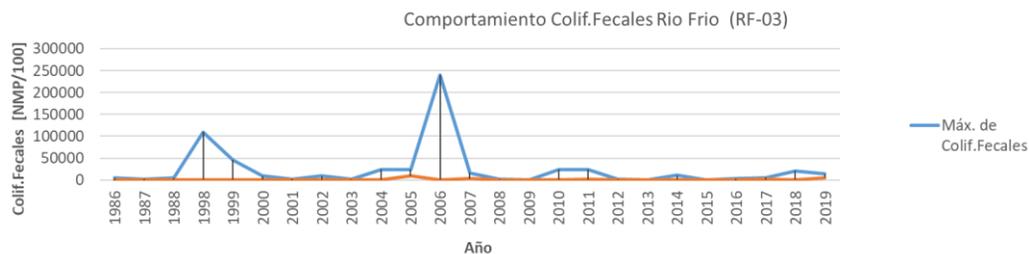
Gráfica 28

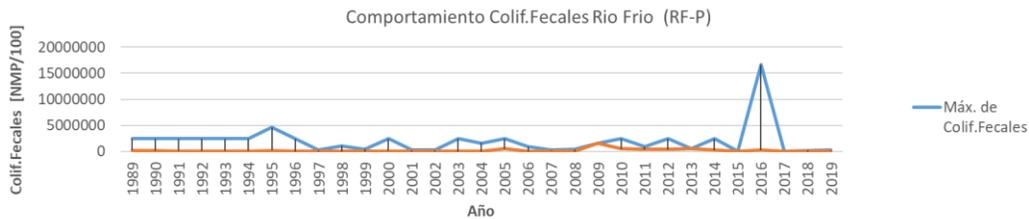
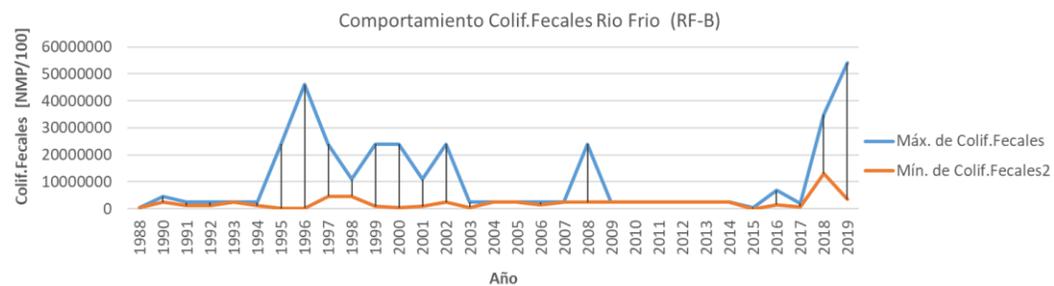
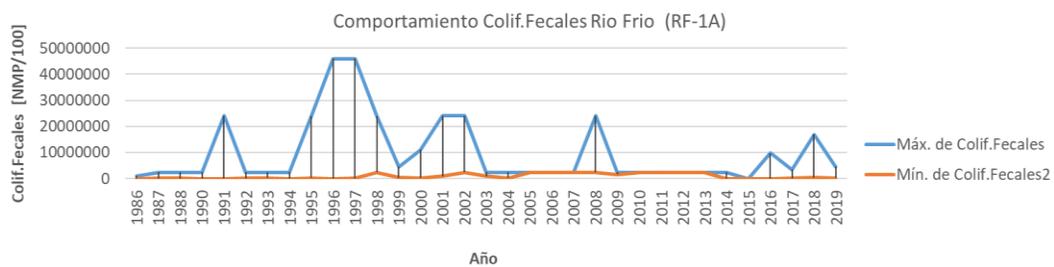
Comportamiento Coliformes Fecales SA-03 (Río Suratá)



Gráfica 29**Comportamiento Coliformes Fecales SA-01 (Río Suratá)**

Este parámetro nos da una visión de la contaminación microbiológica de las aguas, para la corriente del Río Suratá, la estación SA-07 Uña de gato presenta el menor número más probable de formación de Coliformes fecales. En la estación Bavaria SA-01 presenta para los años 1995 y 1997 valores atípicos de este parámetro.

Gráfica 30**Comportamiento Coliformes Fecales RF-03 (Río Frio)**

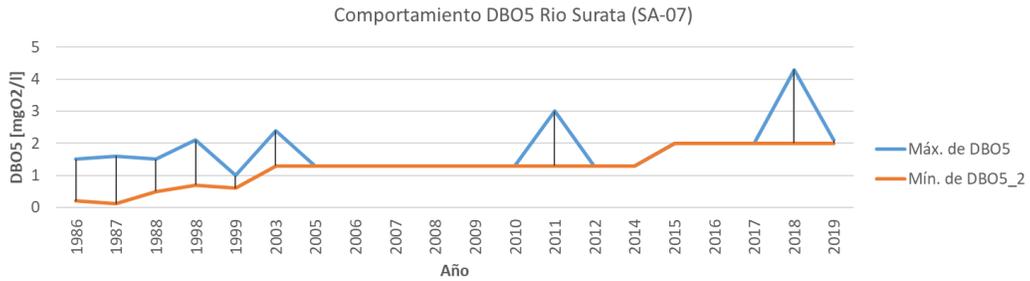
Gráfica 31**Comportamiento Coliformes Fecales RF-P (Rio Frio)****Gráfica 32****Comportamiento Coliformes Fecales RF-B (Rio Frio)****Gráfica 33****Comportamiento Coliformes Fecales RF-1 A (Rio Frio)**

Para el Rio Frio, se observa que el comportamiento de las coliformes fecales se caracteriza por un aumento al acercarse a su desembocadura en el Rio de Oro, los maximos historicos se presentan en las estaciones RF-P El portico y RF-1 A Caneyes que estan aproximadamente en cincuenta millones (50 000 000).

2.4.6.4 Demanda Bioquímica de Oxígeno–DBO5

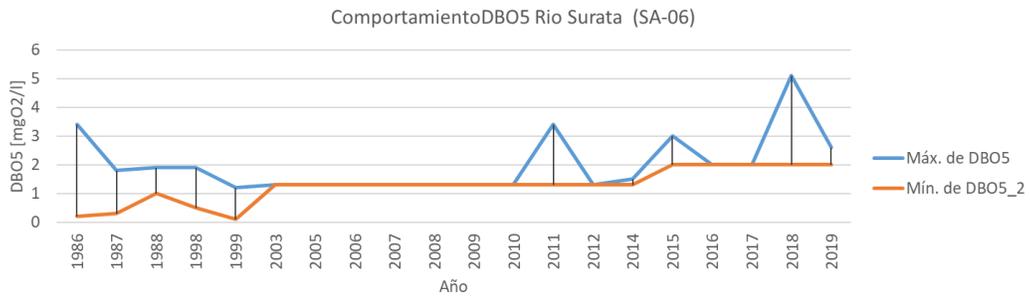
Gráfica 34

Comportamiento Demanda Bioquímica de Oxígeno SA-07 (Río Suratá)



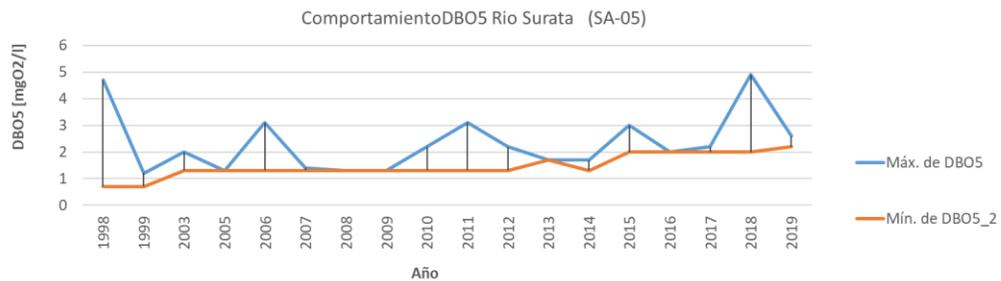
Gráfica 35

Comportamiento Demanda Bioquímica de Oxígeno SA-06 (Río Suratá)



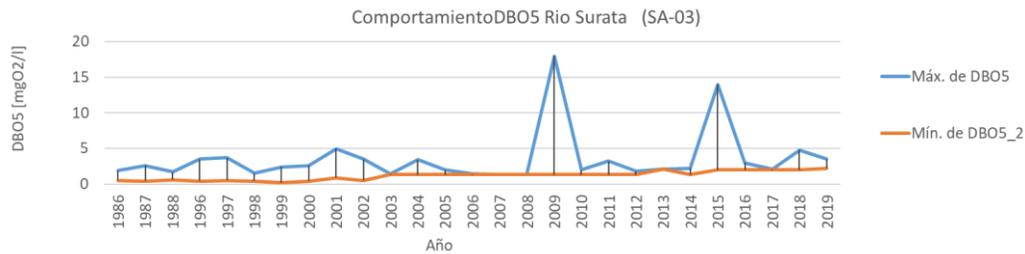
Gráfica 36

Comportamiento Demanda Bioquímica de Oxígeno SA-05 (Río Suratá)



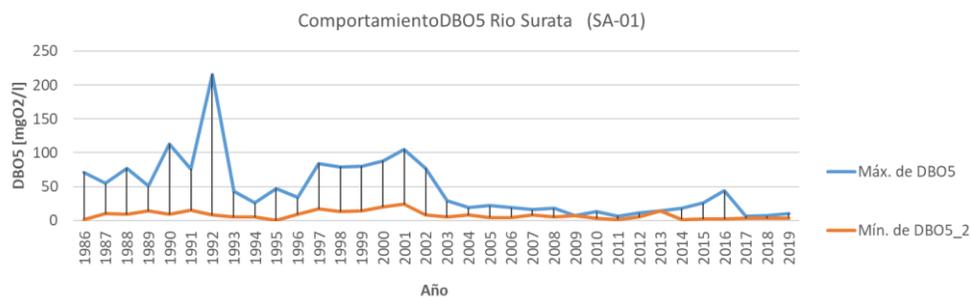
Gráfica 37

Comportamiento Demanda Bioquímica de Oxígeno SA-03 (Río Suratá)



Gráfica 38

Comportamiento Demanda Bioquímica de Oxígeno SA-01 (Río Suratá)



Este parámetro está asociado con el oxígeno necesario para oxidar la materia orgánica presente en el agua, para el Río Suratá se observa una DBO₅ muy similar ya que máximos y mínimos están muy cercanos, el máximo histórico para la corriente del Río Suratá se encuentra en la estación Bavaria SA-01 año 1992.

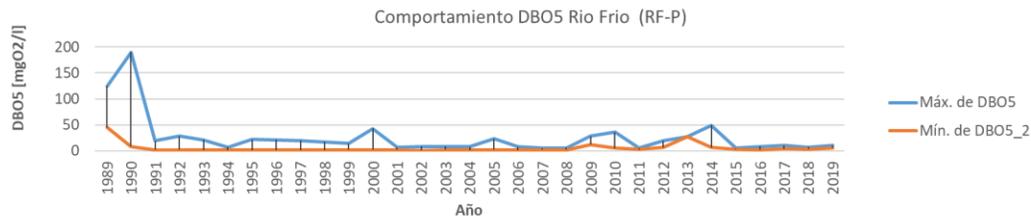
Gráfica 39

Comportamiento Demanda Bioquímica de Oxígeno RF-03 (Río Frio)



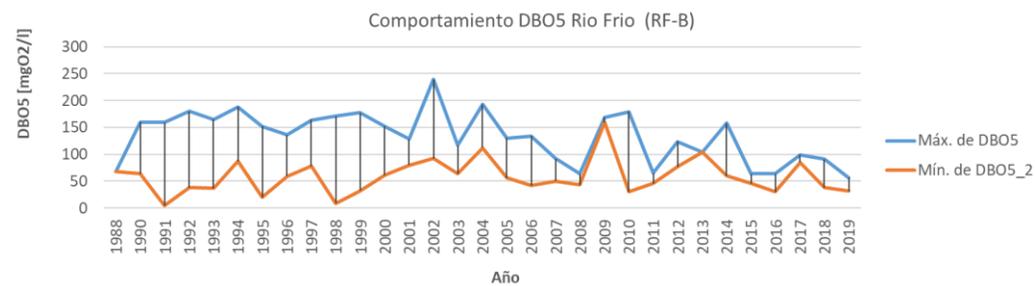
Gráfica 40

Comportamiento Demanda Bioquímica de Oxígeno RF-P (Rio Frio)



Gráfica 41

Comportamiento Demanda Bioquímica de Oxígeno RF-B (Rio Frio)



Gráfica 42

Comportamiento Demanda Bioquímica de Oxígeno RF-1 A (Rio Frio)

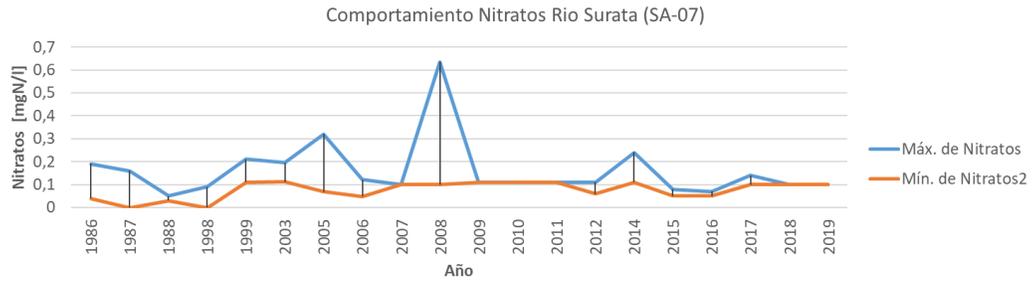


En la estacion RF-B se observa un comportamiento del DBO5 fluctuante, en las otras estaciones los maximos y minimos son mas estables. El maximo historico lo presenta la estacion RF-1 A Bavaria en el año 1995.

2.4.6.5 Nitratos

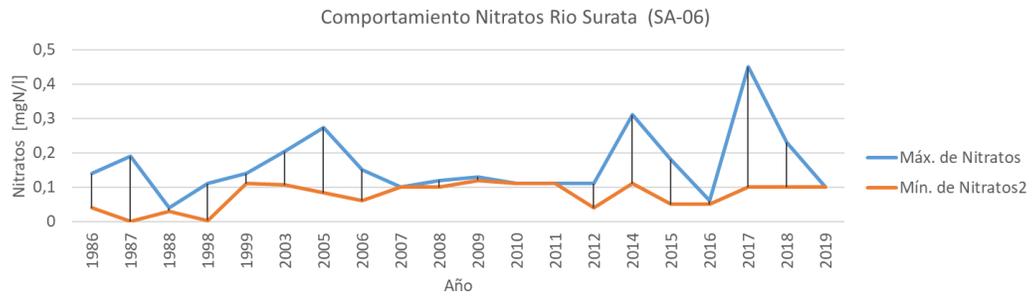
Gráfica 43

Comportamiento Nitratos SA-07 (Río Suratá)



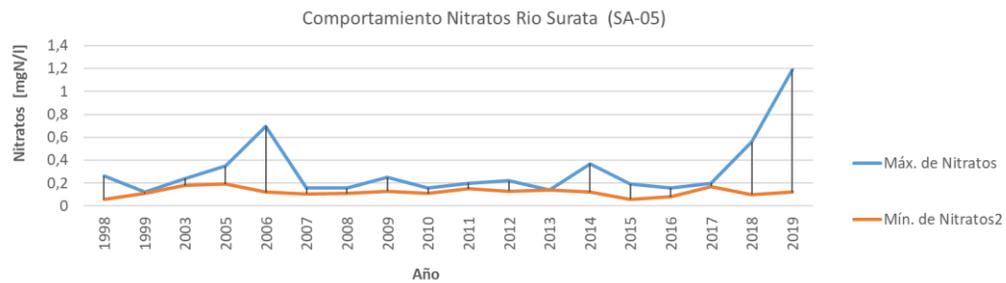
Gráfica 44

Comportamiento Nitratos SA-06 (Río Suratá)



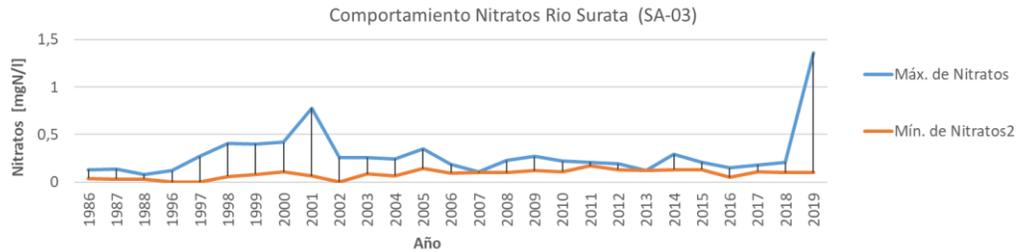
Gráfica 45

Comportamiento Nitratos SA-05 (Río Suratá)



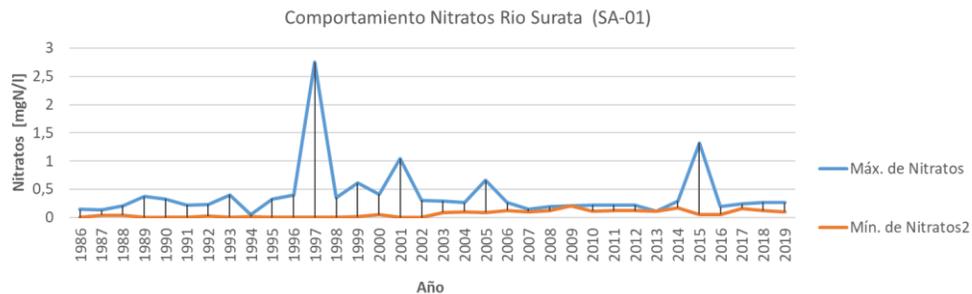
Gráfica 46

Comportamiento Nitratos SA-03 (Río Suratá)



Gráfica 47

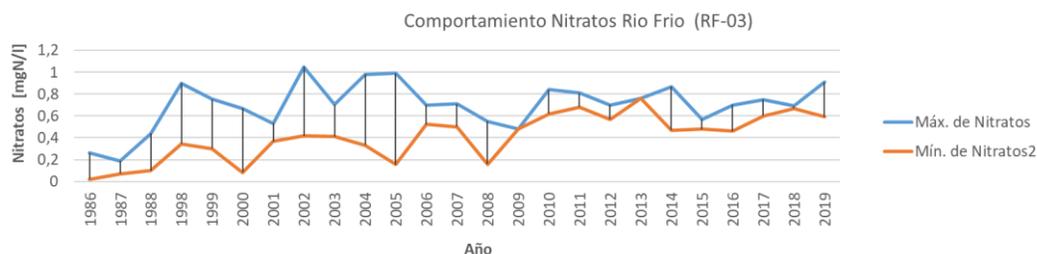
Comportamiento Nitratos SA-01 (Río Suratá)

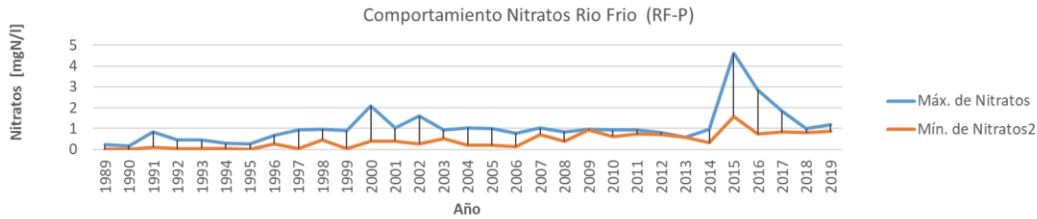
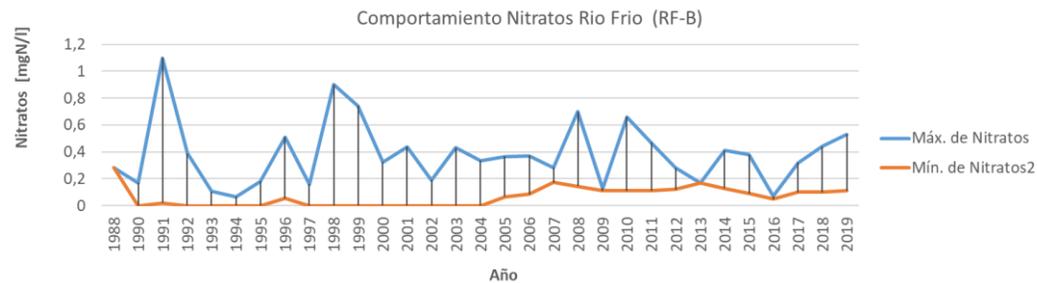


Para los nitratos se observa una mayor concentración en el año 1997 en la estación SA-01 Bavaria, y para las otras estaciones los maximos reportaron valores alrededor de 1 mg N/L.

Gráfica 48

Comportamiento Nitratos RF-3 (Río Frio)



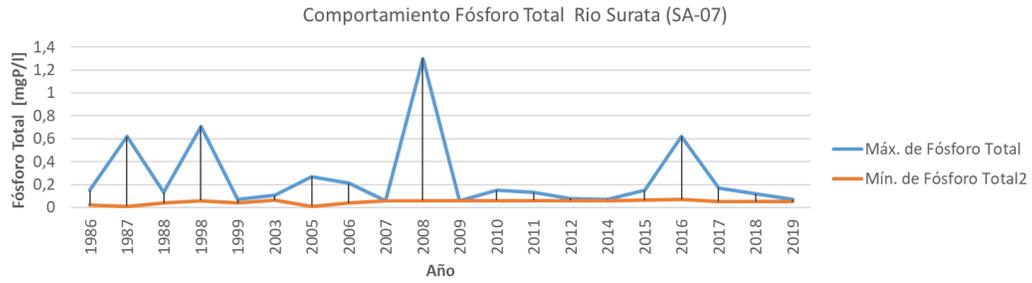
Gráfica 49**Comportamiento Nitratos RF-P (Rio Frio)****Gráfica 50****Comportamiento Nitratos RF-B (Rio Frio)****Gráfica 51****Comportamiento Nitratos RF-1 A (Rio Frio)**

Para lo corriente del Rio Frio, los nitratos reportaron un maximo para el año 2015 en la estacion El caucho RF-B, como se observa en la Gráfica 50. Los minimos de nitratos para todas las estaciones de esta corriente fueron muy similares.

2.4.6.6 Fósforo Total

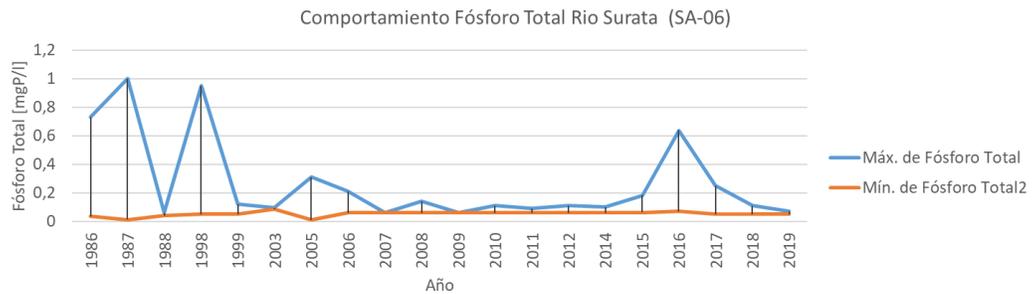
Gráfica 52

Comportamiento Fosforo total SA-07(Rio Suratá)



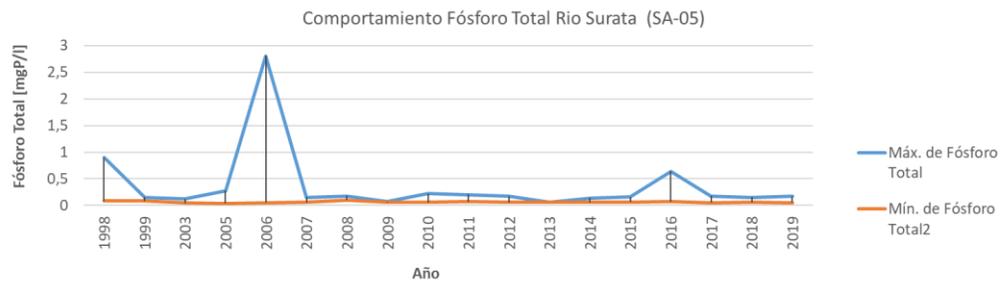
Gráfica 53

Comportamiento Fosforo SA-06 (Rio Suratá)



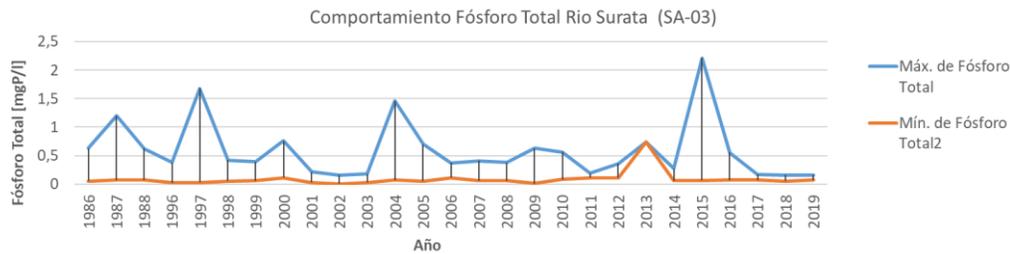
Gráfica 54

Comportamiento Fosforo SA-05 (Rio Suratá)



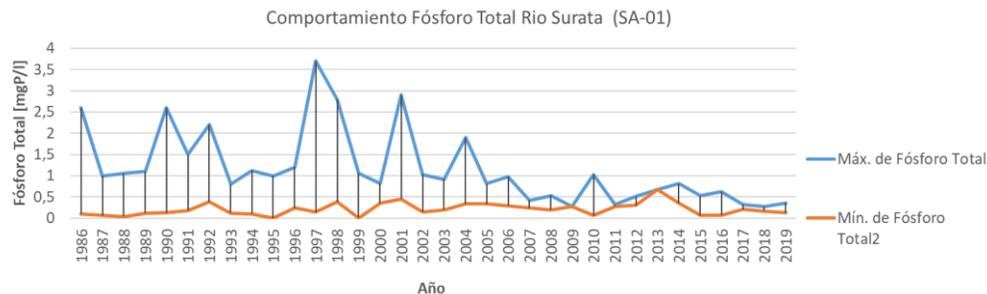
Gráfica 55

Comportamiento Fosforo SA-03 (Río Suratá)



Gráfica 56

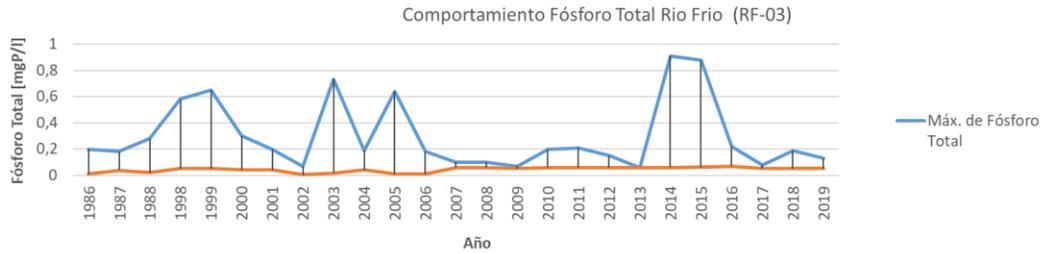
Comportamiento Fosforo SA-01 (Río Suratá)



Para la corriente del Río Surata, las mediciones del Fosforo total presentan grandes variaciones a lo largo de todo el periodo de medición, siendo mas evidente en la estacion SA-01, es importante mencionar que se puede visualizar una ligera disminucion de este parametro en los ultimos tres (3) años de medición.

Gráfica 57

Comportamiento Fosforo RF-03 (Rio Frio)



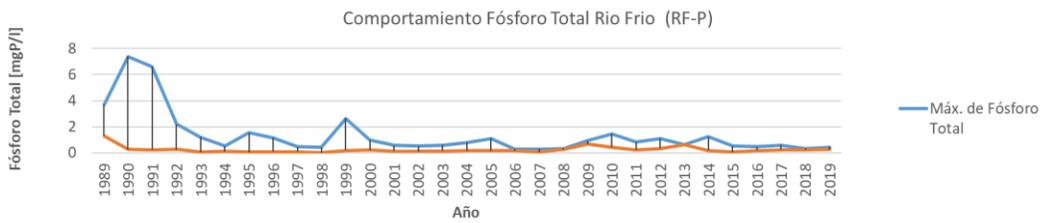
Gráfica 58

Comportamiento Nitratos RF-B (Rio Frio)



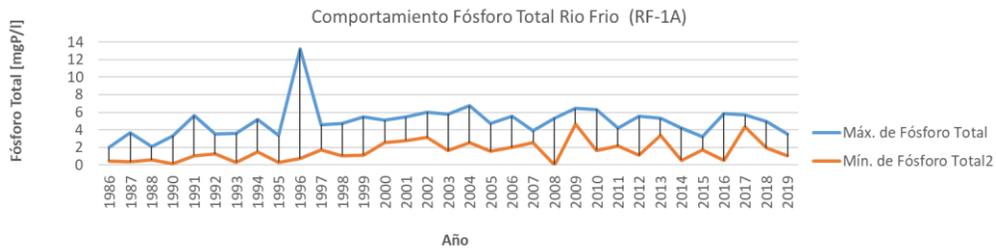
Gráfica 59

Comportamiento Fosforo RF-P (Rio Frio)



Gráfica 60

Comportamiento Fosforo RF-1 A (Rio Frio)

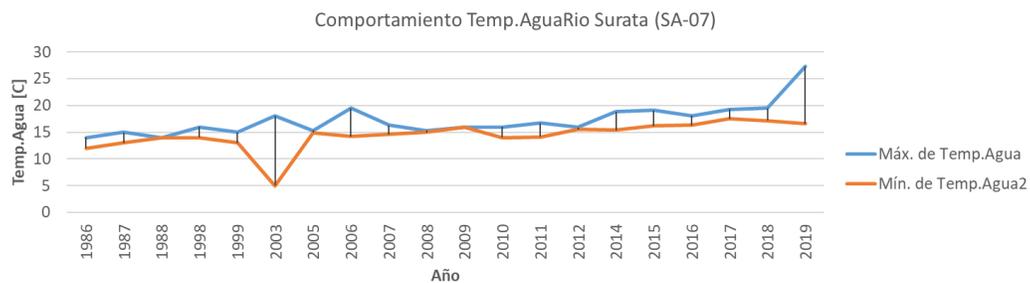


Los valores mínimos medidos del fosforo para la corriente del Rio Frio son bastante llanos, a excepción de la estación RF-1 A Caneyes, los valores máximos si presentan una gran variación.

2.4.6.7 Temperatura del agua

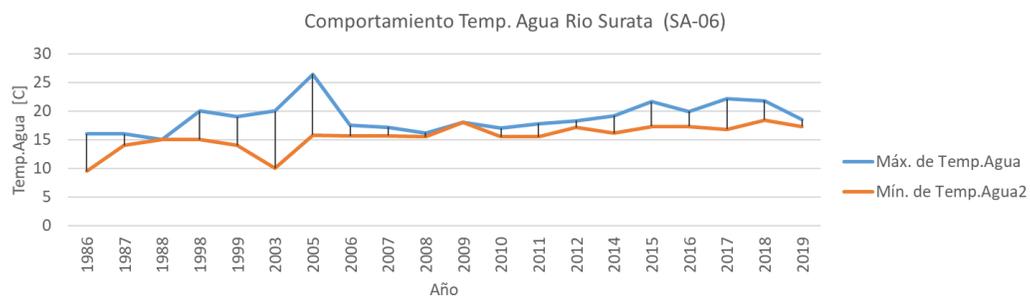
Gráfica 61

Comportamiento Temperatura SA-07 (Río Suratá)



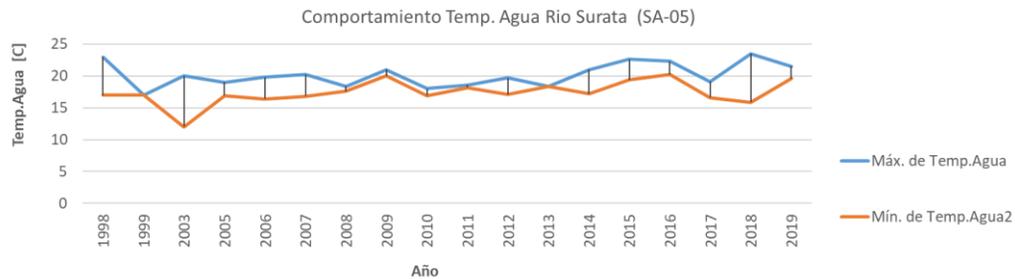
Gráfica 62

Comportamiento Temperatura SA-06 (Río Suratá)



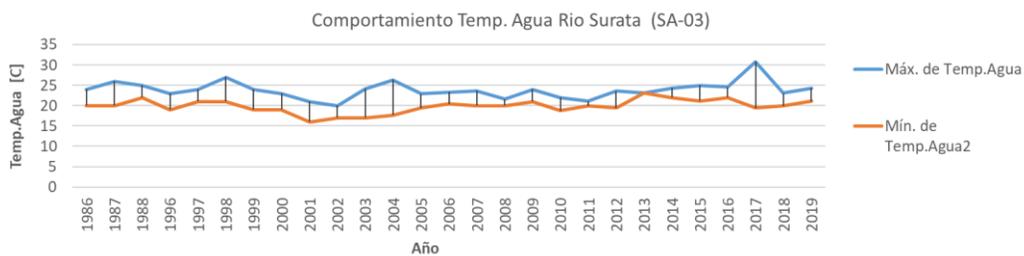
Gráfica 63

Comportamiento Temperatura SA-05 (Río Suratá)



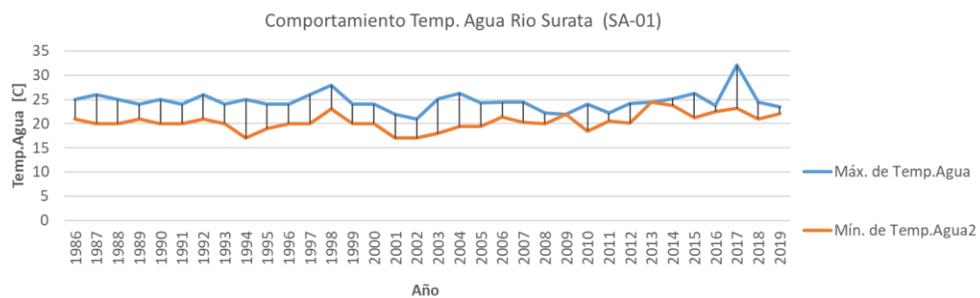
Gráfica 64

Comportamiento Temperatura SA-03 (Río Suratá)



Gráfica 65

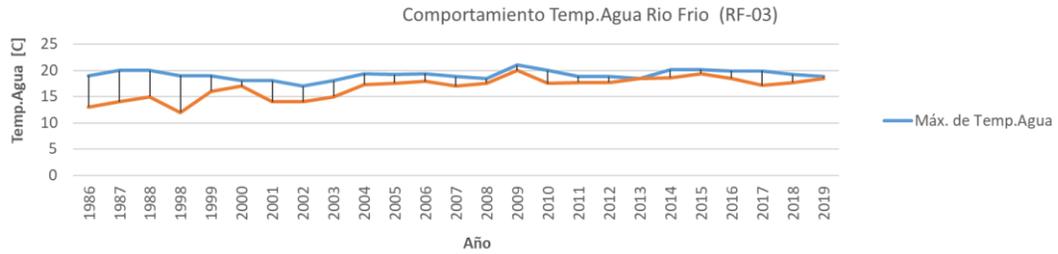
Comportamiento Temperatura SA-01 (Río Suratá)



La temperaturas registradas muestran valores muy similares a 25⁰ C, el maximno de temperatura historica se registra en aproximadamente 33⁰ C en la estación Zaragoza- SA-03.

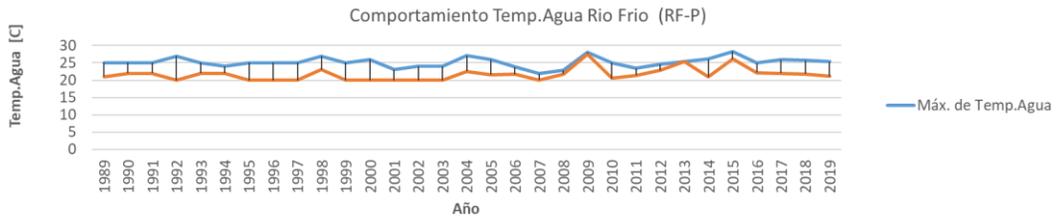
Gráfica 66

Comportamiento Temperatura RF-03 (Río Frio)



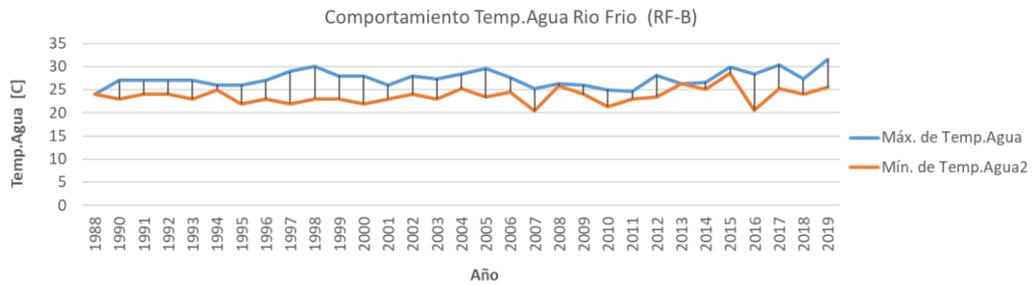
Gráfica 67

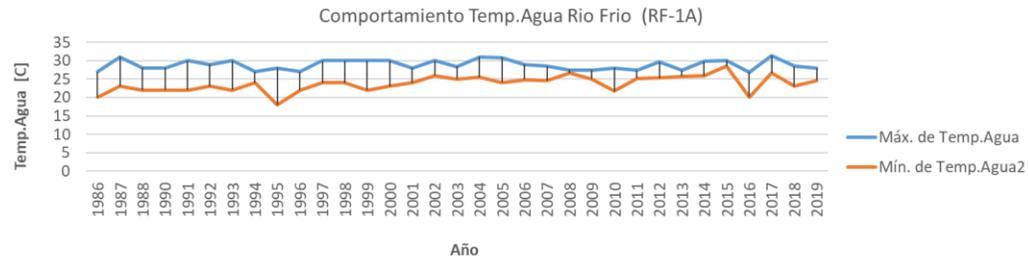
Comportamiento Temperatura RF-P (Río Frio)



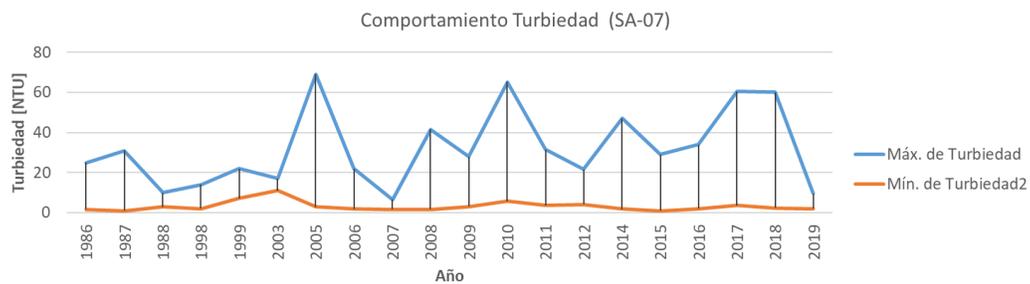
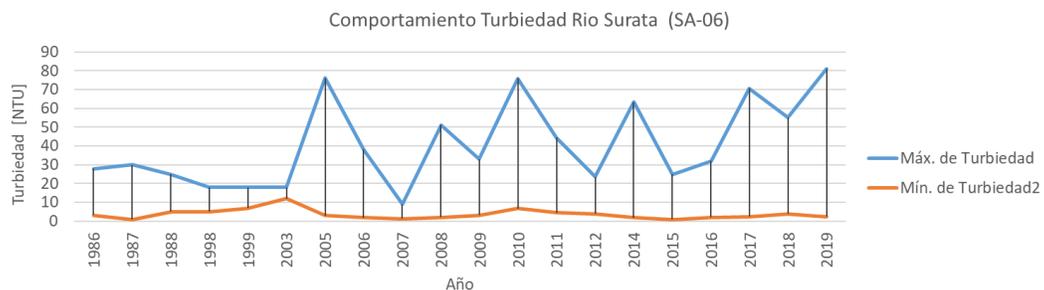
Gráfica 68

Comportamiento Temperatura RF-B (Río Frio)



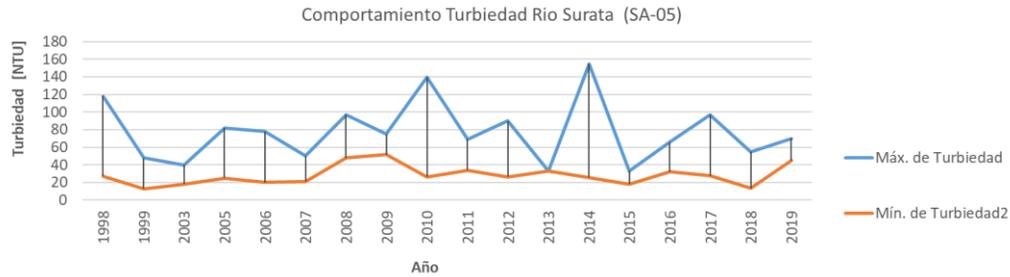
Gráfica 69**Comportamiento Temperatura RF-1 A (Río Frio)**

La temperatura en la corriente del Río Frio se registra entre los 25^o C y 30^o C, siendo bastante constante en las estaciones de monitoreo de esta fuente hidrica.

2.4.6.8 Turbiedad**Gráfica 70****Comportamiento Turbiedad SA-07 (Río Suratá)****Gráfica 71****Comportamiento Turbiedad SA-06 (Río Suratá)**

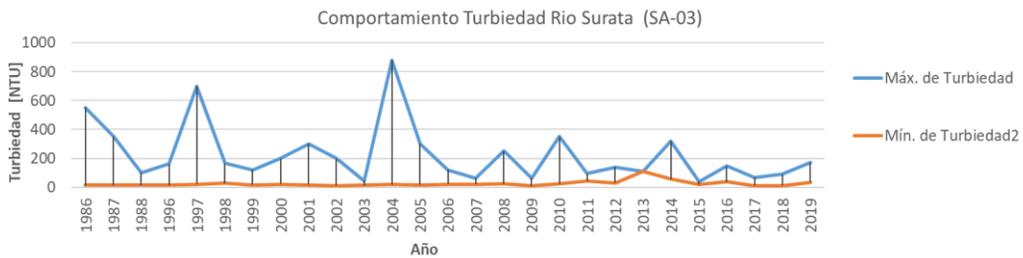
Gráfica 72

Comportamiento Turbiedad SA-05 (Río Suratá)



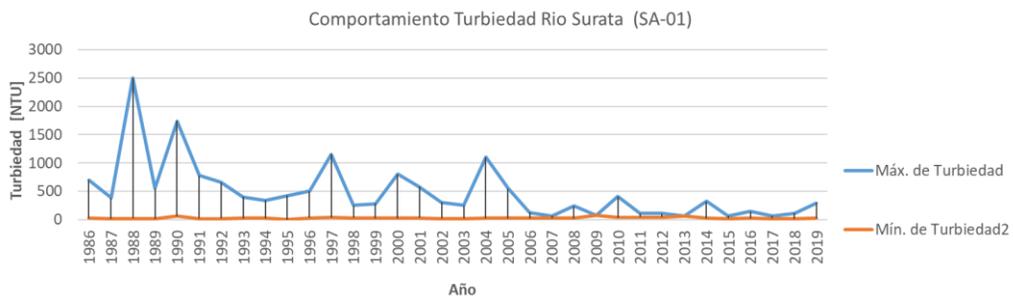
Gráfica 73

Comportamiento Turbiedad SA-03 (Río Suratá)



Gráfica 74

Comportamiento Turbiedad SA-01 (Río Suratá)



Las estaciones Bavaria SA-01y Zaragoza SA -03, presenta valores altos de turbiedad en comparación con las demás estaciones de la corriente.

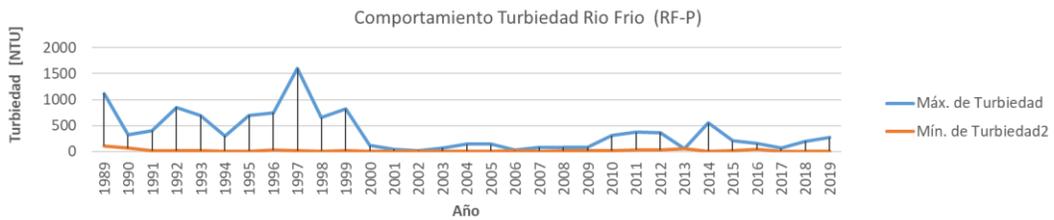
Gráfica 75

Comportamiento Turbiedad RF-1 A (Río Frio)



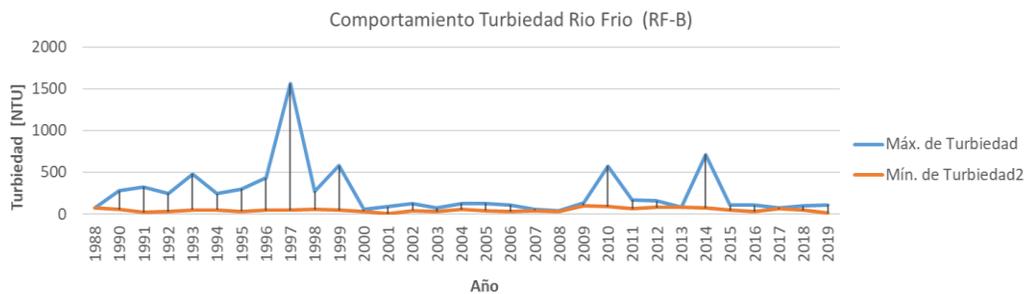
Gráfica 76

Comportamiento Turbiedad RF-P (Río Frio)



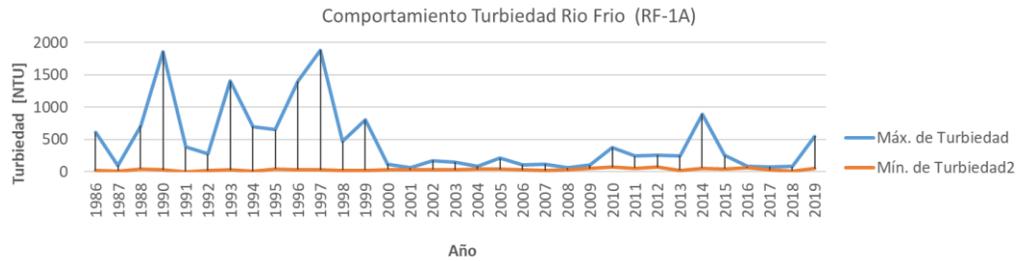
Gráfica 77

Comportamiento Temperatura RF-B (Río Frio)



Gráfica 78

Comportamiento Temperatura RF-1 A (Río Frio)

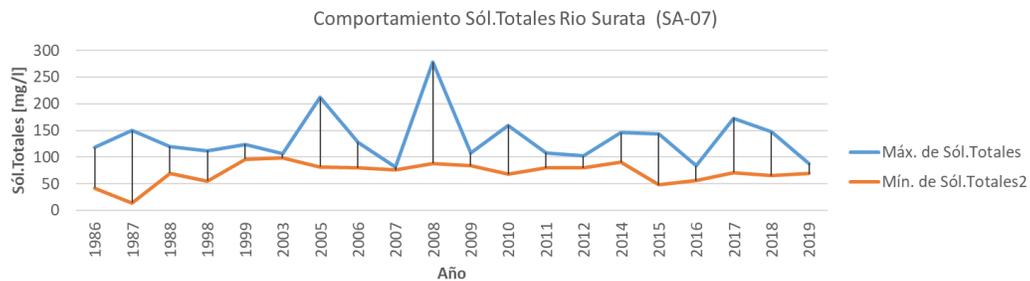


Para el Río Frio, se presentan altos valores de turbiedad entre 1500 a 2000 NTU.

2.4.6.9 Sólidos Totales

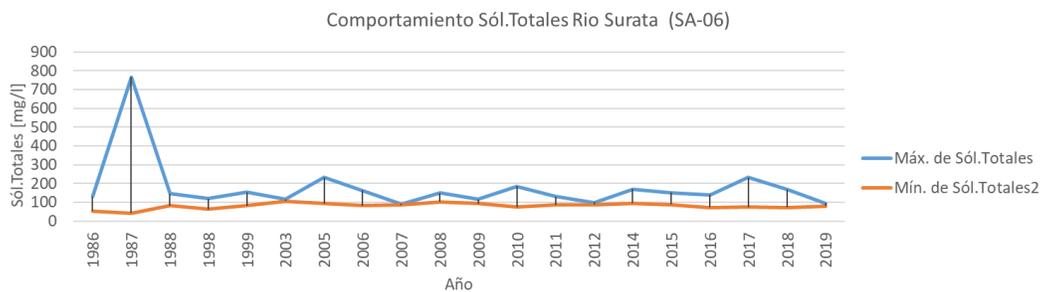
Gráfica 79

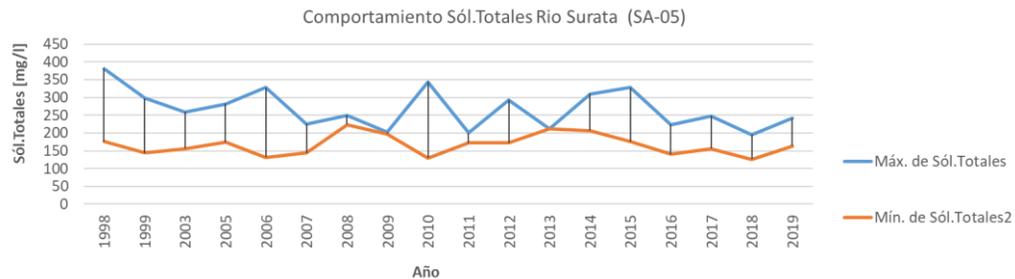
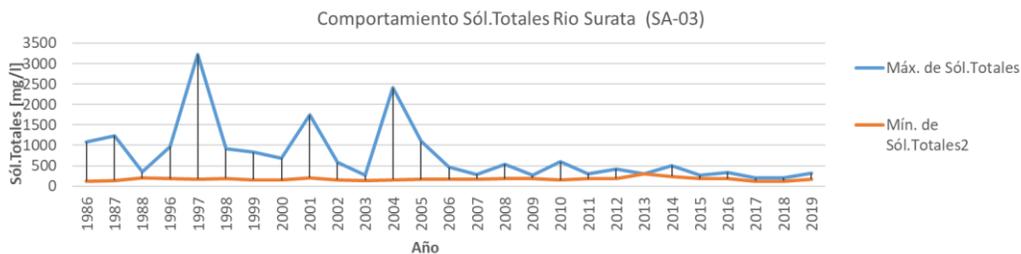
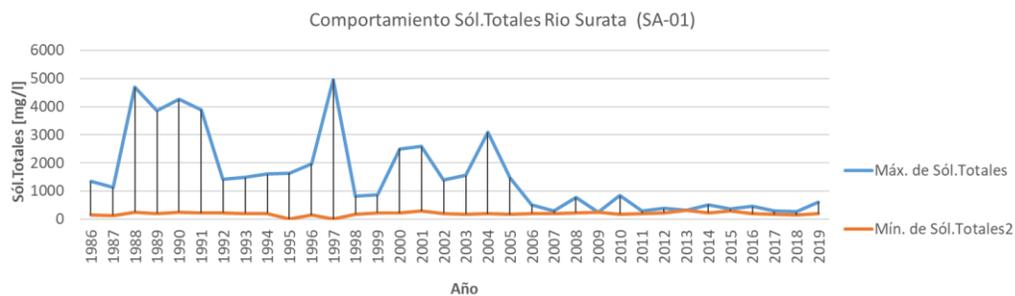
Comportamiento Sólidos Totales SA-07 (Río Surata)



Gráfica 80

Comportamiento Sólidos Totales SA-06 (Río Surata)

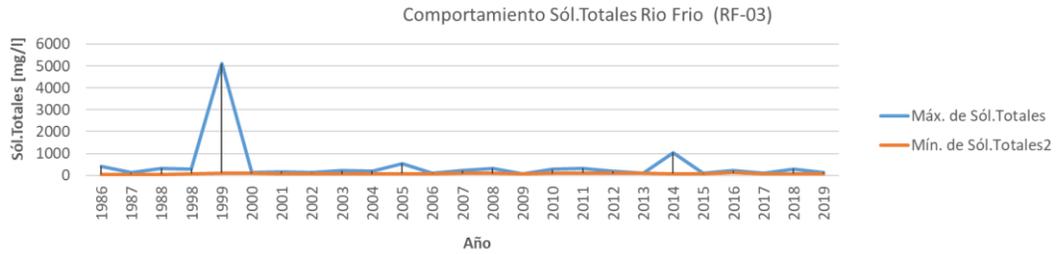


Gráfica 81**Comportamiento Solidos Totales SA-05 (Rio Suratá)****Gráfica 82****Comportamiento Solidos Totales SA-03 (Rio Suratá)****Gráfica 83****Comportamiento Solidos Totales SA-01 (Rio Suratá)**

La estación Bavaria SA-01, presenta los valores más altos de solidos totales a lo largo de la corriente del Rio Suratá, registrando valores cercanos a los 5000 mg/ L de sólidos en agua.

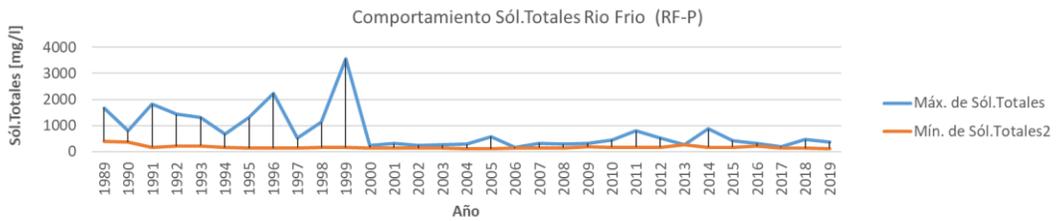
Gráfica 84

Comportamiento Solidos Totales RF-3 (Rio Frio)



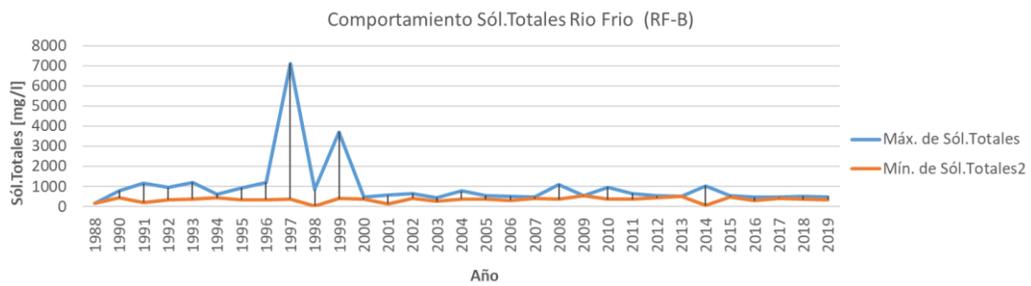
Gráfica 85

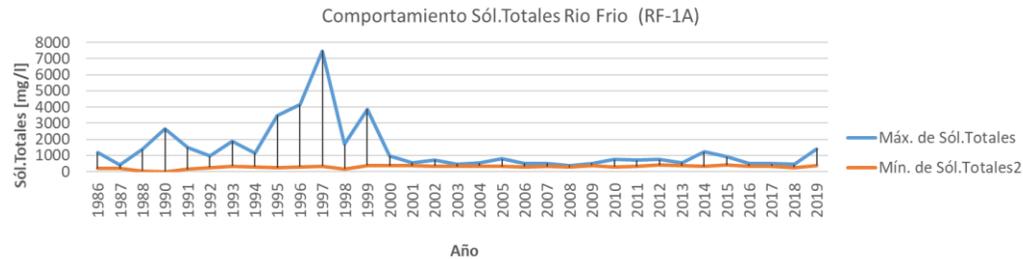
Comportamiento Solidos Totales RF-P (Rio Frio)



Gráfica 86

Comportamiento Solidos Totales RF-B (Rio Frio)



Gráfica 87**Comportamiento Solidos Totales RF-1A (Río Frio)**

En todas las estaciones se registra un pico en los solidos totales en el año de 1999. En las estaciones El Caucho RF-B y Caneyes RF-1 A, se presenta otro pico mas pronunciado cercano a los 7000 mg/L de solidos suspendidos en el año de 1997.

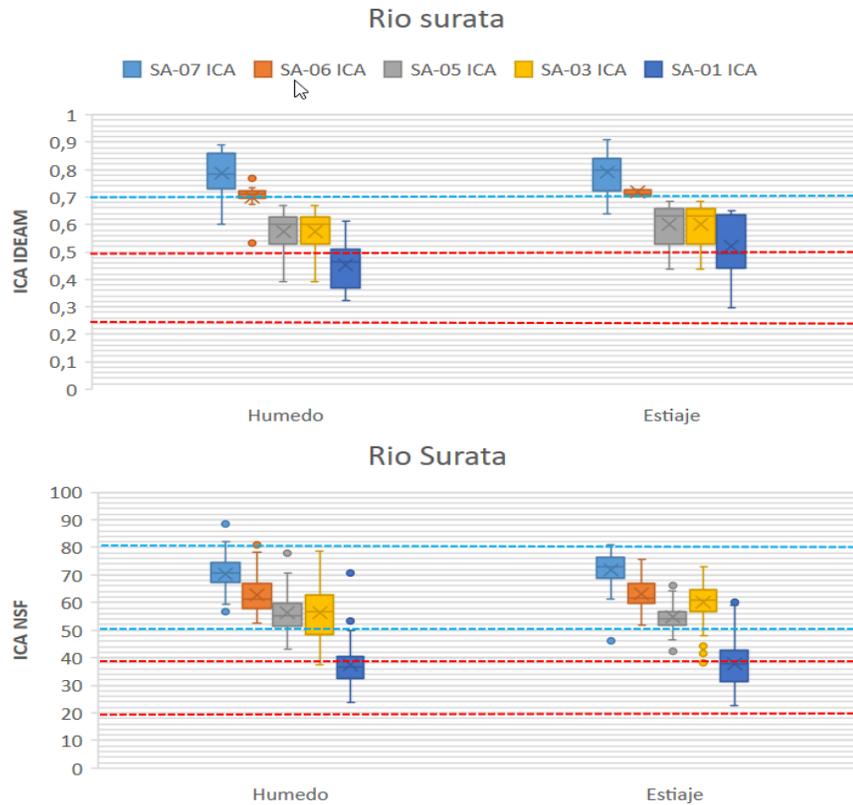
2.4.7 Comparativo régimen de estiaje y húmedo

En la Gráfica 88 se presenta el comparativo de los ICAs para el régimen húmedo y de estiaje en la corriente del Rio Suratá a través del análisis de cajas y bigotes, se observa que la distribución y dispersión de los datos tanto para los ICA calculados por IDEAM, como los del NSF evidencian una dispersión mayor hacia los periodos de estiaje, por lo cual la variación de datos fue mayor con respecto a los periodos húmedos, donde se observa varianzas más bajas en las estaciones Bavaria SA-01 y Zaragoza SA-03.

Aunque los valores entre ambos regímenes tienen un grado de similitud, la dispersión centralizada de los datos del régimen húmedo, muestra una tendencia a tener valores más desfavorables en comparación con el régimen de estiaje.

Gráfica 88

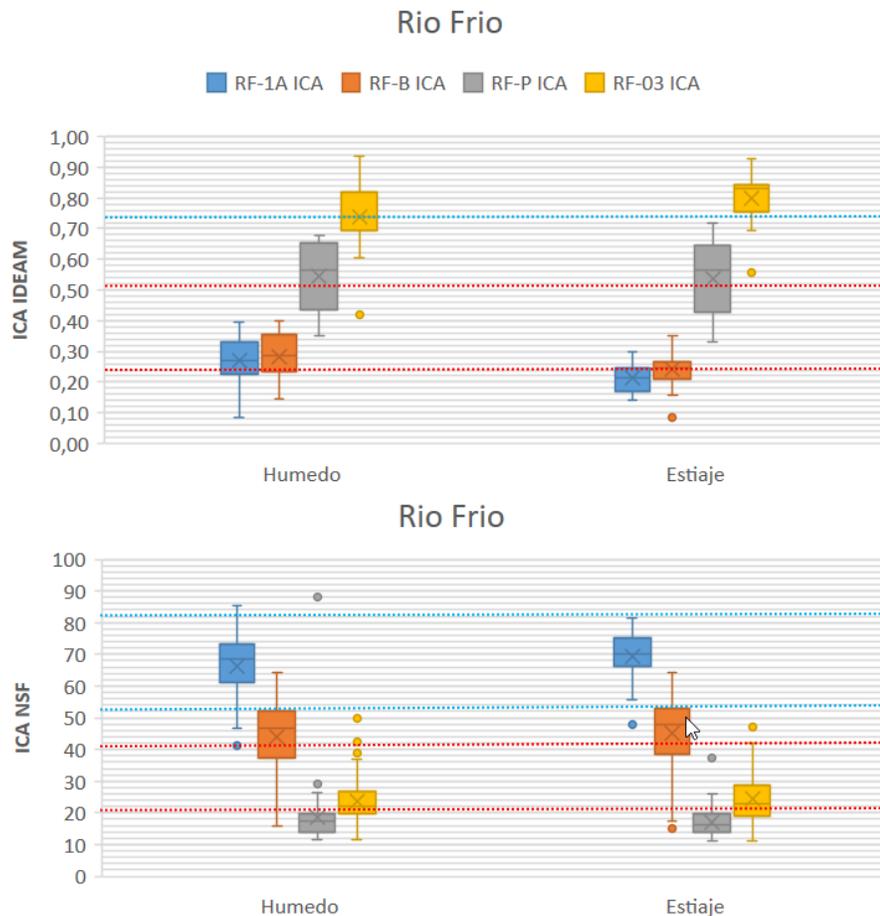
Comparativo por régimen Hidrológico Rio Surata



De la Gráfica 89 se observa menor dispersión con puntos atípicos en los periodos de estiaje con tendencias en zonas de baja calidad, sin embargo, en el periodo húmedo se encontraron mayor dispersión de datos en zonas de baja calidad, por lo cual se relaciona con condiciones climáticas fluctuante en periodos húmedos que pueden generar esta dispersión de datos.

Gráfica 89

Comparativo por régimen Hidrológico Rio Frio



2.5 Discusión de Resultados.

Los resultados obtenidos de precipitación son congruentes con estudios realizados anteriormente, como lo expuesto por Ayala y Vargas en 2014 donde afirman que normalmente las lluvias sobre el departamento de Santander a lo largo del año están determinadas por los movimientos de la zona de confluencia intertropical ZIC, que corresponden a un régimen bimodal de alternancia que se comporta de la siguiente manera: en el primer semestre la ZIC se

desplaza de sur a norte y produce un aumento de precipitación para los meses de Abril a Junio y en el segundo semestre se produce un movimiento de Norte a Sur que genera lluvias en los meses de septiembre a Noviembre (Ayala & Vargas, 2014). En general para las dos corrientes el mes más lluvioso es octubre y el menos lluvioso diciembre, para el periodo analizado que comprende los años de 2013 a 2019.

Los periodos de intensas precipitaciones pueden sobrecargar notablemente los cauces de las corrientes, las escorrentías pueden arrastrar diferentes elementos en especial nitrógeno y fósforo procedentes de actividades antrópicas como la agricultura o la combustión de combustibles fósiles, acelerando el proceso de eutrofización en las aguas a partir del crecimiento de algas tóxicas, y con ellas la generación de zonas muertas con escasez de oxígeno produciendo hipoxia. Todo lo anterior produce efectos negativos en el equilibrio del ecosistema acuático, la salud y subsistencia de las comunidades que se desarrollan a lo largo de las cuencas. (National Geographic, 2017).

La poca disponibilidad de datos de caudales, que permitieran tener una muestra representativa del comportamiento durante los años de estudio del caudal, no permitió realizar una relación entre caudales y precipitaciones. En concordancia con lo anteriormente expuesto, no se usaron los caudales para definir los regímenes hidrológicos que concurren en cada uno de los meses del año, ya que, al no contar con series de datos diarias, estas mediciones de caudal son susceptibles a afectarse por fenómenos puntuales como lluvias intensas, inundaciones, avalanchas, año de la niña o del niño, intervenciones antrópicas, etc.

Se seleccionó la metodología del cálculo de los Índices de Calidad de Agua ICA del Ideam de cinco (5) variables, teniendo en cuenta la disponibilidad de datos para el Oxígeno Disuelto, Demanda Química de Oxígeno, Sólidos Suspendidos Totales, pH y Temperatura.

A partir del análisis del ICA- Ideam, se evidencia el deterioro de la calidad del agua del Rio Suratá a medida que se va acercando al área metropolitana de Bucaramanga, la estación SA-07 presenta una mejor calidad del agua y en la cual se observa una distribución muy uniforme de los ICAs con una clasificación de calidad del agua en aceptable durante todos los meses del año. Para la estación SA-01, se observa en general una menor calidad del agua con ICAs más bajos en comparación con las otras estaciones, con una clasificación de calidad del agua entre criterio de mala para el mes de febrero y el mes de junio y noviembre con un valor más alto calificado como de regular.

Para el Rio Frio, también es evidente que en la parte baja de la microcuenca muy cercana a su desembocadura en el Rio de Oro la calidad del agua empeora, lo cual es predecible ya que en la estación Caneyes RF-1A la corriente ha recibido una gran cantidad de aportantes, escorrentías y vertimientos provenientes de actividades antrópicas en especial de algunas zonas industriales y asentamientos humanos. No fue posible incluir dentro del presente estudio, los ICAs para el mes de enero ya que no se contaba con mediciones en todos los parámetros necesarios para el cálculo del indicador. La calidad del agua fue muy diferente en las estaciones para cada uno de los meses del año, por lo tanto, no se evidencio una tendencia asociada a una mejor o peor calidad del agua en un mes específico.

El índice de Calidad del Agua (desarrollado por la National Sanitation Foundation) se determinó a partir de 9 parámetros que son el Oxígeno Disuelto, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Nitrógeno Total, Fósforo Total, Sólidos Totales, Turbiedad, Coliformes Fecales, pH y Temperatura.

Al realizar un análisis de los ICAs calculados con la metodología NSF para el Rio Suratá, se puede evidenciar lo siguiente:

- La estación La Playa SA-05, no cuenta con datos de monitoreo para el mes de enero.
- Es evidente el deterioro de la calidad del agua a lo largo de la corriente, es decir para la estación Uña de Gato- SA-07 todos los ICAs reportan una clasificación en la calidad del agua como Buena, y en la estación Bavaria –SA-01 la calidad del agua se presenta como Dudosa o inadecuada.

Para el Rio Frio, se hace evidente el deterioro de la calidad del agua a lo largo de la corriente, es decir para la estación La Esperanza- RF-07 todos los ICAs reportan una clasificación en la calidad del agua como Buena, y en las estaciones de la parte baja de la microcuenca en RF-B El Caucho y RF-1 A Caneyes, la calidad del agua se presenta entre inadecuada y pésima, lo anterior indica altos niveles de contaminación en esta corriente.

El análisis de calidad del agua por parámetros y la manera como estos se interrelaciona permite indagar más precisamente por el origen de la contaminación asociado a una fuente hídrica. Para este caso de estudio los parámetros analizados correspondieron a los usados para el cálculo del Índice de contaminación ICA, por el método propuesto por la National Sanitation

Foundation (NSF) de Estados Unidos, ya que para estos se cuentan con un mayor número de datos en el rango de tiempo establecido de 1986 a 2019.

El pH es definido como el logaritmo del inverso de la concentración de hidrogeniones (H^+); (Calderon, 2002), un intervalo de concentración apropiado de 6.5 a 8.0 unidades de pH, se da a lugar la proliferación y desarrollo de la vida acuática, fuera de este rango se reduce a la diversidad por estrés fisiológico y la reproducción (Roldán, 2003), teniendo en cuenta lo anterior las dos corrientes presenta la mayoría de sus mediciones de pH dentro de ese rango por lo cual se puede inferir que existe un adecuado equilibrio de acidez favoreciendo los procesos biológicos en el agua.

Uno de los indicadores de la calidad del agua más relevantes, es el oxígeno disuelto, sus valores normales varían entre los 7.0 y 8.0 mg/L. El oxígeno es captado por el aire el cual se difunde rápidamente en el agua por la turbulencia en los ríos y por el viento en los lagos (Roldán, 2003). La concentración del oxígeno disuelto depende de los procesos de re oxigenación atmosférica, respiración animal y vegetal, demanda béntica, demanda bioquímica (Corporación Autónoma Regional del Tolima, 2011). Los valores registrados de oxígeno disuelto con un valor de 0 mg/L a 2 mg/L en la corriente de Rio Frio en las estaciones de Caneyes RF-1 A, El Caucho RF-B y El Pórtico RF-P, indican la existencia de una escasa o nula actividad biológica. También es importante mencionar que el oxígeno disuelto está directamente relacionado con la temperatura (Peña, 2007), por tanto, era de esperarse que, en las estaciones de mayor altitud como Uña de Gato SA-07 ubicada sobre la corriente del Rio Suratá se registran valores mayores de oxígeno disuelto.

El análisis microbiológico es importante en la prevención de epidemias como resultado de la contaminación de agua. La determinación de la presencia del grupo coliforme se constituye

como una herramienta de control sanitario (Roldán, 2003). La presencia de grandes números de Coliformes fecales en las corrientes de Suratá y Rio Frio en las estaciones SA-01 Bavaria y RF-01 Caneyes puede responder al aporte de diferentes vertimientos en especial los provenientes de asentamientos humanos y escorrentía de zonas de uso agropecuario, a lo largo de las corrientes.

El nitrógeno es un elemento esencial para el crecimiento de algas y aumenta la demanda de oxígeno, ya que en ambientes acuáticos requiere de oxígeno para ser oxidado por los microorganismos que habitan en el agua. (Roldán, 2003), cuando se encuentra en grandes cantidades puede ser tóxico produciendo efectos sobre la salud humana, aunque los valores de nitratos altos generalmente se encuentran en aguas subterráneas también debe ser monitoreado en aguas superficiales. Los valores reportados para el Rio Suratá y Rio Frio estan muy cercanos a 1 mg/L, siendo este un valor inferior a los limite de 10 mg/L propuestos por el Decreto 1594 del año 1984.

El fósforo permite la formación de biomasa, la cual necesita un aumento de la demanda biológica de oxígeno para su oxidación aerobia, además de los procesos de eutrofización y consecuentemente crecimiento de fitoplancton, adicionalmente es nutriente de organismos fotosintetizadores y por tanto un componente limitante para el desarrollo de las comunidades (Roldán, 2003). Es de especial atención, la disminución del Fósforo total en los últimos 3 años en la corriente del Rio Suratá. Para el Rio Frio se registran valores muy variados de concentración del Fósforo total, valores muy altos de este parámetro como los registrados en la estación RF-01 Caneyes, pueden indicar procesos eutrofización en el cuerpo de agua.

La temperatura es uno de los parámetros más importantes de la calidad de agua, ya que afecta la química del agua y las funciones de los organismos acuáticos. La temperatura influye en:

- La cantidad de oxígeno que se puede disolver en el agua
- La velocidad de fotosíntesis de

las algas y otras plantas acuáticas - La velocidad metabólica de los organismos - La sensibilidad de organismos a desechos tóxicos, parásitos y enfermedades - Épocas de reproducción, migración y estivación de organismos acuáticos (California Water Boards, 2016). Para las dos corrientes la temperatura no sobrepasa los 35⁰ C, siendo este valor inferior al límite del decreto 1594 de 1984 que establece como criterio de calidad una temperatura inferior a los 40⁰ C.

La Turbiedad es medida para determinar la presencia de partículas en suspensión como arcilla, limo, materia orgánica e inorgánica, organismos planctónicos y demás microorganismos, esta propiedad óptica afecta directamente la productividad y el flujo de energía dentro del ecosistema, ya que las partículas generan un grado de opacidad y alteran el color del agua (Roldán, 2003). Los valores de turbiedad medidos en el Río Suratá a lo largo del periodo comprendido entre 1986 y 2019, presenta una gran variabilidad de los resultados, los picos concuerdan para los mismos años en todas las estaciones por lo tanto puede atribuirse a fenómenos uniformes a lo largo de la corriente de tipo erosivo.

Los sólidos son materiales suspendidos y disueltos en el agua, que pueden afectar negativamente a la calidad del agua o al suministro de varias maneras por las incrustaciones y taponamientos en tuberías y válvulas. Las aguas altamente mineralizadas no son adecuadas para muchas aplicaciones industriales o incluso resultan estéticamente insatisfactorias para bañarse. Los sólidos se presentan en función de la naturaleza de los terrenos atravesados, de la estación, la pluviometría, los trabajos, los vertimientos etc. En concordancia con lo anterior y los resultados reportados se puede evidenciar un aumento en sólidos totales a medida que las corrientes van recibiendo más aportantes, es importante mencionar que los picos de turbiedad presentados para los años 1997 y 1999 concuerdan con valores pico para los sólidos totales.

El análisis comparativo de los ICAs, en los dos regímenes hidrológicos y para los dos métodos de cálculo del ICA, presenta algunos valores atípicos los cuales obedecen a condiciones climática puntuales y aisladas del usual comportamiento que muestra la distribución media de los datos. Analizando estos puntos atípicos concuerdan con los valores de los parámetros individuales analizados en las gráficas por parámetros, donde el método NSF para el ICA presenta mayores datos atípicos, debido a la cantidad de variables requeridas para su cálculo en comparación con la del IDEAM, como lo son el oxígeno disuelto, coliformes fecales y DBO, siendo estos dos último usados solamente para el cálculo del ICA por el método NSF.

Para la estación Panagá SA-06, debido a la cantidad baja de datos para el método del IDEAM no llega a ser significativo para el análisis comparativo, sin embargo, en el método de NSF, el ICA calculado muestra una dispersión estable en zona de calidad buena para periodos de estiaje.

Los datos asimétricos con tendencia a calidades deficientes para las tres estaciones (Bavaria SA-01 / Zaragoza SA-03 / La Playa SA-05), se mantienen en los periodos húmedos, aunque se encontraron datos de buenas calidades, la distribución de datos se inclina en mayor medida hacia zonas de mala calidad. Para el periodo de estiaje se obtuvieron mejores calidades que en el periodo húmedo cuya distribución de datos tienden a zonas de mejor calidad y solo algunos datos atípicos se alejan de la media en zonas desfavorables.

A diferencia del Rio Suratá en el Rio Frio, no es posible evidenciar una tendencia que muestre una diferencia de las calidades de agua asociadas al régimen hidrológico. De lo anterior se puede inferir que la calidad del agua para esta corriente es determinada en mayor cantidad por

las actividades antrópicas que se desarrollan a lo largo de la microcuenca, que generan vertimientos y escorrentías con contaminantes que se descargan en la fuente hídrica.

Es importante mencionar que no se cuenta con mediciones que permitan calcular el ICA en el mes de enero.

3 Conclusiones

El régimen hidrológico asociado a las corrientes de Rio Frio y Suratá, según los datos procesados de precipitaciones del periodo comprendido entre 2013 y 2019 corresponde a un régimen bimodal de alternancia entre periodos húmedos o lluviosos y de estiaje o secos. Las precipitaciones aumentan en el periodo húmedo de final de año para las dos corrientes.

Los datos de la muestra de caudales registrados en la Red de Monitoreo de corrientes de la CDMB para el periodo comprendido entre 1986 y 2019 del Suratá y Rio Frio, son poco representativos para determinar el régimen de hidrológico de las fuentes hídricas mencionadas.

No es posible la comparación de los Índices de calidad del agua por la metodología del Ideam de 5 parámetros con los obtenidos por la Red de monitoreo de calidad del agua de la CDMB por la metodología de la NSF, ya que cuentan con diferentes criterios de evaluación y adicionalmente el ultimo considera no solo variables fisicoquímicas si no también microbiológicas como lo es Coliformes fecales.

Es evidente el deterioro de la calidad del agua para las corrientes de Suratá y Rio Frio, a medida que van acercándose a poblados urbanos, en el caso de Rio Suratá la estación Bavaria SA-01 ubicada en el municipio de Bucaramanga presento la calidad del agua más deficiente y la estación Uña de gato SA-07 del municipio de Suratá registra la mejor calidad del agua. Para la corriente del Rio Frio la estación La Esperanza RF-03 de Floridablanca presentó una mejor

calidad del agua en comparación con las estaciones Caneyes RF-1 A de Girón, RF-B El Caucho y RF-P El Pórtico del municipio de Floridablanca.

Con el análisis por parámetro de calidad del agua de las corrientes de Suratá y Rio Frio, fue posible establecer los máximos y mínimos históricos por estación de pH, oxígeno disuelto, Coliformes fecales, DBO₅, nitratos, Fósforo, Temperatura, Turbidez y Solidos Totales. Adicionalmente se evidencio que las estaciones que presentaron una menor calidad del agua, registraron valores mas dispersos por parametros durante el periodo de estudio.

La corriente del Rio Suratá, presentó en los periodos húmedos tendencia a calidades más deficientes para las tres estaciones (Bavaria SA-01 / Zaragoza SA-03 / La Playa SA-05), que para el periodo de estiaje.

Del análisis comparativo del Rio Frio en cada uno de los regímenes hidrológicos, no fue posible extraer una tendencia que muestre una diferencia de las calidades de agua asociadas al régimen hidrológico.

Finalmente, evaluando los resultados obtenidos en este trabajo de grado se puede inferir que la calidad del agua para las corrientes de Suratá y Rio Frio, puede ser más influenciada por el desarrollo de las actividades antrópicas que se desarrollan a lo largo de las corrientes mencionadas que por el régimen hidrológico.

4 Referencias

- A.B, M. (14 de 01 de 2005). *ingenieroambiental.com*. Obtenido de <http://www.ingenieroambiental.com/4014/uno.pdf>
- ArcGIS inc. (28 de 01 de 2020). *arcGIS.com*. Recuperado el 01 de 02 de 2020, de www.arcgis.com/home/item.html?id=337de1a259ad4e1abad811c0d6188c1a
- Ayala, E., & Vargas, J. (2014). Estudio hidrológico, de inundación y erosión urbanización Nuevo amanacer. Bucaramanga, Colombia.
- Ball, R., & Church, R. (1980). Water Quality Indexing and Scoring. *Journal Of he Enviromental Engineering Division*, 757-771.
- Barcelo, L., & Lopez de Alda, M. (2016 de 08 de 15). *elaguapotable.com*. Recuperado el 10 de 10 de 2020, de <http://elaguapotable.com/Contaminaci%C3%B3n%20y%20calidad%20qu%C3%ADm%20del%20agua-los%20contaminantes%20emergentes.pdf>
- Brown, R., Mccllland, N., Deininger, R., & Tozer, R. (1970). A Water Quality Index- Do we Dare? *Water and Sewage Works*, 339-343.
- Calderon, F. (2002). *La conductividad eléctrica a granel del suelo como base para la medición de humedad*. Bogotá: Ed.
- California Water Boards. (2016). *California Water Boards*. Recuperado el 07 de 08 de 2020, de https://www.waterboards.ca.gov/water_issues/programs/swamp/docs/cwt/guidance/3120sp.pdf
- Coporaación autonoma regional para la defensa de la meseta de Bucaramanga. (2010). Informe Semestral De La Red De Monitoreo de calidad del Agua. Bucaramanga: CDMB. (2010). *Informe Semestral De La Red De Monitoreo de calidad del Agua*. Bucaramanga: CDMB.
- Corporación Autónoma Regional del Tolima. (10 de 2011). *cortolima.gov.co*. Recuperado el 31 de 10 de 2020, de https://www.cortolima.gov.co/sites/default/files/images/stories/centro_documentos/pom_amoya/diagnostico/1211.pdf
- Corporación autónoma regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga. (12 de 04 de 2019). *www.cdm.gov.co*. Obtenido de www.cdm.gov.co/web/
- Corporación Autonoma Regional para la defensa de la Meseta de Bucaramanga-CDMB. (2018). *Informe del estado de los recursos Naturales*. Bucaramanga.
- Corporación Autonoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga-CDMB. (2019). *Evaluación Regional del Agua-ERA*. Bucaramanga: CDMB.

- España, G. d. (21 de 08 de 2019). Recuperado el 02 de 11 de 2019, de <https://www.miteco.gob.es/es/agua/temas/estado-y-calidad-de-las-aguas/aguas-superficiales/>
- Galvez, J. (2011). Ciclo Hidrologico. *Cartilla Tecnica*. Lima, Lima, Perú: Sociedad Geográfica de Lima.
- Geotecnia Ltda. (Junio de 2005). Diagnostico de las amenazas de inundación y erosión en el Rio De Oro V2. *Metereología e información Hidrológica*. Bucaramanga, Santander, Colombia.
- Guzmán, B., Nava, G., & Diaz, P. (2015). La calidad del agua para consumo humano y su asociación con la morbilidad en Colombia, 2008-2012. *Biomédica (Supl.2):177-90* , 177-90.
- IDEAM. (2018). *Sistema de información ambiental de Colombia*. Recuperado el 28 de 01 de 2020, de www.siac.gov.co/ofertaagua
- Instituto Colombiano de minas y energia-Ingeominas. (Abril de 2007). *recordcenter.sgc.gov.co*. Obtenido de <http://recordcenter.sgc.gov.co/B10/22005002524660/Documento/Pdf/2105246601123000.pdf>
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM. (2013). 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. Bogota DC, Colombia.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) . (s.f.).
- Jaramillo, A., & Chaves, B. (2000). Distribución de la precipitación en Colombia analizada mediante conglomeración estadística. *Cenicafé V51*, 102-113.
- National Geographic. (08 de 11 de 2017). *Revista Nat Geo*. Recuperado el 2020 de 08 de 25, de <https://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/2017/07/la-intensificacion-de-las-precipitaciones-provocara-un-aumento-de-la>
- National Sanitation Foundation Water Quality Index. (27 de 12 de 2005). *Boulder area Sustainability Information Network*. Obtenido de http://bcn.boulder.co.us/basin/watershed/wqi_nsf.html
- Ordoñez, C., Cuaspud, E., & Paredes, K. (2017). Determinación del índice de calidad del agua de la quebrada de Yaznán, Río Blanco, Río Puluvi y Río Guachalá del cantón Cayambe. Quito, Ecuador.
- Organización de las Naciones Unidas. (22 de 10 de 2019). *www.un.org*. Recuperado el 30 de 11 de 2019, de www.un.org/spanish/waterforlifedecade/quality.shtml

- Ott, W. (1978). *Environmental Indices, Theory and Practice*. Ann Arbor: AA Science.
- Peña, E. (06 de 2007). *Repositorio de Epsol*. Recuperado el 25 de 10 de 2020, de <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6162/5/Investigacion.pdf>
- Pruss-Ustun, A., Bos, R., Gore, F., & Bartram, J. (2008). Safer water, better health: Costs, benefits and sustainability of interventions to protect and promote health. *Health Organization World*.
- Roldán, G. (2003). *Bioindicación de la calidad del agua en Colombia. Uso del método BMWP/Col*. Medellín: Universidad de Antioquia.
- Schütz, G., S., H., H., S., & Moreno, A. (2008). Principales marcos conceptuales aplicados para la evaluación de la salud ambiental mediante indicadores en América Latina y el Caribe. *Rev Panam Salud Pública*, 24-85.
- Secretaria del senado. Ley 99 de 1993. (31 de 12 de 2019). www.secretariassenado.gov.co.
Obtenido de www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley_0099_1993.html
- Severiche, C. A., Barreto, A. J., & Acevedo, R. L. (2013). Efecto de las Lluvias sobre la Calidad del Agua en La Ciénaga. *AVANCES Investigación en Ingeniería Vol. 10 - No. 1*, 58-67.
- Sierra Ramirez, C. (2011). *Calidad del agua Evaluación y Diagnóstico Ed.1*. Medellín: Ediciones de la U.
- Torres, P., Cruz, C. H., & Patiño, P. J. (2009). Índices de calidad de agua en fuentes superficiales utilizadas en la producción de agua para consumo humano una revisión crítica. *Revista Ingenierías*, 79-94.
- Universidad de Pamplona. (06 de agosto de 2010). *Unipamplona*. Recuperado el 26 de 04 de 2020, de http://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portaIG/home_10/recursos/general/pag_contenido/libros/06082010/icatest_capitulo3.pdf
- Yogendra, K., & Puttaiah, E. (2008). Determination of water quality index and sustainability of an urban waterbody in Shimoga Town. En G. o. Ministry of Environment and Forests (Ed.), *The 12th world lake conference* (págs. 342-346). Jaipur: Sengupta & R. Dalwani E.d.