

Proyecto cuenca río Camarones fase I

MÓDULO 3: COMPONENTE CALIDAD DEL AGUA EN EL MARCO DEL ESTUDIO SOBRE “MEDIDAS DE RESILIENCIA RELACIONADAS CON EL APROVISIONAMIENTO DE AGUA, SEGURIDAD ALIMENTARIA, NUTRICIONAL Y CON UN ENFOQUE DE GÉNERO EN LAS COMUNIDADES DE LA CUENCA DEL RÍO CAMARONES, EN LA GUAJIRA, AFECTADAS POR LA VARIABILIDAD Y CAMBIO CLIMÁTICO”

COMPONENTE CALIDAD DEL AGUA



Programa Mundial de Alimentos de Colombia

Debora Hines

Representante del Programa Mundial de Alimentos de Naciones Unidas

Joseph Martínez

Resilience and Climate Change Focal Point

United Nations World Food Programme

Ramasio Tiller

Jefe oficina de Riohacha PMA

Carlos Eduardo Gómez

Coordinador Proyecto Cuenca río Camarones

Autores

María Camila Gómez Bonilla

Ingeniera Ambiental. Msc Ciencias ambientales

Carlos Eduardo Gómez Sánchez

Agrólogo. Msc en fisiología Vegetal. Msc en Gestión Ambiental para el Desarrollo

Equipo de trabajo Proyecto Cuenca Río Camarones, Fase I

Coordinadores

Carlos Eduardo Gómez Sánchez

Joseph Martínez

Agradecimientos

Al director de Corpoguajira Dr. Manuel Medina y al jefe de Planeación Dr. Samuel Lanao

Al presidente del consejo de la cuenca del río Camarones Sr. Anderson Rosado

Índice

1	
1.	INTRODUCCIÓN9
2.	ESTADO DEL ARTE DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LA CUENCA DEL RÍO CAMARONES.....9
3.	CALIDAD DE AGUAS PARA CONSUMO HUMANO 13
3.1	Introducción 13
3.2	Metodología 13
3.2.1	Ubicación de los puntos de muestreo 13
3.2.2	Precipitaciones en la época de muestreo 16
3.2.3	Proceso Metodológico 18
3.3	Resultados y discusión 20
3.3.1	Índice de Riesgo para la Calidad de Agua de consumo humano 20
3.3.2	Resultados de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos..... 21
3.3.2.1	pH 22
3.3.2.2	Cloro residual 24
3.3.2.3	Alcalinidad 25
3.3.2.4	Sulfatos 26
3.3.2.5	Nitritos 27
3.3.2.6	Nitratos 28
3.3.2.7	Dureza total 29
3.3.2.8	Coliformes totales 30
3.3.2.9	Aluminio 31
3.3.2.10	Color aparente..... 32
3.3.2.11	Turbiedad..... 33
3.3.2.12	Arsénico..... 34
3.3.2.13	Hierro 35
3.3.2.14	Magnesio 36
3.3.2.15	Carbono orgánico 37
3.3.2.16	Cianuro. 38
3.3.2.17	Fluoruros 39

3.3.2.18	Ortofosfatos	40
3.3.2.19	Hidrocarburos aromáticos	41
3.3.2.20	Cobre	42
3.3.2.21	Bario	43
3.3.2.22	Cadmio	44
3.3.2.23	Calcio	45
3.3.2.24	Cromo.	46
3.3.2.25	Selenio	47
3.3.2.26	Trihalometanos	48
3.3.2.27	Manganeso	49
3.3.2.28	Mercurio	50
3.3.2.29	Níquel.....	52
3.3.2.30	Cloruros.....	54
3.4	Análisis de resultados de calidad de aguas para consumo humano por puntos de la cuenca	56
3.3.1	Análisis de resultados de los puntos de la parte baja de la cuenca	56
3.4.2	Análisis de resultados de los puntos de la parte media de la cuenca	66
3.4.3	Análisis de resultados de los puntos de la parte alta de la cuenca	70
3.4	Conclusiones	73
4.	CALIDAD DE AGUA PARA LA PRESERVACIÓN DE FLORA Y FAUNA.....	75
4.1	Introducción	75
4.2	Metodología para muestreo y análisis de muestras para la preservación de flora y fauna	76
4.2.1	Puntos de Monitoreo	76
4.2.2	Metodología	78
4.3	Resultados y discusión	79
4.3.1	pH – Temperatura.	79
4.3.2	Oxígeno Disuelto	82
4.3.3	Porcentaje de saturación de oxígeno disuelto.....	84
4.3.4	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) y Demanda Química de Oxígeno (DQO)	84
4.3.5	Sólidos Disueltos Totales y Sólidos Suspendidos Totales.....	87
4.3.6	Organoclorados y organofosforados.....	88
4.3.7	ICA.....	92

4.4	Análisis de resultados de calidad de agua para la preservación de flora y fauna en la cuenca hidrográfica del río camarones	94
4.5	Índice de calidad de aguas marinas y costeras para la preservación de flora y fauna (ICAMPFF)	95
5.	CALIDAD DE AGUA PARA USO AGRICOLA.....	101
5.1	Introducción	101
5.2	METODOLOGÍA PARA ANÁLISIS DE AGUAS PARA USO AGRÍCOLA	101
5.2.1	Ubicación de los Puntos de Monitoreo	101
5.2.2	Metodología	103
5.3	Resultados.....	105
5.3.1	Resultados de campo	105
5.3.2	Resultados fisicoquímicos y análisis	105
5.3.2.1	Conductividad.....	106
5.3.2.2	Relación de Adsorción de Sodio (RAS) y Porcentaje de Sodio Posible	106
5.3.2.3	Salinidad Efectiva y Potencial.....	107
5.4	Conclusiones.....	107
6.	POSIBLES PRESIONES O CAUSAS DEL ESTADO DE LA CALIDAD DEL AGUA	107
7.	IMPACTOS DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS EN LA SAN.....	109
8.	RESPUESTAS O SOLUCIONES	109

CONTENIDO DE FIGURAS

Figura 1.	Mapa de ubicación de los 25 puntos de agua muestreados para calidad de agua de consumo humano	15
Figura 2.	Precipitación y acumulado de precipitación en las 5 estaciones	18
Figura 3.	Índice de riesgo de la calidad del agua en la cuenca del río Camarones..	21
Figura 4.	Resultados del pH	22
Figura 5.	pH en la cuenca del río Camarones	23
Figura 6.	Resultados de cloro residual	24
Figura 7.	Cloro residual en la cuenca del río Camarones.....	24
Figura 8.	Resultados de alcalinidad	25
Figura 9.	Alcalinidad en la cuenca del río Camarones	25
Figura 10.	Resultados sulfatos.....	26
Figura 11.	Sulfatos en la cuenca del río Camarones.....	26
Figura 12.	Resultados de nitritos	27
Figura 13.	Nitritos en la cuenca del río Camarones	27
Figura 14.	Resultado de nitratos	28
Figura 15.	Nitratos en la cuenca del río Camarones	28
Figura 16.	Resultados de dureza total.....	29
Figura 17.	Dureza total en la cuenca del río Camarones	29

Figura 18. Resultados coliformes totales	30
Figura 19. Coliformes en la cuenca del río Camarones	30
Figura 20. Niveles de aluminio.....	31
Figura 21. Aluminio en la cuenca del río Camarones	31
Figura 22. Niveles de color aparente	32
Figura 23. Color aparente en la cuenca del río Camarones.....	32
Figura 24. Resultados turbiedad	33
Figura 25. Turbiedad en la cuenca del río Camarones	33
Figura 26. Resultados arsénico	34
Figura 27. Arsénico en la cuenca del río Camarones	34
Figura 28. Resultados de hierro	35
Figura 29. Hierro en la cuenca del río Camarones.....	35
Figura 30. Resultados del magnesio	36
Figura 31. Magnesio en la cuenca del río Camarones	36
Figura 32. Resultados del carbono orgánico.....	37
Figura 33. Carbono orgánico en la cuenca del río Camarones.....	37
Figura 34. Resultados de cianuro	38
Figura 35. Cianuro en la cuenca del río Camarones	38
Figura 36. Resultados de los fluoruros	39
Figura 37. Fluoruros en la cuenca del río Camarones	39
Figura 38. Resultados de los ortofosfatos.....	40
Figura 39. Ortofosfatos en la cuenca del río Camarones	40
Figura 40. Resultados de hidrocarburos aromáticos	41
Figura 41. Hidrocarburos aromáticos en la cuenca del río Camarones	41
Figura 42. Resultados del cobre.....	42
Figura 43. Cobre en la cuenca del río Camarones.....	42
Figura 44. Resultados bario.....	43
Figura 45. Bario en la cuenca del río Camarones.....	43
Figura 46. Resultados de cadmio	44
Figura 47. Cadmio en la cuenca del río Camarones.....	44
Figura 48. Resultados del calcio.....	45
Figura 49. Calcio en la cuenca del río Camarones.....	45
Figura 50. Resultados de cromo.....	46
Figura 51. Cromo en la cuenca del río Camarones.....	46
Figura 52. Resultados del selenio.....	47
Figura 53. Selenio en la cuenca del río Camarones.....	47
Figura 54. Resultados de trihalometanos	48
Figura 55. Trihalometanos en la cuenca del río Camarones.....	48
Figura 56. Resultados de manganeso	49
Figura 57. Manganeso en la cuenca del río Camarones	49
Figura 58. Resultados de mercurio	50
Figura 59. Mercurio en la cuenca del río Camarones	51
Figura 60. Resultados de níquel.....	52
Figura 61. Níquel en la cuenca del río Camarones	53
Figura 62. Resultados cloruros	54

Figura 63. Cloruros en la cuenca del río Camarones	55
Figura 64 Ubicación de los puntos de muestras de aguas	77
Figura 65. Límites de DBO y DQO, establecidos por el Decreto 1594 de 1984	79
Figura 66 Resultado de pH.....	80
Figura 67. Resultados de temperatura	80
Figura 68. Cumplimiento en los niveles de pH en los cuerpos de agua naturales de la cuenca del río Camarones	81
Figura 69. Cumplimiento de los niveles de Oxígeno Disuelto (OD) en los cuerpos de agua naturales de la cuenca del río Camarones	82
Figura 70 Resultado de Oxígeno Disuelto	83
Figura 71. Resultados de saturación de oxígeno disuelto en la cuenca del río Camarones	84
Figura 72. Niveles de DBO5	85
Figura 73. Cumplimiento de los niveles de DBO5 en los cuerpos de agua naturales de la cuenca del río Camarones	86
Figura 74. Resultados DQO	87
Figura 75. Resultados Solidos Suspendidos Totales	88
Figura 76. Resultados de los pesticidas organoclorados.....	88
Figura 77. Resultados de los plaguicidas organofosforados	89
Figura 78. Cumplimiento de los niveles de pesticidas organoclorados en la cuenca del río Camarones	90
Figura 79. Cumplimiento de niveles de pesticidas organofosforados en la cuenca del río Camarones	91
Figura 80. Niveles del ICA en la cuenca del río camarones.....	93
Figura 81. Índice de Calidad de Aguas Marinas y Costeras para la preservación de flora y fauna en Camarones	¡Error! Marcador no definido.
Figura 82. Ubicación de puntos de muestreo de aguas marinas de CORPOGUAJIRA	98
Figura 83. Puntos de muestras de aguas para uso agrícola	103
Figura 84. Resultados de conductividad eléctrica.....	106

CONTENIDO DE TABLAS

Tabla 1. Consolidado ICA red de monitoreo laboratorio ambiental CORPOGUAJIRA	11
Tabla 2. Puntos de muestreo y descripción para análisis de calidad de agua de consumo humano por parte de la cuenca	14
Tabla 3. Parámetros y niveles límite según resolución 2115 del 2007	18
Tabla 4. Clasificación del nivel de riesgo IRCA según resolución 2115 del 2007	19
Tabla 5. Resultados del IRCA y nivel de riesgo	20
Tabla 6. Ponderaciones según resultados de parámetros fisicoquímicos y del IRCA	56
Tabla 7. Resultados de la parte baja de la cuenca	57
Tabla 8. Resultados de la parte media de la cuenca.....	66
Tabla 9. Resultados de la parte alta de la cuenca del río Camarones	70
Tabla 10. Implicaciones para la salud por altas concentraciones de los parámetros.....	73
Tabla 11. Artículo 2.2.3.3.9.10 – Decreto 1076/2015	78
Tabla 12. Clasificación del ICA	92
Tabla 13. Índice de Calidad el Agua ICA en la región de lagunas costeras	92

Tabla 14. Ponderaciones según resultados de parámetros fisicoquímicos y del IRCA	94
Tabla 15. Resultados de parámetros evaluados de calidad de agua para la preservación de flora y fauna	94
Tabla 16. Escalas de valoración del Índice de Calidad de Aguas Marinas y Costeras (ICAMPff), y opciones de medidas que se pueden optar según la valoración del indicador ICAMPff.....	96
Tabla 17. Resultados ICAMPff del punto de monitoreo de la zona costera de la cuenca del río Camarones	96
Tabla 18. Resultados de parámetros fisicoquímicos del agua marina	99
Tabla 19. Ubicación de los puntos de monitoreo de aguas de uso agrícola	102
Tabla 20. Artículo 2.2.3.3.9.5 – Decreto 1076/2015	103
Tabla 21. Criterios para evaluar la calidad de las aguas para riego.....	105
Tabla 22. Resultados de campo.....	105
Tabla 23. Resultados de laboratorio de las muestras de agua	106

1. INTRODUCCIÓN

El agua es determinante en muchos sentidos para la seguridad alimentaria y para una buena nutrición, es la linfa vital de los ecosistemas, incluidos los bosques, lagos y humedales, de los que dependen la seguridad alimentaria y la nutrición de las generaciones presentes y futuras. Es indispensable disponer de agua de calidad y en cantidades adecuadas, ya sea para beber como para el saneamiento, la producción alimentaria (pesca, cultivos y ganadería) y la elaboración, transformación y preparación de los alimentos. La calidad del agua potable condiciona la eficacia con que el cuerpo humano absorbe los nutrientes (HLPE, 2015).

La falta de acceso a agua limpia y apta para el consumo y la higiene es una de las principales causas subyacentes de la malnutrición, especialmente en los niños (UNICEF, 1990).

Desde el punto de vista de la Seguridad Alimentaria y Nutricional, SAN, la calidad del agua tiene diferentes implicaciones según sus usos; las necesidades en materia de calidad del agua para riego varían según el cultivo; la calidad debe ser alta si el agua se usa para elaborar alimentos, para preparar comidas y para beber, y es importante para la salud y la higiene. La producción y elaboración de alimentos (y también de productos no alimentarios), sin embargo, pueden llegar a tener un impacto negativo en la calidad del agua (contaminación).

La cuenca del río Camarones, localizada en el departamento de La Guajira, tiene una población de 20.496 habitantes entre los cuales se encuentran indígenas wayúu y afrodescendientes (CORPOGUAJIRA, 2016). Los indicadores de seguridad alimentaria obtenidos por el Programa Mundial de Alimentos, PMA 2018 demuestran que hay hambre, y los niveles de desnutrición se manifiestan especialmente en las comunidades indígenas de la cuenca.

Para el estudio de la Inseguridad alimentaria, es indispensable conocer la influencia de la calidad del agua en tres usos diferentes: para el consumo humano y la preparación de alimentos, para la preservación de flora y fauna de lagunas costeras como fuente de alimentos para los habitantes de la cuenca baja (peces, moluscos y crustáceos) y para los regadíos de los cultivos. Estos usos no fueron identificados en estudios anteriores, igualmente en estudios anteriores tampoco se estudió la calidad de las aguas subterráneas para consumo humano.

En este documento se presenta inicialmente, un resumen de la información sobre calidad del agua obtenida en el estudio del Plan de Manejo y Ordenamiento de una Cuenca, POMCA del río Camarones. Posteriormente, se presenta la metodología, resultados, análisis de resultados y conclusiones de la calidad de cada uno de los tres usos del agua mencionados previamente.

Para llevar a cabo este ejercicio, se contrató la firma INTERTEK para la realización de toma de muestras y análisis de laboratorio de las muestras de aguas para los tres usos, consumo humano, uso para riego de cultivos y conservación de fauna y flora.

2. ESTADO DEL ARTE DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LA CUENCA DEL RÍO CAMARONES

COPORGUAJIRA, en cumplimiento de sus funciones y en la elaboración del Plan de ordenamiento y manejo de la cuenca del río Camarones, aún si publicar, ha realizado el estudio de las aguas mediante los Índices de Calidad de Agua ICA y el Índice de Alteración Potencial de la Calidad de Aguas IACAL.

En relación con el Índice de Calidad de Agua ICA, el cual determina condiciones fisicoquímicas generales de la calidad de un cuerpo de agua y en alguna medida, permite reconocer problemas de contaminación en un punto

determinado por un intervalo de tiempo específico. Además, este índice representa el estado general del agua y las posibilidades o limitaciones para determinados usos en función de variables seleccionadas, mediante ponderaciones y agregación de variables físicas, químicas y biológicas (CORPOGUAJIRA, 2016).

Para obtener este índice la corporación realizó dos campañas de monitoreo, una en temporada húmeda y otra en temporada seca en el año 2016, en cada campaña se tomaron 7 muestras de agua en la cuenca, distribuidas 4 en la parte baja y 3 en la alta. Como resultado se encontró que el ICA no presentó variación significativa en los muestreos realizados durante las dos condiciones hidrológicas (tiempo seco y tiempo húmedo), indicando que la escorrentía ocasionada por los arrastres de contaminante y posibles aportes de lixiviados no incrementan de manera excesiva los valores de carga contaminante en la temporada de mayores caudales (CORPOGUAJIRA, 2016).

Este indicador presenta categoría regular en la parte alta de la cuenca y categoría mala en la parte baja de esta, tanto en la temporada hidrológica seca como en la temporada media-húmeda, lo que indica que a lo largo de la cuenca se presentan descargas que se adicionan en concentración contaminante y no se ve favorecida por efecto de dilución. La cuenca del río Camarones durante la temporada hidrológica seca y media-húmeda presenta deterioro a medida que desciende durante el recorrido de su cauce desde la parte alta hasta la parte baja (CORPOGUAJIRA, 2016).

Durante la temporada seca en la parte alta el Índice de Calidad del Agua ICA es regular en los cuerpos de agua como el arroyo La Gloria, arroyo Cabarria y el arroyo Matahambre posiblemente por la influencia de actividades antrópicas en el sector del corregimiento de Tomarrazón. La parte baja se caracteriza por mantener un ICA malo en el arroyo Masangá, arroyo Pacho y en la laguna Navío. Su localización cercana al mar, la presencia de cloruros y turbiedad son uno de los factores que influyen en las concentraciones de las principales variables de calidad como conductividad y sólidos suspendidos totales. Adicional a esto la laguna Navío Quebrado por su condición de sistema léntico y la función que cumple de laguna costera recibe y acumula materia orgánica y nutrientes que provienen de diversas fuentes naturales y antropogénicas (CORPOGUAJIRA, 2016).

En temporada media-húmeda el ICA en la parte alta de la cuenca se mantiene en la misma categoría regular que en la temporada seca, pero si difiere en los valores del índice y coincide con el mismo valor en el último punto de esta zona. En la parte baja de la cuenca su calidad se mantiene en categoría mala, con los valores de los índices de calidad superiores a los registrados durante la temporada seca.

Lo anterior, indica que en las dos condiciones hidrológicas las presiones asociadas a vertimientos residuales domésticos y el uso del agua son los factores que inciden en el detrimento de la calidad del agua de la cuenca. Cabe anotar que el aumento de caudal en temporada media-húmeda ayuda a diluir la concentración de contaminantes en lugares cercanos a las poblaciones (CORPOGUAJIRA, 2016).

Igualmente, el laboratorio ambiental de la corporación cuenta con una red de monitoreo con estaciones ubicadas en la subzonas de arroyo Majacinta (parte alta de la cuenca), arroyo el Bajero (parte media de la cuenca) y Ciénaga Grande (parte baja de la cuenca), de la cuales se ha reportado el ICA desde el primer período del 2013 hasta primer período de 2016 (fecha de entrega del estudio POMCA a la Corporación), en la tabla 1 se presentan los resultados del ICA monitoreados en estos años.

Tabla 1. Consolidado ICA red de monitoreo Laboratorio Ambiental CORPOGUAJIRA

CUERPO DE AGUA	ICA REPORTADO POR LA RED CORPOGUAJIRA					
	2013_I	2013_II	2014_I	2014_II	2015_I	2016_I
	CATEGORIA	CATEGORIA	CATEGORIA	CATEGORIA	CATEGORIA	CATEGORIA
Arroyo Majacinta	Buena	Buena	Buena	Buena	Media	Media
Arroyo EL Bajero	Media	Buena	-	Buena	-	Media
Ciénaga Grande	-	-	-	Buena	Media	-

Fuente: Adaptado de Índice de Calidad del Agua ICA, Red de Monitoreo Laboratorio Ambiental. (CORPOGUAJIRA, 2016).

Como se aprecia en la tabla 1, la categoría del ICA en la parte alta de la cuenca siempre fue buena hasta el año 2015 donde comenzó a obtener un ICA medio. En la parte media la cuenca en el primer período del año 2013 el IRCA fue medio, en el segundo semestre de este año se obtuvo un ICA bueno, sin embargo, en el año 2016 esta categoría volvió a bajar a medio. En la parte baja de la cuenca se tiene datos del ICA desde el segundo período de 2014 donde el ICA fue bueno, no obstante, en el primer semestre del 2015 está bajo a categoría media.

Por otro lado, en el estudio del POMCA de la cuenca del río Camarones 2016, se obtuvo el Índice de Alteración Potencial de la Calidad del Agua IACAL, el cual refleja la contribución/alteración potencial de la calidad del agua por presión de la actividad socioeconómica, a escala de subzonas hidrográficas y subcuencas, pues se calcula en función de la presión ambiental, entendida como la contribución potencial de cada agente social o actividad humana (población, industria, agricultura, minería) a las alteraciones del medio ambiente por consumo de recursos naturales, generación de residuos (emisión o vertimiento) y transformación del medio físico (CORPOGUAJIRA, 2016). El IACAL permitió identificar que el 5.8% de la cuenca se ubica en la categoría muy alta, 8.8% en categoría alta, el 11.7% en categoría media alta, el 8.8% en moderada, y el 64.7% en categoría baja durante temporada del año medio y seco (CORPOGUAJIRA, 2016).

Además de la red de monitoreo de calidad del agua a cargo del laboratorio de Calidad Ambiental, CORPOGUAJIRA ha desarrollado monitoreos de calidad del agua en lo transcurrido del año 2016 en el marco del Contrato de Consultoría No. 0141 celebrado con el Consorcio "WAJIRA" para la fase de diagnóstico del ajuste del POMCA cuenca río Camarones y otros directos al Caribe, en donde también se consideraron valores de parámetros fisicoquímicos para la calidad de agua de años anteriores obtenidos por el laboratorio ambiental de la corporación, se evaluaron los parámetros pH, oxígeno disuelto, DBO, SST, conductividad y coliformes fecales considerados determinantes para analizar la calidad del agua en las estaciones de la red de monitoreo establecidas dentro de la cuenca del río Camarones (CORPOGUAJIRA, 2016).

Cada parámetro muestra una variación según la temporada en la que se ha evaluado y describe una tendencia. Respecto al parámetro de pH en las tres estaciones monitoreadas se obtuvo registros que se mantienen en los rangos aceptables establecidos, sin embargo, en la laguna Navío se registra un valor más alto que en las otras estaciones durante los períodos más recientes. Es importante anotar que cada estación representa un cuerpo de agua independiente a los demás y la comparativa se hace por zona o tramo de la cuenca. Respecto al oxígeno disuelto, la estación del arroyo Majacinta (parte alta de la cuenca) es el punto de monitoreo que presenta mejores niveles de oxígeno disuelto, ya que es un cuerpo de agua que tiene un flujo más constante que los otros, mientras que arroyo El Bajero (parte media de la cuenca) tiende a tener bajo nivel de oxígeno por manejar corrientes más lentas. En cuanto al DBO5 se observa que la ciénaga Grande (parte baja de la cuenca) es el punto con el reporte más alto de DBO5 y esto corresponde a que es un cuerpo de agua léntico, en períodos secos no hay flujo de agua del mar con los ríos (CORPOGUAJIRA, 2016).

El parámetro de Sólidos Suspendidos Totales SST, en la estación parte alta de la cuenca, arroyo Majacinta, tienen valores por debajo de los límites de detección de 4.5, mientras que la ciénaga Grande por ser un cuerpo de agua léntico que recibe descargas de material de arrastre presenta altos valores de SST en los períodos medidos. El

parámetro de conductividad en los cuerpos de agua dulce de la zona media y alta de la cuenca Camarones, están en los rangos óptimos, mientras que la conductividad en la ciénaga Grande es alta durante todos los períodos, esto se debe a que contiene una alta concentración de salinidad, por ser un ecosistema estuarino. Los Coliformes Fecales tiene una relevancia alta a la hora de analizar la calidad de los cuerpos de agua y de acuerdo a los datos registrados, la estación del arroyo Majacinta para el primer período del año 2013 obtuvo valores muy por encima de los rangos establecidos por norma y los objetivos de calidad para su uso, superando los 30000 NMP/100ml, mientras que en las demás zonas de la cuenca el valor reportado es menor pero igual tiene presencia de coliformes fecales (CORPOGUAJIRA, 2016).

Como resultado del convenio con Consorcio “WAJIRA” se implementaron otras 7 estaciones de monitoreo de calidad de aguas, 4 de estas en el transcurso del río Camarones y los otros 3 en la laguna de Navío Quebrado, laguna Grande y en arroyo Grande. Como resultados de los principales parámetros fisicoquímicos de la calidad del agua para la cuenca del río Camarones para el año 2016 en las dos campañas elaboradas (en época seca y húmeda), se obtuvo que durante las dos campañas de monitoreo se reportaron temperaturas entre el rango de 26.4°C y 33.2 °C, las más altas se presentaron en la primera campaña donde el volumen de agua era menor; con un valor máximo de temperatura de 33.2°C en la zona alta y baja de la cuenca, laguna Navío y el río Camarones después de la descarga del arroyo Majacinta. Se debe considerar que los componentes hídricos de esta cuenca en la mayor parte del año mantienen con niveles bajos de lámina de agua en su cauce lo que permite niveles altos de este parámetro. Referente al pH durante ambas jornadas mantuvo valores entre 6.19 y 7.92 unidades, en la primera campaña el valor osciló entre 6.19 y 7.91 unidades, y para la segunda entre 7.54 y 7.92 unidades, presentando mayores valores en época medio-húmeda (CORPOGUAJIRA, 2016).

En lo que respecta a los Sólidos Suspendidos los resultados permiten analizar que los valores más altos se presentan en la época seca con valores que fluctúan entre 0 – 235 mg/L, en época húmeda se presentan valores entre 0 – 74.5 mg/L, la laguna Navío fue el cuerpo de agua monitoreado en época seca que presenta la mayor concentración de sólidos suspendidos, al igual que el arroyo Pacho en época húmeda. La conductividad presenta valores mayores en la temporada seca que en temporada húmeda. Esta variable en ambas campañas tiene un aumento en los puntos monitoreados que se encuentran más cercanos al mar, tal es el caso de la laguna Navío monitoreada en dos puntos donde se presentan las conductividades más altas de la cuenca. El cuerpo de agua con mayor conductividad de la cuenca río Camarones es un sistema léntico (CORPOGUAJIRA, 2016).

Los valores obtenidos por la demanda bioquímica de oxígeno DBO5 en las dos campañas de monitoreo reportan bajas concentraciones de materia orgánica en general, pero aún más en época seca. El arroyo Grande y el río Camarones después de la descarga del arroyo Majacinta durante la temporada seca no superaron el valor límite cuantificable y para la temporada húmeda río Camarones en el cruce de la vía a los Gorros y después de la descarga del arroyo Majacinta tampoco superaron este valor. El máximo valor de DBO5 en la campaña seca se presentó en el arroyo Pacho y en temporada húmeda en la laguna Navío con 16.92 y 18.42 mg O/L respectivamente (CORPOGUAJIRA, 2016).

Los resultados obtenidos en la temporada seca del porcentaje de saturación de oxígeno se presentaron en mayor porcentaje en la parte alta de la cuenca con valores de 111% - 131%, a lo que se puede decir que existe sobresaturación y en la parte baja de la cuenca se obtuvo valores por debajo del 100% en el rango entre el 91-99%. Se debe tener presente que el oxígeno disuelto es de vital importancia para los organismos acuáticos aerobios por lo tanto debe contar con el control pertinente para la cuenca en ambas zonas donde fue monitoreado, ya que en la primera es usado para consumo humano y en la segunda para protección de Flora y Fauna (CORPOGUAJIRA, 2016).

Generalmente los valores obtenidos de fósforo y nNitrógeno durante las temporadas de estudio son bajos con un intervalo de 0.15 – 0.45 y las mayores concentraciones de fósforo se presentan en temporada seca, el arroyo Pacho es el que obtuvo mayor valor en esta época con 0.45 mg P/L. Los valores de este parámetro para temporada seca y húmeda se encuentran entre 0.15 y 0.23 mg P/L respectivamente. El nitrógeno obtenido durante las dos campañas de monitoreo realizadas en temporadas seca y húmeda no supera el valor de 5.31 mg

P/L (límite cuantificable del método), por lo tanto, no se muestran gráficas de este parámetro (CORPOGUAJRA, 2016).

Las concentraciones de E. Coli disminuyen en la temporada húmeda cuando aumenta el nivel del agua en los cuerpos de agua, las concentraciones para esta temporada se encuentran entre <100 – 657 NMP/100. En temporada seca las E. coli presentan picos altos de concentración en los puntos donde se presenta ausencia de velocidades del líquido en el cauce, los valores reportados para esta temporada se encuentran en el rango de <10 – 19863 NMP/100 (CORPOGUAJRA, 2016).

En temporada seca el arroyo Pacho es quien presenta los mayores valores de E. Coli en sus aguas y el de menor valor es el río Camarones antes del puente de la vía camarones. De igual manera, para la temporada húmeda el río Camarones después de la descarga del arroyo Majacinta es quien presenta el máximo valor de E. Coli 657 NMP/100, y el más bajo <100 NMP/100 el río Camarones antes del puente de la vía camarones y la laguna Navío (CORPOGUAJRA, 2016).

3. CALIDAD DE AGUAS PARA CONSUMO HUMANO

3.1 Introducción

El Programa Mundial de Alimentos PMA contrató los servicios de INTERTEK, para la realización de un estudio de caracterización de agua para consumo humano en veinticinco (25) puntos localizados desde la parte alta hasta la baja de la cuenca del río Camarones.

El monitoreo fue desarrollado en los sistemas de abastecimiento de agua potable y se llevó a cabo los días 21 y 22 de diciembre de 2017. Las muestras fueron tomadas por el laboratorio SERAMBIENTE S.A.S y analizadas por los laboratorios SERAMBIENTE S.A.S, SGS COLOMBIA S.A.S. y CHEMILAB LTDA.

La evaluación de los resultados fisicoquímicos y microbiológicos consistió en su comparación con los criterios establecidos en la Resolución 2115 de 2007 por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano, demandada por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Sostenible.

3.2 Metodología

3.2.1 Ubicación de los puntos de muestreo

En la tabla 2 se presenta la ubicación de los puntos de monitoreo de la etapa de campo en las tres partes de la cuenca, separando las muestras correspondientes a fuentes subterráneas o superficiales. En la figura 1 se presenta la ubicación de los 25 puntos de agua tomados, las coordenadas de los puntos y las características de monitoreo se encuentran en el Anexo 1.

Tabla 2. Puntos de muestreo y descripción para análisis de calidad de agua de consumo humano por parte de la cuenca

Parte de la cuenca	Aguas subterráneas	Aguas superficiales
Baja	<p>-Punto 1 Pozo profundo Perico: Pozo profundo, agua incolora, agua dulce sin presencia de iridiscencia e inodora.</p> <p>-Punto 17 Camarones PTAP: Muestra de agua proveniente de un pozo profundo, la cual es salobre y fue tomada en una vivienda de Camarones.</p> <p>-Punto 20 Comunidad El Principio: Pozo profundo, agua incolora e inodora sin presencia de iridiscencia.</p> <p>-Punto 21 Comunidad El Toldo: Agua proveniente de un pozo profundo, incolora, inodora y sin presencia de iridiscencia.</p> <p>-Punto 24 Comunidad El Estero: Agua de pozo profundo (molino), incolora y sin presencia de iridiscencia.</p>	<p>-Punto 2 Caño El Roble Matitas: Cuerpo de agua sistema lótico, es utilizado como punto de captación de agua para consumo humano, también lo utilizan para diferentes actividades como lavandería y lavado de carros.</p> <p>-Punto 3 Río Tapias Matitas: Muestra de agua tomada en la bocatoma del río Tapias, la cual surge parte de la población de Matitas. Agua turbia sin presencia de iridiscencia.</p> <p>-Punto 16 Camarones carrotanque: Muestra de agua tomada de carrotanques que surten a la población con agua proveniente de Riohacha.</p> <p>-Punto 18 Planta desalinizadora Camarones: Muestra de agua tomada del sistema de salida de la planta de tratamiento de ósmosis inversa, agua incolora e inodora.</p> <p>-Punto 19 Río Camarones punto captación: Sistema lótico, agua utilizada para consumo humano de apariencia turbia.</p> <p>-Punto 22 Puente Guerrero: Agua utilizada para consumo humano.</p> <p>-Punto 23 Comunidad El Arroyo: Agua proporcionada por carrotanques.</p> <p>-Punto 25 Río Camarones – caserío: Agua tomada del río Camarones en la cuenca baja, la cual es usada para el consumo humano.</p>
Media	<p>-Punto 11 vereda Barbacoas pozo profundo: pozo profundo donde el agua es captada por medio de motobombas; agua incolora.</p> <p>-Punto 15 vereda El Abra: Agua tomada del pozo profundo succionado a través de un molino; agua incolora e inodora sin presencia de iridiscencia.</p>	<p>-Punto 9 Vereda Tomarrazón: Agua producida para consumo humano, captada del sistema lótico que pasa por el caserío. Agua incolora e inodora.</p> <p>-Punto 10 Vereda Galán: Sistema lótico, agua incolora e inodora sin presencia de iridiscencia.</p> <p>-Punto 12 Río Camarones barbacoas: Agua incolora, inodora sin presencia de iridiscencia. Se evidenció captación artesanal en el punto de monitoreo.</p> <p>-Punto 13 Vereda Cotoprix: Agua incolora e inodora tomada del sistema lótico; sin presencia de iridiscencia.</p> <p>-Punto 14 Vereda Arroyo Arena: Agua tomada del sistema lótico, incolora e inodora.</p>
Alta		<p>-Punto 4 Finca Arnoldo Fuentes: Punto de monitoreo tomado en la quebrada de la cuenca alta del río Camarones. Agua incolora e inodora. Sin presencia de vertimientos.</p> <p>-Punto 5 Vereda La Gloria: Agua utilizada de la quebrada para consumo humano, esta es almacenada en albercas de concreto. Agua incolora e inodora.</p> <p>-Punto 6 Caserío El Limbo: Sistema lótico el cual pasa por la vereda El Limbo y se surge de este cuerpo de agua. Sistema montañoso, agua incolora e inodora.</p> <p>-Punto 7 Caserío Santa Fe: Agua captada para consumo humano del sistema lótico; agua incolora e inodora.</p> <p>-Punto 8 Caserío Guadualito: Agua utilizada para consumo humano; incolora, inodora y sin presencia de iridiscencia.</p>

Fuente: Elaboración propia.

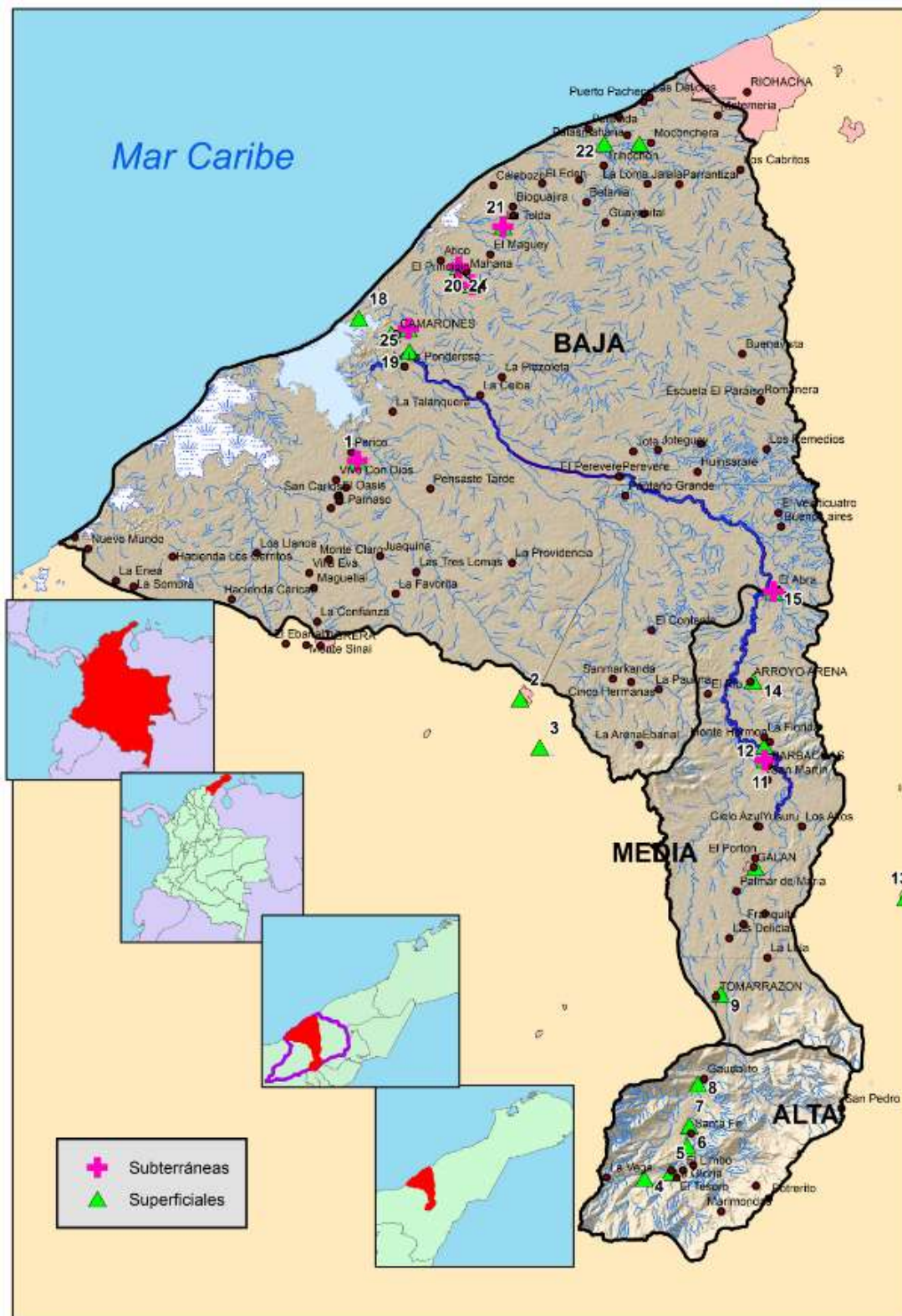
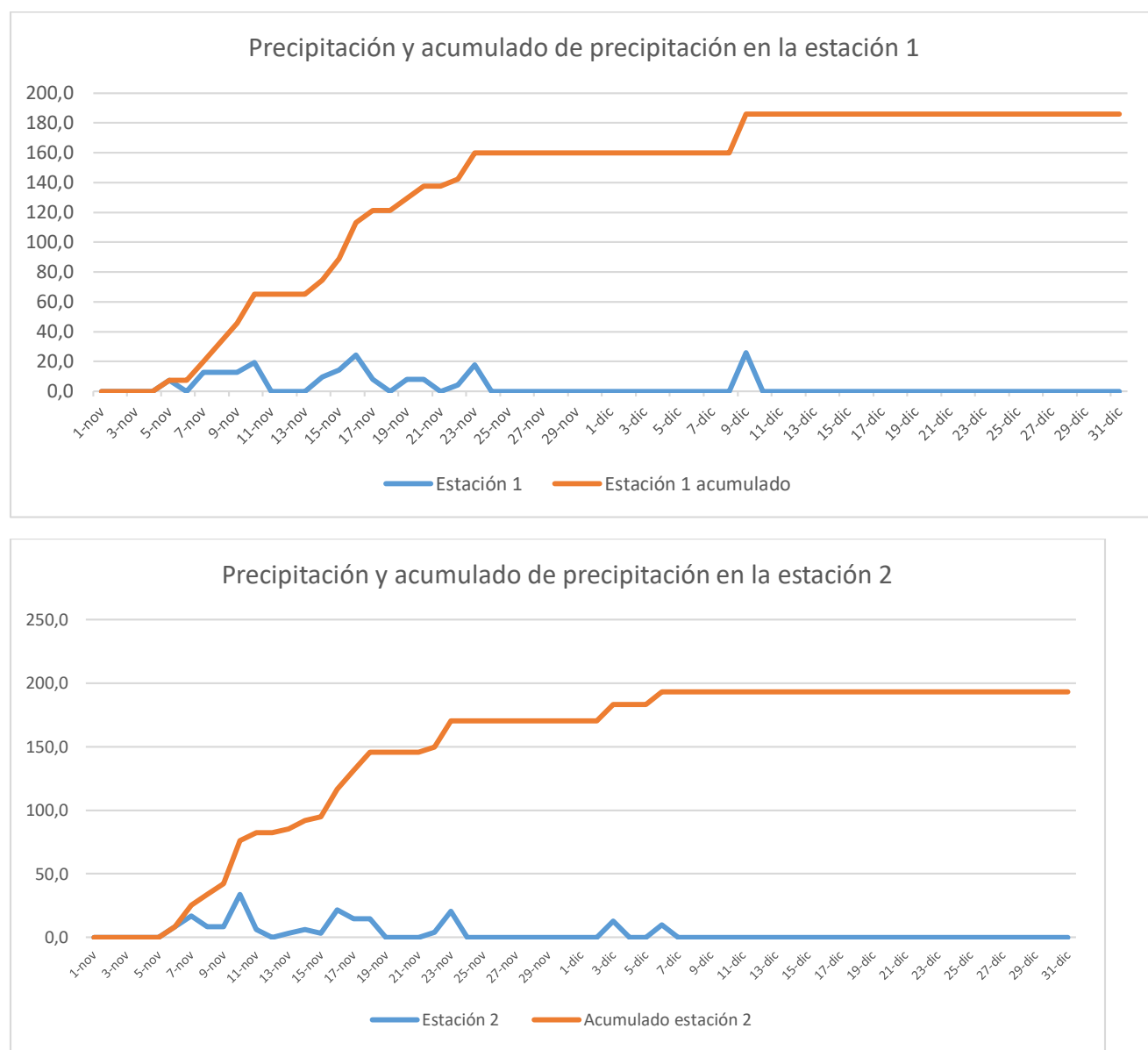


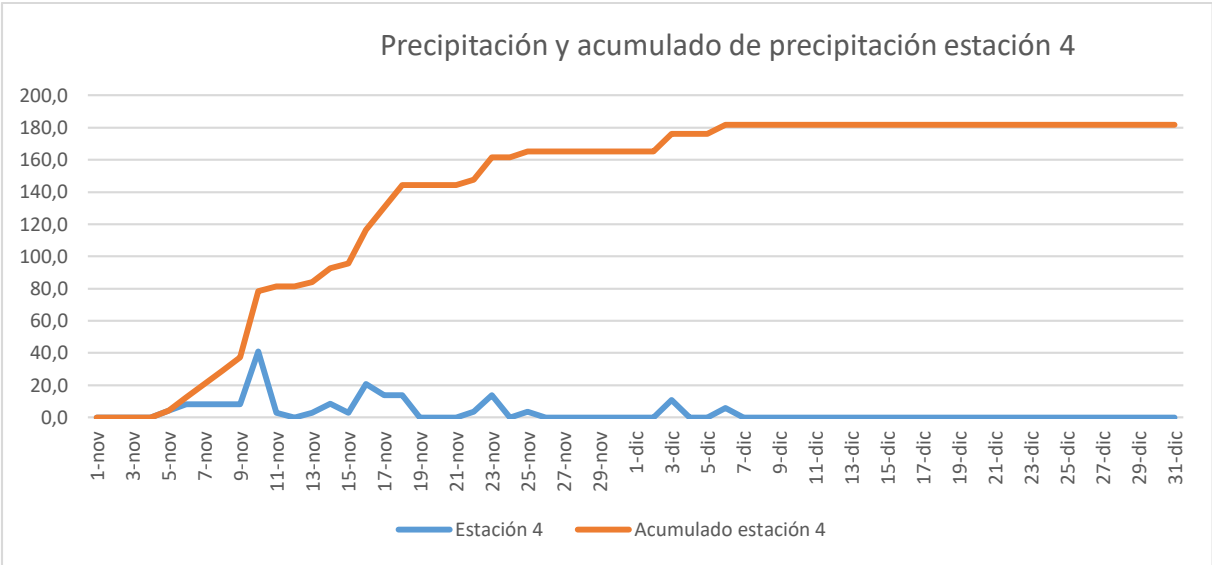
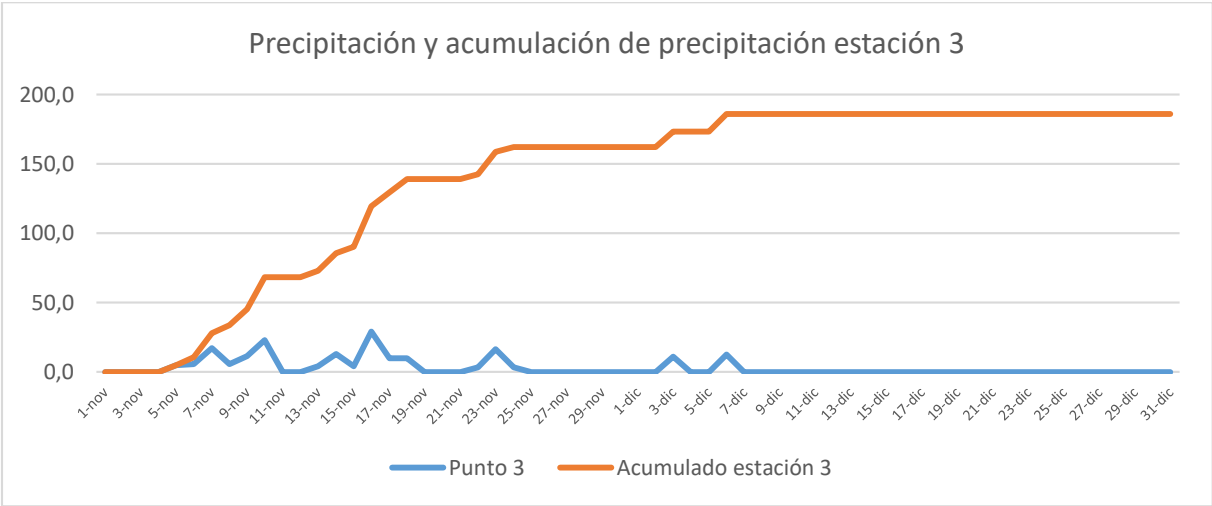
Figura 1: Mapa de ubicación de los 25 puntos de agua muestreados para calidad de agua de consumo humano.
Elaboración propia.

3.2.2 Precipitaciones en la época de muestreo

Con el objetivo de conocer las condiciones hidroclimáticas en los días de muestreo de aguas (21 y 22 de diciembre de 2017), se identificaron los valores de precipitación en los mapas nacionales de precipitación diaria que reporta el IDEAM y se obtuvieron los siguientes 5 gráficos, donde se reportan las precipitaciones y sus acumulados en las 5 estaciones que hay en la cuenca del río Camarones, entre los meses de noviembre y diciembre. La estación 1 se encuentra ubicada a 735 msnm, la estación 2 a 32 msnm, la estación 3 a 26 msnm, la estación 4 a 5 msnm y la estación 5 a 4 msnm. Como se aprecia en los gráficos de la figura 2, se registró en promedio que la última precipitación fue aproximadamente 15 días antes de la toma de muestras de agua (9 de diciembre).



COMPONENTE CALIDAD DEL AGUA



COMPONENTE CALIDAD DEL AGUA

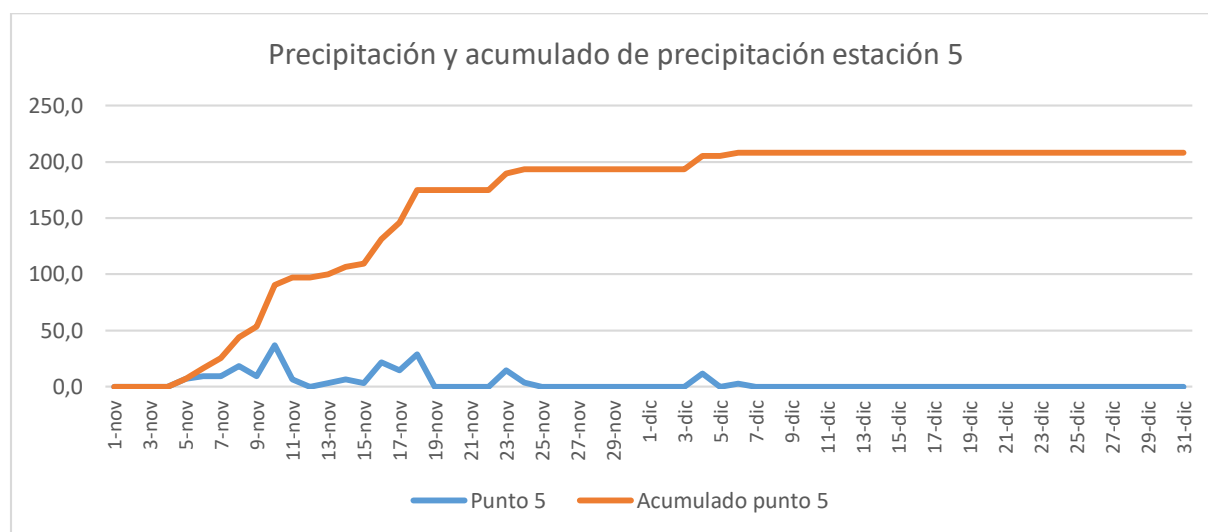


Figura 1. Precipitación y acumulado de precipitación en las 5 estaciones. Elaboración propia.

Los muestreos de aguas se realizaron para la época seca, cuando los caudales son mínimos y se esperan altas concentraciones de los parámetros medidos, sin embargo, se habían presentado lluvias en días anteriores atípicas como consecuencia de un frente frío del sur, según informes del IDEAM.

3.2.3 Proceso Metodológico

El proceso metodológico para la toma de muestras en campo, la etapa de campo y la etapa de laboratorio se encuentra descrito en el documento de anexos 1. A continuación, se presentan los resultados obtenidos de cada uno de los parámetros fisicoquímicos analizados para determinar la calidad del agua para consumo humano en la cuenca del río Camarones, los cuales se analizaron teniendo como referencia los criterios establecidos en la resolución 2115 de 2007 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Sostenible. En la tabla 3 se presentan los valores límite que establece la resolución.

Tabla 3. Parámetros y niveles límite según resolución 2115 del 2007

Parámetro	Valores límite, resolución 2115/2007
pH	6,5-9
Cloro Residual	0,3-2
Alcalinidad	200
Sulfatos	250
Cloruro	250
Nitritos	0,1
Nitratos	10
Dureza Total	300
Coliformes Totales	0
E. Coli	0
Carbono Orgánico Total	5
Cianuro Disociable	0,05
Cianuro Libre	0,05
Color Aparente	15

COMPONENTE CALIDAD DEL AGUA



Parámetro	Valores límite, resolución 2115/2007
Turbiedad	2
Fluoruros	1
Ortofosfatos	0,5
Hidrocarburos Aromáticos Polinucleares	0,01
Aluminio Total	0,2
Antimonio Total	0,02
Arsénico Total	0,01
Bario Total	0,7
Cadmio Total	0,003
Calcio Total	60
Cobre Total	1
Cromo Total	0,05
Hierro Total	0,3
Magnesio Total	36
Manganeso Total	0,1
Mercurio Total	0,001
Molibdeno Total	0,07
Níquel Total	0,02
Plomo Total	0,01
Selenio Total	0,01
Zinc Total	3
Trihalometanos	0,2

Igualmente, en esta resolución se describe el Índice de Riesgo de la Calidad de Agua para Consumo Humano IRCA, como uno de los índices más importantes para conocer el estado de la calidad de agua para consumo humano, en donde se establece el puntaje de clasificación de riesgo de acuerdo a sus resultados obtenidos, la clasificación del nivel del riesgo sugerido por esta resolución se presenta en la tabla 4 el cálculo de este índice se encuentra en el documento de anexos 1.

Tabla 4. Clasificación del nivel de riesgo IRCA según resolución 2115 del 2007

Clasificación IRCA (%)	Nivel de riesgo	Acciones
80.1-100	Inviabile sanitariamente	Agua no apta para consumo humano, gestión directa de acuerdo a su competencia de la persona prestadora, alcaldes, gobernantes y entidades de orden nacional.
35.1-80	Alto	Agua no apta para consumo humano, gestión directa de acuerdo a su competencia de la persona prestadora y de los alcaldes y gobernantes respectivos.
14.1-35	Medio	Agua no apta para consumo humano, gestión directa de la persona prestadora
5.1-14	Bajo	Agua no apta para consumo humano, susceptible de mejoramiento.
0.-5	Sin riesgo	Agua apta para consumo humano. Continuar la vigilancia.

Fuente: Elaboración propia.

3.3 Resultados y discusión

3.3.1 Índice de Riesgo para la Calidad de Agua de consumo humano

A continuación, se presentan los resultados obtenidos del IRCA de cada uno de los puntos en la tabla 5, los puntos señalados en rojo hacen referencia a los puntos de aguas subterráneas.

Tabla 5. Resultados del IRCA y nivel de riesgo

Parte de la cuenca	Punto	IRCA (%)	Nivel de riesgo
Baja	1	35.5	Alto
	2	79	Alto
	3	74.5	Alto
	16	15	Medio
	17	71	Alto
	18	62.5	Alto
	19	77.5	Alto
	20	57.5	Alto
	21	60.5	Alto
	22	72.5	Alto
	23	55	Alto
	24	63.5	Alto
	25	80.5	Inviabile sanitariamente
Media	9	55	Alto
	10	55	Alto
	11	56.5	Alto
	12	71.5	Alto
	13	61	Alto
	14	73	Alto
	15	55	Alto
Alta	4	55	Alto
	5	55	Alto
	6	55	Alto
	7	55	Alto
	8	59.5	Alto

Por otro lado, el IRCA promedio mensual que se obtuvo para el mes de diciembre (mes en que se realizó el muestreo) fue de 60,5%, es decir que la cuenca del río Camarones para el mes de diciembre contó con un nivel de riesgo alto, es decir agua no apta para consumo humano. En la figura 3 se presenta el mapa de la ubicación de los 25 puntos con el nivel del IRCA respectivo.

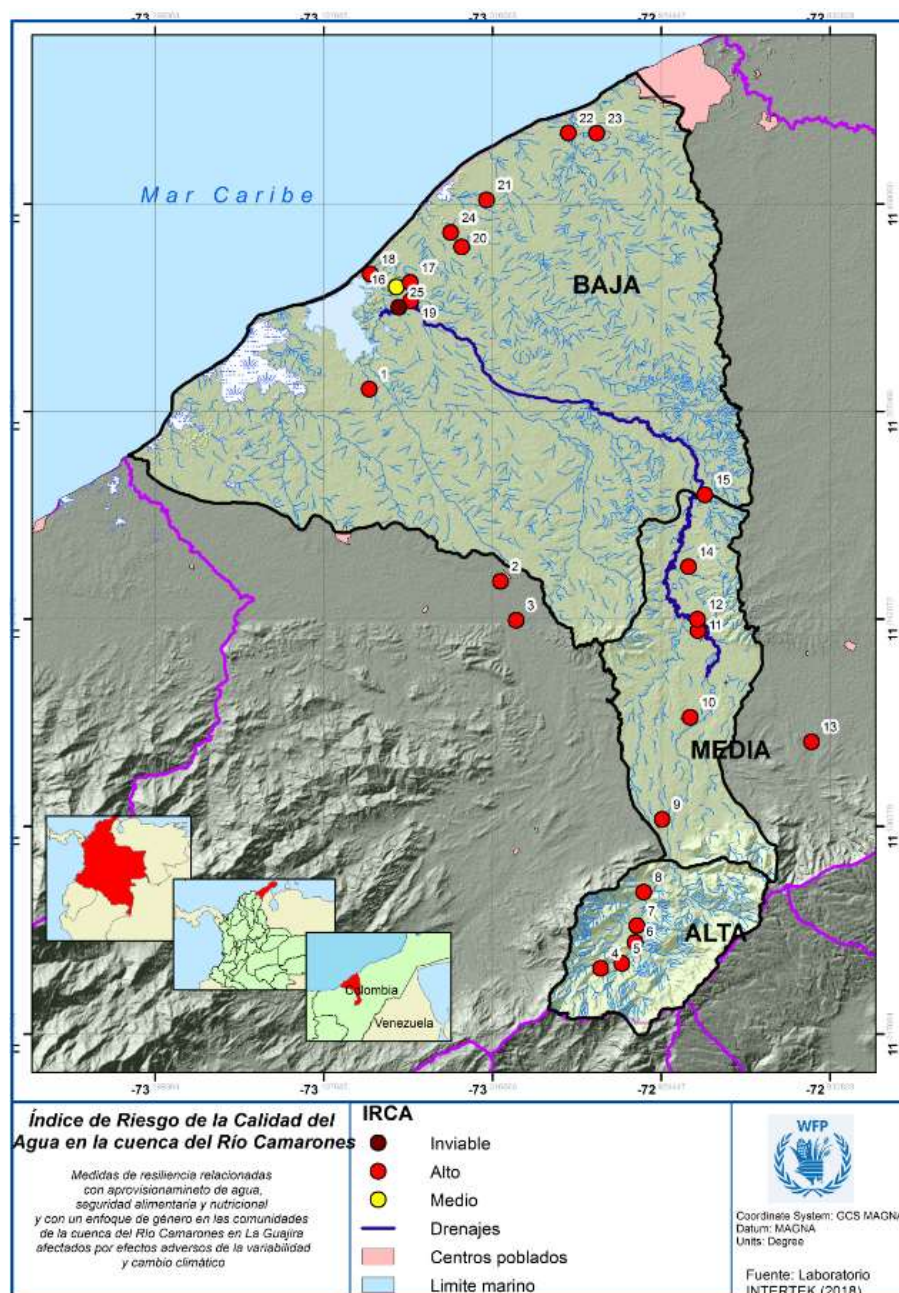


Figura 2. Índice de Riesgo de la calidad de Agua en la cuenca del río Camarones.

En la figura 3 se aprecia que el IRCA de la cuenca del río Camarones es de medio a inviable sanitariamente, por lo que se deduce que el agua que toman los habitantes de esta cuenca no es apta para su consumo en ninguna de las partes de la cuenca, incluyendo las aguas subterráneas.

3.3.2 Resultados de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos

A continuación se presentan los resultados de los parámetros evaluados, donde primero se aprecian las gráficas de los resultados obtenidos para cada uno de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos analizados (ver

COMPONENTE CALIDAD DEL AGUA

figuras de la 4 a la 62), los cuales están ordenadas por partes de la cuenca, es decir, las barras que se encuentran en color naranja hacen referencia a la parte alta de la cuenca, las barras de color amarillo corresponden a la parte media de la cuenca y finalmente las barras de color azul pertenecen a la parte baja de la cuenca, igualmente en estas gráficas se aprecia una línea roja la cual es el valor o rango límite del parámetro de acuerdo a la resolución 2115 del 2007, igualmente se presenta un mapa para cada uno de estos parámetros analizados donde se encuentra la ubicación de dichos puntos (ver figuras de la 5 a la 63).

La tabla de los resultados obtenidos por cada uno de los parámetros se encuentra en el documento de anexos 1.

3.3.2.1 pH

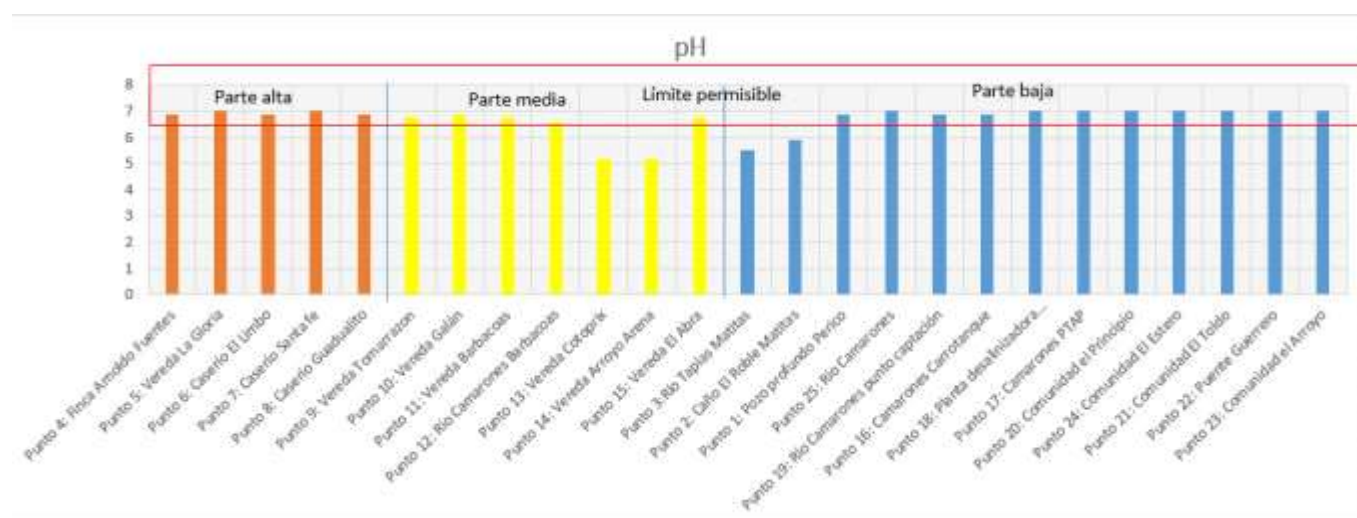


Figura 3. Resultados del pH. Elaboración propia.

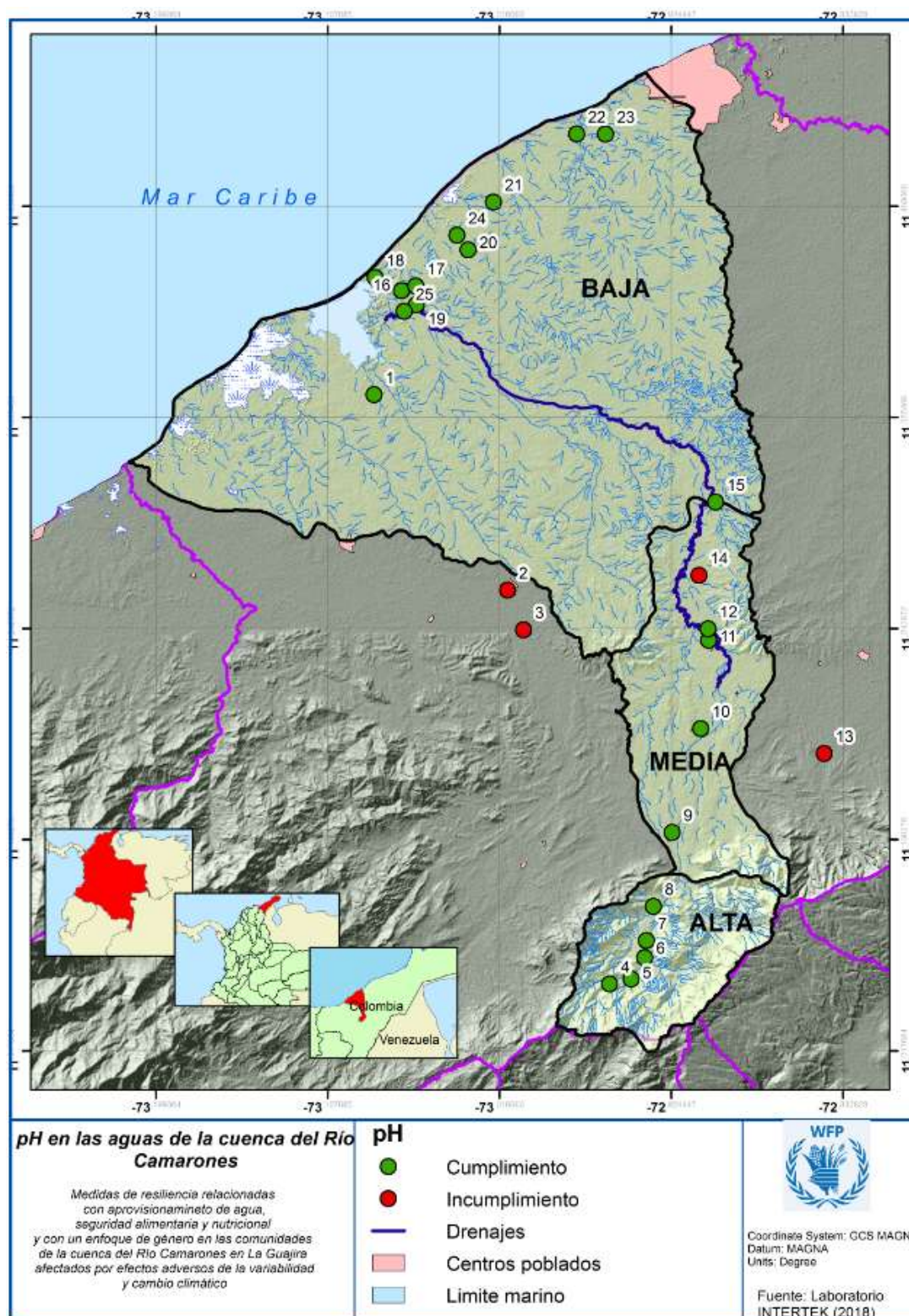


Figura 4. pH en la cuenca del río Camarones.

COMPONENTE CALIDAD DEL AGUA

Como se aprecia en la figura 4 y 5 mapa anterior, las concentraciones de pH que no cumplen con la resolución establecida, se encuentran entre la parte baja y media de la cuenca, en los puntos 2, 3, 14 y 13, siendo estos valores más bajos a los exigidos por lo que posiblemente en esta parte de la cuenca existe algún tipo de material que hace que el pH sea ácido. En cuanto a las aguas subterráneas correspondientes a los puntos 1, 11, 15, 17, 20, 21 y 24 tienen niveles de pH dentro del límite establecido en la resolución.

3.3.2.2 Cloro residual

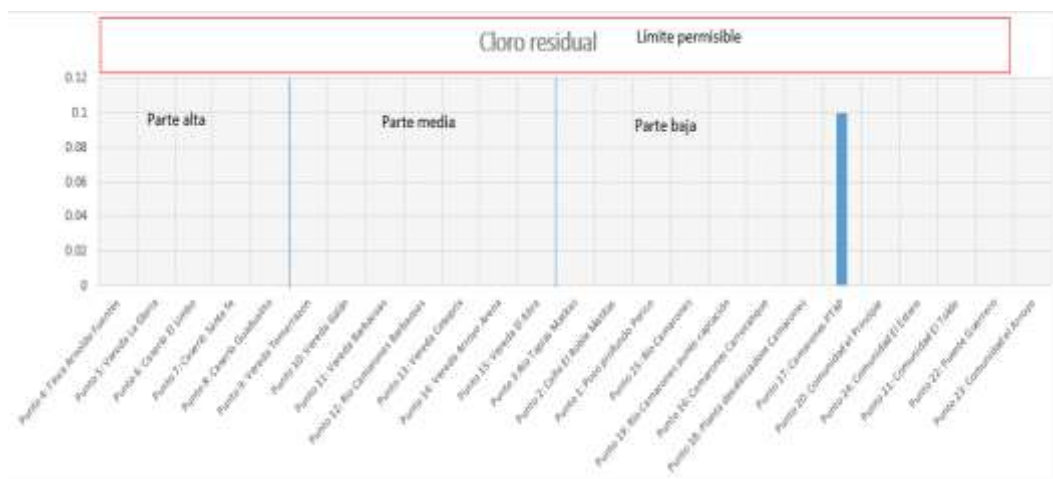


Figura 5. Resultados de cloro residual. Elaboración propia.

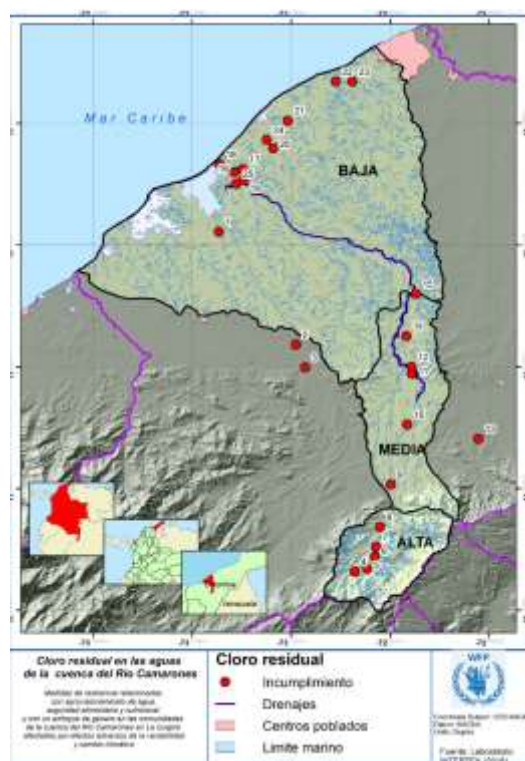


Figura 6. Cloro residual en la cuenca del río Camaroneros.

COMPONENTE CALIDAD DEL AGUA

El cloro residual se incumple en toda la cuenca del río Camarones, donde se obtuvieron niveles muy bajos de cloro residual de los límites que establece la resolución.

3.3.2.3 Alcalinidad

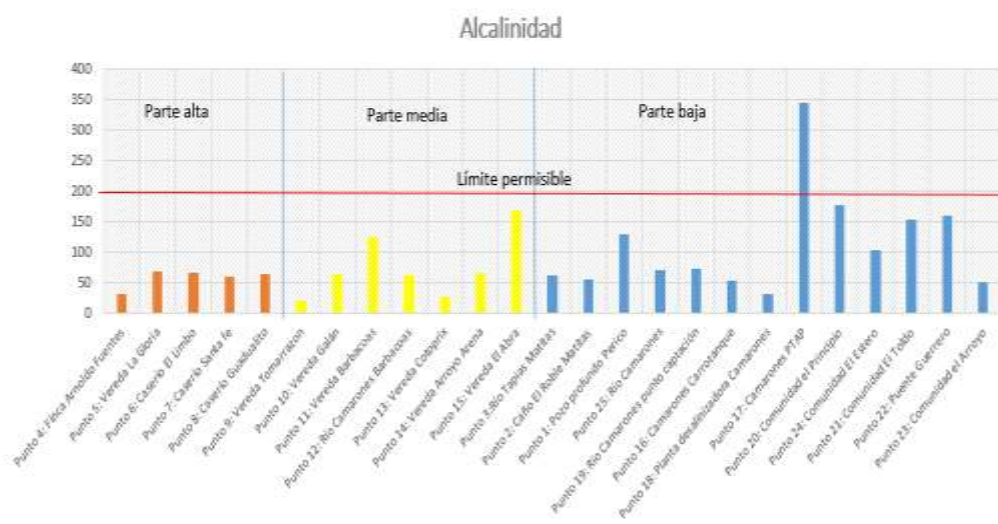


Figura 7. Resultados de alcalinidad. Elaboración propia.

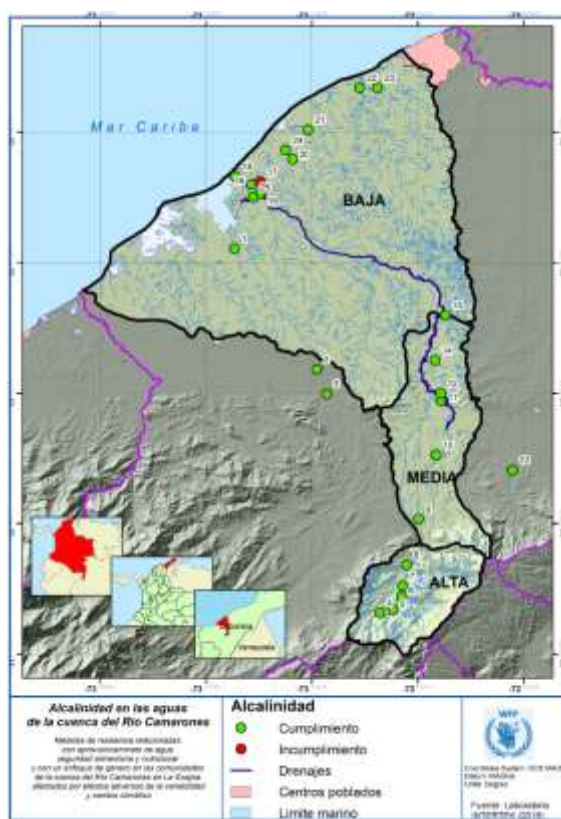


Figura 8. Alcalinidad en la cuenca del río Camarones.

La cuenca en general presenta niveles óptimos de alcalinidad, donde solo el punto 17 presenta niveles inadecuados que corresponde a la PTAP de pozo de aguas subterráneas salobres, en la parte baja de la cuenca, lo cual se puede explicar muy posiblemente por efecto de la cuña salina. En general se observa valores mayores de alcalinidad en la parte baja de la cuenca.

3.3.2.4 Sulfatos

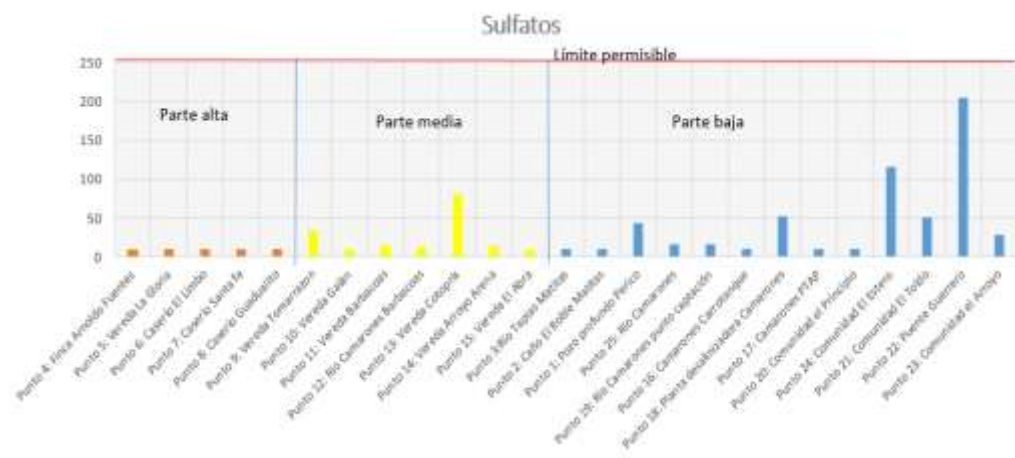


Figura 9. Resultados sulfatos. Elaboración propia.

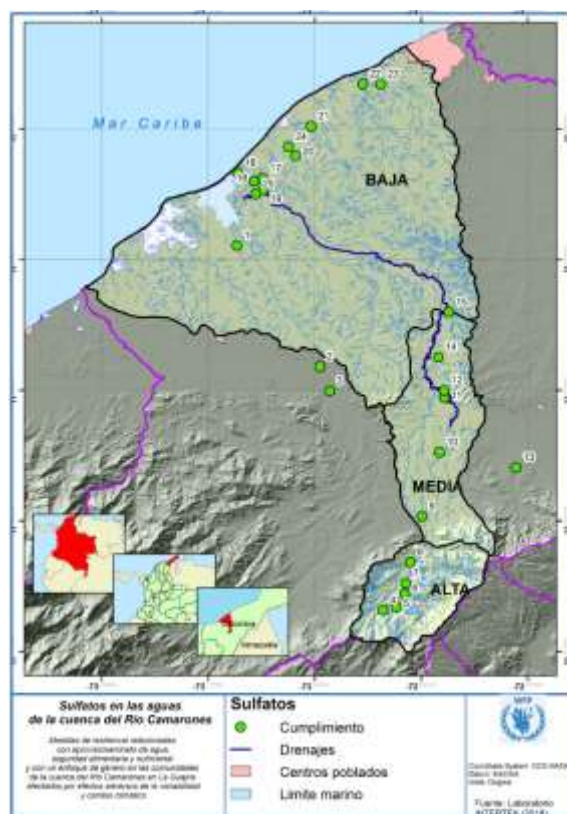


Figura 10. Sulfatos en la cuenca del río Camarones.

Como se aprecia en la figura 10 y 11, en todos los puntos se cumple el nivel de sulfato establecido, presentándose valores mayores de sulfatos en la parte baja de la cuenca.

3.3.2.5 Nitritos

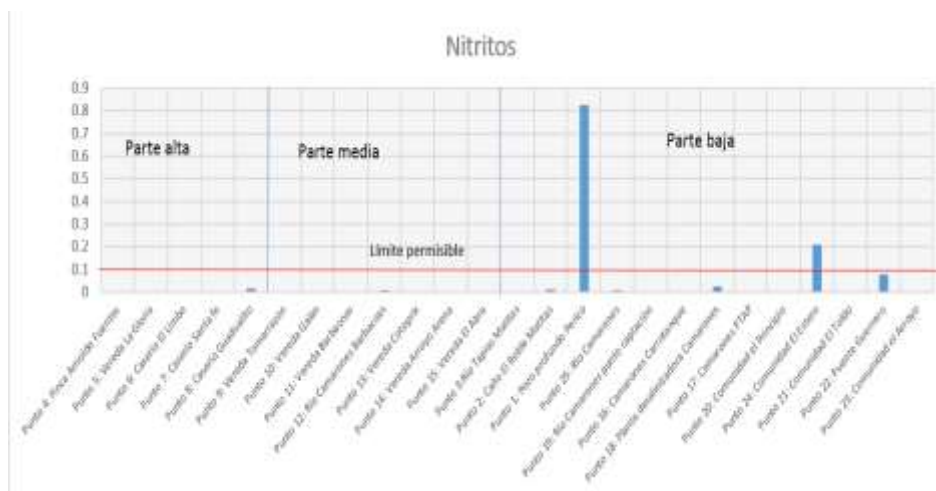


Figura 11. Resultados de nitritos. Elaboración propia.

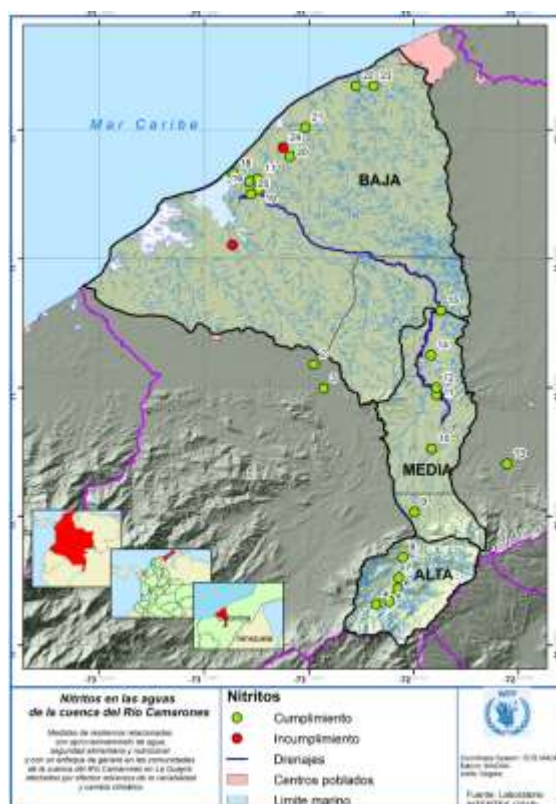
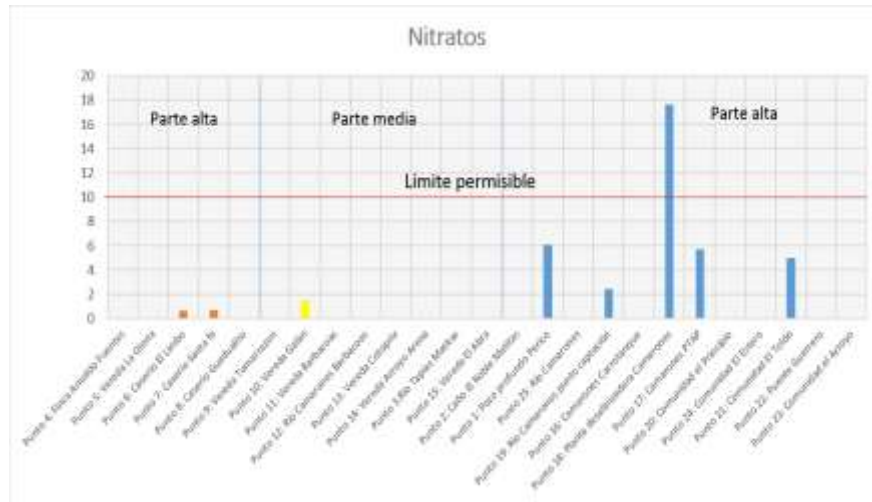


Figura 12. Nitritos en la cuenca del Río Camarones.

3.3.2.6 Nitratos



Nitratos en las aguas de la cuenca del Río Cameroles

Actividad de monitoreo seleccionada para el desarrollo de la gestión integral ambiental y turística y con un enfoque de género en las comunidades de la cuenca del Río Cameroles en la Zona de Desarrollo Turístico de la Península de Baja California Sur.

Nitratos

- Cumplimiento
- Incumplimiento
- Drenajes
- Centros poblados
- Límite marino

Coordinación General: MCTI y SEMAR
Elaboración: MCTI y SEMAR

28

Solo se registró un punto que incumple con el límite de nitratos establecidos en la resolución, el cual corresponde al punto 18 de la planta desalinizadora de Camarones ubicada en la parte baja de la cuenca. Los puntos de aguas subterráneas cumplen con los límites establecidos. En general los niveles de nitratos más altos se encuentran en la parte baja de la cuenca.

3.3.2.7 Dureza total

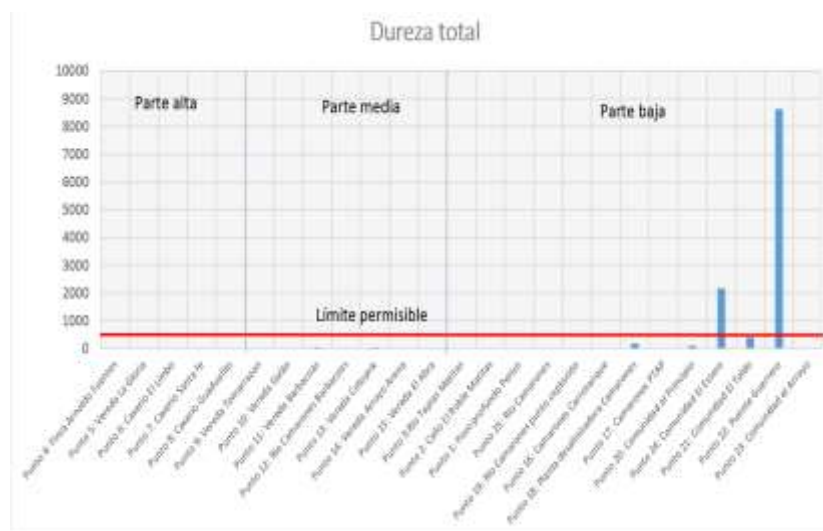


Figura 15. Resultados de dureza total. Elaboración propia.

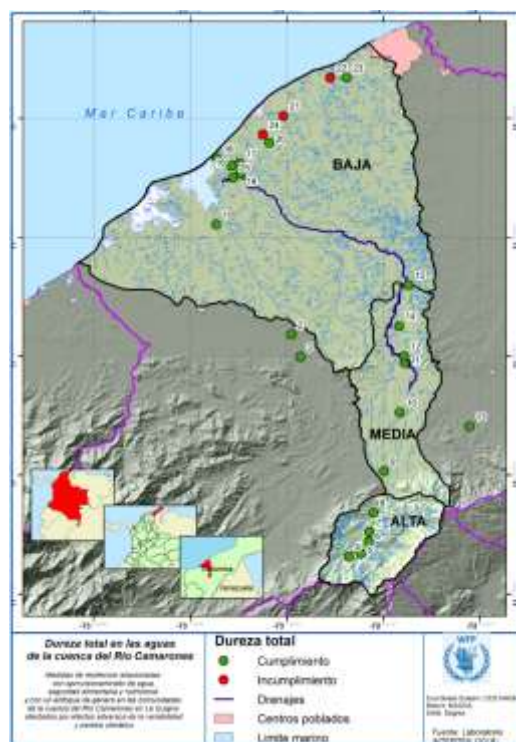


Figura 16. Dureza total en la cuenca del río Camarones.

Los niveles de dureza total se cumplen tanto en la parte alta como media de la cuenca, la parte baja de la cuenca registra 3 puntos que incumplen con la normativa, los cuales son los puntos 21, 22 y 24, el punto 21 y 24 corresponden a aguas subterráneas de la comunidad El Toldo y la comunidad El Estero respectivamente. Los niveles de dureza total son más altos en la parte baja de la cuenca del río Camarones.

3.3.2.8 Coliformes totales

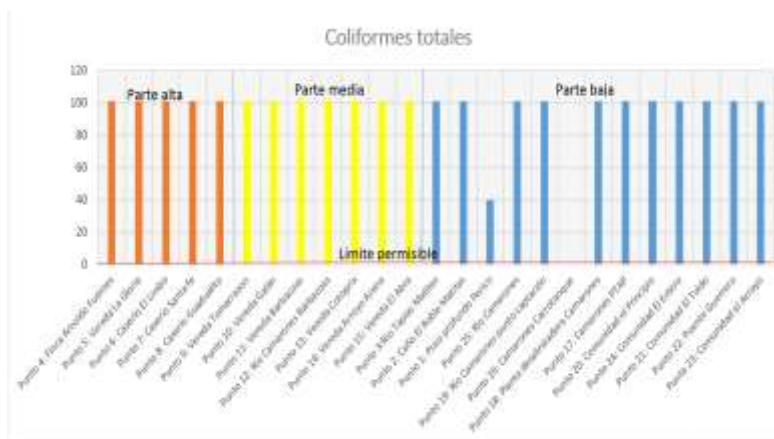


Figura 17. Resultados coliformes totales. Elaboración propia.

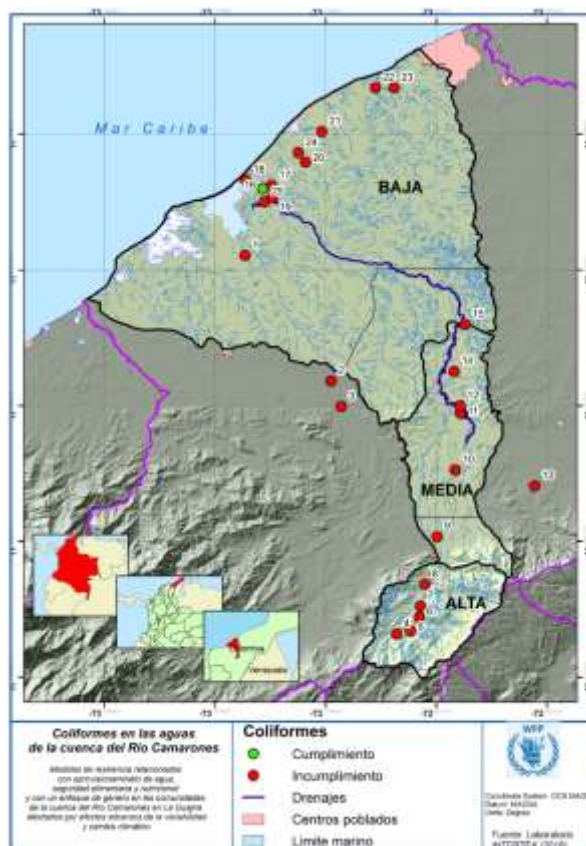


Figura 18. Coliformes en la cuenca del río Camarones.

En toda la cuenca del río Camarones se registran valores de coliformes fecales que incumplen con la norma de referencia, en toda la cuenca solo un punto registra valores que cumple con la normativa, correspondiente al punto 16 de aguas provenientes de carrotanques. Los porcentajes alcanzan en la mayoría el 100 %.

3.3.2.9 Aluminio

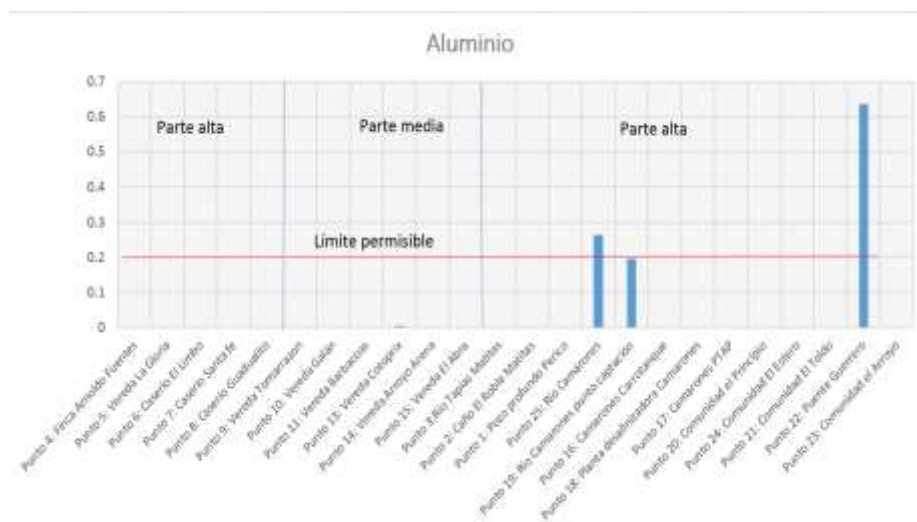


Figura 19. Niveles de Aluminio. Elaboración propia.

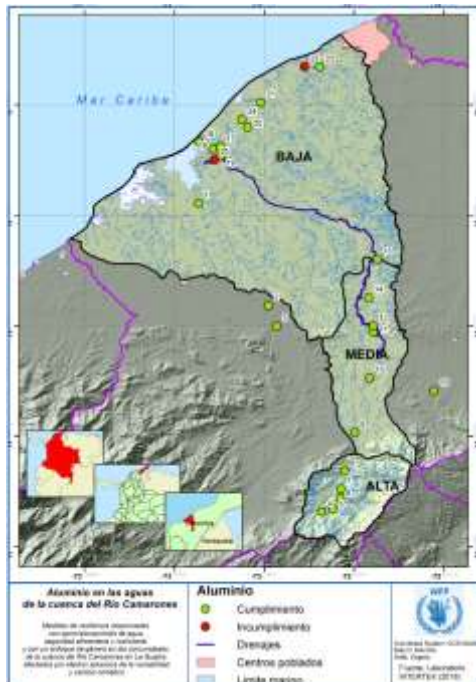


Figura 20. Aluminio en la cuenca del río Camarones.

Como se aprecia en la figura 20 y 21 solo hay dos puntos que incumplen con los valores establecidos en la resolución, correspondiente al punto 22 Puente Guerrero y al punto 25 localizado en la parte baja de la cuenca

del río Camarones. En cuanto a los puntos de aguas subterráneas todos cumplen con el límite establecido. Los niveles más altos de aluminio se registraron en la parte baja de cuenca.

3.3.2.10 Color aparente

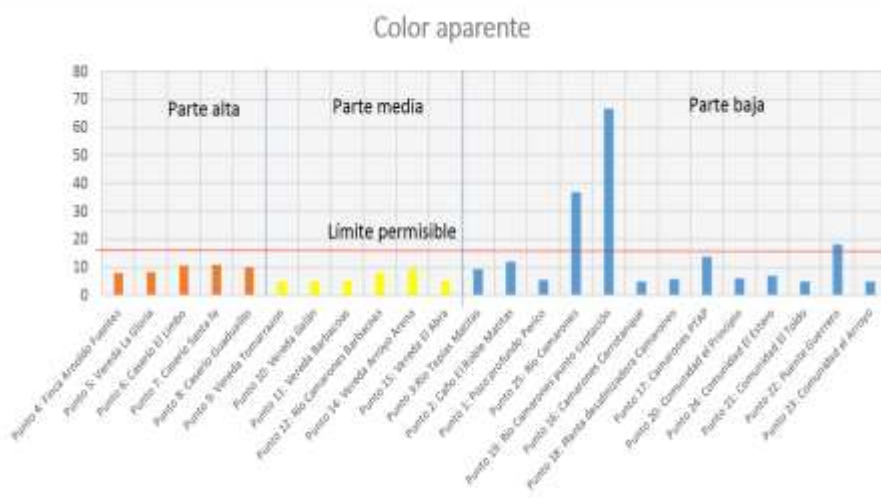


Figura 21. Niveles de color aparente. Elaboración propia.

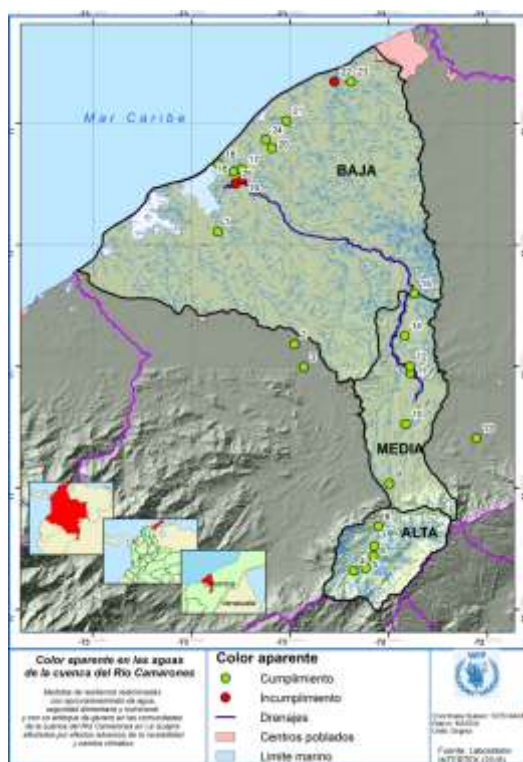


Figura 22. Color aparente en la cuenca del río Camarones.

En las figuras 22 y 23, se aprecian 3 puntos que no cumplen con los valores límite establecidos en la resolución ubicados en la parte baja de la cuenca, los cuales corresponden a los puntos 19, 25 y 22. En cuanto a los puntos de agua subterráneas todos cumplen con el límite establecido. En general los niveles de color aparente más altos se encuentran en la parte baja de la cuenca.

3.3.2.11 Turbiedad

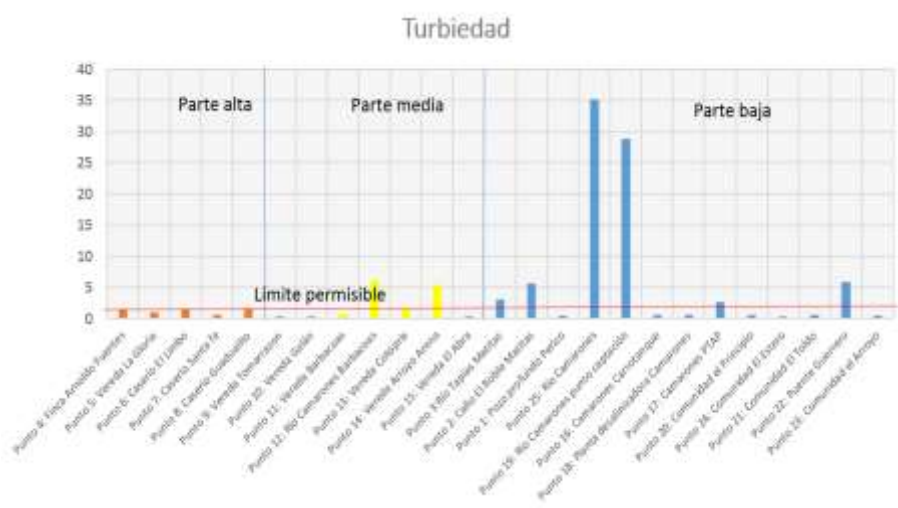


Figura 23. Resultados turbiedad. Elaboración propia.

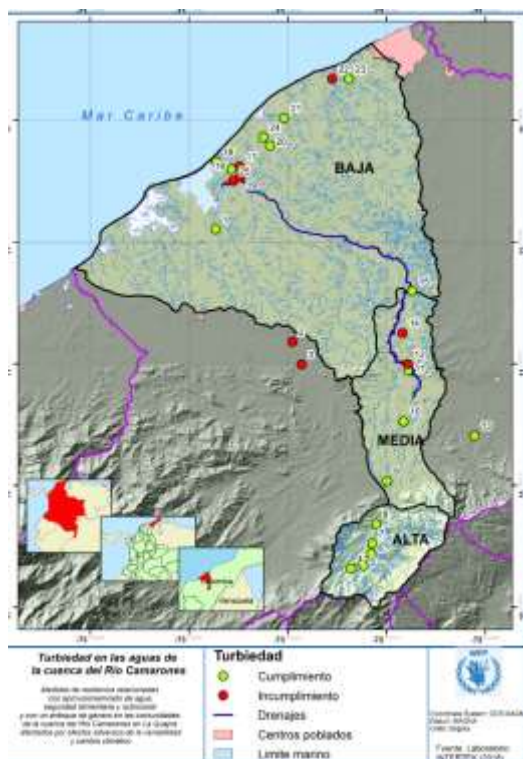


Figura 24. Turbiedad en la cuenca del río Camarones.

COMPONENTE CALIDAD DEL AGUA

La cuenca registra 8 puntos que sobrepasan el límite de turbiedad, corresponde a los puntos 2 del caño El Roble Matitas, 3 río Tapias Matitas, 12 río Camarones Barbacoas, 17 Camarones PTAP, 19 vereda Tomarrazón, 22 Puente Guerrero y 25 Camarones caserío. Los puntos correspondientes a aguas subterráneas cumplen con el límite de turbiedad establecido en la norma, con excepción al punto 17 de aguas subterránea del punto de camarones PTAP. En la figura 24 se aprecia que los niveles de turbiedad son más altos en la parte baja de la cuenca.

3.3.2.12 Arsénico

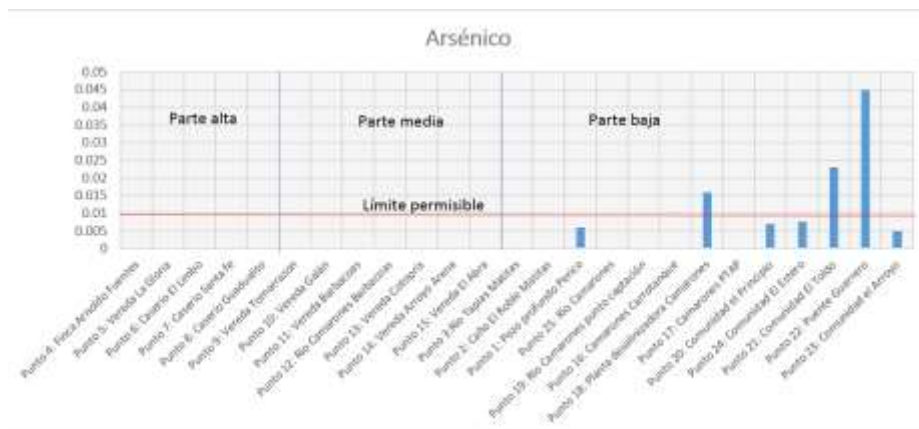


Figura 25. Resultados arsénicos. Elaboración propia.

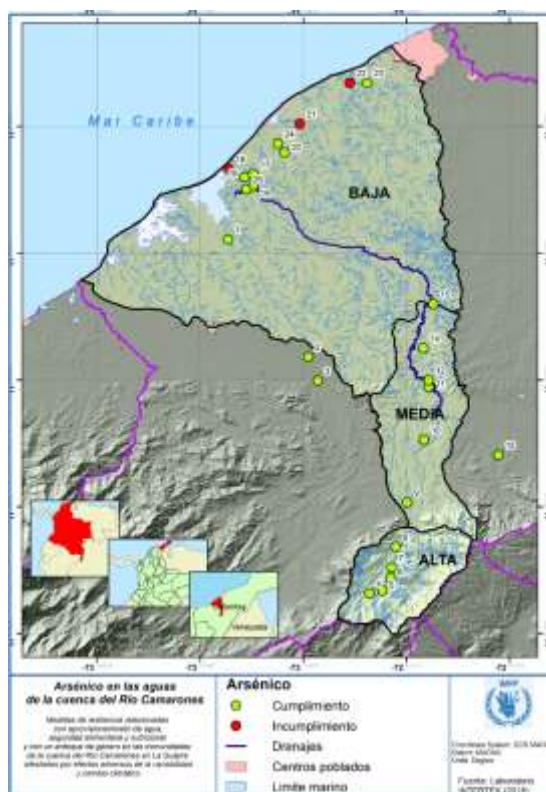


Figura 26. Arsénico en la cuenca del río Camarones.

En las figuras 26 y 27 se aprecia que los niveles de arsénico más altos se encuentran en la parte baja en los puntos 18, 22 y 21, este último corresponde a aguas subterráneas. Como se aprecia en la figura 26 los niveles de arsénico altos se registran en la parte baja de la cuenca.

3.3.2.13 Hierro

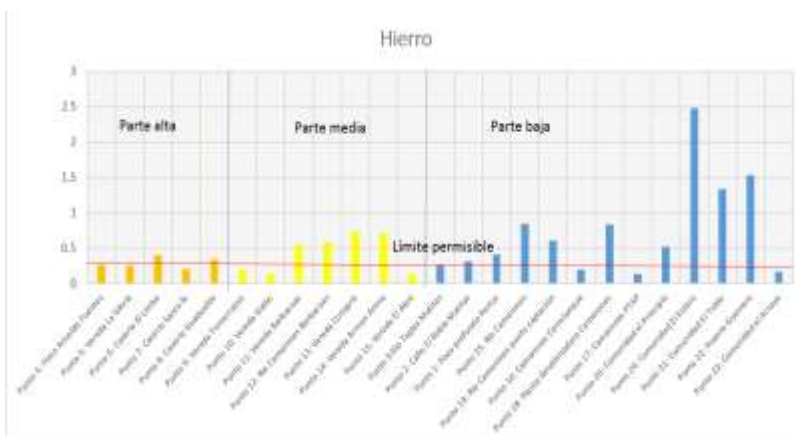


Figura 27. Resultados de hierro. Elaboración propia.

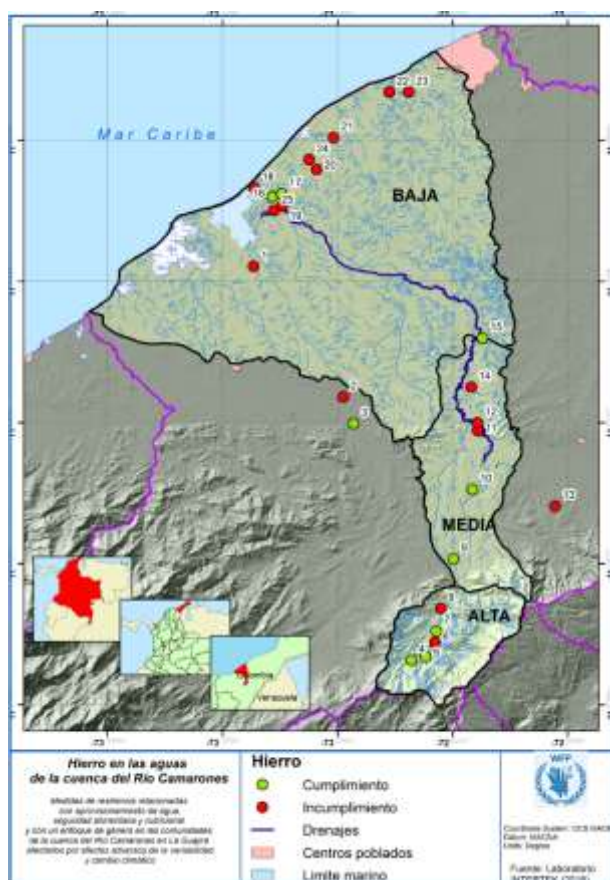


Figura 28. Hierro en la cuenca del río Camarones.

COMPONENTE CALIDAD DEL AGUA

Los puntos 1, 2, 6, 8, 11, 12, 13, 14, 18, 19, 20, 21, 22, 24, 25 incumplen con el límite de hierro establecido en la resolución, de los cuales los puntos 1, 11, 20, 21 y 24 corresponden a aguas subterráneas del pozo profundo de Camarones, vereda de Barbacoas, pozo de la comunidad El Principio, comunidad El Toldo y de la comunidad El Estero respectivamente. En general los niveles de hierro altos se encuentran distribuidos en toda la cuenca, sin embargo, la parte baja de la cuenca es la que registra valores más altos.

3.3.2.14 Magnesio



Figura 29. Resultados del magnesio. Elaboración propia.



Figura 30. Magnesio en la cuenca del río Camarones.

COMPONENTE CALIDAD DEL AGUA

En las figuras 30 y 31 se observa que existe una mayor concentración de magnesio en la parte baja de la cuenca del río Camarones, en el que existen 4 puntos de muestreo de agua que incumplen con los límites establecidos de la resolución, de los cuales 21 y 24 corresponden a aguas subterráneas de la comunidad del Toldo y la comunidad El Estero respectivamente.

3.3.2.15 Carbono orgánico

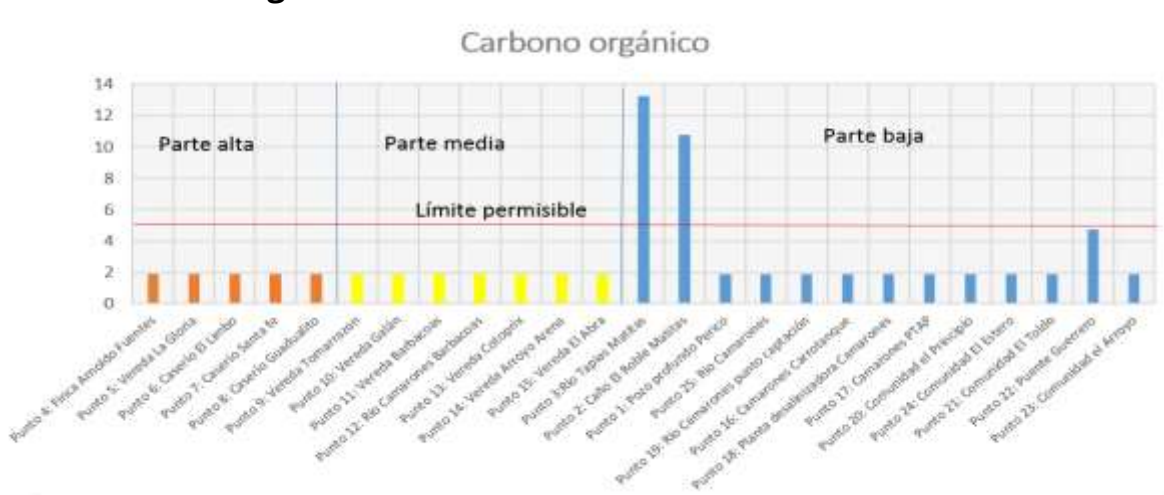


Figura 31. Resultados del carbono orgánico. Elaboración propia.

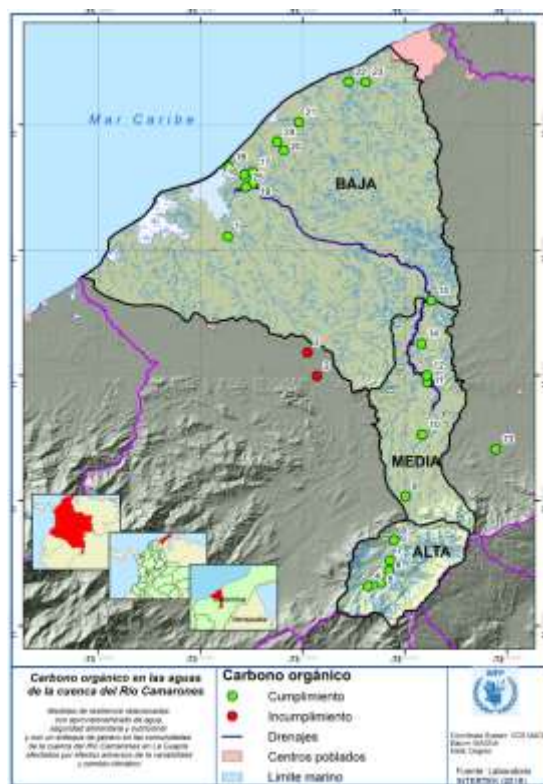


Figura 32. Carbono orgánico en la cuenca del río Camarones.

COMPONENTE CALIDAD DEL AGUA

Como se aprecia en las figuras 32 y 33 solo dos puntos presentaron niveles altos de carbono orgánico en la parte baja de la cuenca, correspondiente a los puntos 2 canales Roble Matitas y 3 río Tapias Matitas, por lo que se deduce que esta parte de la cuenca presenta mayor carga orgánica. En cuanto a los puntos de agua subterránea todos cumplen con el límite exigido.

3.2.16 Cianuro.

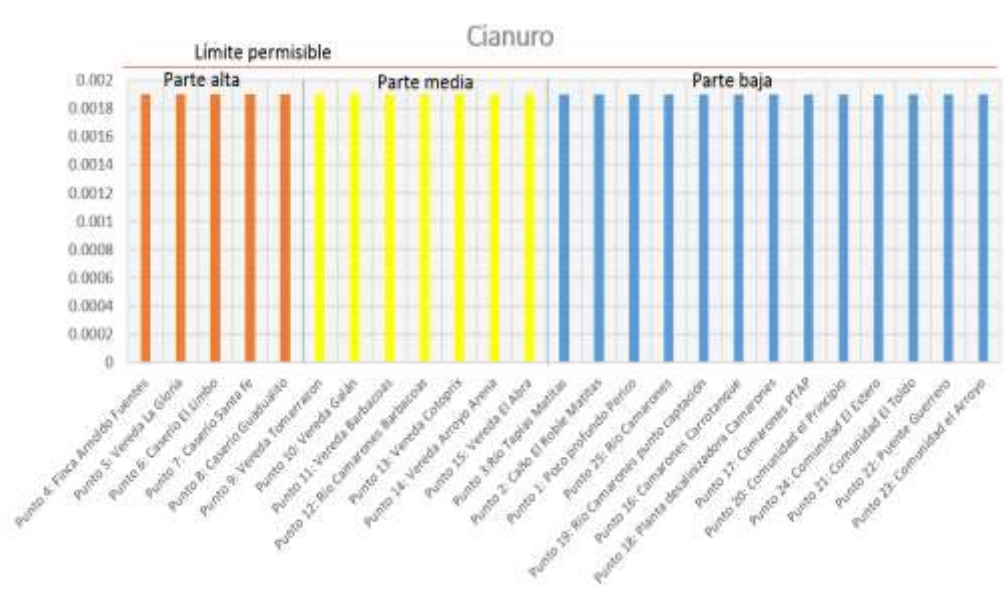


Figura 33. Resultados de cianuro. Elaboración propia



Figura 34. Cianuro en la cuenca del río Camarones.

No se presentó niveles de cianuro que incumplan con la resolución en la cuenca.

3.3.2.17 Fluoruros

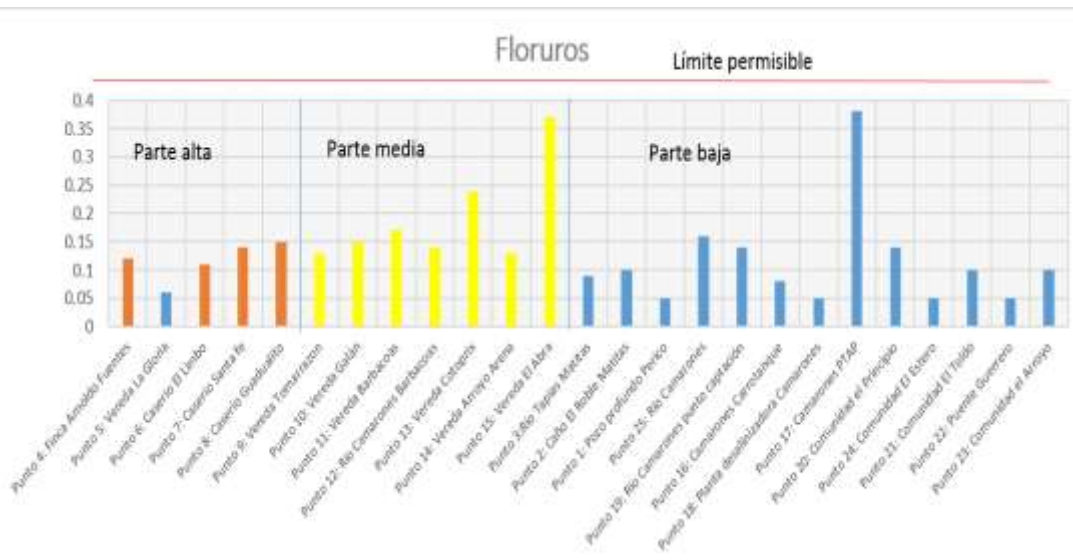


Figura 35. Resultados de los fluoruros. Elaboración propia

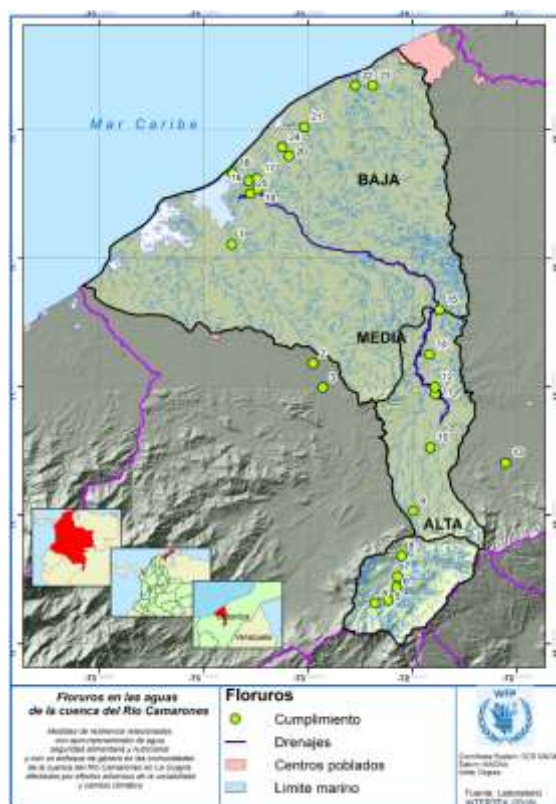


Figura 36. Fluoruros en la cuenca del río Camarones.

Los niveles de fluoruros se cumplen en toda la cuenca.

3.3.2.18 Ortofosfatos

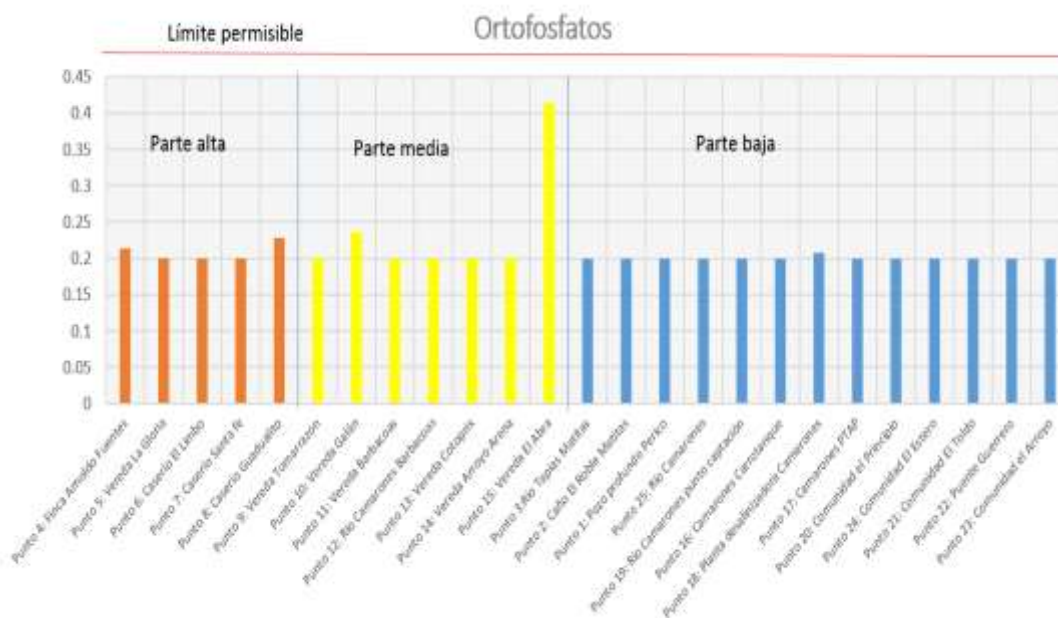


Figura 37. Resultados de los ortofosfatos. Elaboración propia.

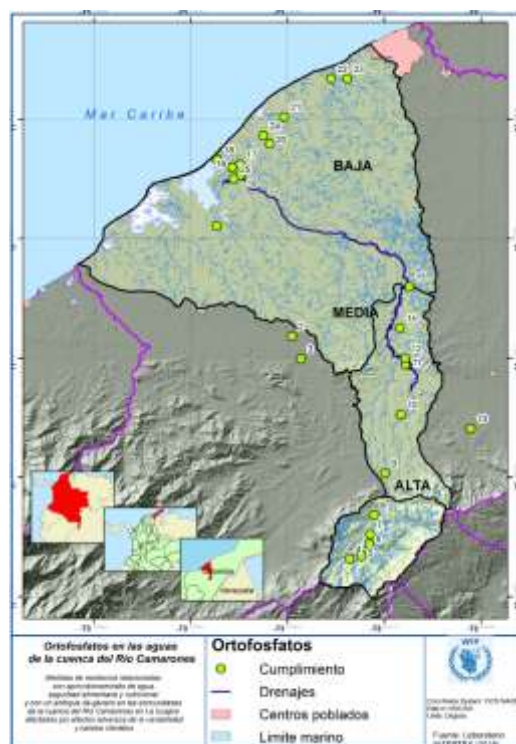


Figura 38. Ortofosfatos en la cuenca del río Camarones.

Los niveles de ortofosfatos se cumplen en toda la cuenca.

3.3.2.19 Hidrocarburos aromáticos

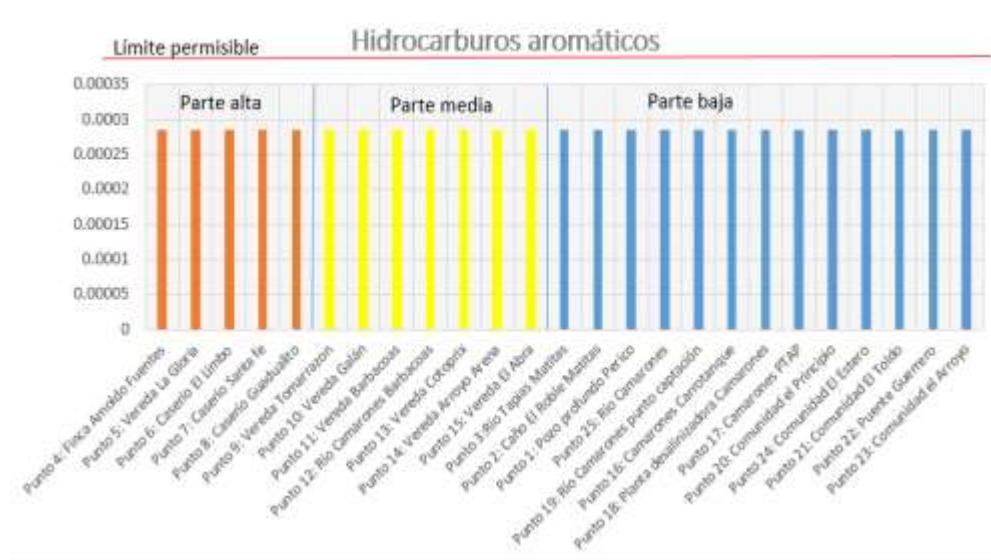


Figura 39. Resultados de hidrocarburos aromáticos. Elaboración propia.

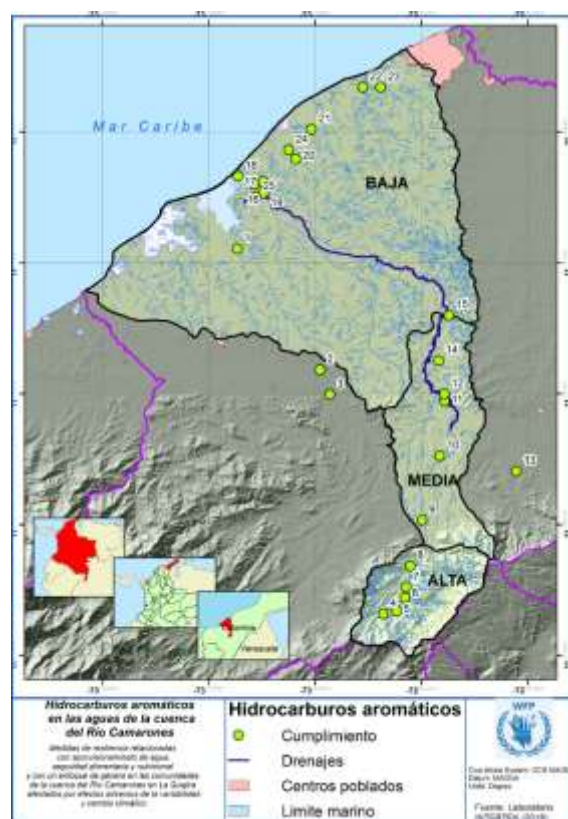


Figura 40. Hidrocarburos aromáticos en la cuenca del río Camarones.

Los niveles de hidrocarburos aromáticos se cumplen en toda la cuenca.

3.3.2.20 Cobre

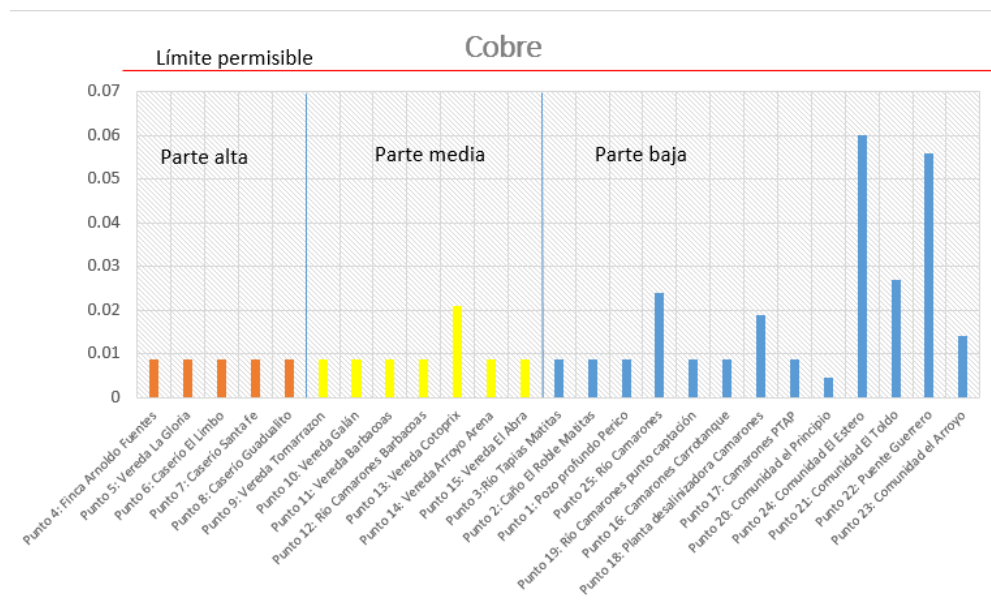


Figura 41. Resultados del cobre. Elaboración propia.

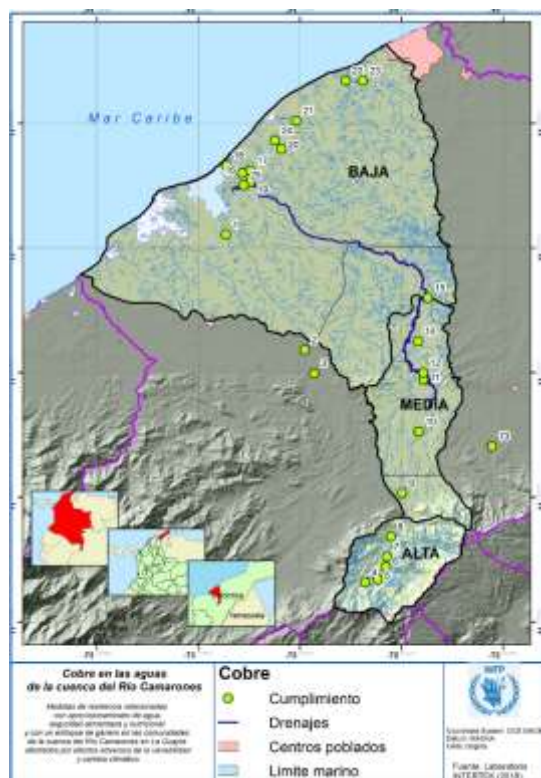


Figura 42. Cobre en la cuenca del río Camarones.

3.3.2.21 Barrio

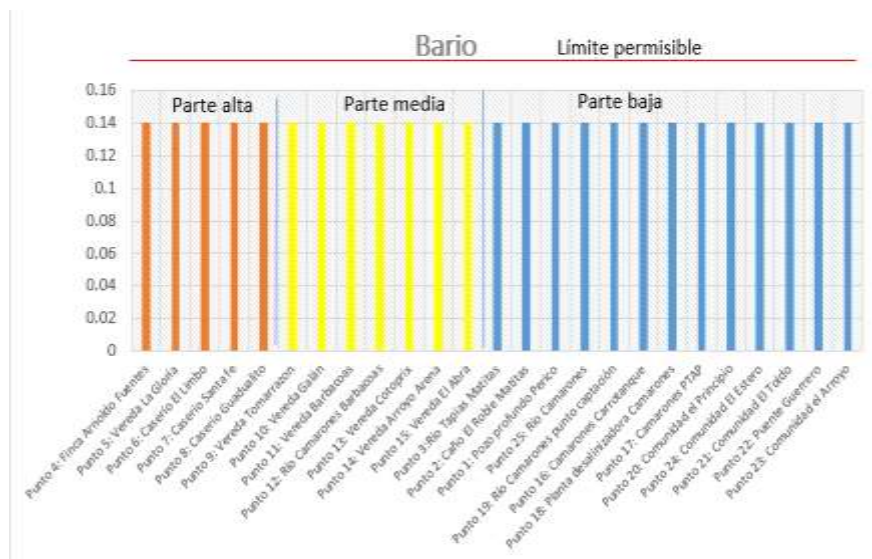


Figura 43. Resultados bario. Elaboración propia.

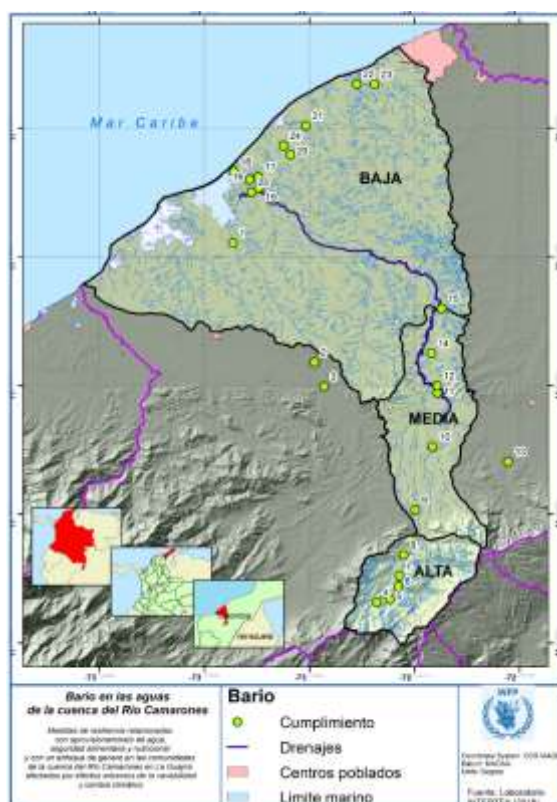


Figura 44. Barrio en la cuenca del río Camarones.

COMPONENTE CALIDAD DEL AGUA

Los niveles de bario son adecuados para la calidad del agua en la cuenca.

3.3.2.22 Cadmio

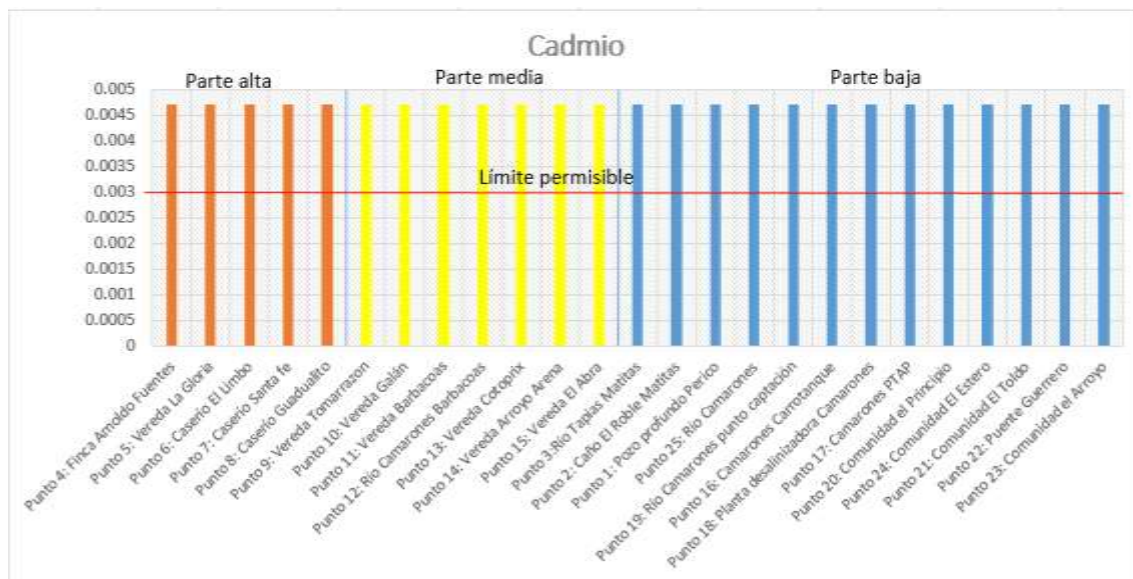


Figura 45. Resultados de cadmio. Elaboración propia.

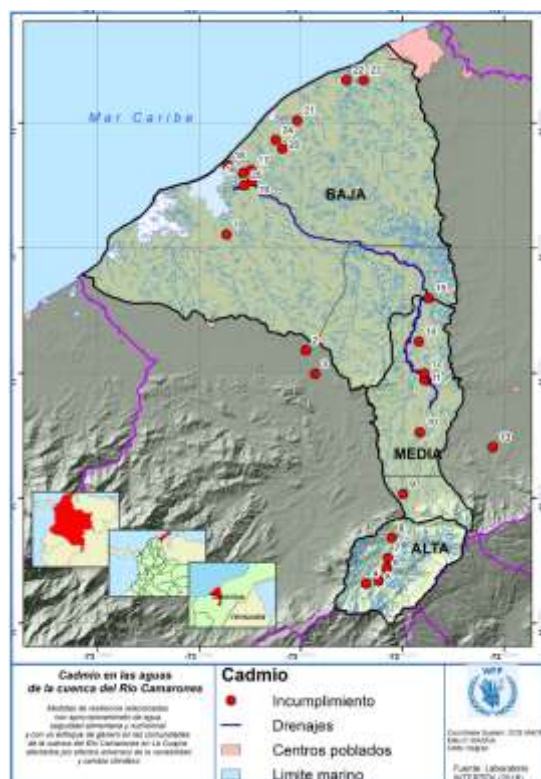


Figura 46. Cadmio en la cuenca del río Camarones.

Los niveles de cadmio se incumplen en toda la cuenca del río Camarones, incluyendo en los puntos de agua subterránea.

3.3.2.23 Calcio

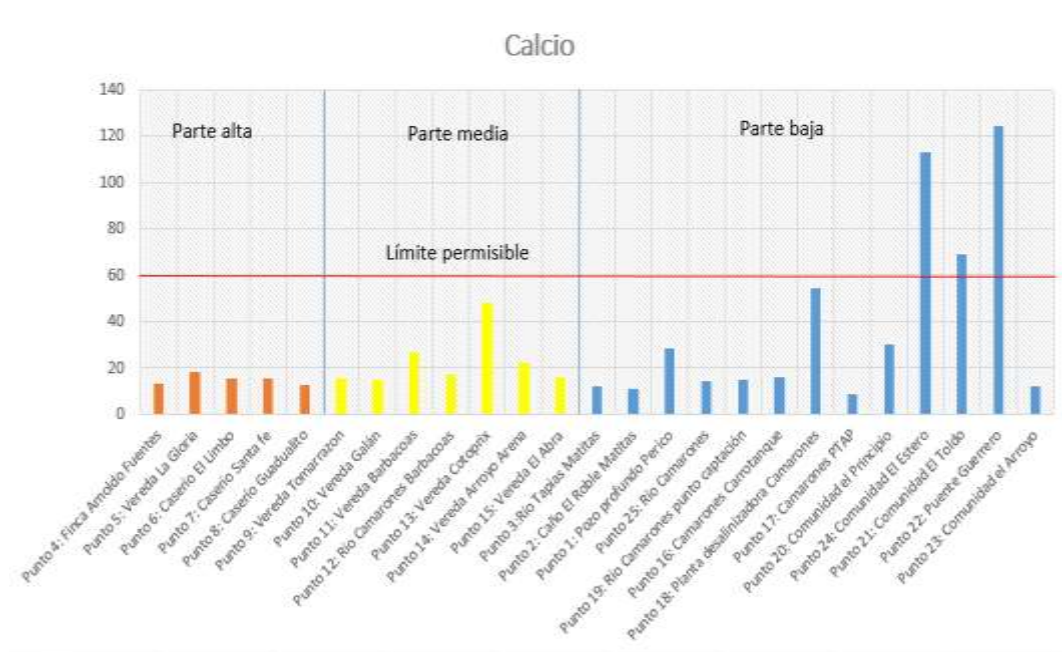


Figura 47. Resultados del calcio. Elaboración propia.

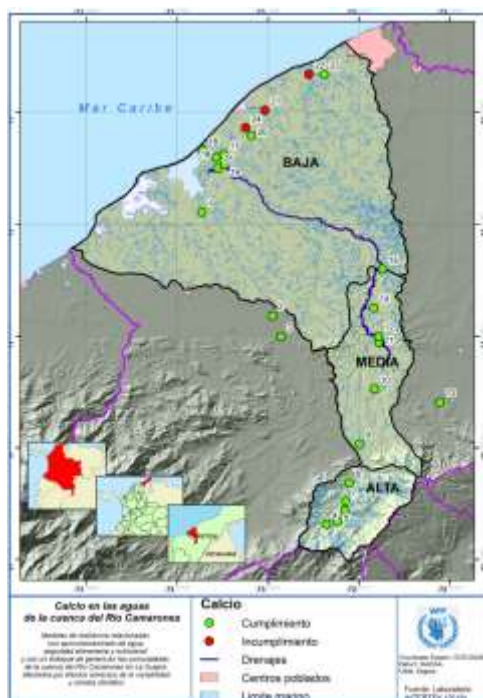
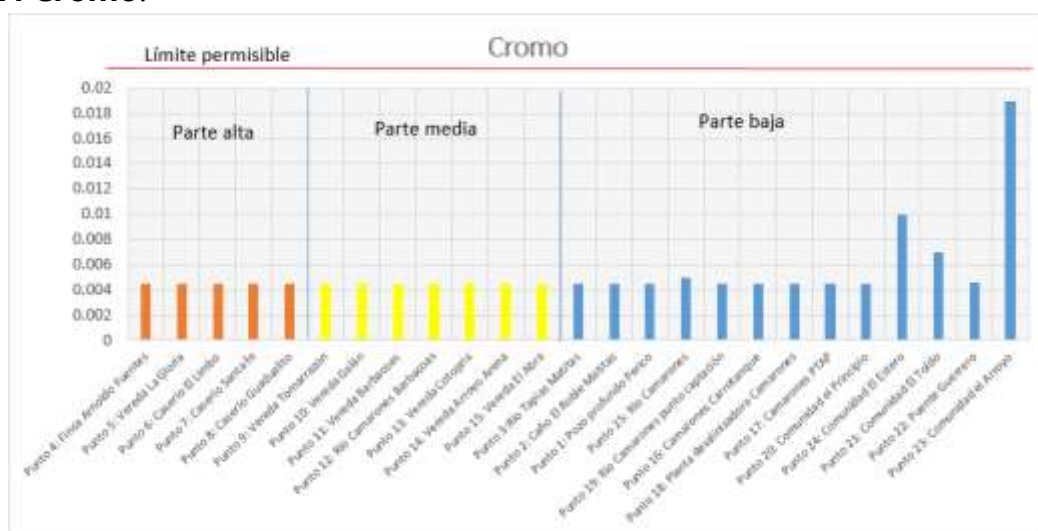


Figura 48. Calcio en la cuenca del río Camarones.

3.3.2.24 Cromo.



CROMO

Baja California Sur

Mar Caribe

BAJA

MEDIA

ALTA

Legend:

- CROMO
- Drenajes
- Centros poblados
- Limite marino

Inset Map:

Mapa de México con la Baja California Sur resaltada en rojo.

Mapa de la Baja California Sur con el área de estudio resaltada en rojo.

Mapa de la zona de estudio con el río Colorado resaltado en rojo.

Coordinadas Geográficas: 118° 04' W, 23° 04' N

Proyecto: CROMO

Fecha: 2003

Elaborado por: [Logo of the organization]

46

Los niveles de cromo están dentro del límite establecido en la resolución en toda la cuenca.

3.3.2.25 Selenio

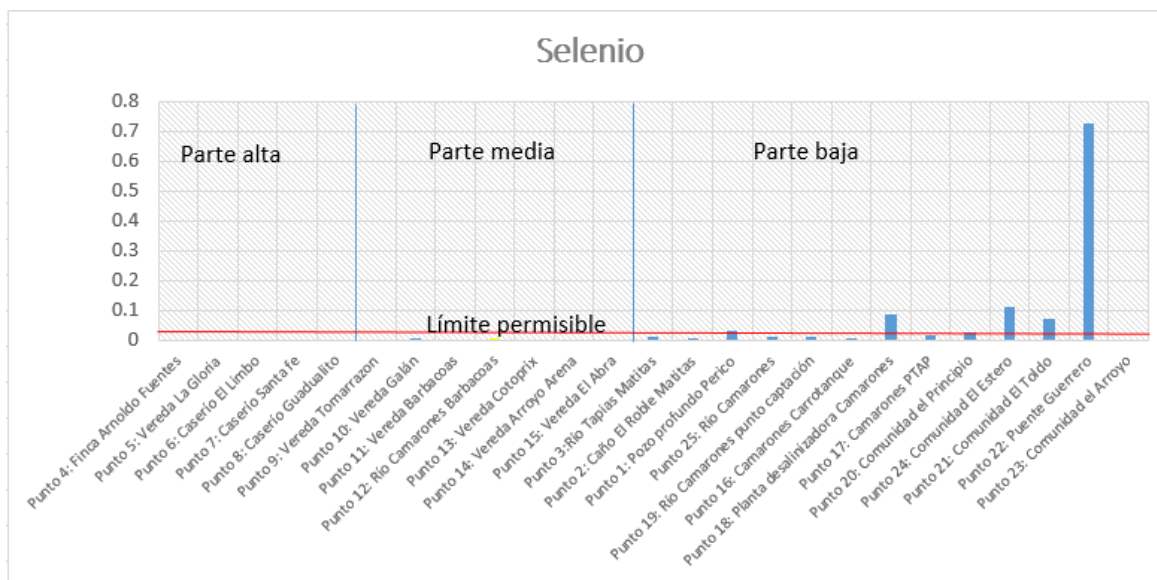


Figura 51. Resultados del selenio. Elaboración propia.

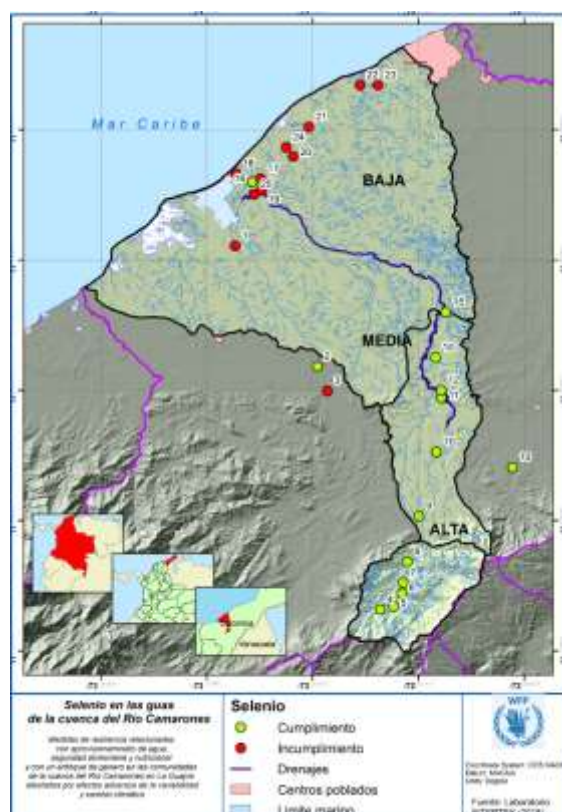


Figura 52. Selenio en la cuenca del río Camarones.

3.3.2.26 Trihalometanos

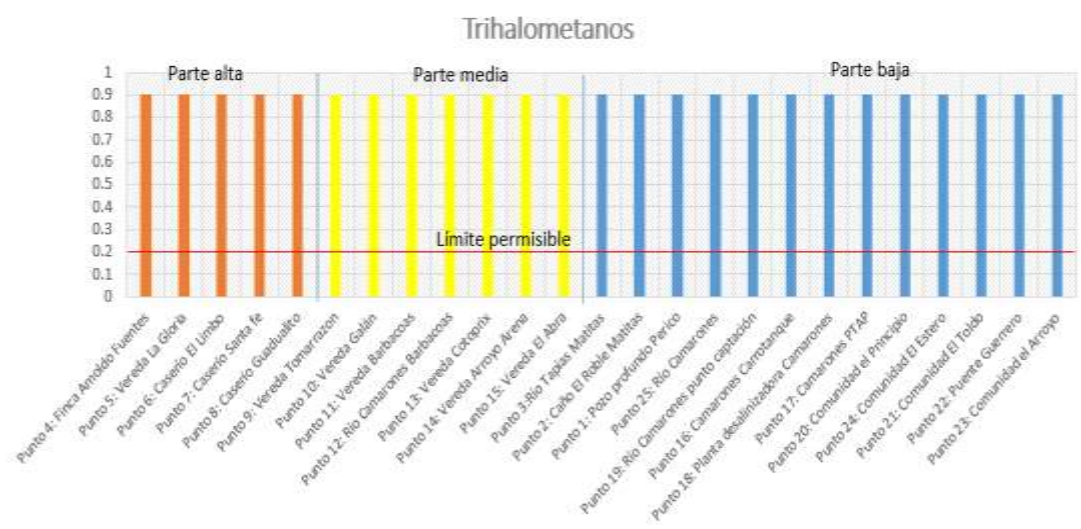


Figura 53. Resultados de trihalometanos. Elaboración propia.

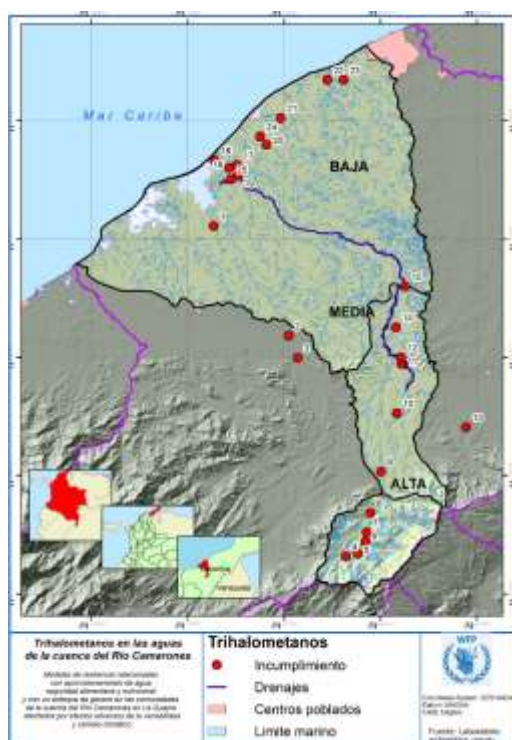


Figura 54. Trihalometanos en la cuenca del río Camarones.

Todos los puntos incumplieron con el nivel de trihalometanos requeridos, incluyendo los puntos de aguas subterráneas.

3.3.2.27 Manganeso

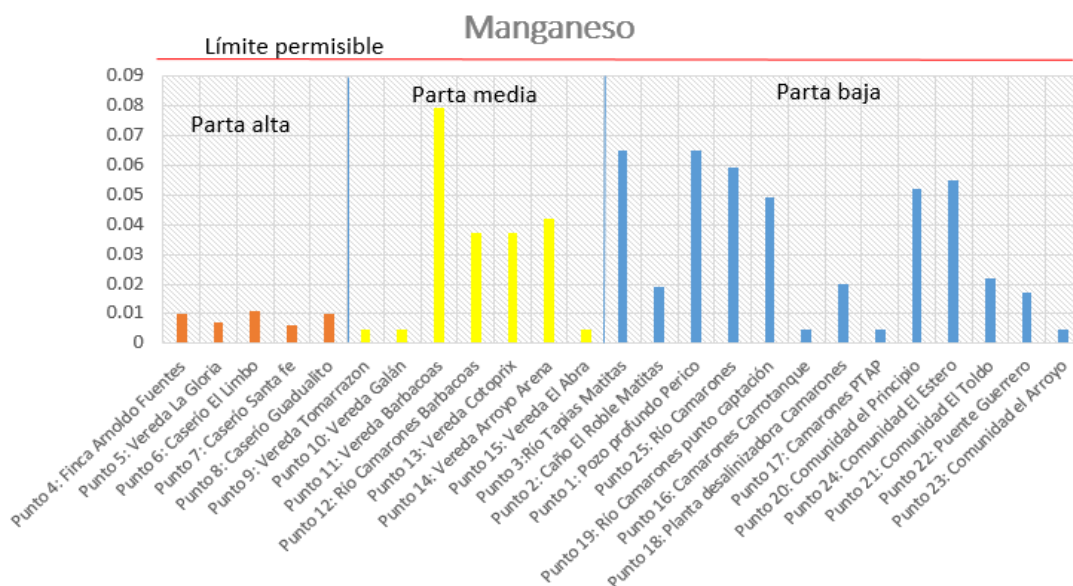


Figura 55.

Resultados de manganeso. Elaboración propia.

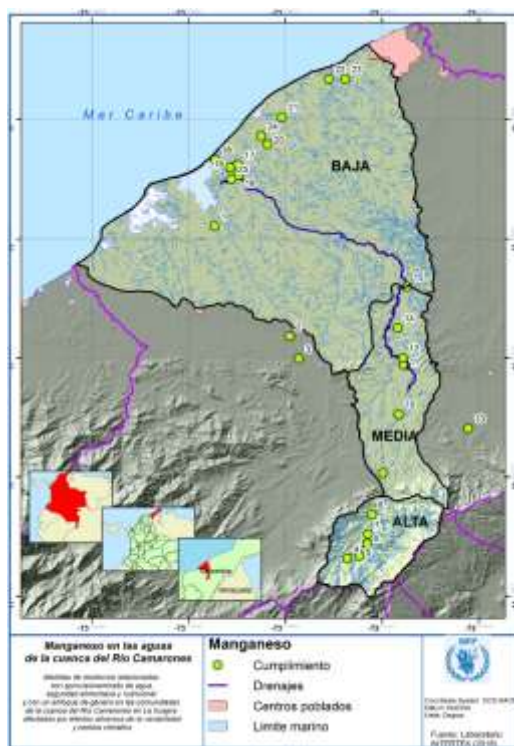


Figura 56. Manganeso en la cuenca del río Camarones.

COMPONENTE CALIDAD DEL AGUA

Todos los puntos cumplieron con los niveles de manganeso requeridos.

3.3.2.28 Mercurio

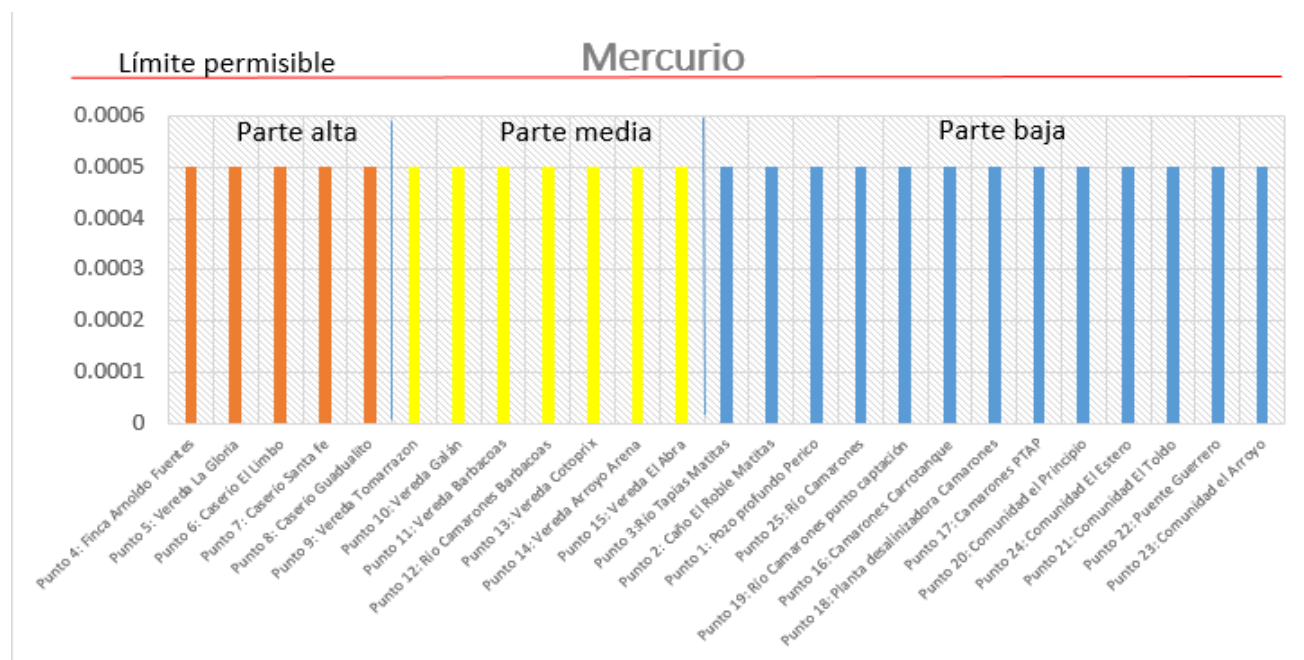


Figura 57. Resultados de mercurio. Elaboración propia.

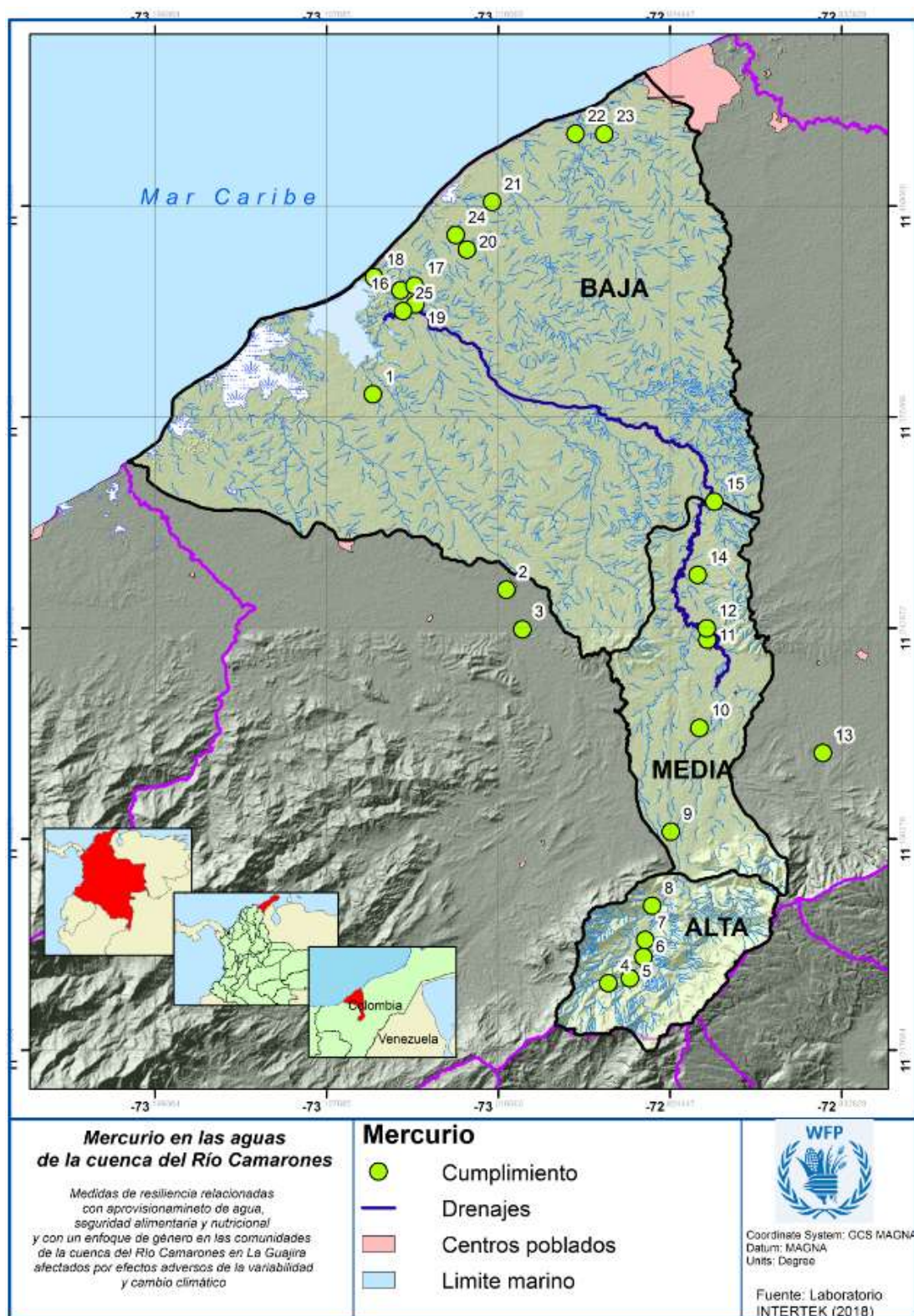


Figura 58. Mercurio en la cuenca del río Camarones.

En la cuenca no se presentan niveles altos de mercurio.

3.3.2.29 Níquel

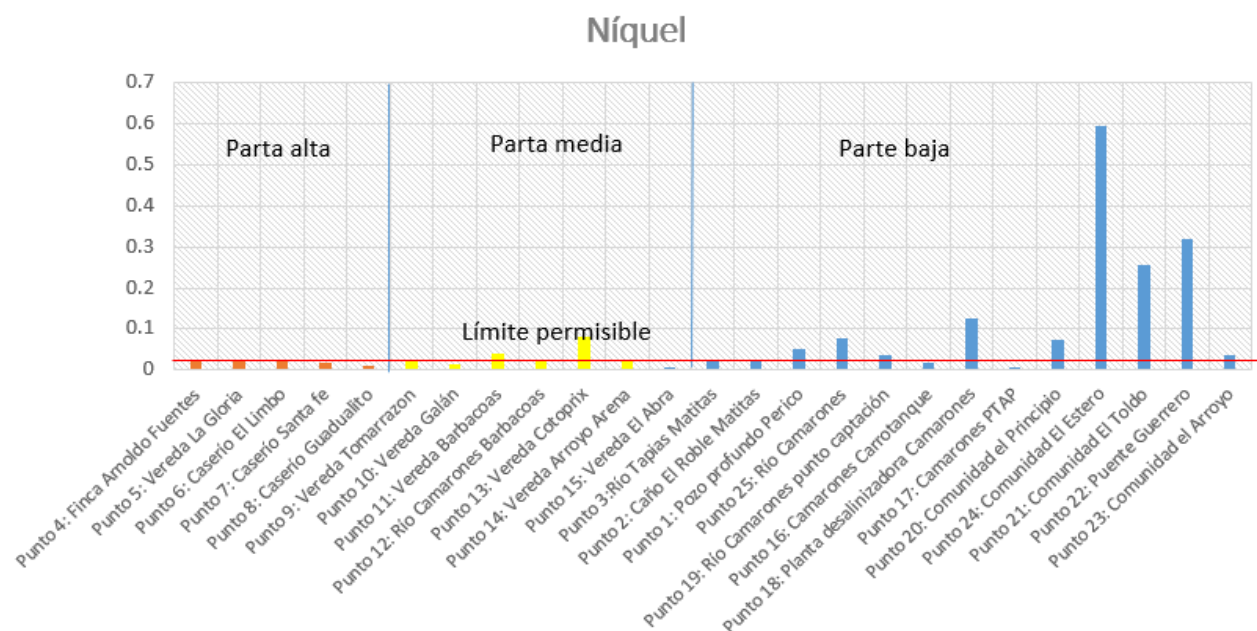


Figura 59. Resultados de níquel. Elaboración propia.

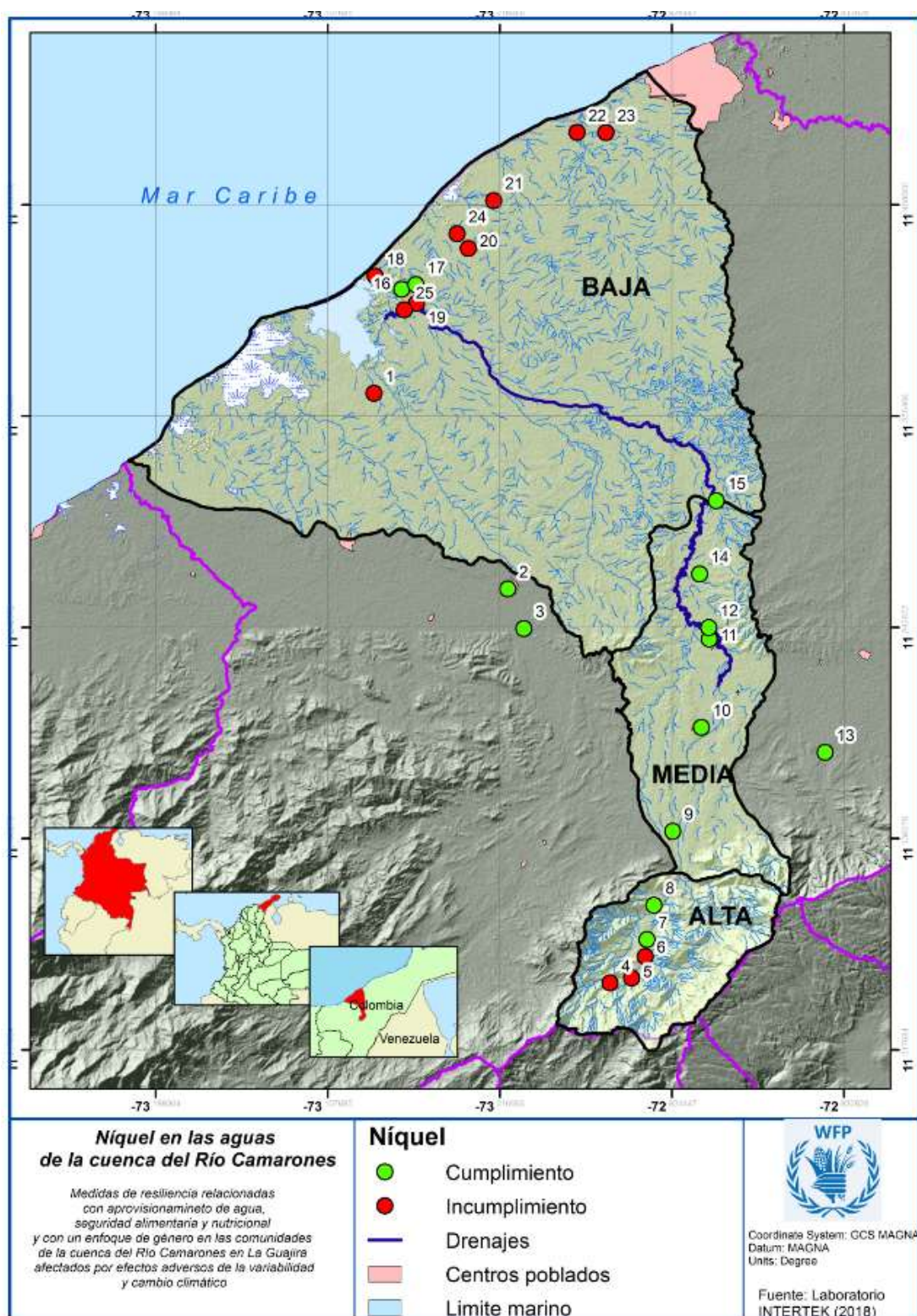


Figura 60. Níquel en la cuenca del río Camarones.

COMPONENTE CALIDAD DEL AGUA

Se registraron valores altos de níquel en la parte baja de la cuenca del río Camarones, en los puntos 1, 25, 19, 18, 20, 24, 21, 22 y 23 y los puntos 4, 5 y 6 en la parte alta de la cuenca, de los cuales los puntos 1, 20, 21 y 24 corresponden a aguas subterráneas en la vereda de Barbacoas, comunidad El Principio, comunidad El Toldo y comunidad El Estero respectivamente. Generalmente los niveles de níquel son más altos en la parte baja de cuenca.

3.3.2.30 Cloruros

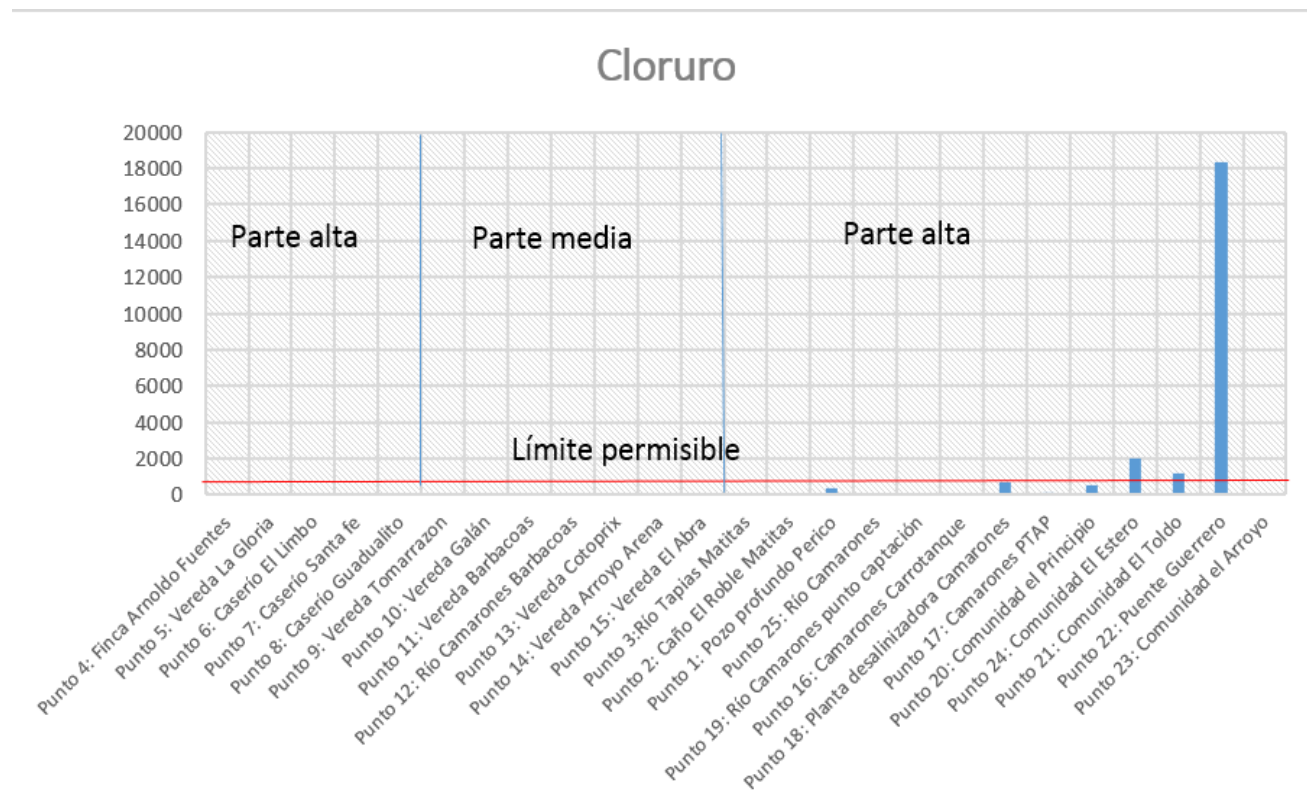


Figura 61. Resultados cloruros.

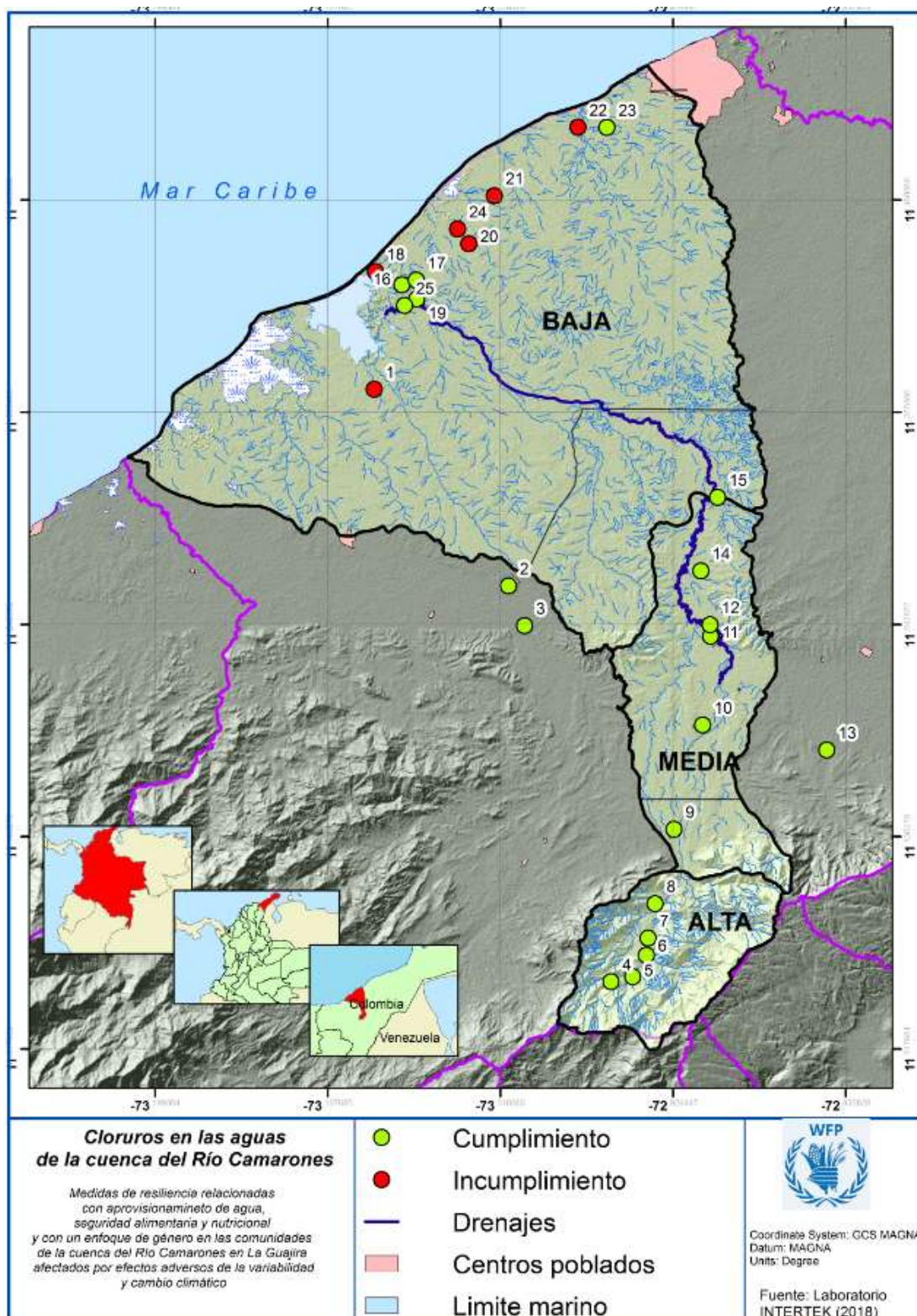


Figura 62. Cloruros en la cuenca del río Camarones.

Los cloruros se incumplen en 6 puntos de la parte baja de la cuenca, en los puntos 1, 18, 20, 24, 21 y 22 de los cuales los puntos 1, 20, 21 y 24 pertenecen a aguas subterráneas. Como se aprecia en la figura 62 las concentraciones de cloruro son mayores en la zona baja posiblemente por la cercanía al mar.

3.4 Análisis de resultados de calidad de aguas para consumo humano por puntos de la cuenca

A continuación, se analizan los resultados de los parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y del IRCA obtenidos por cada uno de los puntos, en donde se aprecia la situación general de la calidad del agua en cada uno de los 25 puntos de monitoreo. Este análisis se realiza dependiendo si estos cumplen o no con los rangos o límites establecidos en la resolución, los cuales se analizan de la siguiente forma:

-Si los resultados de los parámetros cumplen con la resolución, su ponderación será de 1, mientras que si no la cumple su ponderación será de 3.

-Si el resultado del IRCA es “bajo” su ponderación será de 1, si es “medio” 2, si es “alto” 3 y si es “inviable sanitariamente” es 4 (ver tabla 6).

Tabla 6. Ponderaciones según resultados de parámetros fisicoquímicos y del IRCA.

Ponderación	Parámetros fisicoquímicos	IRCA
1	Cumple	Bajo
2		Medio
3	Incumple	Alto
4		Inviable

Los resultados tanto del IRCA como de los parámetros fisicoquímicos de la parte baja de la cuenca se presentan en la tabla 7, que comprende los puntos de muestreo 1, 2, 3, 16, 17, 20, 21, 22, 23, 24 y 25.

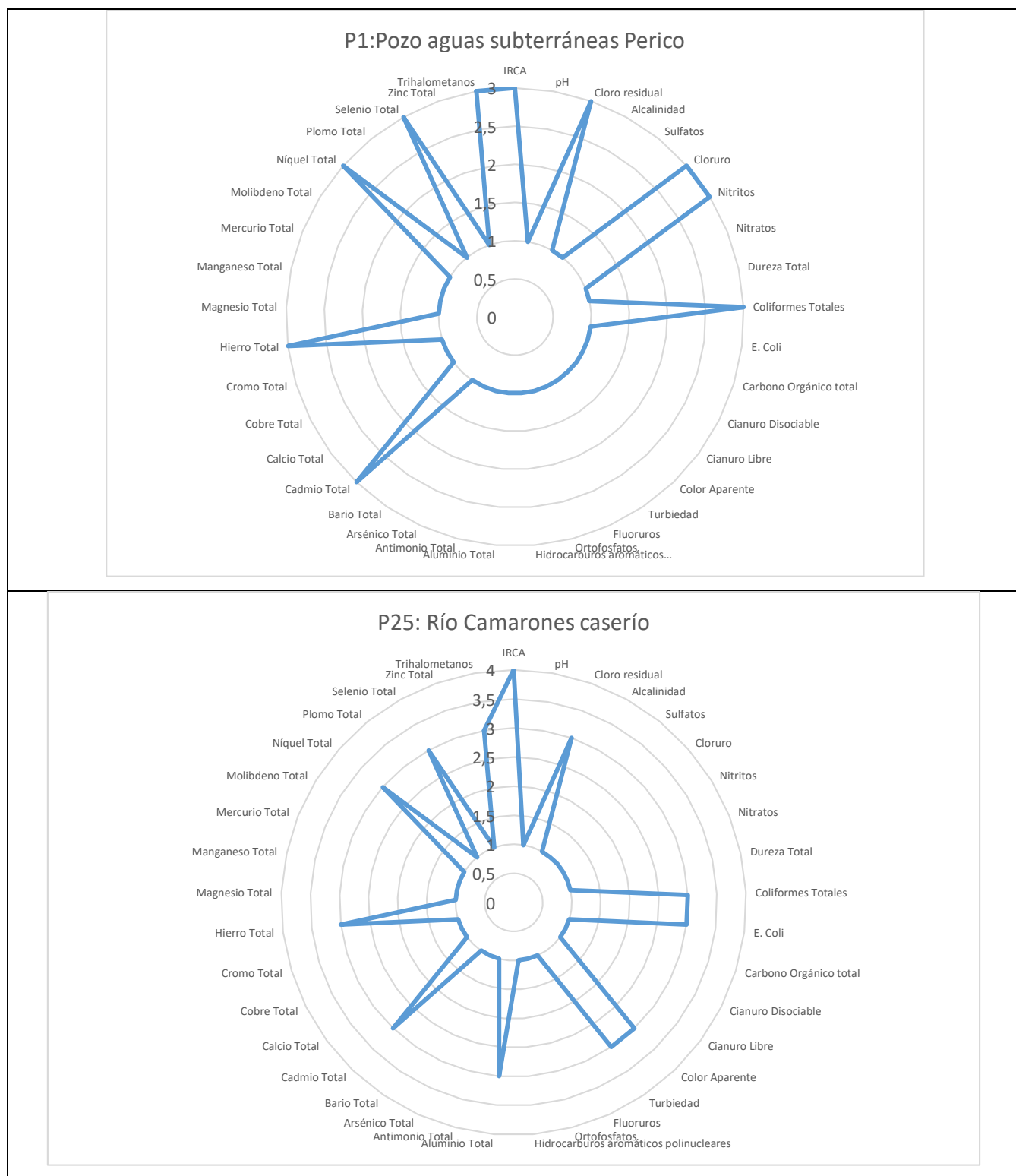
En la tabla 8 se aprecian los resultados del IRCA y de los parámetros fisicoquímicos de la parte media de la cuenca del río Camarones que comprende los puntos de muestreo 9, 10, 12, 13, 14 y 15.

Finalmente, la tabla 9 muestra los resultados de la parte alta de la cuenca, que comprende los puntos de muestreo 4, 5, 6, 7 y 8.

3.3.1 Análisis de resultados de los puntos de la parte baja de la cuenca

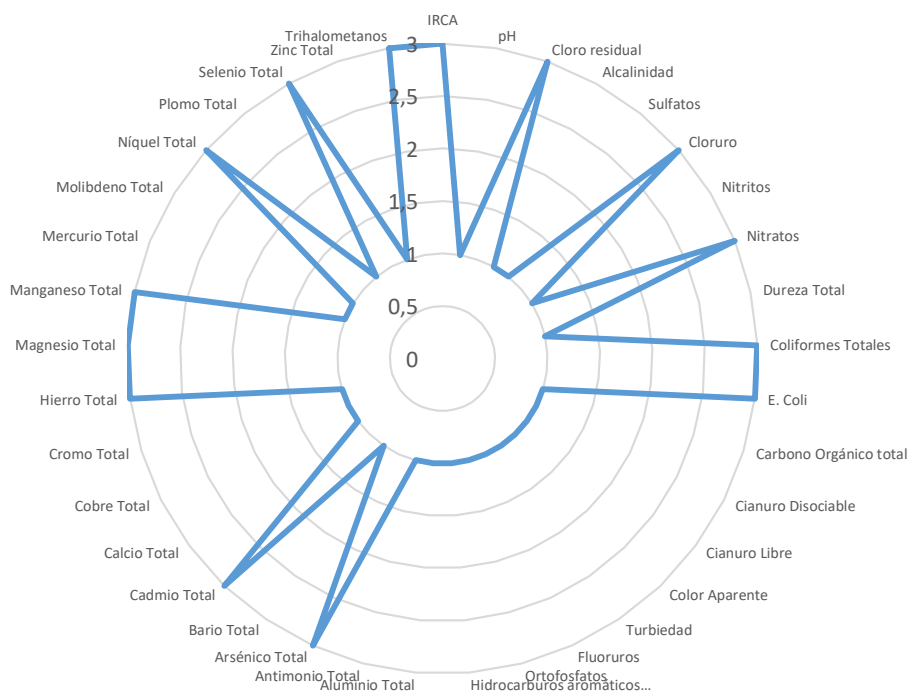
COMPONENTE CALIDAD DEL AGUA

Tabla 7. Resultados de la parte baja de la cuenca

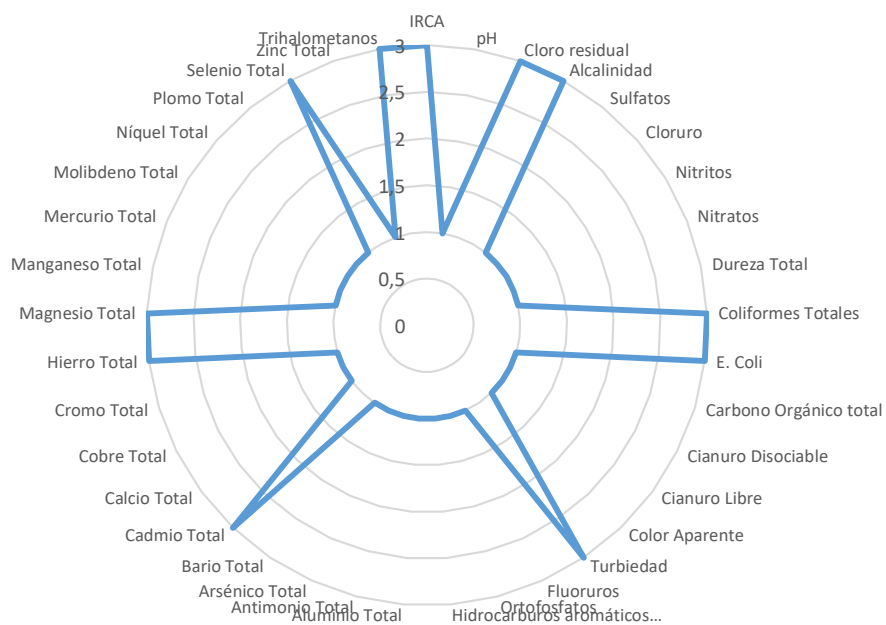


COMPONENTE CALIDAD DEL AGUA

P18: Planta desalinizadora Camarones

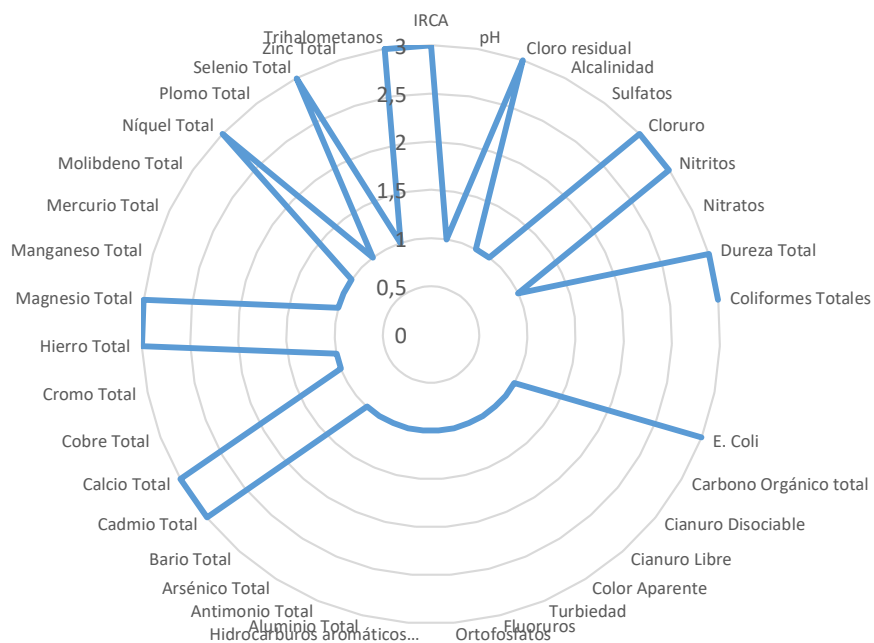


P17: Camarones PTAP: subterránea



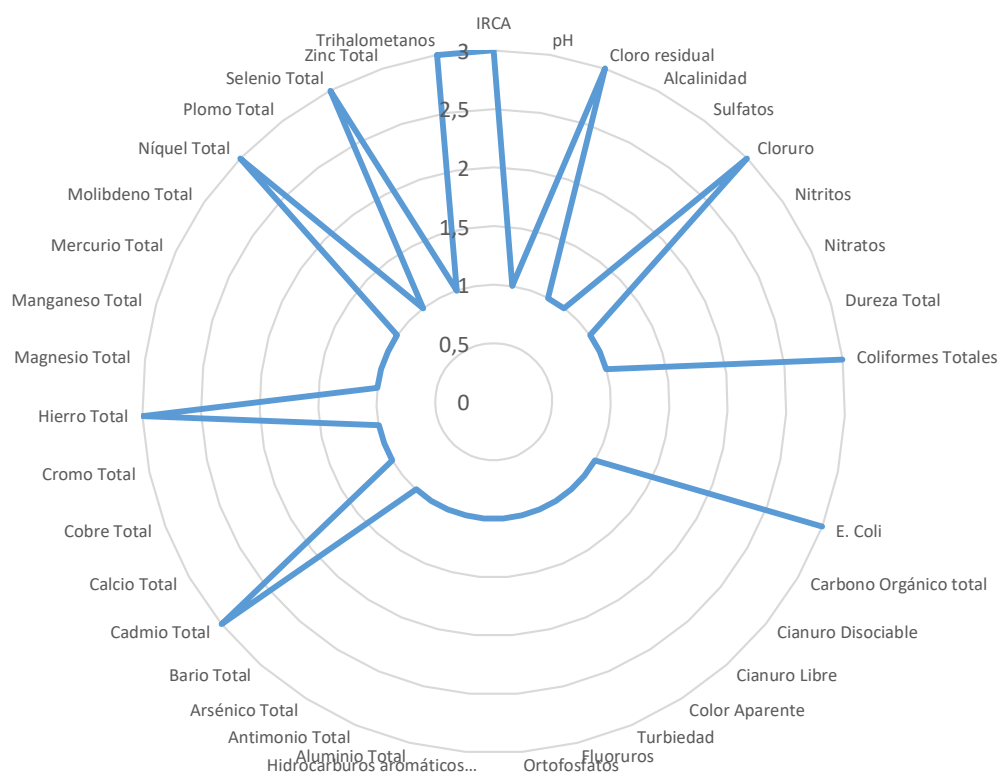
COMPONENTE CALIDAD DEL AGUA

P24: Comunidad El Estero: Aguas subterráneas



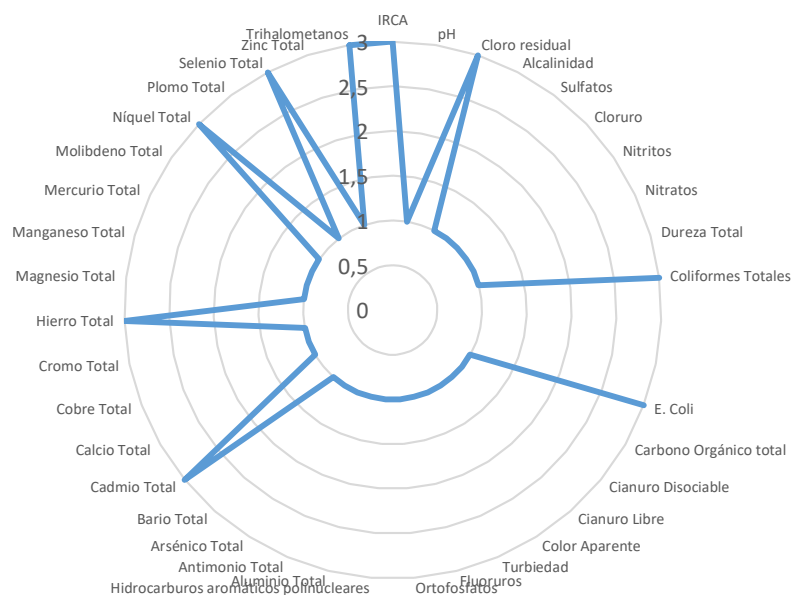
COMPONENTE CALIDAD DEL AGUA

P20: Comunidad El Principio: Aguas subterráneas

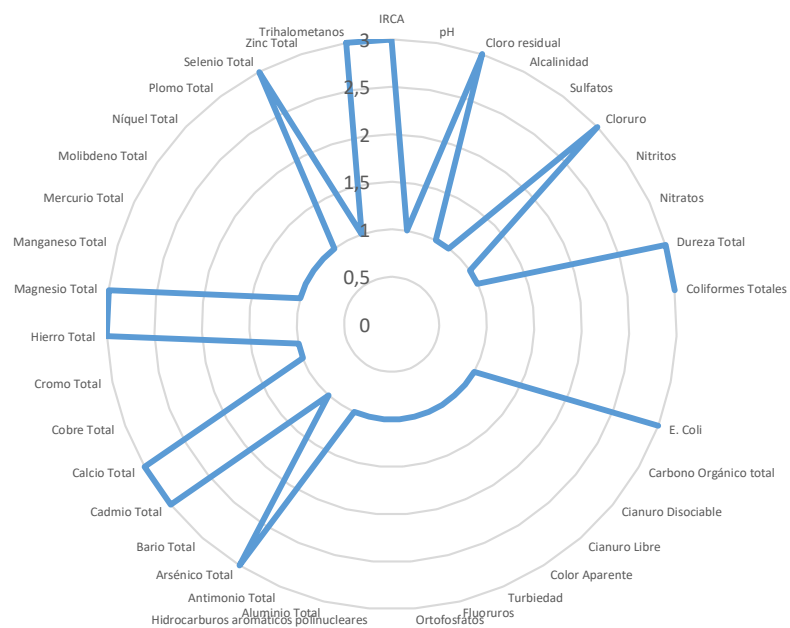


COMPONENTE CALIDAD DEL AGUA

P19: Río Camarones punto de captación

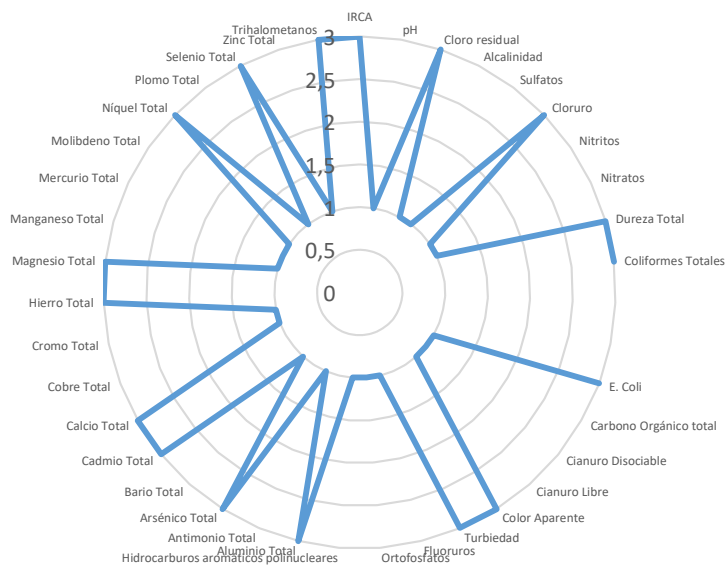


P21: Comunidad El Toldo: Aguas subterráneas

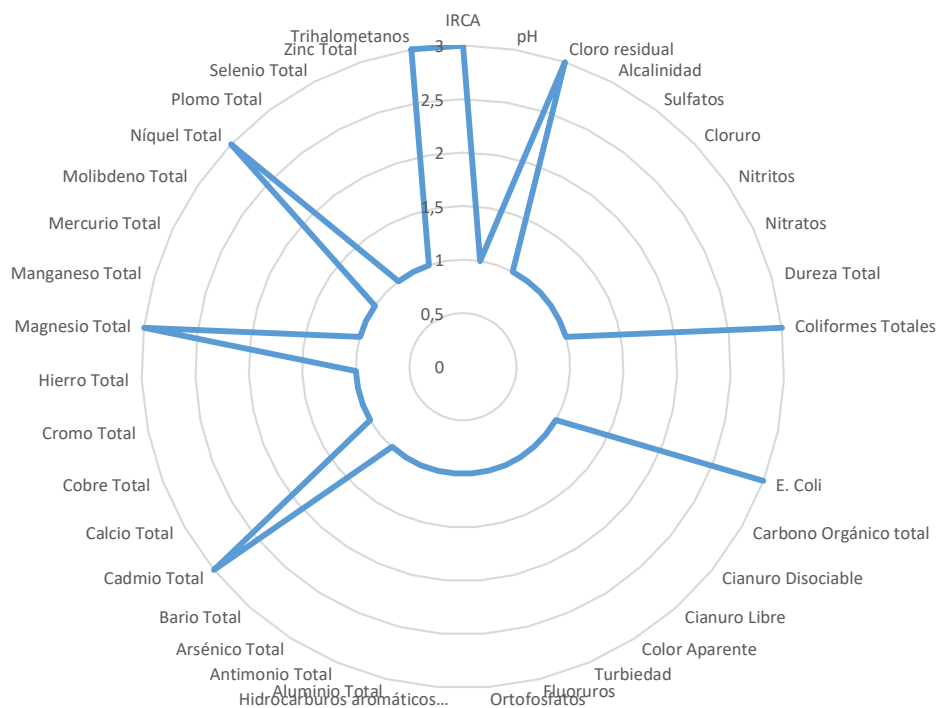


COMPONENTE CALIDAD DEL AGUA

P22: Puente Guerrero

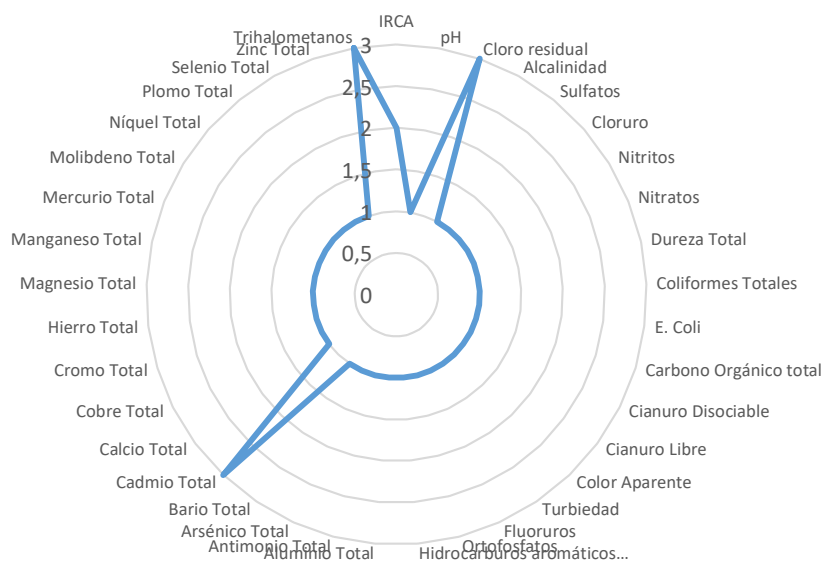


P23: Comunidad El Arroyo

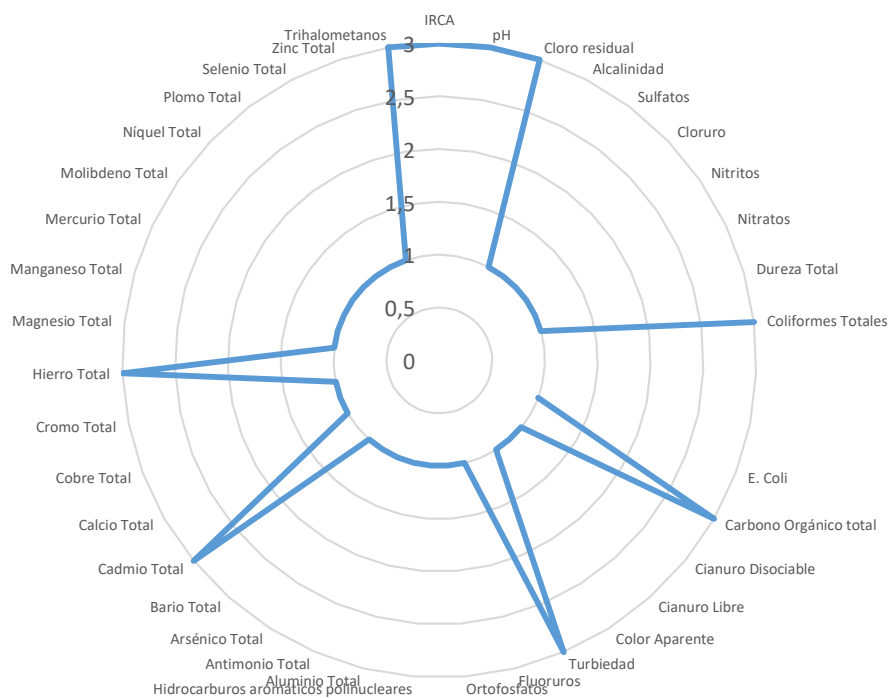


COMPONENTE CALIDAD DEL AGUA

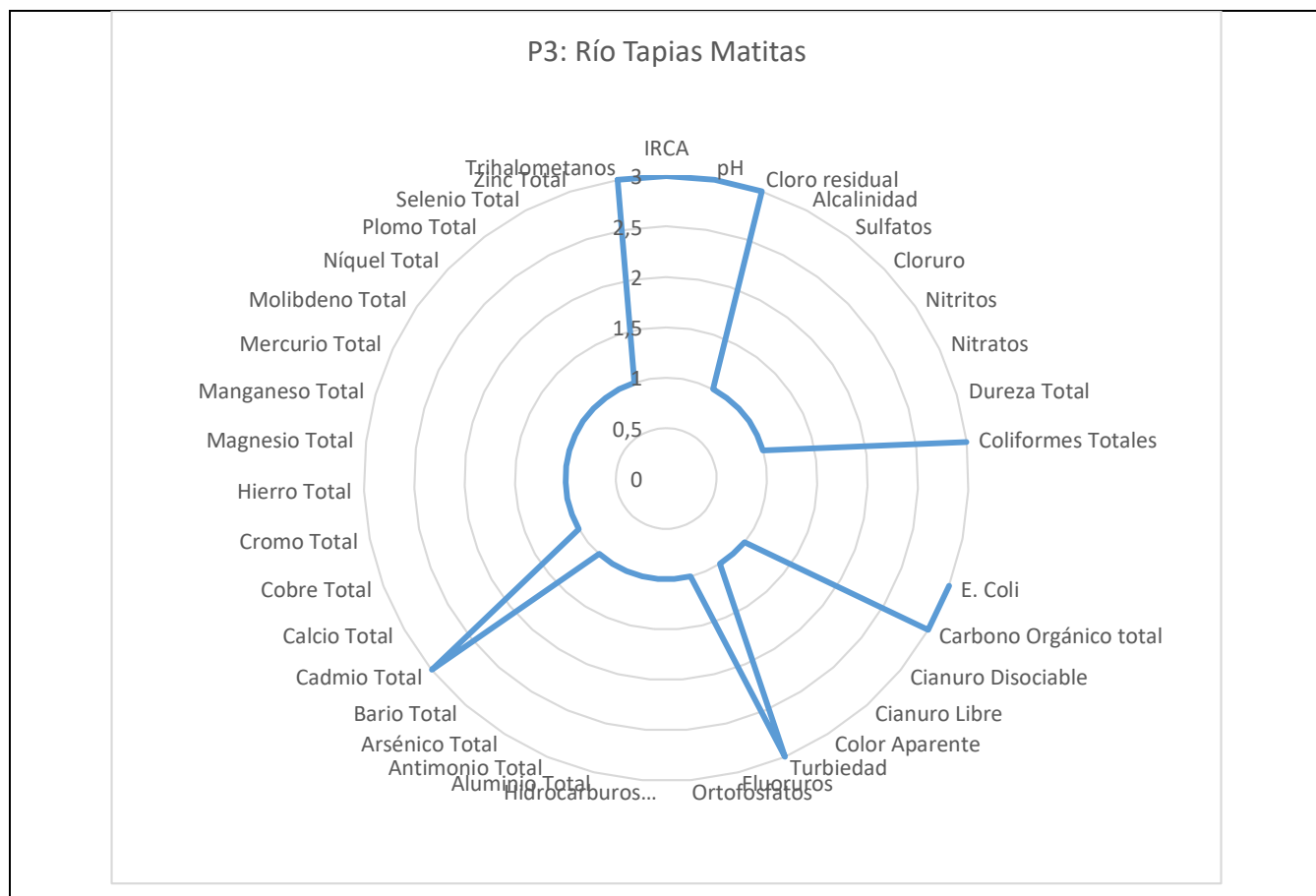
P16: Camarones carrotanque



P2: Canal Roble Matitas



COMPONENTE CALIDAD DEL AGUA



Como se aprecia en la tabla 7, en la parte baja de la cuenca el IRCA más alto es el correspondiente al punto 25 del caserío del río Camarones con un nivel de riesgo de "Inviabile Sanitariamente", en cuanto a los otros puntos de muestreo correspondientes a esta parte de la cuenca, presentaron un nivel de riesgo Alto a excepción del punto 1 y 16 que presentaron un IRCA Medio localizado en aguas subterráneas de Perico y carrotanque de Camarones respectivamente. A pesar de que estos puntos tengan un nivel de riesgo Medio, se catalogaron al igual que los otros como agua no apta para el consumo humano.

En cuanto a los parámetros fisicoquímicos, se aprecia que los niveles de pH se cumplen en casi todos los puntos muestreados de la parte baja de la cuenca menos en los puntos 2 y 3 correspondientes de el caño El Roble y río Tapias en Matitas. Los niveles de hierro se incumplen en los puntos 22 Puente Guerrero, 21 comunidad El Toldo de aguas subterráneas, 19 Camarones en el punto de captación, 20 comunidad El Principio de aguas subterráneas, 24 comunidad El Estero de aguas subterráneas, 17 Camarones PTAP aguas subterráneas, 18 planta desalinizadora de Camarones, 25 caserío de Camarones y 1 pozo profundo de Perico, teniendo valores más altos a los establecidos en la resolución. La alcalinidad solo se incumple en el punto 17 de una PTAP localizada en Camarones correspondiente a aguas subterráneas salobres. Los niveles de sulfatos, cianuro disociable y libre, fluoruros, bario total, cobre, cromo, mercurio, manganeso, molibdeno y plomo, se encuentran entre los rangos permisibles de la resolución en todos los puntos. Los nitritos se

COMPONENTE CALIDAD DEL AGUA



incumplen en los puntos 1 del pozo profundo de Perico y 24 de aguas de pozos profundos de la comunidad de El Estero, los nitratos únicamente se incumplen en el punto 18 de la planta desalinizadora de Camarones.

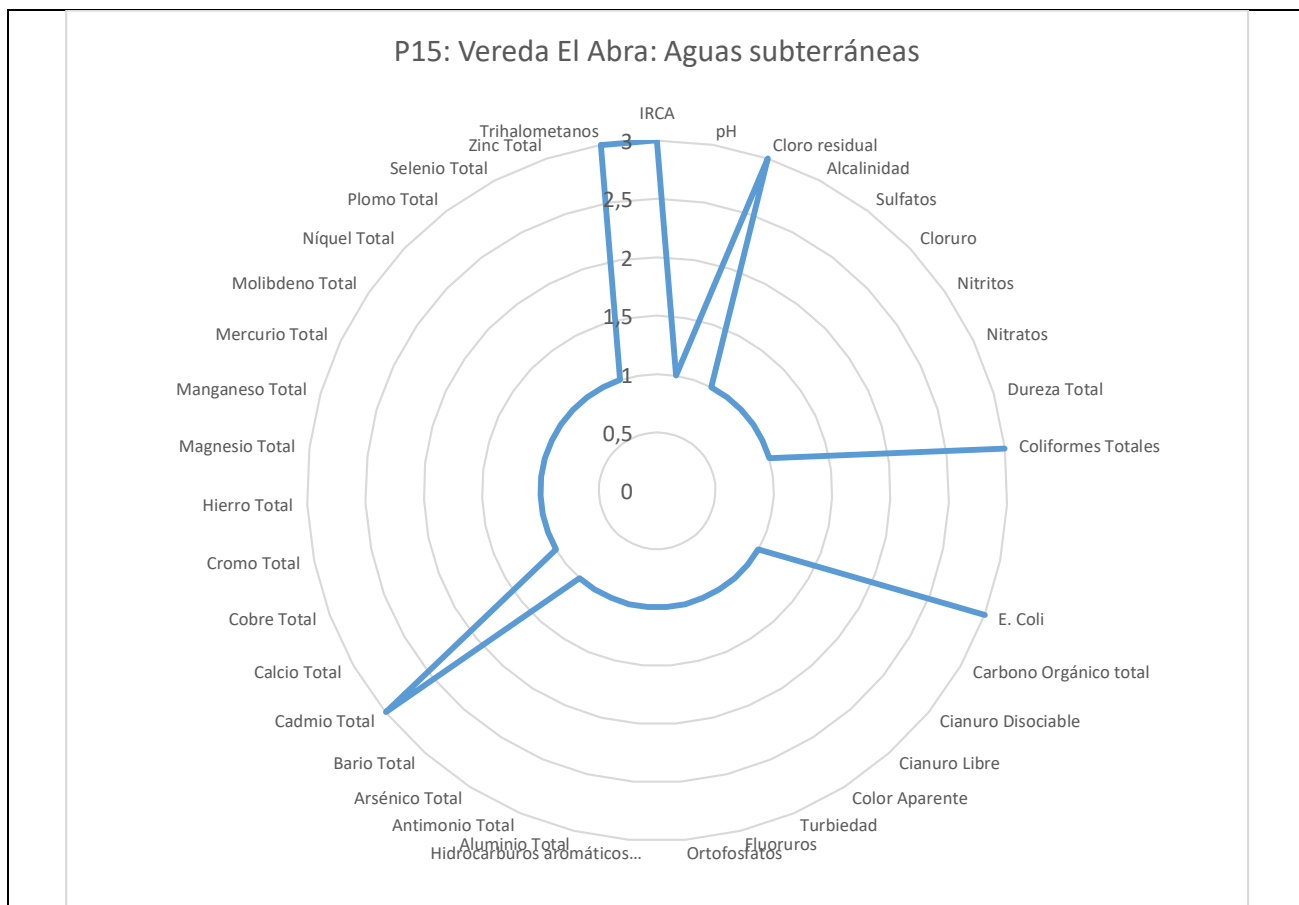
La dureza total se incumple en los puntos 24, 21 y 22 correspondientes a aguas subterráneas de la comunidad de El Estero, comunidad El Toldo y Puente Guerrero. Los coliformes totales se incumplen en todos los puntos de la parte baja de la cuenca, menos en el punto 16 correspondiente al carrotanque de Camarones. Los niveles de aluminio se incumplen en los puntos 25 y 22 ubicados en el caserío de Camarones y Puente Guerrero. El color aparente está sobre los límites establecidos en el decreto en los puntos 25, 22 y 19 correspondientes a los caseríos del río Camarones, Puente Guerrero y el punto de captación del río Camarones.

En cuanto a la turbiedad solo sobrepasó los límites el punto 17 del PTAP de pozo profundo de aguas salobres, el punto 22 Puente Guerrero, el punto 2 de Caño El Roble Matitas y el punto 3 Río Tapias Matitas y en el punto 25 Río Camarones Caserío. Se registraron altos niveles de cloruro en los puntos 1, 24, 20, 21, 22 y 18 los cuales corresponden a pozo profundo Perico, pozo profundo de la comunidad El Estero, pozo profundo de la comunidad El principio, Pozo profundo de la comunidad El Toldo, Puente Guerrero y planta desalinizadora de Camarones respectivamente. En cuanto al Magnesio se incumplió en los puntos, 21, 24, 22 y 18, de los cuales los puntos 21 y 24 corresponden a aguas subterráneas. En cuanto al carbono orgánico sobrepasó los límites en los puntos 3 y 2. Igualmente se aprecia que en todos los puntos se incumplió los niveles de trihalometanos.

Por otro lado, En cuanto a los niveles de metales pesados como el Arsénico incumplieron con los límites de la resolución en el punto 18 correspondiente a la planta desalinizadora de Camarones, 21 de agua subterránea de la comunidad El Toldo y 22 de Puente Guerrero, se registraron niveles de Cadmio sobre el límite establecido en todos los puntos de la parte baja de la cuenca, igualmente, se registraron altos niveles de Níquel en los puntos 22, 19, 1, 25, 20, 24, 23 y 18 de los cuales los puntos 1, 17, 20 y 24 corresponden a pozos profundos. El Selenio se incumplió en los puntos 20, 19, 17, 1, 24, 21, 22, 3, 25 y 18 de los cuales el punto 20, 17, 1, 24 y 21 pertenecen a aguas subterráneas, lo que aumenta la preocupación de la calidad del agua para consumo humano.

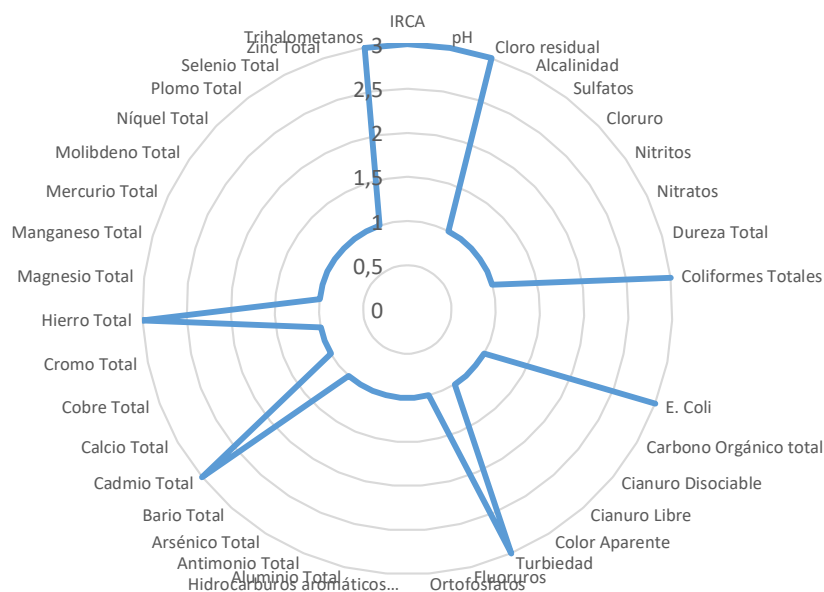
3.4.2 Análisis de resultados de los puntos de la parte media de la cuenca

Tabla 8. Resultados de la parte media de la cuenca

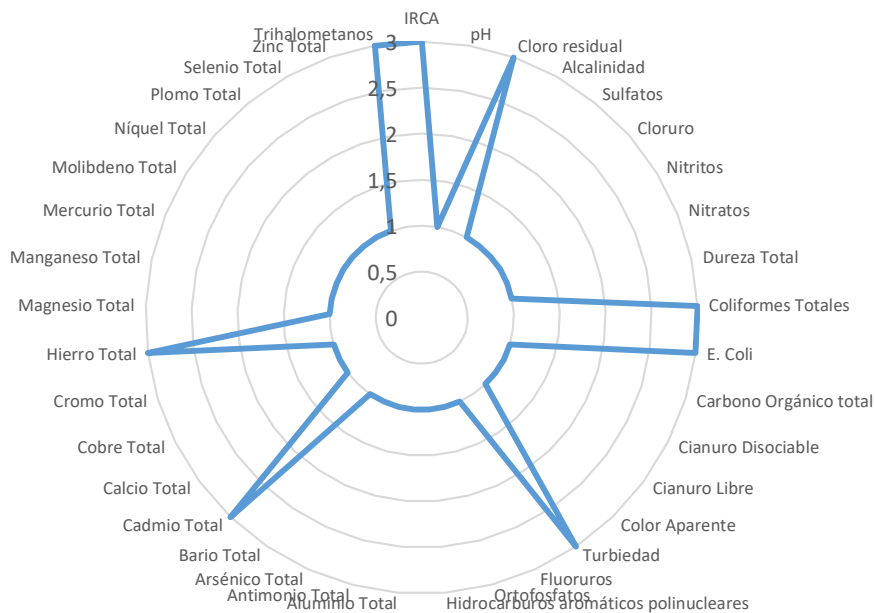


COMPONENTE CALIDAD DEL AGUA

P14: Vereda Arroyo Arena

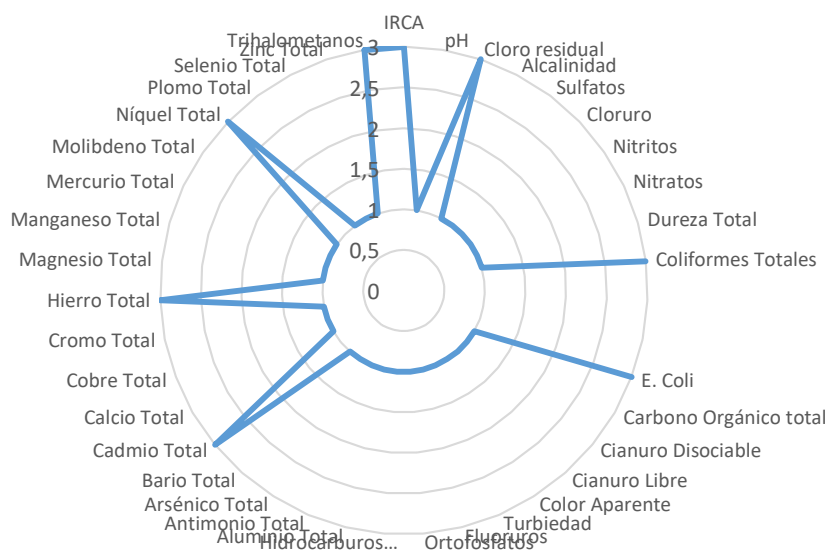


P12: Río Camarones-Barbacoas

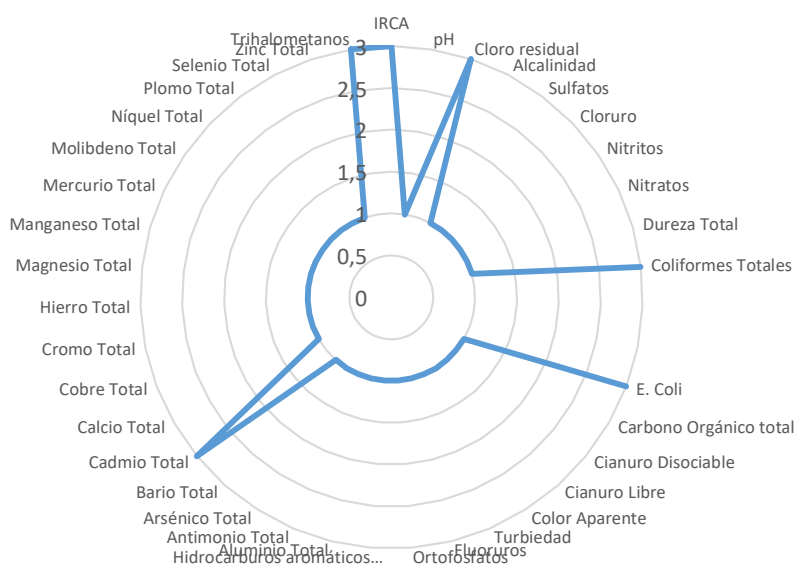


COMPONENTE CALIDAD DEL AGUA

P11: Vereda Barbacoas pozo profundo

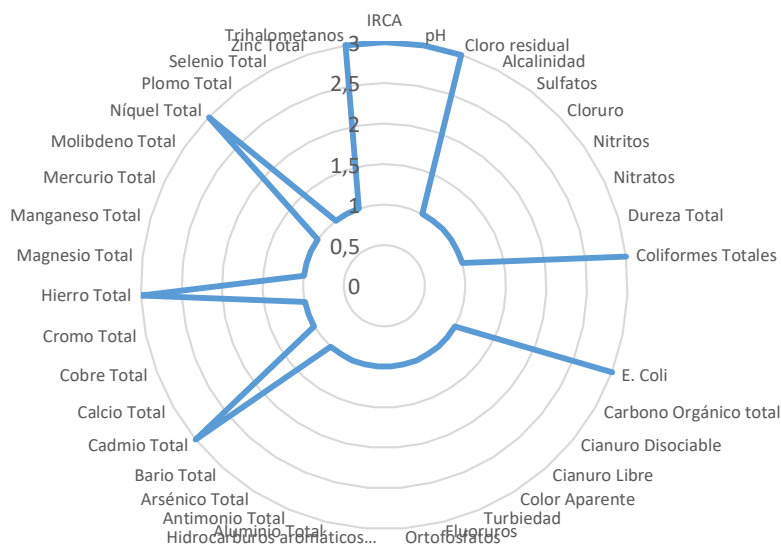


P10: Vereda Galán

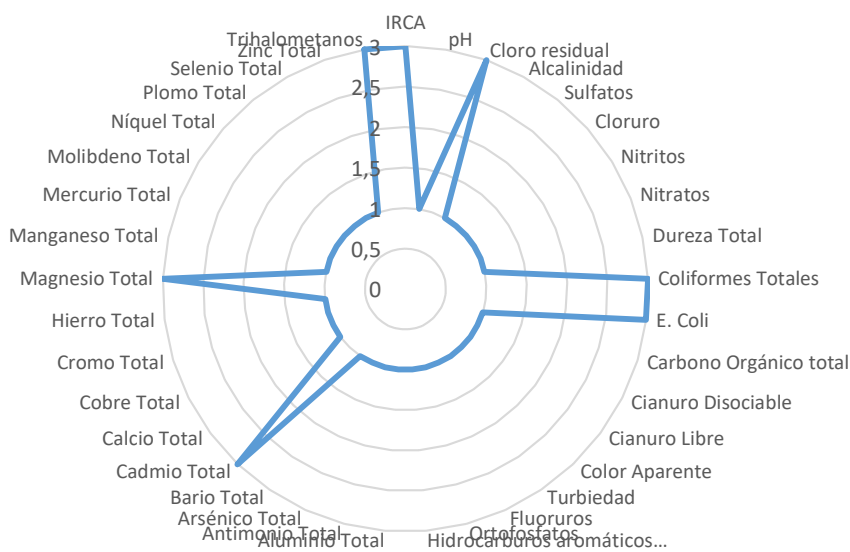


COMPONENTE CALIDAD DEL AGUA

Punto 13: Vereda Cotoprix



P9: Vereda Tomarrazón



En la tabla 8 se aprecia que en la **parte media** de la cuenca del río Camarones, se obtuvo un IRCA alto en todos los puntos muestreados, con agua no apta para el consumo humano. En cuanto a los parámetros fisicoquímicos se obtuvieron que los niveles de pH son muy bajos en el punto 14 correspondiente a la vereda Arroyo Arena y en el punto 13 vereda Cotoprix. En cuanto al cloro residual, también se obtuvieron valores muy bajos en todos los puntos muestreados en la parte media de la cuenca.

COMPONENTE CALIDAD DEL AGUA



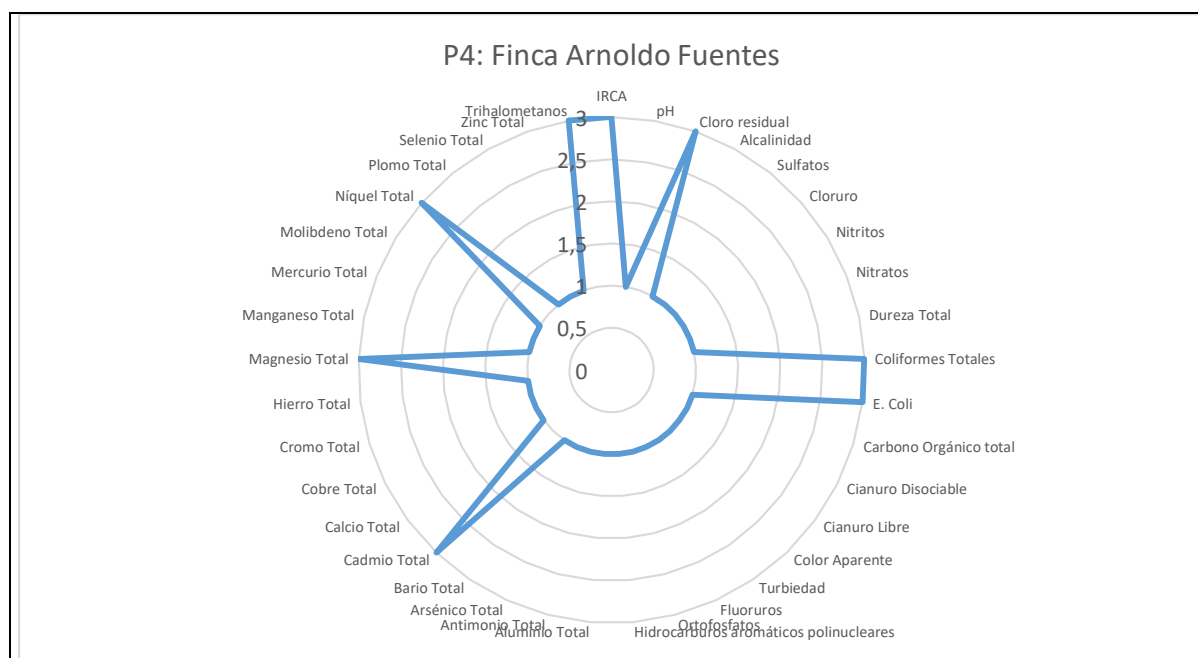
En esta parte de la cuenca no se registró ningún punto que sobrepase los límites permisibles de alcalinidad, de sulfatos, de nitratos, de nitritos, de dureza total, arsénico, color aparente, aluminio, cadmio, fluoruros, ortofosfatos, hidrocarburos aromáticos, calcio, cobre, cromo, magnesio, manganeso, mercurio, molibdeno, plomo, selenio y zinc. Por otro lado, se obtuvieron 6 puntos con niveles de hierro altos: punto 12 del río Camarones en Barbacoas, punto 11 de la vereda de Barbacoas correspondiente a aguas subterráneas, punto 14 de vereda Arroyo Arena y el punto 13 de la vereda Cotoprix. Los niveles de turbiedad incumplieron en los puntos 14 de la vereda Arroyo Arena, en el punto 2 caño El Roble, en el punto 12 del río Camarones-Barbacoas y en el punto 3 río Tapias en Matitas.

En cuanto a los metales pesados, todos los puntos de la parte media se registran altos niveles de cadmio total y de trihalometanos. Los valores de turbiedad fueron altos en el punto 12 en el río Camarones-Barbacoas y punto 14 vereda Arroyo Arena.

Para finalizar, todos los puntos de la parte media de la cuenca del río Camarones incumple con la resolución en coliformes totales.

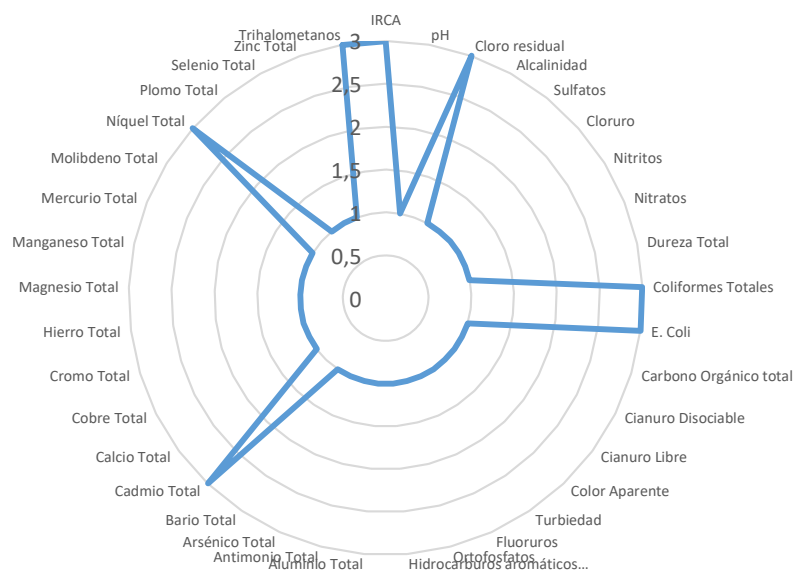
3.4.3 Análisis de resultados de los puntos de la parte alta de la cuenca

Tabla 9. Resultados de la parte alta de la cuenca del río Camarones

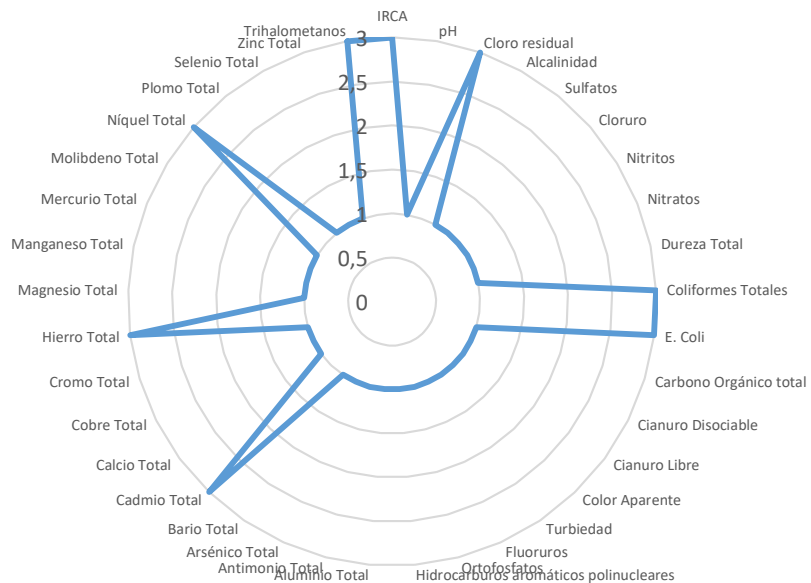


COMPONENTE CALIDAD DEL AGUA

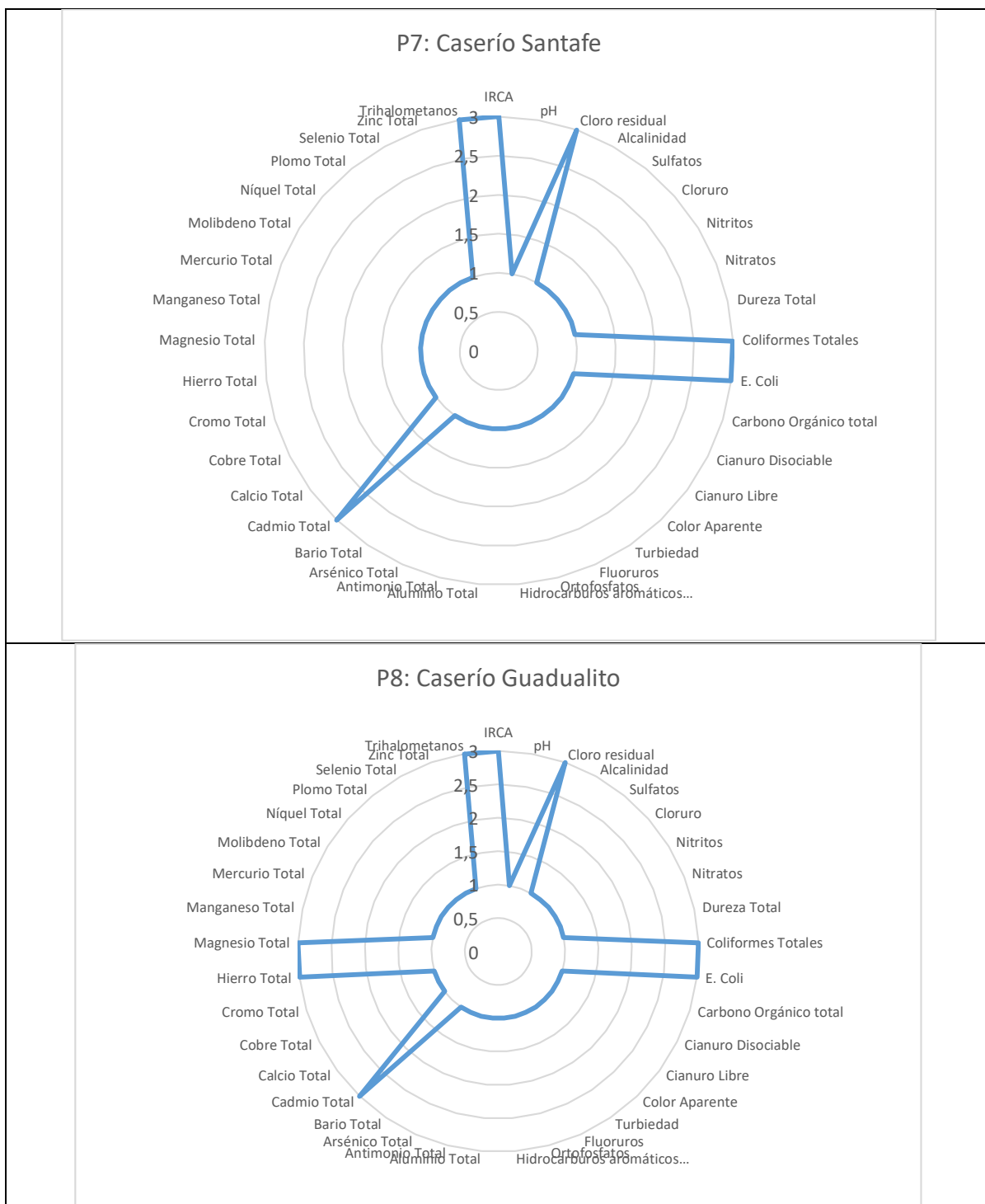
P5: Vereda La Gloria



P6: Caserío El Limbo



COMPONENTE CALIDAD DEL AGUA



En la tabla 10 se aprecia que en **la parte alta de la cuenca** del río Camarones, todos los puntos presentan un IRCA alto, por lo cual, el agua de esta parte de la cuenca tampoco es apta para el consumo humano. En cuanto a los parámetros fisicoquímicos, ninguno de los puntos sobrepasa los valores límites de pH,

alcalinidad, sulfatos, nitratos, nitritos, dureza total, aluminio, color aparente, turbiedad, arsénico, magnesio, carbono orgánico, cianuro, ortofosfatos, hidrocarburos aromáticos, calcio, cobre, cromo, manganeso, mercurio, molibdeno, plomo, selenio y zinc.

Los niveles de cloro residual y de cadmio y trihalometanos se incumplen en todos los puntos muestreados. Los coliformes se incumplen en toda la parte alta de la cuenca. Finalmente, el hierro solo sobrepasa el límite establecido en los puntos 6 del caserío El Limbo y el punto 8 del caserío Guadualito.

3.4 Conclusiones

La principal conclusión que se llega a partir de los resultados previamente descritos (IRCA, parámetros fisicoquímicos y biológicos), es que la calidad de agua de fuentes superficiales y subterráneas en la cuenca del río Camarones es inadecuada para su consumo es decir, la población de la cuenca del río Camarones no cuenta con agua potable para suplir sus necesidades básicas, principalmente por contaminación de materia orgánica (coliformes fecales) y de metales pesados como arsénico, cadmio, níquel y selenio, los cuales se reconocen por su alta toxicidad.

Por otro lado, también se concluye que de los 25 puntos de muestras de agua que se tomaron para realizar este análisis, todos cuentan con al menos un parámetro que no cumple con los límites establecidos en la Resolución 2115 de 2007, por lo tanto, ningún punto muestreado cumple con las condiciones establecidas para ser agua apta para consumo humano.

Igualmente, se concluye que la parte baja de la cuenca presenta peores condiciones de calidad de agua que la parte media y alta de la cuenca, especialmente por coliformes, arsénico, magnesio, hierro, aluminio, dureza total, nitritos, nitratos, alcalinidad, calcio, cloruros, color aparente, níquel y selenio. La parte media de la cuenca se caracterizó por tener pH bajo, niveles de turbiedad altos y niveles de carbono orgánico elevados, por lo cual esta parte de la cuenca tiene alta carga de sedimentos y materia orgánica que posiblemente acidifica más el agua.

Los puntos correspondientes a aguas subterráneas (1, 17, 20, 21 y 24), se caracterizaron por obtener valores altos de nitritos, materia orgánica, cloruros, dureza total, turbiedad, alcalinidad, color aparente y metales pesados como cadmio, arsénico, níquel y selenio en la parte baja de la cuenca, mientras que los puntos de agua subterránea correspondientes a la parte media (11 y 15) de la cuenca obtuvieron altos niveles de hierro, materia orgánica y cadmio.

Considerando lo anterior, en la tabla 10 se presentan las implicaciones que tienen para la salud los parámetros altos que se mencionaron con anterioridad.

Tabla 10. Implicaciones para la salud por altas concentraciones de los parámetros

Parámetro	Implicaciones sobre la salud humana
E.Coli	Entre los síntomas de la enfermedad causada por E. Coli productora de toxina Shiga destacan los calambres abdominales y la diarrea, que puede progresar en algunos casos a diarrea sanguinolenta (colitis hemorrágica). También puede haber fiebre y vómitos. El período de incubación varía entre tres y ocho días, con una mediana de tres a cuatro días. La
Coliformes totales	

Parámetro	Implicaciones sobre la salud humana
	mayoría de los pacientes se recuperan en el término de diez días, pero en un pequeño porcentaje de los casos (especialmente niños pequeños y ancianos) la infección puede conducir a una enfermedad potencialmente mortal, como el síndrome hemolítico urémico (SHU). El SHU se caracteriza por una insuficiencia renal aguda, anemia hemolítica y trombocitopenia (deficiencia de plaquetas). (OMS, 2018).
Hierro	El hierro y el manganeso generan preocupación generalizada debido a sus efectos sobre la aceptabilidad del agua, y deben tenerse en cuenta en cualquier procedimiento de fijación de prioridades. Las principales problemáticas del hierro y el manganeso es la corrosión. Una corrosión excesiva de tuberías de hierro puede ocasionar problemas de calidad del agua (por ejemplo, su coloración de rojo). (OMS, 2006).
Manganeso	
Magnesio	El magnesio se asimila con la dureza del agua, donde la OMS establece que esta no tiene efecto negativo en la salud humana. Sin embargo estos traen demasiados problemas en las tuberías (acceso).
Níquel	La Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC, por sus siglas en inglés), ha determinado que algunos compuestos de níquel son carcinogénicos en seres humanos y que el níquel metálico posiblemente es carcinogénico en seres humanos.
Cadmio	El cadmio tiene efectos tóxicos en los riñones y en los sistemas óseo y respiratorio; además, está clasificado como carcinógeno para los seres humanos.
Selenio	Exposición a niveles mucho más altos que los necesarios puede producir efectos neurológicos, cabello quebradizo y deformidades en las uñas. (ATSDR, 2016),

Parámetro	Implicaciones sobre la salud humana
Arsénico	La exposición prolongada al arsénico inorgánico, principalmente a través del consumo de agua contaminada o comida preparada con esta y cultivos alimentarios regados con agua rica en arsénico puede causar intoxicación crónica. Los efectos más característicos son la aparición de lesiones cutáneas y cáncer de piel. (OMS, 2018).
Aluminio	La ingestión de aluminio generalmente no produce daño. Algunos estudios han sugerido que la exposición a cantidades altas de aluminio puede causar enfermedad de Alzheimer, mientras que otros estudios no han encontrado evidencia de que esto ocurra. No se sabe con certeza si la exposición al aluminio produce enfermedad de Alzheimer. Algunas personas que sufren de enfermedad renal acumulan una gran cantidad de aluminio en sus cuerpos. La enfermedad del riñón impide la eliminación de aluminio en la orina. Algunas veces, estas personas desarrollaron enfermedades de los huesos o del cerebro que los doctores atribuyeron al exceso de aluminio. (ATSDR, 2016).
Trihalometanos	Son compuestos carcinógenos para el ser humano. (Zafra, 2008)

4. CALIDAD DE AGUA PARA LA PRESERVACIÓN DE FLORA Y FAUNA

4.1 Introducción

El Programa Mundial de Alimentos PMA contrató los servicios de INTERTEK, para la realización de un estudio de caracterización de aguas para la preservación de flora y fauna en cinco (5) puntos localizados entre los asentamientos de Camarones y Perico, en el departamento de la Guajira, con el fin de identificar, posibles causas de alteración a las especies de fauna y flora por las lagunas costeras de Navío Quebrado y Laguna Grande fuente de alimentos para los habitantes de la parte baja de la cuenca del río Camarones.

El presente informe de resultados contiene las actividades de campo y laboratorio encaminadas a evaluar las características fisicoquímicas de los cuerpos de agua. Las muestras fueron tomadas por SERAMBIENTE S.A.S. y analizadas por SERAMBIENTE S.A.S. y SGS COLOMBIA S.A.S., dichos laboratorios se encuentra acreditado por el IDEAM para la toma de muestras y análisis de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos. Los parámetros evaluados se encuentran contemplados en el Decreto Único 1076 de 2015 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

4.2 Metodología para muestreo y análisis de muestras para la preservación de flora y fauna

4.2.1 Puntos de Monitoreo

Para conocer la calidad del agua para la preservación de flora y fauna, se tomaron 5 puntos de monitoreo ubicados en la parte baja de la cuenca, considerando que es allí donde se encuentran las lagunas costeras de Navío Quebrado y Laguna Grande. Los 5 puntos tomados fueron los siguientes:

Punto 1. Río Camarones: Sistema lótico con agua de apariencia turbia, sin presencia de iridiscencia. Se observan vertimientos puntuales y no puntuales aguas arriba.

Punto 2. Río Perico: Sistema lótico con agua de apariencia turbia, el cuerpo de agua se encuentra expuesto en un 100% a los rayos UV, no se observa iridiscencia.

Punto 3. Arroyo Laguna Grande: Sistema lótico expuesto a rayos UV en un 90%, la apariencia del cuerpo de agua es verdosa y sin presencia de iridiscencia.

Punto 4. Ciénaga Laguna Navío Quebrado: Sistema lótico con abundante presencia de sales; cuerpo de agua expuesto a rayos UV en un 80%.

Punto 5. Puente Guerrero: Sistema lótico con apariencia de agua verdosa y salobre; cuerpo de agua expuesto a los rayos UV en un 80%.

Las coordenadas de estos 5 puntos y las características del monitoreo se encuentran en el documento anexo 2. En la figura 64 se presenta el mapa de la ubicación de los 5 puntos tomados.

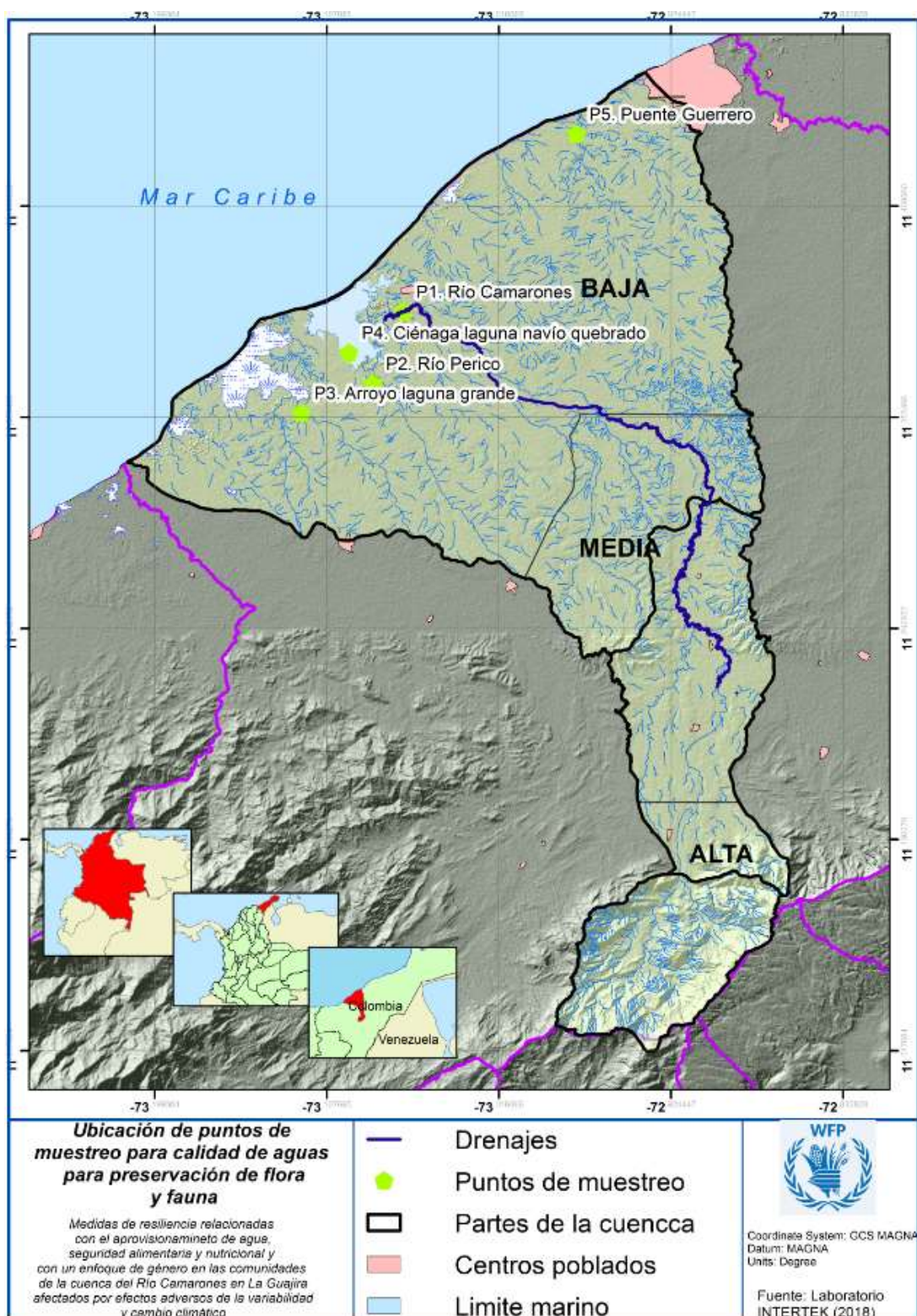


Figura 63. Ubicación de los puntos de muestras de aguas.

COMPONENTE CALIDAD DEL AGUA



Por otro lado, cuando se habla de la preservación de flora y fauna y teniendo en cuenta que la cuenca del río Camarones limita con el mar Caribe, es necesario considerar la calidad del agua marina para este uso. Para ello, se considera una estación de monitoreo del INVEMAR que se encuentra en la zona marina de la cuenca, la cual tiene información de calidad de agua para este uso del agua en ecosistemas marinos.

4.2.2 Metodología

Los procesos metodológicos de preparación de campo y de etapa de campo y la etapa de laboratorio para el muestreo y análisis de los 5 puntos mencionados previamente, se encuentran en el documento de anexos 2.

La norma de referencia para hacer los análisis respectivos de la calidad del agua para la preservación de flora y fauna, fue el Decreto 1076 de 2015 por el cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible a través del cual se establece Sección 9, Artículo 2.2.3.3.9.10 Transitorio, criterios de calidad para preservación de flora y fauna.

Artículo 2.2.3.3.9.10 Transitorio. Criterios de calidad para preservación de flora y fauna se describen en la Tabla 11.

Tabla 11. Artículo 2.2.3.3.9.10 – Decreto 1076/2015

Parámetro	Unidades	Agua dulce fría	Agua cálida dulce	Agua marina y estuarina
Clorofenoles	mg/L	0,5	0,5	0,5
Difenil	mg/L	0,001	0,001	0,001
Oxígeno disuelto	-	5	4	4
pH	Unidades	5,5 - 9,0	4,5 - 9,0	6,5 - 8,5
Sulfuro de hidrógeno ionizado	mg/L	0,002	0,002	0,002
Amoníaco	mg/L	0,1 CL	0,1 CL	0,1 CL
Arsénico	mg/L	0,1 CL	0,1 CL	0,1 CL
Bario	mg/L	0,1 CL	0,1 CL	0,1 CL
Berilio	mg/L	0,1 CL	0,1 CL	0,1 CL
Cadmio	mg/L	0,01 CL	0,01 CL	0,01 CL
Cianuro libre	mg/L	0,05 CL	0,05 CL	0,05 CL
Cinc	mg/L	0,01 CL	0,01 CL	0,01 CL
Cloro total residual	mg/L	0,1 CL	0,1 CL	0,1 CL
Cobre	mg/L	0,1 CL	0,1 CL	0,1 CL
Cromo hexavalente	mg/L	0,01 CL	0,01 CL	0,01 CL
Fenoles monohídricos	mg/L	1 CL	1 CL	1 CL
Grasas y aceites	mg/L	0,01 CL	0,01 CL	0,01 CL
Hierro	mg/L	0,1 CL	0,1 CL	0,1 CL
Magnesio	mg/L	0,1 CL	0,1 CL	0,1 CL
Mercurio	mg/L	0,01 CL	0,01 CL	0,01 CL
Níquel	mg/L	0,01 CL	0,01 CL	0,01 CL
Plaguicidas organoclorados (cada variedad)	mg/L	0,001 CL	0,001 CL	0,001 CL
Plaguicidas organofosforados (cada variedad)	mg/L	0,05 CL	0,05 CL	0,05 CL

COMPONENTE CALIDAD DEL AGUA



Parámetro	Unidades	Agua dulce fría	Agua cálida dulce	Agua marina y estuarina
Plata	mg/L	0,01 CL	0,01 CL	0,01 CL
Plomo	mg/L	0,01 CL	0,01 CL	0,01 CL
Selenio	mg/L	0,01 CL	0,01 CL	0,01 CL
Tensoactivos	mg/L	0,143 CL	0,143 CL	0,143 CL

Fuente: DECRETO 1076 DE 2015.

En cuanto a los valores permitidos de DBO Y DQO, se toma como referencia el Decreto 1594 del 1984, donde se establece lo siguiente (ver figura 49):

DBO mg/L	Calidad del Agua
0,75 – 1,5	Muy Buena
3,0 – 5,0	Buena: Moderadamente Limpia
6,0 – 9,0	Mala: Ligeramente Polucionada
10 o superior	Muy Mala: Muy polucionada

DQO mg/L	Tipo de Agua
<2	Río Muy Limpio
2,5	Río Limpio
5	Río Sucio
>7	Río en Malas condiciones

Figura 64. Límites de DBO y DQO, establecidos por el Decreto 1594 de 1984.

4.3 Resultados y discusión

A continuación, de la figura 66 a la figura 77 se presentan las gráficas de los resultados obtenidos de los parámetros fisicoquímicos analizados, la línea roja indica el límite o el rango establecido por el Decreto. Posteriormente de cada gráfica, se encuentran los mapas indicando la ubicación de los resultados donde se indica si estos cumplen o no con la norma de referencia. Las tablas de los resultados obtenidos por cada parámetro se encuentran en el documento de anexos 2.

4.3.1 pH – Temperatura.

El pH para los puntos monitoreados registro valores que oscilan entre 5,0 y 7,01 unidades, los cuales se encuentra dentro del límite establecido por la norma para preservación de flora y fauna. Por otra parte, la temperatura está determinada por la cantidad de energía calórica que es absorbida por un cuerpo; su valor en las aguas superficiales depende de la profundidad y hora de toma. La temperatura presenta valores entre 27,7 y 30,2 °C para los puntos monitoreados (ver figuras 66 y 67). En la figura 68 se presenta el mapa con la ubicación de los puntos muestreados y si el pH cumple o no con lo establecido.

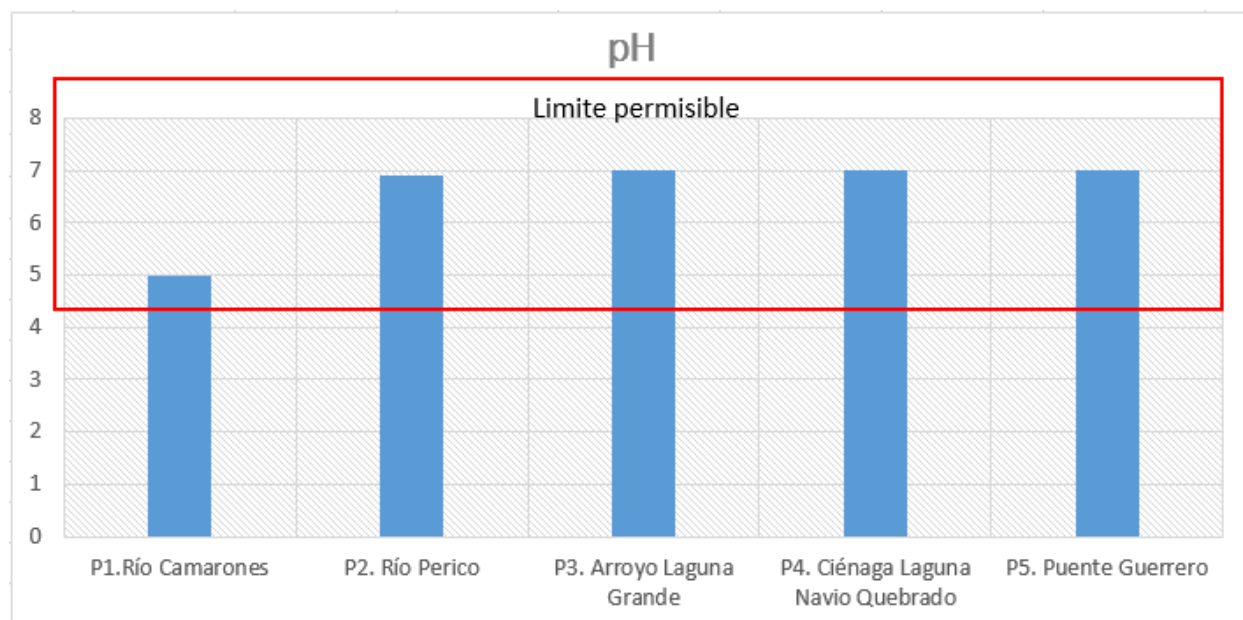


Figura 65. Resultado de pH. Elaboración propia.

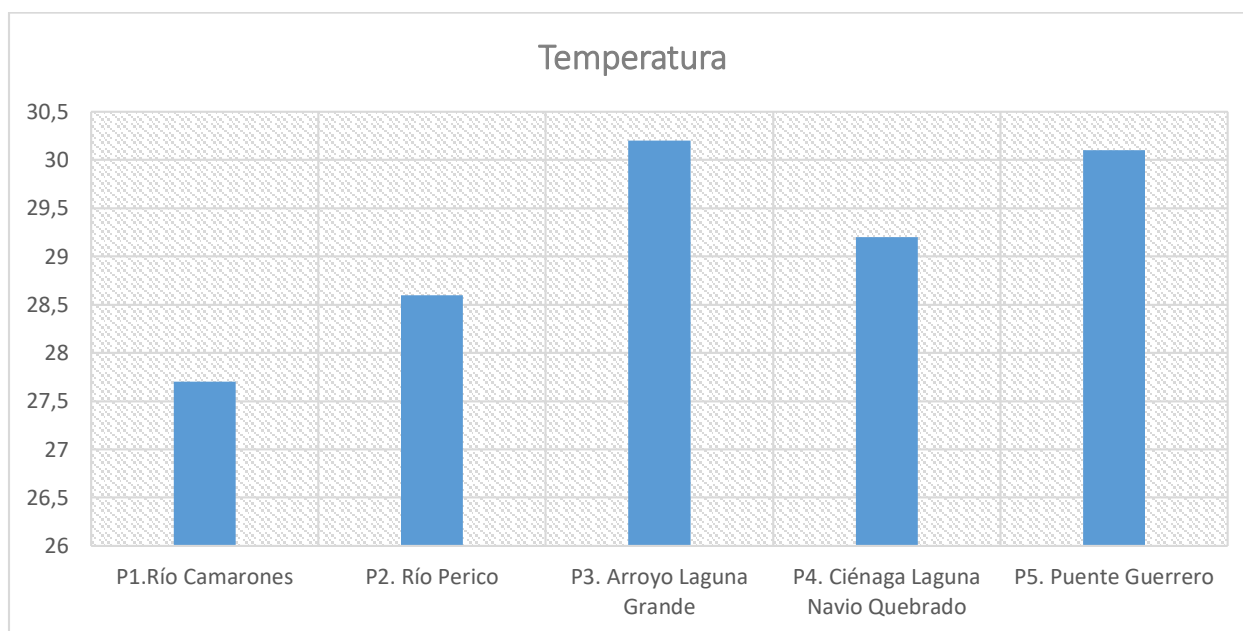


Figura 66. Resultados de temperatura. Elaboración propia.

COMPONENTE CALIDAD DEL AGUA

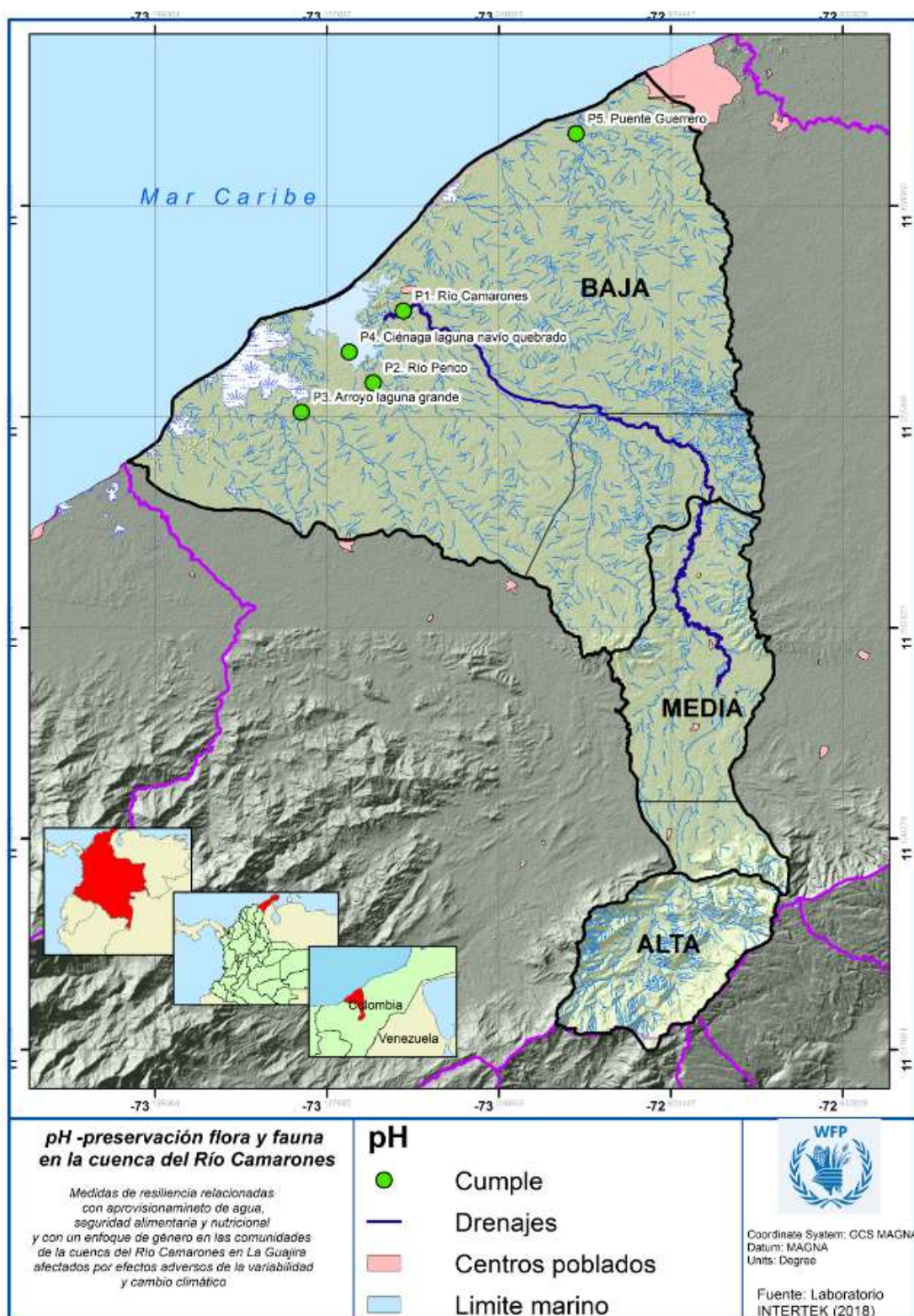


Figura 67. Cumplimiento en los niveles de pH en los cuerpos de agua naturales de la cuenca del río Camarones.

4.3.2 Oxígeno Disuelto

El oxígeno es esencial para la vida de los organismos acuáticos, las bajas concentraciones de oxígeno disuelto en el agua pueden causar atraso en el crecimiento, reducción en la eficiencia alimentaria de los peces, aumento de incidencia de enfermedades y la muerte de los peces, resultando una notable reducción en la productividad de los sistemas de cultivo. El oxígeno disuelto registró valores que oscilan entre 4,0 y 5,8 ppm; valores aceptables que propician disolución de oxígeno en el recurso, lo cual ayuda al desarrollo de vida de seres aerobios en el cauce (ver figuras 69 y 70).

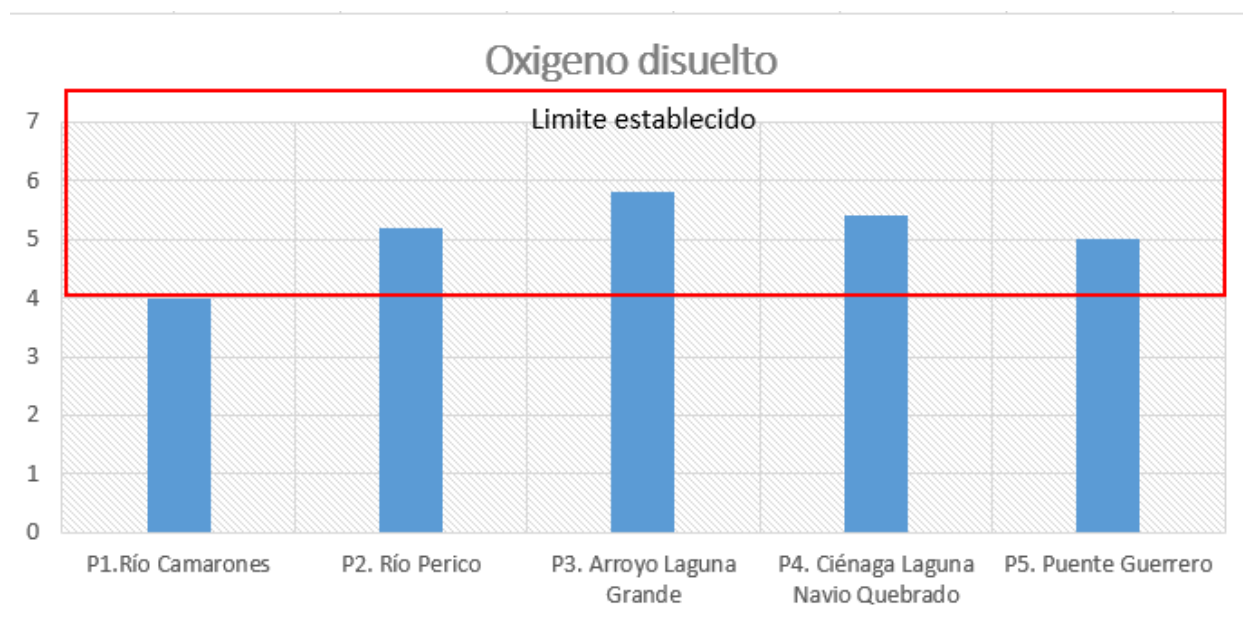


Figura 68. Cumplimiento de los niveles de oxígeno disuelto en los cuerpos de agua naturales de la cuenca del río Camarones.

COMPONENTE CALIDAD DEL AGUA

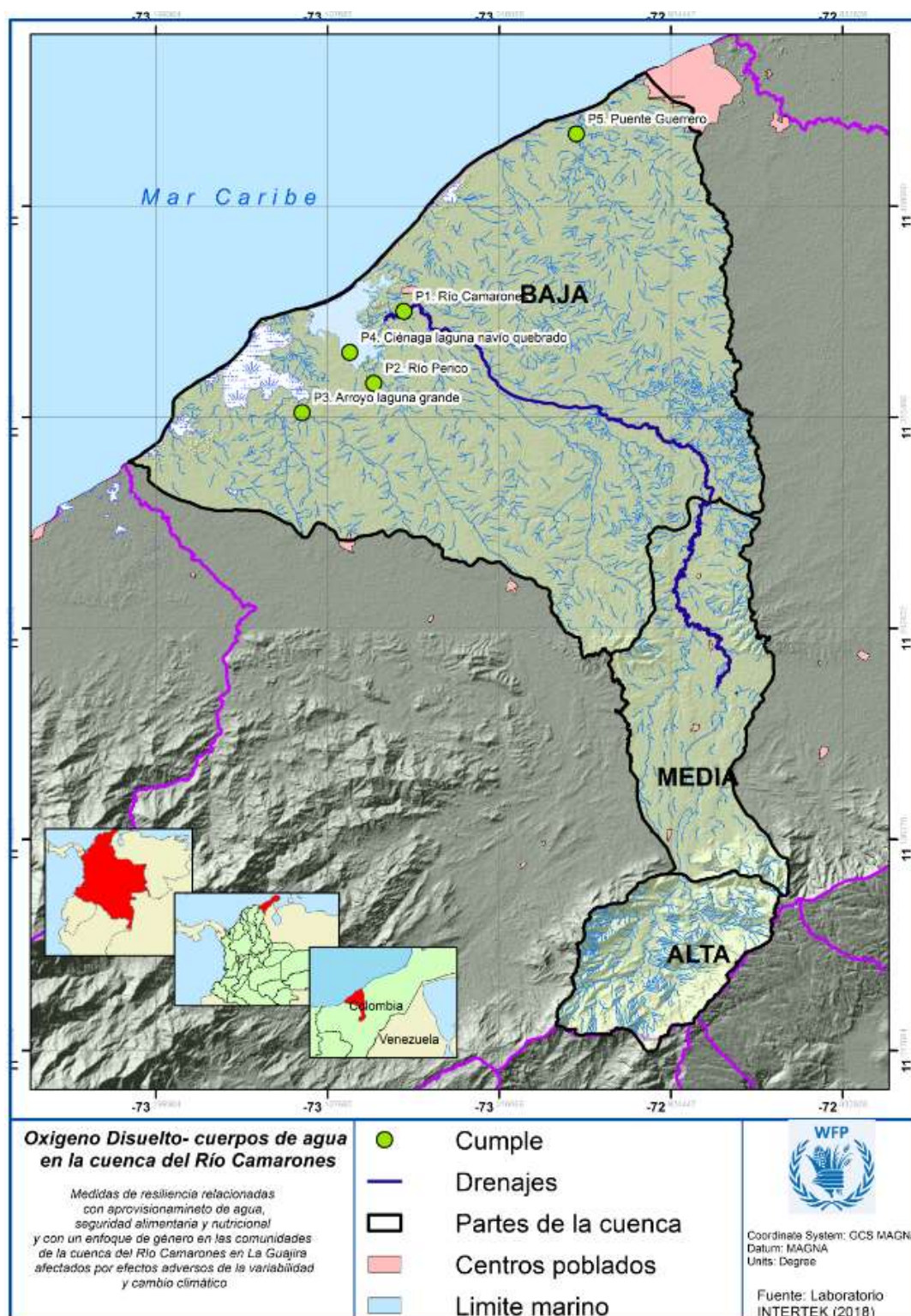


Figura 69. Resultado de oxígeno disuelto.

4.3.3 Porcentaje de saturación de oxígeno disuelto

A pesar de que los niveles de oxígeno disuelto estén entre los límites adecuados para el desarrollo de la vida íctica, los porcentajes de saturación de oxígeno están generalmente muy bajos por el porcentaje mínimo ideal que es del 70% de saturación. En la figura 71 se aprecia que los puntos 1 del río Camarones, el punto 2 del río Perico, el punto 4 de la ciénaga laguna Navío Quebrado y el punto 5 de Puente Guerrero presenta porcentajes de saturación más bajos a los ideales para la preservación de la flora y fauna, por lo tanto debe existir un factor externo que este alternado estas concentraciones.

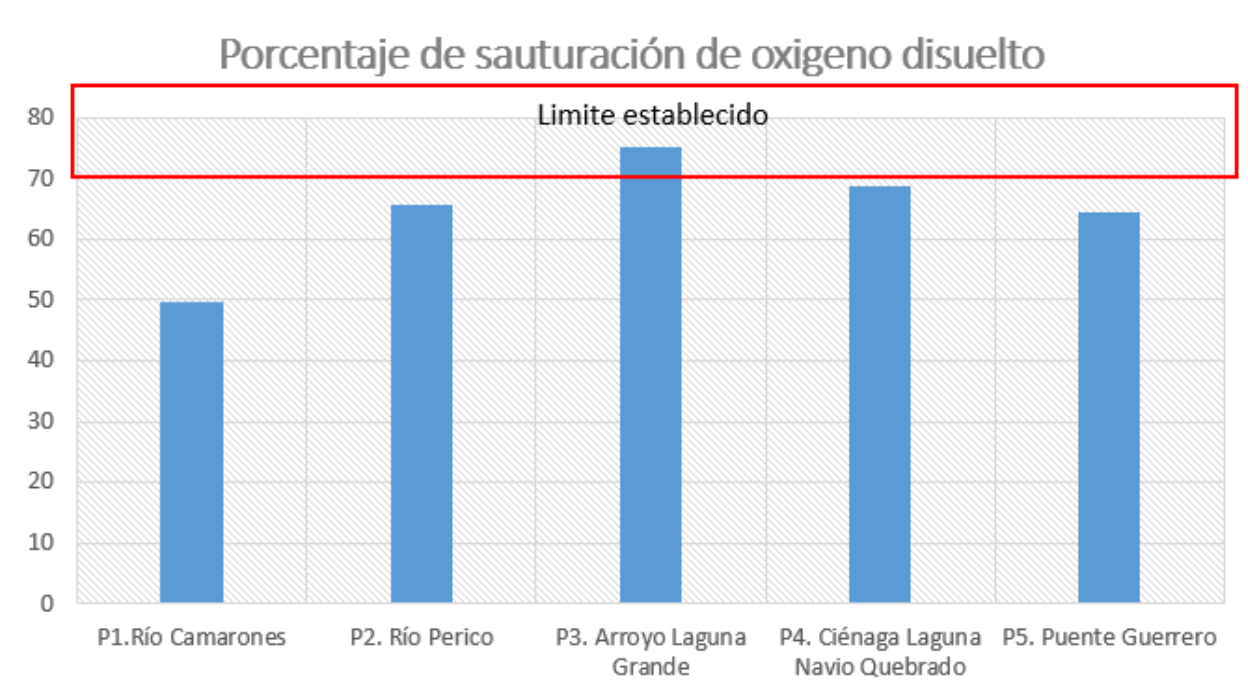


Figura 70. Resultados de saturación de oxígeno disuelto en la cuenca del río Camarones.

4.3.4 Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) y Demanda Química de Oxígeno (DQO)

La Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) es la medida de oxígeno requerida por los microorganismos para degradar la materia orgánica presente (Metcalf & Eddy, 1998), mientras que la Demanda Química de Oxígeno (DQO) es una estimación del total de materia oxidable, biodegradable o no, presente en un cuerpo de agua. Ambas variables se encuentran estrechamente relacionadas y se utilizan como indicadores de la calidad del agua. Los cinco puntos monitoreados registraron concentraciones de DBO que oscilaron entre 13,3 y 33,2 mg/L siendo el P3 arroyo Laguna Grande el de mayor concentración, indicativo además de ser un agua levemente contaminada. No obstante, de acuerdo al Decreto 1594 del 1984, los valores de DBO mayores a 10 mg/l, al igual que los valores de DQO mayores a 7 mg/l representan aguas de mala calidad para la preservación de flora y fauna, por lo tanto, todos los puntos muestreados incumplen con este Decreto (ver figura 72 y 73).

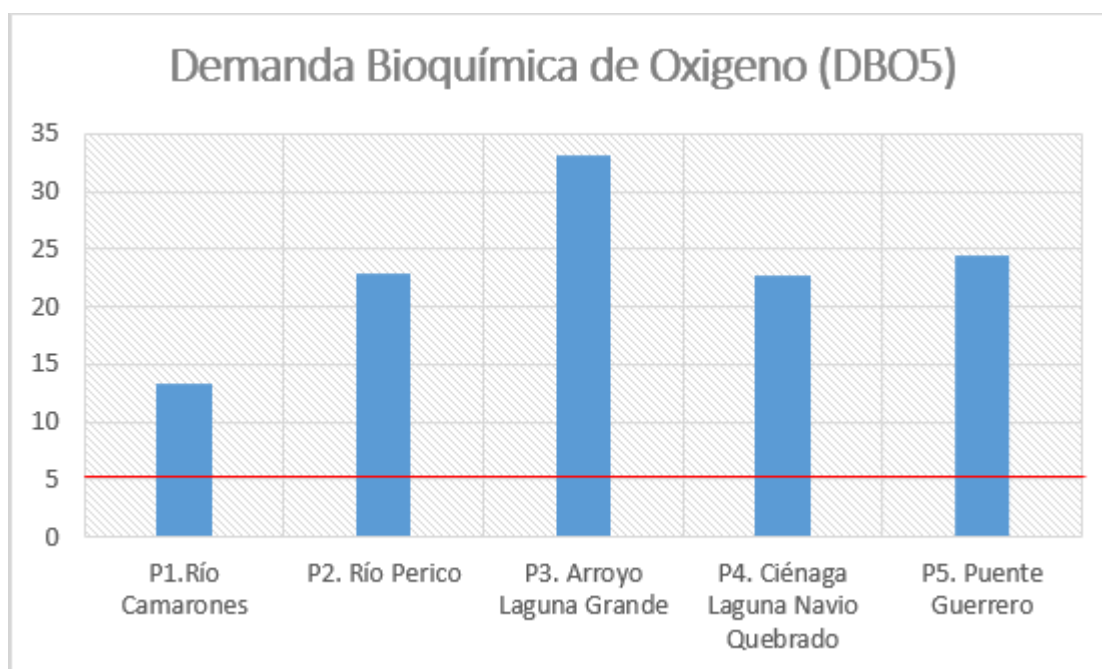


Figura 71. Niveles de DBO5.

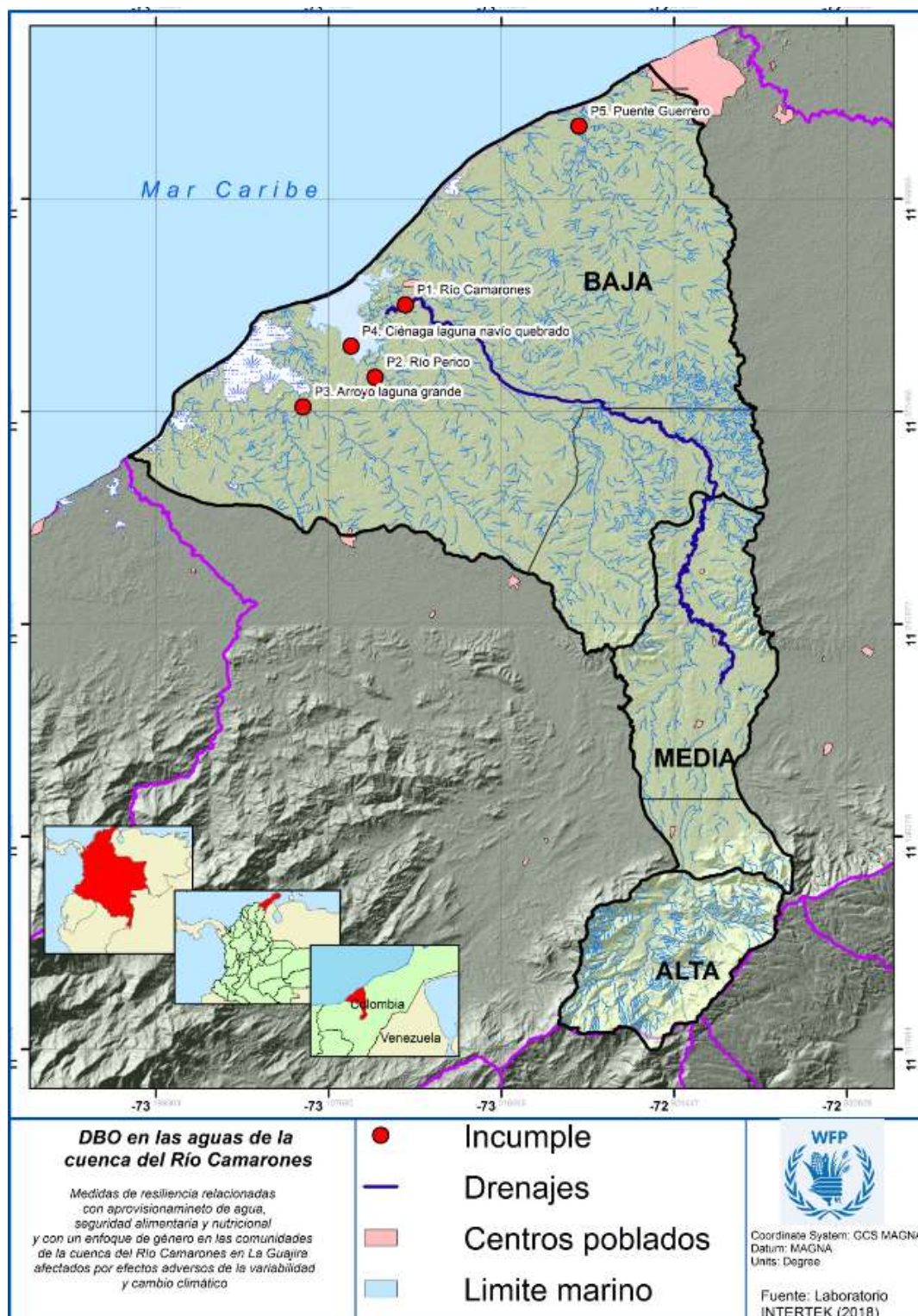


Figura 72. Cumplimiento de los niveles de DBO5 en los cuerpos de agua naturales de la cuenca del río Camarones.

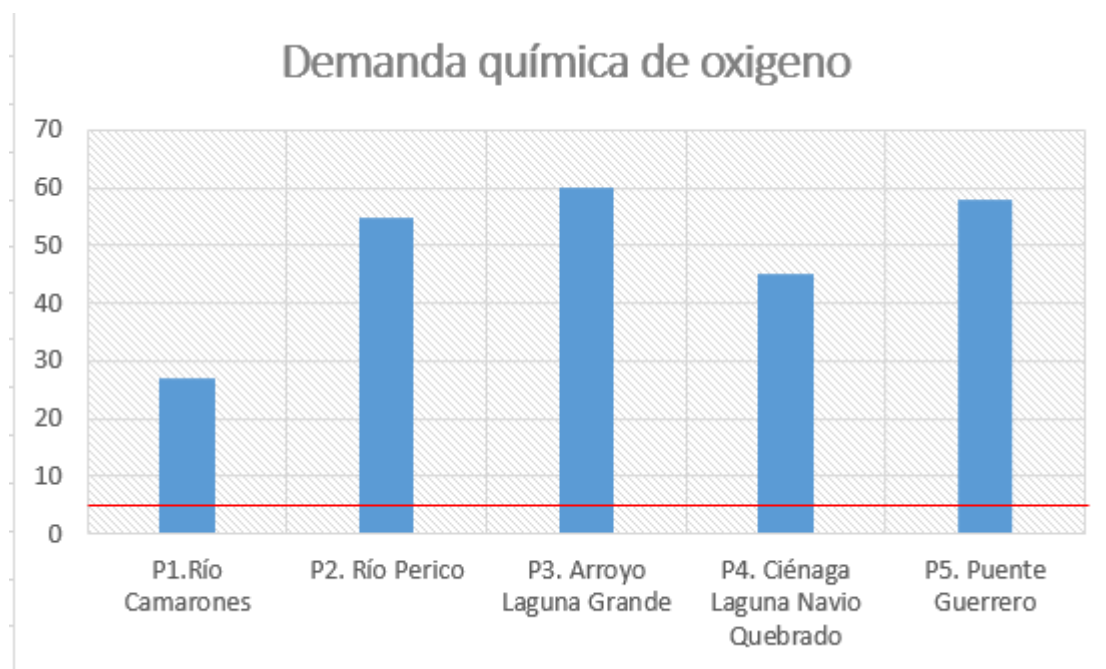


Figura 73. Resultados DQO.

4.3.5 Sólidos Disueltos Totales y Sólidos Suspendidos Totales

Los principales aniones inorgánicos disueltos en el agua son carbonatos, bicarbonatos, cloruros, sulfatos, fosfatos y nitratos. Los principales cationes son calcio, magnesio, sodio, potasio, amonio, entre otros (Spellman & Drinan, 2004). Los sólidos en suspensión, es descriptivo de la materia orgánica e inorgánica particulada existente en el agua (aceites, grasas, arcillas, arenas, fangos, etc.). La presencia de sólidos en suspensión participa en el desarrollo de la turbidez y el color del agua, mientras que la de sólidos disueltos determina la salinidad del medio, y en consecuencia la conductividad del mismo. Los sólidos suspendidos se definen como la medida de los sólidos sedimentables y de los no sedimentables, que pueden ser retenidos en un filtro. La presencia de sólidos en suspensión produce el color aparente en las aguas y disminuyen el paso de radiación solar, lo que lleva consigo una disminución de la fotosíntesis y muerte de las plantas a las que no les llega esta radiación (APHA, 1995). La mayoría de las especies acuáticas se alimentan del fitoplancton de las lagunas.

Para los puntos monitoreados la mayor concentración de sólidos suspendidos totales y sólidos disueltos se presentaron para el punto P2 río Perico, indicativo de presencia de material orgánico e inorgánico en suspensión ver figura 75.



Figura 74: Resultados sólidos Suspendidos Totales.

4.3.6 Organoclorados y organofosforados

Como se aprecia en las figuras 75 y 76 en los cuerpos de agua analizados se obtuvieron valores permisibles de organoclorados y organofosforados.

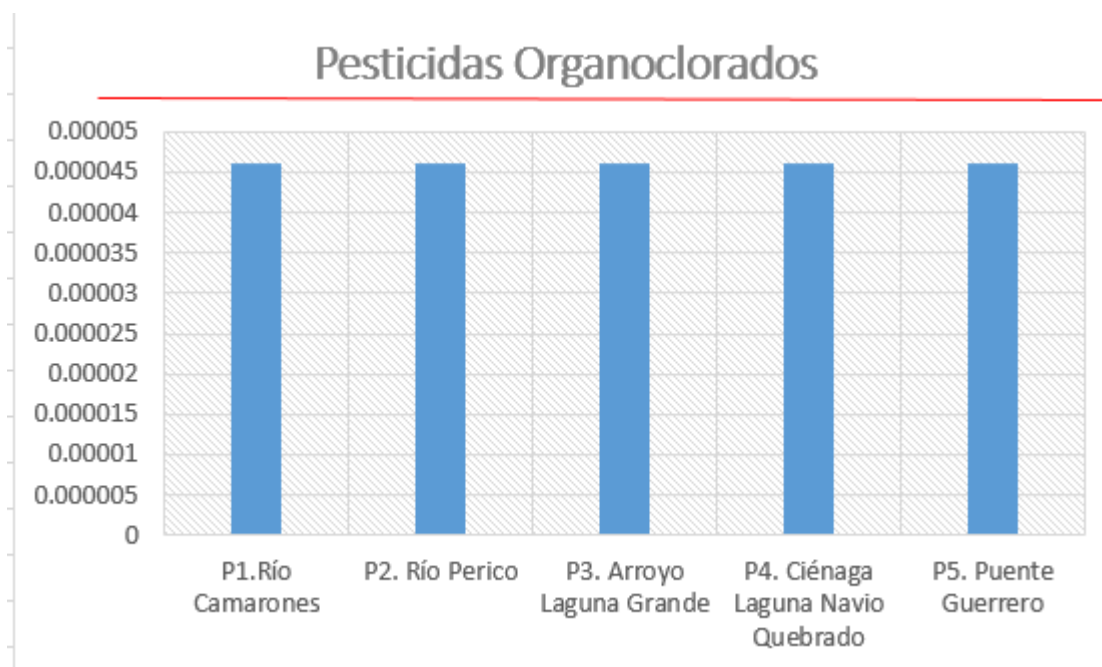


Figura 75. Resultados de los pesticidas organoclorados.



Figura 76. Resultados de los plaguicidas organofosforados.

COMPONENTE CALIDAD DEL AGUA

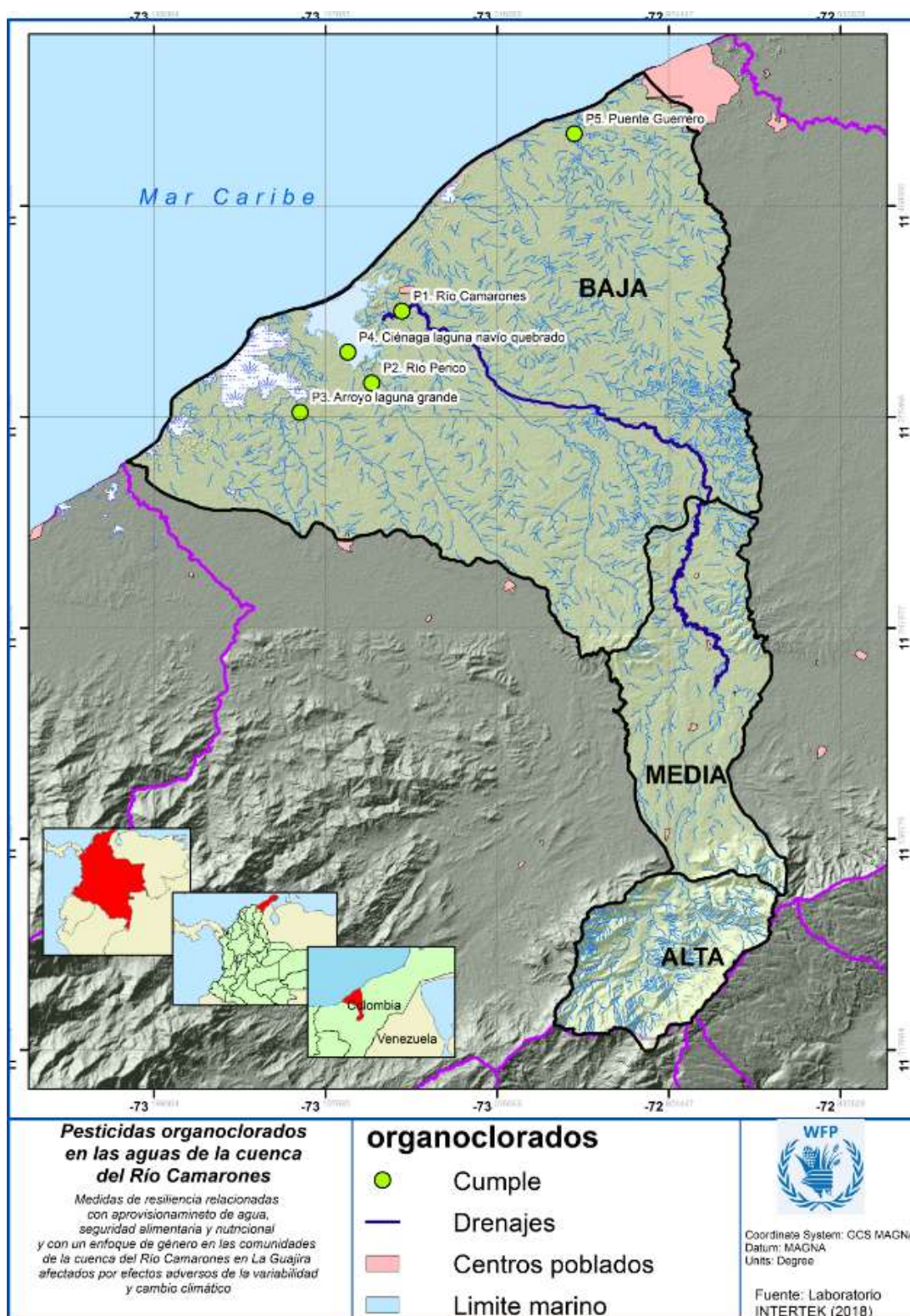


Figura 77. Cumplimiento de los niveles de pesticidas organoclorados en la cuenca del río Camarones.

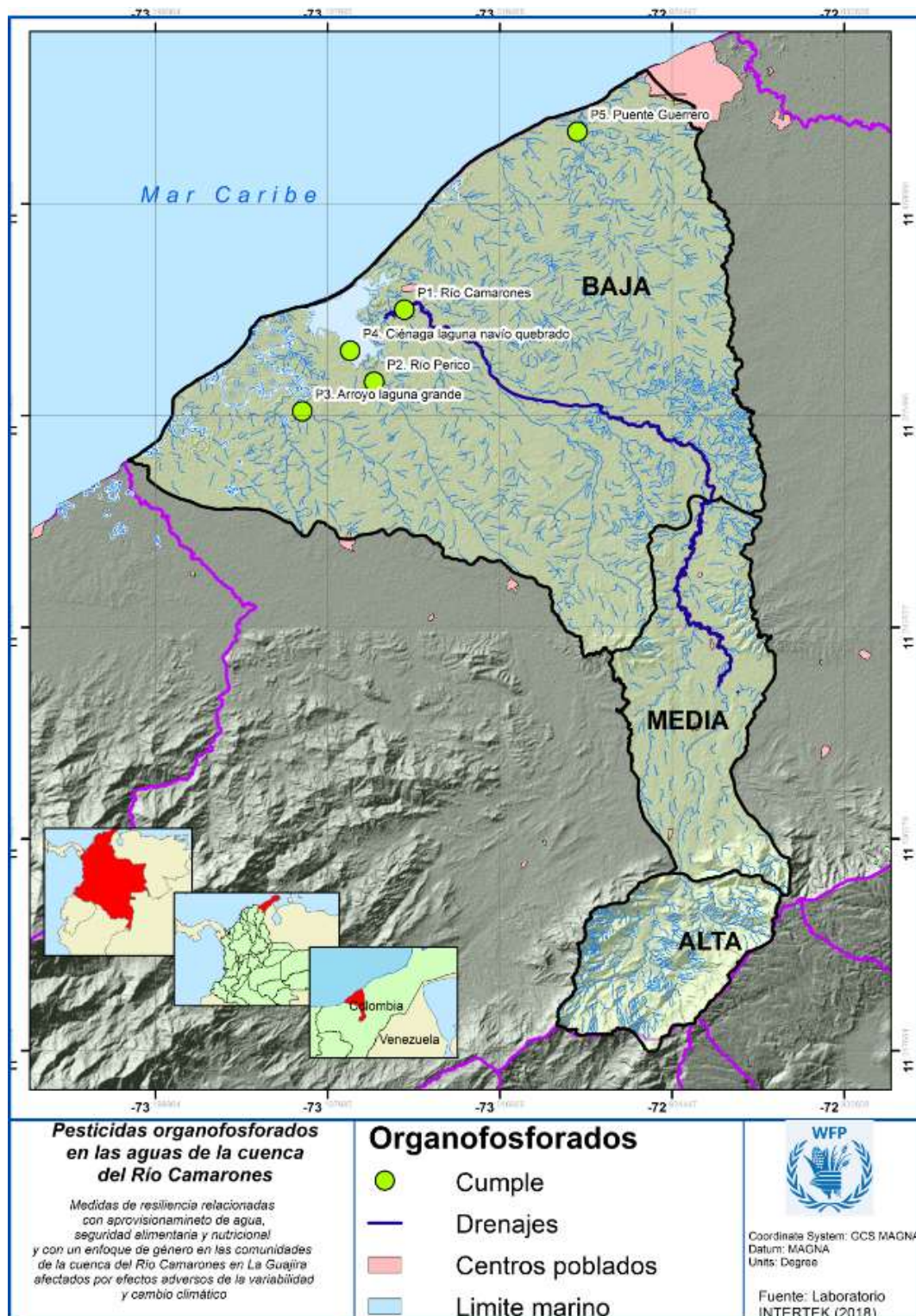


Figura 78. Cumplimiento de niveles de pesticidas organofosforados en la cuenca del río Camarones.

4.3.7 ICA

Igualmente se obtuvo el Índice de Calidad de Agua para corrientes superficiales ICA, el cual califica en una de cinco categorías la calidad del agua de una corriente superficial, las cuales se presentan en la tabla 17.

Tabla 12: Clasificación del ICA

Categorías de valores que puede tomar el indicador	Calificación de la calidad del agua	Señal de alerta
0,00 – 0,25	Muy mala	Rojo
0,26 – 0,50	Mala	Naranja
0,51 – 0,70	Regular	Amarillo
0,71 – 0,90	Aceptable	Verde
0,91 – 1,00	Buena	Azul

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2018.

En la tabla 18 se presenta la calificación del ICA obtenido en cada uno de los 5 puntos analizados en la cuenca del río Camarones. El cálculo del ICA se encuentra en documento de anexos 2.

Tabla 13. Índice de Calidad del Agua ICA en la región de lagunas costeras.

Puntos de monitoreo	ICA
P1. Río Camarones	0,51
P2. Río Perico	0,57
P3. Arroyo laguna Grande	0,60
P4. Ciénaga laguna Navío Quebrado	0,58
P5. Puente Guerrero	0,58

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2018.

COMPONENTE CALIDAD DEL AGUA

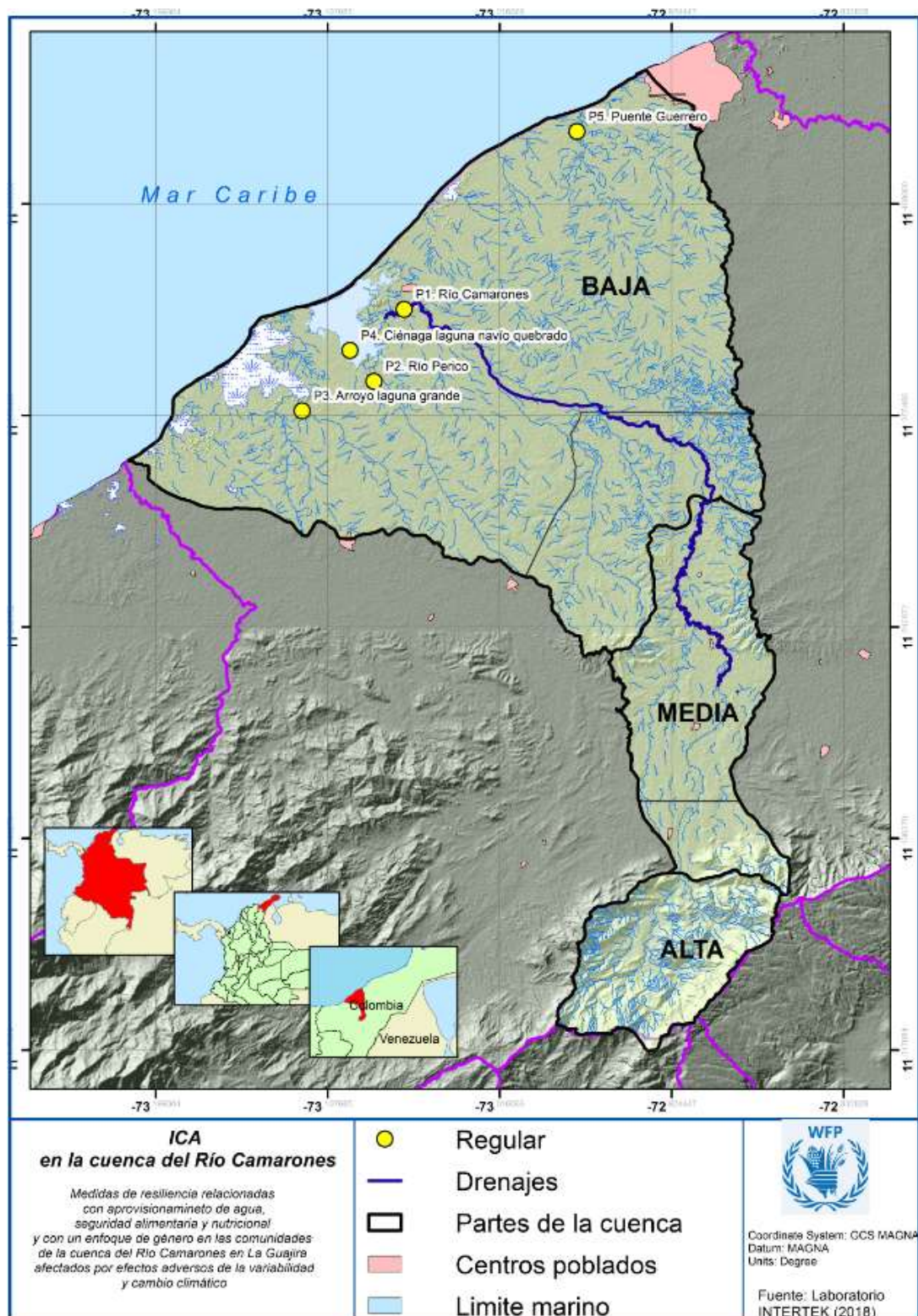


Figura 79: Niveles del ICA en la cuenca del río Camarones.

4.4 Análisis de resultados de calidad de agua para la preservación de flora y fauna en la cuenca hidrográfica del río camarones

A continuación, se presenta el análisis general por punto de los parámetros fisicoquímicos estudiados para la preservación de la flora y fauna (si cumplen o no con la norma) y del ICA mencionados con anterioridad, los cuales se analizan de la siguiente forma (ver tabla 14):

-Si los resultados de los parámetros cumplen con el Decreto, su ponderación será de 1, mientras que si no la cumple su ponderación será de 5.

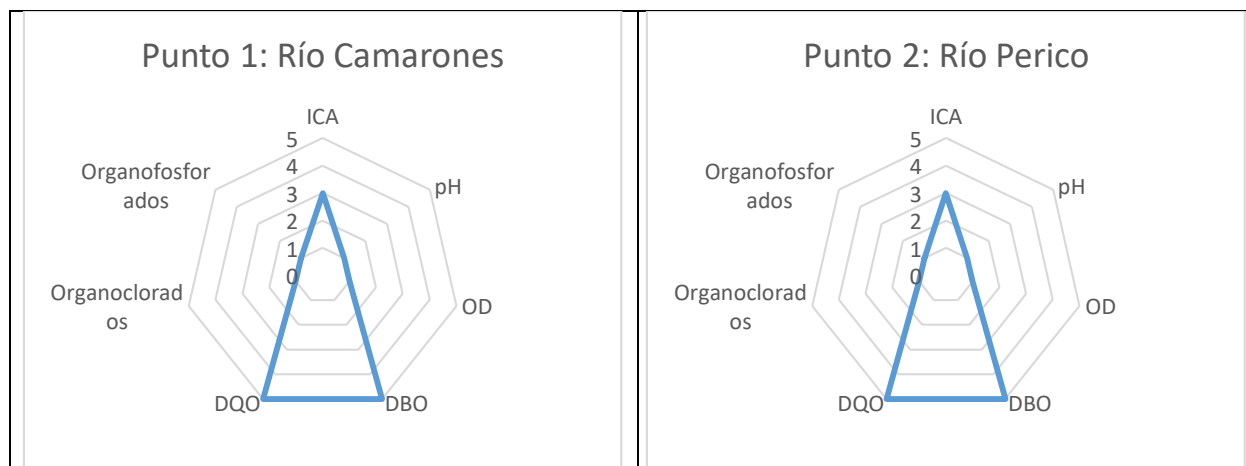
-Si el resultado del ICA es "bueno" su ponderación será de 1, si es "Aceptable" 2, si es "Regular" 3, si es "Mala" es 4 y si es "Muy mala" 5.

Tabla 14. Ponderaciones según resultados de parámetros fisicoquímicos y del IRCA.

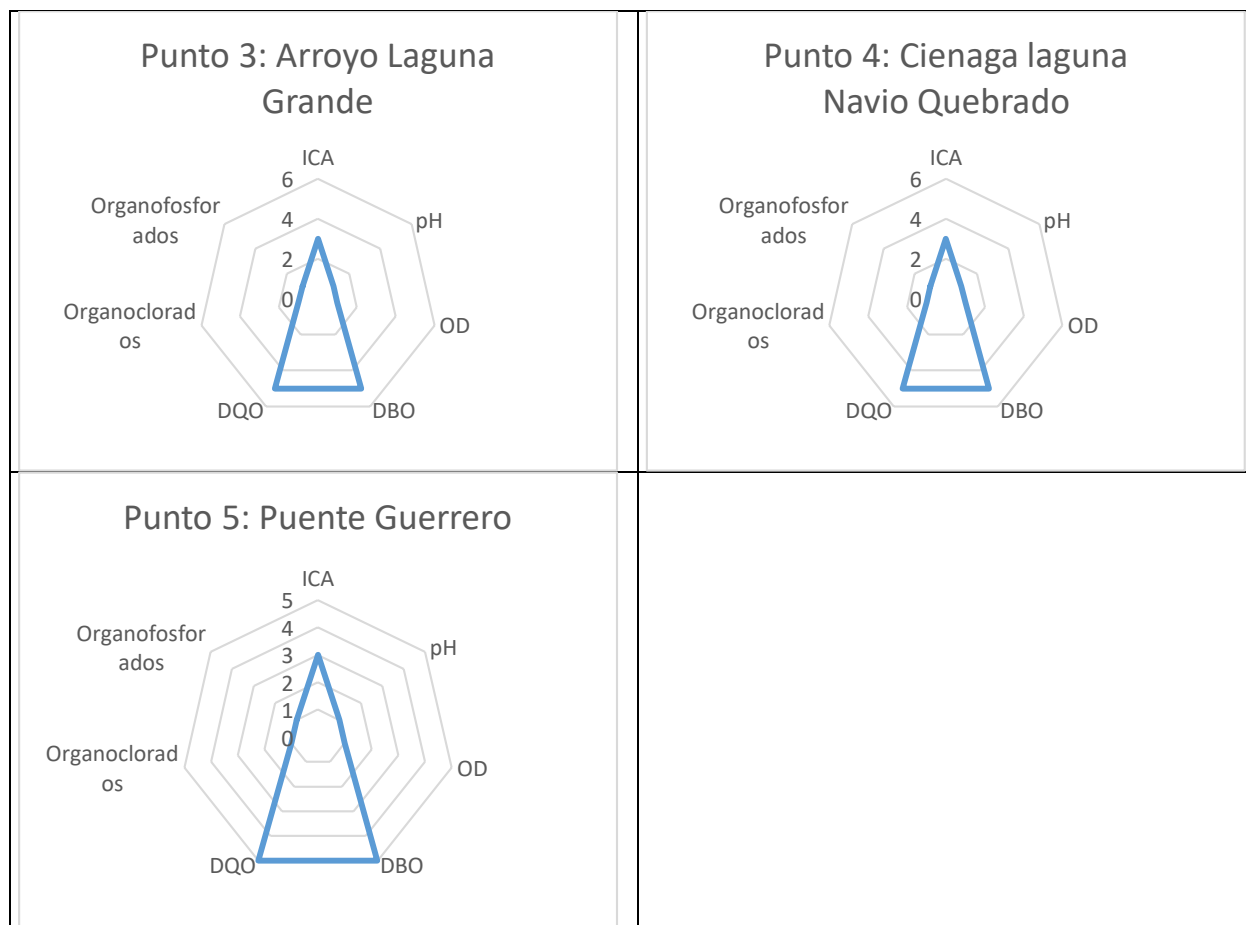
Ponderación	Parámetros fisicoquímicos	ICA
1	Cumple	Buena
2		Aceptable
3		Regular
4		Mala
5	Incumple	Muy mala

A continuación, en la tabla 15 se aprecian los resultados obtenidos en los 5 puntos.

Tabla 15. Resultados de parámetros evaluados de calidad de agua para la preservación de flora y fauna.



COMPONENTE CALIDAD DEL AGUA



Como se muestra en la tabla 15, los resultados en todos los puntos tienen el mismo resultado y comportamiento, es decir, los cuerpos de agua naturales que se encuentran en la cuenca del río Camarones (parte baja de la cuenca) cuentan con un Índice de Calidad de Agua regular, los niveles de pH y Oxígeno Disuelto si cumplen con los límites permisibles mencionados en el Decreto, sin embargo la Demanda Bioquímica de Oxígeno y la Demanda Química de Oxígeno incumplen con los límites mencionados en el Decreto 1594 de 1984, donde se clasifican como cuerpos de agua en malas condiciones, con alta cantidad de materia orgánica.

4.5 Índice de calidad de aguas marinas y costeras para la preservación de flora y fauna (ICAMPFF)

El Índice de Calidad de Aguas Marinas y Costeras para la Preservación de Flora y Fauna (ICAMPFF), es un indicador de estado que facilita la interpretación de las condiciones naturales y el impacto antropogénico sobre el recurso hídrico marino. Este indicador, permite integrar la información de ocho variables (oxígeno disuelto, pH, nitratos, ortofosfatos, sólidos suspendidos, hidrocarburos disueltos y dispersos equivalentes de criseno, y coliformes termotolerantes) que representan según sus valores de aceptación o rechazo una calidad o condición del agua para la preservación de la flora y fauna (INVEMAR, 2017).

La información se integra en una ecuación de promedio geométrico ponderado, categorizando la información en cinco escalas de calidad definidas entre 0 y 100, en función de los valores de referencias o criterios de calidad

COMPONENTE CALIDAD DEL AGUA

nacionales o internacionales (Vivas-Aguas et al 2015a). Como alternativas de manejo de la calidad del agua identificada por el ICAMPFF, se propone adoptar las medidas de seguimiento e investigación que se describen en la tabla 16, para identificar la causa y la fuente o fuentes del deterioro del agua, de manera que sirva para diseñar las medidas de reducción o mitigación del impacto sobre el ecosistema que esté siendo afectado.

Tabla 16. Escalas de valoración del Índice de Calidad de Aguas Marinas y Costeras (ICAMPff), y opciones de medidas que se pueden optar según la valoración del indicador ICAMPff

Escala de calidad	Categorías	Descripción	Opciones de medidas a optar
Óptima	100-90	Calidad excelente del agua	Continuar con el monitoreo
Adecuada	90-70	Agua con buenas condiciones para la vida acuática	Caracterización, diagnóstico y verificación
Aceptable	70-50	Agua que conserva buenas condiciones y pocas restricciones de uso	Monitoreo y evaluación fisicoquímicos y tóxicos semestral
Inadecuada	50-25	Agua que presenta muchas restricciones de uso	Monitoreo/bioensayos/medidas de control y vigilancia. Evaluación: fisicoquímicos y tóxicos, plan de contingencia trimestral
Pésima	25-0	Aguas con muchas restricciones que no permiten un uso adecuado	Monitoreo y seguimiento /bioensayos/ evaluación: fisicoquímicos y tóxicos /plan de contingencia/ aplicación de medidas de choques trimestral

Fuente: INVEMAR (2017).

En la zona costera de la cuenca del río Camarones, el INVEMAR cuenta con una estación de monitoreo para el ICAMPff, a continuación, en la tabla 17 y figura 81 se presentan los resultados obtenidos en el monitoreo del ICAMPff desde el primer semestre del 2011 hasta el primer semestre del 2015.

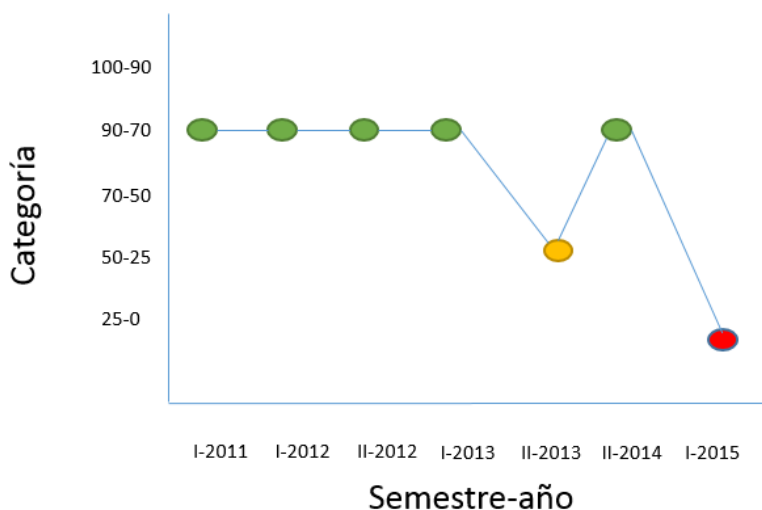
Tabla 17. Resultados ICAMPff del punto de monitoreo de la zona costera de la cuenca del río Camarones

Fecha	Categoría	Escala de calidad	Descripción
I-2011	90-70	Adecuada	Agua con buenas condiciones para la vida acuática
I-2012	90-70	Adecuada	Agua con buenas condiciones para la vida acuática
II-2012	90-70	Adecuada	Agua con buenas condiciones para la vida acuática
I-2013	90-70	Adecuada	Agua con buenas condiciones para la vida acuática
II-2013	50-25	Inadecuada	Agua que presenta muchas restricciones de uso
II-2014	90-70	Adecuada	Agua con buenas condiciones para la vida acuática
I-2015	25-0	Pésima	Aguas con muchas restricciones que no permiten un uso adecuado

COMPONENTE CALIDAD DEL AGUA



Figura 80. Índice de Calidad de Aguas Marinas y Costeras para la preservación de flora y fauna en Camarones



Fuente: INVEMAR (2017).

Como se aprecian en la tabla 17 y figura 81 el ICAM se mantiene en escala de calidad adecuada desde el primer semestre del año 2011 hasta el primer semestre del año 2013 obteniendo aguas con buenas condiciones para el desarrollo de la vida íctica, en el segundo semestre del 2013 se obtuvo una calidad inadecuado, pero esta volvió a mejorar en el segundo semestre del 2014, sin embargo, en el primer semestre del año 2015 se obtuvo agua de pésima calidad con muchas restricciones.

Por otro lado, CORPOGUAJIRA cuenta con los siguientes puntos de muestreo (ver figura 82), en los cuales se midió la temperatura, el pH, oxígeno disuelto, saturación de oxígeno disuelto, sólidos totales, sólidos suspendidos totales, DBO5, turbiedad, conductividad eléctrica, nitrito y material fecal.

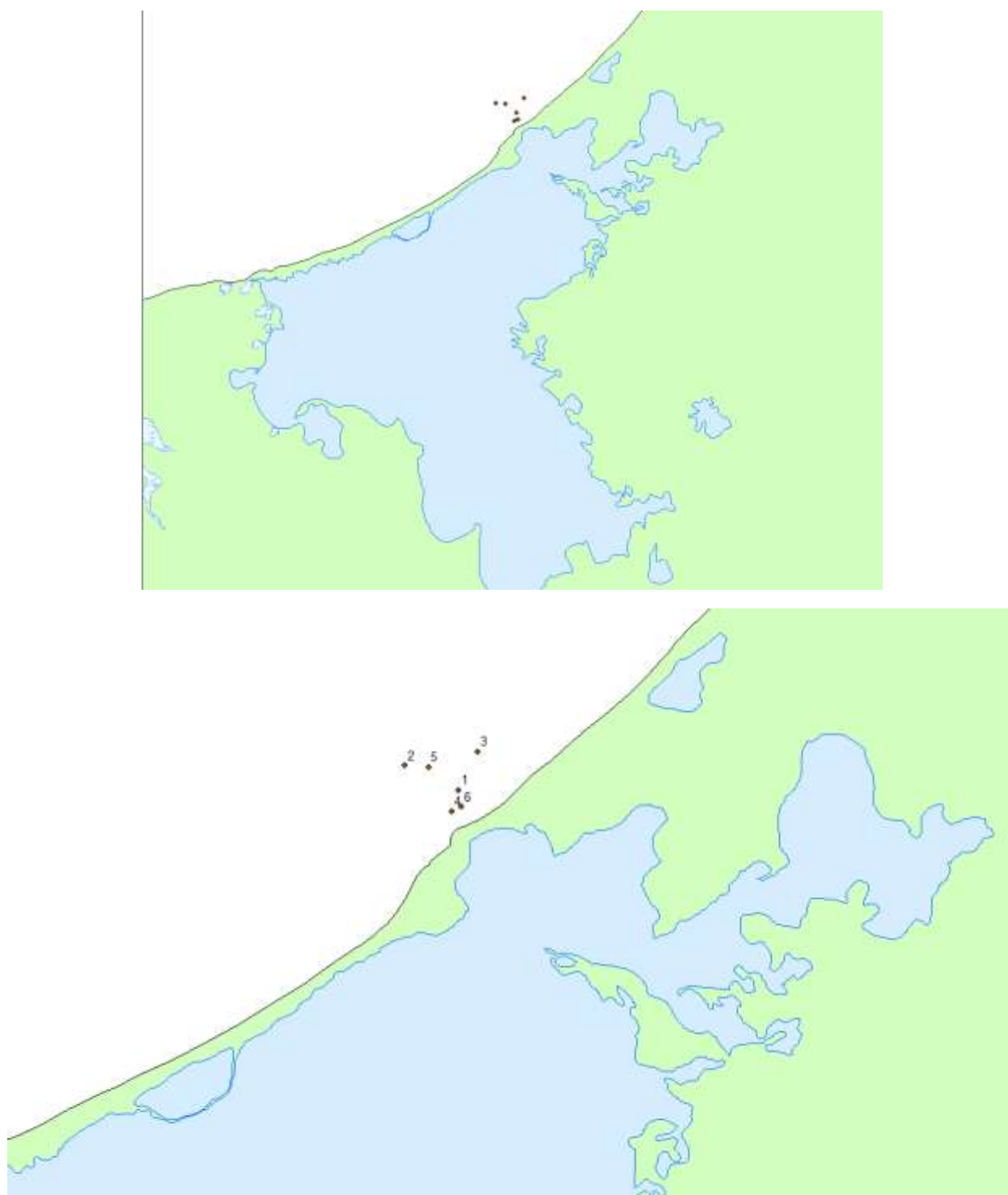


Figura 81. Ubicación de puntos de muestreo de aguas marinas de CORPOGUAJIRA.

COMPONENTE CALIDAD DEL AGUA



De cada parámetro, se obtuvieron las siguientes concentraciones en cada punto (tabla 18).

Tabla 18. Resultados de parámetros físicoquímicos del agua marina

Punto	Temperatura ambiente en °C	Humedad	pH	o ₂ mg/l	o ₂ _sat	STT	SS T	DBO 5	Turbiedad	Fecali	cond_uS_cm
1	30	0	8	7	98	39260	101	0	38	0	54580
2	28	0	9	6	101	34096	57	2	14	0	52783
3	28	0	9	6	94	47884	49	0	15	0	54770
4	28	43	8	7	82	51480	61	2	6	1	55500
5	31	53	8	5	63	67568	105	0	28	1	55200
6	28	67	8	5	69	0	104	2	28	0	56200

Al comparar estos resultados con la norma 1594 de 1984 obtenemos lo siguiente:

La norma menciona que para fines de preservación de flora y fauna en aguas marinas y estuarinas, el pH debe estar entre 6.5-8.5 unidades, por lo tanto, el pH de los puntos 2 y 3 está alto.

Punto	pH	Respecto a la norma
1	8	Bien
2	9	Alto
3	9	Alto
4	8	Bien
5	8	Bien
6	8	Bien

En cuanto al oxígeno disuelto la norma menciona que para fines de preservación de flora y fauna en aguas marinas y estuarinas debe ser mayor a 4 mg/l. y el porcentaje de saturación debe estar entre 80 -120%, de acuerdo a esto en la próxima tabla se aprecia el resultado.

Punto	o ₂ mg/l	Respecto a la norma	o ₂ _sat	o ₂ _sat
1	7	Bien	98	Bien
2	6	Bien	101	Bien
3	6	Bien	94	Bien
4	7	Bien	82	Bien
5	5	Bien	63	Bajo
6	5	Bien	69	Bajo

COMPONENTE CALIDAD DEL AGUA



Por otro lado, generalmente la demanda de oxígeno para la degradación biológica de la muestra, supera los valores de OD a 20°C, es por ello que se hace necesario diluir la muestra hasta valores inferiores de DBO de 3 mg/L. Obteniendo lo siguiente:

Punto	DBO5	Respecto a la norma
1	0	Bien
2	2	Bien
3	0	Bien
4	2	Bien
5	0	Bien
6	2	Bien

La turbiedad máxima permitida es de 10 unidades Jackson, en este parámetro obtenemos que las aguas son muy turbias, como se aprecia en la tabla siguiente.

Punto	Turbiedad	Respecto a la norma
1	38	Alta
2	14	Alta
3	15	Alta
4	6	Bien
5	28	Alta
6	28	Alta

La conductividad eléctrica permitida es de micromhos/cm 50 – 1000, por lo que para estos puntos se obtuvieron conductividades muy altas.

Punto	cond_uS_cm	Respecto a la norma
1	54580	Alta
2	52783	Alta
3	54770	Alta
4	55500	Alta
5	55200	Alta
6	56200	Alta

Como se aprecia en los resultados anteriores en general el agua marina registra altos niveles de conductividad eléctrica, de turbiedad en los puntos 1, 2, 3, 5 y 6; pH altos en los puntos 2 y 3, por otro lado, los puntos 5 y 6 registran unos valores de saturación de oxígeno disuelto bajos de los recomendados para la vida íctica, sin embargo, los niveles de DBO5 se encuentran bien en todos los puntos muestreados.

4.6 Conclusiones

En general se puede concluir que a pesar de que los cuerpos naturales de agua de la cuenca del río Camarones tengan altos niveles de materia orgánica y tengan un ICA regular, los niveles de oxígeno disuelto, de pH, de pesticidas organoclorados y organofosforados y de conductividad eléctrica son adecuados para la existencia de la vida íctica. Sin embargo, se requiere de mayor observación en el monitoreo y seguimiento del pH en el punto 1, que a pesar de que cumple con el valor límite, registra un pH bajo. En la temperatura se requiere mayor monitoreo en el punto 3 el cual registra temperaturas mayores de 30°C. En la DBO y DQO requiere de monitoreo en todos sus puntos considerando que presenta valores muy elevados.

Es urgente la implementación oportuna de diferentes programas de prevención, control, recuperación para que la calidad de estos cuerpos de agua mejore, considerando que a pesar de que se cumplan los requisitos legales de la mayoría de los parámetros, estos se encuentran sobre el límite si se siguen manejando de la misma forma con que se ha venido haciendo, en cualquier momento pueden pasar a condiciones nefastas y no se garantiza el sostenimiento de la flora y fauna que allí persiste, afectando la principal fuente de alimentos para las comunidades más vulnerables de la cuenca, las comunidades wayúu y afro descendientes que allí habitan.

5. CALIDAD DE AGUA PARA USO AGRICOLA

5.1 Introducción

EL Programa Mundial de Alimentos PMA contrató los servicios de INTERTEK, para la realización de un estudio de caracterización de agua para uso agrícola en cinco (5) puntos ubicados en las principales zonas agrícolas de la cuenca del río Camarones, localizada en el departamento de la Guajira; con el fin de identificar posibles afectaciones a los suelos agrícolas por el agua de riego y su incidencia en la seguridad alimentaria de las comunidades más vulnerables.

El presente capítulo de resultados contiene las actividades de campo y laboratorio encaminadas a evaluar las características fisicoquímicas de los cuerpos de agua. Las muestras fueron tomadas por SERAMBIENTE S.A.S. y analizadas por SERAMBIENTE S.A.S. y CHEMILAB S.A.S., dichos laboratorios se encuentran acreditado por el IDEAM para la toma de muestras y análisis de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos.

5.2 METODOLOGÍA PARA ANÁLISIS DE AGUAS PARA USO AGRÍCOLA

5.2.1 Ubicación de los Puntos de Monitoreo

Para conocer la calidad del agua para uso agrícola en la cuenca del río Camarones, se tomaron 5 muestras de agua, a continuación, en la tabla 19 y la figura 83 se aprecian los 5 puntos de agua tomados en 3 partes de la cuenca.

COMPONENTE CALIDAD DEL AGUA



Tabla 19. Ubicación de los puntos de monitoreo de aguas de uso agrícola

Parte de la cuenca	Puntos muestreados	Descripción
Parte alta	P2. Quebrada La Gloria	Quebrada La Gloria: Sistema lótico ubicado en la cuenca alta del río Camarones, rodeado de un sistema montañoso y pedregoso. El agua es de apariencia incolora.
Parte media	P3. Vereda Tomarrazón	Sistema lótico ubicado en la vereda Tomarrazón, agua usada para la agricultura.
	P4. Río Camarones Barbacoas	Sistema lótico utilizado para riego de cultivos. Este cuerpo de agua es además utilizado como receptor de vertimientos.
Parte baja	P1. Ciénaga Robles vereda Matitas	Sistema lótico; cuerpo de agua destinado para uso de riego de cultivos, además de ser usado como lavadero de carros y motos.
	P5. Río Camarones La Poderosa	Punto de monitoreo ubicado en la cuenca baja del río Camarones. Agua de apariencia turbia y destinada como receptor para el riego de cultivos.

Las coordenadas, las fotos de muestreo, las características de monitoreo y los procesos metodológicos de pre campo, campo y laboratorio para el análisis de los 5 puntos se encuentran en el documento de anexos 3. En la figura 83 se presenta el mapa con la ubicación de los 5 puntos de monitoreo.

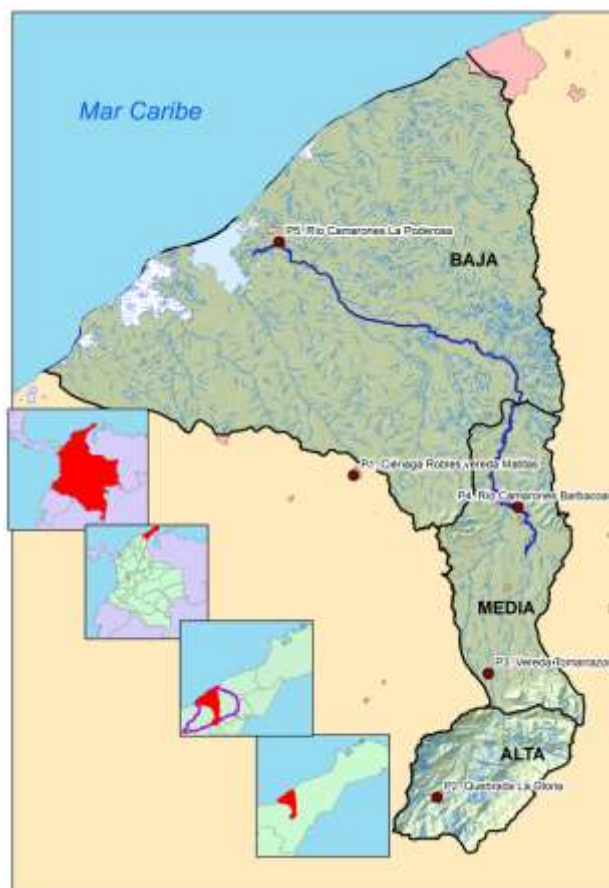


Figura 82. Puntos de muestras de aguas para uso agrícola. Elaboración propia.

5.2.2 Metodología

La norma de referencia para hacer el análisis respectivo fue el Decreto 1076 de 2015 por el cual se expide el Decreto único reglamentario del sector Ambiente y Desarrollo Sostenible a través del cual se establece Sección 9, Artículo 2.2.3.3.9.5 Transitorio. Criterios de calidad para uso agrícola. En la tabla 20 se presentan los criterios considerados para el análisis.

Tabla 20. Artículo 2.2.3.3.9.5 – Decreto 1076/2015

Parámetro	Expresados como	Valor
Aluminio	Al	5.0
Arsénico	As	0.1
Berilio	Be	0.1
Cadmio	Cd	0.01
Cinc	Zn	2.0
Cobalto	Co	0.05
Cobre	Cu	0.2
Cromo	Cr ⁺	0.1

COMPONENTE CALIDAD DEL AGUA



Parámetro	Expresados como	Valor
Flúor	F	1.0
Hierro	Fe	5.0
Litio	Li	2.5
Manganeso	Mn	0.2
Molibdeno	Mo	0.01
Níquel	Ni	0,2
pH	Unidades	4.5 - 9.0 unidades
Plomo	Pb	5.0
Selenio	Se	0.02
Vanadio	V	0.1

Fuente: DECRETO 1076 DE 2015

Parágrafo 2º. Deberán hacerse mediciones sobre las siguientes características.

- a) Conductividad
- b) Relación de absorción de Sodio (RAS)
- c) Porcentaje de sodio posible (PSP)
- d) Salinidad efectiva y potencial
- e) Carbono de sodio residual
- f) Radionucleídos

En la tabla 21, se presentan los criterios para evaluar la calidad de las aguas para riego que propone la FAO (1985).

COMPONENTE CALIDAD DEL AGUA



Tabla 21. Criterios para evaluar la calidad de las aguas para riego.

Problema potencial	Unidades	Grado de restricción en el uso		
		Ninguno	Ligero o Moderado	Severo
Salinidad ⁽²⁾				
CEa	dS m ⁻¹	< 0.7	0.7 - 3.0	> 3.0
TSD	mg l ⁻¹	< 450	450 - 2000	> 2000
Infiltración ⁽³⁾				
RAS = 0 - 3 y CEa		> 0.7	0.7 - 0.2	< 0.2
= 3 - 6		> 1.2	1.2 - 0.3	< 0.3
= 6 - 12		> 1.9	1.9 - 0.5	< 0.5
= 12 - 20		> 2.9	2.9 - 1.3	< 1.3
= 20 - 40		> 5.0	5.0 - 2.9	< 2.9

Fuente: FAO - Ayers & Westcot, 1985. SERAMBIENTE S.A.S., 2018.

Por otro lado, de acuerdo a Valle (1992), los valores de Salinidad Potencial Inferiores a 3.0 meq/L (meq/l=mg/l) clasifican al agua de riego como Buena, lo que implica que su uso no presenta restricciones.

5.3 Resultados

5.3.1 Resultados de campo

A continuación, se presentan los valores obtenidos para cada una de las variables en campo:

Tabla 22. Resultados de campo

Fecha	Día	Punto de monitoreo	Conductividad (μS/cm)	Conductividad (dS/M)
20/12/2017	1	P1. Ciénaga Robles vereda Matitas	158,9	0.1589
		P2. Quebrada La Gloria	144,1	0.1441
		P3. Vereda Tomarrazón	118,1	0.1181
		P4. Río Camarones Barbacoas	130,1	0.1301
		P5. Río Camarones La Poderosa	169,9	0.1699

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2018.

5.3.2 Resultados fisicoquímicos y análisis

En la Tabla 23, se presentan los valores obtenidos para cada una de las variables fisicoquímicas analizadas. En rojo se resaltan los resultados que incumplen con la normativa.

Tabla 23. Resultados de laboratorio de las muestras de agua

Parámetros	Unidades	Puntos de muestreo				
		P1. Ciénaga Robles vereda Matitas	P2. Quebrada La Gloria	P3. Vereda Tomarrazón	P4. Río Camarones Barbacoas	P5. Río Camarones La Poderosa
		69651	69652	69653	69654	69655
Hora	mg/L	15:30	16:30	17:30	09:00	12:00
RAS	%	1,37	0,89	0,86	1,15	1,30
PSP	%	95,3	95,0	93,1	94,3	94,4
Salinidad Efectiva	mg/L	95,3	95,0	93,1	94,3	94,4
Salinidad Potencial	mg/L	3,63	2,66	18,75	0,47	23,0

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2018.

5.3.2.1 Conductividad

La conductividad está íntimamente relacionada con los sólidos disueltos totales que representan la concentración de sustancias o minerales disueltos en las aguas naturales. La conductividad mide la capacidad del agua para transferir corriente eléctrica, la cual se incrementa principalmente con el contenido de iones disueltos y la temperatura, y se expresa como microSiemens por centímetro ($\mu\text{S}/\text{cm}$). En lo que a la agricultura se refiere la CE se utiliza para conocer los niveles de salinidad; los valores obtenidos oscilan entre 118,1 y 169,9, registrando el valor máximo en el punto de agua 5, río Camarones La Poderosa (Ver figura 84).

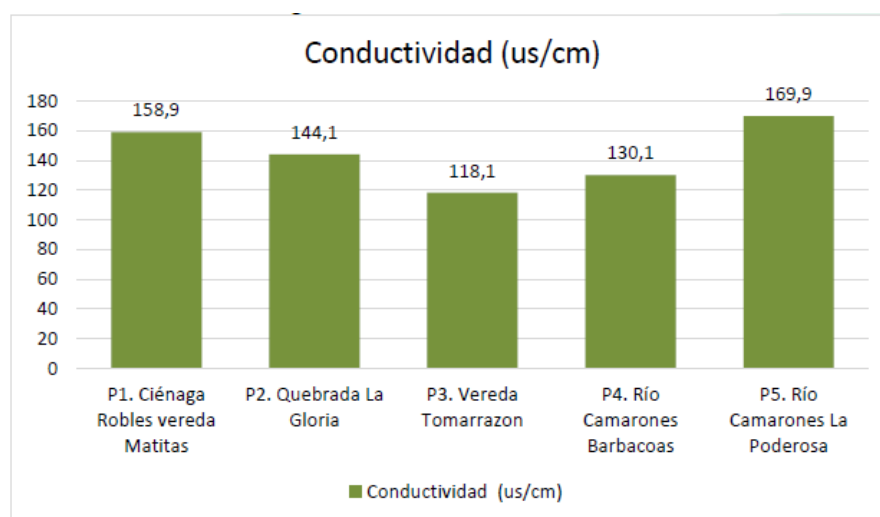


Figura 83. Resultados de conductividad eléctrica. Elaboración propia.

5.3.2.2 Relación de Adsorción de Sodio (RAS) y Porcentaje de Sodio Posible

Es el valor que expresa la actividad relativa del ion sodio contenido en las aguas o en los extractos del suelo en las reacciones de intercambio con este. Se refiere a la velocidad de adsorción de sodio en relación con los iones calcio y magnesio. (Ayers, R. S.; Westcot, D.W.).

Un alto contenido de sodio en el agua de riego puede inducir elevados valores de sodio en el suelo, con sus efectos consiguientes de pérdida de estructura por dispersión e hinchamiento.

En los puntos monitoreados los mayores porcentajes de RAS y PSP se registraron en el punto 1 ciénaga Robles vereda Matitas, indicativo de alta presencia de Ca, Mg, Na, K, alcalinidad y sulfatos.

5.3.2.3 Salinidad Efectiva y Potencial

La salinidad efectiva es la estimación del peligro que representan las sales solubles del agua de riego al pasar a formar parte del agua del suelo, pues toma en cuenta la precipitación ulterior en forma de sales menos solubles. Por siguiente, dejan de participar en la elevación de la presión osmótica de la solución del suelo.

La salinidad potencial sigue una secuencia con respecto al anterior, ya que una vez precipitadas las sales menos solubles, quedaran en solución, cloruros y sulfatos. Estas aumentan considerablemente la presión osmótica y actúan bajo niveles de humedad. La salinidad potencial nos da una medida del peligro de estas últimas sales (Ayers, R. S.; Westcot, D.W.).

En los puntos monitoreados las altas concentraciones de salinidad efectiva y potencial se presentaron en los puntos P1 y P4 respectivamente.

5.4 Conclusiones

Como conclusión de la calidad del agua de la cuenca del río Camarones para el uso agrícola se obtiene que todos los puntos cuentan con conductividades eléctricas menores a 0.7 dS/m, por lo tanto, ningún punto cuenta con restricción de uso para riego en cuanto a sodicidad (ver tabla 41). En cuanto a la salinidad (salinidad efectiva y potencial), los puntos 1 de la ciénaga Robles vereda Matitas, punto 3 veredas Tomarrazón y punto 5 río Camarones la ponderosa los cuales se encuentra localizados en la parte alta y baja de la cuenca, cuentan con niveles de salinidad potencial mayores a 0.3 mg/l por lo tanto se cataloga como mala el agua para riego con altas restricciones de uso por su alta salinidad. En términos generales y teniendo en cuenta lo descrito por los autores Ayers y Westcot para la FAO, se indica un riesgo **Severo** por problemas de salinidad y un riesgo **Bajo** para problemas de sodicidad.

6. POSIBLES PRESIONES O CAUSAS DEL ESTADO DE LA CALIDAD DEL AGUA

Entre las presiones identificadas en el estudio del POMCA de CORPOGUAJIRA (2016) de la calidad de agua en la parte alta de la cuenca, se encuentran:

- Las redes de alcantarillado están taponadas por la basura.
- En tiempos de lluvia las basuras se mezclan con agua estancada que no es evacuada.
- El agua se presenta con alto contenido de sólidos suspendidos y coliformes.
- Usos inadecuados para sistemas de riego.

Las principales presiones acerca de la calidad de agua en la parte media de la cuenca según CORPOGUAJIRA (2016) son:

- El sistema de suministro de agua que proviene del pozo no tiene un tratamiento previo antes de la entrega a los habitantes.
- Falta de mantenimiento del tanque elevado de la comunidad el Arroyo Arena.
- Ausencia de la empresa operadora de la recolección de residuos en algunos corregimientos y baja frecuencia de recolección.

COMPONENTE CALIDAD DEL AGUA

- Falta de obras de alcantarillado para las poblaciones de la cuenca media.

Por otro lado, las principales presiones identificadas en el estudio del POMCA de CORPOGUAJIRA (2016) sobre la calidad del agua en la parte baja de la cuenca, se encuentran:

- Presencia de personas que extraen material de construcción sin permisos.
- Desvíos del río para obtener mayor oferta hídrica.

Comparando los resultados del ICA obtenidos en el POMCA y los del presente estudio, se infiere que a pesar de que la calidad del agua es mala, esta ha mejorado, considerando que en el POMCA en la parte baja de la cuenca tanto en temporada húmeda como seca se obtuvo un ICA malo, mientras que en este estudio en temporada seca en la parte baja de la cuenca se obtuvo un ICA regular.

En cuanto a las presiones de la calidad del agua en las lagunas costeras, se encuentra que, dado su localización cercana al mar, la presencia de cloruros y turbiedad son uno de los factores que influyen en las concentraciones de las principales variables de calidad como conductividad y sólidos suspendidos totales. Adicionalmente, la laguna Navío Quebrado por su condición de sistema léntico y su función de laguna costera recibe y acumula materia orgánica y nutriente que provienen de diversas fuentes naturales y antropogénicas (CORPOGUAJIRA, 2016).

En cuanto a las aguas subterráneas, la cuenca presenta más de 50 puntos de pozos de aprovechamiento, de las cuales según el estudio del POMCA (2016) son aprovechables 3.692.169.726 M³, sin embargo, en el estudio realizado por el PMA 2018 se encontró que los puntos de muestreo correspondiente a la zona baja (punto 1 pozo Perico, punto 17 pozo Camarones PTAP, punto 21 pozo comunidad El Toldo, punto 20 pozo comunidad El Principio y punto 24 comunidad El Estero) presentan niveles más altos a los permisibles de materia orgánica, nitritos, cloruros, alcalinidad, dureza total, turbiedad, color aparente, hierro, cadmio, níquel, arsénico y selenio. La zona media de la cuenca (puntos 15 y 11 de la vereda El Abra y Barbacoas respectivamente) presenta niveles altos de materia orgánica, cadmio y hierro; mientras que en la parte alta de la cuenca no presenta ningún muestreo.

A continuación, en la tabla 46 se aprecia las comparaciones de los índices de calidad de agua elaborados por CORPOGUAJIRA y el PMA 2018.

	CORPOGUAJIRA 2016	Parte de la cuenca	PMA 2018	Parte de la cuenca
ICA	X	Toda	X	Parte baja
IACAL	x	Toda	N.A	N.A
IRCA	N.A	N.A	x	Toda

El ICA se obtuvo tanto en el PMA 2018 como en el estudio del POMCA 2016, sin embargo, el PMA solo lo hizo para las lagunas costeras ubicadas en la parte baja de la cuenca, el IACAL solo se obtuvo por CORPOGUAJIRA, mientras que IRCA solo se obtuvo por el PMA 2018.

Por otro lado, en cuanto a las presiones de calidad de agua y saneamiento, en el estudio del POMCA 2016 se menciona que de la parte alta de la cuenca en la vereda de Tomarrazón cuenta con un servicio de micro-acueducto, en la vereda La Gloria el servicio de agua proviene de un pozo artesanal, mientras que la vereda de Los Gorros no cuenta con el servicio de agua. Por otro lado, en la parte media de la cuenca, la vereda de Galán tiene un micro-acueducto en construcción desde el 2014, la vereda de Barbacoas tiene un micro-acueducto con conexión a las casas, no obstante es necesario ampliar las coberturas, mientras que la vereda de Arroyo Arena

no cuenta con este servicio. Finalmente, en la parte baja de la cuenca la vereda de Camarones y Boca de Camarones cuentan con un micro-acueducto sin conexión a las casas y la vereda de Perico no cuenta con este sistema.

Sin embargo, en el estudio de CORPOGUAJIRA (2016) se establece que en la cuenca ninguna vivienda cuenta con abastecimiento de agua potable, en la parte alta de la cuenca se encuentran 1.580 viviendas de las cuales 1.030 cuentan con sistema de eliminación de excretas, en la parte media de la cuenca todas las casas cuentan con estos sistemas, mientras que en la parte baja de las 792 viviendas que hay solo 762 cuentan con este sistema (CORPOGUAJIRA, 2016).

A manera de conclusión se puede decir que, en la cuenca del río Camarones se presenta deficiencia en el sistema de acueducto, de igual forma deficiencia en el sistema de alcantarillado y el tratamiento de aguas residuales, incluso existen corregimientos y veredas que carecen de este servicio. Además, no se cuenta con las condiciones de un alcantarillado pluvial. El servicio de aseo también es deficiente, la recolección de residuos sólidos tiene una frecuencia muy baja, no existe un carro compactador, falta cultura de reciclaje y el relleno sanitario se encuentra en proceso de construcción. Los principales problemas que afectan en mayor medida al sector en referencia al servicio de acueducto es la baja cobertura del servicio, deficiente continuidad del servicio de acueducto y deficiente calidad del agua y servicio de alcantarillado (CORPOGUAJIRA, 2016).

Respecto al tema de disposición final de residuos sólidos, en la cuenca se encuentra una infraestructura inadecuada y en algunos lugares inexiste, un gran porcentaje de los residuos son arrojados a cielo abierto, no existe relleno sanitario en otras situaciones (CORPOGUAJIRA, 2016).

Por otro lado, otra presión identificada según los resultados obtenidos en este estudio, es la penetración de la cuña salina, considerando que los valores más altos de alcalinidad, de nitratos, de calcio, magnesio y dureza total se encuentran en la parte baja de la cuenca en cercanías al mar, además, esto también coincide con la ubicación de la salinidad de los suelos con grados muy severos.

7. IMPACTOS DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS EN LA SAN

Las comunidades de la parte alta, media y baja de la cuenca del río Camarones no tienen calidad de agua para consumo humano y la posibilidad de enfermedades gastrointestinales e infecciosas en la piel son altas, lo que genera deficiencia nutricional y el incremento de la morbilidad y mortalidad.

El agua para riego del río camarones y de las aguas subterráneas de los pozos de los puntos 1 pozo Perico, 17 pozo Camarones PTAP, 21 pozo comunidad El Toldo, 20 pozo comunidad el Principio y 24 comunidad El Estero; presentan amenaza de degradación de suelo por salinización por sus contenidos importantes en sales, aumentando los costos de producción por los costos de recuperación, y amenaza con la disminución de la producción y variedad de alimentos, el acceso y la disponibilidad para las comunidades más vulnerables.

La mala calidad de las aguas dulces y marinas que alimenta las lagunas costeras amenaza la producción de peces, moluscos y crustáceos, la cual garantiza la SAN de las comunidades más vulnerables de la cuenca, especialmente por altos niveles de materia orgánica en la parte baja de la cuenca en cercanías a las lagunas costeras.

8. RESPUESTAS O SOLUCIONES

- Ordenar el recurso hídrico del río Camarones.
- Establecer e implementar medidas de saneamiento básico temporales en cada asentamiento, mientras se implementan las obras de acueducto y alcantarillados en la cuenca.

COMPONENTE CALIDAD DEL AGUA



- Establecer con la información obtenida sobre calidad de aguas por parte del PMA, con la que tienen las otras instituciones una base de datos y una línea base de la calidad de las aguas para consumo humano, riego y conservación de fauna y flora que permita hacer seguimiento y monitoreo, por parte de las instituciones encargadas y de la comunidad.
- Implementar el sistema de alertas tempranas sobre la calidad del agua en la cuenca, comenzando con la socialización de los resultados de este informe.
- Promover e implementar la sensibilización, formación y compromiso de las comunidades para evitar la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas y su incidencia en la Seguridad Alimentaria y Nutricional, la salud y bienestar de las personas, con el concepto de las interrelaciones y dependencias en la cuenca hidrográfica.
- Incluir en los programas, proyectos y presupuestos del POMCA del río Camarones la importancia de la calidad de las aguas para la Seguridad Alimentaria y Nutricional de sus habitantes.
- Evaluar la contaminación de los suelos por vertimientos de aguas servidas de las poblaciones y los sistemas productivos agropecuarios y su incidencia en la calidad de aguas subterráneas.
- Evaluar las fuentes de metales pesados en las aguas de la parte baja de la cuenca y su incidencia en las aguas subterráneas y en las lagunas costeras.
- Identificar las causas de altos niveles de materia orgánica y metales pesados de las aguas subterráneas de los puntos tomados en el estudio del PMA 2018 (1 pozo profundo Perico, 11 vereda Barbacoas, 15 vereda El Abra, 17 Camarones PTAP, 20 Comunidad El Principio, 21 comunidad El Toldo y 24 comunidad El Estero), los niveles de cloruros, color aparente, dureza total y nitritos de los puntos 21 y 17 y los altos niveles de hierro en el punto 11 y 1.

BIBLIOGRAFÍA

APHA-AWWA-WEF (1998) Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 23th Edition.

Ayers, R. S.; Westcot, D.W. La calidad del agua en la agricultura. Roma: Estudio FAO Riego y Drenaje, 29 Rev. 1; 1987.

ATSDR (2016). Resúmenes de salud pública. Tomado de: https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs92.html

CORPOGUAJIRA (2016). Plan de Ordenamiento de la Cuenca Hidrográfica del Río Camarones

MADS (2015). Decreto 1076 del 26 de mayo de 2015.

COMPONENTE CALIDAD DEL AGUA



OMS (2018). Programa Internacional de Seguridad de las Sustancias Químicas. Tomado de: http://www.who.int/ipcs/assessment/public_health/cadmium/es/

Celerino Robles (1999). Calidad de aguas para riego en el Distrito de Riego 19 de Tehuantepec, Oaxaca. Sistema de Universidades Estatales de Oaxaca. Tomado de: <http://www.utm.mx/temas/temas-docs/nfnotas318.pdf>

Presidencia de la República (2015). Decreto 1076 de 2015, por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible.

HLPE (2015). Contribución del agua a la Seguridad Alimentaria y la Nutrición. Un informe del Grupo de alto nivel de expertos en Seguridad Alimentaria y Nutrición, Roma 2015.

Ministerio de Agricultura (1984). Decreto 1594 de 1984, por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible.

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial MAVDT (2007). Decreto 2115 de 2007, por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano.

Metcalf & Eddy. 1998. Ingeniería de Aguas Residuales. Redes de alcantarillado y bombeo. Ed. Mc Graw-Hill. Madrid, España. 461p.

Spellman F. R., & Drinan, J. 2004. Manual del agua potable. Acriba. España. 255 p

Massol A. (2010, b) Microbiología sanitaria, Mayagüez: Universidad de Puerto Rico.

UNICEF (The United Nations Children's Fund work). 1990. Strategy for improved nutrition of children and women in developing countries. UNICEF Policy Review. New York, USA (disponible en: www.ceecis.org/iodine/01_global/01_pl/01_01_other_1992_unicef.pdf).

Zafra (2008). Efectos sobre los trihalometanos para la salud. Higiene y sanidad ambiental. España. Toma de: [http://www.salud-publica.es/secciones/revista/revistaspdf/bc51018a2311531_Hig.Sanid.Ambient.8.280-290\(2008\).pdf](http://www.salud-publica.es/secciones/revista/revistaspdf/bc51018a2311531_Hig.Sanid.Ambient.8.280-290(2008).pdf)