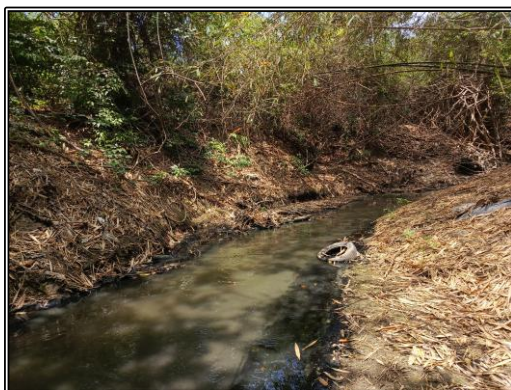




INFORME DEL MONITOREO Y CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA, MICROBIOLÓGICA DE AGUAS SUPERFICIALES – ARROYO LEON



Fuente: AmSpec MCS Colombia S.A.S, 2026.

BARRANQUILLA - ATLANTICO
FECHA DE MONITOREO: MARZO DE 2026

HISTORIA DEL DOCUMENTO					
VERSIÓN	N° DE INFORME	ELABORÓ	REVISÓ	APROBÓ	FECHA DE ELABORACIÓN
0	1017	Alex Castro	Yuri Guerra	Liseth Ochoa	Abril de 2026

PREPARADO POR: AMSPEC MCS COLOMBIA S.A.S.
PARA: CONSORCIO SICC DEL CARIBE



ÍNDICE GENERAL

1	INTRODUCCIÓN.....	6
2	OBJETIVOS	8
2.1	OBJETIVO GENERAL	8
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	8
3	ÁREA DE ESTUDIO	9
3.1	UBICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LOS PUNTOS DE MONITOREO	9
4	METODOLOGÍA	22
4.1.	PROCESO METODOLÓGICO.....	22
4.1.1.	ETAPA DE PREPARACIÓN	22
4.1.2.	ETAPA DE CAMPO	23
4.1.3.	ETAPA DE LABORATORIO	26
4.1.4.	ETAPA DE ANÁLISIS	27
5	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	34
5.1	CAUDAL.....	34
4.2.	MONITOREO FISICOQUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO	34
4.2.1.	PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS Y COMPARACIÓN CON LAS NORMAS DE CALIDAD DEL AGUA.....	35
4.2.2.	DESCRIPCIÓN DE LOS PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS EVALUADOS	41
4.2.3.	ÍNDICES DE CONTAMINACIÓN (ICO's)	47
4.2.4.	ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA (ICA)	49
6	CONCLUSIONES	51
7	BIBLIOGRAFÍA.....	52
8	CONTROL DE CAMBIOS	54

LISTADO DE ANEXOS

- ANEXO 1:** REPORTES DE RESULTADOS
ANEXO 2: CADENAS DE CUSTODIA
ANEXO 3: RESOLUCIÓN DE ACREDITACIÓN
ANEXO 4: CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
ANEXO 5: GDB

ÍNDICE DE TABLAS

ÁREA DE ESTUDIO

Tabla 3- 1: Puntos de monitoreo de Agua Superficial.....	10
Tabla 3- 2: Descripción de los puntos de monitoreo.....	12

METODOLOGÍA

Tabla 4- 1: Preservación de muestras	24
Tabla 4- 2: Datos multiparámetro empleado	24
Tabla 4- 3: Técnicas y métodos analíticos empleados	26
Tabla 4- 4: Ponderación para el índice de calidad de agua	28
Tabla 4- 5: Calificación de la calidad del agua según los valores obtenidos para el ICA	30
Tabla 4- 6: Información relevante sobre los ICO's	30
Tabla 4- 7: Interpretación de los índices de contaminación del agua (ICO's)	31

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tabla 5- 1: Resultados y comparación con los criterios de calidad permisibles – Decreto 1076 de 2015	36
Tabla 5- 2: Índices de contaminación (ICO's) en los puntos de monitoreo	49
Tabla 5- 3: Índices de calidad de agua (ICA) en los puntos de monitoreo.	50

CONTROL DE CAMBIOS

Tabla 8- 1: Control de cambios efectuados sobre el documento.	54
--	----

ÍNDICE DE FIGURAS

ÁREA DE ESTUDIO

Figura 3-1: Ubicación geográfica de los puntos de monitoreo de agua superficial.	11
--	----

METODOLOGÍA

Figura 4- 1: Actividades de la etapa de preparación	22
Figura 4-2: Representación gráfica de la regla de decisión binaria con aceptación simple.	32

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Figura 5- 1: Registró de pH en los puntos monitoreados	41
Figura 5- 2: Registro de la conductividad eléctrica en los puntos monitoreados	43
Figura 5- 3: Registros de coliformes totales en los puntos monitoreado	46
Figura 5- 4: Registros de coliformes totales en los puntos monitoreado	47

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

ÁREA DE ESTUDIO

Fotografía 3- 1: AGUAS ARRIBA EDAR EL PUEBLO.	12
Fotografía 3- 2: AGUAS ABAJO EDAR EL PUEBLO.....	12
Fotografía 3- 3: AGUAS ARRIBA DEL ARROYO CAÑAS Y HONDO.....	13
Fotografía 3- 4: AGUAS ABAJO ZOFIA.....	13
Fotografía 3- 5: AGUAS ARRIBA ZOFIA SOBRE ARROYO CAÑAS.....	14
Fotografía 3- 6: TRAMO FINAL ARROYO GRANDE.....	14
Fotografía 3- 7: AGUAS ARRIBA ARROYO GRANDE.....	15
Fotografía 3- 8: AGUAS ABAJO ARROYO GRANDE.....	15
Fotografía 3- 9: AGUAS ABAJO ALAMEDA DEL RIO (AGUAS ARRIBA HENEQUEN Y AGUAS ABAJO ARROYOS URBANO A).	16
Fotografía 3- 10: AGUAS ABAJO ARROYOS URBANOS Y BRAZO CARIBE VERDE.	16
Fotografía 3- 11: AGUAS ABAJO HENEQUEN.....	17
Fotografía 3- 12: AGUAS ABAJO BRAZO DERECHO.....	17
Fotografía 3- 13: AGUAS ABAJO CAUJARAL (INTERSECCION BRAZOS).	18
Fotografía 3- 14: AGUAS ABAJO BRAZO IZQUIERDO.....	18
Fotografía 3- 15: AGUAS ARRIBA PTAR GALAPA.....	19
Fotografía 3- 16: AGUAS ABAJO PTAR GALAPA.....	19
Fotografía 3- 17: ARROYO GRANDE AGUAS ABAJO LAS HERMANAS.....	20
Fotografía 3- 18: AGUAS ARRIBA ARROYO GRANADA.....	20
Fotografía 3- 19: AGUAS ABAJO ARROYO GRANADA.....	21
Fotografía 3- 20: DESEMBOCADURA A. LEON.....	21

METODOLOGÍA

Fotografía 4- 1: Toma de muestras de agua superficial y llenado de recipientes..	25
--	----

	INFORME DEL MONITOREO Y CARACTERIZACIÓN FISICOQUÍMICA, MICROBIOLÓGICA DE AGUAS SUPERFICIALES – ARROYO LEON ABRIL DE 2026	MCS-26-1017 
---	---	---

1 INTRODUCCIÓN

El presente informe corresponde a los resultados del monitoreo y la caracterización fisicoquímica y microbiológica de aguas superficiales – arroyo león por solicitud de la empresa CONSORCIO SICC DEL CARIBE, la cual encomendó al laboratorio Amspec MCS Colombia S.A.S., debidamente acreditado ante el IDEAM, efectuar dicha caracterización.

Los puntos de monitoreo y parámetros a considerar para el muestreo fueron definidos por CONSORCIO SICC DEL CARIBE, a través de su grupo ambiental. Esta caracterización se llevó a cabo los días 23, 24 y 25 de marzo del 2026 en 20 puntos de agua superficial, en jurisdicción de la ciudad de Barranquilla en el departamento de Atlántico. Durante la fase de campo, se realizaron mediciones *in situ* de algunos parámetros y se colectaron las muestras de agua para los posteriores análisis fisicoquímicos y microbiológicos en laboratorio.

La evaluación de los resultados fisicoquímicos y microbiológicos de las aguas superficiales consistió en su comparación con los criterios de calidad establecidos en el Decreto 1076 del 26 de mayo de 2015; en sus artículos 2.2.3.3.9.3 (Tratamiento convencional y criterios de calidad para consumo humano y doméstico), 2.2.3.3.9.4 (Desinfección y criterios de calidad para consumo humano y doméstico) y 2.2.3.3.9.5 (Criterios de calidad para uso agrícola). Adicionalmente, para las aguas superficiales se determinaron los índices de contaminación (ICO's) e índice de calidad de agua (ICA), de acuerdo con los parámetros evaluados y obtenidos en el presente monitoreo.

➤ INFORMACIÓN GENERAL

A continuación, en la **Tabla 1- 1**, se presenta la información correspondiente a las partes implicadas en el presente informe, relacionando la información del laboratorio que realiza tanto el monitoreo como el análisis de las muestras tomadas en campo, la empresa para la cual se realiza el monitoreo y la información relevante al monitoreo.

ELABORADO POR: 	REVISADO POR: CONSORCIO SICC DEL CARIBE APROBADO POR: CONSORCIO SICC DEL CARIBE	Página 6 de 59 F-PMO01-66 E2
--	--	---

	INFORME DEL MONITOREO Y CARACTERIZACIÓN FISICOQUÍMICA, MICROBIOLÓGICA DE AGUAS SUPERFICIALES – ARROYO LEON ABRIL DE 2026	MCS-26-1017 
---	---	---

Tabla 1- 1: Resumen información del proyecto.

INFORMACIÓN DEL LABORATORIO	
Razón Social	Amspec MCS Colombia S.A.S.
NIT	830.073.450-5
Dirección	Carrera 17 N° 166-72
Ciudad	Bogotá D.C.
Teléfono	6797855
INFORMACIÓN DEL CLIENTE	
Razón Social	CONSORCIO SICC DEL CARIBE
NIT	901990889
Contacto	Juan Esteban Camargo Niebles
Dirección	Cr 38 B # 84 B Norte - 60 BG Azul
Ciudad	Barranquilla
Teléfono	304 3459429
INFORMACIÓN CORRESPONDIENTE A PROYECTO	
Plan de Monitoreo número	552
Matriz que se monitorea	Agua Superficial
Municipio - Departamento	Barranquilla - Atlántico
Número de sitios a monitorear	20 puntos
Instructivos y procedimientos de campo	Instructivos I-PMO01-27 (muestreo de agua), I-PMO01-09 (medición de parámetros fisicoquímicos <i>in situ</i> , I-PMO01-10 (aforo de caudal)

Fuente: AmSpec MCS Colombia S.A.S., 2026.

ELABORADO POR: 	REVISADO POR: CONSORCIO SICC DEL CARIBE APROBADO POR: CONSORCIO SICC DEL CARIBE	Página 7 de 59 F-PMO01-66 E2
--	--	---

	INFORME DEL MONITOREO Y CARACTERIZACIÓN FISICOQUÍMICA, MICROBIOLÓGICA DE AGUAS SUPERFICIALES – ARROYO LEON ABRIL DE 2026	MCS-26-1017 
---	---	---

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar las condiciones fisicoquímicas y microbiológicas en los puntos de agua superficial de interés, en la ciudad de Barranquilla en el departamento de Atlántico, teniendo en cuenta el grado de cumplimiento respecto a la normatividad ambiental vigente de referencia.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar a nivel fisicoquímico y microbiológico los puntos de agua superficial – arroyo León, en la ciudad de Barranquilla, Atlántico. .
- Comparar los resultados obtenidos con los límites permisibles contemplados en los artículos 2.2.3.3.9.3 (tratamiento convencional y criterios de calidad para consumo humano y doméstico), 2.2.3.3.9.4 (desinfección y criterios de calidad para consumo humano y doméstico) y 2.2.3.3.9.5 (criterios de calidad para uso agrícola) del Decreto 1076 de 2015; expedido por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS).
- Calcular y determinar los índices de contaminación (ICO's) e índice de calidad de agua (ICA) en los puntos de monitoreo, de tal forma que se establezca el grado de contaminación y calidad del agua superficial.

ELABORADO POR: 	REVISADO POR: CONSORCIO SICC DEL CARIBE APROBADO POR: CONSORCIO SICC DEL CARIBE	Página 8 de 59 F-PMO01-66 E2
--	--	---

	INFORME DEL MONITOREO Y CARACTERIZACIÓN FISICOQUÍMICA, MICROBIOLÓGICA DE AGUAS SUPERFICIALES – ARROYO LEON ABRIL DE 2026	MCS-26-1017 
---	---	---

3 **ÁREA DE ESTUDIO**

En esta sección se indica la ubicación y descripción de los puntos de muestreo seleccionado para el presente monitoreo.

3.1 UBICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LOS PUNTOS DE MONITOREO

El trabajo de campo se efectuó los días 23, 24 y 25 de marzo de 2026 en 20 puntos de agua superficial, en jurisdicción de la ciudad de Barranquilla, en el departamento de Atlántico. En la **Tabla 3- 1** y en la **Figura 3-1**, se describe la información, así como la ubicación geográfica de los puntos de muestreo definido por CONSORCIO SICC DEL CARIBE, el cual fue reconocido y evaluado previamente por Amspec MCS Colombia S.A.S., para la realización del monitoreo.

Así mismo, en la **Tabla 3- 2** se evidencia el registro fotográfico y describen las principales características morfológicas, así como las particularidades observables en los puntos de monitoreo de agua superficial, durante el trabajo de campo.

ELABORADO POR: 	REVISADO POR: CONSORCIO SICC DEL CARIBE	Página 9 de 59
	APROBADO POR: CONSORCIO SICC DEL CARIBE	F-PMO01-66 E2

Tabla 3- 1: Puntos de monitoreo de Agua Superficial

REPORTE	CÓDIGO MCS	ID	NOMBRE DEL PUNTO	ORIGEN ÚNICO NACIONAL		GEOGRÁFICAS		FECHA (dd/mm/aaaa)	HORA (24 h.)	ALTURA (m.s.n.m.)
				Este	Norte	Latitud	Longitud			
2602513	10966	AAR_EDAR EL PUEBLO	AGUAS ARRIBA EDAR EL PUEBLO	4798513.069	2770923.123	10°58'14.57707"N	74°50'40.6923"W	23/03/2026	8:40	24
	10967	AAB_EDAR EL PUEBLO	AGUAS ABAJO EDAR EL PUEBLO	4798273.494	2771108.870	10°58'20.57614"N	74°50'48.62302"W		9:20	24
	10968	AAR_A. CAÑAS Y HONDA	AGUAS ARRIBA DEL ARROYO CAÑAS Y HONDO	4798699.687	2769223.976	10°57'19.29927"N	74°50'34.20133"W		10:30	27
	10969	AAB_ZOFIA	AGUAS ABAJO ZOFIA	4797823.779	2767495.879	10°56'22.86725"N	74°51'2.70859"W		10:50	37
	10970	AAR_ZOFIA A. CAÑAS	AGUAS ARRIBA ZOFIA SOBRE ARROYO CAÑAS	4796940.599	2765073.286	10°55'3.82458"N	74°51'31.31212"W		11:20	48
	10972	TRAMO FINAL_A. GRANDE	TRAMO FINAL ARROYO GRANDE	4795139.815	2774559.435	11°0'12.27461"N	74°52'32.57614"W		13:40	17
	10971	AAR_A. GRANDE	AGUAS ARRIBA ARROYO GRANDE	4795099.065	2775001.613	11°0'26.66092"N	74°52'34.00994"W		13:06	16
	10973	AAB_A. GRANDE	AGUAS ABAJO ARROYO GRANDE	4794601.298	2775002.719	11°0'26.59546"N	74°52'50.41159"W		14:20	16
2602511	10974	AAB_ALAMEDA DEL RIO	AGUAS ABAJO ALAMEDA DEL RIO (AGUAS ARRIBA HENEQUEN Y AGUAS ABAJO ARROYOS URBANOA)	4797198.294	2773823.048	10°59'48.71886"N	74°51'24.5996"W	24/03/2026	9:40	15
	10975	AAB_URBANOS-CARIBE V	AGUAS ABAJO ARROYOS URBANOS Y BRAZO CARIBE VERDE	4797324.850	2772713.964	10°59'12.63889"N	74°51'20.20394"W		10:10	20
	10976	AAB_HENEQUEN	AGUAS ABAJO HENEQUEN	4796429.083	2774151.294	10°59'59.24947"N	74°51'50.01161"W		11:22	15
	10977	AAB_BRAZO DERECHO	AGUAS ABAJO BRAZO DERECHO	4794643.497	2777089.223	11°1'34.52764"N	74°52'49.45247"W		13:43	12
	10978	AAB_CAUIJARAL	AGUAS ABAJO CAUIJARAL (INTERSECCION BRAZOS)	4794478.500	2777284.773	11°1'40.85978"N	74°52'54.92995"W		15:02	16
	10979	AAB_BRAZO IZQUIERDO	AGUAS ABAJO BRAZO IZQUIERDO	4794470.014	2777039.792	11°1'32.883"N	74°52'55.15885"W		13:53	13
2602512	10981	AAR_PTAR GALAPA	AGUAS ARRIBA PTAR GALAPA	4792769.604	2763697.020	10°54'18.17891"N	74°53'48.42078"W	25/03/2026	9:50	63
	10980	AAB_PTAR GALAPA	AGUAS ABAJO PTAR GALAPA	4792707.766	2764141.226	10°54'32.62684"N	74°53'50.54934"W		9:20	63
	10982	AAB_HERMANAS	ARROYO GRANDE AGUAS ABAJO LAS HERMANAS	4793701.895	2766036.219	10°55'34.51854"N	74°53'18.19366"W		10:40	51
	10983	AAR_A. GRANADA	AGUAS ARRIBA ARROYO GRANADA	4795099.065	2775001.613	11°0'26.66092"N	74°52'34.00994"W		11:20	31
	10984	AAB_A. GRANADA	AGUAS ABAJO ARROYO GRANADA	4794601.298	2775002.719	11°0'26.59546"N	74°52'50.41159"W		11:41	30
	10985	DESEMBOC_A. LEON	DESEMBOCADURA A. LEON	4794693.835	2778938.208	11°2'34.72931"N	74°52'48.17652"W		13:35	3

Fuente: AmSpec MCS Colombia S.A.S, 2026.

ELABORADO POR:



REVISADO POR: CONSORCIO SICC DEL CARIBE

APROBADO POR: CONSORCIO SICC DEL CARIBE

**Página
10 de 59**

F-PMO01-66 E2



Fuente: AmSpec MCS Colombia S.A.S, 2026.

Figura 3-1: Ubicación geográfica de los puntos de monitoreo de agua superficial.

ELABORADO POR:



REVISADO POR: CONSORCIO SICC DEL CARIBE

APROBADO POR: CONSORCIO SICC DEL CARIBE

**Página
11 de 59**

F-PMO01-66 E2

Tabla 3- 2: Descripción de los puntos de monitoreo.

NOMBRE	AGUAS ARRIBA EDAR EL PUEBLO	COORDENADAS: MAGNA SIRGAS; ORIGEN NACIONAL	
		4798513.069 E	2770923.123 N
	ESTADO DEL CLIMA:	Soleado	
Descripción	En el lugar de muestreo se observan bastantes residuos sólidos en las riberas del cuerpo de agua y sobre la lámina de agua. El agua presenta turbidez, olor, espumas, trazas de grasas y aceites, color gris presencia de residuos sólidos en la lámina de agua y en las riberas, junto con olores a descomposición. El lecho del arroyo de encuentra compuesto por piedras y arena. En el punto de monitoreo se observa un grado de perturbación alto, y vegetación compuesta principalmente por especies herbáceas.		
Registro Fotográfico	 Fuente: AmSpec MCS Colombia S.A.S, 2026. Fotografía 3- 1: AGUAS ARRIBA EDAR EL PUEBLO.		
NOMBRE	AGUAS ABAJO EDAR EL PUEBLO	COORDENADAS: MAGNA SIRGAS; ORIGEN NACIONAL	
		4798273.494 E	2771108.870 N
	ESTADO DEL CLIMA:	Soleado	
Descripción	El punto de monitoreo presenta un canal recto, y un nivel de agua bajo. Dentro de los impactos directos sobre el cuerpo de agua están los vertimientos de aguas grises de viviendas cercanas y a lo largo del cuerpo de agua. El agua presenta turbidez, espumas, trazas de grasas y aceites, color gris presencia de residuos sólidos en la lámina de agua y en las riberas, junto con olores a descomposición. El lecho del arroyo de encuentra compuesto por limo/arcilla. En el punto de monitoreo se observa un grado de perturbación alto, y vegetación compuesta por gramíneas y árboles.		
Registro Fotográfico	 Fuente: AmSpec MCS Colombia S.A.S, 2026. Fotografía 3- 2: AGUAS ABAJO EDAR EL PUEBLO.		

Fuente: AmSpec MCS Colombia S.A.S, 2026.

	INFORME DEL MONITOREO Y CARACTERIZACIÓN FISICOQUÍMICA, MICROBIOLÓGICA DE AGUAS SUPERFICIALES – ARROYO LEON ABRIL DE 2026	MCS-26-1017 
---	---	---

Continuación Tabla 3-3:

NOMBRE	AGUAS ARRIBA DEL ARROYO CAÑAS Y HONDO	COORDENADAS: MAGNA SIRGAS; ORIGEN NACIONAL	
	ESTADO DEL CLIMA:	4798699.687 E	2769223.976 N
Descripción	El lugar de muestreo se encuentra en una canalización de concreto. El nivel del agua es bajo y la vegetación riparia está compuesta mayoritariamente por gramíneas, seguido de árboles. El agua presenta coloración gris, turbidez, iridiscencia sobre la lámina de agua, residuos sólidos domésticos y olor a descomposición. El impacto principal sobre la corriente son las descargas de aguas grises.		
Registro Fotográfico	 Fuente: AmSpec MCS Colombia S.A.S, 2026. Fotografía 3- 3: AGUAS ARRIBA DEL ARROYO CAÑAS Y HONDO.		
	AGUAS ABAJO ZOFIA	COORDENADAS: MAGNA SIRGAS; ORIGEN NACIONAL	
Descripción	ESTADO DEL CLIMA:	4797823.779 E	2767495.879 N
	Soleado		
Registro Fotográfico	 Fuente: AmSpec MCS Colombia S.A.S, 2026. Fotografía 3- 4: AGUAS ABAJO ZOFIA.		

Fuente: AmSpec MCS Colombia S.A.S, 2026.

ELABORADO POR: 	REVISADO POR: CONSORCIO SICC DEL CARIBE	Página 13 de 59
	APROBADO POR: CONSORCIO SICC DEL CARIBE	F-PMO01-66 E2

	INFORME DEL MONITOREO Y CARACTERIZACIÓN FISICOQUÍMICA, MICROBIOLÓGICA DE AGUAS SUPERFICIALES – ARROYO LEON ABRIL DE 2026	MCS-26-1017 
---	---	---

Continuación Tabla 3-3:

NOMBRE	AGUAS ARRIBA ZOFIA SOBRE ARROYO CAÑAS	COORDENADAS: MAGNA SIRGAS; ORIGEN NACIONAL	
	ESTADO DEL CLIMA:	4796940.599 E	2765073.286 N
Descripción	Soleado		
Registro Fotográfico	 <i>Fuente: AmSpec MCS Colombia S.A.S, 2026.</i> Fotografía 3- 5: AGUAS ARRIBA ZOFIA SOBRE ARROYO CAÑAS.		
NOMBRE	TRAMO FINAL ARROYO GRANDE	COORDENADAS: MAGNA SIRGAS; ORIGEN NACIONAL	
	ESTADO DEL CLIMA:	4795139.815 E	2774559.435 N
Descripción	Soleado		
Registro Fotográfico	 <i>Fuente: AmSpec MCS Colombia S.A.S, 2026.</i> Fotografía 3- 6: TRAMO FINAL ARROYO GRANDE.		

Fuente: AmSpec MCS Colombia S.A.S, 2026.

ELABORADO POR: 	REVISADO POR: CONSORCIO SICC DEL CARIBE	Página 14 de 59
	APROBADO POR: CONSORCIO SICC DEL CARIBE	F-PMO01-66 E2

	INFORME DEL MONITOREO Y CARACTERIZACIÓN FISICOQUÍMICA, MICROBIOLÓGICA DE AGUAS SUPERFICIALES – ARROYO LEON ABRIL DE 2026	MCS-26-1017 
---	---	---

Continuación Tabla 3-3:

NOMBRE	AGUAS ARRIBA ARROYO GRANDE	COORDENADAS: MAGNA SIRGAS; ORIGEN NACIONAL	
	ESTADO DEL CLIMA:	4795099.065 E	2775001.613 N
Descripción	El punto de monitoreo se ubica sobre el arroyo Grande, con un tipo de canal recto, y un nivel de agua bajo. Dentro de los impactos directos sobre el cuerpo de agua están los vertimientos de aguas grises y la acumulación de residuos sólidos sobre el cuerpo de agua. El agua presenta turbidez, olor, espumas, trazas de grasas y aceites, y color oscuro. El lecho del arroyo de encuentra compuesto por limo/arcilla. La vegetación presenta un grado de perturbación moderado, donde se destacan especies arbóreas y arbustivas en las riberas.		
Registro Fotográfico	 <i>Fuente: AmSpec MCS Colombia S.A.S, 2026.</i> Fotografía 3- 7: AGUAS ARRIBA ARROYO GRANDE.		
	<div data-bbox="203 1003 321 1098">NOMBRE</div> <div data-bbox="321 1003 812 1098">AGUAS ABAJO ARROYO GRANDE</div> <div data-bbox="812 1003 1404 1098" data-cs="2" data-kind="parent">COORDENADAS: MAGNA SIRGAS; ORIGEN NACIONAL</div> <div data-kind="ghost"></div> <div data-bbox="812 1035 1133 1056">4794601.298 E</div> <div data-bbox="1133 1035 1404 1056">2775002.719 N</div> <div data-bbox="321 1056 812 1098">ESTADO DEL CLIMA:</div> <div data-bbox="812 1056 1404 1098">Soleado</div>		
Descripción	El punto de monitoreo se ubica sobre el arroyo Grande, con un tipo de canal recto, y un nivel de agua bajo. Dentro de los impactos directos sobre el cuerpo de agua están los vertimientos de aguas grises. El agua presenta turbidez, olor, espumas, trazas de grasas y aceites, y color oscuro. El lecho del arroyo de encuentra compuesto por limo/arcilla. En el punto de monitoreo se observa un grado de perturbación bajo, y vegetación compuesta por gramineas, hierbas y árboles.		
Registro Fotográfico	 <i>Fuente: AmSpec MCS Colombia S.A.S, 2026.</i> Fotografía 3- 8: AGUAS ABAJO ARROYO GRANDE.		

Fuente: AmSpec MCS Colombia S.A.S, 2026.

ELABORADO POR: 	REVISADO POR: CONSORCIO SICC DEL CARIBE	Página 15 de 59
	APROBADO POR: CONSORCIO SICC DEL CARIBE	F-PMO01-66 E2

	INFORME DEL MONITOREO Y CARACTERIZACIÓN FISICOQUÍMICA, MICROBIOLÓGICA DE AGUAS SUPERFICIALES – ARROYO LEON ABRIL DE 2026	MCS-26-1017 
---	---	---

Continuación Tabla 3-3:

NOMBRE		COORDENADAS: MAGNA SIRGAS; ORIGEN NACIONAL	
AGUAS ABAJO ALAMEDA DEL RIO (AGUAS ARRIBA HENEQUEN Y AGUAS ABAJO ARROYOS URBANOA)		4797198.294 E	2773823.048 N
ESTADO DEL CLIMA:		Soleado	
Descripción	El cuerpo de agua presenta un nivel de agua medio, canal recto y lecho compuesto por limo/arcilla. El agua presenta coloración gris, turbidez, espumas, trazas de grasas y aceites, olor a descomposición, y residuos sólidos en las riberas y sobre la lámina de agua. Como impacto principal sobre la corriente están las descargas de aguas residuales. La vegetación riparia del lugar de muestreo se evidencia conservada, compuesta mayoritariamente por arbustos, seguido por árboles.		
Registro Fotográfico	 Fuente: AmSpec MCS Colombia S.A.S, 2026. Fotografía 3- 9: AGUAS ABAJO ALAMEDA DEL RIO (AGUAS ARRIBA HENEQUEN Y AGUAS ABAJO ARROYOS URBANOA).		
NOMBRE		COORDENADAS: MAGNA SIRGAS; ORIGEN NACIONAL	
AGUAS ABAJO ARROYOS URBANOS Y BRAZO CARIBE VERDE		4797324.850 E	2772713.964 N
ESTADO DEL CLIMA:		Soleado	
Descripción	Punto de muestreo con un nivel de agua medio, canal recto y lecho compuesto por limo/arcilla. El agua presenta coloración gris, turbidez, espumas, trazas de grasas y aceites, olor a descomposición, y residuos sólidos en las riberas y sobre la lámina de agua. Como impacto principal sobre la corriente están las descargas de aguas residuales. La vegetación riparia del lugar de muestreo se evidencia conservada, compuesta mayoritariamente por arbustos, seguido por árboles.		
Registro Fotográfico	 Fuente: AmSpec MCS Colombia S.A.S, 2026. Fotografía 3- 10: AGUAS ABAJO ARROYOS URBANOS Y BRAZO CARIBE VERDE.		

ELABORADO POR: 	REVISADO POR: CONSORCIO SICC DEL CARIBE	Página 16 de 59
	APROBADO POR: CONSORCIO SICC DEL CARIBE	F-PMO01-66 E2

	INFORME DEL MONITOREO Y CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA, MICROBIOLÓGICA DE AGUAS SUPERFICIALES – ARROYO LEON ABRIL DE 2026	MCS-26-1017 
---	---	---

Continuación Tabla 3-3:

NOMBRE	AGUAS ABAJO HENEQUEN	COORDENADAS: MAGNA SIRGAS; ORIGEN NACIONAL	
	ESTADO DEL CLIMA:	4796429.083 E	2774151.294 N
Descripción	Soleado		
Registro Fotográfico	Punto de muestreo con un nivel de agua medio, canal recto y lecho compuesto por limo/arcilla. El agua presenta coloración gris, turbidez, espumas, trazas de grasas y aceites, olor a descomposición, y residuos sólidos en las riberas y sobre la lámina de agua. Como impacto principal sobre la corriente están las descargas de aguas residuales. La vegetación riparia del lugar de muestreo se evidencia conservada, compuesta mayoritariamente por arbustos, seguido por árboles.		
	 <i>Fuente: AmSpec MCS Colombia S.A.S, 2026.</i> Fotografía 3- 11: AGUAS ABAJO HENEQUEN.		
NOMBRE	AGUAS ABAJO BRAZO DERECHO	COORDENADAS: MAGNA SIRGAS; ORIGEN NACIONAL	
	ESTADO DEL CLIMA:	4794643.497 E	2777089.223 N
Descripción	Soleado		
Registro Fotográfico	El agua presenta un nivel de agua medio, con presencia de olores, espumas, trazas de grasas y aceites, residuos sólidos en las riberas y sobre la lámina de agua, y el agua presenta un color café/gris. En el punto de monitoreo el cuerpo de agua presenta un canal de tipo recto, con un lecho compuesto por arena, y la vegetación riparia está compuesta por arbustos y árboles mayoritariamente, con un grado de perturbación moderado.		
	 <i>Fuente: AmSpec MCS Colombia S.A.S, 2026.</i> Fotografía 3- 12: AGUAS ABAJO BRAZO DERECHO.		

Fuente: AmSpec MCS Colombia S.A.S, 2026.

ELABORADO POR: 	REVISADO POR: CONSORCIO SICC DEL CARIBE	Página 17 de 59
	APROBADO POR: CONSORCIO SICC DEL CARIBE	F-PMO01-66 E2

	INFORME DEL MONITOREO Y CARACTERIZACIÓN FISICOQUÍMICA, MICROBIOLÓGICA DE AGUAS SUPERFICIALES – ARROYO LEON ABRIL DE 2026	MCS-26-1017 
---	---	---

Continuación Tabla 3-3:

NOMBRE	AGUAS ABAJO CAUJARAL (INTERSECCION BRAZOS)	COORDENADAS: MAGNA SIRGAS; ORIGEN NACIONAL	
	ESTADO DEL CLIMA:	4794478.500 E	2777284.773 N
Descripción	El punto de monitoreo presenta un nivel de agua medio, con presencia de olores, trazas de grasas y aceites, residuos sólidos en las riberas y sobre la lámina de agua, y el agua presenta un color café/gris. En el punto de monitoreo el cuerpo de agua presenta un canal de tipo meándrico, con un lecho compuesto por arena, y la vegetación ripiara está compuesta por arbustos y árboles mayoritariamente, con un grado de perturbación bajo.		
Registro Fotográfico	 <i>Fuente: AmSpec MCS Colombia S.A.S, 2026.</i> Fotografía 3- 13: AGUAS ABAJO CAUJARAL (INTERSECCION BRAZOS).		
	 <i>Fuente: AmSpec MCS Colombia S.A.S, 2026.</i> Fotografía 3- 14: AGUAS ABAJO BRAZO IZQUIERDO.		

Fuente: AmSpec MCS Colombia S.A.S, 2026.

ELABORADO POR: 	REVISADO POR: CONSORCIO SICC DEL CARIBE	Página 18 de 59
	APROBADO POR: CONSORCIO SICC DEL CARIBE	F-PMO01-66 E2

	INFORME DEL MONITOREO Y CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA, MICROBIOLÓGICA DE AGUAS SUPERFICIALES – ARROYO LEON ABRIL DE 2026	MCS-26-1017 
---	---	---

Continuación Tabla 3-3:

NOMBRE	AGUAS ARRIBA PTAR GALAPA	COORDENADAS: MAGNA SIRGAS; ORIGEN NACIONAL	
	ESTADO DEL CLIMA:	4792769.604 E	2763697.020 N
Descripción	El agua presenta un nivel de agua bajo, con presencia de olores, trazas de grasas y aceites, residuos sólidos y un color café/gris. El lecho está compuesto por arena, y la vegetación rípiara está compuesta por gramíneas, hierbas, arbustos y árboles, con un grado de perturbación bajo. Cerca al punto de monitoreo se observan actividades agropecuarias de ganadería y descargas de aguas residuales domésticas sobre el arroyo.		
Registro Fotográfico	 Fuente: AmSpec MCS Colombia S.A.S, 2026. Fotografía 3- 15: AGUAS ARRIBA PTAR GALAPA.		
	ESTADO DEL CLIMA: Soleado		
NOMBRE	AGUAS ABAJO PTAR GALAPA	COORDENADAS: MAGNA SIRGAS; ORIGEN NACIONAL	
	ESTADO DEL CLIMA:	4792707.766 E	2764141.226 N
Descripción	El agua presenta un nivel de agua medio, con presencia de olores, trazas de grasas y aceites, residuos sólidos y un color café/gris. En el punto el canal presenta una forma recta, con lecho compuesto por arena, y la vegetación rípiara está compuesta por gramíneas, hierbas, arbustos y árboles, con un grado de perturbación bajo. Cerca al punto de monitoreo se observan actividades agropecuarias de ganadería y descargas de aguas residuales domésticas sobre el arroyo.		
Registro Fotográfico	 Fuente: AmSpec MCS Colombia S.A.S, 2026. Fotografía 3- 16: AGUAS ABAJO PTAR GALAPA.		
	ESTADO DEL CLIMA: Soleado		

Fuente: AmSpec MCS Colombia S.A.S, 2026.

ELABORADO POR: 	REVISADO POR: CONSORCIO SICC DEL CARIBE	Página 19 de 59
	APROBADO POR: CONSORCIO SICC DEL CARIBE	F-PMO01-66 E2

	INFORME DEL MONITOREO Y CARACTERIZACIÓN FISICOQUÍMICA, MICROBIOLÓGICA DE AGUAS SUPERFICIALES – ARROYO LEON ABRIL DE 2026	MCS-26-1017 
---	---	---

Continuación Tabla 3-3:

NOMBRE	ARROYO GRANDE AGUAS ABAJO LAS HERMANAS	COORDENADAS: MAGNA SIRGAS; ORIGEN NACIONAL	
	ESTADO DEL CLIMA:	4793701.895 E	2766036.219 N
Descripción	Punto de muestreo ubicado sobre el arroyo Grande con un nivel de agua medio. El agua presenta coloración gris, turbidez, espumas, trazas de grasas y aceites, olor a descomposición y residuos sólidos en las riberas y sobre la lámina de agua. Como impacto principal sobre la corriente están las descargas de aguas residuales. La vegetación riparia del lugar de muestreo se evidencia conservada, compuesta mayoritariamente por pastos, seguido por árboles.		
Registro Fotográfico	 <i>Fuente: AmSpec MCS Colombia S.A.S, 2026.</i> Fotografía 3- 17: ARROYO GRANDE AGUAS ABAJO LAS HERMANAS.		
	 <i>Fuente: AmSpec MCS Colombia S.A.S, 2026.</i> Fotografía 3- 18: AGUAS ARRIBA ARROYO GRANADA.		
NOMBRE	AGUAS ARRIBA ARROYO GRANADA	COORDENADAS: MAGNA SIRGAS; ORIGEN NACIONAL	
	ESTADO DEL CLIMA:	4794601.298 E	2775002.719 N
Descripción	Punto de muestreo ubicado sobre el arroyo Granada con un nivel de agua bajo. El agua presenta coloración gris, turbidez, espumas, trazas de grasas y aceites, olor a descomposición y residuos sólidos en las riberas y sobre la lámina de agua. Como impacto principal sobre la corriente están las descargas de aguas residuales. La vegetación riparia del lugar de muestreo composición por especies herbáceas y arbustivas. Así mismo se evidencian cultivos de plátano cerca al cuerpo de agua.		
Registro Fotográfico	 <i>Fuente: AmSpec MCS Colombia S.A.S, 2026.</i> Fotografía 3- 18: AGUAS ARRIBA ARROYO GRANADA.		
	<i>Fuente: AmSpec MCS Colombia S.A.S, 2026.</i>		

ELABORADO POR: 	REVISADO POR: CONSORCIO SICC DEL CARIBE	Página 20 de 59
	APROBADO POR: CONSORCIO SICC DEL CARIBE	F-PMO01-66 E2

	INFORME DEL MONITOREO Y CARACTERIZACIÓN FISICOQUÍMICA, MICROBIOLÓGICA DE AGUAS SUPERFICIALES – ARROYO LEON ABRIL DE 2026	MCS-26-1017 
---	---	---

Continuación Tabla 3-3:

NOMBRE	AGUAS ABAJO ARROYO GRANADA	COORDENADAS: MAGNA SIRGAS; ORIGEN NACIONAL	
	ESTADO DEL CLIMA:	4794601.298 E	2775002.719 N
Descripción	Soleado		
Registro Fotográfico	El sitio de monitoreo se ubica sobre el arroyo Granada con un nivel de agua bajo. El agua presenta coloración gris, turbidez, olor a descomposición y residuos sólidos en las riberas y sobre la lámina de agua. Como impacto principal sobre la corriente están las descargas de aguas residuales. La vegetación riparia del lugar de muestreo composición por especies herbáceas y arbustivas.		
	 <i>Fuente: AmSpec MCS Colombia S.A.S, 2026.</i> Fotografía 3- 19: AGUAS ABAJO ARROYO GRANADA.		
NOMBRE	DESEMBOCADURA A. LEON	COORDENADAS: MAGNA SIRGAS; ORIGEN NACIONAL	
	ESTADO DEL CLIMA:	4794693.835 E	2778938.208 N
Descripción	Soleado		
Registro Fotográfico	El punto de monitoreo corresponde a la desembocadura del arroyo León sobre el mar caribe. El cuerpo de agua presenta un nivel de agua bajo, con presencia de espumas sobre la lamina de agua. El lecho del arroyo este compuesto por arena, el agua presenta una turbiedad leve, con presencia de olores, trazas de grasas y aceites, y una leve coloración. El lugar presenta un grado de perturbación moderado, con vegetación riparia compuesta mayoritariamente por gramíneas, seguido de arbustos.		
	 <i>Fuente: AmSpec MCS Colombia S.A.S, 2026.</i> Fotografía 3- 20: DESEMBOCADURA A. LEON.		

Fuente: AmSpec MCS Colombia S.A.S, 2026.

ELABORADO POR: 	REVISADO POR: CONSORCIO SICC DEL CARIBE	Página 21 de 59
	APROBADO POR: CONSORCIO SICC DEL CARIBE	F-PMO01-66 E2

4 METODOLOGÍA

En esta sección se describe el proceso metodológico desarrollado para la realización del monitoreo.

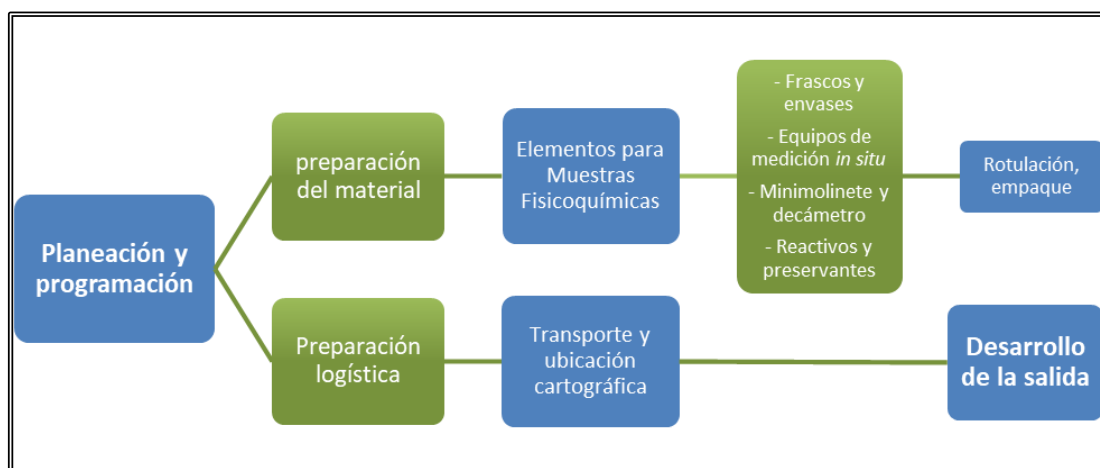
4.1. PROCESO METODOLÓGICO

Los procedimientos de muestreo se realizaron teniendo en cuenta la metodología propuesta en las normas NTC – ISO 5667-6:1996 (Calidad del agua. Muestreo. Guía para el muestreo de aguas de ríos y corrientes).

Las mediciones directas realizadas en campo se realizaron con base a las metodologías descrita en el Standard Methods Edición 23rd, 2017, la EPA (Environmental Protection Agency) textos de la APHA-AWWA-WEF; APHA (American Public Health Association), AWWA (American Water Works Association) y WEF (Water Environment Federation), en el Standard Methods Edición 23rd Edition, 2017 (SM 1060 - A), la EPA (Environmental Protection Agency) y otros métodos referenciados más adelante.

4.1.1. ETAPA DE PREPARACIÓN

Esta etapa es fundamental para el adecuado desarrollo y funcionamiento de los demás procesos. En ésta se lleva a cabo toda la planeación y programación para que la fase de campo se desarrolle sin ningún inconveniente. En la **Figura 4- 1**, se muestran los pasos que se siguieron durante esta etapa.



Fuente: AmSpec MCS Colombia S.A.S, 2026.

Figura 4- 1: Actividades de la etapa de preparación

	INFORME DEL MONITOREO Y CARACTERIZACIÓN FISICOQUÍMICA, MICROBIOLÓGICA DE AGUAS SUPERFICIALES – ARROYO LEON ABRIL DE 2026	MCS-26-1017 
---	---	---

4.1.2. ETAPA DE CAMPO

Inicialmente el grupo de profesionales de AmSpec MCS Colombia S.A.S., empresa que cuenta con certificación ISO 9001:2015 y se encuentra acreditada ante el IDEAM bajo NTC-ISO/IEC 17025:2017, según Resolución N° 0172 del 12 de febrero de 2026; ver **Anexo 4**), programó la salida de campo y la logística requerida para ello, según la solicitud de CONSORCIO SICC DEL CARIBE; verificando los equipos y materiales para posteriormente iniciar la jornada de muestreo. Los profesionales de AmSpec MCS Colombia S.A.S que participaron en todas las fases de este monitoreo cumplieron con todos los estándares de seguridad e higiene ocupacional y ambiental.

Los procedimientos de muestreo en campo se realizaron teniendo en cuenta los instructivos I-PMO01-27 (muestreo de agua), I-PMO01-09 (medición de parámetros fisicoquímicos *in situ*) y I-PMO01-10 (aforo de caudal).

4.1.2.1. Muestreo Fisicoquímico y Microbiológico

Se efectuó el muestreo de tipo puntual en los sitios de interés de agua superficial. Para la toma de las muestras de agua, se utilizó un balde (purgado previamente tres (3) veces en el sitio), con el cual se recolectó el agua en cada punto de monitoreo, luego se llenaron los respectivos recipientes de vidrio ámbar y plástico opaco debidamente rotulados; posteriormente las muestras fueron preservadas teniendo en cuenta el análisis a realizar (acidificación y/o refrigeración; ver **Tabla 4- 1**). Una vez colectadas las muestras, se almacenaron en neveras de poliestireno, garantizando las condiciones de refrigeración, conservación y transporte, por último, se registró de forma organizada en formatos de campo la información correspondiente como fecha y hora de muestreo, responsable de la toma, origen, fijación y otras observaciones pertinentes al monitoreo (**Anexo 2**).

ELABORADO POR: 	REVISADO POR: CONSORCIO SICC DEL CARIBE APROBADO POR: CONSORCIO SICC DEL CARIBE	Página 23 de 59 F-PMO01-66 E2
--	--	--

Tabla 4- 1: Preservación de muestras

PARÁMETRO	RECIPIENTE DE MUESTRA	VOLUMEN MÍNIMO	PRESERVACIÓN
Coliformes Totales	Vidrio o bolsa estéril cierre hermético con espacio de aire	200 ml	Refrigerar a <10°C
Coliformes Termotolerantes (fecales)	Vidrio o bolsa estéril cierre hermético con espacio de aire	200 ml	Refrigerar a <10°C
Demanda bioquímica de oxígeno - DBO	Plástico o vidrio ámbar o protegido de la luz	1000 mL	Refrigerar ≤6 °C
Demanda química de oxígeno - DQO	Plástico o vidrio	500 mL	Adicionar H ₂ SO ₄ hasta pH<2 y refrigerar ≤6 °C
Fosforo total	Plástico o vidrio	100 mL	Adicionar H ₂ SO ₄ hasta pH<2 y refrigerar a ≤ 6 °C
Nitrógeno Total	Plástico o vidrio	500 mL	Adicionar H ₂ SO ₄ hasta pH <2 y refrigerar a ≤ 6 °C
Sólidos disueltos	Plástico o vidrio	200 mL	Refrigerar ≤6 °C
Sólidos suspendidos	Plástico o vidrio	1000 mL	Refrigerar ≤6 °C

Fuente: AmSpec MCS Colombia S.A.S, 2026.

Es importante mencionar que la toma de muestras para los análisis de parámetros microbiológicos (coliformes), se realizaron llenando los recipientes directamente del cuerpo de agua, evitando el ingreso de sólidos o demás agentes extraños ajenos a los sistemas hídricos superficiales evaluados.

Adicionalmente, simultaneo al muestreo de variables hidrobiológicas, se midieron algunas variables en campo tales como; temperatura, pH, conductividad eléctrica y oxígeno disuelto, mediante un equipo multiparámetro (**Tabla 4- 2**), el cual fue previamente verificado y cuyo certificado de calibración se encuentra en el **Anexo 3**. La medición de estas variables se efectuó directamente en una porción de muestra de agua que se transfirió a un recipiente de boca ancha (balde).

Tabla 4- 2: Datos multiparámetro empleado

Nombre	Multiparámetro Con Sonda Multiparométrica
Marca	HANNA
Modelo	HI9811-5 / HI1285-5
Serie	No Disponible
Código MCS	EQC-MCS-0449
Fecha de Calibración	25/03/2025

Fuente: AmSpec MCS Colombia S.A.S, 2026.



Fuente: AmSpec MCS Colombia S.A.S, 2026.

Fotografía 4- 1: Toma de muestras de agua superficial y llenado de recipientes.

4.1.1.1. Aforo de Caudal

Para el aforo, se seleccionó una sección transversal situada en un tramo recto de la corriente. La longitud del tramo tendrá un mínimo equivalente de cinco (5) veces el ancho de la sección, buscando que la velocidad y dirección del flujo sean paralelas en todos los puntos y que conformen un ángulo recto con la sección transversal; también se tuvo en cuenta que el lecho del cauce fuera uniforme y estable y que no presentara barreras naturales a la corriente. Posteriormente, se midió el ancho total del cuerpo de agua, y subdividió la sección transversal (IDEAM, 2021).

Luego de realizar una división en secciones del cauce, se pudo disminuir o aumentar el número de éstas, el ancho de cada sección se denomina ancho parcial y corresponde a la distancia entre dos verticales de medición consecutivas. Normalmente son iguales a lo ancho del cauce, sin embargo, si el fondo del cauce es irregular deberá reducirse en los sectores más profundos o de mayor velocidad para cumplir con la norma que establece que los caudales parciales deben ser inferiores al 10 % del caudal total (IDEAM, 2021).

El método usado para la realización del cálculo de caudal, es el de la sección media, para ello se deben establecer profundidades medias de las secciones y velocidades medias en la sección. Con la profundidad media de la sección y el ancho parcial de la sección se determina el área; el promedio de las velocidades medias de las verticales corresponde a la velocidad media en la sección. La velocidad media de la sección y el área de la sección se multiplican para hallar el caudal parcial de cada sección; la suma de los caudales parciales corresponde al caudal total (IDEAM, 2021).

La ecuación utilizada para el cálculo del caudal por el método área - velocidad es el siguiente:

$$Q = A \cdot V$$

Donde:

Q = Caudal (en metros cúbicos por segundo, m³/s)

A = Área de la sección (en metros cuadrados, m²)

V = Velocidad registrada por el equipo (en metros por segundo, m/s)

4.1.3. ETAPA DE LABORATORIO

4.1.3.1. Muestreo Físicoquímico y Microbiológico

En esta etapa se realiza el análisis de todas las muestras que fueron tomadas y recolectadas en la fase de campo, los procedimientos empleados se basan en el Standard Methods for the Examination of Water y Wastewater 23rd Edition 2017, APHA (American Public Health Association), AWWA (American Water Works Association), WEF (Water Environment Federation). Los parámetros, técnicas analíticas y métodos empleados para los análisis físicoquímicos y microbiológicos de las muestras de agua superficial se listan y describen en la **Tabla 4- 3**.

Tabla 4- 3: Técnicas y métodos analíticos empleados

FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS: Del 24/03/2026 al 26/03/2026			FECHA DE ANÁLISIS: Del 24/03/2026 al 08/04/2026	
PARAMETROS	UNIDADES	TECNICA ANALITICA	METODO	INCERTIDUMBRE (K)
pH (AC)	UNIDADES	ELECTROMETRIA	SM 4500-H+ B	0,0382
CONDUCTIVIDAD (AC)	µS/cm	ELECTROMETRIA	SM 2510 B	0,0383
OXIGENO DISUELTO (AC)	mg O ₂ /L	FOTOMETRIA - LUMINISCENCIA	ISO 17289 / 2014	0,0511
CAUDAL (AC)	L/s	VOLUMETRICA	PROTOCOLO DE MONITOREO DE AGUA Y SEGUIMIENTO DEL AGUA, IDEAM, INVEMAR, NUMERAL 8.1.2	
FOSFORO TOTAL (AC)	mg P/L	FOTOMETRIA	SM 4500-P B,4, E	0,292
NITROGENO TOTAL (NTK + N-NO ₂ + N-NO ₃) (C)	mg N/L	CALCULO		
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES (AC)	mg/L	GRAVIMETRIA	SM 2540 D	0,0421
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES (AC)	mg/L	GRAVIMETRIA	SM 2540 C	0,0702
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO (DBO) (AC)	mg/L	FOTOMETRIA	SM 5210 B, SM 4500-O H	0,0387
DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO (DQO) (AC)	mg/L	VOLUMETRIA	SM 5220 C	0,047
COLIFORMES TOTALES (AC)	NMP/100mL	SUSTRATO ENZIMATICO MULTICELDA	SM 9223 B	0,0515
COLIFORMES TERMOTOLERANTES (FECALES) (AC)	NMP/100mL	SUSTRATO ENZIMATICO MULTICELDA	EPA 40 CFR PART 136.3	0,0515

Rango Temperatura ambiente durante los ensayos (°C): 15 – 25. Humedad relativa durante los ensayos (%): <70.

(AC): Parámetro acreditado por MCS Resolución 0172 del 12 de febrero de 2026.

(C): Nitrógeno total sumatoria (NTK + N-NO₂ + N-NO₃) parámetros acreditados para el cálculo.

Fuente: Reporte de Resultados AmSpec MCS Colombia S.A.S., 2026.

	INFORME DEL MONITOREO Y CARACTERIZACIÓN FISICOQUÍMICA, MICROBIOLÓGICA DE AGUAS SUPERFICIALES – ARROYO LEON ABRIL DE 2026	MCS-26-1017 
---	---	---

4.1.4. ETAPA DE ANÁLISIS

4.1.4.1. Caudal

La estimación del caudal para los cuerpos de agua monitoreados se realiza siguiendo directrices de IDEAM (2017). Así, se calcula el área de la sección monitoreada y luego se estima la velocidad promedio, de acuerdo con las diferentes mediciones realizadas en campo. El resultado final comprende la suma de caudales parciales, los cuales se estiman previamente para cada una de las subsecciones monitoreadas a lo ancho del cuerpo de agua. Es de anotar que el cálculo de la velocidad promedio se ajusta mediante calibración, partiendo de la ecuación de regresión lineal obtenida de una calibración realizada en el laboratorio de hidráulica de la Universidad Nacional de Colombia. Con este ajuste se obtiene un valor real de velocidad, con el cual se realizan los cálculos de caudal para cada cuerpo de agua monitoreado.

Es de aclarar que, para el actual monitoreo, no fue posibles realizar las mediciones de aforo de caudal por condiciones propias de los cuerpos de agua muestreados. Lo anterior a causas de seguridad y salud del personal en 18 puntos de monitoreo, y en los puntos AGUAS ABAJO ZOFIA y AGUAS ARRIBA ZOFIA SOBRE ARROYO CAÑAS por la ausencia de flujo de agua.

4.1.4.2. Parámetros Fisicoquímicos y Microbiológicos

Una vez recibidos los resultados del análisis en laboratorio, se lleva a cabo la organización de la información en tablas primarias. Así mismo, se efectúa una interpretación de las concentraciones, teniendo en cuenta la relación existente entre parámetros, así como con los criterios de calidad establecidos en la normatividad vigente aplicable; es decir el Decreto 1076 de 2015; Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible. Esta interpretación se realiza a partir de la comparación de los valores obtenidos por variable fisicoquímica y microbiológica, con respecto a los límites máximos permisibles establecidos en los artículos 2.2.3.3.9.3 (Tratamiento convencional y criterios de calidad para consumo humano y doméstico), 2.2.3.3.9.4 (Desinfección y criterios de calidad para consumo humano y doméstico) y 2.2.3.3.9.5 (Criterios de calidad para uso agrícola).

Con los datos obtenidos para el agua superficial, se calcularon algunos índices, con el fin de verificar el estado del cuerpo de agua muestreado. Estos indicadores, se basan en la simplificación en un solo número de las características de cada cuerpo de agua con el fin de identificar problemas de contaminación de una forma ágil.

☞ Índice de Calidad del Agua (ICA)

ELABORADO POR: 	REVISADO POR: CONSORCIO SICC DEL CARIBE	Página 27 de 59
	APROBADO POR: CONSORCIO SICC DEL CARIBE	F-PMO01-66 E2

El índice de calidad del agua (ICA), consiste en un valor numérico que califica en una de cinco categorías, la calidad del agua de una corriente superficial, con base en las mediciones obtenidas para un conjunto de cinco o seis variables, registradas en un punto de monitoreo j en el tiempo t . Este índice es de gran utilidad para establecer la calidad del agua de las corrientes hídricas, debido a que identifica de manera cuantitativa y cualitativa, su potencialidad para usos agropecuarios y de consumo humano (IDEAM; 2020).

El indicador se puede calcular con un diferente conjunto de variables medidas, cuya cantidad y tipo depende de la disponibilidad de datos, de las diferentes presiones contaminantes a las cuales están sometidos los diferentes cuerpos de agua y del tipo de cuerpo de agua. Para el caso colombiano, se ha medido desde 2005, en las corrientes superficiales, un conjunto de cinco variables, a saber: oxígeno disuelto, sólidos suspendidos totales, demanda química de oxígeno, conductividad eléctrica y pH total.

La fórmula de cálculo del indicador es:

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

Dónde:

ICA_{njt}	Es el Índice de calidad del agua de una determinada corriente superficial en la estación de monitoreo de la calidad del agua j en el tiempo t , evaluado con base en n variables.
W_i	Es el ponderador o peso relativo asignado a la variable de calidad i .
I_{ikjt}	Es el valor calculado de la variable i (obtenido de aplicar la curva funcional o ecuación correspondiente), en la estación de monitoreo j , registrado durante la medición realizada en el trimestre k , del período de tiempo t .
N	Es el número de variables de calidad involucradas en el cálculo del indicador; n es igual a 5, o 6 dependiendo de la medición del ICA que se seleccione.

En la **Tabla 4- 4**, se resumen las variables que están involucradas en el cálculo del indicador, que para el caso corresponde a 5 variables, la unidad de medida en la que se registra cada uno de ellos y la ponderación que tienen dentro de la fórmula de cálculo.

Tabla 4- 4: Ponderación para el índice de calidad de agua

VARIABLE	UNIDAD DE MEDIDA	PONDERACIÓN
pH	UNIDADES	0,2
Oxígeno Disuelto (OD)	% Saturación	0,2
Conductividad Eléctrica (C.E.)	$\mu S/cm$	0,2
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/L	0,2
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	0,2

Fuente: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM. Hoja metodológica del indicador Índice de calidad del agua en corrientes superficiales (ICA), 2020.

Cálculo del valor de cada variable:

1. **Oxígeno Disuelto:** Esta variable tiene el papel biológico fundamental de definir la presencia o ausencia potencial de especies acuáticas. Inicialmente se calcula el porcentaje de saturación de oxígeno disuelto PS_{OD} :

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

Ox: oxígeno disuelto medido en campo (mg/L) asociado a la elevación, caudal y capacidad de reoxigenación.
C_p: Concentración de equilibrio de oxígeno (mg/L), a la presión no estándar, es decir, oxígeno de saturación.

- Una vez calculado el porcentaje de saturación de oxígeno disuelto, el valor I_{OD} se calcula con la fórmula:

$$I_{OD} = 1 - (1 - 0,01 * PS_{OD})$$

- Cuando el porcentaje de saturación de oxígeno disuelto es mayor al 100%:

$$I_{OD} = 1 - (0,01 * PS_{OD} - 1)$$

2. **Sólidos Suspendidos Totales (SST):** La presencia de sólidos en suspensión en los cuerpos de agua indica cambio en el estado de las condiciones hidrológicas de la corriente. Dicha presencia puede estar relacionada con procesos erosivos, vertimientos industriales, extracción de materiales y disposición de escombros. Tiene una relación directa con la turbiedad. El subíndice de calidad para sólidos suspendidos se calcula como sigue:

3.

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

Si $SST \leq 4,5$, entonces $I_{SST} = 1$
Si $SST \geq 320$, entonces $I_{SST} = 0$

4. **Demanda Química de Oxígeno (DQO):** Refleja la presencia de sustancias químicas susceptibles de ser oxidadas a condiciones fuertemente ácidas y alta temperatura, como la materia orgánica, ya sea biodegradable o no, y la materia inorgánica.

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

5. **Conductividad Eléctrica (C.E.):** Está íntimamente relacionada con la suma de cationes y aniones determinada en forma química, refleja la mineralización. Se calcula como sigue:

$$I_{C.E.} = 1 - 10^{(-3,26 + 1,34 \log 10 C.E.)}$$

Cuando $I_{C.E.} < 0$, entonces $I_{C.E.} = 0$

6. **Potencial de Hidrógeno (pH):** Mide la acidez, valores extremos pueden afectar la flora y fauna acuáticas.

Si $pH < 4$, entonces $I_{pH} = 0,1$
 Si $4 \leq pH \leq 7$, entonces $I_{pH} = 0,02628419 * e^{(pH*0,520025)}$
 Si $7 < pH \leq 8$, entonces $I_{pH} = 1$
 Si $8 < pH \leq 11$, entonces $I_{pH} = 1 * e^{[(pH-8)*(-0,5187742)]}$
 Si $pH > 11$, entonces $I_{pH} = 0,1$

Los valores optativos que puede llegar a tomar el indicador han sido clasificados en categorías, de acuerdo a ellos se califica la calidad del agua de las corrientes superficiales, al cual se le ha asociado un color como señal de alerta. En la **Tabla 4- 5**, se registra la relación entre los valores y la calificación:

Tabla 4- 5: Calificación de la calidad del agua según los valores obtenidos para el ICA

CATEGORÍAS DE VALORES QUE PUEDE TOMAR EL INDICADOR	CALIFICACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA
0,00 - 0,25	MUY MALA
0,26 - 0,50	MALA
0,51 - 0,70	REGULAR
0,71 - 0,90	ACEPTABLE
0,91 - 1,00	BUENA

Fuente: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM. Hoja metodológica del indicador Índice de calidad del agua en corrientes superficiales (ICA)

➡ Índices de Contaminación (ICO's)

Debido a la actividad antrópica y el crecimiento industrial, los cuerpos de agua se encuentran en constante amenaza, y a pesar de existir marcos legales que pretenden regular y disminuir el impacto ambiental, la preocupación es latente. Con ello, es importante comenzar a determinar y analizar índices que se pueden obtener a partir de parámetros básicos en los estudios de las características de los cuerpos de agua, para así cuantificar y presentar de manera sencilla resultados que generen precepción general o específica del estado de cada caso de estudio, y así poder tomar acciones que permitan mejorar las condiciones generales de dichos cuerpos de agua. Ramírez et al. (1994), desarrollaron los índices de contaminación –ICO's– con el fin de evaluar el nivel de contaminación del agua; al efecto, se agrupan variables fisicoquímicas que denotan la misma condición ambiental. En la actualidad, existen nueve ICO's, entre los cuales se destacan el ICO por materia orgánica (ICOMO), el ICO por mineralización (ICOMI), el ICO por sólidos suspendidos (ICOSUS) y el ICO trófico (ICOTRO) (Ramírez; 1994). En la **Tabla 4- 6**, se presenta la información relacionada a estos cuatro índices.

En la

Tabla 4- 7, se incluyen las variables fisicoquímicas y microbiológicas consideradas para el cálculo de los cuatro índices de contaminación, el rango y su interpretación. En cada caso, los índices a emplear dependen de los parámetros que hayan sido medidos y analizados.

Tabla 4- 6: Información relevante sobre los ICO's

ÍNDICE	FÓRMULA/CATEGORÍAS	CONCEPTO
Índice de contaminación por Materia Orgánica (ICOMO)	$ICOMO = \frac{1}{3} (I_{DBO_5} + I_{Coliformes\ Totales} + I_{Oxígeno\ \%})$ Dónde: $I_{DBO_5} = -0,005 + 0,70 \log_{10} DBO_5 (mg/L)$ $I_{Coliformes\ Totales} = -1,44 + 0,56 \log_{10} Col. Tot. (NMP/100ml)$ $I_{Oxígeno\ \%} = 1 - 0,01 Oxígeno\ \%$	DBO > 30 mg/L = 1; DBO < 2 mg/L = 0. Coliformes Totales > 20000 (NMP/100mL) = 1; Coliformes Totales < 500 (NMP/100mL) = 0. Oxígeno (%) mayor a 100% tienen un índice de oxígeno de cero (0).
Índice de contaminación por Mineralización (ICOMI)	$ICOMI = \frac{1}{3} (I_{Conductividad} + I_{Dureza} + I_{Alcalinidad})$ Dónde: $I_{Alcalinidad} = -0,25 + 0,005 alcalinidad (mg/L)$ $I_{Dureza} = 10^{Log\ Dureza}$, dónde: $Log10\ Dureza = -9,09 + 4,40 Log10\ dureza (mg/L)$ $I_{Conductividad} = 10^{Log\ Conductividad}$, dónde: $Log10\ Conduct = -3,26 + 1,34 Log10\ conduct (\mu S/cm)$	Valores próximos a cero (0) indican muy baja contaminación por mineralización; valores cercanos a uno (1) indican lo contrario.
Índice de contaminación por Sólidos Suspendidos (ICOSUS)	$ICOSUS = -0,02 + 0,003\ Sólidos\ Suspendidos (mg/L)$	Se determina mediante la concentración de sólidos suspendidos: Sólidos Suspendidos > a 340 mg/L = 1; Sólidos Suspendidos < 10 mg/L = 0.
Índice de contaminación Trófico (ICOTRO)	$\begin{aligned} < 0,01 &= \text{Oligotrófico} \\ 0,01 - 0,02 &= \text{Mesotrófico} \\ 0,02 - 1 &= \text{Eutrófico} \\ > 1 &= \text{Hipereutrófico} \end{aligned}$	La concentración de fósforo total define por sí misma un conjunto de categorías discretas.

Fuente: Ramírez et al. (1994).

Tabla 4- 7: Interpretación de los índices de contaminación del agua (ICO's)

ÍNDICES	VARIABLE	INTERPRETACIÓN	
ICOSUS	Sólidos suspendidos	0,8-1,0	CONTAMINACIÓN MUY ALTA
ICOMO	Coliformes totales	0,6-0,8	CONTAMINACIÓN ALTA
	DBO ₅ Oxígeno %	0,4-0,6	CONTAMINACIÓN MEDIA
ICOMI	Conductividad	0,2-0,4	CONTAMINACIÓN BAJA
	Dureza Alcalinidad	0,0-0,2	CONTAMINACIÓN MUY BAJA
ICOTRO	Fósforo total	$\begin{aligned} < 0,01 &= \text{OLIGOTRÓFICO} \\ 0,01 - 0,02 &= \text{MESOTRÓFICO} \\ 0,02 - 1 &= \text{EUTRÓFICO} \\ > 1 &= \text{HIPEREUTRÓFICO} \end{aligned}$	

Fuente: Ramírez et al. (1994).

4.1.4.3. Regla de decisión

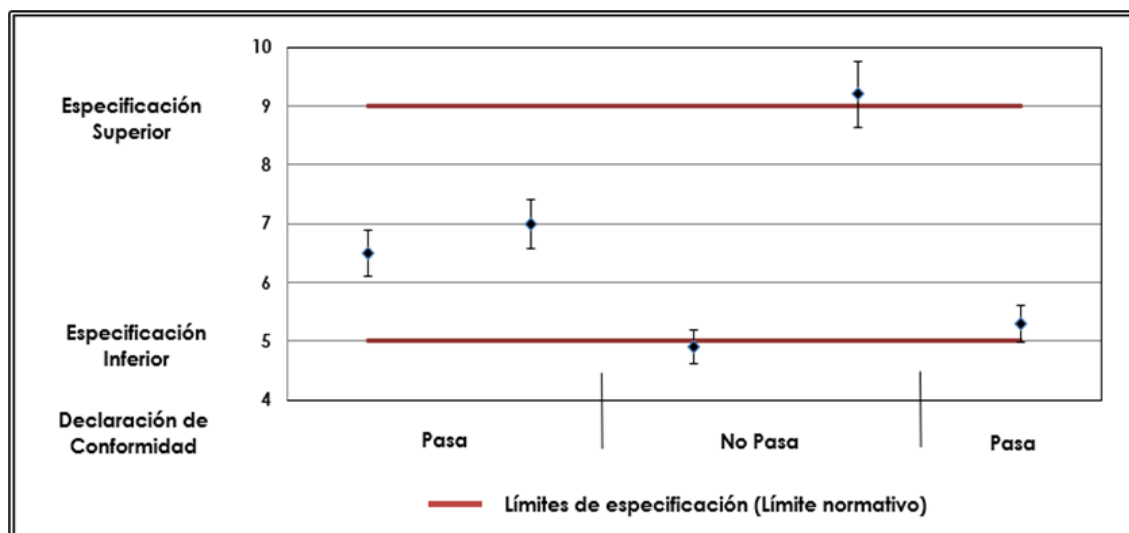
La regla de decisión aplicada se basa en lo consignado en el documento “Guía para establecer reglas de decisión en la declaración de conformidad” del ILAC (2019), la cual es la autoridad internacional en la acreditación de laboratorios y de organismos de inspección y está constituida por organismos de acreditación y organizaciones interesadas de todo el mundo.

Una regla de decisión corresponde a una regla que describe cómo se tiene en cuenta la incertidumbre de medición cuando se declara la conformidad con un requisito especificado (límite normativo). Por lo cual, esta solo se aplica para aquellos parámetros que tienen un límite establecido en la norma de referencia.

De acuerdo a lo acordado previamente con el cliente, se aplica la regla de decisión binaria con aceptación simple, en la cual el límite de tolerancia (LT; límite normativo) es igual al límite de aceptación (LA), por lo que, la zona de seguridad (w) es igual a 0, donde existe un riesgo específico del 50% (**Figura 4-2**).

De acuerdo con esta regla, las declaraciones de conformidad se clasifican en dos categorías: “cumple” y “no cumple”.

- Cumple: si el valor medido es menor o igual al límite de aceptación especificado (LA = LT)
- No Cumple: si el valor medido se encuentra por encima del límite de aceptación (LA = LT)



Fuente: ILAG, 2019

Figura 4-2: Representación gráfica de la regla de decisión binaria con aceptación simple.

4.1.4.4. Estimación de Incertidumbre expandida

La incertidumbre expandida hace referencia a la magnitud que define un intervalo en torno a un resultado de una medición, y en el que se espera encontrar una fracción importante de la distribución de valores que podrían ser atribuidos razonablemente al mesurando (IDEAM, 2020).

De acuerdo con lo anterior, para cada uno de los valores o resultados obtenidos de los parámetros evaluados en cada muestra, se realizó la estimación de la

	INFORME DEL MONITOREO Y CARACTERIZACIÓN FISICOQUÍMICA, MICROBIOLÓGICA DE AGUAS SUPERFICIALES – ARROYO LEON ABRIL DE 2026	MCS-26-1017 
---	---	---

incertidumbre expandida teniendo en cuenta el método analítico de cada uno:

1. Para ensayos físicos y químicos la U_e se calcula con la fórmula:

$$U_e = 2 \times C_m \times K$$

Donde:

2: es el factor de cobertura para una distribución normal, correspondiente a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95%

C_m : es el valor de la concentración reportado de la muestra

K : es la constante de cálculo obtenida en el laboratorio.

2. Para ensayos cromatográficos la U_e calcula de la siguiente manera:

$$U_e = C_m \times \%$$

Donde:

C_m : es el valor de la concentración reportado de la muestra

%: es la constante de cálculo obtenida en el laboratorio

3. Para ensayos microbiológicos la U_e se calcula con la fórmula:

$$U_e = \log_{10} (C_m) \times K$$

Donde:

C_m : es el valor de la concentración reportado de la muestra

K : es la constante de cálculo obtenida en el laboratorio

ELABORADO POR: 	REVISADO POR: CONSORCIO SICC DEL CARIBE	Página 33 de 59
	APROBADO POR: CONSORCIO SICC DEL CARIBE	F-PMO01-66 E2

	INFORME DEL MONITOREO Y CARACTERIZACIÓN FISICOQUÍMICA, MICROBIOLÓGICA DE AGUAS SUPERFICIALES – ARROYO LEON ABRIL DE 2026	MCS-26-1017 
---	---	---

5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del presente informe solo hacen referencia a las muestras tomadas en campo para el cliente en mención, de acuerdo con la información descrita en las fechas y locaciones establecidas del presente documento. Queda prohibida la reproducción parcial o total del presente informe sin la aprobación escrita del laboratorio. Los resultados del presente estudio solo están relacionados con los ítems sometidos a ensayo, calibración o muestreo, los cuales fueron acordados previamente con CONSORCIO SICC DEL CARIBE

Cabe aclarar que, todas las muestras del presente informe fueron tomadas en campo por el personal autorizado de Amspec MCS Colombia S.A.S.; por lo cual el laboratorio Amspec MCS Colombia S.A.S se hace responsable de toda la información contenida en este informe que se genere producto de los datos obtenidos, mas no se hace responsable por la información suministrada por el cliente.

5.1 CAUDAL

El caudal corresponde al volumen de agua que pasa instantáneamente por la sección de aforos en la unidad de tiempo y se expresa en metros cúbicos por segundo (m^3/s) o en litros por segundo (L/s), cuando se manejan pequeñas magnitudes. Las mediciones de caudal están orientadas a conocer las características geométricas e hidráulicas del cauce en diferentes estados hidrológicos, asociados con las temporadas de lluvias (IDEAM, 2007). Se denomina nivel del agua en una corriente (río, quebrada, arroyo, caño) o en un cuerpo de agua (ciénaga, lago, laguna, embalse), a la elevación o altura de la superficie del agua en un punto determinado, el cual está ligado topográficamente a un origen de referencia identificado con una cota arbitraria o al nivel medio del mar.

Para el actual monitoreo no se logró realizar mediciones de caudal en ninguno de los puntos de monitoreo por condiciones propias de los cuerpos de agua muestreados. Lo anterior a causas de seguridad y salud del personal en 18 puntos de monitoreo, y en los puntos AGUAS ABAJO ZOFIA y AGUAS ARRIBA ZOFIA SOBRE ARROYO CAÑAS por la ausencia de flujo de agua.

4.2. MONITOREO FISICOQUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO

El análisis de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos evaluados consta inicialmente de la presentación de resultados y su comparación con los criterios de calidad según la normatividad ambiental vigente de referencia, y posteriormente se realiza la descripción de cada uno de los parámetros tenidos en cuenta para este monitoreo.

ELABORADO POR: 	REVISADO POR: CONSORCIO SICC DEL CARIBE APROBADO POR: CONSORCIO SICC DEL CARIBE	Página 34 de 59 F-PMO01-66 E2
--	--	--

	INFORME DEL MONITOREO Y CARACTERIZACIÓN FISICOQUÍMICA, MICROBIOLÓGICA DE AGUAS SUPERFICIALES – ARROYO LEON ABRIL DE 2026	MCS-26-1017 
---	---	---

4.2.1. PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS Y COMPARACIÓN CON LAS NORMAS DE CALIDAD DEL AGUA

En el **Anexo 1** se indican los resultados obtenidos para cada una de las variables fisicoquímicas y microbiológicas evaluadas en los puntos de interés de agua superficial, con su respectiva comparación según los criterios normativos y de calidad, estipulados en los artículos 2.2.3.3.9.3, 2.2.3.3.9.4 y 2.2.3.3.9.5 y 2.2.3.3.9.6 (consumo humano y/o doméstico y uso agrícola; respectivamente) del Decreto 1076 de 2015 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS); en los cuales se fijan los límites máximos permisibles vigentes para la destinación del recurso.

Según lo estipulado por el Decreto 1076 de 2015, el uso del agua para consumo humano y doméstico se refiere, a su utilización en actividades como bebida directa y preparación de alimentos para consumo inmediato, satisfacción de necesidades domésticas, individuales o colectivas, tales como higiene personal y limpieza de elementos, materiales o utensilios, y preparación de alimentos en general. Por su parte, el uso agrícola, se entiende como su empleo para irrigación de cultivos y otras actividades conexas o complementarias.

Para declarar la conformidad de los resultados frente a la norma establecida, se utiliza la regla de decisión Binaria con zona de seguridad, en la cual se toma en cuenta la incertidumbre de medición para definir la zona de seguridad, con esto se reduce la probabilidad de tomar una decisión de conformidad incorrecta

En la **Tabla 5- 1** se presentan los valores y las concentraciones obtenidas para cada uno de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos analizados en las muestras de agua superficial, incluyendo su comparación con la norma aplicable.

ELABORADO POR: 	REVISADO POR: CONSORCIO SICC DEL CARIBE APROBADO POR: CONSORCIO SICC DEL CARIBE	Página 35 de 59 F-PMO01-66 E2
--	--	--

Tabla 5- 1: Resultados y comparación con los criterios de calidad permisibles – Decreto 1076 de 2015

PÁRAMETRO	UNIDADES	AGUAS ARRIBA EDAR EL PUEBLO		AGUAS ABAJO EDAR EL PUEBLO		AGUAS ARRIBA DEL ARROYO CA		AGUAS ABAJO ZOFIA		LIMITES PERMISIBLES DECRETO 1076 DEL 2015 MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE		
		MCS 1096 6	Ue (±)	MCS 1096 7	Ue (±)	MCS 1096 8	Ue (±)	MCS 1096 9	Ue (±)	Art. 2.2.3.3.9.3.	Art. 2.2.3.3.9.4.	Art. 2.2.3.3.9.5.
HORA	h.	08:40		09:20		10:30		10:50		N.E.	N.E.	N.E.
pH (AC)	UNIDADES	7.1	0.542 4	7.2	0.550 1	7.5	0.573 0	7.4	0.565 4	5,0 - 9,0	6,5 - 8,5	4,5 - 9,0
CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (AC)	µS/cm	1480		1100		1150		1360		N.E.	N.E.	N.E.
OXÍGENO DISUELTO (AC)	mg O ₂ /L	0.14		0.17		3.04		1.55		N.E.	N.E.	N.E.
CAUDAL (AC)	m ³ /s	*		*		*		*		N.E.	N.E.	N.E.
FÓSFORO TOTAL (AC)	mg P/L	3.86		4.03		3		4.05		N.E.	N.E.	N.E.
NITRÓGENO TOTAL (NTK + N-NO ₂ + N-NO ₃) (C)	mg N/L	27.8		41.8		31.3		36.5		N.E.	N.E.	N.E.
SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES (AC)	mg/L	<10		29		50		<10		N.E.	N.E.	N.E.
SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES (AC)	mg/L	839		627		661		775		N.E.	N.E.	N.E.
DBO5 (AC)	mg O ₂ /L	23		67		64		43		N.E.	N.E.	N.E.
DQO (AC)	mg O ₂ /L	68		151		143		97		N.E.	N.E.	N.E.
COLIFORMES TOTALES (AC)	NMP/100 mL	4500	0.188 1	5440	0.192 4	4710	0.189 2	5480	0.192 5	20 000	1 000	5 000
COLIFORMES TERMOTOLERANTES (FECALES) (AC)	NMP/100 mL	480	0.138 1	535	0.140 5	441	0.136 2	520	0.139 9	2 000	N.E.	1 000

N.E.: No Establecido. **(AC):** Parámetro acreditado por MCS Resolución 0172 del 12 de febrero de 2026. **(C):** Nitrógeno total sumatoria (NTK + N-NO₂ + N-NO₃) parámetros acreditados para el cálculo.

Fuente: Reporte de Resultados AmSpec MCS Colombia S.A.S., 2026.

Continuación Tabla 5-3:

PÁRAMETRO	UNIDADES	AGUAS ARRIBA ZOFIA SOBRE ARROYO CA		AGUAS ARRIBA ARROYO GRANDE		TRAMO FINAL ARROYO GRANDE		AGUAS ABAJO ARROYO GRANDE		LIMITES PERMISIBLES DECRETO 1076 DEL 2015 MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE		
		MCS 1097 0	Ue (±)	MCS 1097 1	Ue (±)	MCS 1097 2	Ue (±)	MCS 1097 3	Ue (±)	Art. 2.2.3.3.9.3.	Art. 2.2.3.3.9.4.	Art. 2.2.3.3.9.5.
HORA	h.	11:20		13:06		13:40		14:20		N.E.	N.E.	N.E.
pH (AC)	UNIDADES	7.3	0.557 7	7.3	0.557 7	7.8	0.595 9	7.6	0.580 6	5,0 - 9,0	6,5 - 8,5	4,5 - 9,0
CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (AC)	µS/cm	1590		1140		1780		1180		N.E.	N.E.	N.E.
OXÍGENO DISUELTO (AC)	mg O ₂ /L	1.07		0.16		2.33		0.16		N.E.	N.E.	N.E.
CAUDAL (AC)	m ³ /s	*		*		*		*		N.E.	N.E.	N.E.
FÓSFORO TOTAL (AC)	mg P/L	3.41		4.49		4.48		4.42		N.E.	N.E.	N.E.
NITRÓGENO TOTAL (NTK + N-NO ₂ + N-NO ₃) (C)	mg N/L	38.1		40.2		39.3		40.1		N.E.	N.E.	N.E.
SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES (AC)	mg/L	11		39		24		41		N.E.	N.E.	N.E.
SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES (AC)	mg/L	898		645		996		677		N.E.	N.E.	N.E.
DBO ₅ (AC)	mg O ₂ /L	23		60		48		54		N.E.	N.E.	N.E.
DQO (AC)	mg O ₂ /L	52		135		105		122		N.E.	N.E.	N.E.
COLIFORMES TOTALES (AC)	NMP/100 mL	4650	0.188 9	4480	0.188 0	4520	0.188 2	5040	0.190 7	20 000	1 000	5 000
COLIFORMES TERMOTOLERANTES (FECALES) (AC)	NMP/100 mL	495	0.138 8	464	0.137 3	473	0.137 8	505	0.139 2	2 000	N.E.	1 000

N.E.: No Establecido. **(AC):** Parámetro acreditado por MCS Resolución 0172 del 12 de febrero de 2026. **(C):** Nitrógeno total sumatoria (NTK + N-NO₂ + N-NO₃) parámetros acreditados para el cálculo.

Fuente: Reporte de Resultados AmSpec MCS Colombia S.A.S., 2026.

Continuación Tabla 5-3:

PÁRAMETRO	UNIDADES	AGUAS ABAJO ALAMEDA DEL RIO (AGUAS ARRIBA HENEQUEN Y AGUAS ABAJO ARROYOS URBANOA)		AGUAS ABAJO ARROYOS URBANOS Y BRAZO CARIBE VERDE		AGUAS ABAJO HENEQUEN		AGUAS ABAJO BRAZO DERECHO		LIMITES PERMISIBLES DECRETO 1076 DEL 2015 MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE		
		MCS 1097 4	Ue (±)	MCS 1097 5	Ue (±)	MCS 1097 6	Ue (±)	MCS 1097 7	Ue (±)	Art. 2.2.3.3.9.3.	Art. 2.2.3.3.9.4.	Art. 2.2.3.3.9.5.
HORA	h.	09:40		10:10		11:22		13:43		N.E.	N.E.	N.E.
pH (AC)	UNIDADES	7.4	0.565 4	7.4	0.565 4	7.1	0.542 4	7.7	0.588 3	5,0 - 9,0	6,5 - 8,5	4,5 - 9,0
CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (AC)	µS/cm	1120		1180		1090		1190		N.E.	N.E.	N.E.
OXÍGENO DISUELTO (AC)	mg O ₂ /L	0.17		0.17		0.12		0.55		N.E.	N.E.	N.E.
CAUDAL (AC)	m ³ /s	*		*		*		*		N.E.	N.E.	N.E.
FÓSFORO TOTAL (AC)	mg P/L	4.03		4.53		4.16		4.11		N.E.	N.E.	N.E.
NITRÓGENO TOTAL (NTK + N-NO ₂ + N-NO ₃) (C)	mg N/L	39.7		40.2		42.3		38.4		N.E.	N.E.	N.E.
SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES (AC)	mg/L	37		61		24		98		N.E.	N.E.	N.E.
SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES (AC)	mg/L	639		669		622		673		N.E.	N.E.	N.E.
DBO5 (AC)	mg O ₂ /L	66		60		57		47		N.E.	N.E.	N.E.
DQO (AC)	mg O ₂ /L	148		135		134		105		N.E.	N.E.	N.E.
COLIFORMES TOTALES (AC)	NMP/100 mL	4770	0.189 4	4840	0.189 8	4980	0.190 4	5050	0.190 7	20 000	1 000	5 000
COLIFORMES TERMOTOLERANTES (FECALES) (AC)	NMP/100 mL	433	0.135 8	451	0.136 7	459	0.137 1	463	0.137 3	2 000	N.E.	1 000

N.E.: No Establecido. **(AC):** Parámetro acreditado por MCS Resolución 0172 del 12 de febrero de 2026. **(C):** Nitrógeno total sumatoria (NTK + N-NO₂ + N-NO₃) parámetros acreditados para el cálculo.

Fuente: Reporte de Resultados AmSpec MCS Colombia S.A.S., 2026.

Continuación Tabla 5-3:

PÁRAMETRO	UNIDADES	AGUAS ABAJO CAUJARAL (INTERSECCION BRAZOS)		AGUAS ABAJO BRAZO IZQUIERDO		AGUAS ABAJO PTAR GALAPA		AGUAS ARRIBA PTAR GALAPA		LIMITES PERMISIBLES DECRETO 1076 DEL 2015 MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE		
		MCS 10978	Ue (±)	MCS 10979	Ue (±)	MCS 10980	Ue (±)	MCS 10981	Ue (±)	Art. 2.2.3.3.9.3.	Art. 2.2.3.3.9.4.	Art. 2.2.3.3.9.5.
HORA	h.	15:02		13:53		09:20		09:50		N.E.	N.E.	N.E.
pH (AC)	UNIDADES	7.8	0.5959	7.8	0.5959	7.5	0.5730	7.9	0.6036	5,0 - 9,0	6,5 - 8,5	4,5 - 9,0
CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (AC)	µS/cm	1220		1260		1400		2620		N.E.	N.E.	N.E.
OXÍGENO DISUELTO (AC)	mg O ₂ /L	0.14		0.15		0.17		1.91		N.E.	N.E.	N.E.
CAUDAL (AC)	m ³ /s	*		*		*		*		N.E.	N.E.	N.E.
FÓSFORO TOTAL (AC)	mg P/L	4.3		4.34		3.3		5.44		N.E.	N.E.	N.E.
NITRÓGENO TOTAL (NTK + N-NO ₂ + N-NO ₃) (C)	mg N/L	37.8		37.3		80		115		N.E.	N.E.	N.E.
SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES (AC)	mg/L	38		35		520		115		N.E.	N.E.	N.E.
SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES (AC)	mg/L	687		705		798		1 490		N.E.	N.E.	N.E.
DBO5 (AC)	mg O ₂ /L	54		75		393		106		N.E.	N.E.	N.E.
DQO (AC)	mg O ₂ /L	120		168		875		237		N.E.	N.E.	N.E.
COLIFORMES TOTALES (AC)	NMP/100 mL	5190	0.1913	5330	0.1919	5500	0.1926	4600	0.1886	20 000	1 000	5 000
COLIFORMES TERMOTOLERANTES (FECALES) (AC)	NMP/100 mL	472	0.1377	483	0.1382	526	0.1401	490	0.1385	2 000	N.E.	1 000

N.E.: No Establecido. **(AC):** Parámetro acreditado por MCS Resolución 0172 del 12 de febrero de 2026. **(C):** Nitrógeno total sumatoria (NTK + N-NO₂ + N-NO₃) parámetros acreditados para el cálculo.

Fuente: Reporte de Resultados AmSpec MCS Colombia S.A.S., 2026.

Continuación Tabla 5-3:

PÁRAMETRO	UNIDADES	ARROYO GRANDE AGUAS ABAJO LAS HERMANAS		AGUAS ARRIBA ARROYO GRANADA		AGUAS ABAJO ARROYO GRANADA		DESEMBOCADURA A. LEON		LIMITES PERMISIBLES DECRETO 1076 DEL 2015 MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE		
		MCS 1098 2	Ue (±)	MCS 1098 3	Ue (±)	MCS 1098 4	Ue (±)	MCS 10985	Ue (±)	Art. 2.2.3.3.9.3.	Art. 2.2.3.3.9.4.	Art. 2.2.3.3.9.5.
HORA	h.	10:40		11:20		11:41		13:35		N.E.	N.E.	N.E.
pH (AC)	UNIDADES	7.6	0.5806	7.4	0.5654	7.9	0.6036	7.7	0.5883	5,0 - 9,0	6,5 - 8,5	4,5 - 9,0
CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (AC)	µS/cm	1340		1540		1940		1180		N.E.	N.E.	N.E.
OXÍGENO DISUELTO (AC)	mg O ₂ /L	0.9		2.42		1.24		1.79		N.E.	N.E.	N.E.
CAUDAL (AC)	m ³ /s	*		*		*		*		N.E.	N.E.	N.E.
FÓSFORO TOTAL (AC)	mg P/L	2.95		4.12		3.58		4.01		N.E.	N.E.	N.E.
NITRÓGENO TOTAL (NTK + N-NO ₂ + N-NO ₃) (C)	mg N/L	62.3		53		44.8		39		N.E.	N.E.	N.E.
SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES (AC)	mg/L	148		38		33		27		N.E.	N.E.	N.E.
SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES (AC)	mg/L	760		870		1100		672		N.E.	N.E.	N.E.
DBO5 (AC)	mg O ₂ /L	81		36		38		46		N.E.	N.E.	N.E.
DQO (AC)	mg O ₂ /L	181		81		81		104		N.E.	N.E.	N.E.
COLIFORMES TOTALES (AC)	NMP/100 mL	4750	0.1893	4620	0.1887	5480	0.1925	4840	0.1898	20 000	1 000	5 000
COLIFORMES TERMOTOLERANTES (FECALES) (AC)	NMP/100 mL	468	0.1375	491	0.1386	535	0.1405	455	0.1369	2 000	N.E.	1 000

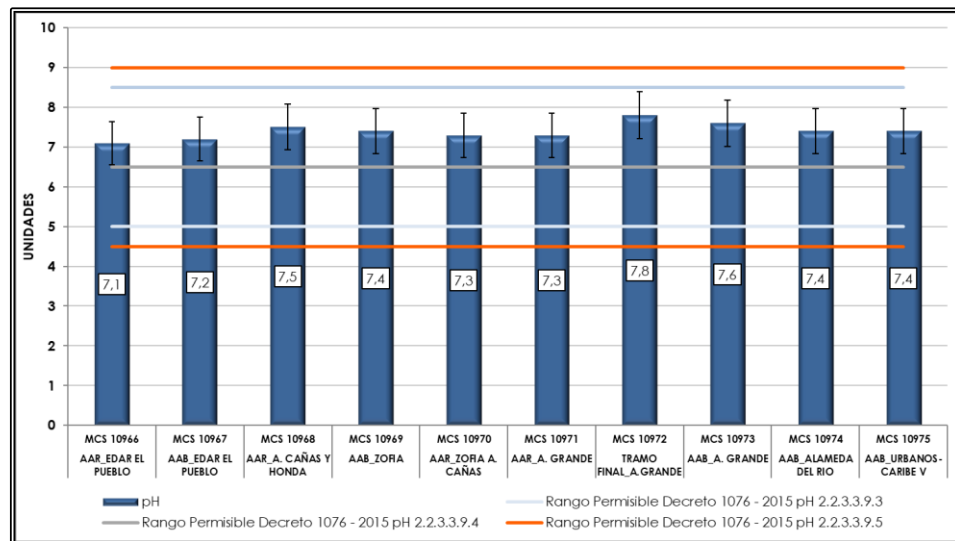
N.E.: No Establecido. **(AC):** Parámetro acreditado por MCS Resolución 0172 del 12 de febrero de 2026. **(C):** Nitrógeno total sumatoria (NTK + N-NO₂ + N-NO₃) parámetros acreditados para el cálculo.

Fuente: Reporte de Resultados AmSpec MCS Colombia S.A.S., 2026.

4.2.2. DESCRIPCIÓN DE LOS PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS EVALUADOS

El valor del potencial de hidrógeno (**pH**) es un parámetro que es controlado por el balance entre el dióxido de carbono, los iones bicarbonato y carbonato, así como los ácidos húmicos y fúlvicos. La mayoría de las aguas naturales tienen un pH en el ámbito de 6,5 unidades a 8,0 unidades y es controlado principalmente por el sistema carbonato – bicarbonato según Stumm & Morgan (1996), en aguas de ríos no contaminados los valores de pH varían entre 6,0 unidades – 8,5 unidades, valores superiores o inferiores a este ámbito producen limitaciones en el desarrollo y fisiología de los organismos acuáticos en general (Behita & Barahona, 2010).

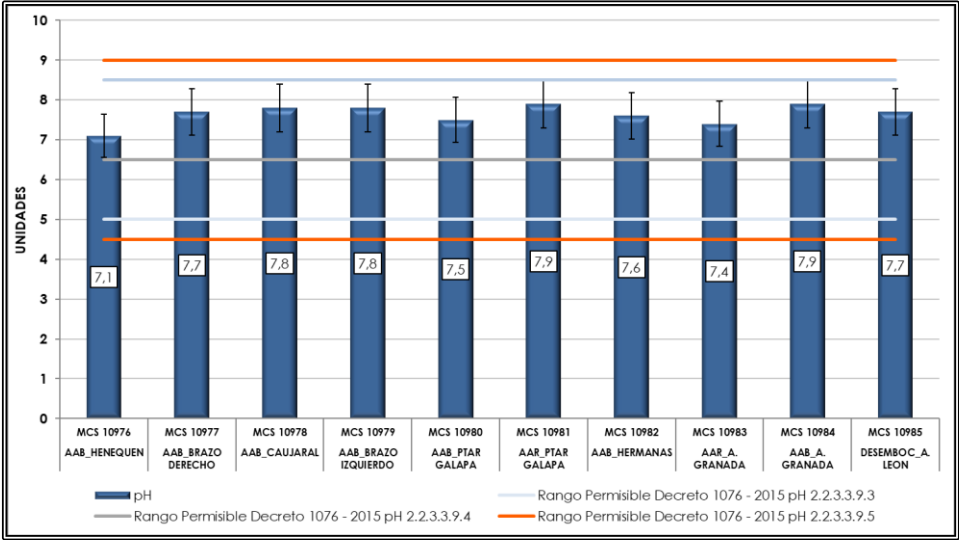
Para el presente monitoreo, como se observa en la **Figura 5- 1**, se registraron valores entre $7,1 \pm 0,5424$ unidades (AGUAS ARRIBA EDAR EL PUEBLO y AGUAS ABAJO HENEQUEN) y un valor máximo de $7,9 \pm 0,6036$ unidades (AGUAS ABAJO ARROYO GRANADA), denotando característica alcalina para todos los sitios de muestreo. Lo anterior está relacionado principalmente con la composición del lecho del cuerpo de agua, la actividad biológica y la naturaleza fisicoquímica de los suelos por donde discurren dichas aguas (Sierra, 2011). Al comparar los valores de pH reportados con el Decreto 1076 de 2015 se encontró que todos los puntos están dentro de los rangos permisibles establecidos en los artículos 2.2.3.3.9.3 (5,0 - 9,0 Unidades), 2.2.3.3.9.4 (6,5 – 8,5 Unidades) y 2.2.3.3.9.5 (4,5 - 9,0 Unidades).



Fuente: AmSpec MCS Colombia S.A.S., 2026.

Figura 5- 1: Registro de pH en los puntos monitoreados.

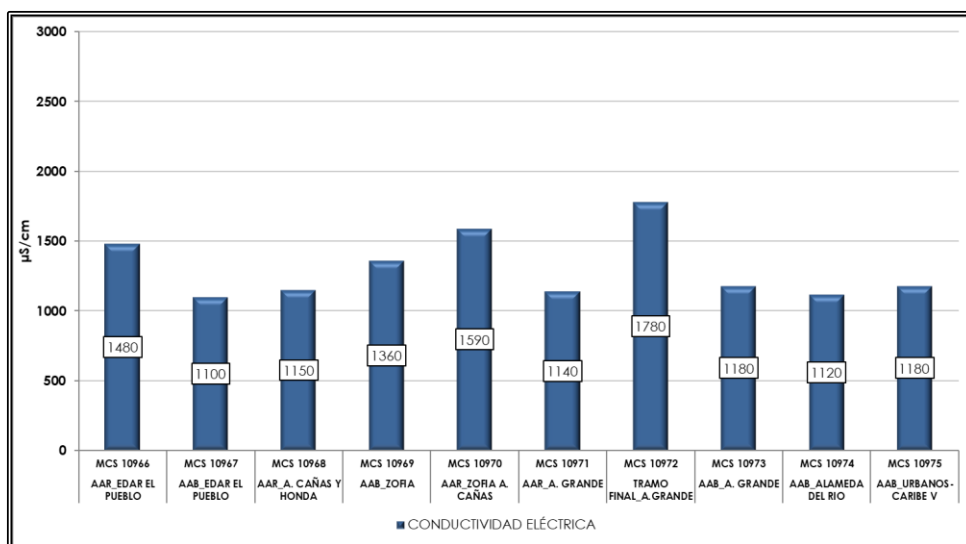
Continuación Figura 5- 1:



Fuente: AmSpec MCS Colombia S.A.S., 2026.

La conductividad del agua es una medida indirecta de la productividad, pues relaciona todos los iones presentes en el agua, motivo por el cual se encuentra estrechamente relacionada con los sólidos disueltos totales, los cuales representan la concentración de sustancias o minerales disueltos en las aguas naturales. Es así como 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 (Roldán & Ramírez, 2008).

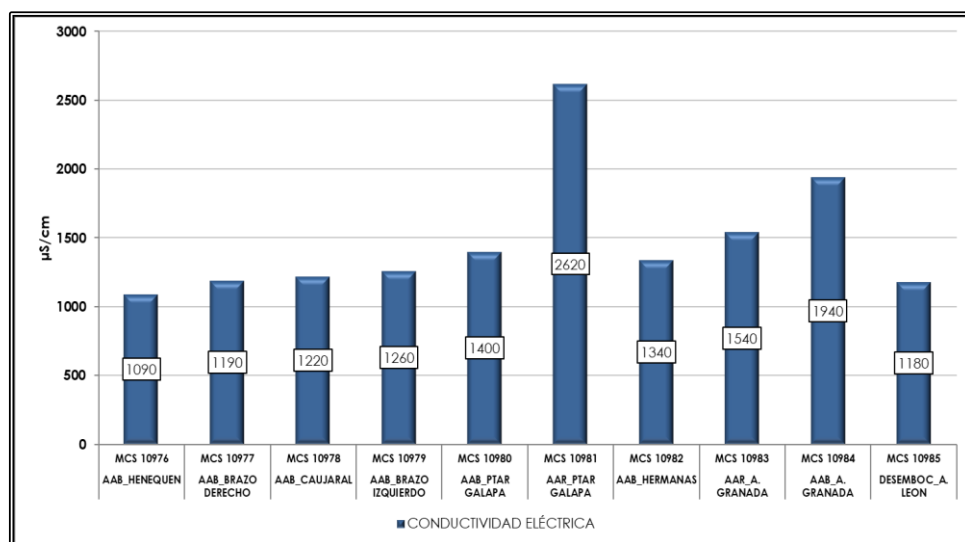
En relación con la **Conductividad Eléctrica**, se registraron concentraciones entre 1090 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en el punto AGUAS ABAJO HENEQUEN y 2620 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en el punto AGUAS ARRIBA PTAR GALAPA, como se aprecia en la **Figura 5- 2**. Los resultados indican un grado de mineralización “elevada” (>1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$) consecuente con el lugar de muestreo y su cercanía al mar. Cabe resaltar que, no se emite juicio de cumplimiento normativo, ya que el Decreto 1076 de 2015; artículos 2.2.3.3.9.3, 2.2.3.3.9.4 y 2.2.3.3.9.5 no contemplan límites permisibles para la variable en mención.



Fuente: AmSpec MCS Colombia S.A.S., 2026.

Figura 5- 2: Registro de la conductividad eléctrica en los puntos monitoreados.

Continuación Figura 5- 2:



Fuente: AmSpec MCS Colombia S.A.S., 2026.

El **Oxígeno Disuelto**, es uno de los factores más importantes para el mantenimiento y desarrollo de los procesos biológicos en los cuerpos de agua siendo las principales fuentes la precipitación pluvial, la difusión del aire en el agua, la fotosíntesis, los tributarios y la agitación moderada (Roldán y Ramírez, 2008). Para el presente estudio, se midieron concentraciones que oscilaron entre 0,12 mg O₂/L (AGUAS ABAJO HENEQUEN) y una concentración máxima de 3,04 mg O₂/L (AGUAS ARRIBA DEL ARROYO CA), como se aprecia en la **Tabla 5- 1**. En relación con la normativa ambiental de referencia (Decreto 1076 de 2015; artículos 2.2.3.3.9.3, 2.2.3.3.9.4, y

ELABORADO POR:



REVISADO POR: CONSORCIO SICC DEL CARIBE

APROBADO POR: CONSORCIO SICC DEL CARIBE

Página
43 de 59

F-PMO01-66 E2

	INFORME DEL MONITOREO Y CARACTERIZACIÓN FISICOQUÍMICA, MICROBIOLÓGICA DE AGUAS SUPERFICIALES – ARROYO LEON ABRIL DE 2026	MCS-26-1017 
---	---	---

2.2.3.3.9.5), en ella no se fijan límites permisibles para los parámetros referidos anteriormente, por lo tanto, no se emiten juicios de cumplimiento normativo.

Paralelamente, los **Sólidos Disueltos Totales** influyen en la conductividad del agua, puesto que se asocian a sales inorgánicas (principalmente compuestos de calcio, magnesio, potasio y sodio, bicarbonatos, cloruros y sulfatos). Los sólidos disueltos determinados en la muestra de agua objeto de estudio, tuvieron concentraciones entre 662 mg/L en el sitio AGUAS ABAJO HENEQUEN y una concentración máxima de 1490 mg/L en el punto AGUAS ARRIBA PTAR GALAPA, como se observa en la **Tabla 5- 1**, confirmando el comportamiento de la conductividad, pues autores señalan que las concentraciones de estos sólidos son proporcionales a casi el 50% de la conductividad. Lo anterior también permite corroborar la presencia de sales y sólidos disueltos en proporciones medias, condición dada principalmente por la poca disolución del sustrato rocoso y el suelo por donde discurren dichas aguas. En cuanto a los artículos 2.2.3.3.9.3, 2.2.3.3.9.4 y 2.2.3.3.9.5 del Decreto 1076 de 2015, en ellos no se definen límites permisibles para este parámetro.

En cuanto a los **Sólidos Suspendidos Totales**, son todas aquellas sustancias en estado sólido, diferentes del agua, cuyo tamaño es mayor a 0,20 µm y que se encuentran como su nombre lo indica, suspendidos en ella y no son retenidos mediante una filtración en el análisis de laboratorio (Barrenechea, 2004). Este parámetro presentó concentraciones entre el límite de cuantificación de la técnica analítica empleada en el laboratorio (<10 mg/L) en los puntos AGUAS ARRIBA EDAR EL PUEBLO y AGUAS ABAJO ZOFIA; y un resultado máximo de 520 mg/L en el sitio AGUAS ABAJO PTAR GALAPA (**Tabla 5- 1**). En cuanto a los artículos 2.2.3.3.9.3, 2.2.3.3.9.4 y 2.2.3.3.9.5 del Decreto 1076 de 2015, en ellos no se definen límites permisibles para este parámetro.

Con respecto al origen, el fósforo proviene de la disolución de las rocas fosfatadas y de la mineralización de la materia orgánica que retorna al medio el fósforo inorgánico por los procesos de descomposición microbiana. El fósforo es el elemento biogénico que desempeña el papel más importante en el metabolismo biológico. Para el presente estudio, el **Fósforo Total** reportó concentraciones entre 2,95 mg P/L (ARROYO GRANDE AGUAS ABAJO LAS HERMANAS) y 5,44 mg P/L (AGUAS ARRIBA PTAR GALAPA), como se aprecia en la **Tabla 5- 1**. Es importante tener en cuenta que el fósforo proviene de forma natural principalmente por los aportes de la cuenca debido a la erosión y el lavado de los suelos (Galarza, 2016). Cabe resaltar que para estos parámetros no se definen límites restrictivos en los artículos 2.2.3.3.9.3, 2.2.3.3.9.4 y 2.2.3.3.9.5 del Decreto 1076 de 2015 por lo que no se emite juicio normativo.

En el caso del **Nitrógeno Total**, se obtuvo concentraciones entre 27,8 mg N/L (AGUAS ARRIBA EDAR EL PUEBLO) y 115 mg N/L (AGUAS ARRIBA PTAR GALAPA, **Tabla**

ELABORADO POR: 	REVISADO POR: CONSORCIO SICC DEL CARIBE APROBADO POR: CONSORCIO SICC DEL CARIBE	Página 44 de 59 F-PMO01-66 E2
--	--	--

	INFORME DEL MONITOREO Y CARACTERIZACIÓN FISICOQUÍMICA, MICROBIOLÓGICA DE AGUAS SUPERFICIALES – ARROYO LEON ABRIL DE 2026	MCS-26-1017 
---	---	---

5- 1). En cuanto a los artículos 2.2.3.3.9.3, 2.2.3.3.9.4 y 2.2.3.3.9.5 del Decreto 1076 de 2015, en ellos no se definen límites permisibles para este parámetro.

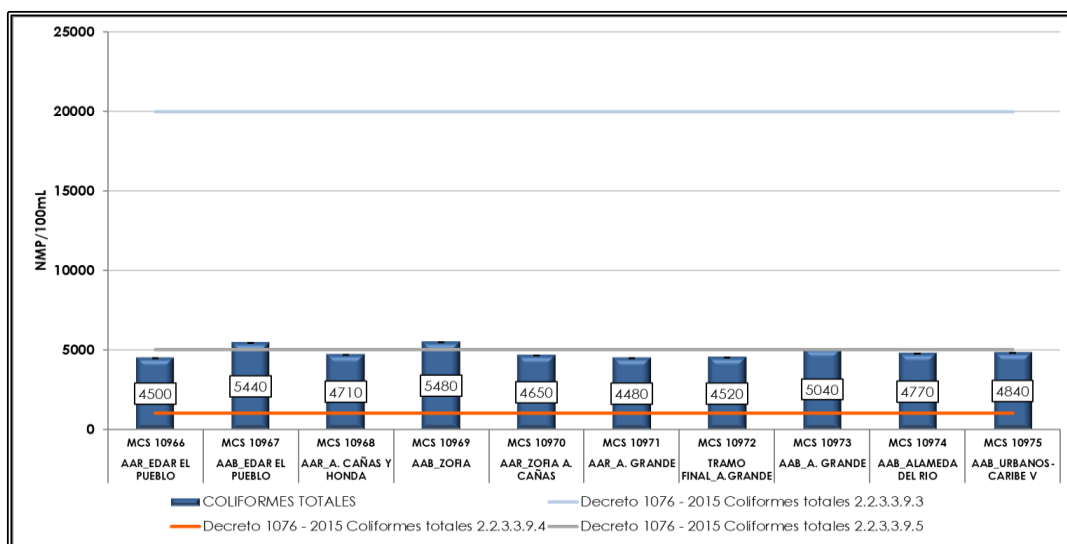
La **Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)** corresponde a la cantidad de oxígeno necesario para descomponer la materia orgánica por acción bioquímica aerobia. Esta demanda es ejercida por las sustancias carbonadas, las nitrogenadas y ciertos compuestos químicos reductores (Barrenechea, 2004). Este parámetro reportó concentraciones entre 23 mg O₂/L en los puntos AGUAS ARRIBA EDAR EL PUEBLO y AGUAS ARRIBA ZOFIA SOBRE ARROYO CAÑAS, junto con un valor máximo de 393 mg O₂/L en el punto AGUAS ABAJO PTAR GALAPA **Tabla 5- 1**, indicando la presencia de materia orgánica en los cuerpos de agua monitoreado. Se aclara que en los artículos 2.2.3.3.9.3, 2.2.3.3.9.4 y 2.2.3.3.9.5 del Decreto 1076 de 2015 no se estipulan límites permisibles para dicho parámetro.

De igual forma, la **Demanda Química de Oxígeno (DQO)** mide el material orgánico contenido en una muestra líquida mediante oxidación química. La determinación de este parámetro es una medida de la cantidad de oxígeno consumido por la porción de materia orgánica existente en la muestra y oxidable por un agente químico oxidante fuerte (Romero, 2008). Para dicha variable se reportaron concentraciones entre 52 mg O₂/L en el punto AGUAS ARRIBA ZOFIA SOBRE ARROYO CA, y un valor máximo de 875 mg O₂/L en el sitio AGUAS ABAJO PTAR GALAPA (**Tabla 5- 1**). Con respecto a la comparación normativa, se aclara que en los artículos 2.2.3.3.9.3, 2.2.3.3.9.4 y 2.2.3.3.9.5 del Decreto 1076 de 2015 no se establecen límites permisibles para la variable en mención.

Los coliformes son un grupo de microorganismos que por sí mismos no constituyen organismos patógenos, pero sí son susceptibles de vigilancia dado que se asocian a menudo con organismos que lo son, convirtiéndose en indicadores en los cuerpos de agua. Estos microorganismos habitan comúnmente en intestinos de humanos y otros organismos de sangre caliente y gracias a que son más resistentes que las bacterias patógenas, la ausencia de éstas da indicios de que el agua es bacteriológicamente segura para la salud humana (Roldan & Ramírez, 2008).

Los **Coliformes Totales** reportaron concentraciones entre 4480 ± 0,1880 NMP/100mL (AGUAS ARRIBA ARROYO GRANDE) y 5500 ± 0,1926 NMP/100mL (AGUAS ABAJO PTAR GALAPA), comportamiento que se evidencia en la **Figura 5- 3**. Estos resultados señalan que los puntos de monitoreo cumplen con el límite permisible establecido en el artículo 2.2.3.3.9.3 (20000 NMP/100mL) del Decreto 1076 de 2015, pero superan el límite del artículo 2.2.3.3.9.4 (1000 NMP/100mL) la totalidad de los puntos; así mismo, ocho (8) puntos superan el límite establecido en el artículo 2.2.3.3.9.5 (5000 NMP/100mL) lo cual señala que, si el recurso se quiere destinar para consumo humano y/o doméstico, es necesario un tratamiento previo.

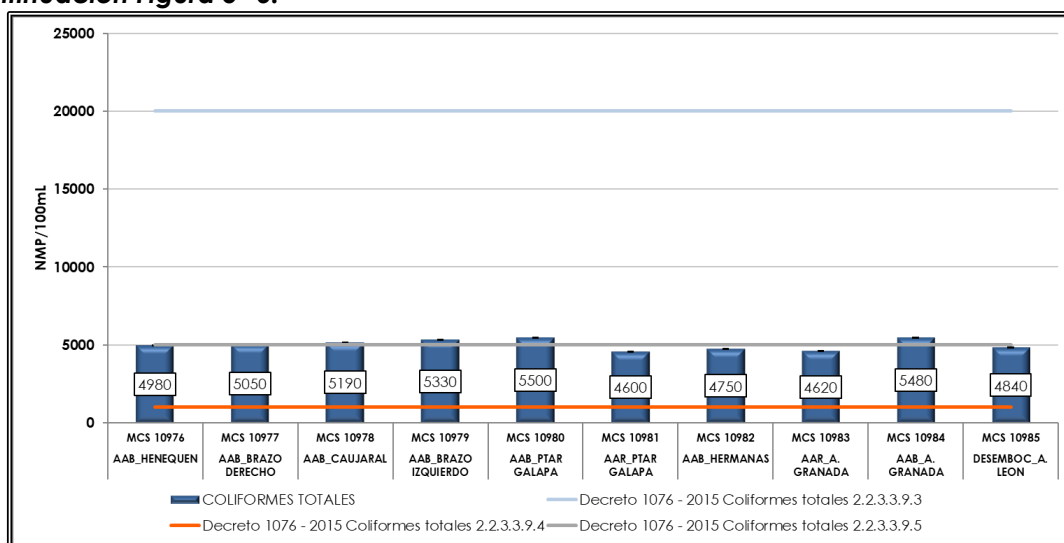
ELABORADO POR: 	REVISADO POR: CONSORCIO SICC DEL CARIBE APROBADO POR: CONSORCIO SICC DEL CARIBE	Página 45 de 59 F-PMO01-66 E2
--	--	--



Fuente: AmSpec MCS Colombia S.A.S., 2026.

Figura 5- 3: Registros de coliformes totales en los puntos monitoreado

Continuación Figura 5- 3:



Fuente: AmSpec MCS Colombia S.A.S., 2026.

Para el caso de los **Coliformes Termotolerantes (Fecales)** se obtuvo resultados entre $433 \pm 0,1358$ NMP/100mL en el punto AGUAS ABAJO ALAMEDA DEL RIO (AGUAS ARRIBA HENEQUEN Y AGUAS ABAJO ARROYOS URBANO A), y un valor máximo de $535 \pm 0,1405$ NMP/100mL en los puntos AGUAS ABAJO EDAR EL PUEBLO y AGUAS ABAJO ARROYO GRANADA. Con respecto al cumplimiento normativo, todos los puntos se encuentran por debajo de los límites permisibles establecidos en los artículos 2.2.3.3.9.3. (2000 NMP/100mL) y 2.2.3.3.9.5 (1000 NMP/100mL; **Figura 5- 4**).

ELABORADO POR:

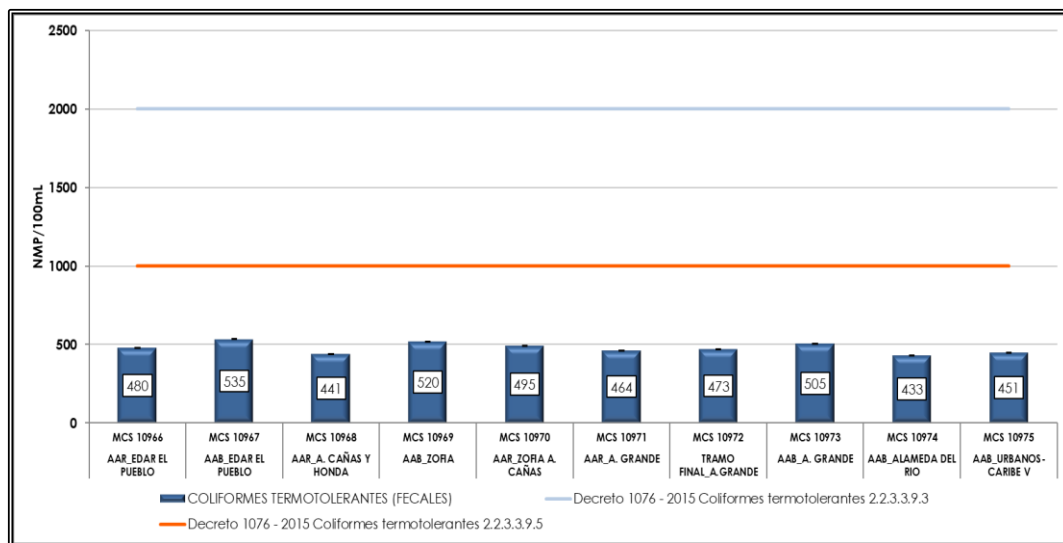


REVISADO POR: CONSORCIO SICC DEL CARIBE

APROBADO POR: CONSORCIO SICC DEL CARIBE

Página
46 de 59

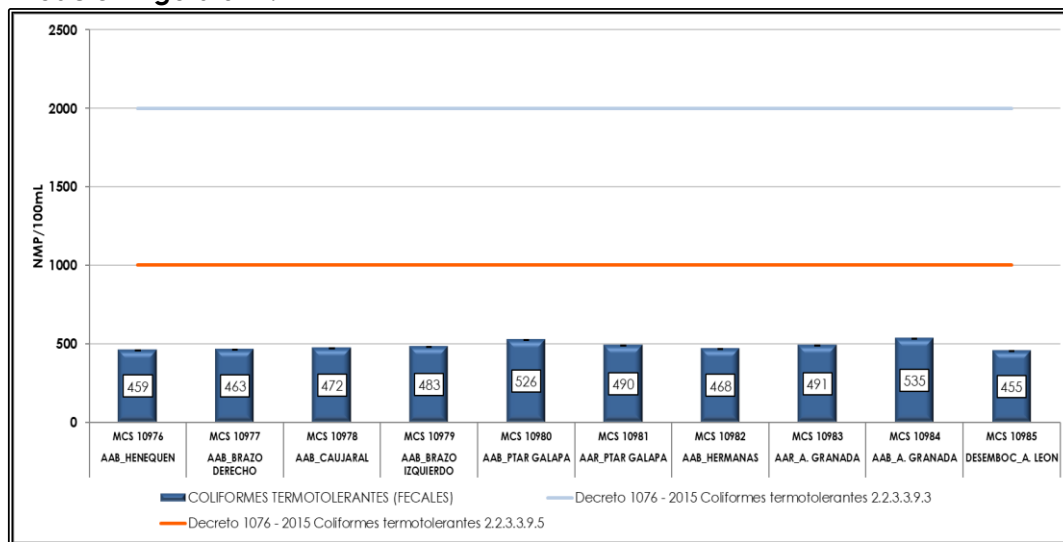
F-PMO01-66 E2



Fuente: AmSpec MCS Colombia S.A.S., 2026.

Figura 5- 4: Registros de coliformes totales en los puntos monitoreado

Continuación Figura 5- 4:



Fuente: AmSpec MCS Colombia S.A.S., 2026.

4.2.3.ÍNDICES DE CONTAMINACIÓN (ICO's)

Como una herramienta metodológica para la determinación de la calidad del agua de las corrientes que se encuentran en el área de interés, en el presente estudio se estimó el Índice de contaminación por sólidos suspendidos (ICOSUS), el índice de contaminación por materia orgánica (ICOMO) y el índice de contaminación trófico (ICOTRO). Para el caso del índice de contaminación por

ELABORADO POR:



REVISADO POR: CONSORCIO SICC DEL CARIBE

APROBADO POR: CONSORCIO SICC DEL CARIBE

Página
47 de 59

F-PMO01-66 E2

	INFORME DEL MONITOREO Y CARACTERIZACIÓN FISICOQUÍMICA, MICROBIOLÓGICA DE AGUAS SUPERFICIALES – ARROYO LEON ABRIL DE 2026	MCS-26-1017 
---	---	---

mineralización (ICOMI), no es posible realizar el cálculo debido a que para el alcance de este monitoreo no se contempló la medición del total de variables requeridas para el cálculo.

Estos índices son de gran utilidad para establecer la calidad del agua, debido a que se identifica el grado de intervención que presenta el cuerpo de agua (Ramírez et al., 1997). En la **Tabla 5- 2**, se detallan los resultados y la interpretación de los índices de contaminación determinados para los puntos del monitoreo.

- **Índice de Contaminación por Materia Orgánica - ICOMO:** Recoge los datos obtenidos por coliformes totales, demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) y porcentaje de saturación de oxígeno. Se obtuvo un nivel de contaminación de “media” en los puntos analizados, como se evidencia en la (**Tabla 5- 2**), condición influenciada por la presencia de materia orgánica en descomposición, reflejada en la DBO, así como también, la saturación de oxígeno y la concentración de coliformes en la zona.
- **Índice de Contaminación por Sólidos Suspendidos - ICOSUS:** Hace referencia a compuestos y partículas sólidas orgánicas o inorgánicas que se mantienen en suspensión. El nivel de contaminación por sólidos en suspensión fue “muy baja” para todos los puntos analizados, como se muestra en la (**Tabla 5- 2**); resultado acorde a la baja presencia de sólidos suspendidos totales encontrados en los puntos monitoreados, probablemente debido a las condiciones fluviales que promueven la sedimentación, permitiendo que las partículas sólidas se depositen en el lecho de los cuerpos (Findlay y Sinsabaugh, 2003).
- **Índice de contaminación por mineralización - ICOMI:** Como se observa en la **Tabla 5- 2**, se presentó una contaminación “muy baja” en 16 puntos monitoreados indicando una moderada presencia de sólidos disueltos y sales minerales en el agua, de igual forma se relaciona con el grado de la mineralización que presentó la fuente de agua evaluada, dependiendo de la capacidad de los sistemas hídricos para disolver tanto cationes como aniones.
- **Índice de contaminación trófico (ICOTRO):** Para el presente estudio y como se observa en la **Tabla 5- 2** se presentó una contaminación “muy alta” según el cálculo de índice, lo cual refleja las altas concentraciones de fósforo total registrada en los cuerpos de agua.

ELABORADO POR: 	REVISADO POR: CONSORCIO SICC DEL CARIBE APROBADO POR: CONSORCIO SICC DEL CARIBE	Página 48 de 59 F-PMO01-66 E2
--	--	--

Tabla 5- 2: Índices de contaminación (ICO's) en los puntos de monitoreo

CÓDIGO MCS	PUNTO DE MONITOREO	ICOMO	ICOMI	ICOSUS	ICOTRO
10966	AAR_EDAR EL PUEBLO	0,53		0,01	3,86
10967	AAB_EDAR EL PUEBLO	0,54		0,07	3,86
10968	AAR_A. CAÑAS Y HONDA	0,47		0,13	4,03
10969	AAB_ZOFIA	0,51		0,01	3
10970	AAR_ZOFIA A. CAÑAS	0,51		0,01	4,05
10971	AAR_A. GRANDE	0,53		0,1	3,41
10972	TRAMO FINAL_A.GRANDE	0,48		0,05	4,49
10973	AAB_A. GRANDE	0,54		0,1	4,48
10974	AAB_ALAMEDA DEL RIO	0,53		0,09	4,42
10975	AAB_URBANOS-CARIBE V	0,53		0,16	4,03
10976	AAB_HENEQUEN	0,54		0,05	4,53
10977	AAB_BRAZO DERECHO	0,53		0,27	4,16
10978	AAB_CAUIJARAL	0,54		0,09	4,11
10979	AAB_BRAZO IZQUIERDO	0,54		0,09	4,3
10981	AAR_PTAR GALAPA	0,49		0,33	3,3
10980	AAB_PTAR GALAPA	0,54		1	4,34
10982	AAB_HERMANAS	0,52		0,42	5,44
10983	AAR_A. GRANADA	0,48		0,09	2,95
10984	AAB_A. GRANADA	0,52		0,08	4,12
10985	DESEBOC_A. LEON	0,5		0,06	3,58
INTERPRETACIÓN ICO's					
0-0,2		CONTAMINACIÓN MUY BAJA			
0,21-0,4		CONTAMINACIÓN BAJA			
0,41-0,6		CONTAMINACIÓN MEDIA			
0,61-0,8		CONTAMINACIÓN ALTA			
0,81-1,0		CONTAMINACIÓN MUY ALTA			

Fuente: AmSpec MCS Colombia S.A.S., 2026.

4.2.4. ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA (ICA)

La valoración de la calidad del agua puede ser entendida como la evaluación de su naturaleza química, física y biológica en relación con la calidad natural, los efectos humanos y usos posibles. Para simplificar la interpretación de los datos de su monitoreo, existen índices de calidad de agua (ICA) el cual reduce una gran cantidad de parámetros a una expresión simple de fácil interpretación. En términos simples, un ICA es un número único que expresa la calidad del recurso hídrico mediante la integración de las mediciones de determinados parámetros de calidad del agua y su uso es cada vez más popular para identificar las tendencias integradas a los cambios en la calidad del agua. En la **Tabla 5- 3**, se presentan los resultados obtenidos para dicho índice en los puntos evaluados.

Según los datos obtenidos, se reportó una calidad del agua “regular” para la mayoría de los puntos, y una calidad “mala” para el punto AGUAS ABAJO PTAR GALAPA. Esto puede estar influenciado a los resultados de oxígeno, las conductividades y el alto contenido de sólidos suspendidos totales, dadas las características del sistema hídrico, el lecho por donde discurren las aguas, además

de la alta carga orgánica y las concentraciones de coliformes totales, lo que afecta la autodepuración de las aguas y perjudica la calidad de estas.

Tabla 5- 3: Índices de calidad de agua (ICA) en los puntos de monitoreo.

CÓDIGO MCS	PUNTO DE MONITOREO	ÍNDICE ICA
10966	AAR_EDAR EL PUEBLO	0,58
10967	AAB_EDAR EL PUEBLO	0,57
10968	AAR_A. CAÑAS Y HONDA	0,6
10969	AAB_ZOFIA	0,6
10970	AAR_ZOFIA A. CAÑAS	0,6
10971	AAR_A. GRANDE	0,57
10972	TRAMO FINAL_A.GRANDE	0,61
10973	AAB_A. GRANDE	0,57
10974	AAB_ALAMEDA DEL RIO	0,57
10975	AAB_URBANOS-CARIBE V	0,55
10976	AAB_HENEQUEN	0,58
10977	AAB_BRAZO DERECHO	0,54
10978	AAB_CAUIJARAL	0,57
10979	AAB_BRAZO IZQUIERDO	0,57
10981	AAR_PTAR GALAPA	0,55
10980	AAB_PTAR GALAPA	0,39
10982	AAB_HERMANAS	0,51
10983	AAR_A. GRANADA	0,6
10984	AAB_A. GRANADA	0,59
10985	DESEMBOC_A. LEON	0,6
RANGOS ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA - ICA		0,6
0,00 - 0,25		Muy Mala
0,26 - 0,50		Mala
0,51 - 0,70		Regular
0,71 - 0,90		Aceptable
0,91 - 1,00		Buena

Fuente: AmSpec MCS Colombia S.A.S., 2026.

6 CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos a partir del monitoreo y la caracterización fisicoquímica y microbiológica realizado del 23 al 25 de marzo de 2026 en los puntos de agua superficial de interés con influencia del arroyo León, se puede concluir lo siguiente:

- Los resultados obtenidos de pH en los puntos monitoreados muestran características alcalinas, comportamiento que puede atribuirse a la composición del lecho de los cuerpos de agua, la actividad biológica y las características fisicoquímicas y minerales de los suelos por donde circulan las aguas. Los valores reportados se encuentran dentro de los rangos permisibles establecidos por los artículos 2.2.3.3.9.3, 2.2.3.3.9.4 y 2.2.3.3.9.5 del Decreto 1076 de 2015.
- Los resultados de BDO y DQO confirmaron la presencia de materia orgánica en los cuerpos de agua analizados, lo cual se atribuye a las actividades antrópicas aledañas a estos. Con respecto a la norma de referencia (artículos 2.2.3.3.9.3, 2.2.3.3.9.4 y 2.2.3.3.9.5 del Decreto 1076 de 2015), esta no establece límites restrictivos para dichas variables.
- A nivel microbiológico, se determinó presencia de coliformes en los puntos evaluados. No obstante, la presencia de estos microorganismos está asociada a condiciones propias del sistema y actividades antrópicas presentes junto a los cauces. Así mismos la disposición de residuos sólidos y vertimientos directos a los cuerpos de agua. Estos resultados señalan que para los coliformes totales los puntos de monitoreo cumplen con el límite permisibles dispuestos en los artículos 2.2.3.3.9.3 del Decreto 1076 de 2015, en cuanto al artículo 2.2.3.3.9.4 todos los puntos superan el límite dispuesto, lo cual indica que el recurso requiere un tratamiento convencional si se destina para consumo humano y/o doméstico. En lo que respecta al artículo 2.2.3.3.9.5, ocho (8) puntos de monitoreo sobrepasaron el límite de 5000 NMP/100mL
- Para los puntos, el índice de contaminación ICOMO evidenció una contaminación “media”; el ICOSUS presento una categoría de contaminación desde “muy baja” hasta “muy alta”; y el ICOTRO reportó una contaminación “muy alta”. Finalmente, el índice de calidad ICA arrojó un grado de calidad “regular” en 19 puntos de monitoreo, y una calidad “mala” en el punto AGUAS ABAJO PTAR GALAPA, condición presentada por las características de los sistemas hídricos, el lecho por donde discurren las aguas y la presencia de residuos sólidos en el agua, así como el vertimiento de aguas grises.

	INFORME DEL MONITOREO Y CARACTERIZACIÓN FISICOQUÍMICA, MICROBIOLÓGICA DE AGUAS SUPERFICIALES – ARROYO LEON ABRIL DE 2026	MCS-26-1017 
---	---	---

7 BIBLIOGRAFÍA

APHA-AWWA-WEF. 2017. Standard methods for the examination of water and wastewater.23 Edition. Washington D.C.

BEHITA-SANDÍ, W., BARAHONA-PALOMO, M. 2010. Fisicoquímica de las aguas superficiales de la Cuenca del río Rincón, Península de Osa, Costa Rica. Cuadernos de Investigación UNED, Vol. 2(2). P 157-179. Laboratorio de Calidad de Aguas, Centro de Investigación en Contaminación Ambiental, Universidad de Costa Rica.

COOPERACIÓN INTERNACIONAL DE ACREDITACIÓN DE LABORATORIOS - ILAG. 2019. Guía para Establecer Reglas de Decisión en la Declaración de Conformidad – ILAC-G8:09/2019.

IDEAM. 2007. Turbiedad. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial – República de Colombia Subdirección De Hidrología - Grupo Programa De Fisicoquímica Ambiental.

INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES - IDEAM. 2020. Hoja metodológica del indicador Índice de calidad del agua en corrientes superficiales (ICA).

INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES - IDEAM. 2021. Protocolo de monitoreo y seguimiento del agua.

INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES - IDEAM 2020. Instructivo para estimación de la incertidumbre de medición. Código M-S-LC-I049 V2. 9 p.

MAGURRAN, A. (1988) Ecological diversity and its measurement. Princeton University Press, (New Jersey). pp. 179.

PRESIDENCIA DE LA REPÚBLICA DE COLOMBIA. (2015, 26 de mayo). Decreto 1076 de 2015. Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible. Diario Oficial No. 49.523.

ROLDÁN G, y RAMÍREZ, J. 2008. Fundamentos de limnología neotropical. Editorial Universidad de Antioquia. Medellín.

agua. Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería. Tercera edición. Bogotá.

SIERRA, 2011. Calidad del agua, evaluación y diagnóstico. Primera edición. Ediciones de la U. Universidad de Medellín

ELABORADO POR: 	REVISADO POR: CONSORCIO SICC DEL CARIBE APROBADO POR: CONSORCIO SICC DEL CARIBE	Página 52 de 59 F-PMO01-66 E2
--	--	--

	INFORME DEL MONITOREO Y CARACTERIZACIÓN FISICOQUÍMICA, MICROBIOLÓGICA DE AGUAS SUPERFICIALES – ARROYO LEON ABRIL DE 2026	MCS-26-1017 
---	---	---

STUMM, W & MORGAN, J. 1996 Aquatic Chemistry, Chemical Equilibria and Rates in Natural Waters. 3rd Edition, John Wiley & Sons, Inc., New York.

ELABORADO POR: 	REVISADO POR: CONSORCIO SICC DEL CARIBE	Página 53 de 59
	APROBADO POR: CONSORCIO SICC DEL CARIBE	F-PMO01-66 E2

	INFORME DEL MONITOREO Y CARACTERIZACIÓN FISICOQUÍMICA, MICROBIOLÓGICA DE AGUAS SUPERFICIALES – ARROYO LEON ABRIL DE 2026	MCS-26-1017 
---	---	---

8 CONTROL DE CAMBIOS

En la **Tabla 8- 1** se presentan cada uno de los cambios solicitados en las versiones del documento de acuerdo con las solicitudes del cliente, cada versión nueva reemplaza a la anterior.

Tabla 8- 1: Control de cambios efectuados sobre el documento.

VERSIÓN	FECHA DE EMISIÓN	DESCRIPCIÓN DEL CAMBIO
0	Abril de 2026	Versión inicial

Fuente: AmSpec MCS Colombia S.A.S., 2026.

APROBÓ

Lisbeth Ochoa A

**LISSETH ANDREA OCHOA AVELLA
DIRECTORA MONITOREOS Y ANÁLISIS AMBIENTAL**

Amspec MCS Colombia S.A.S
Carrera 17 No. 166-72
www.mcsconsultoria.com
Telefax: 6777745 – 6712631 - 6797855
mcsconsultoria@mcsconsultoria.com
Bogotá, D.C.

===== FIN DEL DOCUMENTO =====

ELABORADO POR: 	REVISADO POR: CONSORCIO SICC DEL CARIBE APROBADO POR: CONSORCIO SICC DEL CARIBE	Página 54 de 59 F-PMO01-66 E2
--	--	--

	INFORME DEL MONITOREO Y CARACTERIZACIÓN FISICOQUÍMICA, MICROBIOLÓGICA DE AGUAS SUPERFICIALES – ARROYO LEON ABRIL DE 2026	MCS-26-1017 
---	---	---

ANEXO 1.

REPORTES DE RESULTADOS

ELABORADO POR: 	REVISADO POR: CONSORCIO SICC DEL CARIBE	Página 55 de 59
	APROBADO POR: CONSORCIO SICC DEL CARIBE	F-PMO01-66 E2

ANEXO 2.

CADENAS DE CUSTODIA

	INFORME DEL MONITOREO Y CARACTERIZACIÓN FISICOQUÍMICA, MICROBIOLÓGICA DE AGUAS SUPERFICIALES – ARROYO LEON ABRIL DE 2026	MCS-26-1017 
---	---	--

ANEXO 3.

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

ELABORADO POR: 	REVISADO POR: CONSORCIO SICC DEL CARIBE APROBADO POR: CONSORCIO SICC DEL CARIBE	Página 57 de 59 F-PMO01-66 E2
---	---	---

	INFORME DEL MONITOREO Y CARACTERIZACIÓN FISICOQUÍMICA, MICROBIOLÓGICA DE AGUAS SUPERFICIALES – ARROYO LEON ABRIL DE 2026	MCS-26-1017 
---	---	---

ANEXO 4.

RESOLUCIÓN DE ACREDITACIÓN

ELABORADO POR: 	REVISADO POR: CONSORCIO SICC DEL CARIBE	Página 58 de 59
	APROBADO POR: CONSORCIO SICC DEL CARIBE	F-PMO01-66 E2

ANEXO 5.

GDB