

***Anglo
Gold
Ashanti
—
Cajamarca***



FORMATO DE PRESENTACIÓN DE PROPUESTA DE META DE REDUCCIÓN DE CARGA CONTAMINANTE POR PARTE DEL USUARIO

Este formato de presentación de la propuesta por parte de los usuarios y de la comunidad en general, no deberá ser modificado en su contenido, el mismo es un requisito para la presentación de la propuesta de metas de reducción de carga contaminante por parte del usuario o de la comunidad en general.

I. INFORMACIÓN GENERAL DEL USUARIO

INFORMACIÓN GENERAL DEL USUARIO			
Nombre o Razón Social del Usuario	AngloGold Ashanti Colombia	NIT:	830.127.076-7
Dirección	Cra19sur#162-70 IndPicaleña	Teléfono / celular	2739797
Email	jflorez@anglogoldashanti.com		
Municipio	Cajamarca	Prestador del Servicio de Alcantarillado	
Código CIU			
Sector Según Resolución No. 631 de 2015	Aguas Residuales Domésticas con una carga menor o igual a 625 kg/día DBO5		
Cuenta con Permiso de vertimientos ó PSMV	SI ☒ NO ☐	Número de Resolución de aprobación	2244 de 2011
Número de usuarios Acueducto (población)		Número de usuarios Alcantarillado (población)	244 Fija 146 Flotante
Nombre de la Fuente de abastecimiento		Caudal Concesión (L/s)	
Número de resolución de concesión		Fuente de concesión	☐ Aguas subterráneas ☐ Aguas superficiales



FORMATO DE PRESENTACIÓN DE PROPUESTA DE META DE REDUCCIÓN DE CARGA CONTAMINANTE POR PARTE DEL USUARIO

INFORMACIÓN DE LOS USUARIOS PRESTADORES DEL SERVICIO DE ALCANTARILLADO					
Estimación Número de personas por unidad habitacional del municipio					
Cobertura (%)	Acueducto		Población Urbana	DANE 2015	
	Alcantarillado			RAS	
Número de Sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticas					
Descripción de las plantas de tratamiento de aguas residuales PTAR					
No.	Nombre PTAR	Tipo de tratamiento (descripción)	% de Remoción		% Cobertura
			DBO ₅	SST	
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					

INFORMACIÓN ADICIONAL PARA USUARIOS PRIVADOS Y/O PLANTAS DE BENEFICIO ANIMAL Y PISCICOLAS			
Descripción de las plantas de tratamiento de aguas residuales PTAR			
No.	Nombre PTAR	Tipo de tratamiento (descripción)	
1	Planta de Tratamiento Aguas Residuales Doméstica Central Colosa	Pretratamiento, primario, secundario y terciario con desinfección UV	
2			
3			
Frecuencia del vertimiento		Horas/ día	24
		días / mes	30
		Mes / Año	12



FORMATO DE PRESENTACIÓN DE PROPUESTA DE META DE REDUCCIÓN DE CARGA CONTAMINANTE POR PARTE DEL USUARIO

PLANTAS DE BENEFICIO ANIMAL				
Tipo de animales sacrificados		N.A.		
Número de Días de sacrificio (especificar también qué día de la semana realizan el sacrificio)	N.A.	Horas de sacrificio (especificar en que hora del día se sacrifica)	N.A.	
No. de animales sacrificados	N.A.			
PISCICOLAS				
¿Realizan el vaciado total de las lagunas para su mantenimiento?	N.A. SI ____ NO ____	¿Con que frecuencia realizan el vaciado total de las lagunas?	Diario	N.A.
			Mensual	N.A.
			Anual	N.A.
Especificar la fecha exacta en la cual se realiza el vaciado de las lagunas (dd/mm/aaaa)		N.A.		
Especificar si las aguas resultantes del vaciado de las lagunas tienen algún tipo de tratamiento antes de ser vertidas		N.A.		
¿Son vertidas las aguas resultantes del vaciado a una fuente hídrica?	N.A. SI ____ NO ____	En caso de que las aguas resultantes del vaciado sean vertidas a una fuente hídrica, especificar su nombre	N.A.	



FORMATO DE PRESENTACIÓN DE PROPUESTA DE META DE REDUCCIÓN DE CARGA CONTAMINANTE POR PARTE DEL USUARIO

II. IDENTIFICACIÓN DE VERTIMIENTOS

VERTIMIENTOS ENCONTRADOS EN CAMPO					
Nº	Descripción – Nombre del vertimiento	Coordenada (UTM) ESTE	Coordenada (UTM) NORTE	Caudal (l/s)	Fuente Receptora de los vertimientos
1	Vertimiento PTARD - Colosa	446034.2	493402	1.2 L/s (Res 2244 de 2011)	Quebrada La Colosa
2	N.A.				
.					
.					
.					
Adicionar más celdas solo si es necesario					
Total Caudal Vertido por el usuario (l/s)					

III. INFORMACIÓN REFERENTE AL MONITOREO DE CALIDAD DEL AGUA

INFORMACIÓN DEL LABORATORIO ACREDITADO ANTE EL IDEAM NTC/ISO/IEC17025	
Nombre del laboratorio	SGS Colombia
NIT	860.049.921-0
No. De Resolución de Acreditación	Resolución 1566 de 2016
	Resolución 2271 de 2016



FORMATO DE PRESENTACIÓN DE PROPUESTA DE META DE REDUCCIÓN DE CARGA CONTAMINANTE POR PARTE DEL USUARIO

ANÁLISIS DE CARGAS CONTAMINANTES VERTIDAS POR EL USUARIO			
MONITOREOS REALIZADOS SOBRE LOS VERTIMIENTOS			
INFORMACIÓN DE VERTIMIENTOS SANEADO			
Caudal de vertimiento saneado por el usuario (Q = L/s)		1.2 L/s (De acuerdo a Resolución 2244 de 2011)	
Parámetro		Concentración de vertimiento del Saneado, a la salida del sistema: ([] = mg/L)	
DBO ₅		90	
SST		90	
INFORMACIÓN DE VERTIMIENTOS DIRECTOS			
Caudal de vertimiento directo por el usuario (Q = L/s)		N.A.	
Parámetro		Concentración de vertimientos - Directos ([] = mg/L)	
DBO ₅		N.A.	
SST		N.A.	
Caudal total vertido por el usuario (Q = L/s)		1.2 L/s	
CARGA TOTAL VERTIDA POR EL USUARIO (TON/AÑO)	DBO ₅	3.4 Ton/año	
	SST	3.4 Ton/año	

Nota: Las concentraciones y cargas contaminantes presentadas anteriormente deberán de ser comparadas con los límites máximos permisibles establecidos por la Resolución 631 de 2015 de acuerdo a la actividad que cada uno de los usuarios realice.

ANÁLISIS DE CUMPLIMIENTO DE LA RESOLUCIÓN NO. 631 DE 2015				
Parámetro	Concentración de vertimiento ([] = mg/L)	Concentración según Resolución No. 631 de 2015 ([] = mg/L)		Cumplimiento (SI / NO)
DBO ₅	90	DBO ₅	90	Si
SST	90	SST	90	Si



FORMATO DE PRESENTACIÓN DE PROPUESTA DE META DE REDUCCIÓN DE CARGA CONTAMINANTE POR PARTE DEL USUARIO

IV. ESTADO DEL CUERPO DE AGUA EN TERMINOS DE CALIDAD Y CANTIDAD

En este ítem el usuario deberá de presentar el estado de cada una de las fuentes hídricas receptoras en términos de calidad y cantidad, donde se identifique su asimilación o capacidad de carga.

Se adjunta informe del laboratorio de SGS Colombia del monitoreo de la quebrada La Colosa, como conclusión general, esta no sufre de alteración alguna por la descarga de la PTAR (ver informe 108 hojas)

V. PROPUESTA DE META DE REDUCCION DE CARGA CONTAMINANTE PRESENTADA POR EL USUARIO DURANTE EL QUINQUENIO 2019-2013

- Propuesta para empresas prestadoras del servicio de alcantarillado.

PROYECCIONES DE CARGAS CONTAMINANTES										
AÑO	2019		2020		2021		2022		2023	
POBLACION (hab)										
CAUDAL (L/seg)										
Cobertura de Alcantarillado (%)										
CARGAS CONTAMINANTES TON/AÑO	DBO ₅	SST	DBO ₅	SS _T	DBO ₅	SS _T	DBO ₅	SS _T	DBO ₅	SS _T
Generada										
Colectada										
Tratada										
Carga por Verter (Propuesta)										
Meta de reducción propuesta %										

Propuesta de metas de reducción por puntos de vertimiento a reducir y/o sanear para empresas prestadoras del servicio de alcantarillado.

MUNICIPIO	META DE REDUCCIÓN POR VERTIMIENTOS A REDUCIR Y O ELIMINAR QUINQUENIO 2019-2023				
Proyección de puntos a reducir / Año	2019	2020	2021	2022	2023
Vertimientos Existentes					
Vertimientos A reducir					



FORMATO DE PRESENTACIÓN DE PROPUESTA DE META DE REDUCCIÓN DE CARGA CONTAMINANTE POR PARTE DEL USUARIO

- PROPUESTA PARA USUARIOS PRIVADOS, PLANTAS DE BENEFICIO AMBIENTAL – PBA Y PISCICOLAS.

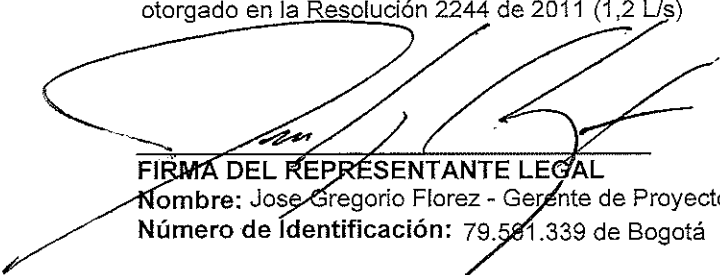
Año	PROPUESTA DE META DE REDUCCIÓN DE CARGA									
	2019		2020		2021		2022		2023	
Parámetro	DBO ₅	SST	DBO ₅	SST	DBO ₅	SST	DBO ₅	SST	DBO ₅	SST
Carga Contaminante a Verter Ton/Año	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4
Meta de reducción propuesta %	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%

VI. METODOLOGÍA UTILIZADA

En este ítem el usuario deberá presentar de forma clara y concisa la forma cómo calculó su propuesta de metas de reducción de carga contaminante (máximo 2 páginas).

La PTARD Colosa cumple con las concentraciones establecidas por la Resolución 631 de 2015.

El cálculo de las cargas (ton/año) de SST y DBO₅ obedece a la concentración máxima permitida por el caudal otorgado en la Resolución 2244 de 2011 (1,2 L/s)


FIRMA DEL REPRESENTANTE LEGAL

Nombre: Jose Gregorio Florez - Gerente de Proyecto (e) Apoderado General

Número de Identificación: 79.581.339 de Bogotá

Nota: Foliar debidamente la propuesta de meta de reducción de carga contaminante presentada por el usuario.

Anexos: (Relacionar cada uno de los anexos a la propuesta metas de reducción de carga contaminante.

No.	Descripción
1	
2	
3	
Total Folios, incluida la propuesta y anexos	



FORMATO DE PRESENTACIÓN DE PROPUESTA DE META DE REDUCCIÓN DE CARGA CONTAMINANTE POR PARTE DEL USUARIO

Este formato de presentación de la propuesta por parte de los usuarios y de la comunidad en general, no deberá ser modificado en su contenido, el mismo es un requisito para la presentación de la propuesta de metas de reducción de carga contaminante por parte del usuario o de la comunidad en general.

I. INFORMACIÓN GENERAL DEL USUARIO

INFORMACIÓN GENERAL DEL USUARIO			
Nombre o Razón Social del Usuario	AngloGold Ashanti Colombia	NIT:	830.127.076-7
Dirección	Cra19sur#162-70 IndPicafeña	Teléfono / celular	2739797
Email	jflorez@anglogoldashanti.com		
Municipio	Cajamarca	Prestador del Servicio de Alcantarillado	
Código CIU			
Sector Según Resolución No. 631 de 2015	Aguas Residuales Domésticas con una carga menor o igual a 625 kg/día DBO5		
Cuenta con Permiso de vertimientos ó PSMV	SI ☒ NO ☐	Número de Resolución de aprobación	2244 de 2011
Número de usuarios Acueducto (población)		Número de usuarios Alcantarillado (población)	244 Fija 146 Flotante
Nombre de la Fuente de abastecimiento		Caudal Concesión (L/s)	
Número de resolución de concesión		Fuente de concesión	☐ Aguas subterráneas ☐ Aguas superficiales



FORMATO DE PRESENTACIÓN DE PROPUESTA DE META DE REDUCCIÓN DE CARGA CONTAMINANTE POR PARTE DEL USUARIO

INFORMACIÓN DE LOS USUARIOS PRESTADORES DEL SERVICIO DE ALCANTARILLADO

Estimación Número de personas por unidad habitacional del municipio						
Cobertura (%)	Acueducto		Población Urbana	DANE 2015		
	Alcantarillado			RAS		
Número de Sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticas						
Descripción de las plantas de tratamiento de aguas residuales PTAR						
No.	Nombre PTAR	Tipo de tratamiento (descripción)	% de Remoción		% Cobertura	
			DBO ₅	SST		
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						

INFORMACIÓN ADICIONAL PARA USUARIOS PRIVADOS Y/O PLANTAS DE BENEFICIO ANIMAL Y PISCICOLAS

Descripción de las plantas de tratamiento de aguas residuales PTAR				
No.	Nombre PTAR	Tipo de tratamiento (descripción)		
1	Planta de Tratamiento Aguas Residuales Doméstica Central Colosa	Pretratamiento, primario, secundario y terciario con desinfección UV		
2				
3				
Frecuencia del vertimiento		Horas/ día	24	
		días / mes	30	
		Mes / Año	12	



FORMATO DE PRESENTACIÓN DE PROPUESTA DE META DE REDUCCIÓN DE CARGA CONTAMINANTE POR PARTE DEL USUARIO

PLANTAS DE BENEFICIO ANIMAL				
Tipo de animales sacrificados	N.A.			
Número de Días de sacrificio (especificar también qué día de la semana realizan el sacrificio)	N.A.	Horas de sacrificio (especificar en que hora del día se sacrifica)	N.A.	
No. de animales sacrificados	N.A.			
PISCICOLAS				
¿Realizan el vaciado total de las lagunas para su mantenimiento?	N.A. SI ____ NO ____	¿Con que frecuencia realizan el vaciado total de las lagunas?	Diario	N.A.
			Mensual	N.A.
			Anual	N.A.
Especificar la fecha exacta en la cual se realiza el vaciado de las lagunas (dd/mm/aaaa)	N.A.			
Especificar si las aguas resultantes del vaciado de las lagunas tienen algún tipo de tratamiento antes de ser vertidas	N.A.			
¿Son vertidas las aguas resultantes del vaciado a una fuente hídrica?	N.A. SI ____ NO ____	En caso de que las aguas resultantes del vaciado sean vertidas a una fuente hídrica, especificar su nombre	N.A.	



FORMATO DE PRESENTACIÓN DE PROPUESTA DE META DE REDUCCIÓN DE CARGA CONTAMINANTE POR PARTE DEL USUARIO

II. IDENTIFICACIÓN DE VERTIMIENTOS

VERTIMIENTOS ENCONTRADOS EN CAMPO					
Nº	Descripción – Nombre del vertimiento	Coordenada (UTM) ESTE	Coordenada (UTM) NORTE	Caudal (l/s)	Fuente Receptora de los vertimientos
1	Vertimiento PTARD - Colosa	446034.2	493402	1.2 L/s (Res 2244 de 2011)	Quebrada La Colosa
2	N.A.				
.					
.					
.					
Adicionar más celdas solo si es necesario					
Total Caudal Vertido por el usuario (l/s)					

III. INFORMACIÓN REFERENTE AL MONITOREO DE CALIDAD DEL AGUA

INFORMACIÓN DEL LABORATORIO ACREDITADO ANTE EL IDEAM NTC/ISO/IEC17025	
Nombre del laboratorio	SGS Colombia
NIT	860.049.921-0
No. De Resolución de Acreditación	Resolución 1566 de 2016
	Resolución 2271 de 2016



FORMATO DE PRESENTACIÓN DE PROPUESTA DE META DE REDUCCIÓN DE CARGA CONTAMINANTE POR PARTE DEL USUARIO

ANÁLISIS DE CARGAS CONTAMINANTES VERTIDAS POR EL USUARIO			
MONITOREOS REALIZADOS SOBRE LOS VERTIMIENTOS			
INFORMACIÓN DE VERTIMIENTOS SANEADO			
Caudal de vertimiento saneado por el usuario (Q = L/s)		1.2 L/s (De acuerdo a Resolución 2244 de 2011)	
Parámetro		Concentración de vertimiento del Saneado, a la salida del sistema: ([] = mg/L)	
DBO ₅		90	
SST		90	
INFORMACIÓN DE VERTIMIENTOS DIRECTOS			
Caudal de vertimiento directo por el usuario (Q = L/s)		N.A.	
Parámetro		Concentración de vertimientos - Directos ([] = mg/L)	
DBO ₅		N.A.	
SST		N.A.	
Caudal total vertido por el usuario (Q = L/s)		1.2 L/s	
CARGA TOTAL VERTIDA POR EL USUARIO (TON/AÑO)	DBO ₅	3.4 Ton/año	
	SST	3.4 Ton/año	

Nota: Las concentraciones y cargas contaminantes presentadas anteriormente deberán de ser comparadas con los límites máximos permisibles establecidos por la Resolución 631 de 2015 de acuerdo a la actividad que cada uno de los usuarios realice.

ANÁLISIS DE CUMPLIMIENTO DE LA RESOLUCIÓN NO. 631 DE 2015				
Parámetro	Concentración de vertimiento ([] = mg/L)	Concentración según Resolución No. 631 de 2015 ([] = mg/L)		Cumplimiento (SI / NO)
DBO ₅	90	DBO ₅	90	Si
SST	90	SST	90	Si



FORMATO DE PRESENTACIÓN DE PROPUESTA DE META DE REDUCCIÓN DE CARGA CONTAMINANTE POR PARTE DEL USUARIO

IV. ESTADO DEL CUERPO DE AGUA EN TERMINOS DE CALIDAD Y CANTIDAD

En este ítem el usuario deberá de presentar el estado de cada una de las fuentes hídricas receptoras en términos de calidad y cantidad, donde se identifique su asimilación o capacidad de carga.

Se adjunta informe del laboratorio de SGS Colombia del monitoreo de la quebrada La Colosa, como conclusión general, esta no sufre de alteración alguna por la descarga de la PTAR (ver informe 150 hojas)

V. PROPUESTA DE META DE REDUCCION DE CARGA CONTAMINANTE PRESENTADA POR EL USUARIO DURANTE EL QUINQUENIO 2019-2013

- Propuesta para empresas prestadoras del servicio de alcantarillado.

AÑO	PROYECCIONES DE CARGAS CONTAMINANTES									
	2019		2020		2021		2022		2023	
POBLACION (hab)										
CAUDAL (L/seg)										
Cobertura de Alcantarillado (%)										
CARGAS CONTAMINANTES TON/AÑO	DBO ₅	SST	DBO ₅	SS _T	DBO ₅	SS _T	DBO ₅	SS _T	DBO ₅	SS _T
Generada										
Colectada										
Tratada										
Carga por Verter (Propuesta)										
Meta de reducción propuesta %										

Propuesta de metas de reducción por puntos de vertimiento a reducir y/o sanear para empresas prestadoras del servicio de alcantarillado.

MUNICIPIO	META DE REDUCCIÓN POR VERTIMIENTOS A REDUCIR Y O ELIMINAR QUINQUENIO 2019-2023				
Proyección de puntos a reducir / Año	2019	2020	2021	2022	2023
Vertimientos Existentes					
Vertimientos A reducir					



FORMATO DE PRESENTACIÓN DE PROPUESTA DE META DE REDUCCIÓN DE CARGA CONTAMINANTE POR PARTE DEL USUARIO

- PROPUESTA PARA USUARIOS PRIVADOS, PLANTAS DE BENEFICIO AMBIENTAL – PBA Y PISCICOLAS.

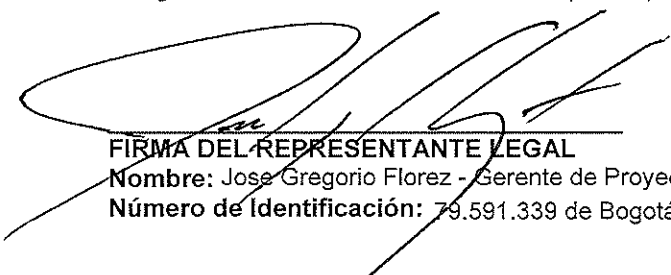
Año	PROPUESTA DE META DE REDUCCIÓN DE CARGA									
	2019		2020		2021		2022		2023	
Parámetro	DBO ₅	SST	DBO ₅	SST	DBO ₅	SST	DBO ₅	SST	DBO ₅	SST
Carga Contaminante a Verter Ton/Año	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4
Meta de reducción propuesta %	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%

VI. METODOLOGÍA UTILIZADA

En este ítem el usuario deberá presentar de forma clara y concisa la forma cómo calculó su propuesta de metas de reducción de carga contaminante (máximo 2 páginas).

La PTARD Colosa cumple con las concentraciones establecidas por la Resolución 631 de 2015.

El cálculo de las cargas (ton/año) de SST y DBO₅ obedece a la concentración máxima permitida por el caudal otorgado en la Resolución 2244 de 2011 (1,2 L/s)


FIRMA DEL REPRESENTANTE LEGAL

Nombre: Jose Gregorio Florez - Gerente de Proyecto (e) Apoderado General

Número de Identificación: 79.591.339 de Bogotá

Nota: Foliar debidamente la propuesta de meta de reducción de carga contaminante presentada por el usuario.

Anexos: (Relacionar cada uno de los anexos a la propuesta metas de reducción de carga contaminante.	
No.	Descripción
1	Informe caracterización de agua superficial quebrada La Colosa
2	
3	
Total Folios, incluida la propuesta y anexos	
154	



Fecha de Emisión: 2017-05-26
OL 303818 / 2017
Pág. 1 de 108

INFORME DE CARACTERIZACIÓN DE AGUA SUPERFICIAL QUEBRADA LA COLOSA

CLIENTE
ANGLOGOLD ASHANTI COLOMBIA S.A.

CONDUCTIDO POR:
SGS COLOMBIA S.A.S.

ENVIRONMENT, HEALTH AND SAFETY
BOGOTÁ - CUNDINAMARCA
Carrera 100 No. 25 C - 11

ABRIL DE 2017



Fecha de Emisión: 2017-05-26
OL 303818 / 2017
Pág. 2 de 108

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	8
2. OBJETIVOS	9
3. MONITOREO	10
3.1 PARÁMETROS EVALUADOS	10
3.2 METODOLOGÍA DE MUESTREO Y TRANSPORTE	12
3.2.1 Puntos de muestreo	13
3.2.2 Tipo de muestra	14
3.2.3 Cronograma de muestreo	15
3.3 IDENTIFICACIÓN DE LAS MUESTRAS	16
4. MARCO TEÓRICO	22
4.1 AGUA SUPERFICIAL	22
4.2 TEORÍA RELACIONADA CON LOS PARÁMETROS	29
5. RESULTADOS	39
5.1 AGUA SUPERFICIAL	39
5.1.1 Parámetros in situ	39
5.1.2 Parámetros analizados en el Laboratorio	59
5.1.3 Aforos de Caudal	71
5.1.4 Comparación de los resultados analizados con la norma aplicable	84
5.1.5 Índices de Contaminación del Agua (ICO's)	90
5.1.6 Índices de Calidad del Agua (ICA)	96
6. CONCLUSIONES	99
7. BIBLIOGRAFÍA	103



INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tipo de recipientes y preservación de muestras	10
Tabla 2. Relación parámetro – laboratorio subcontratado	13
Tabla 3. Puntos de muestreo	14
Tabla 4. Cronograma de muestreo	15
Tabla 5. Identificación de muestras Agua Superficial	16
Tabla 6. Variables fisicoquímicas y bacteriológicas tenidas en cuenta para la determinación de los Índices de Contaminación del Agua (ICO's)	24
Tabla 7. Valor de los Índices ICO's	25
Tabla 8. Valor del Índice de Calidad del Agua ICA-NSF	28
Tabla 9. Relación mineralización - conductividad	33
Tabla 10. Clasificación de las aguas según el grado de dureza	35
Tabla 11. Coliformes fecales en heces animales y el hombre	38
Tabla 12. Parámetros In Situ Quebrada La Colosa Punto Uno	39
Tabla 13. Parámetros In Situ Quebrada La Colosa Punto 2	42
Tabla 14. Parámetros In Situ Quebrada La Colosa Punto 3	45
Tabla 15. Parámetros In Situ Quebrada La Colosa Punto 4	48
Tabla 16. Parámetros In Situ Quebrada La Colosa Punto 5	51
Tabla 17. Parámetros In Situ Quebrada La Colosa Punto 6	54
Tabla 18. Parámetros analizados en el laboratorio - Punto 1, Punto 2 y Punto 3	59
Tabla 19. Parámetros analizados en el laboratorio - Punto 4, Punto 5 y Punto 6	61
Tabla 20. Aforo de caudal – La Colosa Punto 1	71
Tabla 21. Resultados de aforo de Caudal– Quebrada Colosa Punto 1	72
Tabla 22. Aforo de Caudal - La Colosa Punto 2	73
Tabla 23. Resultados de aforo de Caudal– Quebrada Colosa Punto 2	74
Tabla 24. Aforo Caudal – La Colosa Punto 3	75
Tabla 25. Resultados de aforo de Caudal– Quebrada Colosa Punto 3	76
Tabla 26. Aforo Caudal La Colosa Punto 4	77
Tabla 27. Resultados de aforo de Caudal– Quebrada Colosa Punto 4	78
Tabla 28. Aforo de caudal – Quebrada Colosa Punto 5	79
Tabla 29. Resultados de aforo de Caudal – Quebrada Colosa Punto 5	80
Tabla 30. Aforo de caudal – Quebrada Colosa Punto 6	81



Fecha de Emisión: 2017-05-26
OL 303818 / 2017
Pág. 4 de 108

Tabla 31. Resultados de aforo de Caudal– Quebrada Colosa Punto 6	82
Tabla 32. Comparación de los resultados con la norma Punto 1, Punto 2, Punto 3 – Quebrada La Colosa.....	84
Tabla 33. Comparación de los resultados con la norma Punto 4, Punto 5, Punto 6 – Quebrada La Colosa.....	87
Tabla 34. Índices de Contaminación del Agua ICO's – La Colosa Punto 1	90
Tabla 35. Índices de Contaminación del Agua ICO's – La Colosa Punto 2	91
Tabla 36. Índices de Contaminación del Agua ICO's – La Colosa Punto 3	92
Tabla 37. Índices de Contaminación del Agua ICO's – La Colosa Punto 4	93
Tabla 38. Índices de Contaminación del Agua ICO's – La Colosa Punto 5	94
Tabla 39. Índices de Contaminación del Agua ICO's – La Colosa Punto 6	95
Tabla 40. Índice de Calidad del Agua ICA – La Colosa Punto 1.....	97
Tabla 41. Índice de Calidad del Agua ICA – La Colosa Punto 2.....	97
Tabla 42. Índice de Calidad del Agua ICA – La Colosa Punto 3.....	97
Tabla 43. Índice de Calidad del Agua ICA – La Colosa Punto 4.....	98
Tabla 44. Índice de Calidad del Agua ICA – La Colosa Punto 5.....	98
Tabla 45. Índice de Calidad del Agua ICA – La Colosa Punto 6.....	98

INDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Comportamiento pH – Quebrada La Colosa Punto 1	40
Gráfica 2. Comportamiento Oxígeno Disuelto – Quebrada La Colosa Punto 1	40
Gráfica 3. Comportamiento Conductividad - Quebrada La Colosa Punto 1	41
Gráfica 4. Comportamiento Temperatura – Quebrada La Colosa Punto 1	41
Gráfica 5. Comportamiento pH – Quebrada La Colosa Punto 2	43
Gráfica 6. Comportamiento Oxígeno Disuelto – Quebrada La Colosa Punto 2	43
Gráfica 7. Comportamiento Conductividad - Quebrada La Colosa Punto 2	44
Gráfica 8. Comportamiento Temperatura – Quebrada La Colosa Punto 2	44
Gráfica 9. Comportamiento pH – Quebrada La Colosa Punto 3	46
Gráfica 10. Comportamiento Oxígeno Disuelto – Quebrada La Colosa Punto 3	46
Gráfica 11. Comportamiento Conductividad - Quebrada La Colosa Punto 3	47
Gráfica 12. Comportamiento Temperatura – Quebrada La Colosa Punto 3	47
Gráfica 13. Comportamiento pH – Quebrada La Colosa Punto 4	49
Gráfica 14. Comportamiento Oxígeno Disuelto – Quebrada La Colosa Punto 4	49
Gráfica 15. Comportamiento Conductividad - Quebrada La Colosa Punto 4	50
Gráfica 16. Comportamiento Temperatura – Quebrada La Colosa Punto 4	50
Gráfica 17. Comportamiento pH – Quebrada La Colosa Punto 5	52
Gráfica 18. Comportamiento Oxígeno Disuelto – Quebrada La Colosa Punto 5	52
Gráfica 19. Comportamiento Conductividad - Quebrada La Colosa Punto 5	53
Gráfica 20. Comportamiento Temperatura – Quebrada La Colosa Punto 5	53
Gráfica 21. Comportamiento pH – Quebrada La Colosa Punto 6	55
Gráfica 22. Comportamiento Oxígeno Disuelto – Quebrada La Colosa Punto 6	55
Gráfica 23. Comportamiento Conductividad - Quebrada La Colosa Punto 6	56
Gráfica 24. Comportamiento Temperatura – Quebrada La Colosa Punto 6	56
Gráfica 25. Comportamiento de Alcalinidad, Dureza Total, Calcio y Magnesio	63
Gráfica 26. Comportamiento Sulfatos y Cloruros	64
Gráfica 27. Comportamiento de los Nitratos	65
Gráfica 28. Comportamiento de los Sólidos Suspendidos y Turbidez	67
Gráfica 29. Comportamiento de los Sólidos disueltos totales – Quebrada La Colosa	68
Gráfica 30. Comportamiento de los Coliformes Fecales	69
Gráfica 31. Comportamiento de los Coliformes Totales	69



Fecha de Emisión: 2017-05-26
OL 303818 / 2017
Pág. 6 de 108

Gráfica 32. Perfil Caudal La Colosa Punto 1	71
Gráfica 33. Datos Caudal - Quebrada Colosa Punto 1	72
Gráfica 34. Perfil Caudal La Colosa Punto 2	73
Gráfica 35. Datos Caudal - Quebrada Colosa Punto 2	74
Gráfica 36. Perfil Caudal La Colosa Punto 3	75
Gráfica 37. Datos Caudal - Quebrada Colosa Punto 3	76
Gráfica 38. Perfil Caudal punto - Quebrada Colosa Punto 4	77
Gráfica 39. Datos Caudal - Quebrada Colosa Punto 4	78
Gráfica 40. Perfil Caudal punto - Quebrada Colosa Punto 5	79
Gráfica 41. Datos Caudal - Quebrada Colosa Punto 5	80
Gráfica 42. Perfil Caudal punto - Quebrada Colosa Punto 6	81
Gráfica 43. Datos Caudal - Quebrada Colosa Punto 6	82

INDICE DE IMÁGENES

Imagen 1. Quebrada La Colosa Punto 1	16
Imagen 2. Quebrada La Colosa Punto 2	17
Imagen 3. Quebrada La Colosa Punto 3	18
Imagen 4. Quebrada La Colosa Punto 4	19
Imagen 5. Quebrada La Colosa Punto 5	20
Imagen 6. Quebrada La Colosa Punto 6	21



Fecha de Emisión: 2017-05-26
OL 303818 / 2017
Pág. 8 de 108

1. INTRODUCCIÓN

La empresa **ANGLOGOLD ASHANTI COLOMBIA S.A.**, contrató los servicios de SGS COLOMBIA S.A.S., laboratorio de consultoría ambiental, para la realización del estudio de análisis de agua superficial del cuerpo de agua identificado como Quebrada La Colosa, ubicada en el municipio de Cajamarca, departamento del Tolima. Las muestras fueron tomadas por SGS COLOMBIA S.A.S., entre el 25 y 26 de Abril de 2017.

El presente documento contiene los resultados obtenidos de los análisis realizados, los cuales se comparan con la normatividad ambiental legal vigente, correspondiente al Decreto 1076 de 2015, Sección 9: Disposiciones Transitorias, expedido por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, estableciendo al final las conclusiones correspondientes.



Fecha de Emisión: 2017-05-26
OL 303818 / 2017
Pág. 9 de 108

2. OBJETIVOS

- ❖ Determinar las características fisicoquímicas de la Quebrada La Colosa localizada en el área de influencia del proyecto de Exploración La Colosa, ubicado en el municipio de Cajamarca, con el fin de evaluar su calidad.
- ❖ Evaluar la calidad del recurso hídrico comparando los resultados obtenidos con los límites ambientales establecidos y definidos en el Decreto 1076 de 2015, Sección 9; artículos 2.2.3.3.9.3, 2.2.3.3.9.4, 2.2.3.3.9.5., 2.2.3.3.9.6 y 2.2.3.3.9.10, expedido por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.
- ❖ Establecer Índices de Contaminación (ICO's) e Índices de Calidad (ICA) para los puntos monitoreados de la Quebrada La Colosa en el mes de Abril.



3. MONITOREO

3.1 PARÁMETROS EVALUADOS

La medición de los parámetros fisicoquímicos se efectuó bajo normas técnicas y métodos oficialmente aceptados en el Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 22nd Edition 2012, en las metodologías oficialmente aceptadas y bajo los criterios establecidos por el Decreto Único Nacional 1076 de 2015 emitido por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia.

El material de los recipientes para el envasado de las muestras, varía de acuerdo con la naturaleza de la muestra, sus componentes y tipos de análisis a realizar. En la siguiente tabla se presentan los diferentes tipos de recipientes y métodos de preservación de muestras, empleados para el análisis de los parámetros solicitados.

Tabla 1. Tipo de recipientes y preservación de muestras

PARÁMETROS	RECIPIENTE	PRESERVACIÓN	MÉTODO
Alcalinidad, mg CaCO_3 /L	Vidrio, Plástico	Refrigeración	Volumétrico SM 2320 B
Cianuro Libre, mg CN/L	Vidrio Ámbar	Refrigeración + NaOH Hasta pH >12	FIA ASTM D7237-10
Cianuro Total, mg CN/L	Vidrio, Plástico	Refrigeración + NaOH Hasta pH >12	Flujo segmentado ASTM D7511-09
DBO ₅ , mg O ₂ /L	Vidrio (Botella Winkler)	Refrigeración	Electrométrico SM 5210 B
DQO, mg O ₂ /L	Vidrio, Plástico	Refrigeración + H ₂ SO ₄ Hasta pH <2	Colorimétrico SM 5220 D
Detergentes, mg SAAM/L	Vidrio, Plástico	Refrigeración	Colorimétrico SM 5540 C
Dureza Total, mg CaCO_3 /L	Vidrio, Plástico	Refrigeración + HNO ₃ Hasta pH <2	Volumétrico SM 2340 C
Fenoles Totales, mg Fenol/L	Vidrio	Refrigeración + H ₂ SO ₄ Hasta pH <2	Fotométrico Directo SM 5530 B, C
Fósforo Total, mg P/L	Vidrio, Plástico	Refrigeración + H ₂ SO ₄ Hasta pH <2	Colorimétrico SM 4500-P B,E
Grasas y Aceites, mg GyA/L	Vidrio boca ancha	Refrigeración + H ₂ SO ₄ Hasta pH <2	Partición Infrarrojo NTC 3362 - Método C
Hidrocarburos Totales, mg/L	Vidrio boca ancha	Refrigeración + H ₂ SO ₄ Hasta pH <2	Partición Infrarrojo NTC 3362 - Método C, F
Nitrógeno Amoniacal, mg NH ₃ – N/L	Vidrio, Plástico	Refrigeración + H ₂ SO ₄ Hasta pH <2	Volumétrico SM 4500-NH3 B,C

PARAMETROS	RECIPIENTE	PRESERVACION	METODO
Nitrógeno Total, mg N/L	Vidrio, Plástico	Refrigeración + H ₂ SO ₄ Hasta pH <2	Volumétrico SM 4500 Norg-B SM 4500-NH3 B,C
Sólidos Disueltos Totales, mg SDT/L	Vidrio, Plástico	Refrigeración	Gravimétrico SM 2540 C
Sólidos Suspendidos Totales, mg SST/L	Vidrio, Plástico	Refrigeración	Gravimétrico SM 2540 D
Turbiedad, NTU	Vidrio, Plástico	Refrigeración en la oscuridad	Nefelométrico SM 2130 B
Cloruros, mg Cl/L	Vidrio, Plástico	Refrigeración	Cromatografía Iónica EPA 300.0
Nitratos, mg NO ₃ /L	Vidrio, Plástico	Refrigeración	Cromatografía Iónica EPA 300.0
Ortofosfatos mgPO ₄ /L	Vidrio Ámbar	Refrigeración	Cromatografía Iónica EPA 300.0
Sulfatos, mg SO ₄ /L	Vidrio, Plástico	Vidrio, Plástico	Cromatografía Iónica EPA 300.0
*Coliformes Totales, NMP/100 mL	Vidrio Estéril	Esterilización + Refrigeración	SM 9221 B
*Coliformes Fecales, NMP/100 mL	Vidrio Estéril	Esterilización + Refrigeración	SM 9221 E
Aluminio, mg Al/L	Vidrio, Plástico	Refrigeración + HNO ₃ Hasta pH <2	ICP-MS EPA 200.8
Bario mg Ba/L	Vidrio, Plástico	Refrigeración + HNO ₃ Hasta pH <2	
Cadmio, mg Cd/L	Vidrio, Plástico	Refrigeración + HNO ₃ Hasta pH <2	
Calcio mg Ca/L	Vidrio, Plástico	Refrigeración + HNO ₃ Hasta pH <2	
Cobre, mg Cu/L	Vidrio, Plástico	Refrigeración + HNO ₃ Hasta pH <2	
Cromo, mg Cr/L	Vidrio, Plástico	Refrigeración + HNO ₃ Hasta pH <2	
Hierro, mg Fe/L	Vidrio, Plástico	Refrigeración + HNO ₃ Hasta pH <2	
Magnesio, mg Mg/L	Vidrio, Plástico	Refrigeración + HNO ₃ Hasta pH <2	
Mercurio, mg Hg/L	Vidrio, Plástico	Refrigeración + HNO ₃ Hasta pH <2	
Molibdeno, mg Mo/L	Vidrio, Plástico	Refrigeración + HNO ₃ Hasta pH <2	
Níquel, mg Ni/L	Vidrio, Plástico	Refrigeración + HNO ₃ Hasta pH <2	
Plata, mg Ag/L	Vidrio, Plástico	Refrigeración + HNO ₃ Hasta pH <2	
Plomo, mg Pb/L	Vidrio, Plástico	Refrigeración + HNO ₃ Hasta pH <2	
Potasio, mg K/L	Vidrio, Plástico	Refrigeración + HNO ₃ Hasta pH <2	
Sodio, mg Na/L	Vidrio, Plástico	Refrigeración + HNO ₃ Hasta pH <2	



Fecha de Emisión: 2017-05-26
OL 303818 / 2017
Pág. 12 de 108

PARAMETROS	RECIPIENTE	PRESERVACIÓN	METODO
Zinc, mg Zn/L	Vidrio, Plástico	Refrigeración + HNO ₃ Hasta pH <2	ICP-MS EPA 200.8

* Parámetro subcontratado

Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2017

Los Métodos de Referencia, Métodos Analíticos, Límites de Detección y de cuantificación se presentan en los anexos de este informe.

3.2 METODOLOGÍA DE MUESTREO Y TRANSPORTE

El muestreo adecuadamente planeado y ejecutado, es la tarea más importante en todo programa de monitoreo de aguas, sean estas residuales, superficiales o subterráneas y constituye la herramienta básica para la supervisión y el control de su calidad.

El propósito del muestreo es obtener, para su análisis, una porción del cuerpo principal de agua, que sea verdaderamente representativa. Los factores más críticos, necesarios para la representatividad de una muestra, son los sitios, tiempo y frecuencia de muestreo, y el mantenimiento de la integridad de la muestra previo a su análisis.

El muestreo realizado fue de tipo manual, siguiendo las directrices plasmadas en el procedimiento interno **ENVI-OPE-P-02** de muestreo de agua. Los resultados de análisis de SGS Colombia S.A.S., se encuentran acreditados por el IDEAM bajo la Resolución 1566 del 21 de Julio de 2016 y Resolución 2271 del 05 de Octubre del 2016, para los parámetros **pH, Temperatura, Oxígeno Disuelto, Conductividad, Sólidos Sedimentables, Caudal, Alcalinidad, Cianuro Libre, Cianuro Total, DBO₅, DQO, Detergentes, Dureza Total, Fenoles Totales, Fosforo Total, Grasas y Aceites, Hidrocarburos Totales, Nitrógeno Amoniacal, Nitrógeno Total, Sólidos Disueltos Totales, Sólidos Suspendidos Totales, Turbiedad, Cloruros, Nitratos, Ortofosfatos, Sulfatos, Aluminio Total, Bario Total, Cadmio Total, Calcio Total, Cobre Total, Cromo Total, Hierro Total, Magnesio Total, Mercurio Total, Molibdeno Total, Níquel Total, Plata Total, Plomo Total, Potasio Total, Sodio Total y Zinc Total** analizados para las muestras de agua superficial.

El análisis de los parámetros que no se encuentran acreditados bajo esta resolución, se subcontrataron con laboratorios acreditados. En la siguiente tabla se presenta la relación parámetro – laboratorio subcontratado.

Tabla 2. Relación parámetro – laboratorio subcontratado

MATRIZ	PARÁMETRO	LABORATORIO
Agua Superficial	Coliformes Fecales y Coliformes Totales	Hidrolab

Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2017

El muestreo y transporte de las muestras se realizó garantizando la integridad física, química y biológica de las muestras durante el período de tiempo transcurrido entre la toma y los análisis de las mismas; aplicando métodos de preservación internacionalmente aceptados, tales como control de pH, adición de compuestos químicos y control de temperatura al refrigerar las muestras a 4 °C, +/- 2 °C, utilizando hielo para tal fin.

El personal de SGS Colombia S.A.S que participó en el muestreo fue el siguiente:

- Javier Beltrán Supervisor de Operaciones
- David Duarte Técnico de Campo
- Gerardo Gutiérrez Técnico de Campo
- Jairo Sanabria Técnico de Campo
- Nataly Niño Técnico de Campo
- Néstor Vital Técnico de Campo
- Yesid Paredes Técnico de Campo
- Yeisson Basto Técnico de Campo
- Julián Serna Técnico de Campo
- Jesús De La Hoz Técnico de Campo
- Javier Muñoz Técnico de Campo
- Brian Amón Técnico de Campo

3.2.1 Puntos de muestreo

El monitoreo se ejecutó en los puntos establecidos por la organización **ANGLOGOLD ASHANTI COLOMBIA S.A.**; en la siguiente tabla se presenta la identificación de los puntos monitoreados para agua superficial, ubicados en el área de influencia del proyecto de Explotación La Colosa.

Tabla 3. Puntos de muestreo

PUNTO DE MUESTREO	COORDENADAS GEOGRÁFICAS MAGNA SIRGAS WGS84	
	NORTE	OESTE
Quebrada La Colosa Punto 1	04° 27' 41.5"	75° 29' 19.2"
Quebrada La Colosa Punto 2	04° 27' 56.4"	75° 29' 19.0"
Quebrada La Colosa Punto 3	04° 27' 59.6"	75° 29' 23.2"
Quebrada La Colosa Punto 4	04° 27' 49.7"	75° 29' 20.9"
Quebrada La Colosa Punto 5	04° 27' 50.3"	75° 29' 18.4"
Quebrada La Colosa Punto 6	04° 27' 46.9"	75° 29' 17.6"

Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2017

3.2.2 Tipo de muestra

Durante el presente monitoreo se recolectaron muestras de agua superficial, por medio de un muestreo compuesto. Se registraron los parámetros In Situ: pH, Temperatura, Oxígeno Disuelto, Conductividad, Sólidos Sedimentables y Aforo de Caudal.

Los equipos de campo que se emplearon en el presente muestreo fueron los siguientes:

- ❖ Multiparámetro HACH: ENVI OPE 141
- ❖ Multiparámetro HACH: ENVI OPE 139
- ❖ Multiparámetro HACH: ENVI OPE 98
- ❖ Multiparámetro HACH: ENVI OPE 40
- ❖ Multiparámetro HACH: ENVI OPE 93
- ❖ Multiparámetro HACH: ENVI OPE 38
- ❖ Flujómetros FLUJOWATCH

Las mediciones de campo se hicieron conforme lo establecido en los siguientes procedimientos e instructivos internos de SGS, avalados por el IDEAM.

- ❖ ENVI-OPE-P-02 Procedimiento para toma de muestras de agua
- ❖ ENVI-OPE-P-21 Procedimiento determinación de pH y Temperatura
- ❖ ENVI-OPE-P-17 Procedimiento determinación de Conductividad
- ❖ ENVI-OPE-P-18 Procedimiento determinación de Oxígeno Disuelto
- ❖ ENVI-OPE-P-19 Procedimiento determinación de Sólidos Sedimentables

3.2.3 Cronograma de muestreo

Tabla 4. Cronograma de muestreo

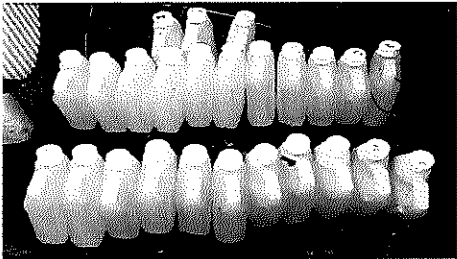
FECHA	PUNTO DE MUESTREO	TIPO DE MUESTRA	MUESTRA	HORARIO DE TOMA DE LA MUESTRA
2017-04-25 2017-04-26	Quebrada La Colosa Punto 1	Agua Superficial	Compuesto	08:00 – 08:00
	Quebrada La Colosa Punto 2			08:00 – 08:00
	Quebrada La Colosa Punto 3			08:00 – 08:00
	Quebrada La Colosa Punto 4			08:00 – 08:00
	Quebrada La Colosa Punto 5			08:00 – 08:00
	Quebrada La Colosa Punto 6			08:00 – 08:00

Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2017

3.3 IDENTIFICACIÓN DE LAS MUESTRAS

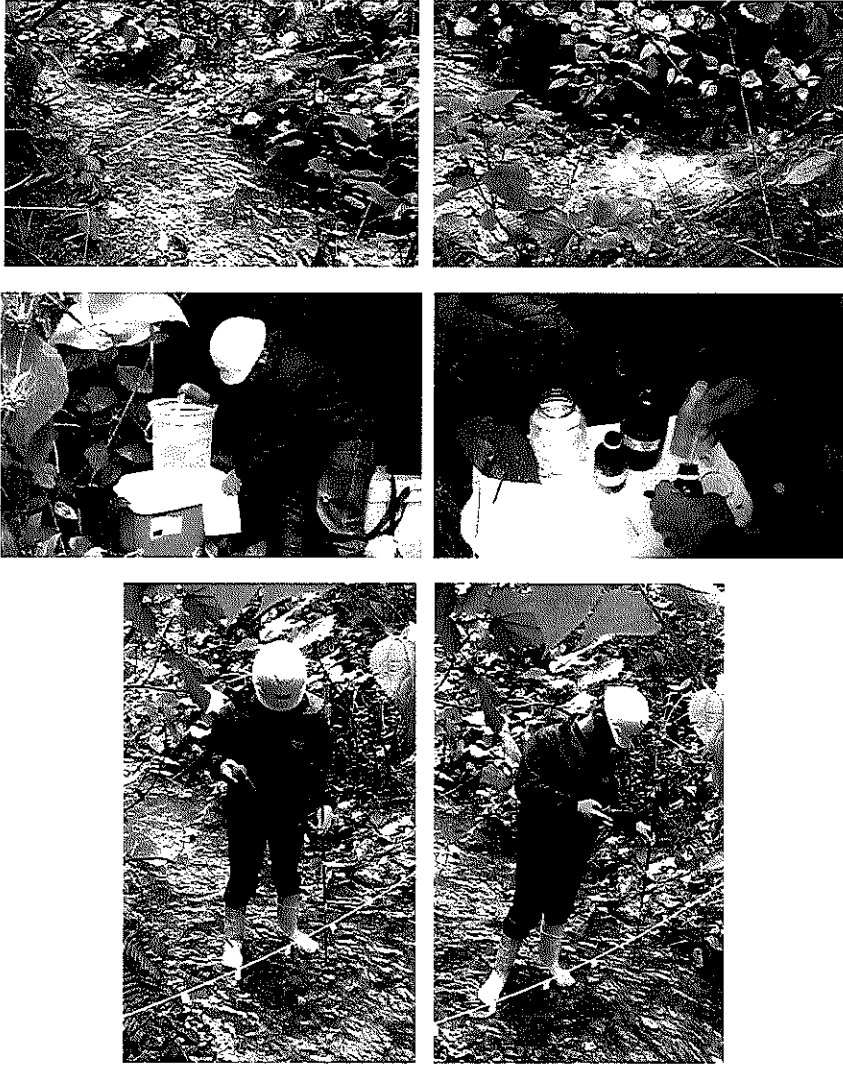
La siguiente tabla contiene los números de identificación asignados por el laboratorio.

Tabla 5. Identificación de muestras Agua Superficial

PUNTO DE MUESTREO	DESCRIPCION
Imagen 1. Quebrada La Colosa Punto 1    Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2017	Cuerpo lótico con lecho rocoso. Ambos márgenes del cauce presentan vegetación abundante de tipo arbórea y arbustiva. El agua es de apariencia cristalina, sin presencia de color ni olor. Se observa material vegetal en descomposición.

PUNTO DE MUESTREO	DESCRIPCION
Imagen 2. Quebrada La Colosa Punto 2  Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2017	Vegetación arbórea, arbustiva y herbácea en ambos márgenes del cauce, presencia de macrófitas en los costados. Sustrato rocoso. Durante la jornada de monitoreo se presenta flujo constante sin cambios significantes de caudal. El agua es de aspecto claro e inolora; no se percibe material flotante ni suspendido. Durante la ejecución del monitoreo se presentaron leves lloviznas.

PUNTO DE MUESTREO	DESCRIPCION
Imagen 3. Quebrada La Colosa Punto 3  Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2017	Vegetación riparia en las dos riveras de la quebrada, representada en árboles y arbustos, sustrato arenoso-rocoso, con presencia de musgo en algunas rocas. Agua clara, sin olor aparente y sin arrastre de sólidos. La noche anterior a la jornada de monitoreo se presentaron lloviznas.

PUNTO DE MUESTREO	DESCRIPCION
Imagen 4. Quebrada La Colosa Punto 4  Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2017	El punto de muestreo presenta cobertura vegetal de tipo arbórea y arbustiva. El cuerpo de agua presenta sustrato rocoso y flujo constante de agua. En cuanto a las características organolépticas del sistema no presenta olor, ni color, la apariencia del agua era clara. En horas de la madrugada se presentaron lluvias, lo cual incide en las condiciones de turbiedad en el cuerpo de agua.

PUNTO DE MUESTREO	DESCRIPCION
Imagen 5. Quebrada La Colosa Punto 5  Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2017	El punto de muestreo se encuentra continuo a una cascada aproximadamente a 10 m de distancia, lo que favorece los niveles de oxígeno disuelto en el agua por el contacto con la atmósfera. El cuerpo de agua presenta sustrato rocoso, con presencia de cobertura vegetal principalmente de tipo arbustiva. No se observó sólidos en suspensión, ni color aparente, el agua era de apariencia clara. Durante la jornada de monitoreo en horario nocturno se presentaron lluvias, lo cual generó incremento en los sólidos sedimentables.

PUNTO DE MUESTREO	DESCRIPCION
Imagen 6. Quebrada La Colosa Punto 6  Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2017	El punto de monitoreo se encuentra a 70 m aproximadamente de la caída de la cascada (Punto 5). El cuerpo de agua presenta lecho rocoso-arenoso, con rocas de color amarillo. Se observa cobertura vegetal de tipo arbustiva, arbórea y herbácea. Agua de tonalidad clara sin sólidos en suspensión, no presenta color ni olor. Durante la toma de muestras en horas de la mañana se presentaron ligeras lloviznas, las cuales incrementaron en horas de la noche haciéndose más constantes; lo anterior influye en el aumento de la turbiedad en el sistema y por lo tanto en la coloración del agua.

4. MARCO TEÓRICO

4.1 AGUA SUPERFICIAL

Los criterios de la calidad del agua se refieren a las concentraciones de los constituyentes que, si no son excedidos, permitirán concluir que el ecosistema acuático es apropiado para los múltiples usos del agua. Estos criterios se derivan de investigaciones y hechos científicos obtenidos de la experimentación o de observaciones sobre la respuesta de organismos sometidos a estímulos definidos bajo condiciones ambientales reguladas en un período de tiempo específico. (NAS, 1979).

Con el fin de establecer la calidad de las aguas superficiales, se evaluaron algunos parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, los cuales se presentan a continuación como marco teórico. Se determinan como criterios de calidad los Índices de Contaminación (ICO's) y el Índice de Calidad del Agua (ICA) para evaluar el impacto que sobre un cuerpo de agua superficial produce una carga contaminante mediante tratamiento matemático.

Para el presente estudio se incluyen los índices de contaminación por mineralización (ICOMI), por sólidos suspendidos (ICOSUS), por contaminación trófica (ICOTRO), por materia orgánica (ICOMO), y por pH (ICOpH), los cuales relacionan las variables que se describen a continuación:

Es importante resaltar que el análisis de los índices de contaminación están basados en variables fisicoquímicas y microbiológicas que influyen directamente la presencia de algunas comunidades biológicas acuáticas especialmente a las comunidades vegetales. En este caso se refiere directamente a la comunidad fitoplanctónica y de macrófitas (plantas acuáticas) las cuales constituyen uno de los principales componentes autótrofos en los diferentes sistemas acuáticos, siendo la principal fuente y entrada de energía para la red trófica. Estas comunidades tienen la facultad de atrapar los iones y los compuestos inorgánicos presentes en el agua y convertirlos en materia orgánica la cual habrá de constituir el soporte directo o indirecto de casi todas las comunidades allí presentes (Ramírez y Viña, 1998). Es por ello que algunos parámetros fisicoquímicos como lo son la concentración de nutrientes descritos por el índice ICOTRO, la concentración de sólidos suspendidos descrito por el índice ICOSUS, las variables conductividad, dureza y alcalinidad



involucradas en el índice ICOMI y los valores de pH incluidos en el índice ICOpH, pueden influenciar la presencia o ausencia de micro algas y de algunas macrófitas, ya que para el caso de la comunidad fitoplanctónica esta depende de una buena entrada de luz ya que se trata de organismos que realizan fotosíntesis, lo cual quiere decir que el índice ICOSUS debe ser bajo, lo cual se interpreta según la **Tabla 7**.

Del mismo modo la disponibilidad de nutrientes tiende a ser un factor relevante a la hora de determinar la abundancia de organismos vegetales, mientras mayor sea la concentración de nutrientes mayor será la presencia de micro algas y de macrófitas principalmente en los sistemas eutrofizados e hipereutrofizados, ya que en ellos se tiende a la acumulación de nutrientes favoreciendo su crecimiento y fomentando un boom micro algas. Sin embargo esto puede llegar a afectar el ecosistema ya que existe una carga muy alta de producción de oxígeno en horas del día pero en la noche los niveles de CO₂ podrían ocasionar hipoxias e inclusive anoxia desencadenando una situación crítica para las demás comunidades biológicas. Es por ello que es fundamental realizar mediciones de parámetros hidrobiológicos unidos con los fisicoquímicos de tal manera que exista un nivel de comparación entre ellos y se logre concluir más efectivamente sobre la calidad del sistema.

Para los sistemas ribereños es importante resaltar que la entrada de materia orgánica ocurre de manera natural principalmente por efecto de escorrentías y por la presencia de material senescente a la cuenca, lo cual ayuda en la entrada de energía y hace parte fundamental de la dinámica del sistema (Barón *et al.*, 2003). Sin embargo para algunos cuerpos de agua el índice ICOMO refleja bajas concentraciones de esta, lo cual puede llegar a disminuir la disponibilidad de nutrientes reduciendo la facultad de asimilación por parte de algunas especies de algas y de macrófitas.

Tabla 6. Variables fisicoquímicas y bacteriológicas tenidas en cuenta para la determinación de los Índices de Contaminación del Agua (ICO's)

INDICES	VARIABLE	INTERPRETACIÓN
ICOMI	Conductividad	0 = Baja contaminación 1 = Alta contaminación
	Dureza	
	Alcalinidad	
ICOSUS	Sólidos suspendidos	0 = Baja contaminación 1 = Alta contaminación
ICOTRO	Fósforo total (mg/L). Realizado a partir de la sumatoria de fósforo inorgánico y orgánico	<0,01 = Oligotrófico >1 = Hipereutrófico
ICOMO	DBO	0 = Baja contaminación 1 = Alta contaminación
	Coliformes Totales	
	% Saturación de Oxígeno Disuelto	
ICOpH	pH	0 = Baja contaminación 1 = Alta contaminación

Fuente: Ramírez *et al.*, 1997.

Para calcular los diferentes índices de contaminación, se aplicaron las fórmulas que se describen a continuación:

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

$$ICOSUS = -0,02 + 0,0003 \text{ Sólidos Suspendidos (mg / L)}$$

$$ICOTRO = \text{Fósforo Total (mg / L)}$$

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

$$ICOpH = \frac{e^{-31,08 + 3,45 \text{ pH}}}{1 + e^{-31,08 + 3,45 \text{ pH}}}$$

El **ICOMI** involucra las variables conductividad, dureza y alcalinidad, de las cuales se refleja los sólidos disueltos, cationes calcio, magnesio y demás aniones. El **ICOSUS** involucra solamente la concentración de sólidos suspendidos, que hacen referencia a los compuestos orgánicos e inorgánicos presentes en el agua. El **ICOTRO** se determina con la concentración del fósforo total. El **ICOMO** comprende la relación entre la demanda bioquímica de oxígeno

(DBO), Coliformes totales y porcentaje de saturación de oxígeno, las cuales, en conjunto, recogen efectos distintos de la contaminación orgánica. El **ICOpH** expresa las unidades de pH medidas en campo. Estos índices son de gran utilidad para establecer la calidad del agua de las corrientes hídricas, debido a que identifica el grado de intervención que presentan los cuerpos de agua.

➤ Categorías indicadas por los Índices de Contaminación

En desarrollo del presente informe se va a emplear un código de colores, para indicar el Rango de los ICO's calculados en cada punto de muestreo.

Tabla 7. Valor de los Índices ICO's

Valor del ICO	Grado de Contaminación
0,000 – 0,200	Ninguna
0,200 - 0,400	Bajo
0,400 – 0,600	Medio
0,600 – 0,800	Alto
0,800 – 1,000	Muy alto

Fuente: Ramírez, 1997

Por otra parte vamos a analizar la calidad del agua de las fuentes superficiales estudiadas; el indicador de calidad llamado “Índice de Calidad del Agua ICA-NSF” propuesto por la Fundación Sanitaria Nacional de los Estados Unidos en el año de 1981. Este es uno de los índices más usados para determinar la calidad de los cuerpos de agua superficial, el cual contempla los siguientes aspectos fisicoquímicos del agua:

- % de Saturación de Oxígeno Disuelto
- Coliformes Fecales
- pH
- Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)
- Temperatura
- Nitratos
- Fosfatos
- Turbiedad
- Sólidos Totales

Cada una de estas variables tiene un peso específico de acuerdo con su importancia, relacionada con la calidad del agua. La estructura de los subíndices que se construyen,

asociados con cada una de las variables seleccionadas, involucra de manera bastante plausible, las condiciones ambientales específicas, para determinar una medida de aquello que sería lo máximo asignable, considerando la factibilidad. Así por ejemplo, el nivel de Oxígeno Disuelto que merecería una calificación del 100% (óptimo), depende, entre otras, de la temperatura del sitio y de su altura sobre el nivel del mar; por esta razón, el óptimo no puede corresponder a una cifra absoluta de concentración de Oxígeno Disuelto, sino que lo relaciona con la concentración de oxígeno de saturación para las condiciones especiales del sitio que se muestre. En forma similar se definen los otros subíndices.

Si denotamos por I_i al subíndice correspondiente a la variable " i " y por " w_i ", su ponderación respectiva, entonces el índice de calidad de Agua que en adelante se llamara ICA, queda expresado por la fórmula:

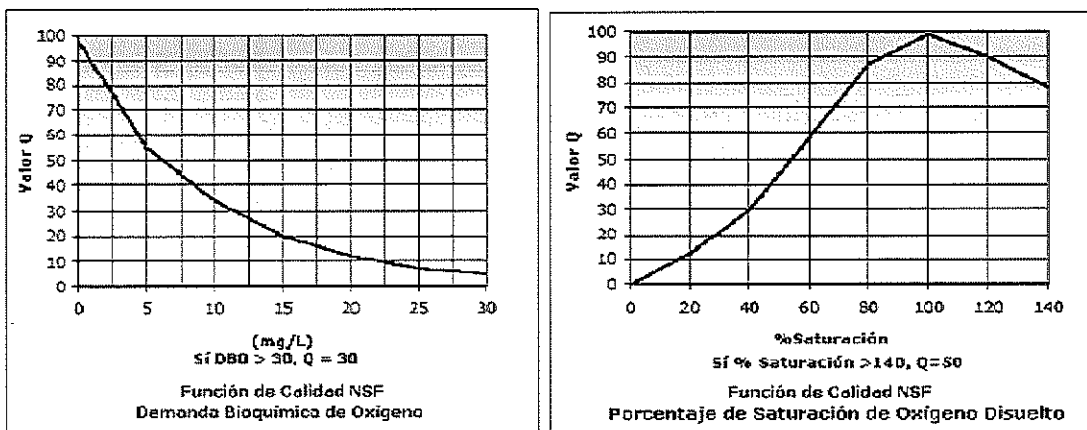
$$ICA = \sum I_i w_i$$

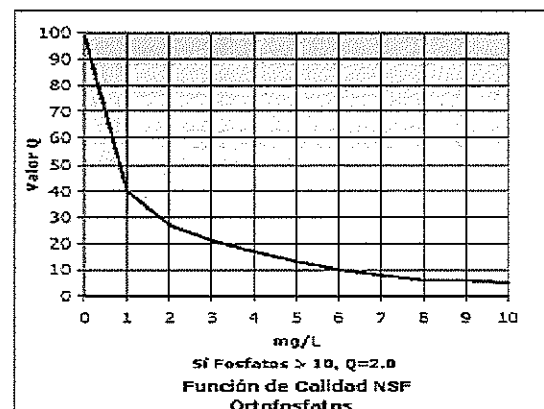
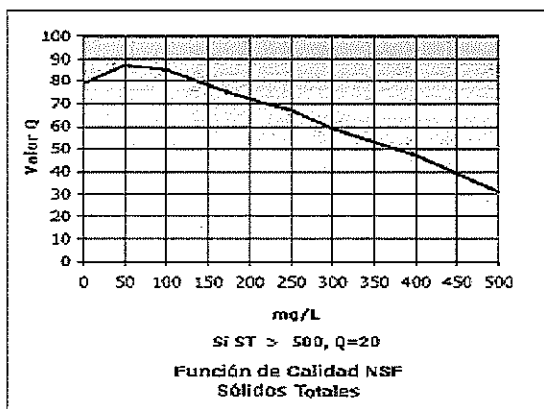
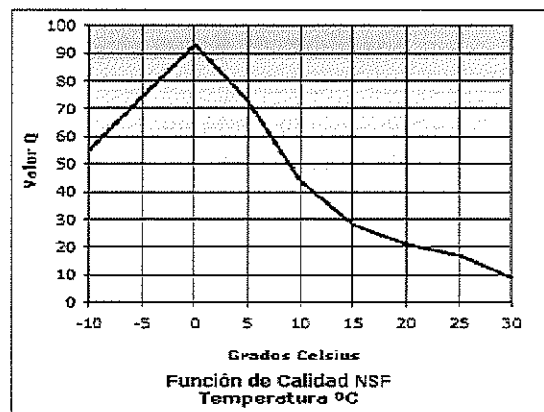
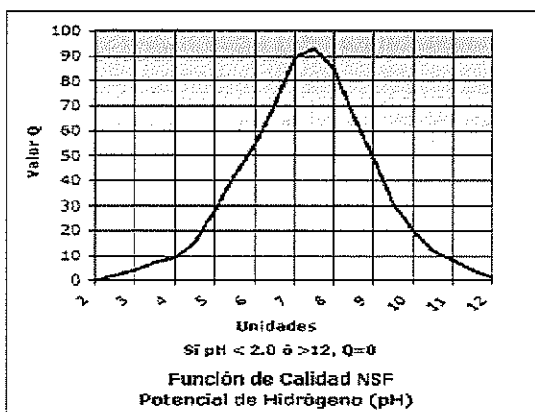
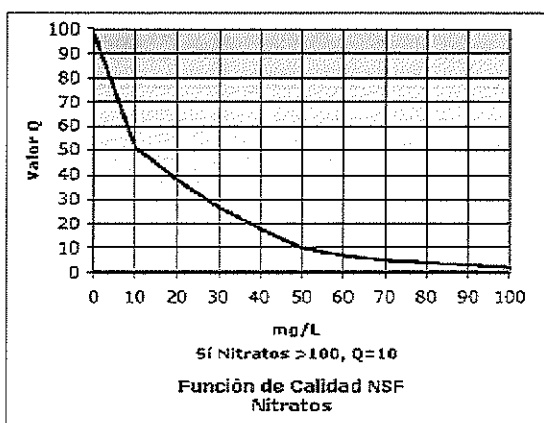
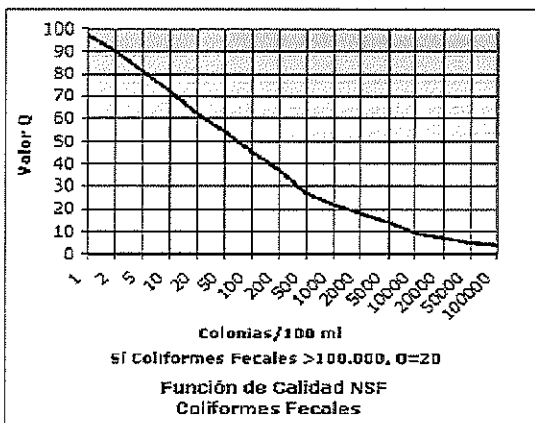
Donde:

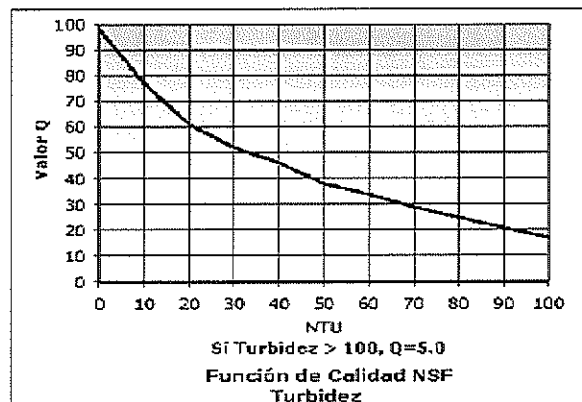
w_i : Peso o influencia del parámetro i en el valor total del índice

I_i : Valor del subíndice, calculado para cada parámetro

Asimismo se calcula un valor Q (Valor de Calidad) por medio de las siguientes gráficas, para determinar el Índice de Calidad para cada uno de los parámetros (Ott, 1978):







➤ **Clasificación de los valores del Índice de Calidad del Agua ICA-NSF**

En desarrollo del presente informe se va a emplear un código de colores para indicar la clasificación de la calidad del agua, calculada en cada punto de muestreo.

Tabla 8. Valor del Índice de Calidad del Agua ICA-NSF

Valor del Índice	Clasificación
91 – 100	Calidad Excelente
71 – 90	Calidad Buena
51 – 70	Calidad Media
26 – 50	Calidad Mala
0 – 25	Calidad Muy Mala

Fuente: Environmental Services, Water Quality Index Calculators

Nota: Es importante aclarar que para el presente estudio sólo se están utilizando 6 de los 9 factores o parámetros % saturación de oxígeno disuelto, pH, DBO, Nitratos, Fosfatos y Turbiedad.

El índice calculado para los cuerpos de agua monitoreados, corresponde al índice de calidad del agua de la fundación nacional de saneamiento de los Estados Unidos NSF: Índice de calidad del agua “Water Quality Index” (WQI), el cual contempla para su cálculo los parámetros: Demanda bioquímica de oxígeno DBO, porcentaje de saturación de oxígeno, Coliformes Fecales, Nitratos, Potencial de hidrogeniones pH, Delta de temperatura, Sólidos Totales, Fósforo Total y Turbiedad.

Este índice corresponde al índice original calculado por la fundación nacional de saneamiento de los Estados Unidos: una de las limitaciones del índice WQI_{NSF} es que ha sido desarrollado como una herramienta para caracterizar de forma general la calidad de las aguas, de tal forma que procesos físicos, químicos o biológicos que indican alta degradación de las aguas pueden ser enmascarados por otros que no sugieren contaminación alguna o mínima (Velez, 2006). Por tal razón, como complemento a este índice, se realizó el cálculo de los ICOS Índices de contaminación, propuestos por Ramirez et al., autor colombiano, los cuales tienen como propósito reducir un espacio multivariado de numerosas variables a sólo unas componentes que explican un alto porcentaje de la varianza total (Ramirez et al., 1997)

4.2 TEORÍA RELACIONADA CON LOS PARÁMETROS

El potencial de hidrogeniones **pH** indica el potencial de concentración de iones hidrógeno presente en el agua. Establece el grado de acidez o basicidad del cuerpo de agua. Este efecto es muy importante debido a que la toxicidad de muchos compuestos es afectada por el grado de disociación. Un incremento del pH causará un incremento en el nitrógeno amoniacal a niveles tóxicos y un pH bajo incrementará la toxicidad de especies como el cianuro y sulfuro de hidrógeno (Jones, 1964). Gran parte de la vida biológica solo es posible dentro de un rango estrecho de este parámetro.

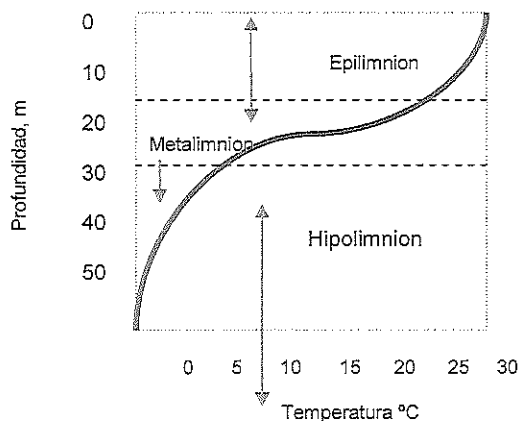
El **Oxígeno Disuelto** es un parámetro fundamental en la evaluación del recurso hídrico, la molécula de oxígeno es esencial para el metabolismo de todos los organismos aeróbicos acuáticos. La proporción de Oxígeno atmosférico que disuelve en el agua es de un 35% y esta solubilidad está gobernada por presiones atmosféricas e hidrostáticas, turbulencia, temperatura, salinidad, corrientes, surgencias costeras y procesos biológicos. La solubilidad del oxígeno en el agua dulce a 5 °C y 101, 3 Kipá es de 12, 77 mg/L.

Las principales fuentes del oxígeno presente en el agua son la atmósfera y la fotosíntesis producto de la vegetación acuática. Sin embargo la cantidad disponible de oxígeno para la vida acuática depende de los factores que afectan su solubilidad, la concentración de saturación se obtiene rápidamente en la interface aire-agua, y en aguas superficiales en movimiento.

En sistemas de aguas profundas la oxigenación depende de la circulación como producto de los vientos, corrientes, y los influjos que mueven el agua más aireada de la superficie a aguas más profundas. Cuando el clima es bastante frío las columnas de agua están en un 100% de saturación tanto para niveles oligotróficos (nivel de bajos nutrientes) como eutróficos (nivel de altos nutrientes). Cuando la temperatura incrementa, la concentración de Oxígeno Disuelto y la solubilidad en el epilimnion (nivel superior de agua tibia) decrece. De la misma manera cuando la temperatura baja en el metalimnion (capa donde existe mezcla) y el hipolimnion (capa baja fría de agua) causa que la concentración de oxígeno incremente y la saturación estaría cercana a un 100% a medida que incrementa la profundidad. En la mayoría de las situaciones, el incorporar materia orgánica en las áreas productivas profundas puede resultar en una pérdida de la saturación como resultado de los procesos de oxidación.

En aguas poco profundas la pérdida de oxígeno atribuible a los procesos de oxidación ocurre en la interface sedimentos-agua, donde la actividad bacterial y la materia orgánica se concentran. Una cantidad considerable de oxígeno es también perdida en la columna de agua por la respiración bacterial, de las plantas y animales, particularmente en los lagos profundos. También la reducción puede ocurrir por oxidación química directa de la materia orgánica. En lagos eutróficos, la reducción del oxígeno en el hipolimnion puede ocurrir hasta llegar a condiciones anaeróbicas, dando origen a el metabolismo bacterial anaeróbico y una descomposición más lenta.

Gráfica 1. Estratificación en lagos, perfil vertical de temperatura



En aguas naturales, se recomienda una concentración mínima de 4,0 mg/L para mantener las buenas condiciones de las poblaciones de peces. Insuficiente Oxígeno Disuelto en la columna de agua causará la descomposición anaeróbica de cualquier material orgánico presente. Esta descomposición favorece la formación de gases nocivos como el Disulfuro de Hidrógeno, Dióxido de Carbono y Metano.

La **Temperatura** en los cuerpos de agua depende de la cantidad de energía calórica absorbida por dicho cuerpo, la cual es función de la profundidad del cuerpo y la hora en que se hace la medición. Esta variable afecta significativamente otros parámetros fisicoquímicos como son el pH y el oxígeno disuelto (la solubilidad del oxígeno depende del aumento o disminución de la temperatura).

Las sales de **Cloruros** contienen el anión Cl^{1-} . Estas sales como el cloruro de sodio y el sulfato de sodio son muy solubles en agua y están presentes en una alta concentración en las aguas de Colombia. Las concentraciones encontradas varían en el orden de 3 mg/L a 250 mg/L para los cloruros y en el orden de 3 mg/L a 400 mg /L.

Los contenidos de cloruros de las aguas son extremadamente variables y se deben principalmente a la composición de los suelos con los cuales tiene contacto el agua. El lavado superficial en las zonas áridas de los suelos en el caso de lluvias fuertes, la contaminación con aguas residuales y en las zonas costeras por la infiltración de agua de mar, puede producir variaciones en la concentración de estos compuestos.

Sólidos: Sólidos Totales, Sólidos Suspendidos, Sólidos Disueltos, Sólidos Sedimentables. Una sustancia puede existir en el agua en una de las siguientes formas: disueltas, suspendidas o como coloides. Las sustancias disueltas se encuentran dispersas homogéneamente en el líquido. Pueden ser simples átomos o compuestos moleculares complejos mayores de 1 μm en tamaño. Las sustancias disueltas se hallan presentes en el líquido en una sola fase, por lo que no pueden ser removidas del líquido sin lograr un cambio de fase como la destilación, precipitación, absorción o extracción. Los sólidos suspendidos son lo suficientemente grandes como para permanecer en suspensión o ser removidos por filtración. En este caso hay dos fases: la líquida y la de la partícula sólida suspendida. La escala de tamaño para los sólidos suspendidos varía entre 0,1 μm hasta 1,0 μm . En general se define a los sedimentos suspendidos como aquellos sólidos que pueden ser removidos



por filtración. En caso de las partículas coloidales estas tiene un rango de tamaño que varía entre las sustancias disueltas y los sedimentos suspendidos.

En los cuerpos de agua los Sólidos Suspendidos están ligados a la turbiedad, y estos sólidos pueden ser de naturaleza inorgánica como arcillas, óxidos de hierro y manganeso, o de naturaleza orgánica como material húmico. El origen de las partículas es diverso y puede estar asociado a características erosivas, suspensión de los sedimentos, vertimientos de aguas. Los Sólidos Disueltos están asociados al contenido de sales inorgánicas, El principal interés de estos parámetros, asociados con la turbidez del agua natural, se relaciona con la destinación del recurso para el consumo público y con las condiciones de vida de la fauna acuática. Una alta concentración de sólidos producirá disturbios en el crecimiento de los huevos de los peces, modifica su movimiento natural, su migración y reduce la abundancia de alimentos.

La Conductividad del agua es una expresión numérica de su habilidad para transportar una corriente eléctrica, que depende de la concentración total de sustancias disueltas ionizadas en el agua y de la temperatura a la cual se haga la determinación. Por tanto, cualquier cambio en la cantidad de sustancias disueltas, en la movilidad de los iones disueltos y en su valencia, implica un cambio en la conductividad. Por esta razón, el valor de la conductividad se usa mucho en análisis de aguas para obtener un estimativo rápido del contenido de sólidos disueltos. (Romero 2009).

La medida de la conductividad permite evaluar de forma rápida y aproximada la mineralización global del agua y seguir la evolución. En general la conductividad se eleva de forma progresiva de arriba hacia abajo en los cursos de agua; las divergencias son tanto más importante cuanto más débil es la mineralización inicial, en particular en las zonas con sustrato ácido o subsuelo silíceo. En el caso de un control de distribución de agua potable, el interés de este método no reside en una única medida sino en una serie de determinaciones o registros sin interrupción que permitirán detectar las variaciones de composición que podrán indicar la llegada de agua susceptible de estar contaminada. En las aguas superficiales y los vertidos de aguas residuales, se pueden producir con rapidez durante el día modificaciones importantes en la conductividad. Se puede admitir que la situación es particular o anormal más allá de 2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. (Rodier 2009).

La tabla siguiente ofrece algunas indicaciones sobre la relación que existe entre la mineralización y la conductividad:

Tabla 9. Relación mineralización - conductividad

CONDUCTIVIDAD	MINERALIZACIÓN
Conductividad < 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$	mineralización muy débil
100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ < conductividad < 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$	mineralización débil
200 $\mu\text{S}/\text{cm}$ < conductividad < 333 $\mu\text{S}/\text{cm}$	mineralización media
333 $\mu\text{S}/\text{cm}$ < conductividad < 666 $\mu\text{S}/\text{cm}$	mineralización media acentuada
666 $\mu\text{S}/\text{cm}$ < conductividad < 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$	mineralización importante
conductividad > 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$	mineralización elevada

Fuente: Análisis del agua. (Rodier 2009)

La **Turbiedad** es influenciada principalmente por la presencia de sólidos, cuando están presentes en altas concentraciones en el agua dificulta la filtración de la luz, afectando la capacidad fotosintética, asimismo a las especies faunísticas, a organismos como fitoplancton y macrófitas.

Compuestos Nitrogenados: El nitrógeno total está compuesto por el nitrógeno amoniacal más el nitrógeno orgánico, y este está constituido por las formas de nitrógeno correspondientes al nitrato, nitrito y amonio. Las aguas residuales presentan una elevada carga contaminante que responde, en gran parte a la materia que contiene, en cuya composición se encuentran los compuestos de nitrógeno. Entre las formas de nitrógeno, una de las sustancias de interés en las aguas son el nitrógeno amoniacal y el nitrógeno total. El amoniacal es un componente transitorio en el agua, que hace parte del ciclo del nitrógeno y se ve influido por la actividad biológica. Es un producto natural de la descomposición de los compuestos orgánicos nitrogenados. Las aguas superficiales no deben contener normalmente amoniacal. En general, la presencia de amoniacal libre o ion amonio se considera como una prueba química de contaminación reciente y peligrosa. Si el medio es aerobio, el nitrógeno amoniacal se transforma en nitritos.

Los **Nitratos** y **Nitritos** son una parte del nitrógeno total presente y varios de estos compuestos de nitrógeno son esenciales para el crecimiento de las células. El exceso de nitrógeno puede causar eutrofización, que es un enriquecimiento de nutrientes en el agua, lo que puede causar un crecimiento excesivo de las plantas acuáticas e incrementan la



actividad de microorganismos anaeróbicos. Como resultado los niveles de oxígeno disuelto pueden disminuir rápidamente haciendo la vida imposible para los organismos acuáticos aeróbicos. Adicionalmente el nitrógeno puede causar un crecimiento excesivo de algas causando igualmente una reducción en el oxígeno disuelto disponible.

La Eutrofización es un tipo de contaminación química de las aguas. Se presenta cuando existe un aporte excesivo de nutrientes a un ecosistema acuático. Se puede presentar de forma natural como lo son las mareas rojas, pero en general se presenta por factores antropogénicos. El fósforo y el nitrógeno son los principales causantes de la eutrofización aunque también son relevantes otras sustancias que pueden ser limitantes en el desarrollo de las especies acuáticas como el potasio, el magnesio y diferentes productos orgánicos.

La eutrofización altera las características del medio ambiente de los ecosistemas acuáticos alterando la cadena trófica y aumentando la entropía del ecosistema. Como resultado se presentan ecosistemas de biodiversidad reducida, donde las especies más tolerantes o resistentes terminan ocupando los nichos de las especies vulnerables o con poca tolerancia a estos cambios. La eutrofización se produce en varias etapas, la primera es la Oligotrófica, la cual es el estado normal y saludable de los ecosistemas donde la biodiversidad de especies tiene un espacio marginal y existe un equilibrio dinámico. En esta etapa el agua tiene una transparencia considerable y existen especies que respiran filtrando el oxígeno del agua como lo son los peces, los moluscos y los artrópodos acuáticos.

- **Amonio:** El amonio, al producirse en el primer paso de la mineralización, constituye probablemente el mejor indicador químico indirecto de contaminación fecal en las aguas. Es el principal indicador químico de contaminación fecal.
- **Nitratos:** En cuanto a los nitratos, debido a su amplia utilización como abono agrícola, también se pueden encontrar, sobre todo en las aguas subterráneas, en concentraciones excesivas, por lo que han perdido gran parte de su valor como indicadores. Se consideran como indicadores de contaminación fecal a largo plazo.

El agua tiene la propiedad importante de disolver sustancias y crear soluciones, cuando llueve el agua recoge los gases y material particulado y continúa en este proceso hasta integrarse al agua subterránea. Por esta razón los valores de **pH y Dureza** varían de acuerdo

con las condiciones ambientales. Cuando el agua fluye sobre las rocas asimila minerales y el agua adquiere la característica de agua dura. Cuando el agua fluye a través de suelos que contiene alto contenido de materia orgánica adquiere el carácter de agua blanda debido a que los compuestos orgánicos del suelo se unen a los minerales y los retiene mientras crea ácidos que se integran al agua. Los Sólidos Disueltos son la medida de sustancias orgánicas e inorgánicas en el agua, esto incluye las sales minerales (como cloruros, bicarbonatos, carbonatos, sulfatos de calcio, sodio, magnesio y potasio). Algunos peces tienen poca tolerancia a cero tolerancias a estas sales minerales. La Dureza del agua es la medida de sales minerales disueltas (una fracción de los Sólidos Disueltos), y existen dos tipos de Dureza, la Dureza permanente y la Dureza producto de los carbonatos. La combinación de las dos Durezas es lo que se denomina Dureza Total. Cada una impacta las características del agua de forma diferente. La Dureza permanente está determinada por los minerales de calcio y el magnesio y tiene un influencia negativa en el crecimiento de los peces (la transferencia de nutrientes y productos de desperdicio a través de la membrana celular, la reproducción (transferencia de espermatozoides y la fertilidad de los huevos) y el propio funcionamiento de los órganos internos.

La Dureza carbonatada, es la medida de los iones carbonato y bicarbonato, las cuales son sales del ácido carbónico. Es referida también como Alcalinidad. Los minerales carbonatos incluyen la piedra caliza, la dolomita, el calcio y la calcita. Según el grado de dureza las aguas se clasifican de la siguiente forma:

Tabla 10. Clasificación de las aguas según el grado de dureza

INTERVALO	TIPO DE AGUA
0 – 75 mg/ L CaCO_3	Agua Blanda
75 – 150 mg/L CaCO_3	Agua Semi-Dura
150 – 300 mg/L CaCO_3	Agua Dura
> 300 mg/L CaCO_3	Agua muy Dura

Fuente: Rojas, 2009

El **Fósforo** puede existir en aguas naturales y residuales, casi exclusivamente bajo la forma de fosfatos. Algunas veces, aunque con menor frecuencia y en menor concentración, el fósforo puede estar presente en el agua bajo la forma de estructuras orgánicas, tales como fosfolípidos y fragmentos de cadenas peptídicas.



Fecha de Emisión: 2017-05-26
OL 303818 / 2017
Pág. 36 de 108

Debido a que el fósforo es uno de los elementos esenciales que limitan la productividad primaria en muchos cuerpos de agua, las descargas de vertimientos fosfatados producen en los cuerpos receptores un crecimiento abrupto y repentino en la biota fotosintetizadora, que generalmente se extiende y va cubriendo su superficie, hasta asfixiar el reservorio. Este fenómeno se conoce como "eutrofización" y es la principal razón por la cual se hace importante conocer las concentraciones de fósforo en los vertimientos y aguas residuales, antes de verterlas a los cuerpos receptores.

La **Alcalinidad** en los cuerpos de agua superficial y subterránea está determinada por el contenido de carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos y algunas sales de ácidos débiles. Estas especies iónicas son de gran importancia cuando existe una alta actividad fotosintética de algas o cuando existen descargas industriales. La correlación con la productividad en los cuerpos de agua se debe a que la disponibilidad del carbono es mayor en cuerpos de agua alcalinos, y las rocas sedimentarias (desgaste y disolución de rocas como la piedra caliza) que contienen carbonatos contienen también concentraciones relativamente altas de nitrógeno y fósforo.

La **Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)**, y la **Demanda Química de Oxígeno (DQO)**: La DBO₅ es la medida del oxígeno requerido por los microorganismos para degradar la materia orgánica presente, DQO es una estimación del total de materia oxidable, lo que incluye la materia inorgánica que puede oxidarse, sea biodegradable o no, presente en el cuerpo de agua (Sawyer et al., 2001 En: Hidalgo et al., 2003).

Aunque la norma no define límites de DBO₅ o de DQO, se consideran concentraciones altas de DBO₅ cuando los valores son superiores a (8) mg/L, considerándose como agua contaminada (Marín, 2009). Mientras que para DQO valores superiores a (20) mg/L son un indicador de aguas contaminadas (Leyva, 2001).

El oxígeno disuelto constituye uno de los elementos de mayor importancia en los ecosistemas, ya que su concentración determina las especies, que de acuerdo a su tolerancia y rango de adaptación pueden sobrevivir en un determinado cuerpo de agua y establecen así la estructura y el funcionamiento biótico de estos sistemas. La baja concentración de oxígeno disuelto en el agua es un indicador de alta contaminación, ya que establece la presencia de organismos que respiran y se multiplican a una tasa superior a la

difusión del oxígeno desde la atmósfera al cuerpo de agua. Mientras los desperdicios presentes en el agua son descompuestos por microorganismos que usan el oxígeno para su respiración, por lo que cuanto mayor es la cantidad de materia orgánica, mayor es el número de microorganismos y mayor el consumo de oxígeno.

Los resultados de DQO serán más altos que la DBO debido entre otras razones a que:

- Muchos compuestos orgánicos oxidables con dicromato de potasio no son oxidables biológicamente.
- Ciertas sustancias inorgánicas, como sulfuros, sulfitos, tiosulfatos, hierro ferroso y nitritos son oxidables al dicromato de potasio, creando por lo tanto, un valor de DQO de sustancias inorgánicas mostrando un "falso positivo" para sustancias orgánicas.

Las **Grasas y Aceites** se definen como la materia orgánica total extraíble con un solvente orgánico. Por su parte, los hidrocarburos del petróleo se definen como las grasas y aceites, menos la concentración de compuestos polares que son retenidos por la sílica gel, tales como ácidos grasos de origen vegetal y animal, ceras de bajo peso molecular, ésteres y otros compuestos químicos que podrían aportar significativamente a la banda de estiramiento de C-H, dentro y fuera del plano, a aproximadamente 2903 cm⁻¹ en el espectro Infrarrojo.

Los **Coliformes** son un grupo de bacterias que tiene características bioquímicas en común y tiene una alta relevancia como indicadores de contaminación de los cuerpos de aguas. Este grupo de bacterias son más resistentes que las bacterias patógenas y su ausencia es un indicador de que el agua es bacteriológicamente segura, de estar presentes en el cuerpo de agua podrían estar asociadas a organismos patógenos por lo que es importante su vigilancia. Los Coliformes se encuentran comúnmente en el intestino humano y otros organismos de sangre caliente (Gómez López et al, 1998).

Entre las principales características de este grupo está su resistencia a condiciones ambientales adversas, la cual es igual o superior a la de los patógenos; además, se comportan de manera similar a éstos. Se encuentran también en el intestino de animales de sangre caliente, lo cual es un buen indicador de polución animal. Adicionalmente, los



Coliformes se pueden encontrar en el suelo, viviendo como saprofitos independientes; de esta manera para separar los géneros de origen fecal de los saprofitos independientes, se les dio el nombre a los primeros de Coliformes fecales y a los segundos de Coliformes totales. Cada ser humano excreta de 100.000 a 400.000 millones de Coliformes por día. (González 2011).

Tabla 11. Coliformes fecales en heces animales y el hombre

HECES	COLIFORMES FECALES DENSIDAD/GRAMO
Hombre	13 000 000
Vaca	230 000
Pollo	1 300 000
Perro	23 000 000
Gato	7 900 000
Cerdo	3 300 000
Oveja	16 000 000
Ratón	330 000

Fuente: Microbiología del agua (González 2011)

En muchos tipos de aguas, los **Metales** son constituyentes importantes, algunos se encuentran catalogados como sustancias contaminantes, pero varios de ellos son de gran importancia para el desarrollo normal de los ecosistemas, así como del crecimiento de algas.

Los vertimientos de aguas residuales contienen altas concentraciones de metales generadas principalmente por las industrias, provocando efectos sobre los ecosistemas receptores, tales como envenenamiento de ganado, mortandad de peces, moluscos y plancton; y algunos de menos impacto, pero no menos importantes son el cambio en el color y la dureza del agua.

5. RESULTADOS

El monitoreo se ejecutó en seis puntos diferentes de la Quebrada La Colosa durante 24 horas, tomando alícuotas y aforo de caudal cada hora.

5.1 AGUA SUPERFICIAL

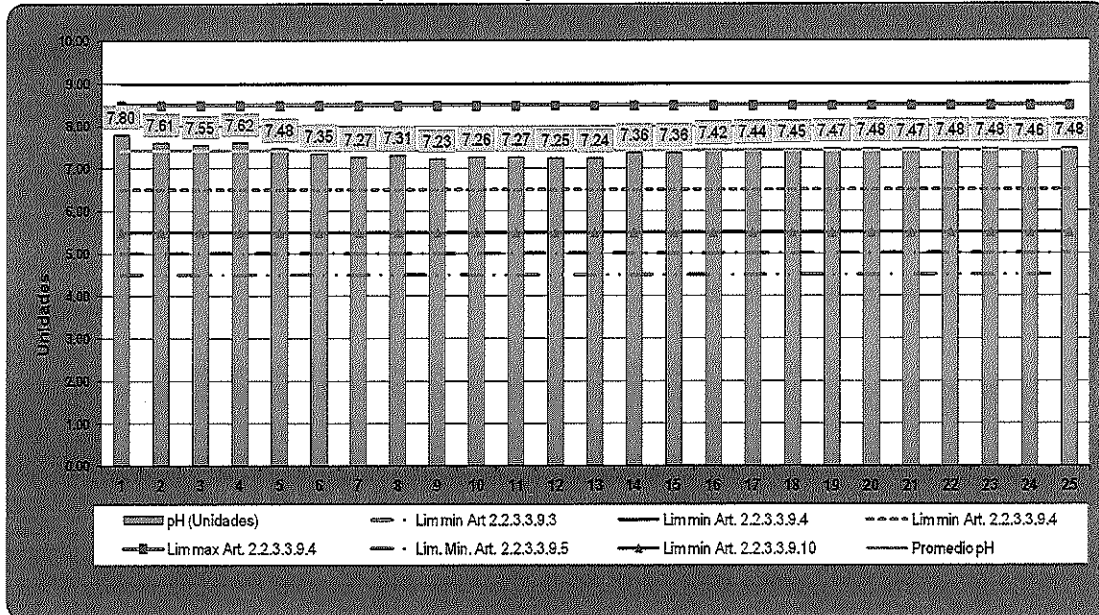
5.1.1 Parámetros in situ

Tabla 12. Parámetros In Situ Quebrada La Colosa Punto Uno

Alícuota	Hora	pH (Unidades)	Temperatura (°C)	Oxígeno Disuelto (mg/L)	Conductividad (µS/cm)	Sólidos Sedimentables (mL/L)
1	08:00	7.80	11.2	8.11	64.0	<0.1
2	09:00	7.61	11.3	8.23	64.1	<0.1
3	10:00	7.55	11.2	8.23	64.7	<0.1
4	11:00	7.62	11.8	8.40	65.2	<0.1
5	12:00	7.48	11.9	8.11	64.0	<0.1
6	13:00	7.35	11.9	8.06	64.1	<0.1
7	14:00	7.27	11.8	7.96	64.5	<0.1
8	15:00	7.31	12.1	7.97	64.3	<0.1
9	16:00	7.23	12.2	7.98	64.6	<0.1
10	17:00	7.26	12.2	7.98	65.1	<0.1
11	18:00	7.27	12.5	8.02	65.2	<0.1
12	19:00	7.25	11.3	8.09	65.3	<0.1
13	20:00	7.24	11.6	8.21	65.5	<0.1
14	21:00	7.36	11.5	8.06	65.5	<0.1
15	22:00	7.36	11.5	8.08	64.4	<0.1
16	23:00	7.42	11.3	8.15	64.2	<0.1
17	00:00	7.44	11.2	8.20	65.1	<0.1
18	01:00	7.45	11.1	8.28	65.2	<0.1
19	02:00	7.47	10.1	8.32	65.5	<0.1
20	03:00	7.48	11.2	8.23	65.4	<0.1
21	04:00	7.47	11.0	8.34	55.6	<0.1
22	05:00	7.48	11.2	8.35	54.3	<0.1
23	06:00	7.48	11	8.36	54.6	<0.1
24	07:00	7.46	11.2	8.34	54.5	<0.1
25	08:00	7.48	11.1	8.35	54.6	<0.1
Mínimo		7.23	10.10	7.96	54.3	-
Máximo		7.80	12.50	8.40	65.5	-
Promedio		7.42	11.46	8.18	62.8	<0.1
Rango		7.23 - 7.8	10.1 - 12.5	7.96 - 8.4	54.3 - 65.5	- - -

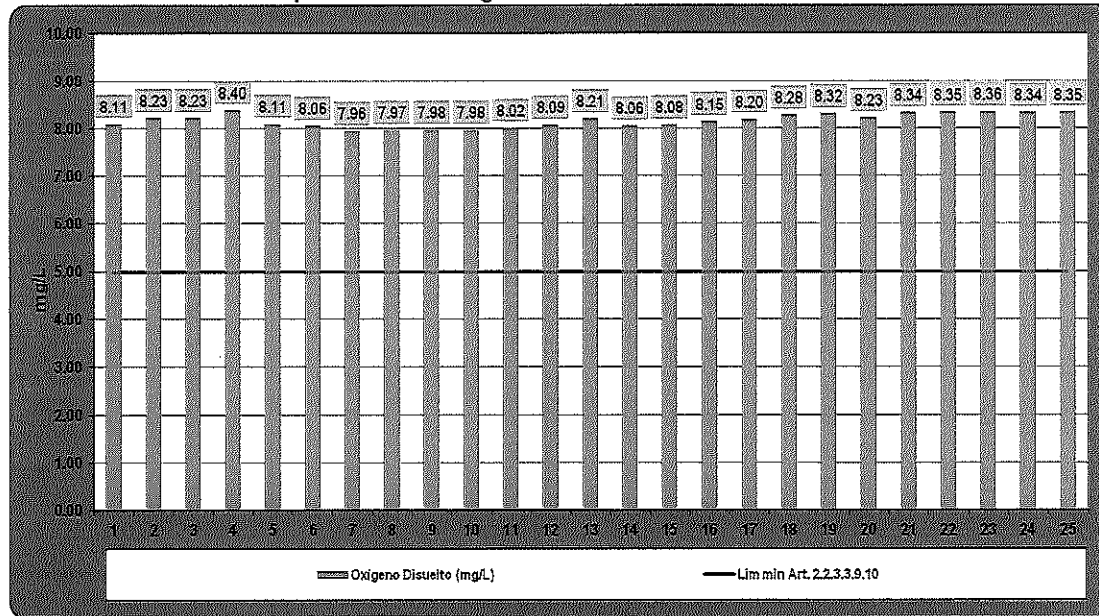
Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2017

Gráfica 1. Comportamiento pH – Quebrada La Colosa Punto 1



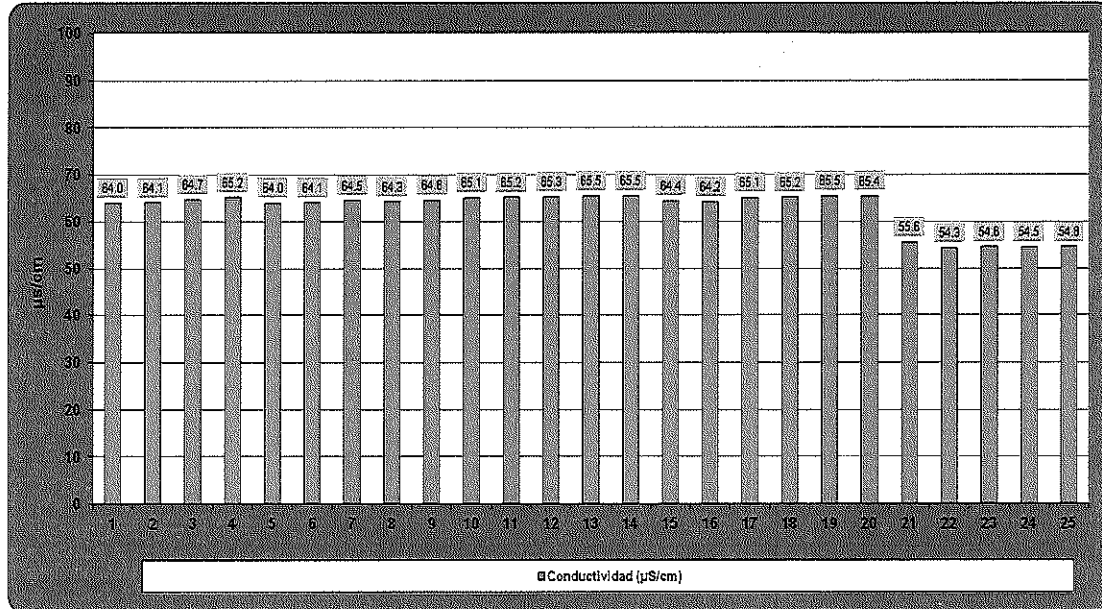
Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2017

Gráfica 2. Comportamiento Oxígeno Disuelto – Quebrada La Colosa Punto 1



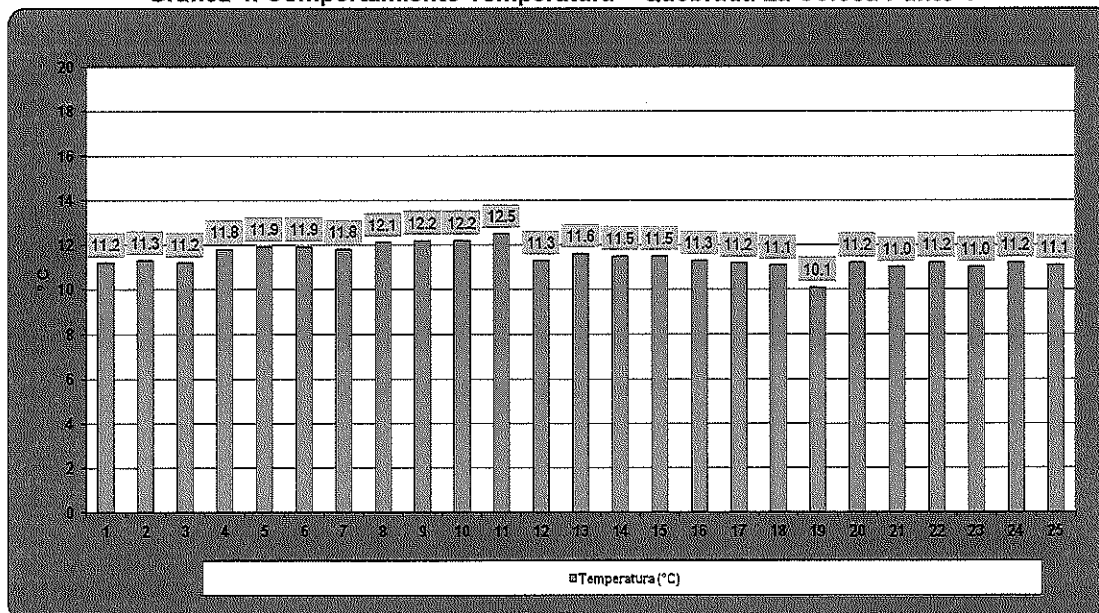
Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2017

Gráfica 3. Comportamiento Conductividad - Quebrada La Colosa Punto 1



Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2017

Gráfica 4. Comportamiento Temperatura – Quebrada La Colosa Punto 1



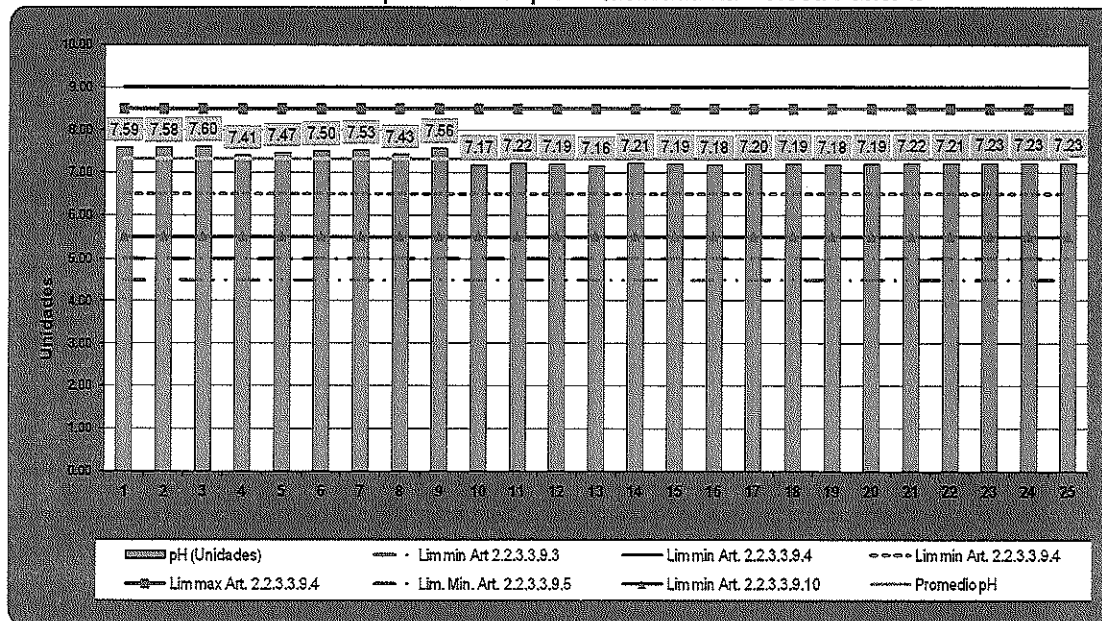
Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2017

Tabla 13. Parámetros In Situ Quebrada La Colosa Punto 2

Alicuota	Hora	pH (Unidades)	Temperatura (°C)	Oxígeno Disuelto (mg/L)	Conductividad (µS/cm)	Sólidos Sedimentables (mL/L)
1	08:00	7.59	11.4	8.39	71.3	0.1
2	09:00	7.58	11.3	8.43	72.4	0.1
3	10:00	7.60	11.8	8.28	68.1	0.1
4	11:00	7.41	11.6	8.36	70.9	0.1
5	12:00	7.47	11.9	8.33	69.7	0.1
6	13:00	7.50	12.2	8.40	71.8	0.1
7	14:00	7.53	12.3	8.47	70.3	0.1
8	15:00	7.43	11.9	7.84	68.7	0.1
9	16:00	7.56	11.2	8.47	70.8	0.1
10	17:00	7.17	11.1	8.21	68.6	0.1
11	18:00	7.22	11.6	8.31	69.5	0.1
12	19:00	7.19	11.8	8.26	68.1	0.1
13	20:00	7.16	11.8	8.32	69.2	0.1
14	21:00	7.21	11.9	8.28	68.7	0.1
15	22:00	7.19	11.8	8.27	68.5	0.1
16	23:00	7.18	11.6	8.31	62.1	0.3
17	00:00	7.20	11.6	8.26	63.2	0.3
18	01:00	7.19	11.7	8.27	62.5	0.4
19	02:00	7.18	11.5	8.25	62.4	0.4
20	03:00	7.19	11.4	8.22	62.6	0.4
21	04:00	7.22	11.4	8.19	62.7	0.3
22	05:00	7.21	11.2	8.24	63.1	0.4
23	06:00	7.23	11.2	8.23	62.6	0.5
24	07:00	7.23	11.1	8.20	62.8	0.4
25	08:00	7.23	11.2	8.21	62.9	0.4
Mínimo		7.16	11.1	7.84	62.1	0.1
Máximo		7.60	12.3	8.47	72.4	0.5
Promedio		7.31	11.58	8.28	66.94	0.21
Rango		7.16 - 7.6	11.1 - 12.3	7.84 - 8.47	62.1 - 72.4	0.1 - 0.5

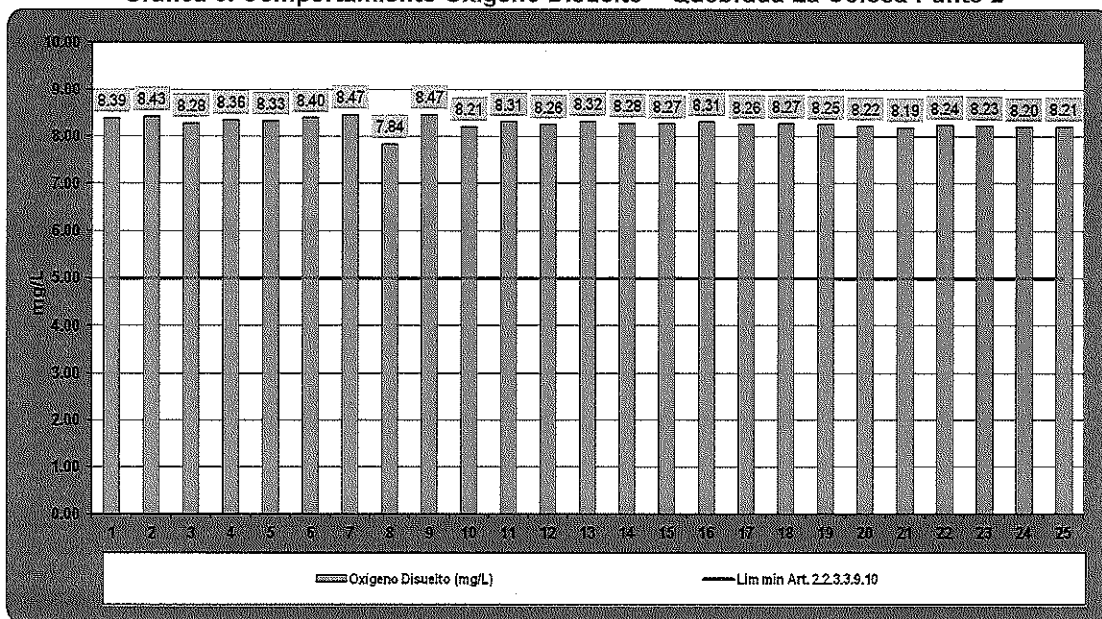
Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2017

Gráfica 5. Comportamiento pH – Quebrada La Colosa Punto 2



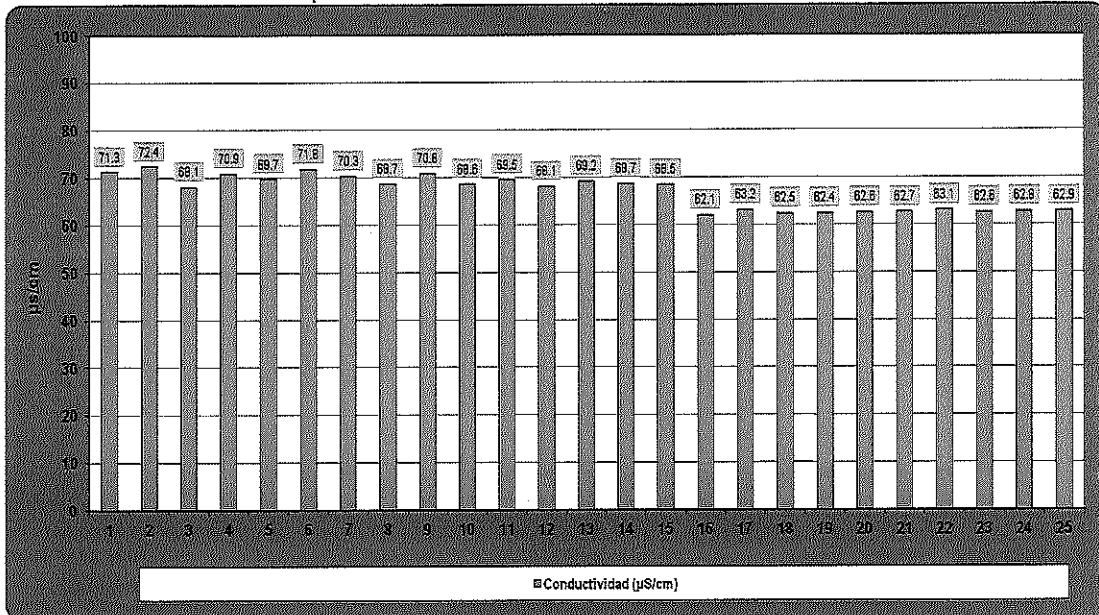
Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2017

Gráfica 6. Comportamiento Oxígeno Disuelto – Quebrada La Colosa Punto 2



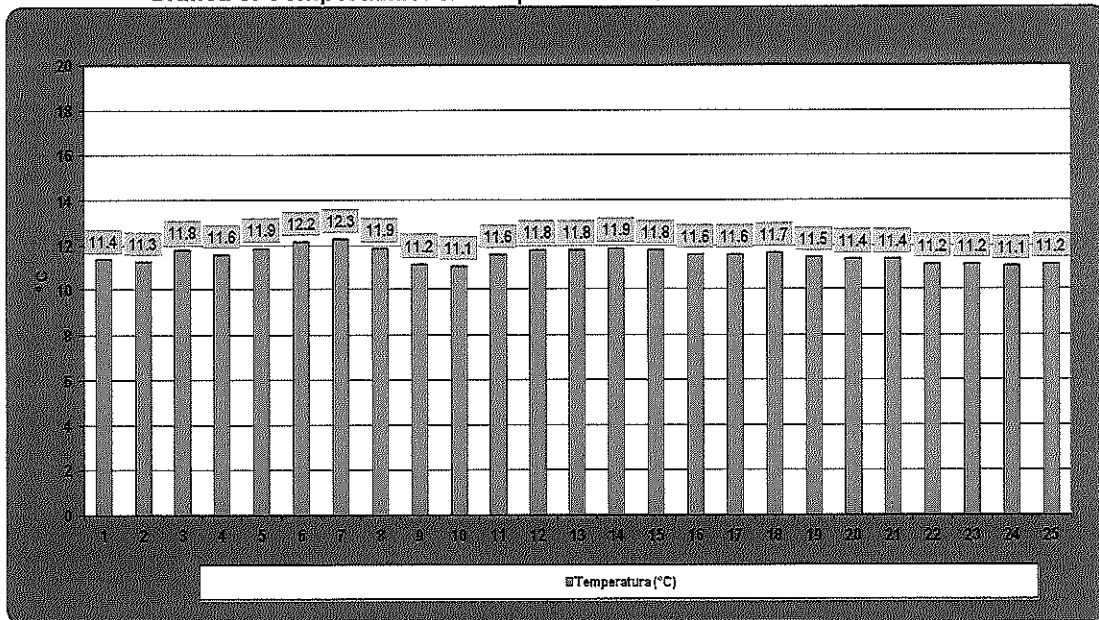
Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2017

Gráfica 7. Comportamiento Conductividad - Quebrada La Colosa Punto 2



Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2017

Gráfica 8. Comportamiento Temperatura – Quebrada La Colosa Punto 2



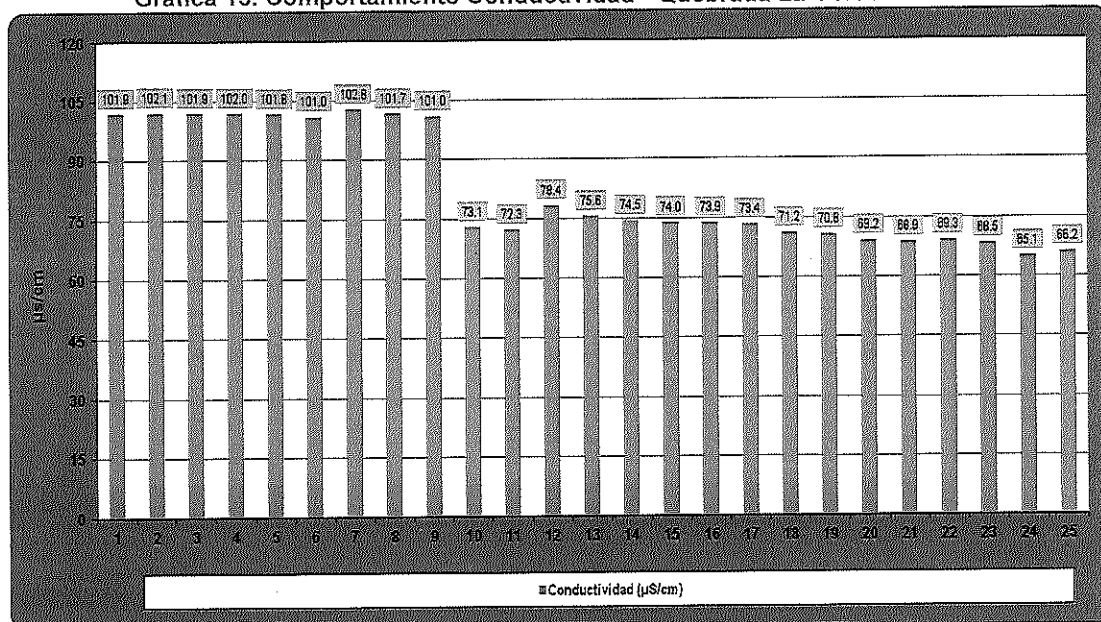
Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2017

Tabla 14. Parámetros in Situ Quebrada La Colosa Punto 3

Alícuota	Hora	pH (Unidades)	Temperatura (°C)	Oxígeno Disuelto (mg/L)	Conductividad (µS/cm)	Sólidos Sedimentables (mL/L)
1	08:00	7.59	11.2	7.71	69.3	<0.1
2	09:00	7.61	11.3	7.73	72.8	<0.1
3	10:00	7.23	12.0	7.69	65.8	<0.1
4	11:00	6.98	12.6	7.65	70.0	<0.1
5	12:00	7.16	12.9	7.68	69.8	<0.1
6	13:00	8.22	13.3	7.59	65.3	<0.1
7	14:00	8.10	13.7	7.52	67.5	<0.1
8	15:00	7.65	13.0	7.65	68.4	<0.1
9	16:00	7.87	13.3	7.46	68.4	<0.1
10	17:00	7.14	12.9	7.55	69.0	<0.1
11	18:00	7.14	12.6	7.60	69.0	<0.1
12	19:00	7.60	12.0	7.26	69.2	<0.1
13	20:00	7.18	12.0	7.50	69.3	<0.1
14	21:00	7.20	11.8	7.55	69.4	<0.1
15	22:00	7.37	11.7	7.60	69.2	<0.1
16	23:00	7.29	11.8	7.50	69.6	<0.1
17	00:00	7.32	11.5	7.55	69.4	<0.1
18	01:00	7.39	11.6	7.48	67.2	<0.1
19	02:00	7.42	11.5	7.53	67.8	<0.1
20	03:00	7.17	11.4	7.60	62.2	<0.1
21	04:00	7.20	11.6	7.65	69.3	<0.1
22	05:00	7.16	11.3	7.50	62.5	<0.1
23	06:00	7.14	11.2	7.53	62.3	<0.1
24	07:00	7.38	11.2	7.63	57.8	<0.1
25	08:00	7.40	11.3	7.60	60.8	<0.1
Mínimo		6.98	11.2	7.26	57.8	-
Máximo		8.22	13.7	7.73	72.8	-
Promedio		7.40	12.03	7.57	67.25	<0.1
Rango		6.98 - 8.22	11.2 - 13.7	7.26 - 7.73	57.8 - 72.8	---

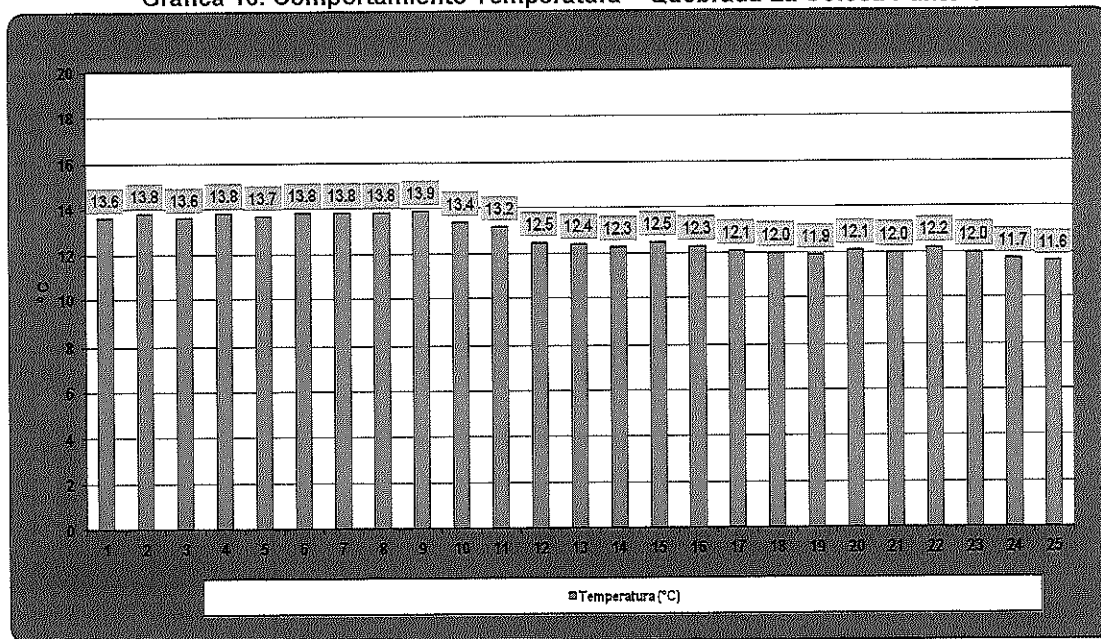
Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2017

Gráfica 15. Comportamiento Conductividad - Quebrada La Colosa Punto 4



Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2017

Gráfica 16. Comportamiento Temperatura – Quebrada La Colosa Punto 4



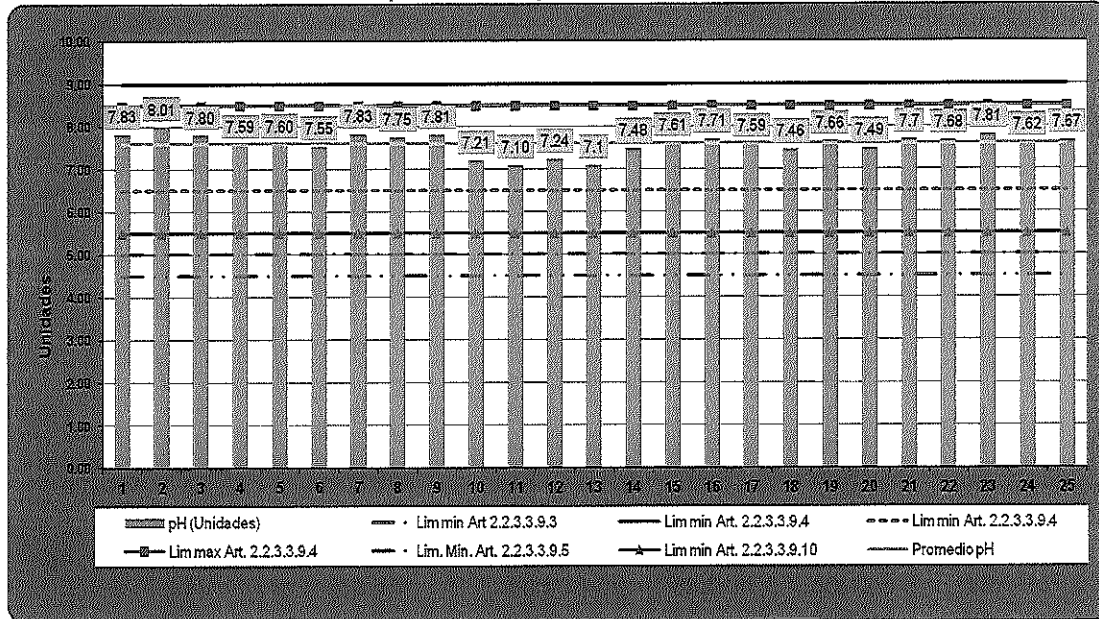
Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2017

Tabla 16. Parámetros In Situ Quebrada La Colosa Punto 5

Alicuota	Hora	pH (Unidades)	Temperatura (°C)	Oxígeno Disuelto (mg/L)	Conductividad (µS/cm)	Sólidos Sedimentables (mL/L)
1	08:00	7.83	11.7	7.92	70.5	0.10
2	09:00	8.01	11.7	7.91	70.5	<0.1
3	10:00	7.80	12	7.86	71.5	0.10
4	11:00	7.59	12.3	7.69	71.2	0.10
5	12:00	7.60	12.1	7.71	71.1	<0.1
6	13:00	7.55	12.5	7.8	71.4	0.10
7	14:00	7.83	13.2	7.65	71.5	0.10
8	15:00	7.75	13.4	7.7	71.9	<0.1
9	16:00	7.81	13.3	7.69	71.7	<0.1
10	17:00	7.21	12.4	7.65	74.6	<0.1
11	18:00	7.10	12.1	7.58	73.1	<0.1
12	19:00	7.24	12.6	7.34	70.4	<0.1
13	20:00	7.1	12.4	7.21	70.6	<0.1
14	21:00	7.48	11.8	7.67	74.2	<0.1
15	22:00	7.61	11.8	7.81	74.6	<0.1
16	23:00	7.71	11.4	7.74	78.3	0.10
17	00:00	7.59	11.4	7.96	76.1	0.10
18	01:00	7.46	11.5	8.01	74.4	0.10
19	02:00	7.66	11.6	8.21	74.2	0.10
20	03:00	7.49	11.4	8.41	74.0	0.20
21	04:00	7.7	11.6	8.09	64.0	0.20
22	05:00	7.68	11.5	8.2	69.0	0.30
23	06:00	7.81	11.8	8.16	69.5	0.30
24	07:00	7.62	11.8	8.04	69.4	0.40
25	08:00	7.67	11.7	8.09	68.4	0.40
Mínimo		7.10	11.4	7.21	64.0	<0.1
Máximo		8.01	13.4	8.41	78.3	0.40
Promedio		7.60	12.04	7.84	71.84	0.18
Rango		7.1 - 8.01	11.4 - 13.4	7.21 - 8.41	64 - 78.3	<0.1 - 0.4

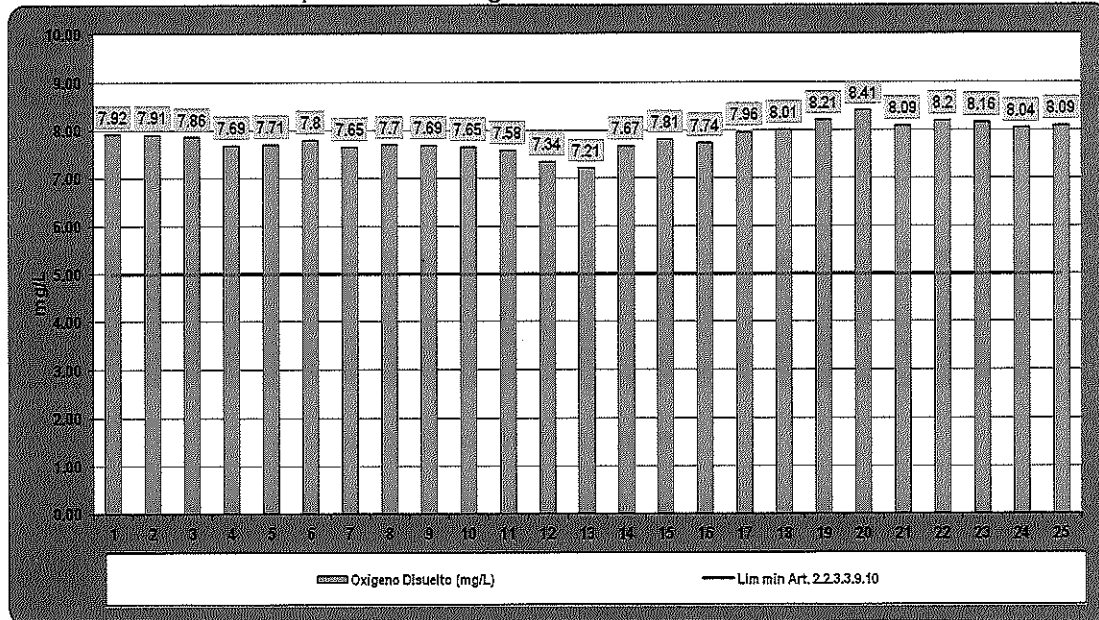
Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2017

Gráfica 17. Comportamiento pH – Quebrada La Colosa Punto 5



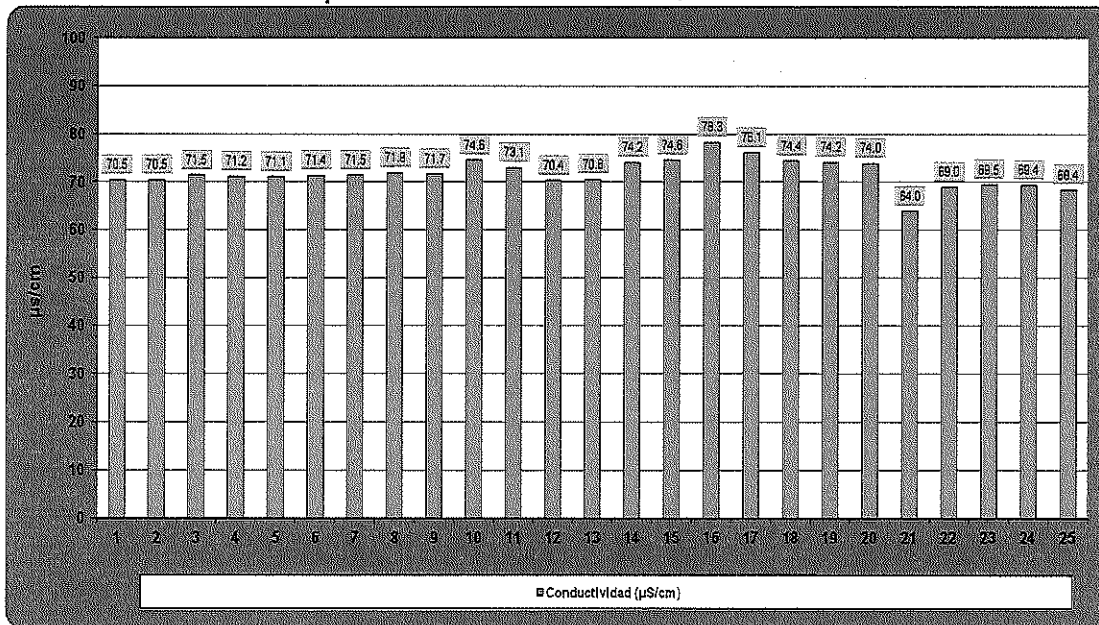
Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2017

Gráfica 18. Comportamiento Oxígeno Disuelto – Quebrada La Colosa Punto 5



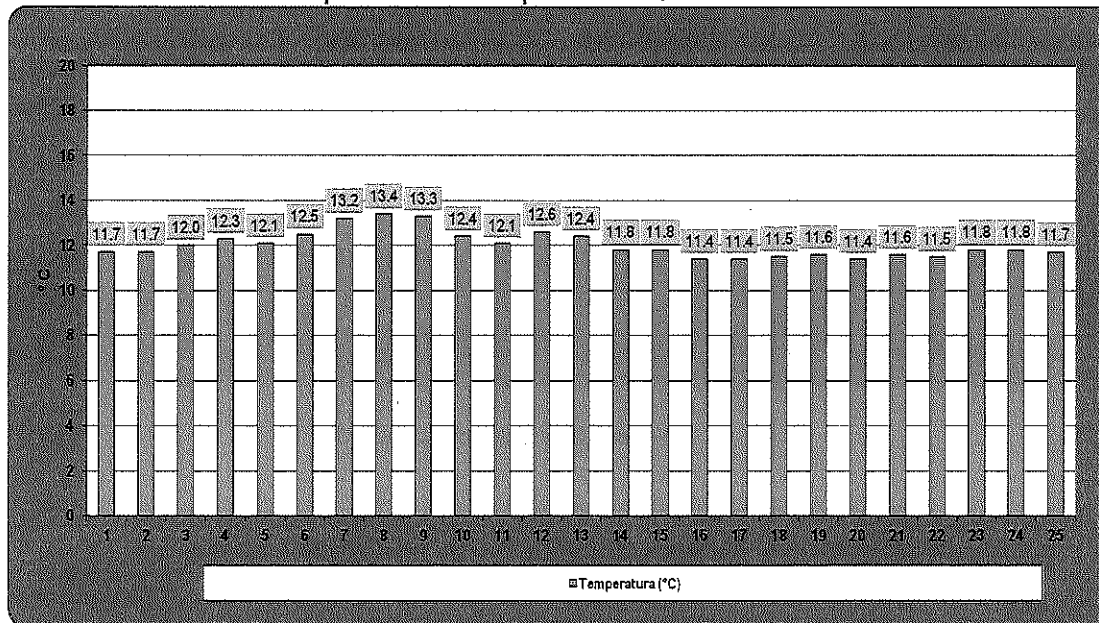
Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2017

Gráfica 19. Comportamiento Conductividad - Quebrada La Colosa Punto 5



Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2017

Gráfica 20. Comportamiento Temperatura – Quebrada La Colosa Punto 5



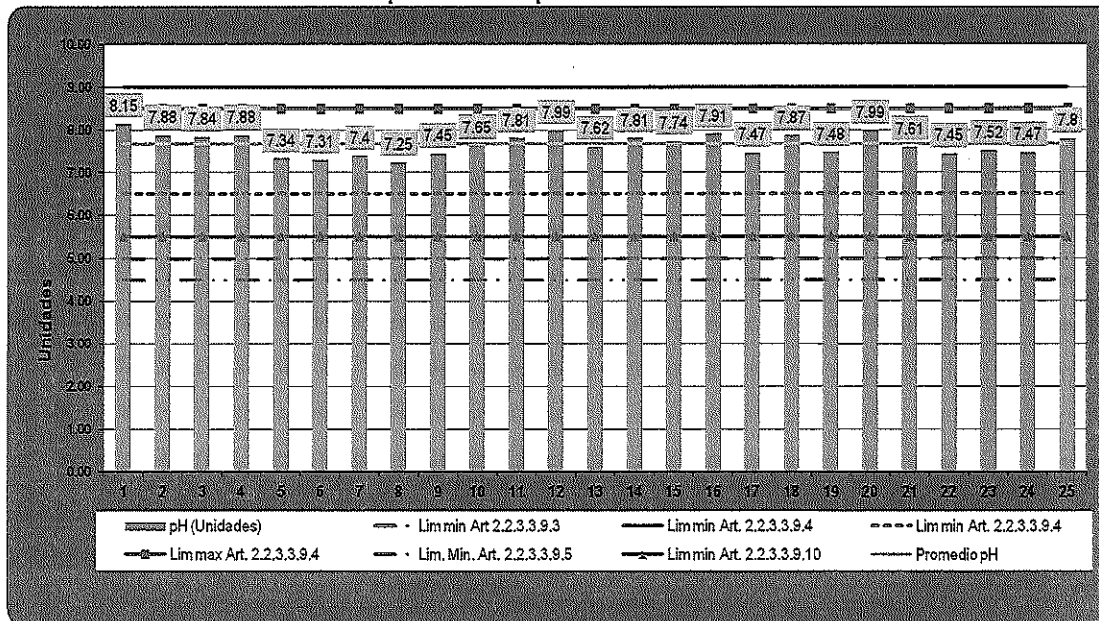
Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2017

Tabla 17. Parámetros In Situ Quebrada La Colosa Punto 6

Alicuota	Hora	pH (Unidades)	Temperatura (°C)	Oxígeno Disuelto (mg/L)	Conductividad (µS/cm)	Sólidos Sedimentables (mL/L)
1	08:00	8.15	11.9	8.01	70.4	<0.1
2	09:00	7.88	11.9	7.9	70.8	0.20
3	10:00	7.84	12.0	8.00	71.2	<0.1
4	11:00	7.88	12.5	7.93	71.0	<0.1
5	12:00	7.34	12.6	7.87	71.7	<0.1
6	13:00	7.31	13.3	7.72	71.6	<0.1
7	14:00	7.4	13.4	7.68	73.3	<0.1
8	15:00	7.25	13.4	7.66	73.3	<0.1
9	16:00	7.45	13.4	7.69	73.4	<0.1
10	17:00	7.65	13.0	7.73	73.0	<0.1
11	18:00	7.81	13.0	7.62	73.1	<0.1
12	19:00	7.99	12.8	7.49	73.4	<0.1
13	20:00	7.62	12.4	7.86	73.3	<0.1
14	21:00	7.81	11.9	7.94	76.4	<0.1
15	22:00	7.74	11.8	7.45	75.3	<0.1
16	23:00	7.91	11.9	7.86	74.2	0.1
17	00:00	7.47	11.8	7.77	78.3	0.1
18	01:00	7.87	11.8	8.01	79.1	0.1
19	02:00	7.48	11.7	8.03	72.4	0.1
20	03:00	7.99	11.7	8.10	72.6	0.1
21	04:00	7.61	11.5	8.14	77.4	0.1
22	05:00	7.45	11.5	8.02	78.9	0.1
23	06:00	7.52	11.5	8.07	74.2	0.1
24	07:00	7.47	11.6	8.09	71.3	0.1
25	08:00	7.8	11.6	8.11	76.9	0.1
Mínimo		7.25	11.5	7.45	70.4	0.1
Máximo		8.15	13.4	8.14	79.1	0.2
Promedio		7.67	12.24	7.87	73.86	0.11
Rango		7.25 - 8.15	11.5 - 13.4	7.45 - 8.14	70.4 - 79.1	0.1 - 0.2

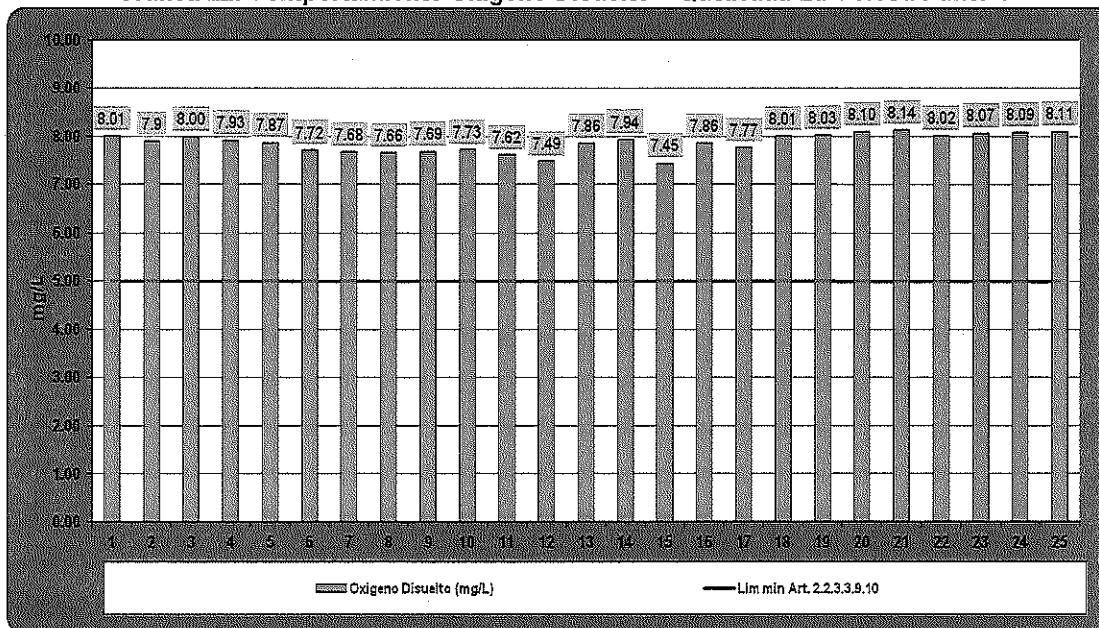
Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2017

Gráfica 21. Comportamiento pH – Quebrada La Colosa Punto 6



Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2017

Gráfica 22. Comportamiento Oxígeno Disuelto – Quebrada La Colosa Punto 6



Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2017

La determinación del Oxígeno Disuelto es un factor de relevancia en los análisis y procesos fisicoquímicos y biológicos del agua. Su importancia deriva del papel que desempeña en los procesos de transformación de la materia orgánica y por su nivel de importancia en la supervivencia de los organismos acuáticos. En este sentido es posible determinar que las concentraciones de Oxígeno Disuelto obtenidas en los 6 puntos de muestreo son adecuadas por encontrarse superiores a 5 mg/L (Límite Mínimo Art. 2.2.3.3.9.10), así como el porcentaje de saturación de este elemento en el agua ya que se encuentra por encima del 70%; la concentración más alta se registró en el punto 2 con 8.28 mg/L, y la más baja de 7.51 mg/L en el punto 4. El Decreto 1076 del 2015, en su artículo 2.2.3.3.9.10 establece los valores de referencia para la destinación del recurso para preservación de flora y fauna, en aguas dulces, frías o cálidas y en aguas marinas o estuarinas, para el cual se registra pleno cumplimiento en todos los puntos monitoreados.

5.1.2 Parámetros analizados en el Laboratorio

En las Tablas 18 y 19 se presentan los resultados de los parámetros analizados en los (6) seis puntos monitoreados de la Quebrada La Colosa.

Tabla 18. Parámetros analizados en el laboratorio - Punto 1, Punto 2 y Punto 3
Quebrada La Colosa

PARÁMETROS	RESULTADOS		
	COLOSA PUNTO 1	COLOSA PUNTO 2	COLOSA PUNTO 3
	BO1703482.001	BO1703482.002	BO1703482.003
pH, unidades	7.42	7.31	7.40
Temperatura, °C	11.5	11.6	12.0
Oxígeno Disuelto mg/L	8.18	8.28	7.57
Conductividad, uS/cm	62.8	66.9	67.3
Sólidos Sedimentables, mL/L	<0.1	0.21	<0.1
Alcalinidad, mg CaCO ₃ /L	7.7	8.1	8.8
Cianuro Libre, mg CN/L	<0.02	<0.02	<0.02
Cianuro Total, mg CN/L	<0.011	<0.011	<0.011
DBO ₅ , mg O ₂ /L	14.25	<1.94	<1.94
DQO, mg O ₂ /L	28.45	<9.71	<9.71
Detergentes, mg SAAM/L	<0.30	<0.30	<0.30
Dureza Total, mg CaCO ₃ /L	21.2	19.3	20.6
Fenoles Totales, mg Fenol/L	<0.157	<0.157	<0.157
Fósforo Total, mg P/L	<0.05	<0.05	<0.05
Grasas y Aceites mg GyA/L	<2.17	<2.17	<2.17
Hidrocarburos Totales, mg/L	<2.1	<2.1	<2.1
Nitrógeno Amoniacal, mg NH ₃ – N/L	<0.988	<0.988	<0.988
Nitrógeno Total, mg N/L	<5.31	<5.31	<5.31
Sólidos Disueltos Totales, mg SDT/L	40	38.5	45
Sólidos Suspendidos Totales, mg SST/L	10.4	7.2	10.8
Turbiedad, NTU	4.45	4.6	3.3
Cloruros, mg Cl/L	2.55	0.23	0.27
Nitratos, mg NO ₃ /L	0.12	<0.05	0.41
Ortofosfatos, mg PO ₄ /L	<0.111	<0.111	<0.111
Sulfatos, mg SO ₄ /L	15.48	18.66	19.12
Coliformes Fecales, NMP/100 mL *	310	480	460
Coliformes Totales, NMP/100 mL *	2400	2400	1700

PARÁMETROS	RESULTADOS		
	COLOSA PUNTO 1	COLOSA PUNTO 2	COLOSA PUNTO 3
	BO1703482.001	BO1703482.002	BO1703482.003
Aluminio, mg Al/L	0.21	<0.159	<0.159
Bario, mg Ba/L	<0.141	<0.141	<0.141
Cadmio, mg Cd/L	<0.0048	<0.0048	<0.0048
Calcio, mg Ca/L	6.29	5.89	6.07
Cobre, mg Cu/L	0.015	0.016	0.019
Cromo, mg Cr/L	<0.0046	<0.0046	<0.0046
Hierro, mg Fe/L	0.539	0.423	0.499
Magnesio, mg Mg/L	1.22	1.21	1.27
Mercurio, mg Hg/L	<0.0006	<0.0006	<0.0006
Molibdeno, mg Mo/L	<0.0073	<0.0073	<0.0073
Níquel, mg Ni/L	<0.0045	<0.0045	<0.0045
Plata, mg Ag/L	<0.007	<0.007	<0.007
Plomo, mg Pb/L	<0.0054	<0.0054	<0.0054
Potasio, mg K/L	1.29	1.24	1.46
Sodio, mg Na/L	4.88	4.98	5.13
Zinc, mg Zn/L	<0.1588	<0.1588	<0.1588

*Parámetro Subcontratado

Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2017

Tabla 19. Parámetros analizados en el laboratorio - Punto 4, Punto 5 y Punto 6
Quebrada La Colosa

PARÁMETROS	RESULTADOS		
	COLOSA PUNTO 4	COLOSA PUNTO 5	COLOSA PUNTO 6
	BO1703482.004	BO1703482.005	BO1703482.006
pH, unidades	7.55	7.60	7.67
Temperatura, °C	12.8	12.0	12.2
Oxígeno Disuelto mg/L	7.51	7.84	7.87
Conductividad, uS/cm	82.4	71.8	73.9
Sólidos Sedimentables, mL/L	0.24	0.18	0.11
Alcalinidad, mg CaCO ₃ /L	10.9	10.4	10.4
Cianuro Libre, mg CN/L	<0.02	<0.02	<0.02
Cianuro Total, mg CN/L	<0.011	<0.011	<0.011
DBO ₅ , mg O ₂ /L	<1.94	<1.94	<1.94
DQO, mg O ₂ /L	<9.71	<9.71	<9.71
Detergentes, mg SAAM/L	<0.30	<0.30	<0.30
Dureza Total, mg CaCO ₃ /L	21	16.1	15.8
Fenoles Totales, mg Fenol/L	<0.157	<0.157	<0.157
Fósforo Total, mg P/L	<0.05	<0.05	<0.05
Grasas y Aceites mg GyA/L	<2.17	<2.17	<2.17
Hidrocarburos Totales, mg/L	<2.1	<2.1	<2.1
Nitrógeno Amoniacal, mg NH ₃ – N/L	<0.988	<0.988	<0.988
Nitrógeno Total, mg N/L	<5.31	<5.31	<5.31
Sólidos Disueltos Totales, mg SDT/L	54	43	44
Sólidos Suspendidos Totales, mg SST/L	4.4	4.8	6.4
Turbiedad, NTU	3.4	2.38	3.3
Cloruros, mg Cl/L	0.33	0.53	0.28
Nitratos, mg NO ₃ /L	0.2	0.15	0.28
Ortofosfatos, mg PO ₄ /L	<0.111	<0.111	<0.111
Sulfatos, mg SO ₄ /L	19.57	19.61	18.48
Coliformes Fecales, NMP/100 mL *	18	840	18
Coliformes Totales, NMP/100 mL *	1200	2400	2400
Aluminio, mg Al/L	<0.159	<0.159	<0.159
Bario, mg Ba/L	<0.141	<0.141	<0.141
Cadmio, mg Cd/L	<0.0048	<0.0048	<0.0048
Calcio, mg Ca/L	6.19	6.24	6.34

PARÁMETROS	RESULTADOS		
	COLOSA PUNTO 4	COLOSA PUNTO 5	COLOSA PUNTO 6
	BO1703482.004	BO1703482.005	BO1703482.006
Cobre, mg Cu/L	0.015	0.014	0.015
Cromo, mg Cr/L	<0.0046	<0.0046	<0.0046
Hierro, mg Fe/L	0.523	0.42	0.568
Magnesio, mg Mg/L	1.35	1.42	1.39
Mercurio, mg Hg/L	<0.0006	<0.0006	<0.0006
Molibdeno, mg Mo/L	<0.0073	<0.0073	<0.0073
Níquel, mg Ni/L	<0.0045	<0.0045	<0.0045
Plata, mg Ag/L	<0.007	<0.007	<0.007
Plomo, mg Pb/L	<0.0054	<0.0054	<0.0054
Potasio, mg K/L	1.66	1.46	1.51
Sodio, mg Na/L	5.04	5.14	5.19
Zinc, mg Zn/L	<0.1588	<0.1588	<0.1588

*Parámetro Subcontratado

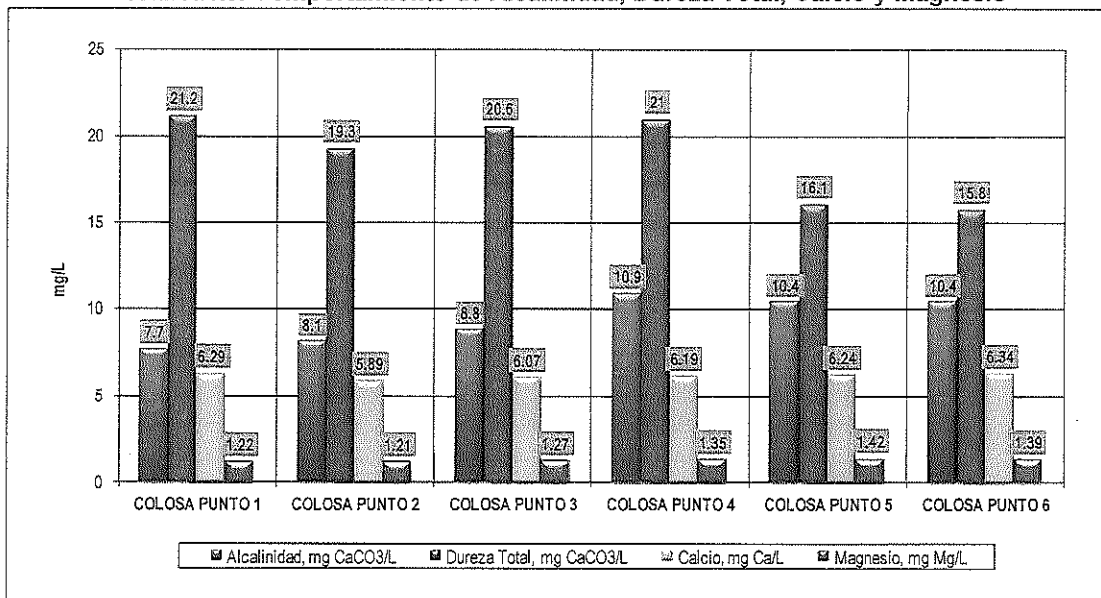
Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2017

La Alcalinidad, definida como la capacidad del agua para neutralizar ácidos, reportó concentraciones bajas, en un rango entre 7.7 mg/L a 10.9 mg/L, valores asociados directamente con el pH reportado, los cuales indican características ligeramente alcalinas.

Por otra parte, los iones más estrechamente ligados con la dureza en cuerpos de agua son el Calcio y el Magnesio, los cuales forman comúnmente compuestos carbonatados; la Dureza Total reportada en los 6 puntos evaluados de la Quebrada La Colosa indica características de agua blanda de acuerdo a la clasificación de Romero, puesto que se reportaron valores inferiores a 75 mg/L.

A continuación se representan gráficamente los resultados de los parámetros Alcalinidad Total, Dureza Total, Calcio y Magnesio, los cuales se asocian al lavado del terreno y los procesos erosivos en las orillas del cauce. Con respecto al cumplimiento normativo, el Decreto 1076 del 2015, Sección 9, no estipula un límite permisible para los parámetros en mención.

Gráfica 25. Comportamiento de Alcalinidad, Dureza Total, Calcio y Magnesio

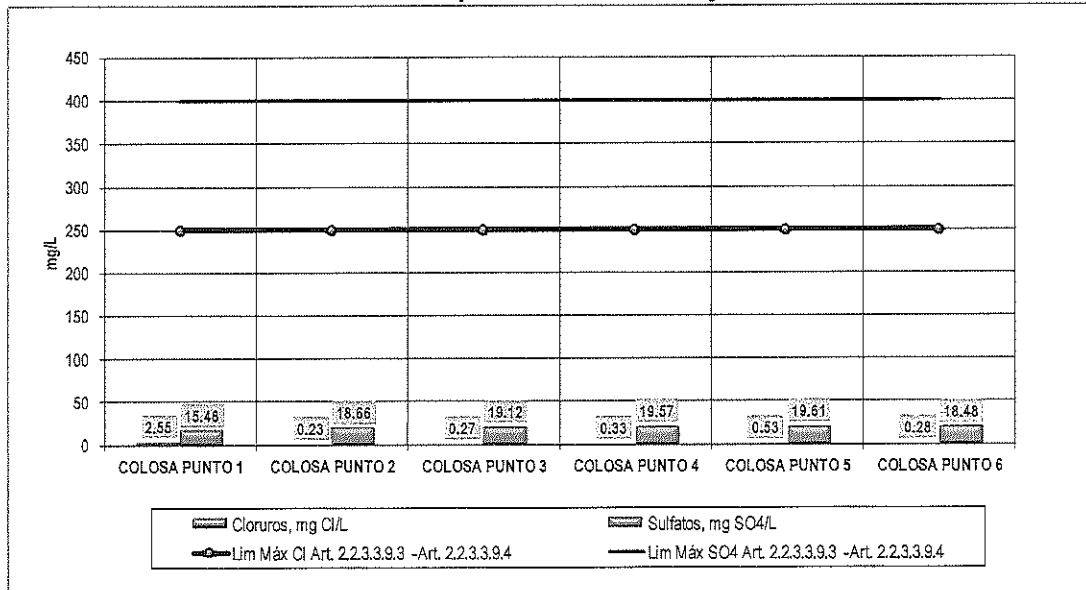


Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2017

Se registraron concentraciones bajas para las sales inorgánicas Sulfatos, comprendidas entre 15.48 mg/L a 19.61 mg/L, registradas en el punto 1 y punto 5 respectivamente, no presenta cambios importantes a lo largo de la quebrada. No obstante, se observa cumplimiento normativo ya que dichas concentraciones son inferiores al límite máximo permisible de 400 mg/L establecido en los artículos 2.2.3.3.9.3 y 2.2.3.3.9.4 del Decreto 1076 del 2015.

El ion Cloruro, al igual que el Sulfato, demuestra un comportamiento estable, registrando concentraciones bajas en todos los puntos de muestreo de la Quebrada La Colosa, con un leve incremento en el punto 1 con 2.55 mg/L, el valor más bajo se reportó en el punto 2 con 0.23 mg/L; el comportamiento de este ion se condiciona por el lavado y arrastre que las aguas lluvias realizan sobre el suelo, pero su concentración depende de la composición de los suelos que atraviesan el lecho fluvial. Los resultados obtenidos cumplen con el criterio de referencia de 250 mg/L estipulados en los artículos 2.2.3.3.9.3 y 2.2.3.3.9.4 del Decreto 1076 del 2015, los cuales estipulan los criterios de calidad admisibles para la destinación del recurso para consumo humano y doméstico.

Gráfica 26. Comportamiento Sulfatos y Cloruros

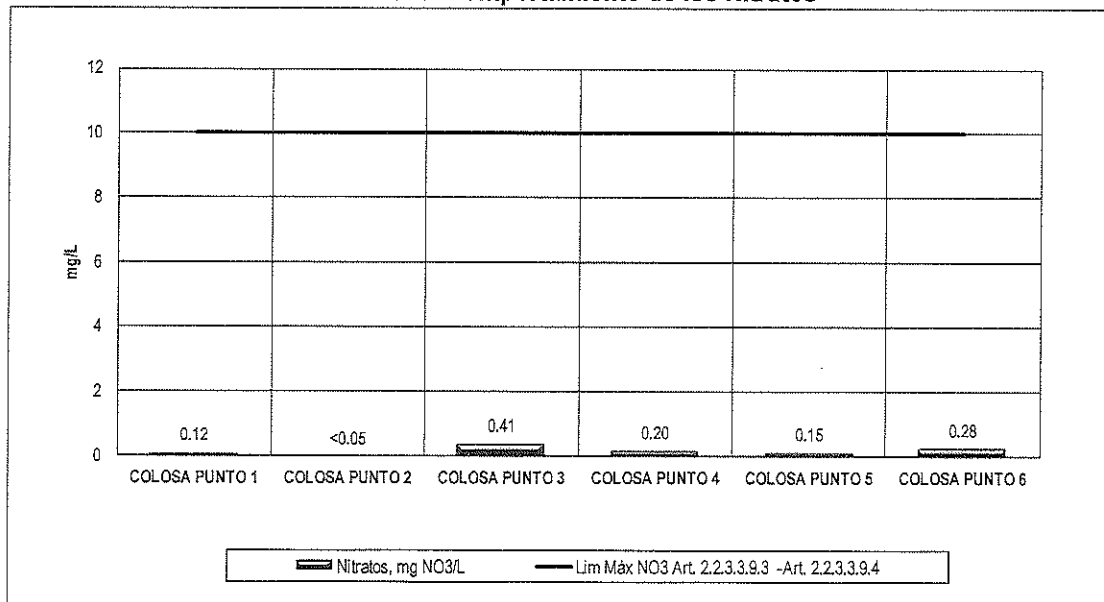


Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2017

El Nitrógeno es un macro nutriente importante para el desarrollo de las plantas y animales, que al encontrarse en concentraciones elevadas en el agua generan procesos de eutrofización; en el presente estudio, se reportaron concentraciones no cuantificables <5.31 mg N/L en todas las muestras. Parámetros como el Nitrógeno Amoniacal y los Nitratos, representan una porción de la carga nitrogenada de los cuerpos de agua, el primero permite establecer si hay contaminación por presencia de materia fecal, y los segundos pueden considerarse subproductos del proceso de degradación de la carga orgánica en aguas residuales domésticas así como del uso de productos agrícolas. Para los puntos de muestreo de agua evaluados en la Quebrada La Colosa, el Nitrógeno Amoniacal reportó en todos los casos valores inferiores al límite de cuantificación de la técnica analítica (<0.988 mg NH₃-N/L); y para los Nitratos, se registraron concentraciones en el rango de <0.05 mg NO₃/L hasta 0.41 mg NO₃/L. De acuerdo con lo anterior y los resultados reportados, se descartan alteraciones en la calidad del agua por estos compuestos.

En cuanto a la comparación normativa, los Nitratos cumplen con los límites establecidos en los Artículos 2.2.3.3.9.3 y 2.2.3.3.9.4 del Decreto 1076 de 2015. Sin embargo, para Nitrógeno Amoniacal y Nitrógeno Total, la norma no establece límites permisibles, por tanto, no es posible determinar su cumplimiento.

Gráfica 27. Comportamiento de los Nitratos



Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2017

El Fósforo puede existir en aguas naturales, principalmente en forma de fosfatos y ortofosfatos; el fósforo en un cuerpo de agua permite la formación de biomasa, la cual requiere un aumento de la demanda biológica de oxígeno para su oxidación aerobia, además de los procesos de eutrofización y consecuentemente crecimiento de fitoplancton. El fósforo en forma de Ortofosfatos, es nutriente de organismos fotosintetizadores y por tanto un componente limitante para el desarrollo de las comunidades, su determinación es necesaria para estudios de polución de ríos, así como en procesos químicos y biológicos de purificación y tratamiento de aguas (Roldán, 2003). En el presente estudio, tanto para Fósforo Total como para Ortofosfatos, las concentraciones no fueron cuantificables, para todos los casos se reporta el límite cuantificación de método de análisis, <0.05 mg P/L para Fósforo Total y <0.111 mg PO₄/L. Por su parte, el Decreto 1076 de 2015 no establece valores de referencia para estos parámetros.



Fecha de Emisión: 2017-05-26
OL 303818 / 2017
Pág. 66 de 108

El Cianuro es indicador de toxicidad en el agua puesto que resulta tóxico para muchas especies, siendo un veneno potente y de acción rápida (Enfermedades, 2006). Para los seis (6) puntos de muestreo evaluados no se registraron concentraciones tanto en su forma libre como total, reportándose los respectivos límites de cuantificación de las técnicas analíticas empleadas por el laboratorio, correspondientes a <0,02 mg CN/L y <0,011 mg CN/L, respectivamente. El Decreto 1076 del 2015 estipula en sus Artículos 2.2.3.3.9.3 y 2.2.3.3.9.4 un valor máximo permisible de 0.2 mg CN/L para el Cianuro Total, el cual se cumple satisfactoriamente.

Las concentraciones de DBO₅ y DQO fueron bajas en todos los puntos monitoreados, reportando el límite de cuantificación de las técnicas analíticas (1.94 mg O₂/L en DBO y 9.71 mg O₂/L en DQO), infiriendo bajo contenido de materia orgánica; excepto en el Punto 1 donde la concentración registró un leve aumento. No obstante, se descartan alteraciones en la calidad del agua por la presencia de compuestos orgánicos fácilmente degradables y de aquellos que requieren oxidación química; lo anterior es acorde con el comportamiento de los compuestos orgánicos Detergentes, Fenoles Totales, Grasas y Aceites e Hidrocarburos Totales, reportando en todos los casos los límites de cuantificación de las técnicas analíticas empleadas. Respecto al régimen normativo, el Decreto 1076 del 2015 no estipula ningún límite permisible para estos parámetros; para el caso de los Fenoles no es posible determinar su cumplimiento debido a que el límite de cuantificación (0.157 mg/L) es mayor al criterio máximo permisible (0.002 mg/L) establecido en los artículos 2.2.3.3.9.3 y 2.2.3.3.9.4 del Decreto 1076 de 2015.

En lo que respecta a aspectos organolépticos y/o físicos, el agua presentó alta transparencia con apariencia cristalina y ausencia de color en los seis puntos monitoreados, sin material flotante ni sólidos suspendidos; esta última condición presentó alteraciones en aquellos puntos donde hubo presencia de lluvias.

Los sólidos suspendidos son compuestos coloidales que permanecen suspendidos en el agua por repulsión electrostática entre las partículas que los componen, generando la característica de turbidez al agua y disminuyendo el paso de luz, así como los procesos de fotosíntesis, lo que a su vez disminuye los niveles de oxígeno en el agua, afectando el desarrollo de la vida acuática. Las concentraciones de Sólidos Suspendidos Totales