

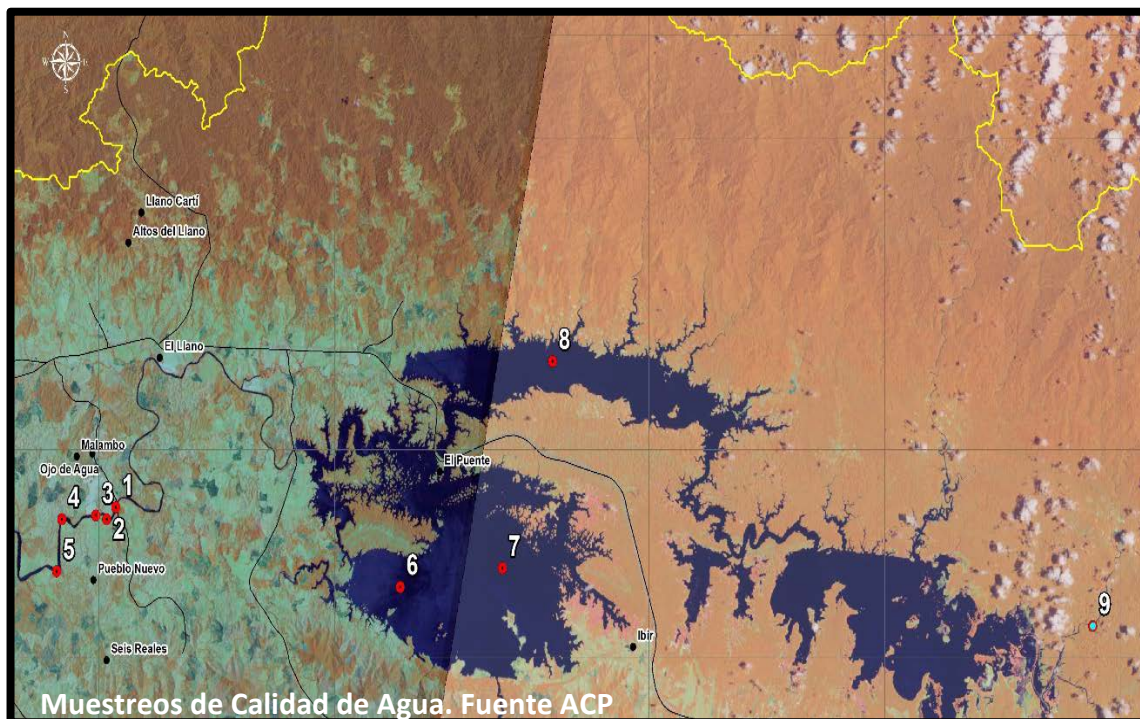


CANAL DE PANAMÁ

“Análisis de Pre-factibilidad y factibilidad para determinar el Potencial del Río Bayano para la Producción de Agua Potable para las regiones de Panamá Este y Metropolitana”

Contrato No. 025 (2016)

Estudio de Calidad de Agua del Río Bayano



Río Bayano, Distrito de Chepo, Provincia de Panamá

Septiembre 2017

Índice

1. Introducción.....	2
2. Objetivo	3
3. Alcance.....	3
4. Localización.....	3
5. Antecedentes.....	6
6. Metodología	6
6.1 Cronograma de toma de muestras de agua.....	6
6.2 Descripción de los análisis.....	6
6.3 Métodos de análisis	7
6.3.1 Parámetros, equipos de medición y límites de detección.....	7
6.4 Análisis de los datos	9
6.5 Personal profesional en los estudios de calidad de agua	9
7. Resultados	9
7.1 Control de calidad	21
7.2 Índice de Calidad de Agua	23
8. Conclusiones.....	24
9. Bibliografía.....	25
10. ANEXOS.....	25

1. Introducción

A pesar de que la República de Panamá, cuenta con una abundante oferta hídrica, enfrenta retos importantes para lograr que el agua esté disponible en calidad y cantidad para los diferentes usos y usuarios. En vista de lo anterior se elaboró en conjunto con el sector privado, público y la sociedad en general, el Plan Nacional de Seguridad Hídrica (PNSH) 2015-2050 “Agua para todos”; aprobado mediante la Resolución de Gabinete No. 114 de 23 de agosto de 2016.

El PNSH establece la estrategia de planeación a corto, mediano y largo plazo, que la República de Panamá adopta para asegurar la disponibilidad de agua para consumo humano, la seguridad alimentaria, el uso de todos los sectores económicos y la salud de los ecosistemas, como también, para prevenir los efectos del cambio climático, con el manejo más eficiente de los recursos hídricos, la protección, conservación y recuperación de las cuencas hidrográficas a través de la coordinación interinstitucional, la consulta y participación de los actores claves, el uso de nuevas tecnologías, para el desarrollo de nuevas capacidades, así como la ejecución de inversiones necesarias para desarrollar la infraestructura y los servicios requeridos para estos propósitos.

Como parte de la estrategia de implementación, las instituciones con responsabilidad en cada uno de los temas, incluirán en sus planes de trabajo y presupuestos, fondos para implementar de manera coordinada y eficiente las acciones identificadas en el Plan. El Ministerio de Ambiente (MIAMBIENTE) ha incluido en su presupuesto del año 2017 fondos de forma que se alcancen los objetivos de la Meta 1 que se refiere al acceso universal al agua de calidad y servicios de saneamiento, específicamente al programa 2 relacionado con el incremento de los servicios de agua potable.

La cuenca del río Bayano ha sido identificada con potencial hídrico para aumentar y garantizar la oferta hídrica de agua potable en la región Metropolitana y Este de la ciudad de Panamá. Razón por la cual el Ministerio de Ambiente (MIAMBIENTE) ha realizado las coordinaciones y gestiones necesarias para contratar a La Autoridad del Canal de Panamá (ACP), para realizar el contrato de consultoría No. 025 (2016) “Análisis de Pre-factibilidad y Factibilidad para Determinar el Potencial del Río Bayano para la Producción de Agua Potable para las Regiones de Panamá Este y Metropolitana y Alternativas para Reforzar la Capacidad Hídrica de la Cuenca Hidrográfica del Canal de Panamá.”

En virtud de lo establecido en la cláusula Primera del antes mencionado Contrato, la ACP desarrollará los siguientes estudios y actividades:

1. Informe de resultados de las investigaciones del subsuelo, estudios topográficos, pruebas de laboratorio, calidad de agua y estudios socio-ambientales.
2. Estudios hidrológicos: Potencial hídrico del río Bayano para suministro de agua a la región Panamá Este, el área Metropolitana y alternativas para reforzar la capacidad hídrica de la CHCP como fuente de agua potable.
3. Estudios de Pre-Factibilidad de las alternativas tomando en cuenta escenarios de demanda de agua potable de región de Panamá Este, el área Metropolitana y alternativas para reforzar la capacidad hídrica de la CHCP como fuente de agua potable.

4. Estudio de Factibilidad y diseño conceptual, a nivel de factibilidad, de la alternativa seleccionada.

El presente documento corresponde al estudio de calidad de agua del río Bayano cumpliendo con el Producto No. 1, que tiene un plazo de entrega de 6 meses después de la orden de proceder. Para este fin se realizaron los muestreos de aguas superficiales provenientes de diferentes estaciones de monitoreo ubicadas en la Cuenca Hidrográfica No. 148 de río Bayano, que servirán de base para la evaluación de factibilidad de fuentes adicionales de agua, con el objetivo de atender la proyección de la demanda futura para los diferentes usos, sobre todo priorizando su uso productivo y para el consumo humano.

2. Objetivo

Realizar muestreos y análisis de calidad de agua en los sitios de muestreos dentro de la cuenca No. 148 del río Bayano; como parte de los estudios necesarios para determinar el potencial del río Bayano para la producción de agua potable para las regiones de Panamá Este y el área Metropolitana.

3. Alcance

El estudio de calidad de agua está desarrollado en cuatro (4) campañas de monitoreo en cuatro (4) meses. Las campañas se realizaron en los meses de mayo, junio, julio y agosto. Se identificaron 9 sitios de monitoreo: 3 ubicados en lugares estratégicos del Lago Bayano, 1 sitio en el curso original de río Bayano (aguas arriba) y los otros 5 sitios ubicados aguas abajo de la presa de la Central Hidroeléctrica Ascanio Villalaz.

El análisis de las muestras se enfocó a determinar parámetros físicos, químicos y microbiológicos identificando, para ello, 35 parámetros que son los siguientes: Aceites y Grasas, Alcalinidad, Coliformes Totales, Coliformes Fecales, Conductividad, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Dureza Total, Fósforo Total, Nitratos, Nitritos, Cloruros, Oxígeno Disuelto, pH, Salinidad, Sólidos Suspendidos, Sólidos Disueltos Totales, Sólidos Totales, Sulfatos, Transparencia, Turbiedad, Temperatura, Arsénico, Aluminio, Calcio, Cadmio, Cromo Total, Cobre, Hierro Disuelto, Níquel, Magnesio, Mercurio, Potasio, Plomo, Sodio, Zinc; aplicado a los nueve (9) sitios de monitoreo para agua superficial.

4. Localización

El área de estudio está dividido en tres partes: la primera comprende los sitios del 1 al 5 aguas abajo de la presa de la Central Hidroeléctrica Ascanio Villaláz, la segunda comprende los sitios 6, 7 y 8 localizados en el Lago Bayano (embalse) y la tercera comprende el sitio 9 en el Río Bayano (Ver Figura 1). En la Tabla 1 se encuentran las coordenadas de los sitios de muestreo.

Tabla No. 1 Ubicación de los sitios de muestreo			
PUNTO	COORDENADA ESTE	COORDENADA NORTE	DESCRIPCIÓN
1	721080	1012224	Aguas abajo de la presa de la Central Hidroeléctrica Ascanio Villalaz
2	720511	1011650	Aguas abajo de la presa de la Central Hidroeléctrica Ascanio Villalaz
3	719613	1011833	Aguas abajo de la presa de la Central Hidroeléctrica Ascanio Villalaz
4	717645	1011653	Aguas abajo de la presa de la Central Hidroeléctrica Ascanio Villalaz
5	717312	1009144	Aguas abajo de la presa de la Central Hidroeléctrica Ascanio Villalaz
6	739214	1008382	Lago Bayano
7	745679	1009293	Lago Bayano
8	748876	1019297	Lago Bayano
9	783648	1007264	Río Bayano

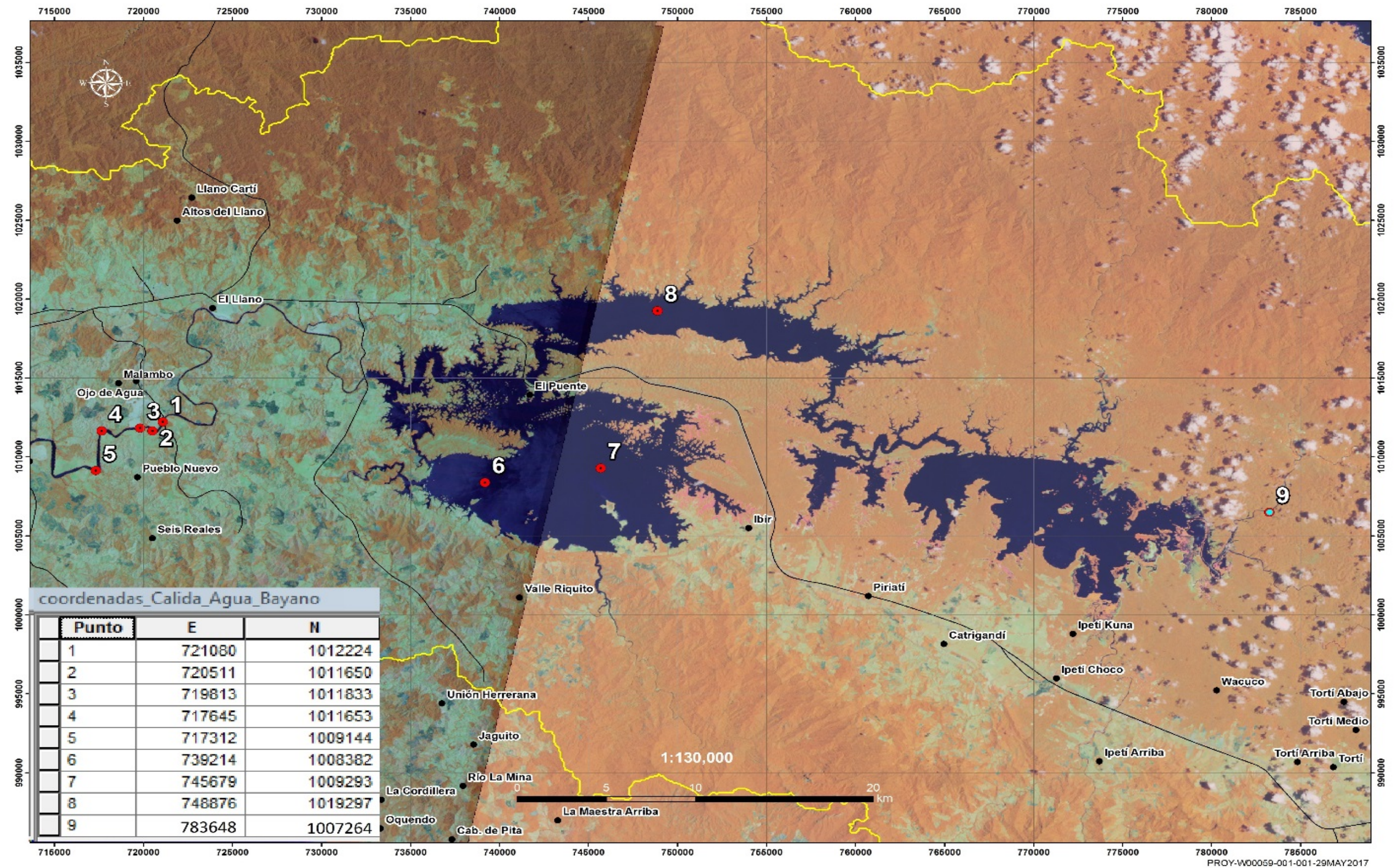


Figura 1. Mapa de localización de los sitios de muestreo. Fuente ACP

5. Antecedentes

Para la elaboración del estudio de calidad de agua se tomó como base, la propuesta de la Sección de Recursos Hídricos de la División de Agua de la ACP de 2016 “Proyecto de suministro del agua desde el río Bayano para el consumo municipal e industrial” en la que se propone construir una presa aproximadamente a unos 28 km aguas abajo del sitio de presa de la Central Hidroeléctrica Ascanio Villaláz, próximo a la comunidad de Jesús María, distrito de Chepo, Provincia de Panamá, para captar las aguas turbinadas de la Hidroeléctrica y las aguas de la cuenca complementaria.

Debido al concepto mencionado en el párrafo anterior, se establecieron los cinco (5) sitios de muestreos de la calidad de agua que corresponde a los puntos del 1 al 5 (Ver Tabla No. 1 y Figura 1) que se encuentra aguas abajo de la Central Hidroeléctrica Bayano. Los demás puntos, en el Lago Bayano y sobre el curso del río Bayano, se eligieron estratégicamente para evaluar la calidad de agua para el desarrollo de los estudio de factibilidad y diseño conceptual de la alternativa seleccionada.

6. Metodología

6.1 Cronograma de toma de muestras de agua

Se realizaron cuatro campañas de muestreo, una por mes, dividida en dos días: un día para los sitios del 1 al 8 y el otro para el sitio 9, debido a la lejanía. Los días que se realizaron la toma de muestras corresponden a las siguientes fechas:

- Campaña No. 1: 29 y 31 de Mayo 2017
- Campaña No. 2: 19 y 20 de Junio 2017
- Campaña No. 3: 13 y 14 de Julio 2017
- Campaña No. 4: 10 y 11 de Agosto 2017

Las muestras de aguas superficiales para todos los sitios de muestreo son del tipo puntual, es decir colectadas a una hora determinada, por lo que representará la concentración de los parámetros para ese sitio de muestreo sólo en el instante de la toma de la muestra.

6.2 Descripción de los análisis

El análisis de las muestras se enfocó a determinar parámetros físicos, químicos y microbiológicos de lo siguiente: Aceites y Grasas, Alcalinidad, Coliformes Totales, Coliformes Fecales, Conductividad, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Dureza Total, Fósforo Total, Nitratos, Nitritos, Cloruros, Oxígeno Disuelto, pH, Salinidad, Sólidos Suspendidos, Sólidos Disueltos Totales, Sólidos Totales, Sulfatos, Transparencia, Turbiedad, Temperatura, Arsénico, Aluminio, Calcio, Cadmio, Cromo Total, Cobre, Hierro Disuelto, Níquel, Magnesio, Mercurio, Potasio, Plomo, Sodio, Zinc; aplicado a las nueve (9) muestras de agua superficial durante las cuatro (4) campañas.

Cabe destacar que los análisis de la calidad de agua en la cuenca del río Bayano tiene como objetivo abastecer del vital líquido para el consumo humano a la región Metropolitana y Este.

6.3 Métodos de análisis

Los análisis químicos, físicos y microbiológicos se llevaron a cabo con procedimientos estándares de acuerdo al Manual “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater”. Se incluyeron blancos de laboratorio, el equipo utilizado para cada tipo de pruebas, método, límite de detección del método y la cadena de custodia.

6.3.1 Parámetros, equipos de medición y límites de detección

En la Tabla No. 2 se muestran los parámetros, equipos de medición y límites de detección utilizados en el análisis de la calidad de agua en la cuenca No. 148 de río Bayano. Además, en el Anexo-B se puede apreciar el listado de los métodos acreditados por el Consejo Nacional de Acreditación.

Tabla No. 2 Listado de parámetros analizados, equipo de medición y límites de detección			
PARÁMETROS ANALIZADOS	EQUIPO UTILIZADO	METODOLOGÍA UTILIZADA	LÍMITE DE DETECCIÓN
1. Aceites y Grasas (mg/L)	Balanza	SM-5520-B	<2,0
2. Alcalinidad (mgCaCO ₃ /L)	Bureta Digital	SM-2320-B	<0,10
3. Coliformes totales (NMP/100mL)	Incubadora	SM_9223-2(B)	<1
4. Coliformes Fecales (NMP/100mL)	Incubadora	Colilert 18 40CFR Part 136.3	<1
5. Conductividad (μS/cm)	Equipo Multiparámetros	SM-2510-B	<0,010
6. Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg O ₂ /L)	Medidor de Oxígeno Disuelto	SM-5210-B	<2,0
7. Dureza Total (mg/L)	Bureta Digital	SM-2340-C	<0,10
8. Fósforo Total (mg P _T /L)	Espectrofotómetro Pharo 300	SM-4500-P _T -D	<0,5
9. Nitratos (mg NO ₃ ⁻ /L)	Cromatógrafo Iónico	SM-4110-B	<0,0001
10. Nitritos (mg NO ₂ ⁻ /L)	Cromatógrafo Iónico	SM-4110-B	<0,0001
11. Cloruros (mg Cl ⁻ /L)	Cromatógrafo Iónico	SM-4110-B	<0,0001
12. Oxígeno Disuelto (mg O ₂ /L)	Equipo Multiparámetros	SM-4500-O-G	<0,010
13. pH (Unidad de pH)	Equipo Multiparámetros	SM-4500-H ⁺ -B	<0,010
14. Salinidad	Equipo Multiparámetros	SM-2520-B	<0,01
15. Sólidos Suspendidos (mg/L)	Balanza Analítica	SM-2540-D	<1,0
16. Sólidos Disueltos Totales (mg/L)	Balanza Analítica	SM-2540-C	<0,01
17. Sólidos Totales (mg/L)	Balanza Analítica	SM-2540-B	<1,0
18. Sulfatos (mgSO ₄ ²⁻ /L)	Cromatógrafo Iónico	SM-4110-B	<0,0001
19. Transparencia (m)	Disco Secchi	Penetración de Luz	<1,0
20. Turbiedad (NTU)	Turbidímetro	SM-2130-B	<0,01
21. Temperatura (°C)	Equipo Multiparámetros	SM-2550-B	<0,01
22. Arsénico (mg As/L)	ICP	SM-3030-B/3120-B	<0,001
23. Aluminio (mg Al/L)	ICP	SM-3030-B/3120-B	<0,001
24. Calcio (mg Ca/L)	ICP	SM-3030-B/3120-B	<0,001
25. Cadmio (mg Cd/L)	ICP	SM-3030-B/3120-B	<0,001
26. Cromo Total (mg Cr/L)	ICP	SM-3030-B/3120-B	<0,001
27. Cobre (mg Cu/L)	ICP	SM-3030-B/3120-B	<0,001
28. Hierro Disuelto (mg Fe/L)	ICP	SM-3030-B/3120-B	<0,001
29. Níquel (mg Ni/L)	ICP	SM-3030-B/3120-B	<0,001
30. Magnesio (mg Mg/L)	ICP	SM-3030-B/3120-B	<0,001
31. Mercurio (mg Hg/L)	ICP	SM-3030-B/3120-B	<0,001
32. Potasio (mg K/L)	ICP	SM-3030-B/3120-B	<0,001
33. Plomo (mg Pb/L)	ICP	SM-3030-B/3120-B	<0,001
34. Sodio (mg Na/L)	ICP	SM-3030-B/3120-B	<0,001
35. Zinc (mg Zn/L)	ICP	SM-3030-B/3120-B	<0,001

6.4 Análisis de los datos

Los resultados obtenidos para cada parámetro, en los sitios de muestreo en la cuenca No. 148 de río Bayano, se compararon contra los valores guías de referencia contemplados en el Anteproyecto de Normas de Calidad Ambiental para aguas naturales de la República de Panamá. Este anteproyecto clasifica a los cuerpos de aguas continentales o tramos de cuerpos de aguas continentales en tres clases (clase 1, clase 2 y clase 3) que dependen del uso principal que se le dará al agua. Tomando como referencia que los estudios realizados tienen el propósito de definir nuevas fuentes de agua para el abastecimiento del vital líquido para el consumo humano, los resultados obtenidos se evaluaron con respecto a los criterios establecidos para aguas de Clase 3C.

Además, se calculó el índice de calidad de agua ICA para cada sitio de muestreo. El ICA calculado tomó en cuenta nueve parámetros. Estos incluyen oxígeno disuelto, coliformes fecales, demanda bioquímica de oxígeno, pH, temperatura, fosfato total, nitratos, turbiedad y sólidos totales. El ICA es un indicador del estado del cuerpo de agua y los clasifica en aguas de calidad excelente, buena, media, mala y muy mala.

6.5 Personal profesional en los estudios de calidad de agua

En la Tabla No. 3 se muestra el personal que intervino en el análisis de la calidad de agua en la cuenca No. 148 de río Bayano.

Tabla No. 3		
Personal que intervino en el estudio de calidad de agua de río Bayano		
Nombre	Cargo	Empresa
Lic. Rutilo Espinosa	Analista de las muestras	Inspectorate Panamá, S.A.
Lic. Lorena Moreno	Analista de las muestras	Inspectorate Panamá, S.A.
Lic. Andrés Jean Francois	Analista de las muestras Toma de muestras	Inspectorate Panamá, S.A.
Lic. Estefanía Ayala	Analista de las muestras	Inspectorate Panamá, S.A.
Lic. Ariel García	Toma de muestras	Inspectorate Panamá, S.A.
César Figueroa	Técnico Toma de muestras	Inspectorate Panamá, S.A.
Danuska Jiménez	Técnico	Inspectorate Panamá, S.A.
Irving Berroa	Técnico Toma de muestras	Inspectorate Panamá, S.A.
Víctor Acevedo	Químico	Representante de ACP

7. Resultados

En la Tabla No. 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 y 12 se muestran los resultados obtenidos para los 35 parámetros físicos, químicos y microbiológicos para cada sitio de muestreo en la cuenca No. 148 de río Bayano por campaña. Los resultados expresados están en notación del Sistema Internacional: coma (,) para indicar decimales y espacio para indicar miles.

Tabla No. 4 Resultados obtenidos para muestras de aguas superficiales del Sitio 1					
Parámetro	Campaña No.1	Campaña No.2	Campaña No. 3	Campaña No. 4	Anteproyecto normas de calidad Ambiental para Aguas Naturales Clase 3C
	29/05/17	19/06/17	14/07/17	11/08/17	
1. Aceites y Grasas (mg/L)	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<20
2. Alcalinidad (mgCaCO ₃ /L)	69,41	71,92	64,68	51,98	NR
3. Coliformes totales (NMP/100mL)	9 880	5 120	32 550	51 720	NR
4. Coliformes Fecales (NMP/100mL)	75	218	52	15 531	<2000UFC/ 100mL
5. Conductividad (μS/cm)	197,3	195,4	181,6	162,5	NR
6. Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg O ₂ /L)	4,8	5,1	6,1	4,1	<10
7. Dureza Total (mg/L)	73,07	58,26	69,61	97,88	NR
8. Fósforo Total (mg P _T /L)	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,18 (E. seca) <1,0(E. Lluv.)
9. Nitratos (mg NO ₃ ⁻ /L)	1,2679	1,1047	1,1265	1,2492	<10
10. Nitritos (mg NO ₂ ⁻ /L)	0,2682	0,1259	0,2196	0,3074	<1,0
11. Cloruros (mg Cl ⁻ /L)	7,5193	7,1656	5,8958	5,6273	NR
12. Oxígeno Disuelto (mg O ₂ /L)	2,18	2,98	5,99	2,05	>3
13. pH (Unidad de pH)	7,51	7,29	7,49	7,52	6,0-9,0
14. Salinidad	0,09	0,08	0,08	0,07	NR
15. Sólidos Suspendidos (mg/L)	25	7	14	8	NR
16. Sólidos Disueltos Totales (mg/L)	120,5	118,3	111,8	100,1	NR
17. Sólidos Totales (mg/L)	145,5	125,3	125,8	108,1	NR
18. Sulfatos (mgSO ₄ ²⁻ /L)	5,000	4,9539	3,8604	4,4659	<500
19. Transparencia (m)	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	NR
20. Turbiedad (NTU)	13,7	5,96	10,9	15,4	<100 (E. Seca) NR (E. Lluv.)
21. Temperatura (°C)	28,2	28,8	28	27,7	ΔT<3
22. Arsénico (μg As/L)	3	<1,0	<1,0	<1,0	<10
23. Aluminio (μg Al/L)	704	117	171	348	<200
24. Calcio (μg Ca/L)	17 297	16 009	18 910	15 158	NR
25. Cadmio (μg Cd/L)	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<5
26. Cromo Total (μg Cr/L)	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<50
27. Cobre (μg Cu/L)	<1,0	<1,0	<1,0	9	<15
28. Hierro Disuelto (μg Fe/L)	<1,0	5	0,168	73	<5 000
29. Níquel (μg Ni/L)	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<25
30. Magnesio (μg Mg/L)	4 012	3 938	4 485	3 929	NR
31. Mercurio (μg Hg/L)	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
32. Potasio (μg K/L)	1 797	1 532	1 658	1 482	NR
33. Plomo (μg Pb/L)	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<30
34. Sodio (μg Na/L)	8 103	8 220	9 351	8 544	NR
35. Zinc (μg Zn/L)	37	7	18	5	<300

Análisis: Las concentraciones de los nutrientes son bajas, el pH está dentro del rango, en tres de las cuatro muestras colectadas el oxígeno disuelto está por debajo del valor establecido en el anteproyecto, los parámetros relacionados a la salinidad le confieren características de agua dulce, el sitio presenta un recuento alto de coliformes totales y los metales se encuentra por debajo de los valores del anteproyecto.

Tabla No. 5 Resultados obtenidos para muestras de aguas superficiales del Sitio 2					
Parámetro	Campaña No. 1	Campaña No. 2	Campaña No. 3	Campaña No. 4	Anteproyecto normas de calidad Ambiental para Aguas Naturales Clase 3C
	29/05/17	19/06/17	14/07/17	11/08/17	
1. Aceites y Grasas (mg/L)	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<20
2. Alcalinidad (mgCaCO ₃ /L)	67,62	68,04	66,26	51,98	NR
3. Coliformes totales (NMP/100mL)	14 550	4 950	28 090	51 720	NR
4. Coliformes Fecales (NMP/100mL)	1 039	211	321	9 804	<2000UFC/ 100mL
5. Conductividad (μS/cm)	187,1	200,3	183,6	162,4	NR
6. Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg O ₂ /L)	5,9	6,4	5,9	<2,0	<10
7. Dureza Total (mg/L)	74,61	52,22	70,38	91,54	NR
8. Fósforo Total (mg P _T /L)	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,18 (E. seca) <1,0(E. Lluv.)
9. Nitratos (mg NO ₃ ⁻ /L)	0,3	1,3529	1,3242	1,4882	<10
10. Nitritos (mg NO ₂ ⁻ /L)	0,1456	0,1472	0,3576	0,3016	<1,0
11. Cloruros (mg Cl ⁻ /L)	8,0895	7,0727	5,954	5,6955	NR
12. Oxígeno Disuelto (mg O ₂ /L)	3,01	4,95	5,65	1,98	>3
13. pH (Unidad de pH)	7,42	7,26	7,36	7,28	6,0-9,0
14. Salinidad	0,05	0,09	0,08	0,07	NR
15. Sólidos Suspendidos (mg/L)	59	8	10	8	NR
16. Sólidos Disueltos Totales (mg/L)	114,4	121,5	112,45	100,1	NR
17. Sólidos Totales (mg/L)	173,4	129,5	122,45	108,1	NR
18. Sulfatos (mgSO ₄ ²⁻ /L)	7	5,064	4,105	4,5664	<500
19. Transparencia (m)	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	NR
20. Turbiedad (NTU)	16,6	5,35	9,57	16,3	<100 (E. Seca) NR (E. Lluv.)
21. Temperatura (°C)	28,2	28,7	28,1	27,8	ΔT<3
22. Arsénico (μg As/L)	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<10
23. Aluminio (μg Al/L)	535	133	118	118	<200
24. Calcio (μg Ca/L)	17 274	16 292	19 333	15 136	NR
25. Cadmio (μg Cd/L)	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<5
26. Cromo Total (μg Cr/L)	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<50
27. Cobre (μg Cu/L)	<1,0	<1,0	<1,0	10	<15
28. Hierro Disuelto (μg Fe/L)	<1,0	27	0,118	79	<5 000
29. Níquel (μg Ni/L)	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<25

Tabla No. 5 (continuación) Resultados obtenidos para muestras de aguas superficiales del Sitio 2					
30. Magnesio ($\mu\text{g Mg/L}$)	3 991	4 016	4 532	3 984	NR
31. Mercurio ($\mu\text{g Hg/L}$)	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
32. Potasio ($\mu\text{g K/L}$)	1 841	1 588	1 695	1 479	NR
33. Plomo ($\mu\text{g Pb/L}$)	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<30
34. Sodio ($\mu\text{g Na/L}$)	8 154	8 288	9 458	8 776	NR
35. Zinc ($\mu\text{g Zn/L}$)	19	3	18	1	<300

Análisis: los metales en su gran mayoría se encuentran por debajo de los valores establecidos en el anteproyecto, el pH está dentro del rango establecido, los nutrientes están por debajo de los valores y los parámetros relacionados a salinidad, denotan condición de agua dulce.

Tabla No. 6 Resultados obtenidos para muestras de aguas superficiales del Sitio 3					
Parámetro	Campaña No. 1	Campaña No. 2	Campaña No. 3	Campaña No. 4	Anteproyecto normas de calidad Ambiental para Aguas Naturales Clase 3C
	29/05/17	19/06/17	14/07/17	11/08/17	
1. Aceites y Grasas (mg/L)	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<20
2. Alcalinidad (mgCaCO_3/L)	69,41	71,82	64,58	51,14	NR
3. Coliformes totales (NMP/100mL)	11 370	3 730	36 540	41 600	NR
4. Coliformes Fecales (NMP/100mL)	888	63	805	9 208	<2000UFC/100mL
5. Conductividad ($\mu\text{S/cm}$)	185,7	201,1	183,4	161,95	NR
6. Demanda Bioquímica de Oxígeno ($\text{mg O}_2/\text{L}$)	6,9	7,3	6,9	<2,0	<10
7. Dureza Total (mg/L)	73,07	58,4	70,96	87,11	NR
8. Fósforo Total ($\text{mg P}_T/\text{L}$)	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,18 (E. seca) <1,0 (E. Lluv.)
9. Nitratos ($\text{mg NO}_3^-/\text{L}$)	3,6713	1,1562	1,1894	1,3096	<10
10. Nitritos ($\text{mg NO}_2^-/\text{L}$)	<0,0001	0,1264	0,4495	0,4531	<1,0
11. Cloruros ($\text{mg Cl}^-/\text{L}$)	7,9117	6,7935	6,9384	5,8735	NR
12. Oxígeno Disuelto ($\text{mg O}_2/\text{L}$)	1,96	7,93	2,02	2,04	>3
13. pH (Unidad de pH)	7,41	7,23	7,49	7,21	6,0-9,0
14. Salinidad	0,08	0,09	0,08	0,07	NR
15. Sólidos Suspendidos (mg/L)	21	15	9	7	NR
16. Sólidos Disueltos Totales (mg/L)	113,1	122,2	112,45	100,1	NR
17. Sólidos Totales (mg/L)	134,1	137,2	121,45	107,1	NR
18. Sulfatos ($\text{mgSO}_4^{2-}/\text{L}$)	23	4,6603	3,9416	4,6281	<500
19. Transparencia (m)	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	NR
20. Turbiedad (NTU)	12,1	9,1	5,2	16,5	<100 (E. Seca) NR (E. Lluv.)

Tabla No. 6 (continuación) Resultados obtenidos para muestras de aguas superficiales del Sitio 3					
21. Temperatura (°C)	28,2	28,8	28,1	27,8	$\Delta T < 3$
22. Arsénico ($\mu\text{g As/L}$)	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<10
23. Aluminio ($\mu\text{g Al/L}$)	694	355	172	235	<200
24. Calcio ($\mu\text{g Ca/L}$)	16 831	16 809	18 890	14 678	NR
25. Cadmio ($\mu\text{g Cd/L}$)	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<5
26. Cromo Total ($\mu\text{g Cr/L}$)	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<50
27. Cobre ($\mu\text{g Cu/L}$)	<1,0	<1,0	<1,0	7	<15
28. Hierro Disuelto ($\mu\text{g Fe/L}$)	<1,0	46	0,128	70	<5 000
29. Níquel ($\mu\text{g Ni/L}$)	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<25
30. Magnesio ($\mu\text{g Mg/L}$)	3 906	4 138	4 419	3 672	NR
31. Mercurio ($\mu\text{g Hg/L}$)	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
32. Potasio ($\mu\text{g K/L}$)	1 809	1 615	1 722	1 392	NR
33. Plomo ($\mu\text{g Pb/L}$)	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<30
34. Sodio ($\mu\text{g Na/L}$)	8 048	8 299	9 202	7 603	NR
35. Zinc ($\mu\text{g Zn/L}$)	7	2	13	1	<300

Análisis: la DBO₅ y los nutrientes están por debajo de los valores establecidos en el anteproyecto, en tres de las cuatro muestras el oxígeno disuelto está por debajo del valor, todos los metales analizados presentan concentraciones menores a los valores del anteproyecto.

Tabla No. 7 Resultados obtenidos para muestras de aguas superficiales del Sitio 4					
Parámetro	Campaña No. 1	Campaña No. 2	Campaña No. 3	Campaña No. 4	Anteproyecto normas de calidad Ambiental para Aguas Naturales Clase 3C
	29/05/17	19/06/17	14/07/17	11/08/17	
1. Aceites y Grasas (mg/L)	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<20
2. Alcalinidad (mgCaCO ₃ /L)	128,94	68,14	65,84	50,3	NR
3. Coliformes totales (NMP/100mL)	16 070	3 500	25 950	34 480	NR
4. Coliformes Fecales (NMP/100mL)	933	41	1 288	1 586	<2000UFC/ 100mL
5. Conductividad ($\mu\text{S/cm}$)	182,5	198,2	186,1	160,5	NR
6. Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg O ₂ /L)	7,8	12,8	4,6	3,9	<10
7. Dureza Total (mg/L)	70,57	57,88	73,07	79,03	NR
8. Fósforo Total (mg P _T /L)	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,18 (E. seca) <1,0 (E. Lluv.)
9. Nitratos (mg NO ₃ ⁻ /L)	1,3497	1,0934	1,2772	1,3438	<10
10. Nitritos (mg NO ₂ ⁻ /L)	0,2174	0,1278	0,535	0,4572	<1,0
11. Cloruros (mg Cl ⁻ /L)	7,6835	6,806	7,068	5,7284	NR
12. Oxígeno Disuelto (mg O ₂ /L)	2,35	6,06	4,17	2,13	>3

Tabla No. 7 (continuación) Resultados obtenidos para muestras de aguas superficiales del Sitio 4					
13. pH (Unidad de pH)	7,5	7,25	7,45	7,22	6,0-9,0
14. Salinidad	0,08	0,09	0,08	0,07	NR
15. Sólidos Suspendidos (mg/L)	38	7	12	17	NR
16. Sólidos Disueltos Totales (mg/L)	111,1	113,6	113,75	99,75	NR
17. Sólidos Totales (mg/L)	149,1	120,6	125,75	116,1	NR
18. Sulfatos ($\text{mgSO}_4^{2-}/\text{L}$)	7,00	4,6746	3,9871	4,4829	<500
19. Transparencia (m)	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	NR
20. Turbiedad (NTU)	20,9	5,99	8,53	20,8	<100 (E. Seca) NR (E. Lluv.)
21. Temperatura (°C)	28,7	29	28,2	27,8	$\Delta T < 3$
22. Arsénico ($\mu\text{g As/L}$)	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<10
23. Aluminio ($\mu\text{g Al/L}$)	664	216	168	519	<200
24. Calcio ($\mu\text{g Ca/L}$)	16 638	16 566	18 035	14 331	NR
25. Cadmio ($\mu\text{g Cd/L}$)	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<5
26. Cromo Total ($\mu\text{g Cr/L}$)	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<50
27. Cobre ($\mu\text{g Cu/L}$)	<1,0	<1,0	<1,0	8	<15
28. Hierro Disuelto ($\mu\text{g Fe/L}$)	<1,0	46	0,134	119	<5 000
29. Níquel ($\mu\text{g Ni/L}$)	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<25
30. Magnesio ($\mu\text{g Mg/L}$)	4 017	3 955	4 180	3 815	NR
31. Mercurio ($\mu\text{g Hg/L}$)	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
32. Potasio ($\mu\text{g K/L}$)	1 891	1 683	1 647	1 465	NR
33. Plomo ($\mu\text{g Pb/L}$)	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<30
34. Sodio ($\mu\text{g Na/L}$)	8 355	8 222	8 727	7 797	NR
35. Zinc ($\mu\text{g Zn/L}$)	7	1	13	1	<300

Análisis: el pH en todas las muestras están dentro del rango, el aluminio presentó, en tres ocasiones, concentraciones mayores al valor de la norma, los otros metales tienen concentraciones menores a las establecidas en el anteproyecto. Los nutrientes y los coliformes fecales están por debajo de los valores de la norma. Las muestras presentan valores de salinidad característicos de agua dulce.

Tabla No. 8 Resultados obtenidos para muestras de aguas superficiales del Sitio 5					
Parámetro	Campaña No. 1	Campaña No. 2	Campaña No. 3	Campaña No. 4	Anteproyecto normas de calidad Ambiental para Aguas Naturales Clase 3C
	29/05/17	19/06/17	14/07/17	11/08/17	
1. Aceites y Grasas (mg/L)	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<20
2. Alcalinidad (mgCaCO_3/L)	66,26	67,93	63,63	50,19	NR
3. Coliformes totales (NMP/100mL)	22 240	3 640	13 540	34 480	NR

Tabla No. 8 (continuación) Resultados obtenidos para muestras de aguas superficiales del Sitio 5					
4.	Coliformes Fecales (NMP/100mL)	882	85	2 510	<2000UFC/ 100mL
5.	Conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	182,5	193,8	186,2	NR
6.	Demanda Bioquímica de Oxígeno ($\text{mg O}_2/\text{L}$)	10,6	11,9	7,1	<10
7.	Dureza Total (mg/L)	68,45	59,99	68,65	NR
8.	Fósforo Total ($\text{mg P}_T/\text{L}$)	<0,10	<0,10	<0,10	<0,18 (E. seca) <1,0(E. Lluv.)
9.	Nitratos ($\text{mg NO}_3^-/\text{L}$)	0,2500	1,2721	1,0741	1,3685
10.	Nitritos ($\text{mg NO}_2^-/\text{L}$)	0,1842	0,1444	0,2991	0,313
11.	Cloruros ($\text{mg Cl}^-/\text{L}$)	8,474	6,8948	7,5718	5,8237
12.	Oxígeno Disuelto ($\text{mg O}_2/\text{L}$)	2,73	2,7	1,5	2,27
13.	pH (Unidad de pH)	7,5	7,22	7,43	7,21
14.	Salinidad	0,08	0,08	0,08	0,07
15.	Sólidos Suspendidos (mg/L)	69	15	11	8
16.	Sólidos Disueltos Totales (mg/L)	110,5	117	113,75	113,75
17.	Sólidos Totales (mg/L)	179,5	132	124,75	121,75
18.	Sulfatos ($\text{mgSO}_4^{2-}/\text{L}$)	6,00	4,7374	3,8896	4,737
19.	Transparencia (m)	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
20.	Turbiedad (NTU)	44,8	5,21	4,09	27,5
21.	Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	28,7	29	28,3	27,7
22.	Arsénico ($\mu\text{g As}/\text{L}$)	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
23.	Aluminio ($\mu\text{g Al}/\text{L}$)	2 615	87	221	571
24.	Calcio ($\mu\text{g Ca}/\text{L}$)	15 724	16 800	19 226	14 728
25.	Cadmio ($\mu\text{g Cd}/\text{L}$)	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
26.	Cromo Total ($\mu\text{g Cr}/\text{L}$)	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
27.	Cobre ($\mu\text{g Cu}/\text{L}$)	<1,0	<1,0	<1,0	12
28.	Hierro Disuelto ($\mu\text{g Fe}/\text{L}$)	<1,0	51	0,151	113
29.	Níquel ($\mu\text{g Ni}/\text{L}$)	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
30.	Magnesio ($\mu\text{g Mg}/\text{L}$)	4 478	3 931	4 497	3 891
31.	Mercurio ($\mu\text{g Hg}/\text{L}$)	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
32.	Potasio ($\mu\text{g K}/\text{L}$)	2 113	1 764	1 832	1 465
33.	Plomo ($\mu\text{g Pb}/\text{L}$)	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
34.	Sodio ($\mu\text{g Na}/\text{L}$)	8 565	8 234	9 321	7 960
35.	Zinc ($\mu\text{g Zn}/\text{L}$)	16	5	16	1

Análisis: la DBO₅ en dos ocasiones presentó valores mayores al establecido en el anteproyecto, en las cuatro muestras de oxígeno disuelto las concentraciones están por debajo del valor establecido, el aluminio en tres ocasiones presento concentraciones mayores y los otros metales están por debajo de las concentraciones de la norma.

Tabla No. 9 Resultados obtenidos para muestras de aguas superficiales del Sitio 6					
Parámetro	Campaña No. 1	Campaña No. 2	Campaña No. 3	Campaña No. 4	Anteproyecto normas de calidad Ambiental para Aguas Naturales Clase 3C
	29/05/17	19/06/17	14/07/17	11/08/17	
1. Aceites y Grasas (mg/L)	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<20
2. Alcalinidad (mgCaCO ₃ /L)	63,32	65,83	63,84	60,38	NR
3. Coliformes totales (NMP/100mL)	5 794	1 401	6 131	1 187	NR
4. Coliformes Fecales (NMP/100mL)	<10	<10	160	266	<2000UFC/ 100mL
5. Conductividad (µS/cm)	189,1	187,3	184,3	205,7	NR
6. Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg O ₂ /L)	7,5	6,9	4,3	5,6	<10
7. Dureza Total (mg/L)	69,99	55,74	68,65	99,23	NR
8. Fósforo Total (mg P _T /L)	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,18 (E. seca) <1,0(E. Lluv.)
9. Nitratos (mg NO ₃ ⁻ /L)	3,3023	1,0184	1,1793	0,9974	<10
10. Nitritos (mg NO ₂ ⁻ /L)	0,1661	0,0665	0,377	0,2901	<1,0
11. Cloruros (mg Cl ⁻ /L)	8,0332	6,925	7,3113	5,8358	NR
12. Oxígeno Disuelto (mg O ₂ /L)	8,14	6,18	6,27	6,25	>3
13. pH (Unidad de pH)	9,06	8,83	8,32	8,61	6,0-9,0
14. Salinidad	0,08	0,08	0,08	0,09	NR
15. Sólidos Suspendidos (mg/L)	14	18	5	10	NR
16. Sólidos Disueltos Totales (mg/L)	111,8	111,2	110,5	122,2	NR
17. Sólidos Totales (mg/L)	125,8	129,2	115,5	132,2	NR
18. Sulfatos (mgSO ₄ ²⁻ /L)	0,1398	4,397	4,3189	4,1154	<500
19. Transparencia (m)	<1,0	1	1	1	NR
20. Turbiedad (NTU)	3,33	2,61	1,67	2,33	<100 (E. Seca) NR (E. Lluv.)
21. Temperatura (°C)	30,3	30	29,5	30	ΔT<3
22. Arsénico (µg As/L)	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<10
23. Aluminio (µg Al/L)	51	18	19	39	<200
24. Calcio (µg Ca/L)	16 790	15 896	17 480	17 812	NR
25. Cadmio (µg Cd/L)	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<5
26. Cromo Total (µg Cr/L)	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<50
27. Cobre (µg Cu/L)	<1,0	<1,0	<1,0	11	<15
28. Hierro Disuelto (µg Fe/L)	<1,0	<1,0	0,012	<1,0	<5 000
29. Níquel (µg Ni/L)	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<25
30. Magnesio (µg Mg/L)	3 647	3 658	3 966	4 259	NR
31. Mercurio (µg Hg/L)	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
32. Potasio (µg K/L)	1 649	17 028	1 637	1 700	NR
33. Plomo (µg Pb/L)	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<30
34. Sodio (µg Na/L)	7 781	7 872	8 464	8 779	NR
35. Zinc (µg Zn/L)	6	3	8	8	<300

Análisis: todos los metales tienen concentraciones menores a las establecidas en el anteproyecto, el pH está dentro del rango, los nutrientes están por debajo de los valores del anteproyecto y el oxígeno disuelto está por arriba del valor establecido.

Tabla No. 10 Resultados obtenidos para muestras de aguas superficiales del Sitio 7					
Parámetro	Campaña No. 1	Campaña No. 2	Campaña No. 3	Campaña No. 4	Anteproyecto normas de calidad Ambiental para Aguas Naturales Clase 3C
	29/05/17	19/06/17	14/07/17	11/08/17	
1. Aceites y Grasas (mg/L)	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<20
2. Alcalinidad (mgCaCO ₃ /L)	74,87	67,2	63,84	61,74	NR
3. Coliformes totales (NMP/100mL)	5 475	3 624	8 464	4 106	NR
4. Coliformes Fecales (NMP/100mL)	<10	<10	1 070	187	<2000UFC/ 100mL
5. Conductividad (µS/cm)	188,2	188,7	184,4	208,2	NR
6. Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg O ₂ /L)	7,1	10,5	5,1	9,8	<10
7. Dureza Total (mg/L)	70,38	56,15	69,61	100,57	NR
8. Fósforo Total (mg P _T /L)	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,18 (E. seca) <1,0(E. Lluv.)
9. Nitratos (mg NO ₃ ⁻ /L)	1,137	1,1112	1,1657	1,1024	<10
10. Nitritos (mg NO ₂ ⁻ /L)	0,1748	0,0788	0,1697	0,3086	<1,0
11. Cloruros (mg Cl ⁻ /L)	6,9222	6,7575	6,5344	5,8462	NR
12. Oxígeno Disuelto (mg O ₂ /L)	6,96	6,06	5,05	6,25	>3
13. pH (Unidad de pH)	8,88	8,61	7,95	8,48	6,0-9,0
14. Salinidad	0,08	0,08	0,08	0,09	NR
15. Sólidos Suspendidos (mg/L)	8	<1,0	6	7	NR
16. Sólidos Disueltos Totales (mg/L)	111,8	111,8	110,5	123,5	NR
17. Sólidos Totales (mg/L)	119,8	111,8	116,5	130,5	NR
18. Sulfatos (mgSO ₄ ²⁻ /L)	4,3356	4,3677	4,3563	4,0437	<500
19. Transparencia (m)	<1,0	1	1	1	NR
20. Turbiedad (NTU)	3,29	1,69	1,69	7,49	<100 (E. Seca) NR (E. Lluv.)
21. Temperatura (°C)	29,9	30	29,3	30,1	ΔT<3
22. Arsénico (µg As/L)	9	9	<1,0	<1,0	<10
23. Aluminio (µg Al/L)	26	32	41	75	<200
24. Calcio (µg Ca/L)	17 055	15 823	18 476	23 993	NR
25. Cadmio (µg Cd/L)	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<5
26. Cromo Total (µg Cr/L)	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<50
27. Cobre (µg Cu/L)	<1,0	<1,0	<1,0	22	<15
28. Hierro Disuelto (µg Fe/L)	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<5 000
29. Níquel (µg Ni/L)	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<25
30. Magnesio (µg Mg/L)	3 677	3 414	4 266	5 071	NR

Tabla No. 10 (continuación) Resultados obtenidos para muestras de aguas superficiales del Sitio 7					
31. Mercurio ($\mu\text{g Hg/L}$)	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
32. Potasio ($\mu\text{g K/L}$)	1 682	18 460	1 747	2 275	NR
33. Plomo ($\mu\text{g Pb/L}$)	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<30
34. Sodio ($\mu\text{g Na/L}$)	7 623	8 706	9 043	11 974	NR
35. Zinc ($\mu\text{g Zn/L}$)	10	3	16	94	<300

Análisis: los nutrientes tienen concentraciones menores a las establecidas en el anteproyecto, los parámetros asociados a la salinidad denotan condición de agua dulce, el pH está dentro del rango y los metales tienen concentraciones menores a las del anteproyecto.

Tabla No. 11 Resultados obtenidos para muestras de aguas superficiales del Sitio 8					
Parámetro	Campaña No. 1	Campaña No. 2	Campaña No. 3	Campaña No. 4	Anteproyecto normas de calidad Ambiental para Aguas Naturales Clase 3C
	29/05/17	19/06/17	14/07/17	11/08/17	
1. Aceites y Grasas (mg/L)	<2,0	<2,0	<2,0	5,6	<20
2. Alcalinidad (mgCaCO_3/L)	72,14	62,89	60,17	53,45	NR
3. Coliformes totales (NMP/100mL)	850	441	1 291	9 804	NR
4. Coliformes Fecales (NMP/100mL)	10	<10	148	414	<2000UFC/ 100mL
5. Conductividad ($\mu\text{S/cm}$)	196,7	190,5	181,1	204,3	NR
6. Demanda Bioquímica de Oxígeno ($\text{mg O}_2/\text{L}$)	5	6,5	6,9	2,7	<10
7. Dureza Total (mg/L)	71,53	54,03	65,19	95,57	NR
8. Fósforo Total ($\text{mg P}_T/\text{L}$)	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,18 (E. seca) <1,0 (E. Lluv.)
9. Nitratos ($\text{mg NO}_3^-/\text{L}$)	1,1397	1,0156	1,1402	12,392	<10
10. Nitritos ($\text{mg NO}_2^-/\text{L}$)	0,1589	<0,0001	0,4124	0,3046	<1,0
11. Cloruros ($\text{mg Cl}^-/\text{L}$)	8,2438	8,2407	8,686	6,8862	NR
12. Oxígeno Disuelto ($\text{mg O}_2/\text{L}$)	6,36	6,31	5,57	5,87	>3
13. pH (Unidad de pH)	8,29	8,11	7,98	8,18	6,0-9,0
14. Salinidad	0,08	0,08	0,08	0,09	NR
15. Sólidos Suspendidos (mg/L)	4	<1,0	3	<1,0	NR
16. Sólidos Disueltos Totales (mg/L)	116,3	113,7	108,55	121,2	NR
17. Sólidos Totales (mg/L)	120,4	113,7	111,5	121,2	NR
18. Sulfatos ($\text{mgSO}_4^{2-}/\text{L}$)	5,7783	5,6265	6,5827	6,8744	<500
19. Transparencia (m)	<1,0	1	1	1	NR
20. Turbiedad (NTU)	1,32	1,38	1,16	1,48	<100 (E. Seca) NR (E. Lluv.)
21. Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	30	29,7	29,4	30,1	$\Delta T < 3$
22. Arsénico ($\mu\text{g As/L}$)	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<10

Tabla No. 11 (continuación) Resultados obtenidos para muestras de aguas superficiales del Sitio 8					
23. Aluminio ($\mu\text{g Al/L}$)	24	17	31	28	<200
24. Calcio ($\mu\text{g Ca/L}$)	17 514	8 161	16 891	17 898	NR
25. Cadmio ($\mu\text{g Cd/L}$)	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<5
26. Cromo Total ($\mu\text{g Cr/L}$)	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<50
27. Cobre ($\mu\text{g Cu/L}$)	<1,0	<1,0	<1,0	12	<15
28. Hierro Disuelto ($\mu\text{g Fe/L}$)	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<5 000
29. Níquel ($\mu\text{g Ni/L}$)	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<25
30. Magnesio ($\mu\text{g Mg/L}$)	3 376	3 472	3 713	3 978	NR
31. Mercurio ($\mu\text{g Hg/L}$)	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
32. Potasio ($\mu\text{g K/L}$)	1 846	879	1 714	1 726	NR
33. Plomo ($\mu\text{g Pb/L}$)	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<30
34. Sodio ($\mu\text{g Na/L}$)	8 411	9 374	9 072	9 565	NR
35. Zinc ($\mu\text{g Zn/L}$)	23	3	13	9	<300

Análisis: los nutrientes, los metales y la DBO_5 tienen concentraciones menores a las establecidas en el anteproyecto, el pH está dentro del rango y los coliformes fecales está por debajo del valor del anteproyecto.

Tabla No. 12 Resultados obtenidos para muestras de aguas superficiales del Sitio 9					
Parámetro	Campaña No. 1	Campaña No. 2	Campaña No. 3	Campaña No. 4	Anteproyecto normas de calidad Ambiental para Aguas Naturales Clase 3C
	31/05/17	20/06/17	13/07/17	11/08/17	
1. Aceites y Grasas (mg/L)	<2,0	<2,0	<2,0	2,2	<20
2. Alcalinidad (mgCaCO_3/L)	29,6	42	33,81	42,21	NR
3. Coliformes totales (NMP/100mL)	77 010	24 300	55 700	59 100	NR
4. Coliformes Fecales (NMP/100mL)	1 631	3 448	355	620	<2000UFC/ 100mL
5. Conductividad ($\mu\text{S/cm}$)	112,2	136,7	116,5	156	NR
6. Demanda Bioquímica de Oxígeno ($\text{mg O}_2/\text{L}$)	<2,0	<2,0	8,5	3,2	<10
7. Dureza Total (mg/L)	45,95	69,2	45,4	85	NR
8. Fósforo Total ($\text{mg P}_T/\text{L}$)	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,18 (E. seca) <1,0(E. Lluv.)
9. Nitratos ($\text{mg NO}_3^-/\text{L}$)	0,6341	1,0902	1,4041	1,1764	<10
10. Nitritos ($\text{mg NO}_2^-/\text{L}$)	<0,0001	<0,0001	0,4669	0,3069	<1,0
11. Cloruros ($\text{mg Cl}^-/\text{L}$)	9,3012	9,3263	9,2877	7,5051	NR
12. Oxígeno Disuelto ($\text{mg O}_2/\text{L}$)	7,85	6,05	6,08	6,48	>3
13. pH (Unidad de pH)	7,58	7,89	7,83	7,95	6,0-9,0
14. Salinidad	0,05	0,06	0,05	0,07	NR

Tabla No. 12 (continuación) Resultados obtenidos para muestras de aguas superficiales del Sitio 9					
15. Sólidos Suspendidos (mg/L)	21	<1,0	21	7	NR
16. Sólidos Disueltos Totales (mg/L)	70,5	85,2	74,75	97,5	NR
17. Sólidos Totales (mg/L)	91,5	85,2	95,7	104,5	NR
18. Sulfatos ($\text{mgSO}_4^{2-}/\text{L}$)	5,2246	5,3118	4,6532	4,4692	<500
19. Transparencia (m)	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	NR
20. Turbiedad (NTU)	11,8	2,38	18,3	8,17	<100 (E. Seca) NR (E. Lluv.)
21. Temperatura (°C)	26,3	27,3	25,5	27	$\Delta T < 3$
22. Arsénico ($\mu\text{g As/L}$)	2	<1,0	<1,0	<1,0	<10
23. Aluminio ($\mu\text{g Al/L}$)	563	10	543	209	<200
24. Calcio ($\mu\text{g Ca/L}$)	7 114	4 307	10 703	12 233	NR
25. Cadmio ($\mu\text{g Cd/L}$)	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<5
26. Cromo Total ($\mu\text{g Cr/L}$)	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<50
27. Cobre ($\mu\text{g Cu/L}$)	<1,0	<1,0	<1,0	12	<15
28. Hierro Disuelto ($\mu\text{g Fe/L}$)	<1,0	3	114	<1,0	<5 000
29. Níquel ($\mu\text{g Ni/L}$)	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<25
30. Magnesio ($\mu\text{g Mg/L}$)	2 843	1 792	3 643	3 714	NR
31. Mercurio ($\mu\text{g Hg/L}$)	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
32. Potasio ($\mu\text{g K/L}$)	0,804	572	0,892	0,864	NR
33. Plomo ($\mu\text{g Pb/L}$)	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<30
34. Sodio ($\mu\text{g Na/L}$)	7 720	9 103	9 323	9 405	NR
35. Zinc ($\mu\text{g Zn/L}$)	13	4	15	18	<300

Análisis: el pH está dentro del rango, el aluminio en tres ocasiones presento concentraciones mayores a la concentración del anteproyecto, los otros metales y los nutrientes están por debajo de las concentraciones establecidas, los parámetros relacionados a la salinidad están bajos.

7.1 Control de calidad

Todos los ensayos son evaluados por medio del uso de Materiales de Referencia Certificados (MRC's), con fechas vigentes y Trazables al National Institute of Standards & Technology (NIST). Además, se utiliza en cada lote de análisis una muestra de concentración conocida para determinar porcentajes de recuperación, los cuales son evidencia del desempeño aceptable de las operaciones. Si la recuperación del patrón esta entre 90 y 110%, se acepta el lote de análisis en caso contrario se rechaza y se analiza nuevamente. En la tabla No. 13, se presenta un cuadro resumen de todos los análisis que se realizaron como control de calidad.

Tabla No 13. Resultados del control de calidad																
Parámetro	Campaña 1				Campaña 2				Campaña 3				Campaña 4			
	Blanco	Patrón	Resultado	% Recup	Blanco	Patrón	Muestra	% Recup	Blanco	Patrón	Muestra	% Recup	Blanco	Patrón	Muestra	% Recup
1. Aceites y Grasas (mg/L)	<2	5,00	4,9	98,0	<2	5,00	4,7	94,0	<2	5,00	4,5	90,0	<2	5,00	5,2	104,0
2. Alcalinidad (mgCaCO ₃ /L)	<0,10	25,0	24,5	98,0	<0,10	25,0	24,3	97,2	<0,10	25,0	24,57	98,3	<0,10	25,0	26,67	106,7
3. Coliformes totales (NMP/100mL)	<1,0	N/A	N/A	N/A	<1,0	N/A	N/A	N/A	<1,0	N/A	N/A	N/A	<1,0	N/A	N/A	N/A
4. Coliformes Fecales (NMP/100mL)	<1,0	N/A	N/A	N/A	<1,0	N/A	N/A	N/A	<1,0	N/A	N/A	N/A	<1,0	N/A	N/A	N/A
5. Conductividad (μS/cm)	1	1278	1279	100,1	1	1278	1275	99,8	55	1278	1301	101,8	4,56	1278	1255	98,2
6. Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg O ₂ /L)	<2,0	198	196	99,0	<2,0	198	193	97,5	<2,0	198	SD	SD	<2,0	198	201	101,5
7. Dureza Total (mg/L)	<0,10	25	24,99	100,0	<0,10	25	25,2	100,8	<0,10	25	24,8	99,2	<0,10	25	25,65	102,6
8. Fósforo Total (mg P _T /L)	<0,10	1,00	1,1	110,0	<0,10	1,00	0,98	98,0	<0,10	1,00	0,95	95,0	<0,10	1,00	0,95	95,0
9. Nitratos (mg NO ₃ ⁻ /L)	0,0072	10,00	9,9511	99,5	<0,0001	10,00	9,9714	99,7	<0,0001	10,00	9,3929	93,9	<0,0001	10,00	10,3331	103,3
10. Nitritos (mg NO ₂ ⁻ /L)	0,011	10,00	9,9112	99,1	<0,0001	10,00	10,0012	100,0	6,45	10,00	9,2132	92,1	<0,0001	10,00	9,3256	93,3
11. Cloruros (mg Cl ⁻ /L)	0,0007	10,00	10,0005	100,0	0,0010	10,00	10,3879	103,9	<0,0001	10,00	9,1933	91,9	<0,0001	10,00	9,9765	99,8
12. Oxígeno Disuelto (mg O ₂ /L)	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
13. pH (Unidad de pH)	6,4	7,00	6,99	99,9	6,45	7,00	7,01	100,1	6,69	7,00	6,98	99,7	7,06	7,00	6,98	99,7
14. Salinidad	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
15. Sólidos Suspendidos (mg/L)	<1	100	102	102,0	<1	100	99	99,0	<1	100	95	95,0	<1	100	97	97,0

Tabla No 13. Resultados del control de calidad (continuación)

Parámetro	Campaña 1				Campaña 2				Campaña 3				Campaña 4			
	Blanco	Patrón	Resultado	% Recup	Blanco	Patrón	Muestra	% Recup	Blanco	Patrón	Muestra	% Recup	Blanco	Patrón	Muestra	% Recup
16. Sólidos Disueltos Totales (mg/L)	<1	500	501	100,2	<1	500	500	100,0	<1	500	SD	SD	<1	500	497	99,4
17. Sólidos Totales (mg/L)	<1	500	498	99,6	<1	500	495	99,0	<1	500	495	99,0	<1	500	495	99,0
18. Sulfatos (mgSO ₄ ²⁻ /L)	0,1398	10,0000	9,8677	98,7	0,1122	10,0000	10,159	101,6	<0,0001	10,0000	9,9121	99,1	<0,0001	10,0000	10,8988	109,0
19. Transparencia (m)	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
20. Turbiedad (NTU)	<0,010	0,02	0,02	100,0	<0,010	0,02	0,02	100,0	<0,010	0,02	0,02	100,0	<0,010	0,02	0,02	100,0
		10	10,03	100,3		10	10,01	100,1		10	9,96	99,6		10	9,95	99,5
		1000	1000	100,0		1000	1000	100,0		1000	998,1	99,8		1000	1025	102,5
21. Temperatura (°C)	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
22. Arsénico (mg As/L)	<0,001	0,5000	SD	SD	<0,001	0,5000	0,5016	100,3	<0,001	0,5000	0,4880	97,6	<0,001	0,5000	0,4880	97,6
23. Aluminio (mg Al/L)	<0,001	0,1000	0,1023	102,3	<0,001	0,5000	0,4862	97,2	<0,001	0,5000	0,4880	97,6	<0,001	0,5000	0,4870	97,4
24. Calcio (mg Ca/L)	<0,001	0,1000	0,1023	102,3	<0,001	0,5000	0,5068	101,4	<0,001	0,5000	0,4880	97,6	<0,001	0,5000	0,4970	99,4
25. Cadmio (mg Cd/L)	<0,001	0,1000	0,1026	102,6	<0,001	1,0000	0,9933	99,3	<0,001	1,0000	0,9970	99,7	<0,001	1,0000	1,0010	100,1
26. Cromo Total (mg Cr/L)	<0,001	0,1000	0,1017	101,7	<0,001	1,0000	0,9955	99,6	<0,001	1,0000	0,9990	99,9	<0,001	1,0000	0,9910	99,1
27. Cobre (mg Cu/L)	<0,001	0,1000	0,102	102,0	<0,001	1,0000	0,9829	98,3	<0,001	1,0000	0,9920	99,2	<0,001	1,0000	0,9910	99,1
28. Hierro Disuelto (mg Fe/L)	<0,001	0,1000	0,1019	101,9	<0,001	0,5000	0,4924	98,5	<0,001	0,5000	0,5020	100,4	<0,001	0,5000	0,5080	101,6
29. Níquel (mg Ni/L)	<0,001	0,1000	0,1012	101,2	<0,001	1,0000	1,0062	100,6	<0,001	1,0000	1,0360	103,6	<0,001	1,0000	0,9960	99,6
30. Magnesio (mg Mg/L)	<0,001	0,1000	0,1047	104,7	<0,001	0,5000	0,4893	97,9	<0,001	0,5000	0,4920	98,4	<0,001	0,5000	0,4940	98,8
31. Mercurio (mg Hg/L)	<0,001	0,1000	0,0958	95,8	<0,001	0,5000	0,5036	100,7	<0,001	0,5000	0,5020	100,4	<0,001	0,5000	0,5010	100,2
32. Potasio (mg K/L)	<0,001	0,1000	0,0989	98,9	<0,001	0,5000	0,4749	95,0	<0,001	0,5000	0,4710	94,2	<0,001	0,5000	0,4760	95,2
33. Plomo (mg Pb/L)	<0,001	0,1000	0,1011	101,1	<0,001	1,0000	1,0074	100,7	<0,001	1,0000	1,0100	101,0	<0,001	1,0000	1,0020	100,2
34. Sodio (mg Na/L)	<0,001	0,1000	0,0983	98,3	<0,001	0,5000	0,4853	97,1	<0,001	0,5000	0,4640	92,8	<0,001	0,5000	0,452	90,4
35. Zinc (mg Zn/L)	<0,001	0,1000	0,1011	101,1	<0,001	1,0000	0,996	99,6	<0,001	1,0000	1,0340	103,4	<0,001	1,0000	1,027	102,7

N/A: no aplica

S/D: sin dato

7.2 Índice de Calidad de Agua

El Índice de Calidad de Agua (ICA), para las aguas superficiales, es un indicador del estado del cuerpo de agua y los clasifica en aguas de calidad excelente, buena, media, mala y muy mala como se muestra en la Tabla No. 14. Toma en cuenta nueve parámetros que son: oxígeno disuelto, coliformes fecales, demanda bioquímica de oxígeno, pH, temperatura, fosforo total, nitratos, turbiedad y sólidos totales. En la Tabla No. 15 se muestra el ICA para los nueve (9) sitios de muestreo.

Tabla No. 14 Rangos y calificaciones para los valores del ICA	
Intervalo	Categoría
91-100	Excelente
71-90	Buena
51-70	Media
26-50	Mala
0-25	Muy Mala

Tabla No. 15 Resultados obtenidos para muestras de aguas superficiales del Sitio 4										
Mes	Mayo		Junio		Julio		Agosto		Promedio	Categoría
Sitio	Valor	Categoría	Valor	Categoría	Valor	Categoría	Valor	Categoría		
1	68	Media	60	Media	68	Media	53	Media	62	Media
2	55	Media	60	Media	67	Media	55	Media	59	Media
3	60	Media	72	Buena	51	Media	55	Media	60	Media
4	61	Media	69	Media	55	Media	56	Media	60	Media
5	50	Media	57	Media	53	Media	53	Media	53	Media
6	83	Buena	76	Buena	69	Media	66	Media	74	Buena
7	84	Buena	73	Buena	65	Media	66	Media	72	Buena
8	83	Buena	75	Buena	68	Media	70	Buena	74	Buena
9	82	Buena	71	Buena	61	Media	69	Media	71	Buena

En la Figura 2 se muestran los índices de calidad de agua para los nueve (9) sitios de muestreo de las cuatro (4) campañas.

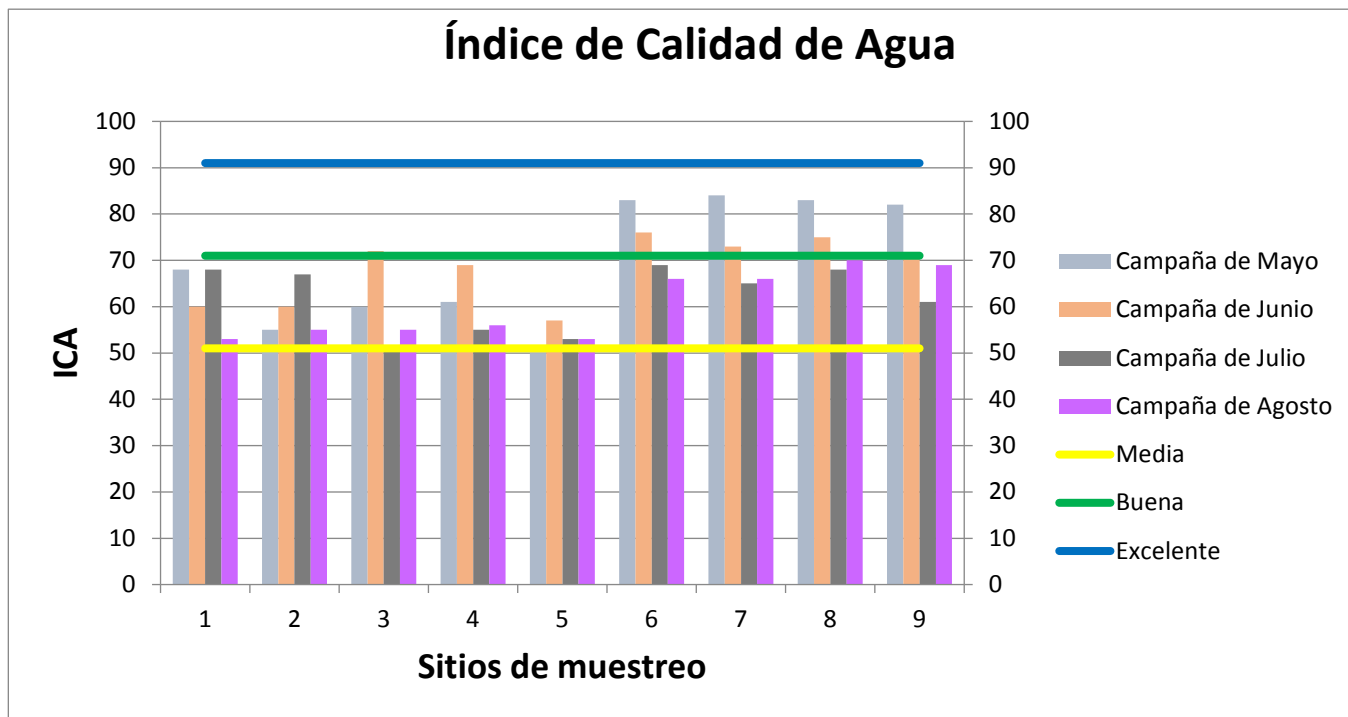


Figura 2. Índice de calidad del agua de los sitios de muestreo

8. Conclusiones

En todos los sitios de monitoreo los metales: arsénico, aluminio, cadmio, cromo total, cobre, hierro disuelto, níquel, mercurio, plomo y zinc, presentan concentraciones menores a las contempladas en el anteproyecto de normas de calidad ambiental para aguas naturales de la República de Panamá.

El oxígeno disuelto en los sitios del 1 al 5 en promedio está en menos de 4 mg/L, en comparación con los sitios del 6 al 9 en que se encuentra mayor a 6 mg/L.

El pH para los sitios 6, 7 y 8, localizados dentro del embalse tiene valores promedio mayores a 8,00 unidades de pH y para los sitios 1 al 5 y el 9 los valores están entre 7,20 y 7,80.

Los parámetros relacionados a la salinidad presentan valores bajos, lo que le confiere a los sitios de muestreo la característica de agua dulce.

Los nutrientes, en todos los sitios, presentan concentraciones promedio menores a las establecidas en la norma de calidad ambiental para aguas naturales.

El índice de calidad de agua para los sitios del 1 al 6 indica un agua de calidad media y el resto como calidad buena.

9. Bibliografía

1. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, American Public Health Association, Washington, DC. 2012.
2. Metcalf & Eddy, Inc. Wastewater Engineering Treatment and Reuse, Fourth Edition.
3. Anteproyecto de normas de calidad ambiental para aguas naturales, Ministerio de Economía y Finanzas, República de Panamá, 2007.

10. ANEXOS

- Anexo A - Registro Fotográfico
- Anexo B – Alcance de la acreditación
- Anexo C – Informe de Resultados de Laboratorio para las cuatro campañas realizadas
 - o ANEXO C1 - Informe de Resultados Campaña – Mayo 2017
 - o ANEXO C2 - Informe de Resultados Campaña – Junio 2017
 - o ANEXO C3 - Informe de Resultados Campaña – Julio 2017
 - o ANEXO C4 - Informe de Resultados Campaña – Agosto 2017