



Monitoreo de la Calidad del Agua en Panamá



“Cuenca Hidrográfica del Canal de Panamá”

Septiembre, 2022

Marco Legal e Institucional del Agua en Panamá

Del recurso hídrico existen en el marco legal de agua en Panamá: 8 artículos de la Constitución Política



14 leyes
6 Decretos Ejecutivos
y 30 resoluciones



De acuerdo con el Plan Nacional de Seguridad Hídrica 2015-2050, la institucionalidad del agua en Panamá, está distribuida de la siguiente forma:

MIAMBIENTE: entidad rectora del Estado en materia de protección, conservación, preservación y restauración del ambiente y el uso sostenible de los recursos naturales. Administra y monitorea el uso sostenible del agua en su estado natural y las cuencas hidrográficas.

MINSA: Rector del Subsector de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario. Rige el marco normativo de la calidad del agua potable y suministro a poblaciones menores de 1500 habitantes.

ASEP: Regula los servicios de agua y saneamiento en áreas urbanas

IDAAN: Prestadora del servicio de agua potable a poblaciones mayores de 1500 habitantes

MICI: Administra las normas industriales y técnicas en materia de agua (COPANIT).

MEDUCA: Educación sobre agua

MIDA: Responsable de la seguridad alimentaria

Ministerio Público: Delitos ecológicos

ACP: Administra el recurso hídrico para el funcionamiento del canal y mantiene contratos de suministro de agua potable en bloque al IDAAN para su distribución en el área metropolitana de la Ciudad de Panamá, en la ciudad de Colón y en la provincia de Panamá Oeste (distritos de Arraiján y La Chorrera)

SINAPROC: Vulnerabilidad y gestión del riesgo

ETESA: Monitoreo hidrometeorológico

SENACYT: Promoción de investigación y desarrollo

CONADES: Ejecución de programas en atención al suministro de agua potable y dotación de servicios de saneamiento

Universidades y Centros de Investigación: Educación, Investigación y Desarrollo

ARAP: Sostenibilidad de los recursos acuáticos y seguridad alimentaria

AMP: Funcionamiento y desarrollo del sector marítimo

Municipios: Suministro de agua para consumo humano

Constitución Política de 1972 con reformas de 2004

TÍTULO XIV EL CANAL DE PANAMÁ

Artículo 316: Establece la competencia de la Autoridad del Canal de Panamá sobre el recurso hídrico dentro de la Cuenca Hidrográfica del Canal de Panamá.

“A la Autoridad del Canal de Panamá corresponde la responsabilidad por la administración, mantenimiento, uso y conservación de los recursos hídricos de la cuenca hidrográfica del Canal de Panamá, constituidos por el agua de los lagos y sus corrientes tributarias, en coordinación con los organismos estatales que la Ley determine. Los planes de construcción, uso de las aguas, utilización, expansión, desarrollo de los puertos y de cualquiera otra obra o construcción en las riberas del Canal de Panamá, requerirán de la aprobación previa de la Autoridad del Canal de Panamá”.



INFORME DE CALIDAD DE AGUA

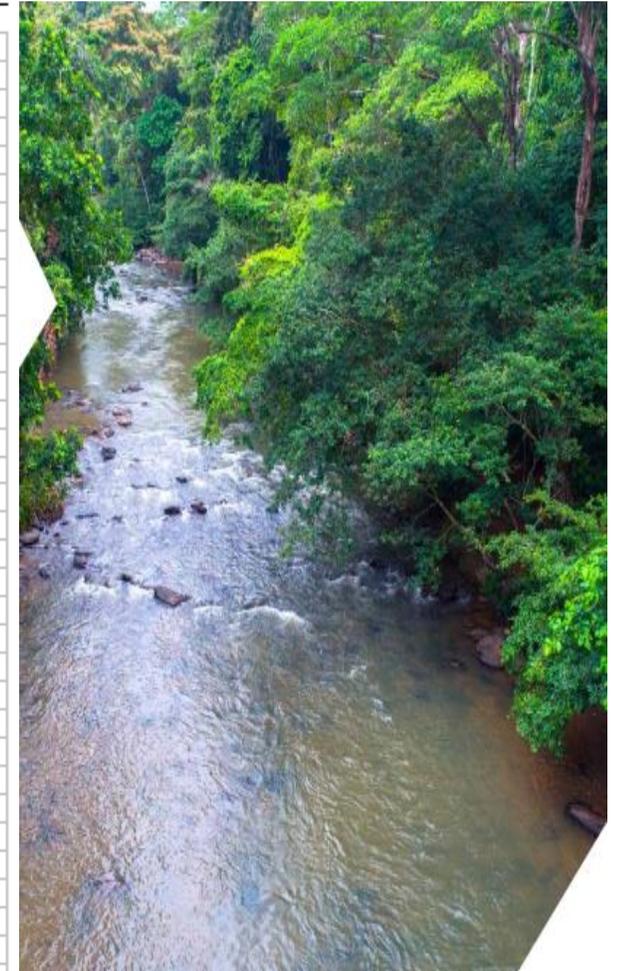
2020



CANAL DE PANAMÁ

Tabla 1. Estaciones de calidad de agua en la Cuenca Hidrográfica del Canal de Panamá.

No.	Componente	Nombre de la estación	Código de la estación	Ubicación	Coordenadas UTM	
					X	Y
1	Embalses	Chagres-Alhajuela	DCH	Embalse Alhajuela	858718	1020798
2	Embalses	Boquerón-Pequeni	BOP	Embalse Alhajuela	858385	1032538
3	Embalses	Estrecho Reporte	ERP	Embalse Alhajuela	855796	1028887
4	Embalses	Punta del Ñopo	PNP	Embalse Alhajuela	855234	1023298
5	Embalses	Toma de Agua IDAAN	TAG	Embalse Alhajuela	852327	1017708
6	Embalses	Toma de Agua Mendoza	TME	Embalse Gatún	827847	999982
7	Embalses	Batería 35	BAT	Embalse Gatún	814566	1014757
8	Embalses	Barro Colorado	BCI	Embalse Gatún	828595	1013929
9	Embalses	Escobal	ESC	Embalse Gatún	813957	1010765
10	Embalses	Arenosa	ARN	Embalse Gatún	814791	999313
11	Embalses	Gamboa	DC1	Embalse Gatún	843343	1007468
12	Embalses	Las Raíces	RAI	Embalse Gatún	811124	1004849
13	Embalses	Laguna Alta	LAT	Embalse Gatún	829016	999569
14	Embalses	Humedad	HUM	Embalse Gatún	804887	1001400
15	Embalses	Toma de Agua de Monte Esmeraldas	TMH	Embalse Gatún	823442	1028418
16	Embalses	Toma de Agua Paraiso	TMR	Embalse Gatún	851144	997879
17	Embalses	Monte Lirio	MLR	Embalse Gatún	825836	1022563
18	Embalses	Toma de Agua Cuipo	TAC	Embalse Gatún	804811	1003283
19	Embalses	Toma de Agua Sabanitas	TAS	Embalse Gatún	829298	1032673
20	Embalses	Boya M12	M12	Embalse Miraflores	853047	996463
21	Embalses	Boya Raidroad Pond	RAP	Embalse Miraflores	854114	995833
22	Embalses	Boya M2	M2	Embalse Miraflores	854260	995296
23	Embalses	Boya Río Cocolí	RCO	Embalse Miraflores	854108	995112
24	Embalses	Boya M5	M5	Embalse Miraflores	853110	996075
25	Ríos Principales	Chico	CHI	Río Chagres	863701	1024274
26	Ríos Principales	Ciento	CNT	Río Gatún	837665	1028568
27	Ríos Principales	Peluca	PEL	Río Boquerón	858003	1037122
28	Ríos Principales	El Chorro	CHR	Río Trinidad	810919	992099
29	Ríos Principales	Los Cañones	CAN	Río Ciri Grande	803045	989130
30	Ríos Principales	Gamboa Hotel	TM4	Río Chagres	843964	1008277
31	Ríos Principales	Jujulupá	TM3	Río Chagres	845120	1010163
32	Ríos Principales	Santa Rosa	TM2	Río Chagres	847821	1014774
33	Ríos Principales	Guayabalito	TM1	Río Chagres	847816	1014963
34	Ríos Principales	Candelaria	CDL	Río Pequeni	862913	1037450
35	Ríos Principales	Guarumal	IGU	Río Indio	862560	1017600
36	Subcuencas prioritarias	Chilibre salida al Chagres	CH9	Río Chilibre	847983	1014333
37	Subcuencas prioritarias	Caño Quebrado Abajo	CQA	Río Caño Quebrado	829035	995518
38	Subcuencas prioritarias	Toma de Agua de Cerro Cama	TN6	Río Tinajones	820876	995813
39	Subcuencas prioritarias	Tinajones 1	TN7	Río Tinajones	821539	996930
40	Subcuencas prioritarias	Hules 3	HU3	Río Los Hules	819744	1000341



Ejemplos de Estaciones en ríos

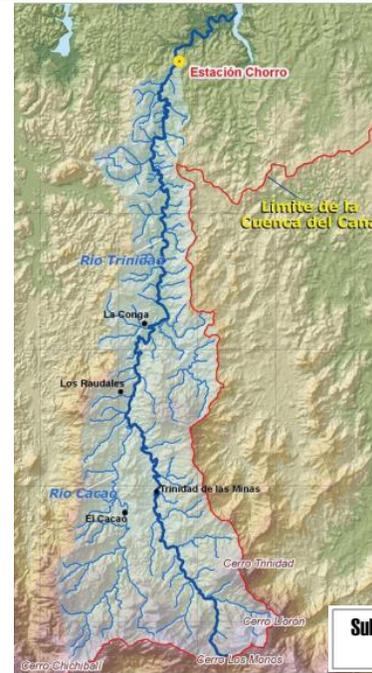


Subcuenca del río Gatún

(hasta la estación Ciento)



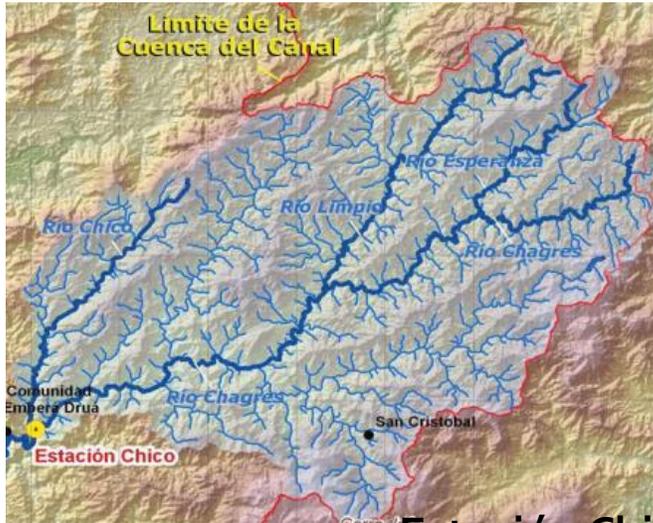
Estación Ciento sobre el río Gatún



Estación El Chorro en río Trinidad



Subcuenca del río Trinidad
(hasta la estación Chorro)

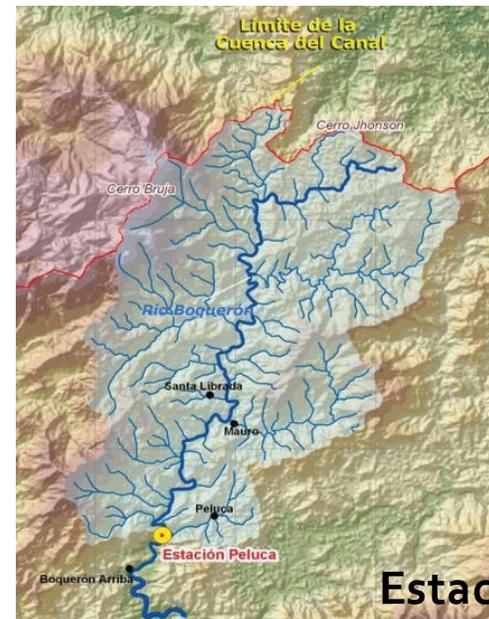


Subcuenca del río Chagres

(hasta la estación Chico)



Estación Chico en el río Chágres



Subcuenca del río Boquerón

(hasta la estación Peluca)



Estación Peluca sobre el río Boquerón

Tabla 2. Métodos analíticos empleados para la determinación de parámetros de calidad de agua.

Métodos analíticos empleados en el PVSCA

Tipo	Parámetro (unidad de medida)	Preservación ¹	Almacenaje Máximo	Filtración (µm)	Método de Análisis	Límite de detección	Decimales a reportar
Bacteriológico	C. total (NMP/100 ml)	Refrigerar	8 horas	n/a	SM 9223-B (Collett)	<10	0
	E. coli (NMP/100 ml)	Refrigerar	8 horas	n/a	SM 9223-B (Collett)	<10	0
Biológicos	DBO ₅ (mg/L)	Refrigerar	48 horas	n/a	SM DBO (5 días) 5210-B	2	2
	Colorifa a ² (µg/L)	Congelar	28 días	0,7	SM 10200-H, modificación USEPA	0,05	1
	MC ² (µg/L)	Refrigerar o congelar	5 días	n/a	ELISA ADDA	<0,10	2
Sólidos	STD (mg/L)	Refrigerar	7 días	n/a	SM 2540-C	10	0
	STS (mg/L)	Refrigerar	7 días	< 2,0	SM 2540-D	10	0
	Turb (NTU)	Refrigerar	24 horas	n/a	SM 2130-B	0,05	1
Nutrientes	TDC (mg/L)	pH <2, refrigerar	28 días	0,45	SM 5310 C	0,29	2
	P-PO ₄ (mg/L)	Refrigerar	48 horas	0,45	SM 4500-P E	0,020	3
	N-NO ₃ (mg/L)	Refrigerar	48 horas	0,45	SM 4500-NO3- E	0,010	3
	N-NO ₂ (mg/L)	Refrigerar	48 horas	0,45	SM 4500-NO2- B	0,002	3
Aniones Mayoritarios	Alc. Total (OH-, HCO ₃ , CO ₃) (mg/L)	Refrigerar	14 días	n/a	SM 2320-B	1	0
	SO ₄ (mg/L)	Refrigerar	28 días	0,45	SM 4500-E- SO4	1	1
	Cl (mg/L)	n/a	n/a	0,45	SM 4500-Cl -D	1,0	1
Cationes Mayoritarios	Cationes: Na ⁺ , Ca ⁺⁺ , Mg ⁺⁺ , K ⁺ (mg/L)	pH <2	6 meses	0,45	SM 3111-B	0,001	2
	Dureza total (mg/L)	n/a	n/a	n/a	SM 2340-B (calculada)	n/a	1
In Situ	Cond (µS/cm)	Analizar de inmediato	n/a	n/a	SM 2510	1	0
	S (UPS)		n/a	n/a	SM 2520A	0,1	2
	pH (unidades de pH)		n/a	n/a	SM 4500-H+B	0,1	2
	OD (mg/L)		n/a	n/a	SM 4500-O G	0,1	2
	OD (% sat)		n/a	n/a	SM 4500-O G		
	Transparencia ² (m)		n/a	n/a	Disco Secchi	0,1	1
	T (°C)		n/a	n/a	SM 2550-A	0,1	1

¹ Refrigerar: almacenar a 4°C +/- 2°C; Analizar de inmediato: analizar hasta 15 minutos de colectada la muestra; Congelar: almacenar a -20°C; pH <2: adicionar H2SO4 2: (NTP 70.49.03)

² Parámetro medido solo en muestras de superficie de embalses Gatón y Ahijuela

Parámetros a analizar y metodologías

Índice de calidad de agua

El índice de calidad de agua se calcula utilizando nueve parámetros: oxígeno disuelto (%), demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅), *E. coli*, ortofosfatos (P-PO₄), nitratos (N-NO₃), potencial de hidrógeno (pH), desviación de temperatura, turbiedad y sólidos totales. Los valores obtenidos van de 0 a 100, y permiten calificar el agua (tabla 3).

Tabla 3. Rangos y calificaciones para los valores del ICA.

Rangos	Color	Calificación (descriptor)
91– 100	Azul	Excelente
71– 90	Verde	Bueno
51– 70	Amarillo	Medio
26– 50	Naranja	Malo
0 – 25	Rojo	Muy malo

**RESULTADOS
DEL
Programa de Vigilancia de Seguridad de la
Calidad del Agua (PVSCA)
2020**

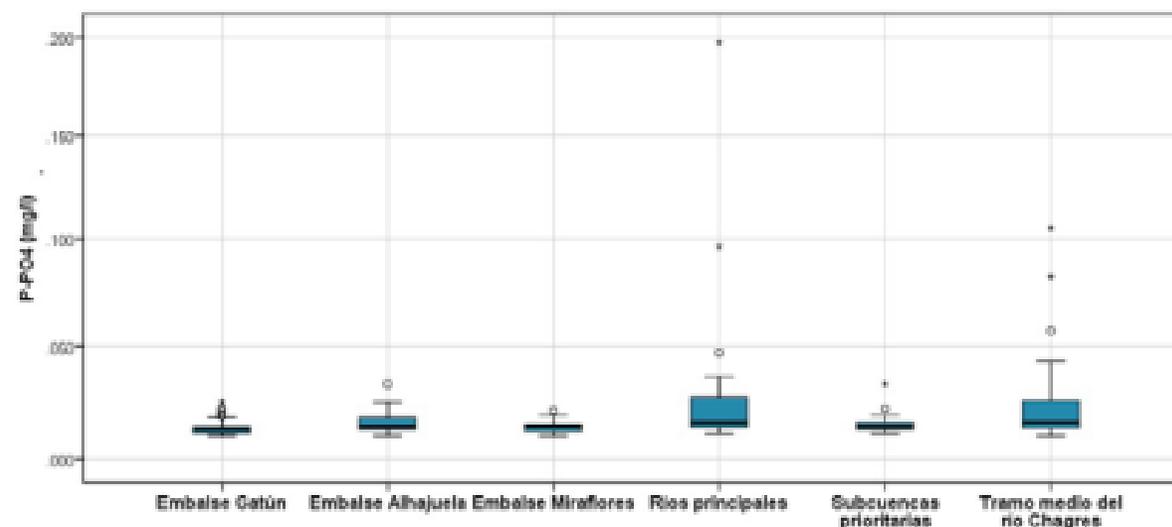
Ortofosfatos

En las estaciones de la Cuenca se realizaron 605 pruebas de fosfatos durante el 2020, siendo indetectable en el 90,4 por ciento de estas —concentraciones inferiores a 0,02 mg/l, límite de detección del método— mayoritariamente registradas en el embalse Gatún. El 8,8 por ciento dio resultados entre 0,02 mg/l y 0,05 mg/l y solo 0,8 por ciento (5 pruebas) registró concentraciones mayores a 0,05 mg/l. En este último intervalo se destacan los valores máximos en las siguientes estaciones y fechas:

- **CDL** (río Pequeni): 0,197 mg/l, 3 de septiembre de 2020
- **TM3** (Tramo medio del río Chagres): 0,105 mg/l, 7 de octubre de 2020
- **CHI** (río Chagres): 0,096 mg/l, 2 de julio de 2020

Las medianas anuales de todos los componentes estuvieron por debajo de 0,02 mg/l, y se observó mayor variabilidad de los resultados en las estaciones de ríos principales. Dentro de este componente, en CDL se registra la mediana anual más alta (0,030 mg/l) (figura 2).

Figura 2. Diagrama de cajas de P-PO4 por componentes.



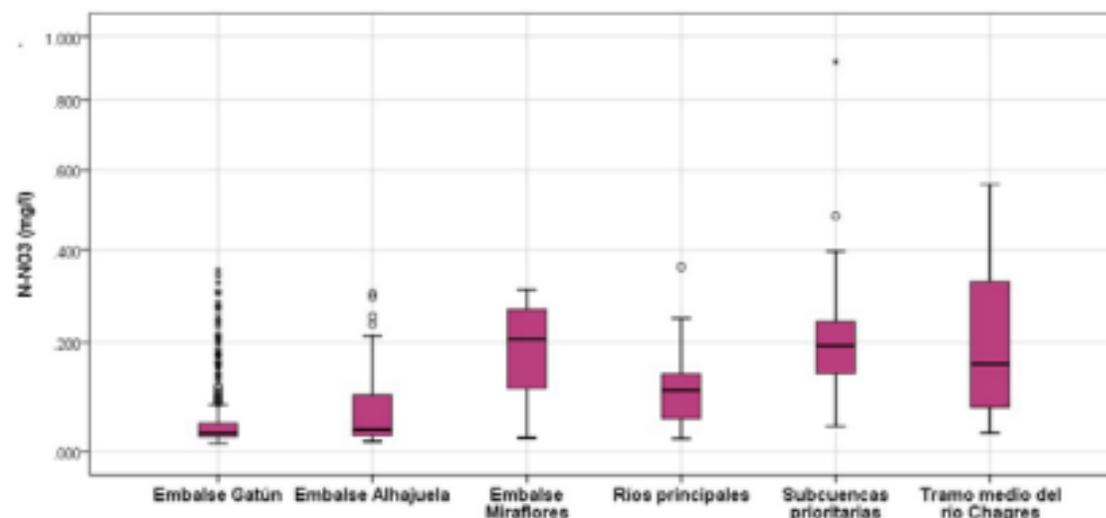
Nitratos

El 67 por ciento de un total de 606 pruebas de nitratos dio valores bajos (entre 0,01 mg/l y 0,10 mg/l), durante el 2020. Estos se registraron mayoritariamente en muestras de los embalses Gatún y Alhajuela. Un 32,5 por ciento marcó concentraciones entre 0,11 y 0,50 mg/l y solo el 0,5 por ciento (3 pruebas) estuvo por encima de 0,50 mg/l. Estos tres registros máximos fueron en las siguientes estaciones y fechas:

- CH9 (río Chilibre): 0,918 mg/l, 12 de noviembre de 2020
- TM3 (Tramo medio del río Chagres): 0,563 mg/l, 2 de junio de 2020
- TM1 (Tramo medio del río Chagres): 0,506 mg/l, 2 de junio de 2020

El conjunto de datos de las estaciones del tramo medio del río Chagres, subcuencas prioritarias y embalse Miraflores registró las medianas más altas: 0,158 mg/l; 0,193 mg/l y 0,208 mg/l respectivamente. Conforme a la mediana anual de cada estación, las concentraciones más elevadas resultaron en TM3 (0,293 mg/l) y TN6 (0,222 mg/l). Los valores detectados fueron muy variables en las muestras del tramo medio del río Chagres, al contrariar del embalse Gatún donde se observó una menor variación (figura 3).

Figura 3. Diagrama de cajas de N-NO₃ por componentes.



E. coli

En el 2020 se realizaron 606 análisis de *E. coli*, y según el recuento del número más probable de bacterias (NMP/100ml), en el 39 por ciento de las pruebas no se detectó este indicador. Esta condición se dio, principalmente, en muestras del embalse Gatún (conteos menores al límite de detección del método 10 NMP/100 ml).

La distribución de todos los resultados de *E. coli*, dividida en categorías, indica que el 91,9 por ciento de los análisis presentó conteos por debajo de 500 NMP/100ml. Solo el 0,8 por ciento registró resultados por encima de los 20 000 NMP/100ml (tabla 5). Estas observaciones de elevados valores de *E. coli* se dieron en:

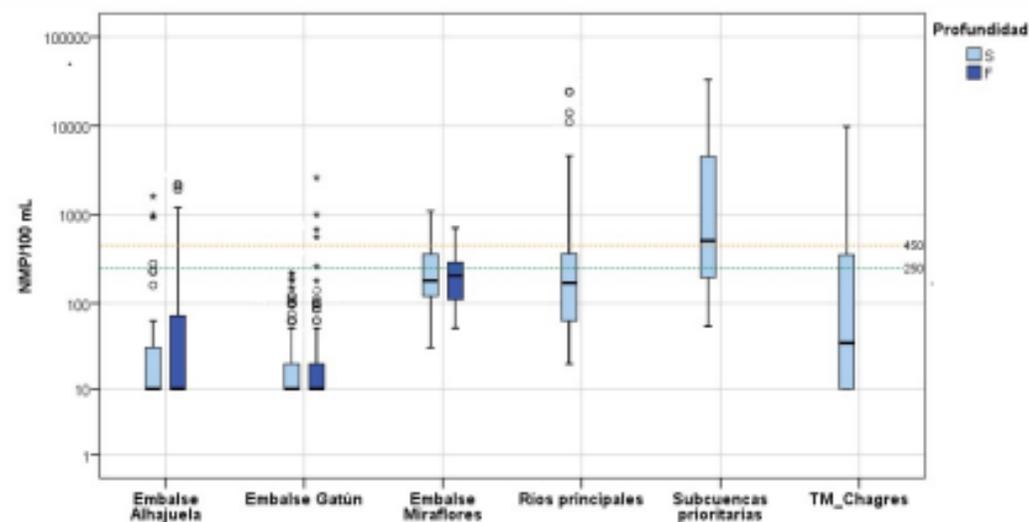
- **CH9** (río Chilibre): 33 000 NMP/100 ml, 12 de noviembre de 2020.
- **TN6** (río Tinajones): 33 000 NMP/100 ml, 26 de noviembre de 2020.
- **HU3** (río Los Hules): 30 000 NMP/100 ml, 26 de noviembre de 2020.
- **CHR** (río El Chorro): 24 000 NMP/100 ml, 25 de noviembre y 9 de diciembre de 2020.

Tabla 5. Distribución de *E. coli* por intervalos.

<i>E. coli</i>	Frecuencia	Porcentaje (%)	Porcentaje (%) acumulado
< 10	239	39,4	39,4
10 - 250	274	45,2	84,6
251 -500	44	7,3	91,9
501 – 5 000	34	5,6	97,5
5 000 – 20 000	10	1,7	99,2
>20 000	5	0,8	100

Los conteos más elevados se observaron en las subcuencas prioritarias y los ríos principales, tomando en cuenta sus medianas anuales globales, 517 NMP/100 ml y 170 NMP/100 respectivamente (figura 4). Dentro de estos componentes fueron más elevadas las medianas de las estaciones HU3, río Los Hules, (690 NMP/100ml) y TN6, río Tinajones, (500 NMP/100 ml), en subcuencas prioritarias, y en CAN, río Los Cañones, (500 NMP/100ml), en ríos principales. Al evaluar los conteos de *E. coli* con los niveles de calidad de agua continentales para uso de recreativo con contacto directo de bajo riesgo, se tiene que, salvo la mediana de las subcuencas prioritarias, todas las medianas son aptas para el uso indicado.

Figura 4. Diagrama de cajas de E. coli por componentes



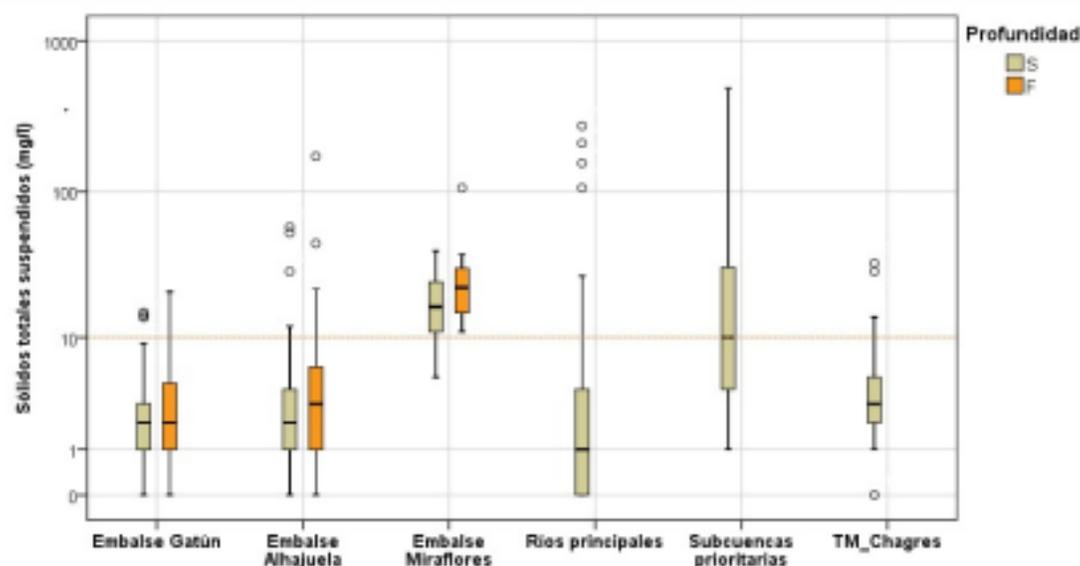
Sólidos totales suspendidos (STS)

En el 2020 se realizaron 606 mediciones de sólidos totales suspendidos, siendo menores a 10 mg/l (límite de detección del método) en el 81 por ciento de las pruebas —mayoritariamente provenientes del embalse Gatún—. Del total de mediciones se registró que el 97,9 por ciento dio valores inferiores a 50 mg/l; el 1,6 por ciento, entre 51 mg/l y 200 mg/l; y solo el 0,5 por ciento fue superior a 200 mg/l. En este último segmento predominan las siguientes estaciones y valores máximos según fechas:

- TN7 (río Tinajones): 487 mg/l, registrado el 26 de noviembre de 2020.
- CHR (río Trinidad): 274 mg/l, registrado el 25 de noviembre de 2020.
- CAN (río Ciri Grande): 210 mg/l, registrado el 25 de noviembre de 2020.

Los niveles más altos y la mayor variabilidad del contenido de sólidos totales suspendidos fueron detectados en las subcuencas prioritarias (mediana global 10 mg/l) e individualmente dentro de este componente sobresalen HU3 (23 mg/l) y TN7 (14 mg/l). Un alto porcentaje de estaciones (81 por ciento) registró medianas anuales inferiores a 10 mg/l, y las medidas provenientes del Tramo medio del río Chagres variaron muy poco a lo largo del año (figura 5).

Figura 5. Diagrama de cajas de sólidos totales suspendidos (STS) por componentes



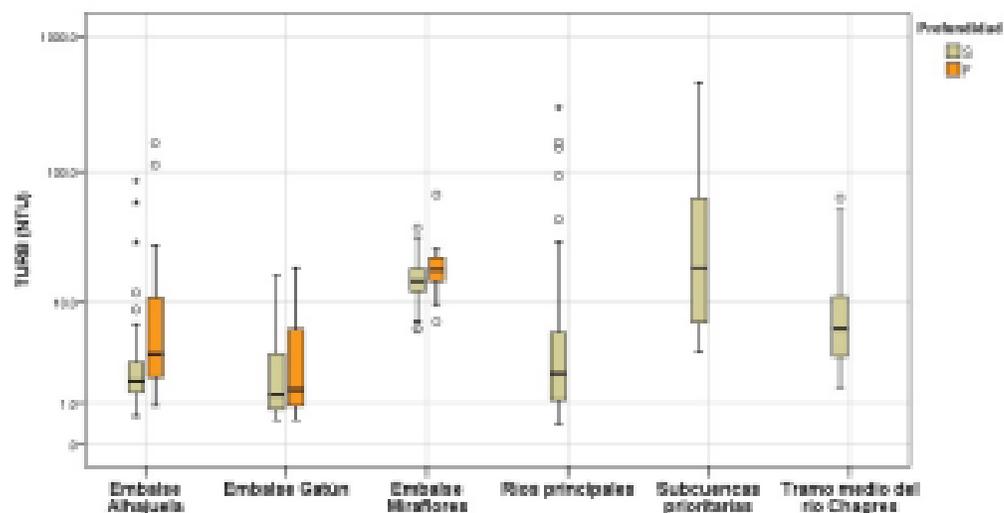
Turbiedad

Un total de 605 mediciones de turbiedad se realizaron en el 2020. De estas, el 61,3 por ciento dio valores menores a 5 NTU, correspondiendo, en su mayoría, a muestras del embalse Gatún. Un 30,1 por ciento de las medidas registró valores entre 5,1 NTU a 20 NTU; el 8,1 por ciento, valores entre 21 NTU y 200 NTU; y solo el 0,5 por ciento fue superior a 200 mg/l. En este último segmento figuran las siguientes estaciones y valores máximos según fechas:

- TN7 (río Tinajones): 455 NTU, registrado el 26 de noviembre de 2020.
- CHR (río Trinidad): 297 mg/l, registrado el 25 de noviembre de 2020.
- TN6 (río Tinajones): 248 NTU, registrado el 26 de noviembre de 2020.

Las turbiedades más altas y con mayor variabilidad se registraron en las subcuencas prioritarias con mediana global 19 NTU, y dentro de este componente sobresalen las estaciones HU3 y TN7 con medianas de 25 NTU y 16 NTU, respectivamente. Las medianas de los embalses Ahajuela y Gatún y de ríos principales registraron valores menores a 5 NTU (figura 6).

Figura 6. Diagrama de cajas de turbiedad por componente



Índice de calidad de agua, ICA

Los datos obtenidos durante el 2020 permitieron calcular un total de 606 índices de calidad de agua. De estos, el 2 por ciento era de calidad "excelente"; el 93 por ciento, de calidad "buena"; y el 5 por ciento, calidad "media". El número de registro en cada categoría fue 13; 563, y 30, respectivamente (figura 7).

El grupo de estaciones del embalse Ahajuela reportó mayor porcentaje de categoría "excelente", mientras que los de subcuencas prioritarias y tramo medio del río Chagres registraron mayor porcentaje de la categoría "media" (tabla 6).

Los ICA con calidad "excelente" se registraron en PNP y ERP (embalse Ahajuela) y HUM, TAC, LAT y TME (embalse Gatún). Los ICA con calidad "media" fueron más frecuentes en las estaciones LAT F, TAC F, TME F (embalse Gatún), HU3 (subcuencas prioritarias) y TM3 (tramo medio del río Chagres). En la categoría "buena" predominan las estaciones de los embalses Gatún y Miraflores.

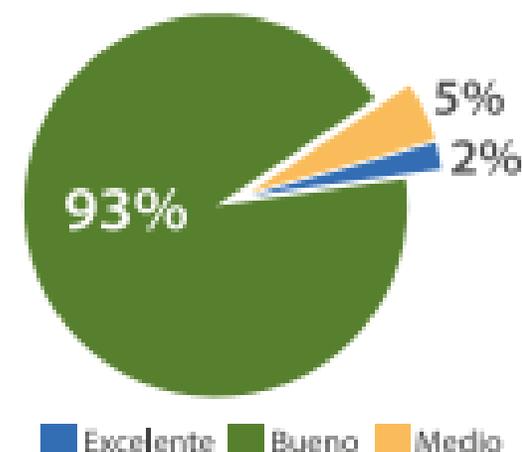


Figura 7. Distribución porcentual global del ICA en la CHCP.

- Este informe y todos los anteriores se encuentran disponibles en el sitio web del Canal de Panamá. La dirección desde la que se puede acceder es:
<http://micanaldepanama.com/nosotros/cuenca-hidrografica/>

¡MUCHAS GRACIAS!

Metodología

- **Sitios y frecuencias de muestreos**

El PVSCA en la CHCP tiene cuarenta (40) sitios de muestreo o estaciones, distribuidos de la siguiente forma: catorce (14) en el embalse Gatún; cinco (5), en el embalse Alhajuela y cinco (5), en el embalse Miraflores; siete (7), en ríos principales (Chagres, Gatún, Boquerón, Trinidad, Cirí Grande, Indio y Pequení); cuatro (4), en el tramo medio del río Chagres; y cinco (5), en las denominadas subcuencas prioritarias (ríos Tinajones, Los Hules, Caño Quebrado).



Metodología

- **Sitios y frecuencias de muestreos**

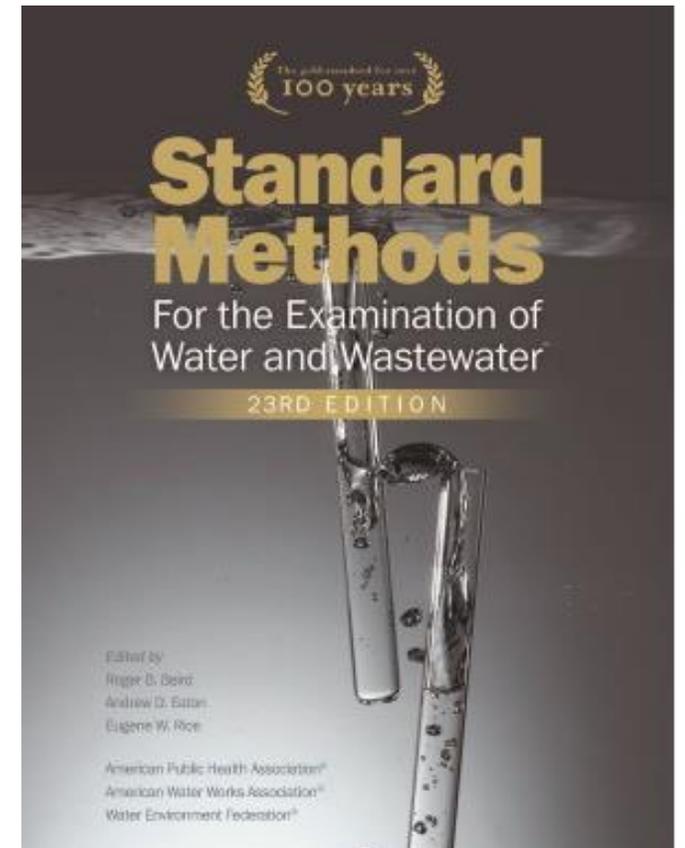
En cada mes del 2020, se programó la visita a los 40 sitios; no obstante, debido a la pandemia global por COVID-19, esta periodicidad sufrió algunas alteraciones temporales, detalladas en la valoración de los resultados.

En los ríos, las muestras se colectan a una sola profundidad, generalmente, en el centro del cauce, donde haya flujo, pero sin turbulencias, mientras que en los embalses, a dos profundidades, superficie y fondo; se omite la muestra de fondo cuando la profundidad total es menor a tres metros.

Metodología

- **Parámetros a analizar y metodologías**

A las muestras de ríos se le analizaron 24 parámetros; y a las de embalses, entre 24 y 27 parámetros, dependiendo si es muestra de fondo o de superficie, dado que en estas últimas se incluyen los análisis de clorofila, microcistinas y transparencia. Todos los parámetros se analizan mensualmente a excepción del Carbono orgánico total (TOC) que se examina cada tres meses. La metodología empleada es la recomendada por el **“Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater”** 23 rd Edition 2017, implementada por el Equipo de Análisis de Calidad de Agua (tabla 2)



Introducción

- El 2020 presentó un desafío histórico originado en la pandemia global por COVID-19, lo que generó un conjunto de limitaciones, restricciones y protocolos a nivel general para la realización del Programa de Vigilancia y Seguimiento de la Calidad del Agua (PVSCA). A pesar de estos, la Autoridad del Canal de Panamá se enfocó en responder apropiadamente a su compromiso de gestionar el recurso hídrico en calidad y volumen. Por ello dio continuidad al PVSCA en la Cuenca Hidrográfica del Canal de Panamá (CHCP), de forma regular, con algunas afectaciones menores, manteniendo durante los meses de mayor impacto un alcance mínimo mensual de giras, colecta de muestras y análisis en el laboratorio.
- El Programa se ejecutó en un noventa por ciento de lo proyectado, se recolectaron 606 muestras de agua en cuarenta estaciones, produciéndose 14,720 resultados. Se emplean variados recursos como: tablas de datos, estadísticos descriptivos, gráficos diversos, cálculos de los índices de calidad de agua (ICA) y de estado trófico, comparación con valores históricos, límites mínimos de detección y niveles de calidad de agua.
- Los resultados e información generada permiten verificar variaciones temporales y espaciales, reconocer sitios para reforzar medidas de protección de la cuenca, respaldar las operaciones de potabilización de agua y, en fin, para tener una visión general de la calidad del agua en la CHCP.