
**TOMA DE MUESTRA Y CARACTERIZACIÓN
FISICOQUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DE
AGUA NATURAL SUPERFICIAL EN 8
PUNTOS DEL CASCO URBANO DEL
MUNICIPIO DE BARRANCABERMEJA**



HIDROINGENIERÍA CONSULTORES S.A.S
GESTIÓN Y SOLUCIONES AMBIENTALES

**ABRIL 10 DE 2023
BARRANCABERMEJA, SANTANDER**



HIDROINGENIERÍA CONSULTORES S.A.S
GESTIÓN Y SOLUCIONES AMBIENTALES

**INFORME DE CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DE OCHO
(8) CUERPOS DE AGUA SUPERFICIAL UBICADOS EN EL CASCO URBANO DEL
MUNICIPIO DE BARRANCABERMEJA, SANTANDER**

“CONSORCIO TODOS POR LA COMUNA 1”

LOCALIZACIÓN
Carrera 35 N° 36 – 02
BUCARAMANGA, SANTANDER

ELABORADO POR

HIDROINGENIERÍA CONSULTORES S.A.S
901.079.082-2
Calle 60 N° 17 C – 06
Bucaramanga, Santander
Móvil: 316-7659793 | 318-7008483
PBX: (7) 686 2014
comercial@hidroingenieriasas.com

BUCARAMANGA, SANTANDER



CONTENIDO

CONTENIDO DE GRÁFICOS.....	3
INTRODUCCIÓN.....	4
1 FUNDAMENTO TEORICO.....	5
1.1 Tipo de muestra.....	5
1.1.1 Muestra puntual.....	5
1.2 Precauciones generales.....	5
1.2.1 Recipientes utilizados para la toma de muestras.....	5
1.2.2 Preservación de muestras.....	5
1.3 Trazabilidad.....	6
1.3.1 Asignación de la custodia de las muestras.....	6
1.3.2 Registro de la custodia, identificación de las muestras y datos de campo.....	6
2 METODOLOGÍA.....	6
2.1 Fase de campo.....	6
2.2 Aseguramiento de la calidad del muestreo.....	6
2.3 Fase de laboratorio.....	7
3 INFORMACIÓN GENERAL.....	7
3.1 Información Básica Del Establecimiento.....	7
4 GENERALIDADES DEL MUESTREO.....	7
4.1 Parámetros a evaluar.....	7
5 GENERALIDADES DEL MUESTREO.....	8
5.1 Identificación y área de estudio.....	8
5.2 Descripción del muestreo.....	8
6 RESULTADOS.....	9
6.1 Resultados de campo.....	9
6.2 Resultados de laboratorio.....	12
6.2.1 Análisis de resultados de laboratorio.....	12
6.3 Determinación de los índices de contaminación (ICO).....	14
7 CONCLUSIONES.....	18
ANEXOS.....	20
Anexo 1. Registro Fotográfico.....	20
Anexo 2. Resultados de Laboratorio.....	28
Anexo 3. Formatos de campo.....	29

CONTENIDO DE TABLAS

Tabla 1 Parámetros a evaluar – cuerpos de agua superficial	7
Tabla 2 Localización y punto de muestreo	8
Tabla 3 Datos de campo – Puntos de muestreo	9
Tabla 4 Resultados de laboratorio vertimiento puntos de muestreo	12
Tabla 5 Calificación de la calidad del agua según los valores que tomen los indicadores de contaminación.....	14
Tabla 6 Parámetros Ajustados para determinar el ICOMI	16
Tabla 7 Parámetros Ajustados para determinar el ICOMO.....	16
Tabla 8 Determinación del ICOSUS e ICOTRO	17
Tabla 9 Calificación según el grado de los ICO's por punto de muestreo	17

CONTENIDO DE GRÁFICOS

Gráfico 1 Variación Temperatura – Puntos de muestreo	9
Gráfico 2 Variación pH – Puntos de muestreo	10
Gráfico 3 Variación Conductividad – Vertimiento puntos de muestreo.....	11
Gráfico 4 Variación Oxígeno Disuelto – Puntos de muestreo	11

INTRODUCCIÓN

El estudio de caracterización de agua residual permite conocer las alteraciones e impactos ocasionados directamente sobre los cuerpos de agua mediante una serie de análisis físicos, químicos y biológicos. De igual manera permite evaluar las condiciones de eficiencia de los diferentes procesos en los sistemas de tratamiento de aguas residuales y orienta a la toma de decisiones sobre el uso de las alternativas existentes para el tratamiento, control y mitigación de los impactos ambientales ocasionados.

El presente documento contiene los resultados de laboratorio de la caracterización fisicoquímica y microbiológica realizada a 8 cuerpos de agua superficial que han sufrido alteraciones e impactos negativos a causa de la contaminación y el crecimiento poblacional del municipio de Barrancabermeja, Santander, los cuales representan un riesgo del orden ambiental, así como de afectación a la salud pública. El estudio se llevó a cabo el día 10 de abril de 2023, con el fin de evaluar la calidad del agua superficial y así establecer los niveles de contaminación presentes.

1 FUNDAMENTO TEORICO

A continuación, se presenta la descripción teórica de las actividades realizadas en el trabajo de campo, definiciones dadas en el Manual de Toma y Preservación de Muestras del IDEAM.

1.1 Tipo de muestra

1.1.1 Muestra puntual

Este tipo de muestra representa las características del vertimiento analizado según el lugar, tiempo y circunstancias particulares en las que se realizó su recolección.

1.2 Precauciones generales

Uno de los requerimientos básicos dentro de las actividades de muestreo de aguas, es la adecuada manipulación de las muestras, por tanto, es necesario purgar el recipiente de dos a tres veces antes de coleccionar la muestra. Además, es importante tener en cuenta el tipo de determinación, ya que dependiendo de ello el recipiente se llena completamente, o en algunos casos se deja un espacio para aireación o mezcla de la muestra.

1.2.1 Recipientes utilizados para la toma de muestras

Los recipientes para las muestras generalmente están hechos de plástico o vidrio. Para el trabajo de campo se utilizaron recipientes de acuerdo a la naturaleza de la muestra y sus componentes.

1.2.2 Preservación de muestras

Es prácticamente imposible la preservación completa e inequívoca de las muestras de aguas residuales domésticas, no domésticas y de aguas naturales. Algunos componentes físicos o químicos se pueden estabilizar mediante la adición de componentes químicos, bien sea directamente a la muestra después de tomarla, o antes, en el recipiente cuando todavía está vacío. Es esencial que los preservantes utilizados no interfieran durante el análisis, en el mejor de los casos, las técnicas de preservación solamente pueden retardar los cambios químicos y biológicos, que continúan inevitablemente después de que la muestra se retira de su fuente.



HIDROINGENIERÍA CONSULTORES S.A.S
GESTIÓN Y SOLUCIONES AMBIENTALES

1.3 Trazabilidad

Cada una de las etapas del trabajo es debidamente documentada en formatos establecidos para tal fin, de modo que se asegure la trazabilidad de todas las actividades realizadas tanto en campo como en laboratorio. Cada actividad tiene un responsable asignado con la competencia necesaria para asegurar la máxima confiabilidad de los resultados emitidos.

1.3.1 Asignación de la custodia de las muestras

Los funcionarios que conforman el equipo de muestreo de HIDROINGENIERIA CONSULTORES S.A.S., están a cargo de la custodia de las muestras (actividades de muestreo, transporte y entrega). Estos funcionarios son los responsables del cuidado y la custodia de las muestras hasta que se transfieran al laboratorio.

1.3.2 Registro de la custodia, identificación de las muestras y datos de campo

Para la realización del muestreo se utilizaron los formatos internos que se relacionan a continuación: Formatos de Campo (Formato Plan de muestreo y cadena de custodia – GT-FO-04; Formato registro datos de campo – GT-FO-01; Formato de observaciones generales del muestreo – GT-FO-18; Formato de envío de muestras a subcontratar – GT-F0-14).

2 METODOLOGÍA

2.1 Fase de campo

La metodología utilizada para la toma de muestras se encuentra establecida en los ***procedimientos internos de HIDROINGENIERIA CONSULTORES S.A.S, GT-PR-01 Procedimiento toma de muestras.***

2.2 Aseguramiento de la calidad del muestreo

Para el desarrollo de las actividades de muestreo, la recolección, conservación y almacenamiento de las muestras son aspectos críticos que fueron llevados a cabo con el mayor de los cuidados, ya que condicionan los resultados analíticos y la interpretación de los mismos. Esto implicó una variada gama de precauciones y condiciones de manejo de las muestras que determinaron aspectos tales como los tipos de envase a utilizar y el tratamiento previo que debían pasar los equipos utilizados en la medición de parámetros de campo, la refrigeración y la adición de conservantes, entre otras.



HIDROINGENIERÍA CONSULTORES S.A.S.
GESTIÓN Y SOLUCIONES AMBIENTALES

Con el objetivo de asegurar la integridad de la muestra, se lleva a cabo un proceso de seguimiento, vigilancia y control durante las actividades del muestreo, desde su recolección, preservación, transporte, cadena de custodia y posterior análisis en laboratorio. Este proceso es de gran importancia ya que determina la calidad y confiabilidad de las muestras.

2.3 Fase de laboratorio

Los procedimientos para el análisis de las muestras se basan en las técnicas actualizadas del “Estándar Methods for the Examination of Water and Wastewater. 23th Edition-2017”, publicadas en conjunto por las organizaciones: American Public Health Association, American Water Works Association y The Water Environment Federation.

3 INFORMACIÓN GENERAL

3.1 Información Básica Del Establecimiento

Razón social: CONSORCIO TODOS POR LA COMUNA 1

NIT: 901.658.183-2

Dirección: Carrera 35 N° 36 – 02

Persona de Contacto: Lissette Niño

Teléfono de contacto: 312 355 1214

4 GENERALIDADES DEL MUESTREO

4.1 Parámetros a evaluar

La evaluación y determinación de la calidad del agua se basó en el estudio de los siguientes parámetros, en conformidad a los requerimientos del cliente:

Tabla 1 Parámetros a evaluar – cuerpos de agua superficial

PARÁMETRO	UNIDADES	MÉTODO
pH	Unidades de pH	SM 4500 H+B / Electrométrico
Conductividad		SM 2510 B
Oxígeno disuelto		SM 4500 O C
Temperatura muestra	°C	SM 2550 B
Demanda Química de oxígeno (DQO)	mg/L O ₂	SM 5220 C / Reflujo cerrado-Volumétrico
Demanda Biológica de oxígeno (DBO ₅)	mg/L O ₂	SM 5210B/-SM 45000 H
Sólidos suspendidos totales (SST)	mg/L	SM 2540 D I Gravimétrico-secado 103-105 °C
Grasas y aceites	mg/L	SM 5520 B/ Extracción Líquido-Líquido, partición Gravimétrica
Turbiedad		Sm 2130 B
Alcalinidad	mg/L	SM 2320 B / Volumétrico
Sulfuros		SM 4500 S2 C, F

PARÁMETRO	UNIDADES	MÉTODO
Nitrógeno Amoniacal (N-HN ₃)	mg/L	SM 4500 NH ₃ B, Colorimetría
Fósforo Total (P)	mg/L	SM 4500 P B, E / Digestión colorimetría con ácido ascórbico
Nitratos (N-NO ₃ ⁻)	mg/L	Método del Salicilato de Sodio- análisis de aguas, J Rodier 3 edición 1998
Nitritos (N-NO ₂ ⁻)	mg/L	Método del Salicilato de Sodio- análisis de aguas, J Rodier 3 edición 1998
Cloruros	mg/L	SM 4500-Cl B / Argentométrico
Dureza total	mg/L	SM 2340 C / Volumétrico con EDTA
Coliformes Termotolerantes (Fecales)	NMP/100mL	Sm 9221 E

Para el desarrollo de la toma de muestras se utilizaron recipientes de plástico y vidrio rotulados de acuerdo a la identificación del punto y otra información de interés de la muestra. Las muestras fueron conservadas y preservadas mediante refrigeración y la adición de reactivos, según los criterios requeridos por el laboratorio analista y siguiendo los procedimientos establecidos en el “*Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*”.

5 GENERALIDADES DEL MUESTREO

5.1 Identificación y área de estudio

A continuación, se presenta la ubicación geográfica de los lugares en los cuales se realizó la toma de muestras en el municipio de Barrancabermeja, Santander.

Tabla 2 Localización y punto de muestreo

Identificación	Lugar y punto de muestreo	Georeferenciación		
		N	E	A (msnm)
HC-23-014-1	Barrio David Núñez	7° 03' 16.8"	73° 51' 36.1"	87
HC-23-014-2	Humedal las Playas	7° 03' 19.3"	73° 51' 33.3"	74
HC-23-014-3	La Rampa	7° 03' 30.9"	73° 52' 12.5"	85
HC-23-014-4	Caño Cardales	7° 03' 20.0"	73° 51' 44.1"	83
HC-23-014-5	La Repunta	7° 03' 02.9"	73° 51' 52.5"	81
HC-23-014-6	La Bufalera	7° 02' 51.8"	73° 51' 33.4"	82
HC-23-014-7	Buenos Aires 2	7° 03' 21.3"	73° 51' 23.8"	90
HC-23-014-8	Humedal Castillo – Isla del Zapato	7° 03' 7.0"	73° 51' 12.8"	88

Fuente: HIDROINGENIERIA CONSULTORES S.A.S.

5.2 Descripción del muestreo

El día 10 de abril de 2023, se realizó toma de muestra puntual en ocho (8) cuerpos de agua superficial, con el fin de evaluar su calidad en términos físicos, químicos y biológicos que



representan un riesgo al generar impactos al medio ambiente y la salud pública de los habitantes.

6 RESULTADOS

6.1 Resultados de campo

En la Tabla 3 y en los gráficos 1 al 4 se presentan el comportamiento de los resultados de campo obtenidos durante la toma de muestra para cada una de los puntos de estudio.

Tabla 3 Datos de campo – Puntos de muestreo

Punto de Muestreo	Temperatura ambiente [°C]	Temperatura muestra [°C]	pH [Unid. de pH]	Conductividad [μS/cm]	Oxígeno Disuelto [mg/L]
Barrio David Núñez	28,3	27,9	6,92	435	1,06
Humedal las Playas	37,3	30,1	6,69	382	1,03
La Rampa	33,3	29,5	6,94	340	0,77
Caño Cardales	29,2	28,3	6,9	515	0,48
La Repunta	29,6	28,4	6,68	175,3	1,36
La Bufalera	37,5	31,3	7,05	757	4,92
Buenos Aires 2	29,5	29,6	7,21	637	2,61
Humedal castillo – Isla del Zapato	30,2	27	6,41	344	0,71

Fuente: HIDROINGENIERÍA CONSULTORES S.A.S

Gráfico 1 Variación Temperatura – Puntos de muestreo

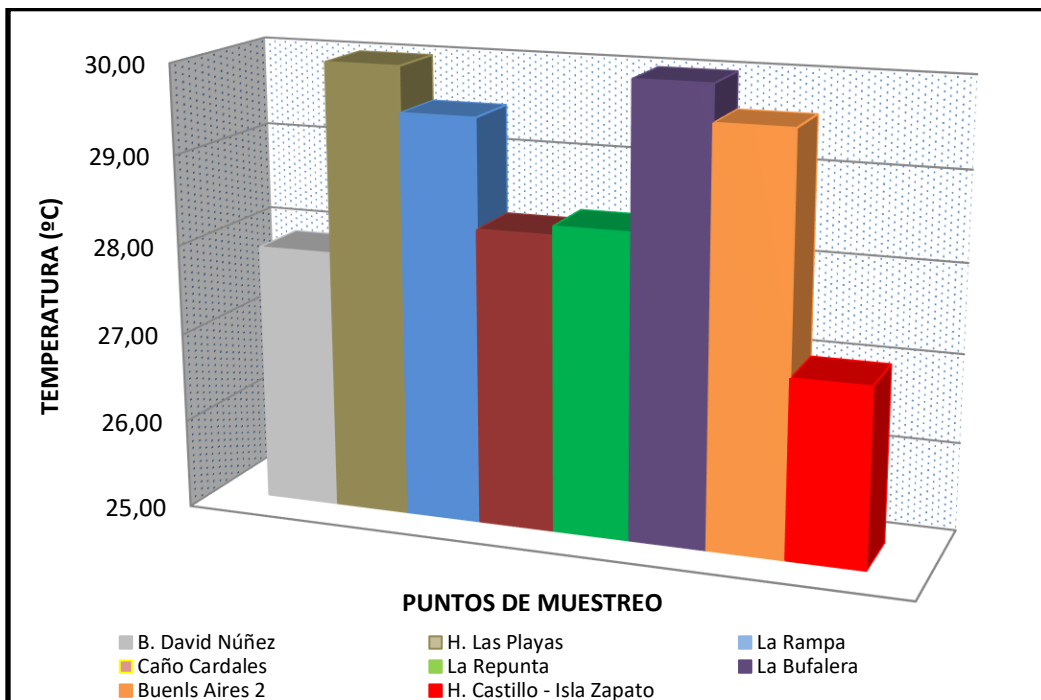


Gráfico 2 Variación pH – Puntos de muestreo

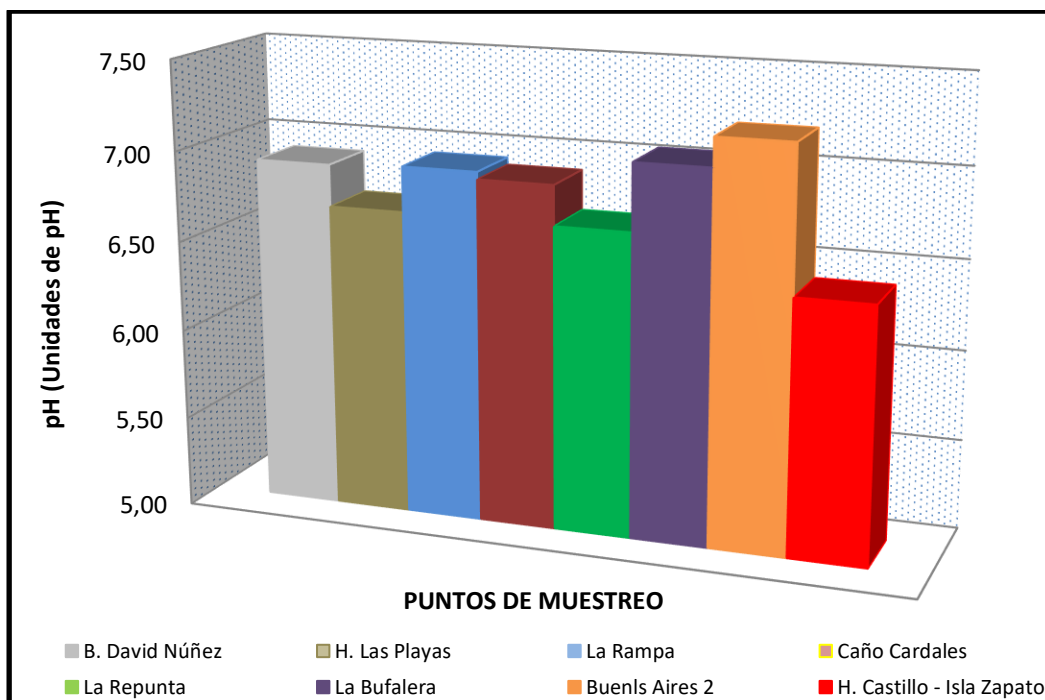


Gráfico 3 Variación Conductividad – Vertimiento puntos de muestreo

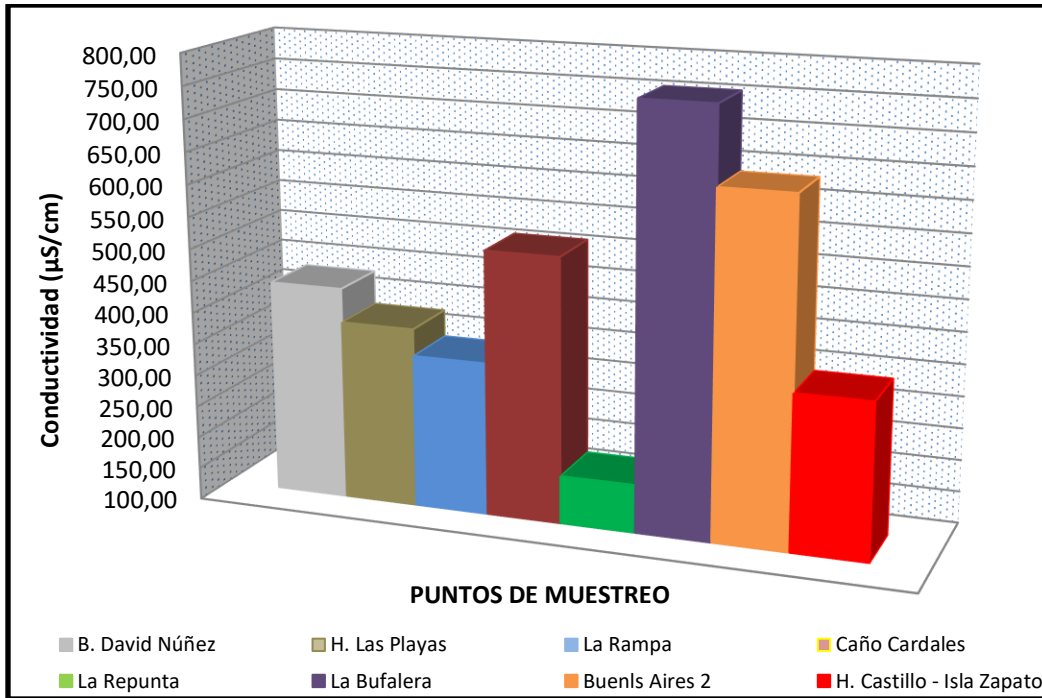
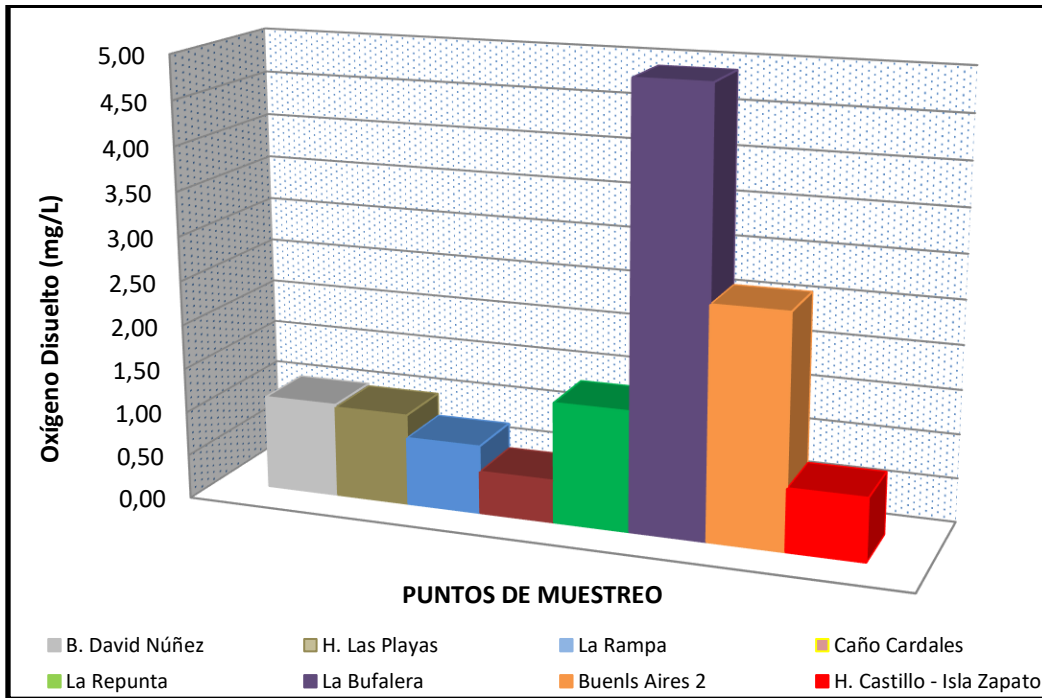


Gráfico 4 Variación Oxígeno Disuelto – Puntos de muestreo





6.2 Resultados de laboratorio

A continuación, se presentan los resultados de laboratorio obtenidos para los puntos de muestreo en estudio.

Tabla 4 Resultados de laboratorio vertimiento puntos de muestreo

Parámetro	Unidades	B. David Núñez	H. Las playas	La Rampa	Caño Cardales
Demanda Química de oxígeno (DQO)	mg/L O ₂	72,9	40,6	<30,0*	121
Demanda Biológica de oxígeno (DBO ₅)	mg/L O ₂	46	19,4	36,3	80,4
Sólidos suspendidos totales (SST)	mg/L	12	20,7	36,4	64
Grasas y aceites	mg/L	8,26	<7,0*	14,09	<7,0*
Turbiedad	NTU	11,35	16,3	67	44,25
Alcalinidad	mg/L	155	124	98,4	166
Sulfuros	mg/L	<0,950*	<0,950*	<0,950*	<0,950*
Fósforo Total (P)	mg/L	1,28	1,06	0,741	2,0
Nitratos (N-NO ₃ ⁻)	mg/L	<0,226*	<0,226*	<0,226*	<0,226*
Nitritos (N-NO ₂ ⁻)	mg/L	0,022	<0,022*	<0,022*	0,022
Nitrógeno Amoniacal (N-HN ₃)	mg/L	9,44	6,0	4,29	12
Cloruros	mg/L	<3,0*	<3,0*	<3,0*	<3,0*
Dureza total	mg/L	112	100	92	124
Coliformes Termotolerantes (Fecales)	NMP/100mL	79000	21000	41000	840000

Parámetro	Unidades	La Repunta	La Bufalera	Buenos Aires 2	H. Castillo Isla del Zapato
Demanda Química de oxígeno (DQO)	mg/L O ₂	117	80,5	185	<30,0*
Demanda Biológica de oxígeno (DBO ₅)	mg/L O ₂	20,7	37,1	86,2	79,4
Sólidos suspendidos totales (SST)	mg/L	336	24	95,3	134
Grasas y aceites	mg/L	<7,0*	<7,0*	10,7	<7,0*
Turbiedad	NTU	270	19,3	32,5	53
Alcalinidad	mg/L	47,7	127	150	72,5
Sulfuros	mg/L	<0,950*	<0,950*	<0,950*	<0,950*
Fósforo Total (P)	mg/L	0,397	0,073	2,32	0,733
Nitratos (N-NO ₃ ⁻)	mg/L	<0,226*	<0,226*	<0,226*	<0,226*
Nitritos (N-NO ₂ ⁻)	mg/L	<0,022*	0,05	<0,022*	<0,022*
Nitrógeno Amoniacal (N-HN ₃)	mg/L	<1,60*	<1,60*	16,6	3,15
Cloruros	mg/L	<3,0*	237	<3,0*	<3,0*
Dureza total	mg/L	64	300	72	48
Coliformes Termotolerantes (Fecales)	NMP/100mL	26000	350	1700000	5800

Fuente: HIDROINGENIERÍA CONSULTORES S.A.S.

Observaciones: * Límite de cuantificación de método

6.2.1 Análisis de resultados de laboratorio

6.2.1.1 Cálculo de los índices de contaminación – ICO's

Dentro de los factores determinantes de la contaminación del agua se encuentran:



- **ICOMI** o parámetro de mineralización: Este factor integra las mediciones de conductividad la cual expresa el contenido de sólidos disueltos en la corriente del cuerpo hídrico, dureza basada en la concentración de cationes de magnesio y calcio, y la alcalinidad expresada mediante el contenido de aniones de carbono. Este índice se define en un rango de 0 que indica baja contaminación a 1 que indica alta contaminación por mineralización.
- **ICOMO** o índice de contaminación por materia orgánica: Este factor se integra por las mediciones de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5), coliformes totales y porcentaje de saturación de oxígeno. Este índice está definido en un rango de 0 a 1 que indica la relación del aumento de contaminación en un cuerpo hídrico.
- **ICOSUS** o parámetro de contaminación por sólidos suspendidos: Se integra del cálculo de los sólidos suspendidos o partículas de carácter orgánico e inorgánico que se mantienen suspendidos en concentraciones acuosas. Este índice se define mediante un rango de 0 a 1 que permite determinar la contaminación por sólidos suspendidos.
- **ICOTRO** o índice de contaminación trófica: Se integra de la concentración de fósforo total, así como el nitrógeno y el fósforo en exceso de agua provoca eutrofización que puede afectar la vida acuática. Su determinación por análisis químico establece la determinación de contaminación de la siguiente manera:

Oligotrofia: < 0.01

Mesotrofia: 0.01 – 0.02

Eutrofia: 0.02 – 1.00

Hipereutrofia: > 1.00

La calificación de la calidad del agua según los resultados arrojados de los índices de contaminación se establece en la tabla 5 según corresponde.

Tabla 5 Calificación de la calidad del agua según los valores que tomen los indicadores de contaminación

Categorías de valores que puede tomar el indicador ICO's	Calificación de la calidad del agua	Escala de color
0,8 – 1,0	Muy Alto	Rojo
0,6 – 0,8	Alto	Naranja
0,4 – 0,6	Medio	Amarillo
0,2 – 0,4	Bajo	Verde
0,0 – 0,2	Ninguno	Azul

6.3 Determinación de los índices de contaminación (ICO)

Se calcula cada índice según las ecuaciones de referencia, para la evaluación de estos índices sobre los cuerpos de agua evaluados, para el hallazgo de los índices se tienen en cuenta las valoraciones y particularidades de cada uno, se presentan adicionalmente las fórmulas utilizadas para el cálculo de estos.

- **Índice de contaminación por mineralización (ICOMI)**

Este índice permite identificar la cantidad de sólidos disueltos en un cuerpo de agua, este se define en un rango numérico asignado de 0 a 1 en el cual los valores de cero o cercanos a cero indican baja contaminación por mineralización y los valores de uno o cercanos a este, indican alta contaminación por mineralización, se determina mediante la fórmula:

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

Donde,

$$I_{Conductividad} = \log_{10} I_{Conductividad} = 3.26 + 1.34 \log_{10} Conductividad (\mu S/cm)$$

$$I_{Conductividad} = \log_{10} Conductividad$$

Si $Conductividad > 270 (\mu S/cm)$ Entonces $I_{Conductividad} = 1$

$$I_{Dureza} = \log_{10} I_{Dureza} = -9.09 + 4.40 \log_{10} Dureza (mg/L)$$

$$I_{Dureza} = \log_{10} Dureza$$

Si $Dureza > 100 mg/L$ Entonces $I_{Dureza} = 1$

Si $Dureza < 30 mg/L$ Entonces $I_{Dureza} = 0$

$$I_{Alcalinidad} = \log_{10} I_{Alcalinidad} = -0.25 + 0.005 Alcalinidad (mg/L)$$



HIDROINGENIERÍA CONSULTORES S.A.S
GESTIÓN Y SOLUCIONES AMBIENTALES

Si *Alcalinidad* > 250 mg/L Entonces *IAlcalinidad* = 1

Si *Alcalinidad* < 50 mg/L Entonces *IAlcalinidad* = 0

- **Índice de contaminación por materia orgánica (ICOMO)**

Mediante el cálculo de este índice se podrá reflejar la carga de contaminación orgánica que contiene el afluente y su capacidad de respuesta frente a este tipo de contaminación. El índice se obtiene mediante la siguiente fórmula:

$$ICOMO = 1/3 (I_{DBO} + I_{COT} + I_{\% OXIGENO})$$

Donde,

I_{DBO} = Su valor se obtiene mediante:

$$I_{DBO} = -0.05 + 0.70 \log_{10} DBO(\text{mg/L})$$

Si $DBO > 30 \text{ mg/L}$ Entonces $I_{DBO} = 1$

Si $DBO < 2 \text{ mg/L}$ Entonces $I_{DBO} = 0$

I_{COT} = Su valor se obtiene mediante:

$$I_{\text{Coliformes Totales}} = -1.44 + 0.56 \log_{10} COT$$

Si *coliformes totales* > 20.000 NPM/100ml Entonces $I_{COT} = 1$

Si *coliformes totales* < 500 NPM/100ml Entonces $I_{COT} = 0$

$I_{\% OXIGENO}$ = Su valor se obtiene mediante:

$$I_{\% OXIGENO} = 1 - 0.01 * \% \text{ saturación de oxígeno}$$

Si *% oxígeno* > 100% Entonces $I_{\% OXIGENO} = 0$

- **Índice de contaminación por sólidos suspendidos (ICOSUS)**

Esta variable destaca los niveles de sólidos de alta densidad suspendidos en los cuerpos hídricos, se determina mediante los parámetros:

$$ICOSUS = -0.02 + 0.003 * SST$$



Si $SST > 340 \text{ mg/L}$ Entonces $ICOSUS = 1$

Si $SST < 10 \text{ mg/L}$ Entonces $ICOSUS = 0$

- **Índice de contaminación trófica (ICOTRO)**

Este índice se calcula partiendo de la concentración de fósforo total medido en mg/L por análisis químico, a mayor concentración se presenta eutrofización en los cuerpos hídricos.

Se determina su concentración mediante los parámetros:

Oligotrofia: < 0.01

Mesotrofia: $0.01 - 0.02$

Eutrofia: $0.02 - 1.00$

Hipereutrofia: > 1.00

De esta manera aplicando los datos obtenidos en la caracterización de los puntos evaluados y aplicando las fórmulas referentes a los índices de contaminación se obtienen los siguientes resultados:

Tabla 6 Parámetros Ajustados para determinar el ICOMI

Punto de muestreo	Conductividad	Alcalinidad	Dureza	ICOMI
Barrio David Núñez	1	0,525	1	0,841
Humedal las Playas	1	0,37	1	0,79
La Rampa	1	0,242	0,355	0,532
Caño Cardales	1	0,58	1	0,86
La Repunta	0,558	0	0,072	0,21
La Bufalera	1	0,385	1	0,795
Buenos Aires 2	1	0,5	0,121	0,540
Humedal castillo – Isla del Zapato	1	0,1125	0,020	0,378

Tabla 7 Parámetros Ajustados para determinar el ICOMO

Punto de muestreo	DBO	Coliformes	% Oxígeno	ICOMO
Barrio David Núñez	1	1	0,989	0,996
Humedal las Playas	0,896	1	0,990	0,962
La Rampa	1	1	0,992	0,997
Caño Cardales	1	1	0,995	0,998
La Repunta	0,916	1	0,986	0,967
La Bufalera	1	0	0,951	0,650



Punto de muestreo	I _{DBO}	I _{Coliformes}	I _{% Oxígeno}	ICOMO
Buenos Aires 2	1	1	0,974	0,991
Humedal castillo – Isla del Zapato	1	0,668	0,993	0,887

Tabla 8 Determinación del ICOSUS e ICOTRO

Punto de muestreo	ICOSUS	ICOTRO
Barrio David Núñez	0,016	Hipereutrofia
Humedal las Playas	0,0421	Hipereutrofia
La Rampa	0,0892	Eutrofia
Caño Cardales	0,172	Hipereutrofia
La Repunta	0,988	Eutrofia
La Bufalera	0,052	Eutrofia
Buenos Aires 2	0,2659	Hipereutrofia
Humedal castillo – Isla del Zapato	0,382	Eutrofia

Tabla 9 Calificación según el grado de los ICO's por punto de muestreo

PUNTO DE MUESTREO	ICOMI	ICOMO	ICOSUS	ICOTRO
Barrio David Núñez	0,841	0,996	0,016	Hipereutrofia
Humedal las Playas	0,79	0,962	0,0421	Hipereutrofia
La Rampa	0,532	0,997	0,0892	Eutrofia
Caño Cardales	0,86	0,998	0,172	Hipereutrofia
La Repunta	0,21	0,967	0,988	Eutrofia
La Bufalera	0,795	0,650	0,052	Eutrofia
Buenos Aires 2	0,540	0,991	0,2659	Hipereutrofia
Humedal castillo – Isla del Zapato	0,378	0,887	0,382	Eutrofia

7 CONCLUSIONES

- ✓ De acuerdo con los valores registrados para los puntos de muestreo Barrio David Núñez y Caño Cardales, se logró identificar subíndices como ICOMI e ICOMO en un rango de 0.8 – 1.0, con una señal de alerta de color rojo lo que da lugar a una calificación de calidad Muy Alto que confiere una mala calidad debido a la contaminación del recurso hídrico, para el caso del ICOSUS se observó que este índice arrojó un rango de 0.0 – 0.2 lo cual, no confiere ningún grado de contaminación asociado a los sólidos suspendidos presentes en los cuerpos de agua.
- ✓ Evidenciando que el comportamiento del índice de contaminación por materia orgánica – ICOMO, índice que se encuentra asociado a la concentración de parámetros como la DBO5, los coliformes y la presencia de oxígeno disuelto en el agua, para todos los puntos evaluados arrojó rangos de entre 0.8 – 1.0, lo cual confiere una condición de contaminación Muy Alta, lo que traducido en términos ambientales representa un impacto altamente negativo en el medio ambiente y un factor de vulnerabilidad para la propagación de enfermedades y afectación a la salud pública.
- ✓ Según lo expuesto en la tabla 9, el índice de contaminación por mineralización – ICOMI, para los puntos Humedal las playas y La Bufalera presentan rangos de 0.6 – 0.8 lo cual representa un grado de contaminación alto, con una señal de alerta naranja, asociado a materiales disueltos en el agua y evaluados por variables como la conductividad, durezas y alcalinidad; no obstante, los puntos La rampa y Buenos aires 2 registraron un grado de contaminación medio (amarillo), y los puntos de la Repunta y el Humedal castillo – Isla del Zapato un grado de contaminación bajo (verde) en términos de ICOMI.
- ✓ Es posible mencionar que la concentración de sólidos suspendidos totales para los puntos evaluados y que determinan el ICOSUS no representa riesgos asociados a este, ya que en su mayoría registraron grados de contaminación bajos y nulos, sin embargo, el único punto de muestreo que registró un grado de contaminación alto por ICOSUS es la Repunta indicando una condición de contaminación muy alta (señal de alerta roja) por efectos de dicha variable en rangos de 0.8 – 1.0.



HIDROINGENIERÍA CONSULTORES S.A.S
GESTIÓN Y SOLUCIONES AMBIENTALES

- ✓ Por otra parte, el índice de contaminación trófica – ICOTRO para los puntos evaluados Barrio David Núñez, Humedal las Playas, Caño Cardales y Buenos Aires 2, arrojo rangos > 1.00 , indicando una condición de Hipereutrofia, al evaluarse la concentración de fosforo medido.

- ✓ Finalmente, el índice de contaminación trófica – ICOTRO para los puntos evaluados La Rampa, La Repunta, La Bufalera y el Humedal castillo – Isla del Zapato, arrojo rangos de $0.02 - 1.00$, continuando la línea de mala calidad del agua, pero en menores proporciones registrando un grado de Eutrofia para los puntos en mención.

ANEXOS

Anexo 1. Registro Fotográfico

Barrio David Núñez





HIDROINGENIERÍA CONSULTORES S.A.S
GESTIÓN Y SOLUCIONES AMBIENTALES

Humedal Las Playas





HIDROINGENIERÍA CONSULTORES S.A.S
GESTIÓN Y SOLUCIONES AMBIENTALES

La Rampa





HIDROINGENIERÍA CONSULTORES S.A.S
GESTIÓN Y SOLUCIONES AMBIENTALES

Caño Cardales





HIDROINGENIERÍA CONSULTORES S.A.S
GESTIÓN Y SOLUCIONES AMBIENTALES

La Repunta





HIDROINGENIERÍA CONSULTORES S.A.S
GESTIÓN Y SOLUCIONES AMBIENTALES

La Bufalera





HIDROINGENIERÍA CONSULTORES S.A.S
GESTIÓN Y SOLUCIONES AMBIENTALES

Buenos Aires 2





HIDROINGENIERÍA CONSULTORES S.A.S
GESTIÓN Y SOLUCIONES AMBIENTALES

Humedal Castillo – Isla del Zapato



Anexo 2. Resultados de Laboratorio

Anexo 3. Formatos de campo