

Caracterización de la Calidad del Agua del Río Paraguay a la Altura de la Ciudad de Pilar, Mediante el Índice de Calidad del Agua (ICA)

Characterization of the water quality of the Paraguay river at the height of the city of pilar, using the Water Quality Index (WQI)

Hugo Javier Encina Ozuna

Universidad Nacional de Pilar

Pilar – Paraguay

javierencina@ymail.com

Artículo recibido: 22 de setiembre de 2025

Aceptado para publicación: 27 de octubre de 2025

Conflictos de interés: Ninguno que declarar.

Resumen

La investigación tuvo como objetivo caracterizar la calidad del agua del río Paraguay en la ciudad de Pilar mediante el Índice de Calidad del Agua (ICA), aplicando la Planilla Cálculo dos Índices-2018. El estudio respondió a la necesidad de generar información técnica actualizada sobre el estado del recurso hídrico en un área de relevancia ambiental y socioeconómica. Se definieron tres puntos de muestreo: el Punto 1 (P1) en la zona urbana costera, el Punto 2 (P2) en un tramo intermedio del río y el Punto 3 (P3) aguas abajo, próximo a un puerto. La metodología adoptó un enfoque cuantitativo, con un diseño no experimental, descriptivo y de corte transversal. Las variables de análisis fueron el ICA y los parámetros establecidos en la normativa vigente, con dimensiones que incluyeron indicadores fisicoquímicos y microbiológicos. El procesamiento se realizó bajo dos enfoques: comparación con los límites de la Resolución N.º 222/02 de la SEAM, que clasifica la calidad del agua en cuatro clases, y cálculo del ICA mediante la plantilla automatizada en Excel propuesta por la Fundación Calidra. Los resultados indicaron concentraciones de fósforo total por encima de los límites para Clase 2 en los tres puntos, lo que señala un riesgo de eutrofización. En contraste, parámetros como pH, sólidos totales y nitratos se mantuvieron dentro de los valores de Clase 1. El ICA clasificó la calidad como buena en todos los puntos, con una leve disminución aguas abajo. El estudio caracterizó integralmente la calidad del agua en este tramo del río, aportando insumos técnicos para el monitoreo y la gestión ambiental.

Palabras clave: calidad del agua, río Paraguay, Pilar, ICA, análisis cuantitativo

Abstract

The research aimed to characterize the water quality of the Paraguay River in the city of Pilar through the Water Quality Index (WQI), applying the Planilla Cálculo

dos Índices-2018. The study addressed the need to generate updated technical information on the status of the water resource in an area of environmental and socioeconomic relevance. Three sampling points were defined: Point 1 (P1) in the coastal urban zone, point 2 (P2) in an intermediate section of the river, and Point 3 (P3) downstream, near a port. The methodology adopted a quantitative approach with a non-experimental, descriptive, and cross-sectional design. The variables analyzed were the WQI and the parameters established in current regulations, with dimensions that included physicochemical and microbiological indicators. Data processing was carried out under two approaches: comparison with the limits of SEAM Resolution No. 222/02, which classifies water quality into four classes, and calculation of the WQI using the automated Excel template proposed by Fundación Calidra. The results indicated total phosphorus concentrations above the limits for Class 2 at all three points, indicating a risk of eutrophication. In contrast, parameters such as pH, total solids, and nitrates remained within Class 1 values. The WQI classified the water quality as good at all sites, with a slight downstream decline. The study comprehensively characterized the water quality in this section of the river, providing technical inputs for monitoring and environmental management.

Keywords: water quality, Paraguay River, Pilar, WQI, quantitative analysis

Todo el contenido de la **Revista Científica del Centro de Investigación y Desarrollo - RECIDE** publicado en este sitio está disponible bajo

Licencia Creative Commons .

Cómo citar: Encina, H. J. (2025). Caracterización de la Calidad del Agua del Río Paraguay a la Altura de la Ciudad de Pilar, Mediante el Índice de Calidad del Agua (ICA). RECIDE, V, (1). 209 – 243

<https://www.uticvirtual.edu.py/revista.recide/index.php/revistas/article/view/39>

Introducción

El agua constituye un recurso vital para la vida en todas sus formas, así como para el desarrollo económico, social y ambiental de los pueblos. Su calidad es un indicador clave del equilibrio ecológico, y su alteración puede generar impactos negativos en los ecosistemas acuáticos y en la salud humana. En ese contexto, la presente investigación se orienta al análisis de la calidad del agua superficial del río Paraguay en el tramo correspondiente a la ciudad de Pilar, departamento de Ñeembucú, considerando su importancia como fuente de vida, vía de transporte, recurso para actividades productivas y elemento esencial para la biodiversidad local.

La elección de este tema surge de la necesidad de contar con diagnósticos confiables sobre el estado del recurso hídrico en zonas de alta sensibilidad ambiental. La ciudad de Pilar, ubicada en una región caracterizada por la presencia de humedales, cursos de agua y una creciente presión antrópica, carece de estudios recientes sistemáticos que evalúen la calidad del agua del río Paraguay de forma integrada, utilizando una planilla de ICA adaptado por CETESB denominada Índice de Qualidade das Águas (IQA) que contempla parámetros fisicoquímicos y microbiológicos contrastados con los estándares establecidos en la Resolución N.º 222/02 de la Secretaría del Ambiente (SEAM).

La determinación de la calidad del agua del Río Paraguay en la ciudad de Pilar es crucial para garantizar su sostenibilidad y minimizar los impactos negativos en la salud humana y el medio ambiente. Un monitoreo constante permitirá establecer líneas base para la toma de decisiones en políticas de saneamiento y conservación del recurso hídrico. Asimismo, proporcionará información valiosa para la prevención de riesgos asociados al deterioro del agua y facilitará la implementación de estrategias de mitigación basadas en evidencia científica (León-Vizcaíno, 1974; Valcárcel et al., 2009, citado por Puente Miranda et al., 2023). En este contexto, la planilla de Excel Cálculo dos Índices-2018 (ICA) es una herramienta valiosa para evaluar y caracterizar la

calidad del agua mediante la integración de múltiples parámetros fisicoquímicos y microbiológicos. Su uso permite calcular el ICA de manera eficiente y comparar los resultados con los estándares establecidos por las normativas nacionales, facilitando la identificación de áreas problemáticas y la propuesta de soluciones. Esta metodología se aplicará en la presente investigación para evaluar la calidad del agua del Río Paraguay a la altura de la ciudad de Pilar, utilizando el ICA como referencia.

El objetivo general de esta investigación es Caracterizar la calidad del agua del río Paraguay a la altura de la ciudad de Pilar, mediante el índice de calidad del agua (ICA) utilizando la Planilla Cálculo dos Índices-2018, para ello, se empleó un enfoque cuantitativo, con diseño no experimental y alcance descriptivo de corte transversal y se utilizaron técnicas de recolección de datos en campo (toma de muestras) y laboratorio, con posterior procesamiento a través de la Planilla Excel Cálculo dos Índices - 2018, lo que permitió aplicar el Índice de Calidad del Agua (ICA), este índice integra variables clave como oxígeno disuelto, DBO5, DQO, sólidos totales, turbidez, fósforo total, nitrógeno, nitratos, pH, temperatura y coliformes fecales, comparándolas con los límites de la normativa paraguaya.

Método

La investigación se llevó a cabo en las Aguas del Río Paraguay, a la altura de la Ciudad de Pilar, en el departamento de Ñeembucú en la República del Paraguay. El diseño metodológico adoptado fue no experimental, dado que las variables principales de estudio, el Índice de Calidad del Agua (ICA) y las normativas ambientales no se manipularon, sino observadas tal como se presentan en su contexto natural. El tipo de investigación adoptado fue descriptivo, comparativo y de corte transversal. Esta clasificación responde tanto a la naturaleza del objeto de estudio como a los procedimientos metodológicos empleados para su análisis.

En primer lugar, la investigación fue descriptiva, puesto que se orientó a caracterizar el estado de la calidad del agua superficial del río Paraguay mediante la medición de diversos parámetros fisicoquímicos y microbiológicos. Para tal efecto, se utilizó la herramienta denominada Plantilla en Excel de Cálculo de los Índices – 2018 (ICA), lo cual permitió condensar los datos obtenidos en un índice único de calidad del agua (ICA), que representó la situación actual del recurso hídrico en términos de su adecuación para distintos usos, conforme a las normativas ambientales vigentes.

Del mismo modo, el estudio fue comparativo, en tanto se procedió a contrastar los valores empíricamente registrados con los estándares y límites permisibles establecidos por la legislación nacional aplicable en materia de calidad del agua. Esta comparación permitió determinar en qué medida los valores observados cumplían o excedían los rangos aceptables, proporcionando así una base sólida para calificar el grado de aptitud o contaminación del agua con respecto a su uso para consumo humano, recreación o preservación de los ecosistemas acuáticos.

Desde el punto de vista temporal, la investigación se enmarcó en un diseño de corte transversal o transeccional, dado que la recolección de datos se realizó en un único momento del tiempo. No se efectuó un seguimiento longitudinal ni una observación prolongada del fenómeno, sino que se capturó una imagen representativa del estado del agua en los puntos de muestreo seleccionados durante el año 2025.

El enfoque metodológico que se adoptó en este estudio fue cuantitativo, ya que se fundamentó en la recolección y análisis de datos numéricos obtenidos a partir de las muestras de agua superficial del río Paraguay. Este enfoque permitió procesar los resultados mediante herramientas estadísticas, con el fin de interpretar objetivamente la calidad del agua en función de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos previamente establecidos.

Operacionalización de las variables

Tabla 1

Operacionalización

Variables	Dimensiones	Indicadores
Índice de calidad del agua (ICA)	Parámetros fisicoquímicos	pH, Oxígeno Disuelto, Sólidos Totales, Temperatura, DBO, Fósforo Total, Turbidez, Nitrógeno Total
	Parámetros microbiológicos	Coliformes termotolerantes o fecales
Normativas	Res. 222/02	Clase 1, Clase 2, Clase 3, Clase 4

Población

La población objeto de estudio en esta investigación estuvo constituida por el cuerpo de agua superficial del río Paraguay, específicamente en el tramo correspondiente a su paso por la ciudad de Pilar, ubicada en el departamento de Ñeembucú, República del Paraguay. Este tramo fluvial fue considerado representativo por su relevancia socioambiental, ya que constituye una fuente estratégica para distintos usos (abastecimiento, pesca, recreación y navegación), además de su cercanía con infraestructuras urbanas y productivas que pueden influir en su calidad.

Muestra

La muestra estuvo conformada por tres puntos de muestreo seleccionados de manera intencional y estratégica, atendiendo a criterios de accesibilidad, representatividad geográfica y posible influencia de actividades antrópicas. Estos puntos se ubicaron en distintos sectores del cauce del río Paraguay en la ciudad de Pilar:

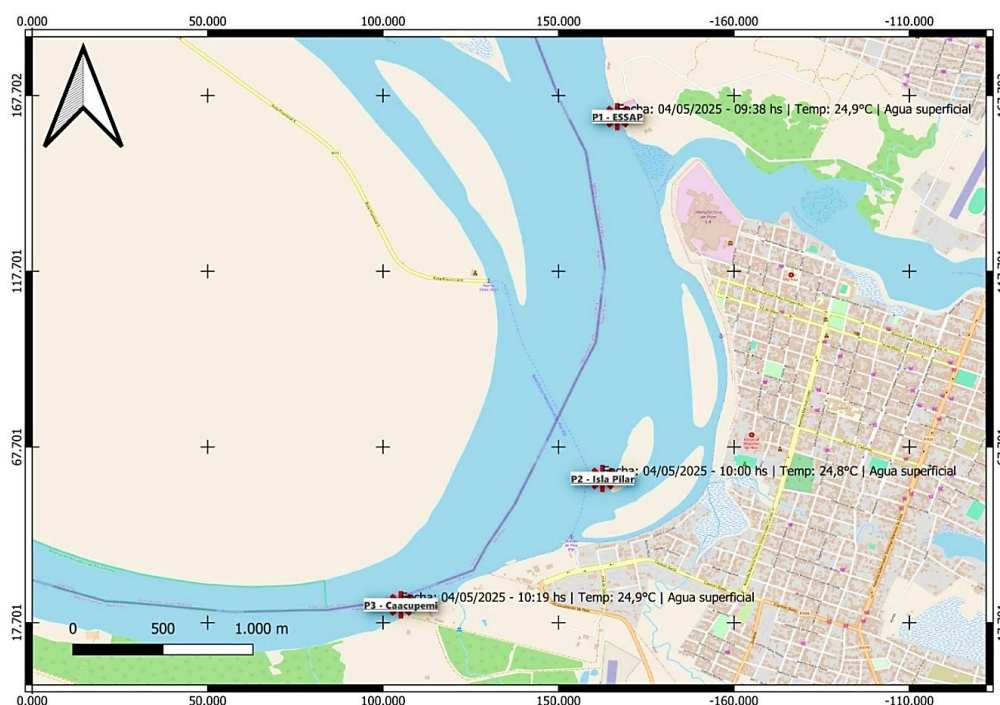
Punto de muestreo 1: Frente a la estación de bombeo de la Empresa de Servicios Sanitarios del Paraguay S.A. (ESSAP).

Punto de muestreo 2: Frente a la Isla Pilarenses.

Punto de muestreo 3: Frente al Puerto Caacupé-mi.

Cada punto fue georreferenciado mediante coordenadas GPS y se recolectaron muestras de agua siguiendo criterios técnicos para análisis de calidad ambiental, permitiendo así una evaluación comparativa del Índice de Calidad del Agua (ICA) y su cumplimiento con los parámetros establecidos en la normativa nacional (Resolución N.º 222/02 SEAM).

Figura 1
Puntos de muestreo general



El primer punto de muestreo se encuentra en frente a la estación de bombeo de agua de la Empresa de Servicios Sanitarios del Paraguay S.A. (ESSAP), El segundo punto de muestreo se encuentra en frente a la Isla Pilarese y el tercer punto de muestreo se encuentra en frente al Puerto Caacupé Mi.

Los instrumentos de recolección de datos constituyeron herramientas fundamentales para garantizar la validez, precisión y confiabilidad de los resultados obtenidos en esta investigación. Se seleccionaron procedimientos e

instrumentos tanto de campo como de laboratorio que permitieron una evaluación rigurosa de la calidad del agua superficial del río Paraguay, a la altura de la ciudad de Pilar. A continuación, se describen los principales instrumentos empleados:

Análisis de Laboratorio: Las muestras de agua recolectadas en los tres puntos de muestreo fueron enviadas a un laboratorio especializado en calidad de agua. Este contó con equipamientos certificados y tecnología adecuada para la medición de parámetros fisicoquímicos (como pH, oxígeno disuelto, temperatura, sólidos totales, DBO, fósforo total, turbidez y nitrógeno total) y microbiológicos (coliformes termotolerantes), todos esenciales para el cálculo del Índice de Calidad del Agua (ICA).

Planilla de Cálculo dos Índices – 2018 (ICA): Se utilizó esta planilla en formato Excel para procesar de forma automatizada los resultados analíticos. El instrumento permitió ponderar cada parámetro según su peso específico dentro del índice, generando un valor integrado que clasificó la calidad del agua en categorías cualitativas (óptima, buena, regular, mala o pésima). Su aplicación garantizó la comparabilidad y estandarización de los resultados.

El análisis de los datos se realizó mediante una técnica cuantitativa, basada en el procesamiento estadístico de los resultados de laboratorio. Posteriormente, se aplicó el Índice de Calidad del Agua (ICA) a través de la Planilla de Cálculo dos Índices – 2018. Esta herramienta integró múltiples parámetros en una sola escala representativa, lo que facilitó la interpretación general del estado del agua.

Cada valor individual fue ingresado en la planilla, la cual aplicó fórmulas de normalización y ponderación específicas para generar el valor final del ICA en cada punto de muestreo. A partir de este resultado, se asignó la categoría correspondiente de calidad del agua, permitiendo su comparación con los límites establecidos por la Resolución SEAM N.º 222/02, vigente en Paraguay.

Este procedimiento brindó una visión sintética y objetiva del estado del recurso hídrico, además de permitir comparaciones entre puntos de muestreo y con los estándares regulatorios, constituyendo una base sólida para el análisis ambiental y la toma de decisiones

Resultados

Los resultados obtenidos mediante el análisis de las muestras de agua superficial del río Paraguay, en tres puntos georreferenciados frente a la ciudad de Pilar, se presentan a continuación.

Cálculo de ICA

Punto de Muestro 1 (P1)

El punto de muestreo 1 se encuentra en frente a la estación de bombeo de agua de la Empresa de Servicios Sanitarios del Paraguay S.A. (ESSAP)

Tabla 2

Resultado IQA P1

CÁLCULO DOS PARÂMETROS PARA COMPOSIÇÃO DO IQA				
		Cálculos	Variáveis	Qualidade da Variável Resultado
% Saturação Oxigênio Dissolvido				
OD = Valor do Parâmetro	5.6			72
(mg/L)	3			2.07
Temperatura (°C)	24.9	8.274395041	ODSAT	
Altitude (m)	51	68.04122805	PORSA	
		FALSO	PORSAT <=50	
		72.371409891	PORSAT >50 OU <=85	
		FALSO	PORSAT >85 OU <=100	
		FALSO	PORSAT >100 OU <=140	
		FALSO	PORSAT >140	
Temperatura (°C)				
TEMP = Valor do Parâmetro				1.58

Resultado do Parâmetro =					
Coliformes Termotolerantes (UFC/100mL)					
E. coli (UFC/100mL)					
OU					
Coliformes Termotolerantes (UFC/100mL)		39			
COLI	=	Valor do Parâmetro	39	39.0	50 1.80
			FALSO	COLI <=0	
			2	COLI10 >0	
			FALSO	COLI10 <= 1	
			49.944557	COLI10 > 1 OU <= 5	
			FALSO	COLI10 > 5	
pH					
PH	=	Valor do Parâmetro	6.9	7.0	91 1.72
			7		
			FALSO	PH <= 2	91.033689
			FALSO	PH > 2 OU <= 4	
			FALSO	PH > 4 OU <= 6,2	
			91.033688	PH > 6,2 OU <= 7	
			97		
			FALSO	PH > 7 OU <= 8	
			FALSO	PH > 8 OU <= 8,5	
			FALSO	PH > 8,5 OU <= 9	
			FALSO	PH > 9 OU <= 10	
			FALSO	PH > 10 OU <= 12	
			FALSO	PH > 12	
DBO (mg/L)					
DBO	=	Valor do Parâmetro	2.4	2.4	74 1.54
			2		
			74.176703	DBO <= 5	
			41		
			FALSO	DBO > 5 OU <= 15	
			FALSO	DBO > 15 OU <= 30	
			FALSO	DBO > 30	
Nitrogênio Total (mg/L)					
Nitrogênio kjeldahl - Valor do Parâmetro			97	1.58	
NitrogênioNitrato - Valor do Parâmetro					
Nitrogênio Nitrito - Valor do Parâmetro					

Nitrogênio Total							
=	Valor do	0.3	0.32				
	Parâmetro	2					
			97.409271	NITR			
			24	<= 10			
			FALSO	NITR > 10 OU <=			
				60			
			FALSO	NITR > 60 OU <=			
				100			
			FALSO	NITR >			
				100			
Fósforo Total (mg/L)							
FOSF	=	Valor do	0.1	0.481	FOSFW	64	1.52
		Parâmetro	57				
			64.270613	FOSFW <= 1			
			09				
			FALSO	FOSFW >1 OU <=			
				5			
			FALSO	FOSFW >5 OU <=			
				10			
			FALSO	FOSFW			
				>10			
Turbidez (UNT)							
TURB	=	Valor do	66	66		29	1.31
		Parâmetro					
			FALSO	TURB			
				<= 25			
			29.153800	TURB >25 OU <=			
			36	100			
			FALSO	TURB >			
				100			
Sólido Total							
ST	=	Valor do	135	135		82	1.423
		Parâmetro					
			82.3312	RESI			
				<= 150			
			FALSO	RESI > 150 OU <=			
				500			
			FALSO	RESI >			
				500			
						IQA=	69

El Índice de Calidad del Agua (IQA) obtenido para el punto de muestreo P1 fue de 69, lo que, de acuerdo con la metodología del Índice de Calidad del Agua (ICA), clasifica al recurso como de calidad buena, ya que dicho valor se sitúa dentro del rango establecido de $51 < IQA \leq 79$

Punto de Muestra 2 (P2)

El punto de muestreo 2 se encuentra en frente a la Isla Pilarensa

Tabla 3
Resultado IQA P2

CÁLCULO DOS PARÂMETROS PARA COMPOSIÇÃO DO IQA					
		Cálculos	Variáveis	Qualidade da Variável	Resultado
% Saturação Oxigênio Dissolvido					
OD = Valor do Parâmetro (mg/L)	5.67			73	2.07
Temperatura (°C)	24.8	8.29055	ODSAT 2587		
Altitude (m)	50	68.3910	PORSAT 9867		
		FALSO	PORSAT <=50		
		72.8742	PORSAT >50		
		93163	OU <=85		
		FALSO	PORSAT >85		
			OU <=100		
		FALSO	PORSAT >100		
			OU <=140		
		FALSO	PORSAT >140		
Temperatura (°C)					
TEMP = Valor do Parâmetro					1.58
Resultado do Parâmetro =					
Coliformes Termotolerantes (UFC/100mL)					
E. coli (UFC/100mL)					
OU					
Coliformes Termotolerantes (UFC/100mL)	107				
COLI = Valor do Parâmetro	107	107.0		39	1.73
		FALSO	COLI <=0		
		2	COLI10>0		
		FALSO	COLI10 <= 1		
		39.3637	COLI10 > 1 OU		
		5783	<= 5		
		FALSO	COLI10 > 5		
pH					
PH = Valor do Parâmetro	7.04	7.0		92	1.72
		FALSO	PH <= 2	91.73	
		FALSO	PH > 2 OU <= 4		
		FALSO	PH > 4 OU <= 6,2		

	FALSO	PH > 6,2 OU <= 7			
	91.7322 88	PH > 7 OU <= 8			
	FALSO	PH > 8 OU <= 8,5			
	FALSO	PH > 8,5 OU <= 9			
	FALSO	PH > 9 OU <= 10			
	FALSO	PH > 10 OU <= 12			
	FALSO	PH > 12			
DBO (mg/L)					
DBO = Valor do Parâmetro	2.63	2.6	72	1.53	
	72.2811 1271	DBO <= 5			
	FALSO	DBO > 5 OU <= 15			
	FALSO	DBO > 15 OU <= 30			
	FALSO	DBO > 30			
Nitrogênio Total (mg/L)					
Nitrogênio kjeldahl - Valor do Parâmetro			98	1.58	
NitrogênioNitrato - Valor do Parâmetro					
Nitrogênio Nitrito - Valor do Parâmetro					
Nitrogênio Total = Valor do Parâmetro	0.27	0.27			
	97.8166 7011	NITR <= 10			
	FALSO	NITR > 10 OU <= 60			
	FALSO	NITR > 60 OU <= 100			
	FALSO	NITR > 100			
Fósforo Total (mg/L)					
FOSF = Valor do Parâmetro	0.126	0.386	FOSFW	70	1.53
	70.1188 8776	FOSFW <= 1			
	FALSO	FOSFW >1 OU <= 5			
	FALSO	FOSFW >5 OU <= 10			
	FALSO	FOSFW >10			
Turbidez (UNT)					
TURB = Valor do Parâmetro	36.1	36	47	1.36	

			FALSO	TURB <= 25		
		47.3300		TURB >25 OU		
		0034		<= 100		
			FALSO	TURB > 100		
Sólido Total						
ST	=	Valor do	130	130	83	1.424
		Parâmetro				
			82.9428	RESI <= 150		
			FALSO	RESI > 150 OU		
				<= 500		
			FALSO	RESI > 500		
					IQA=	70

El Índice de Calidad del Agua (IQA) obtenido para el punto de muestreo P1 fue de 79, lo que, de acuerdo con la metodología del Índice de Calidad del Agua (ICA), clasifica al recurso como de calidad buena, ya que dicho valor se sitúa dentro del rango establecido de $51 < IQA \leq 79$

Punto de Muestro 3 (P3)

El punto de muestreo 3 se encuentra en frente al Puerto Caacupé Mi

Tabla 4

Resultado IQA P3

CÁLCULO DOS PARÂMETROS PARA COMPOSIÇÃO DO IQA						
			Cálculos	Variáveis	Qualidade da Variável	Resultado
% Saturação Oxigênio Dissolvido						
OD	=	Valor do	5.66		73	2.07
		Parâmetro (mg/L)				
Temperatura (°C)			24.9	8.274395 04	ODSAT	
Altitude (m)			51	68.40379 23	PORSAT	
				FALSO	PORSAT <=50	
				#####	PORSAT >50 OU	
				###	<=85	
				FALSO	PORSAT >85 OU	
					<=100	
				FALSO	PORSAT >100 OU	
					<=140	
				FALSO	PORSAT >140	
Temperatura (°C)						
TEMP	=	Valor do				1.58
		Parâmetro				

Resultado do Parâmetro =					
Coliformes Termotolerantes (UFC/100mL)					
E. coli (UFC/100mL)					
OU					
Coliformes Termotolerantes (UFC/100mL)		674			
COLI	= Valor do Parâmetro	674	674.0	24	1.61
		FALSO	COLI <= 0		
		3	COLI10>0		
		FALSO	COLI10 <= 1		
		23.63804 21	COLI10 > 1 OU <= 5		
		FALSO	COLI10 > 5		
pH					
PH	= Valor do Parâmetro	6.7	6.7	85	1.71
		FALSO	PH <= 2	85.415 337	
		FALSO	PH > 2 OU <= 4		
		FALSO	PH > 4 OU <= 6,2		
		85.41533 7	PH > 6,2 OU <= 7		
		FALSO	PH > 7 OU <= 8		
		FALSO	PH > 8 OU <= 8,5		
		FALSO	PH > 8,5 OU <= 9		
		FALSO	PH > 9 OU <= 10		
		FALSO	PH > 10 OU <= 12		
		FALSO	PH > 12		
DBO (mg/L)					
DBO	= Valor do Parâmetro	2.22	2.2	76	1.54
		76.02822 66	DBO <= 5		
		FALSO	DBO > 5 OU <= 15		
		FALSO	DBO > 15 OU <= 30		
		FALSO	DBO > 30		
Nitrogênio Total (mg/L)					
Nitrogênio kjeldahl - Valor do Parâmetro				99	1.58
NitrogênioNitrato - Valor do Parâmetro					
Nitrogênio Nitrito - Valor do Parâmetro					

Nitrogênio Total =		0.15	0.15			
Valor do Parâmetro						
		98.78961	NITR <=			
		03	10			
		FALSO	NITR > 10 OU <= 60			
		FALSO	NITR > 60 OU <= 100			
		FALSO	NITR > 100			
Fósforo Total (mg/L)						
FOSF	= Valor do Parâmetro	0.149	0.457	FOSFW	66	1.52
		65.73143	FOSFW <= 1			
		41				
		FALSO	FOSFW > 1 OU <= 5			
		FALSO	FOSFW > 5 OU <= 10			
		FALSO	FOSFW > 10			
Turbidez (UNT)						
TURB	= Valor do Parâmetro	51	51		37	1.34
		FALSO	TURB <= 25			
		37.17643	TURB > 25 OU <= 100			
		58				
		FALSO	TURB > 100			
Sólido Total						
ST	= Valor do Parâmetro	137	137		82	1.423
		82.07132	RESI <= 150			
		8				
		FALSO	RESI > 150 OU <= 500			
		FALSO	RESI > 500			
					IQA=	63

El Índice de Calidad del Agua (IQA) obtenido para el punto de muestreo P1 fue de 63, lo que, de acuerdo con la metodología del Índice de Calidad del Agua (ICA), clasifica al recurso como de calidad buena, ya que dicho valor se sitúa dentro del rango establecido de $51 < IQA \leq 79$

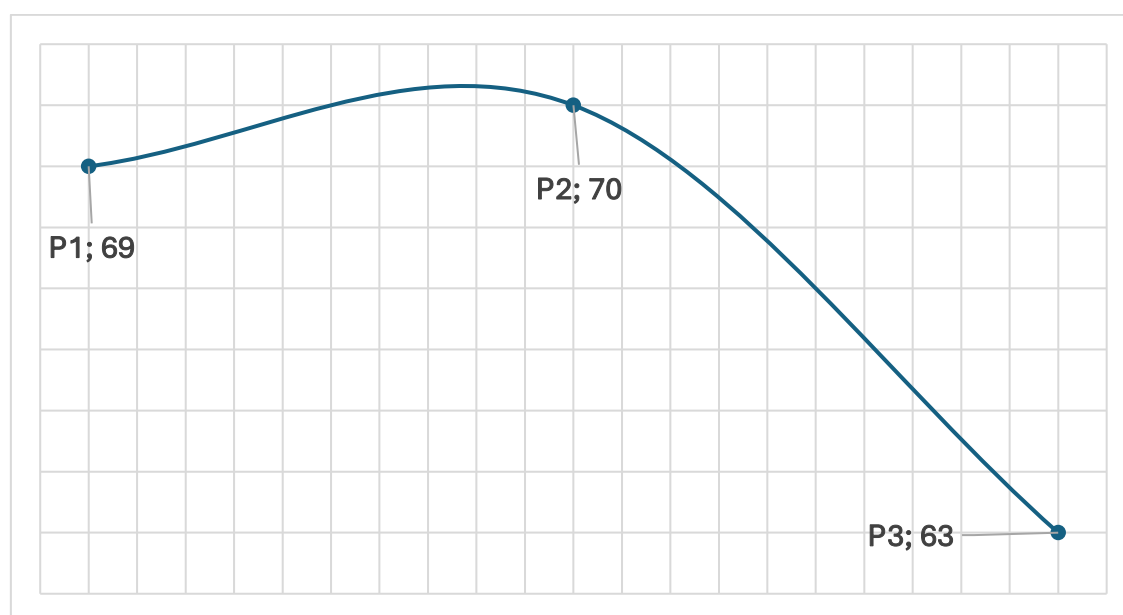
Resultados del IQA en los tres puntos de muestreo

Tabla 5

IQA en los tres puntos de muestreo

IQA	Valor calculado	Referencia
P1	69	Buena
P2	70	Buena
P3	63	Buena

Figura 2. IQA en los tres puntos de muestreo



En la presente evaluación de la calidad del agua superficial del río Paraguay, se aplicó el método del Índice de Calidad del Agua (IQA) propuesto por la National Sanitation Foundation (NSF), el cual permite clasificar el estado del recurso hídrico a partir de la integración de varios parámetros fisicoquímicos y microbiológicos.

Resultados por punto de muestreo

Punto de muestreo 1 (P1): ubicado frente a la estación de bombeo de la Empresa de Servicios Sanitarios del Paraguay S.A. (ESSAP), obtuvo un valor de IQA = 69. Esto sugiere que, si bien el recurso no presenta condiciones óptimas, mantiene características que permiten su uso para abastecimiento con tratamiento convencional y actividades recreativas sin contacto directo.

Punto de muestreo 2 (P2): situado frente a la Isla Pilarense, registró un IQA = 70, también dentro de la categoría de calidad buena. Este valor es el más alto entre los tres puntos evaluados, lo cual podría reflejar una menor influencia de fuentes de contaminación directa en esa sección del río. A pesar de ello, aún no alcanza la categoría óptima, por lo que se deben mantener medidas de protección y monitoreo.

Punto de muestreo 3 (P3): correspondiente al sector frente al Puerto Caacupé Mi, presentó un IQA = 63, igualmente dentro del rango de calidad buena, aunque ligeramente inferior a los otros dos puntos. Esto podría estar asociado a una mayor carga de sedimentos o aportes urbanos cercanos. Aunque el agua sigue siendo apta para ciertos usos, esta leve disminución sugiere una mayor presión antrópica en este tramo del río.

El hecho de que los tres puntos de muestreo se encuentren dentro de la categoría Buena representa un escenario relativamente favorable para el estado general del río Paraguay en la zona estudiada. Sin embargo, ninguno de los sitios alcanza el nivel de calidad óptima ($IQA > 79$), lo cual indica que existen factores que limitan su estado ideal, como presencia de nutrientes, sólidos suspendidos o microorganismos indicadores de contaminación.

Discusión de los Resultados

Los resultados de coliformes fecales indican una contaminación microbiológica reducida en los puntos P1 y P2, lo cual concuerda con el límite de Clase 1, sin embargo, en P3 se evidencia un valor de 674 UFC/100 mL, ubicándose en Clase 2. Esta diferencia revela un deterioro de la calidad del agua aguas abajo, probablemente debido a aportes antropogénicos como descargas domiciliarias. Tal como señala la teoría, la presencia de estos indicadores fecales refleja condiciones sanitarias deficientes y representa un riesgo para los usos recreativos y el contacto humano con el recurso (Villalba et al., 2021).

Además, su presencia también afecta la fauna acuática, alterando los ciclos tróficos y comprometiendo organismos sensibles.

Respecto a la conductividad, si bien no se establecen límites normativos en la Resolución 222/02, los valores bajos y homogéneos observados en los tres puntos reflejan una escasa presencia de sales y una limitada alteración por actividades industriales o agrícolas. Esto es coherente con lo afirmado por Cabral (2016), quien considera la conductividad como un parámetro indirecto de contaminación por sales inorgánicas. La estabilidad de este parámetro indica una buena salud general del ecosistema acuático, pues valores extremos pueden alterar la osmoticidad del medio y afectar a especies adaptadas a determinadas condiciones iónicas.

En relación con la DBO5, los valores fueron bajos en los tres puntos, todos dentro del límite de Clase 1. Según Aquino y Samaniego (2020), una baja DBO indica que hay poca materia orgánica biodegradable en el agua, lo cual es positivo, ya que evita la competencia por oxígeno entre microorganismos descomponedores y fauna acuática. Este parámetro, en conjunto con el oxígeno disuelto, señala un buen estado ecológico del tramo analizado, permitiendo la supervivencia de especies aerobias y garantizando servicios ecosistémicos vitales.

Por su parte, la DQO presentó valores moderadamente altos y sin límite normativo específico, pero su relación con la DBO sugiere una carga de compuestos no biodegradables. Esta situación podría indicar la presencia de contaminantes industriales o detergentes, que, aunque no se degradan fácilmente, pueden tener efectos tóxicos crónicos sobre la biota acuática (Acuña et al., 2021). La teoría advierte que la acumulación de tales compuestos puede afectar la reproducción de especies sensibles y alterar las cadenas alimentarias acuáticas.

El fósforo total es uno de los parámetros más comprometidos, con valores muy por encima de los límites de Clase 1 y 2 en todos los puntos. Esto refleja una fuerte presión eutrófica, confirmando lo sostenido por González y Cabral (2022), quienes destacan que el fósforo es el principal responsable de procesos de eutrofización en aguas continentales. Esta condición puede generar floraciones algales, reducción de oxígeno disuelto, mortandad de peces y cambios drásticos en la estructura de la comunidad acuática, afectando de manera directa la biodiversidad y los usos múltiples del agua.

El nitrato, en cambio, mostró niveles bajos en los tres puntos, lo que sugiere una presión limitada por fuentes nitrogenadas oxidables. No obstante, el análisis conjunto con el fósforo revela un desequilibrio en la relación N:P, lo cual, como señala Maldonado (2023), puede favorecer la proliferación de cianobacterias y microalgas indeseables. Aunque los valores actuales no implican riesgo inmediato, la interacción con otros nutrientes sí podría desencadenar procesos tróficos acelerados si no se controla.

El nitrógeno total presentó un leve exceso en P1 y valores dentro de lo aceptable en P2 y P3, lo que podría explicarse por procesos de dilución o asimilación biológica aguas abajo. Como advierte Ferreira et al. (2022), un aumento sostenido en este parámetro puede implicar presencia de amonio, el cual resulta tóxico para peces y otros organismos a concentraciones elevadas, especialmente en condiciones de pH elevado y baja oxigenación.

El oxígeno disuelto, pese a estar por debajo del umbral de Clase 1, cumple con Clase 2, indicando condiciones aceptables pero no óptimas para la vida acuática. La interdependencia de este parámetro con la DBO y nutrientes es evidente, pues el consumo de oxígeno por descomposición orgánica puede comprometer la disponibilidad para peces y macroinvertebrados. Saucedo y Ferreira (2023) destacan que una disminución del oxígeno afecta primero a las

especies más sensibles, empobreciendo la diversidad y reduciendo la resiliencia ecológica del sistema.

El pH se mantuvo dentro del rango normativo en los tres puntos, con valores neutros a levemente alcalinos, lo cual es favorable para la mayoría de los usos del agua y compatible con una fauna acuática diversa. No obstante, su interacción con otros parámetros —como el fósforo o metales pesados— puede potenciar la toxicidad de algunas sustancias presentes, por lo que se recomienda un seguimiento conjunto.

Los sólidos totales, con valores significativamente por debajo del límite establecido, reflejan una buena condición fisicoquímica. La baja carga de sedimentos suspendidos favorece la transparencia, la fotosíntesis acuática y evita el enterramiento de hábitats bentónicos. Tal como indica García (2020), estos valores son indicativos de estabilidad hidro-morfológica y baja perturbación en las márgenes y cuencas de aporte.

La temperatura del agua se mantuvo constante y adecuada, sin indicios de alteración térmica. Este parámetro es crucial, ya que regula los procesos metabólicos de los organismos acuáticos y afecta la solubilidad del oxígeno. En ambientes subtropicales como el del Río Paraguay, valores alrededor de los 25 °C son considerados óptimos para mantener la biodiversidad natural (Villalba et al., 2021).

La turbidez mostró valores que exceden el límite de Clase 1 en P1 y P3, lo que puede relacionarse con erosión de suelos o escorrentía no controlada. Este aumento en la turbidez puede interferir con la fotosíntesis, alterar la cadena alimentaria y afectar negativamente a los peces visuales y a los filtradores bentónicos. González y Cabral (2022) advierten que este parámetro es clave para la evaluación del impacto físico en ecosistemas acuáticos.

Resumen de clase y puntos de nuestros

A partir de estos resultados, se puede decir que el agua del Río Paraguay en el tramo estudiado presenta en general buena calidad, ya que la mayoría de los parámetros se encuentran dentro de los límites establecidos para la Clase 1 o Clase 2, que son las categorías más exigentes en términos de usos como abastecimiento de agua potable con tratamiento y recreación de contacto primario. Sin embargo, la presencia elevada de fósforo total en los tres puntos representa una alerta ambiental, dado su potencial para desencadenar procesos de eutrofización.

En cuanto al resultado de ICA, los resultados obtenidos en los tres puntos de muestreo del río Paraguay a la altura de la ciudad de Pilar, revelaron una calidad del agua catalogada como Buena, con valores de 69 en el Punto 1 (P1), 70 en el Punto 2 (P2) y 63 en el Punto 3 (P3). Estos valores se ubicaron dentro del rango establecido por el método NSF, que considera como Buena la calidad del agua cuando el ICA se encuentra entre 51 y 79. Esta categoría indica que, si bien el agua presenta condiciones aceptables, existen ciertos parámetros que requieren atención, especialmente al considerar el uso del recurso para actividades como el consumo humano, la recreación o la protección de la vida acuática.

En conjunto el resultado de ICA, evidenciaron que, si bien la calidad del agua del río Paraguay en el tramo analizado puede considerarse Buena, existe una presión antropogénica latente sobre el ecosistema. La combinación de turbidez elevada y presencia de coliformes termo-tolerantes sugiere una influencia de descargas urbanas y erosión de suelos, mientras que los niveles de nutrientes alertan sobre posibles fuentes difusas de contaminación agrícola.

Conclusión

El presente estudio tuvo como propósito evaluar la calidad del agua del río Paraguay en el tramo correspondiente a la ciudad de Pilar, utilizando como

herramienta principal el Índice de Calidad del Agua (ICA) y siguiendo la metodología de la Planilla Cálculo dos Índices-2018. A través del análisis de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en tres puntos muestrales estratégicamente ubicados, se logró caracterizar de forma objetiva y técnica el estado ambiental del recurso hídrico, conforme a estándares nacionales e internacionales.

Respecto al primer objetivo específico, se identificaron los valores de los parámetros fisicoquímicos (como pH, oxígeno disuelto, sólidos disueltos, turbidez) y microbiológicos (coliformes fecales) en cada uno de los puntos muestrales. El análisis de laboratorio evidenció que, si bien algunos parámetros presentaron ligeras variaciones entre los sitios, todos los resultados se mantuvieron dentro de márgenes que no comprometen de forma severa la calidad del agua. Particularmente, los niveles de coliformes fecales fueron detectables pero no superaron los límites que indicarían una contaminación crítica.

En cumplimiento del segundo objetivo específico, se aplicó el ICA para clasificar la calidad del agua en los tres puntos analizados. Los valores obtenidos fueron de 70, 69 y 63, ubicándose todos en la categoría de calidad Buena, según la escala que considera dicho rango entre 51 e 79. Esta clasificación indica que el agua presenta condiciones aceptables para diversos usos, con baja probabilidad de efectos adversos sobre la salud humana o los ecosistemas acuáticos, aunque requiere seguimiento continuo para garantizar su estabilidad.

En relación al tercer objetivo específico, se compararon los valores del ICA con los criterios establecidos por la Resolución 222/02 de la Secretaría del Ambiente (SEAM), actualmente MADES. La correspondencia entre ambos instrumentos de evaluación reafirma que, aunque existen fuentes potenciales de contaminación puntuales o difusas, las condiciones actuales del agua no

transgreden los umbrales normativos, lo cual refuerza la validez de los datos obtenidos y el cumplimiento del marco legal vigente.

En función del objetivo general, se concluye que la calidad del agua del río Paraguay, a la altura de la ciudad de Pilar, es buena en los tres puntos evaluados. Esta calificación refleja un estado ambiental satisfactorio del cuerpo de agua, sin señales de deterioro crítico, aunque con parámetros que sugieren la necesidad de mantener políticas activas de control de vertidos, monitoreo sistemático y fortalecimiento del saneamiento urbano para asegurar su conservación a largo plazo. Este diagnóstico constituye una base técnica sólida para la toma de decisiones informadas en materia de gestión hídrica local y regional.

Referencias

- Agua Colf. (s. f.). Conductividad - Agua Colf. aguacolf.com.ar/. Recuperado 22 de julio de 2025, de <https://aguacolf.com.ar/waterproblems/conductividad>
- AirLiquide. (s. f.). ¿Qué es la DQO? – Tratamiento de aguas residuales. [Airliquide.com](https://es.airliquide.com). Recuperado 22 de julio de 2025, de <https://es.airliquide.com/soluciones/tratamiento-aguas/que-es-la-dqo-tratamiento-de-aguas-residuales>
- ALMAWA TECH. (2024). Nitrógeno Total. ALMAWATECH. <https://www.almawatech.com/es/aguas%E2%80%91residuales/gesamtstickstoff/>
- Ambiente Uruguay. (2022). INDICADORES AMBIENTALES. Gub.uy. https://www.ambiente.gub.uy/indicadores_ambientales/ficha/concentracion-de-fosforo-total-pt-en-agua-superficial/
- AOS Treatment Solutions. (2018, junio 5). Identificar la turbidez y reducirla eficazmente. AOS Treatment Solutions. <https://aosts.com/what-causes-turbidity-in-water-importance/>
- AQUAES. (2025, mayo 17). TURBIDEZ DEL AGUA: CAUSAS, MEDICIÓN Y SOLUCIONES. Aquaes; Aquaes Solución Colombia. <https://aquaes.com.co/entender-la-turbidez-del-agua-causas-medicion-y-soluciones/>
- Aqua-free Group. (2025, junio 20). Bacterias coliformes: todo sobre E. coli, Enterobacter y más. Aqua-free.com. [https://www.aqua-free.com](https://www.aqua-free.com/es/revista/bacterias-coliformes)
- Aquanova. (2020, abril 7). ¿Qué es el DBO y DQO? - Análisis de Agua. Aquanova. <https://www.aquanova.es/2020/04/que-es-el-dbo-y-dqo/>
- Argentina.gob.ar. (s. f.). ¿Qué es la contaminación del agua? Gob.ar. Recuperado 1 de marzo de 2025, de <https://www.argentina.gob.ar/sinagir/riesgos-frecuentes/contaminacion-del->

agua#:~:~text=Se%20define%20como%20la%20acumulaci%C3%B3n,anim
ales%2C%20plantas%20y%20personas).

Avalos de Enciso, C. R. (2016). Desarrollo de un índice de calidad de aguas aplicado a cursos hídricos del Paraguay [Tesis de maestría, Universidad Federal de Rio Grande do Sul].

Ayala Quezada, A. (2010). Sistema de Análisis por Inyección Secuencial para el Monitoreo Automatizado de Nitrito, Nitrato y Sulfato en Aguas [Centro de Investigación en Materiales Avanzados, S. C.].

<https://cimav.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1004/362/1/Tesis%20Alejandro%20Ayala%20Quezada.pdf>

Baeza Gómez, E. (2016, noviembre 16). Calidad del Agua. Bcn.cl.

<https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/23747/2/Calidad%20del%20Agua%20Final.pdf>

Barrantes, K., Chacón, L., Solano, M., & Achí, R. (2013). Contaminación fecal del agua superficial de la microcuenca del río Purires, Costa Rica, 2010-2011. *Boletín Sociedad Venezolana de Microbiología*, 33(1), 40-45.

https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1315-25562013000100009

Cabello, C. B., & Ramírez, M. E. H. (2001). Contaminación de las aguas por nitratos y efectos sobre la salud.

Calidad del Agua: Definición y Factores que la Determinan. (2024, January 19).

Instituto del Agua. <https://institutodelagua.es/calidad-del-agua/calidad-del-agua-definicioncalidad-del-agua/>

Carbotecnia, S.A. (2021). Bacterias coliformes en el agua potable.

Carbotecnica.info.

<https://www.carbotecnia.info/aprendizaje/desinfeccion/bacterias-coliformes-en-el-agua-potable/>

Carbotecnia, S.A. (2021). Significado de los sólidos disueltos totales en agua (TDS). Carbotecnia.info.

<https://www.carbotecnia.info/aprendizaje/quimica-del-agua/solidos-disueltos-totales-tds/>

Cárdenas Calvachi, G. L., & Sánchez Ortiz, I. A. (2013). Nitrógeno en aguas residuales: orígenes, efectos y mecanismos de remoción para preservar el ambiente y la salud pública. *Universidad y salud*, 15(1), 72-88.
http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0124-71072013000100007

Chavarría Márquez, E. Y., Huamani Astocaza, L. L., Cusiche Huamaní, M. L., Sáez Huamán, W., Angeles Suazo, J. M., & Basurto Contreras, C. M. (2024). Sólidos totales disueltos en agua superficial para consumo humano en San Juan de Pillo, Perú. *Revista Alfa*, 8(24), 870-881.
<https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v8i24.310>

Comunidad Autónoma de las Illes Balears. (s. f.). Salud ambiental-Nitratos. Caib.es. Recuperado 22 de julio de 2025, de
<https://www.caib.es/sites/salutambiental/es/nitrats-26197/>

Departamento de Ambiente, Agua y Energía. (2011). NFORME DE CALIDAD DE AGUA DE LA CUENCA DEL CANAL. Pancanal.com.
<https://pancanal.com/wp-content/uploads/pandata/2018/cuencahidrografica/2010.pdf>

Espinoza, R., Sánchez, M., Velasco, M., Gonzales, A., Romero, R., Mory, W., (2023) Metodología y Estadística en la Investigación Científica. (1ra Ed.). Puerto Madero Editorial. ISBN:978-987-487556-8-6

Fernández Cirelli, A., & Volpedo, A. V. (2020). INDICADORES FISICOQUÍMICOS: ¿QUÉ, CÓMO Y CUÁNTO REFLEJAN LA CALIDAD DEL AGUA? Gov.ar.
https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/142626/CONICET_Digital_Nro.5bc763c6-6de6-4e8b-b35e-6c6692f7cca1_A.pdf?sequence=2

Fondriest Environmental, Inc. (2014, febrero 7). Temperatura del agua. Environmental Measurement Systems.
<https://www.fondriest.com/environmental-measurements/parameters/water-quality/water-temperature/>

Forsberg, B. G. (2023). Dinámica del oxígeno disuelto en ríos tropicales. *Revista Científica*, 9(1), 45-60.

Gobierno de Colombia. (s. f.). Sistema de Información del Medio Ambiente. Gov.co. Recuperado 22 de julio de 2025, de https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/pib/ambientales/Sima/Fosforos_totales_13.pdf

Gobierno de México. (s. f.). Fosfato total en aguas superficiales. Gob.mx. Recuperado 22 de julio de 2025, de <https://dsiappsdev.semarnat.gob.mx/datos/indicadores/dambiental/Agua/Calidad/fosfato>

Greenpeace-España. (2021). ¿Qué son los nitratos y cómo afectan al medio ambiente y la salud humana? Greenpeace.org. https://es.greenpeace.org/es/wp-content/uploads/sites/3/2021/04/Nitratos_Qu%C3%A9Son.pdf

Gunther, T. (2023, febrero 1). El Oxígeno disuelto y la calidad del agua. LG Sonic. <https://www.lgsonic.com/es/el-oxigeno-disuelto/>

Hach. (s. f.). Nitrógeno - Productos y descripción general de los parámetros de calidad del agua. Hach.com. Recuperado 22 de julio de 2025, de <https://es.hach.com/parameters/nitrogen>

HANNA Instruments. (s. f.-a). Medidor de turbidez. Hannacolombia.com. Recuperado 22 de julio de 2025, de <https://www.hannacolombia.com/productos/producto/hi93703-medidor-de-turbidez>

HANNA Instruments. (s. f.-b). Oxígeno disuelto, un parámetro clave en el tratamiento de aguas residuales. Hannainst.es. Recuperado 22 de julio de 2025, de <https://www.hannainst.es/blog/1841/oxigeno-disuelto-aguas-residuales>

HANNA Instruments. (s. f.-c). ¿Qué es la Demanda Química de Oxígeno? Hannacolombia.com. Recuperado 22 de julio de 2025, de

<https://www.hannacolombia.com/blog/post/587/que-es-la-demanda-quimica-oxigeno>

Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2014). Metodología de la investigación (6ª ed.). McGraw-Hill.

Ibañez, C. (2023, junio 19). Reducir la demanda biológica de oxígeno (DBO) en aguas residuales. Sigmadaf. <https://sigmadafclarifiers.com/reduccion-de-la-demanda-biologica-de-oxigeno-dbo-en-las-aguas-residuales/>

IDEAM. (2013). Índice de calidad del agua en corrientes superficiales (ICA). Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM. (2013). República de Colombia Índice de Calidad del Agua en corrientes superficiales (ICA). Gov.co.

https://bart.ideam.gov.co/indiecosistemas/ind/agua/hm/HM_ICA.pdf

khan Academy. (s. f.). El ciclo del nitrógeno. Khanacademy.org. Recuperado 22 de julio de 2025, de

<https://es.khanacademy.org/science/biology/ecology/biogeochemical-cycles/a/the-nitrogen-cycle>

Microlab Industrial S.A. (s. f.). Microlab Industrial - Parámetros - Patógenos - Coliformes Fecales. Microlabindustrial.com. Recuperado 21 de julio de 2025, de

<https://www.microlabindustrial.com/parametros/patogenos/182/coliformes->

Ministerio de Ambiente - Uruguay. (2023). Nivel del potencial de hidrógeno (pH) en aguas superficiales. Gub.uy.

https://www.ambiente.gub.uy/indicadores_ambientales/ficha/potencial-de-hidrogeno-ph-en-aguas-superficiales/

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2023). Promedio de Nitrógeno Total (PNT). República de Colombia.

https://bart.ideam.gov.co/indiecosistemas/ind/agua/hm/HM_NT.pdf

Ministerio de la Presidencia, Relaciones con las Cortes y Memoria Democrática - España. (2022). Real Decreto 47/2022, de 18 de enero, sobre protección de las aguas contra la contaminación difusa producida por los nitratos procedentes de fuentes agrarias. Boe.es.
<https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2022-860>

Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (s. f.-a). Categorías y tipos de masas de agua superficiales. www.miteco.gob.es. Recuperado 23 de julio de 2025, de <https://www.miteco.gob.es/es/agua/temas/estado-y-calidad-de-las-aguas/aguas-superficiales/categorias-y-tipos-de-masas-de-agua.html>

Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (s. f.-b). Impacto de los nitratos y pesticidas en el uso y calidad de las aguas. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Recuperado 22 de julio de 2025, de <https://www.miteco.gob.es/es/agua/temas/estado-y-calidad-de-las-aguas/proteccion-nitratos-pesticidas/impacto-calidad-agua.html>

Moisés, W. (2023). Factores que afectan la piscicultura: parámetros del agua y gestión previa a la repoblación. Bivatec.com.
<https://www.bivatec.com/blog/required-parameters-for-water-quality-management>

MRC- Laboratory Equipment. (s. f.). Toda la información Preguntas y respuestas sobre la demanda bioquímica de oxígeno (DBO). Mrclab.com. Recuperado 22 de julio de 2025, de <https://www.mrclab.com/all-information-questions-and-answers-about-biochemical-oxygen-demand>

Mym Instrumentos Tecnicos,. (2024, junio 19). El Oxígeno Disuelto y su Importancia en la Calidad del Agua. MyM Instrumentos Técnicos.
<https://myminstrumentostecnicos.com/el-oxigeno-disuelto-y-su-importancia-en-la-calidad-del-agua/>

Olmedo Pozo, D. M. (2023). Estudio De Parámetros Físicos Y Químicos Para Evaluar La Capacidad De Autodepuración Del Río El Cinto, Ubicado En La

- Parroquia Lloa, Cantón Quito, Provincia De Pichincha [Universidad Politécnica Salesiana].
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/24418/1/TTS1193.pdf>
- Organización De Las Naciones Unidas Para La Agricultura Y La Alimentación. (1996). ECOLOGIA Y ENSEÑANZA RURAL - TEMA 3: EL CLIMA. Fao.org.
<https://www.fao.org/4/w1309s/w1309s00.htm>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2011). MEJORA DE LA CALIDAD DE AGUA EN LOS ESTANQUES. Fao.org.
https://www.fao.org/fishery/docs/CDrom/FAO_Training/FAO_Training/General/x6709s/x6709s02.htm
- Organización Mundial de la Salud. (1998). Guías para la calidad del agua potable. Organización Mundial de la Salud, 3(1), 271.
<https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/41985/9243545035-spa.pdf>
- Organización Mundial de la Salud. (2018). Guías para la calidad del agua de consumo humano: cuarta edición que incorpora la primera adenda.
<https://www.who.int/es/publications/i/item/9789241549950>
- OrozcoLab. (2025). Características Esenciales de un Análisis de Agua. Com.mx.
<https://www.oroicolab.com.mx/blog/caracteristicas-esenciales-de-un-analisis-de-agua>
- Palomares, A. (2013). Contaminación del agua por nitratos y técnicas para su tratamiento. Esferadelagua.es. <https://www.esferadelagua.es/agua-y-tecnologia/contaminacion-del-agua-por-nitratos-y-tecnicas-para-su-tratamiento>
- PennState Extension. (2023, septiembre 5). Bacterias coliformes. Psu.edu.
<https://extension.psu.edu/bacterias-coliformes>
- PRTR-España. (2023). Fósforo total. Ministerio de Agricultura, alimentación y medio ambiente. <https://prtr-es.es/Fosforo-total,15600,11,2007.html>
- Puente Miranda, D. G., Valenzuela García, L. I., & Alarcón Herrera, M. T. (2023). Determinación histórica de índices de calidad del agua en observatorios

- participativos en el norte de México. Unam.mx.
<https://doi.org/10.20937/RICA.54697>
- RAE. (2021). Agua (Diccionario de la lengua española | Edición del Tricentenario, Ed.). versión 23.8 en línea. <https://dle.rae.es>
- REAL ACADEMIA ESPAÑOLA. (2014). Diccionario de la lengua española (RAE, Ed.; 23.8). <https://dle.rae.es>
- Reyes Serrano, A. (s. f.). Oxígeno disuelto. Scribd. Recuperado 22 de julio de 2025, de <https://es.scribd.com/document/477209025/Oxigeno-Disuelto>
- Robledo-Hernandez, J. A. (2022). Evaluación del Índice de Calidad de Agua ICA-NSF en las microcuencas del Parque Nacional Río Dulce como herramienta en la gestión integral del manejo sustentable, Livingston, Izabal, Guatemala, Centroamérica. Revista Tecnología en Marcha, 36(1), 106-116. <https://doi.org/10.18845/tm.v36i1.6241>
- Rosales Villegas, M. Á. (2020). La contaminación por nitratos en la agricultura y sus efectos en la salud humana: beneficio de una fertilización en cloruro (BioScripts - Centro de Investigación y Desarrollo de Recursos Científicos, Ed.). <https://digital.csic.es/handle/10261/216086>
- SEMARNAT. (s. f.). Agua • Calidad. Gob.mx. Recuperado 22 de julio de 2025, de https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe_resumen14/06_agua/6_2_1.html
- Servicio Geológico de los Estados Unidos - USGS. (s. f.). Los efectos de la urbanización y la agricultura en la calidad del agua: Nitrógeno. Usgs.gov. Recuperado 22 de julio de 2025, de <https://www2.usgs.gov/laws/accessibility.html>
- Sigler, A., & Bauder, J. (2012). Alcalinidad, pH, y Sólidos Disueltos Totales. Colostate.edu.
https://region8water.colostate.edu/pdfs/we_espanol/alkalinity_ph_tds
- SMID Media Center. (2023). ¿Qué es el Agua? Com.bo.
<https://www.saguapac.com.bo/que-es-el-agua/>

- Tecnal Equipos Científicos. (s. f.). Nitrógeno amoniacal en agua y efluentes. [tecnal.com.br](https://tecnal.com.br/es/blog/237_nitrogeno_amoniacaal_en_agua_y_efluentes). Recuperado 22 de julio de 2025, de https://tecnal.com.br/es/blog/237_nitrogeno_amoniacaal_en_agua_y_efluentes
- TITANIUM. (2024, diciembre 7). Que es la DBO y porque es importante en el tratamiento de aguas. TITANIUM ARGENTINA. <https://titaniumarg.com.ar/que-es-el-dbo-y-por-que-es-importante-en-el-tratamiento-de-agua-residual/>
- Torres, P., Cruz, C., & Patiño, P. (2009). Índices de calidad de agua en fuentes superficiales utilizadas en la producción de agua para consumo humano. Una revisión crítica. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 8(15 Sup. 1), 79-94. <https://revistas.udem.edu.co/index.php/ingenierias/article/view/59>
- Universidad Complutense Madrid. (2015). DESCRIPCIÓN DE INDICADORES - Oxígeno Disuelto. Ucm.es. <https://www.ucm.es/data/cont/docs/952-2015-02-14-Oxigeno%20disuelto%20f.pdf>
- Universidad de Minnesota. (2025). Fósforo: Transporte y disponibilidad en aguas superficiales. Umn.edu. <https://extension.umn.edu/phosphorus-and-potassium/phosphorus-transport-and-availability-surface-waters>
- Vazquez, A. (2025, mayo 21). DBO 5 y DQO: Parámetros clave en el análisis de aguas. Eurofins Environment Testing Spain. <https://www.eurofins-environment.es/es/dbo5-dqo-analisis-aguas/>
- VITAQUA. (2024a, septiembre 13). ¿Qué es la DQO en las aguas residuales y cómo tratarla? <https://vitaqua.es/que-es-la-dqo-en-las-aguas-residuales-y-como-tratarla/>
- VITAQUA. (2024b, septiembre 20). ¿Qué es el nitrógeno Kjeldahl en las aguas residuales y cómo tratarlo? VITAQUA. <https://vitaqua.es/que-es-el-nitrogeno-kjeldahl-en-las-aguas-residuales-y-como-tratarlo/>
- VITAQUA. (2024c, septiembre 27). ¿Qué es la conductividad en el agua y cómo afecta al tratamiento? VITAQUA Tratamiento y Depuración de Aguas.

<https://vitaqua.es/que-es-la-conductividad-en-el-agua-y-como-afecta-al-tratamiento/>

Water Boards California. (s. f.). Folleto Informativo Conductividad Eléctrica/Salinidad. Waterboards.ca.gov. Recuperado 22 de julio de 2025, de

https://www.waterboards.ca.gov/water_issues/programs/swamp/docs/cwt/guidance/3130sp.pdf

Water Boards. (2019). Folleto Informativo pH. Waterboards.ca.gov.

https://www.waterboards.ca.gov/water_issues/programs/swamp/docs/cwt/guidance/3140sp.pdf

Water Boards. (2020). Folleto Informativo Turbidez. Waterboards.ca.gov.

https://www.waterboards.ca.gov/water_issues/programs/swamp/docs/cwt/guidance/3150sp.pdf