



Ministerio
de Ambiente

**Plan de monitoreo del río Cuareim
Informe de actividades y presentación
de resultados.
Año 2022**



**DIRECCIÓN NACIONAL DE CALIDAD Y EVALUACIÓN
AMBIENTAL
División Calidad Ambiental
Departamento Seguimiento de Componentes del Ambiente**



**Ministerio
de Ambiente**

Plan de monitoreo del río Cuareim

Área de Información Planificación y Calidad Ambiental
Gerente: Marisol Mallo

División Calidad Ambiental – DCA
Director: Luis Reolón

Dpto. Seguimiento de Componentes del Ambiente
Jefe de Dpto.: Magdalena Hill

Redacción del Informe
Javier Martinez

Responsable del Programa de Monitoreo
Javier Martinez

Técnicos participantes
Facundo Lepillanca
Mario Acosta
Carolina Ferrer
Natalie Corrales

**Análisis de Laboratorio: División Laboratorio Ambiental
DINACEA**
Jefa Laboratorio: Natalia Barboza

Personal responsable del Análisis de la Información
Javier Martinez
Guillermo Cervetto

INDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVOS	2
2.1. Objetivo del Reporte	2
3. ASPECTOS METODOLÓGICOS	2
3.1. Plan de trabajo	3
3.2. Frecuencia de muestreo	3
3.3. Sitios de muestreo	3
3.4. Variables Monitoreadas	4
3.5. Actividades	5
3.6. Tratamiento de los datos	5
4. RESULTADOS	7
4.1. Calidad de agua	8
4.1.1. Comparación con estándares de calidad	8
4.1.2. Análisis de variables en agua	10
4.1.2.1. Variables hidrológicas	10
4.1.2.1.1. Temperatura	10
4.1.2.1.2. Conductividad	11
4.1.2.1.3. Oxígeno Disuelto	12
4.1.2.1.4. pH	13
4.1.2.1.5. Turbiedad	14
4.1.2.2. Nutrientes	15
4.1.2.2.1. NO ₂ , NO ₃ , NH ₄ , NH ₃	15
4.1.2.2.2. Nitrógeno Total (Nt)	15
4.1.2.2.3. Fósforo Total (Pt)	16
4.1.2.3. Sólidos	17
4.1.2.3.1. Sólidos Totales (ST)	17
4.1.2.3.2. Sólidos Totales Fijos (STF)	17
4.1.2.3.3. Sólidos Totales Volátiles (STV)	17
4.1.2.3.4. Sólidos Suspendidos Totales (SST)	17
4.1.2.4. Metales Zn, Pb, Cr	18
4.1.2.4.1. Aluminio	18
4.1.2.4.2. Sodio	19
4.1.2.5. Variables biológicas	20
4.1.2.5.1. Clorofila a	20
4.1.2.5.2. Feofitina a	20
4.1.2.5.3. Coliformes Totales	21
4.1.2.6. Variables fisicoquímicas	22
4.1.2.6.1. Alcalinidad	22
4.1.2.7. Orgánicos DDT, DDE, DDD, AOX	23
4.1.3. Índices de Calidad de Agua	23
4.1.3.1. IQA	23
4.1.3.3. IET	24
5. SÍNTESIS	27
6. Bibliografía	28

INDICE DE FIGURAS

Fig. 1: Cuenca del río Cuareim.....	1
Fig. 2: Río Cuareim y ubicación de las estaciones de muestreo.....	3
Fig. 3: Representación esquemática de variables analizadas en el río Cuareim.....	9
Fig. 4: Comparación de la Distribución Espacial de la temperatura en la cuenca del río Cuareim 2022, comparación con 2021 y el periodo 2017- 2021.....	10
Fig. 5: Distribución espacial de la Temperatura en 2022.....	10
Fig. 6: Comparación de la distribución espacial de la Conductividad en la cuenca del río Cuareim 2021, comparación con 2020 y el periodo 2016- 2020.....	11
Fig. 7: Distribución espacial de la Conductividad en 2021.....	11
Fig. 8: Comparación de la distribución espacial del Oxígeno Disuelto en la cuenca del río Cuareim 2021, comparación con 2020 y el periodo 2016- 2020.	12
Fig. 9: Distribución espacial del OD en 2021.....	12
Fig. 10: comparación de la distribución espacial del pH en la cuenca del río Cuareim 2021, comparación con 2020 y el periodo 2016- 2020.	13
Fig. 11: Distribución espacial del pH en 2021.....	13
Fig. 12: Comparación de la distribución espacial de la Turbidez en la cuenca del río Cuareim 2021, comparación con 2020 y el periodo 2016- 2020.	14
Fig. 13: Distribución espacial de la Turbidez en 2020.....	14
Fig. 14: Comparación de la distribución espacial del Nitrógeno Total en la cuenca del río Cuareim 2021, comparación con 2020 y el periodo 2016- 2020.	15
Fig. 16: comparación de la distribución espacial del Fosforo Total en la cuenca del río Cuareim 2021, comparación con 2020 y el periodo 2016- 2020.	16
Fig. 17: Distribución espacial del PT en 2021.....	17
Fig. 18: comparación de la distribución espacial del Aluminio en la cuenca del río Cuareim 2021, comparación con 2020 y el periodo 2016- 2020.	18
Fig. 19: Distribución espacial del Al en 2021.....	19
Fig. 20: comparación de la distribución espacial del Sodio en la cuenca del río Cuareim 2021, comparación con 2020 y el periodo 2016- 2020.....	19
Fig. 21: Distribución espacial del Na en 2021.....	20
Fig. 22: comparación de la distribución espacial de la Clorofila a, en la cuenca del río Cuareim 2021, comparación con 2020 y el periodo 2016- 2020.	20
Fig. 23: Distribución espacial del Clorofila a, en 2021.....	21
Fig. 24: comparación de la distribución espacial de los Coliformes Totales, en la cuenca del río Cuareim 2021, comparación con 2020 y el periodo 2016- 2020.	21
Fig. 25: Distribución espacial del Coliformes Totales, en 2021.....	22
Fig. 26: comparación de la distribución espacial de la Alcalinidad en la cuenca del río Cuareim 2021, comparación con 2020 y el periodo 2016- 2020.	22
Fig. 27: Distribución espacial de la Alcalinidad en 2021.....	23
Fig. 28: Mapa del índice de calidad de agua IQA.....	24
Fig. 29: Mapa del índice de estado trófico IET.....	25

INDICE DE TABLAS

Tabla I: Identificación, ubicación y características de las estaciones de muestreo.	3
Tabla II: Diferentes variables consideradas en el monitoreo del Cuareim.	4
Tabla III: Cálculos utilizados para representar los valores numéricos de los resultados yuxtapuestos a los límites de la técnica	5
Tabla IV: Valoración del estado trófico de ríos a partir del IET	6
Tabla V: Escala cromática asociada a las categorías de calidad del agua del IQA	6
Tabla VI: Resultados del IQA para el río Cuareim 2021	24
Tabla VII: Resultados del IET para el río Cuareim 2021	25

1. INTRODUCCIÓN

El agua representa un insumo fundamental para la vida, constituyendo un elemento insustituible en diversas actividades humanas, además de mantener el equilibrio en el medio ambiente. En el escenario mundial, la inminente escasez de los recursos hídricos y la diseminación de los factores condicionantes para una gestión integrada, constituyen un requisito fundamental para el desarrollo equilibrado y en consonancia con la preservación del medio ambiente.

El Departamento Seguimiento de Componentes del Ambiente (DSCA) tiene el cometido de formular, ejecutar y evaluar los planes nacionales de monitoreo de calidad de los diferentes cuerpos de agua del país. En este contexto, el DSCA lleva a cabo el monitoreo de calidad de agua en el río Cuareim (Fig. 1).

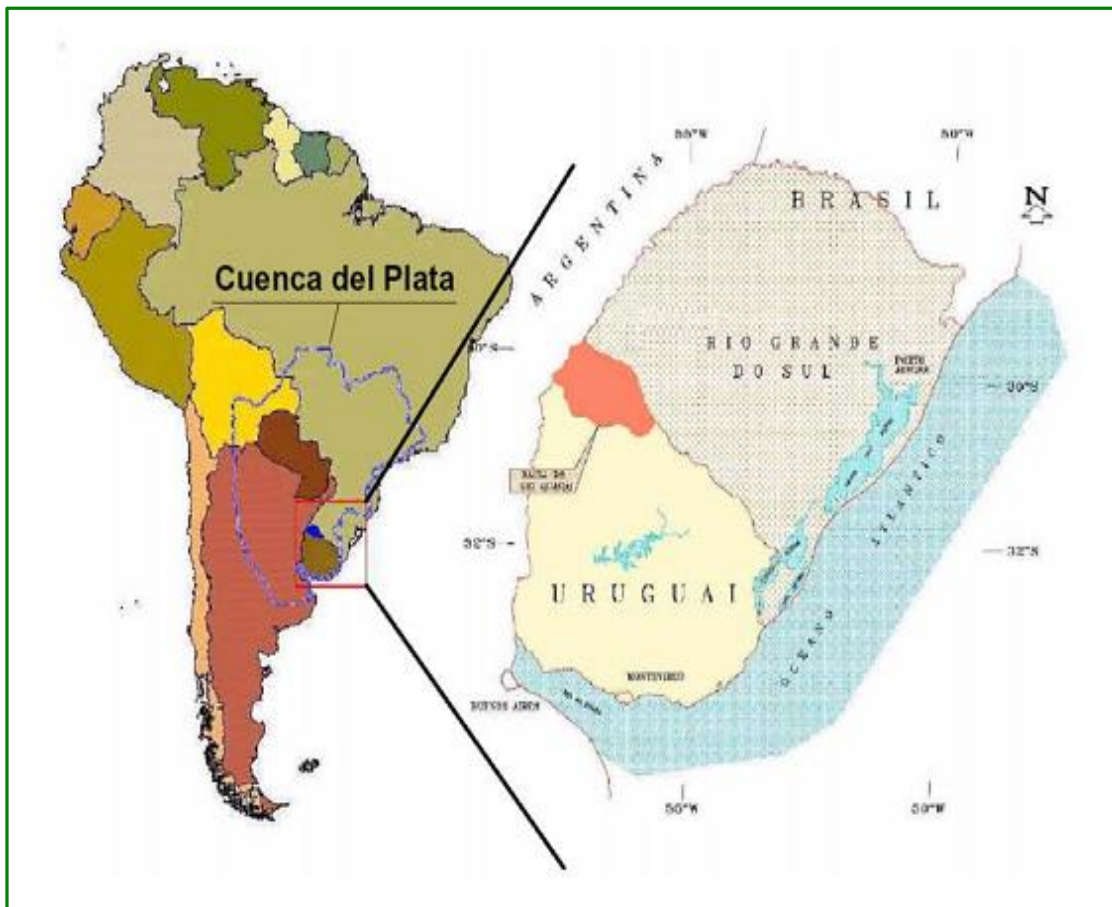


Fig. 1: Ubicación de la hemicuenca del río Cuareim, como uno de los sistemas integrantes de la cuenca del Río de la Plata. Tomado de Arcelus&Goldenfum, 2005.

2. OBJETIVOS

El Plan de monitoreo del río Cuareim tiene como objetivo principal, conocer el estado de calidad del agua, en el tramo del río Cuareim compartido entre Brasil y Uruguay, que permita evaluar a corto y mediano plazo, los cambios en el sistema frente a los posibles impactos producidos en su cuenca, de modo de poder gestionarla.

2.1. Objetivo del Reporte

El propósito de este reporte de datos es analizar y evaluar los datos provenientes del monitoreo realizado en aguas del río Cuareim, obtenidos en el correr del año 2022 y realizar una comparación primaria con los resultados del año precedente (Martínez, 2021) y el periodo 2017 – 2021.

3. ASPECTOS METODOLÓGICOS

3.1. Plan de Trabajo

Finalizado el estudio en el marco del Proyecto Twinlatin en el año 2008, el DCA entiende necesario continuar con el monitoreo en dicho curso de agua, de forma de contar con las herramientas que le permitan conocer, vigilar y gestionar la calidad del agua. A su vez, desarrollará un indicador de estado ambiental que permita evaluar el impacto producido por las actividades que involucren el uso del río, con una fácil visualización e interpretación destinada a los tomadores de decisión y a la población en general.

La metodología de trabajo utilizada se basa en el Programa internacional del Sistema Global de Monitoreo Ambiental (Guía operativa GEMS/Agua, 3ra Ed, 94.1), adaptándose a las capacidades nacionales disponibles (recursos humanos, equipos, materiales, técnicas, etc.).

3.2. Frecuencia de muestreo

Este plan de monitoreo prevé la realización de campañas trimestrales, a los efectos de cumplir con los objetivos previstos. El monitoreo consta de **7 puntos de muestreo (5 estaciones en el curso principal y en 2 tributarios)**.

3.3. Sitios de muestreo

El monitoreo del río Cuareim se realiza desde la costa dado que las condiciones de la ribera del río (monte de galería) y las características del curso de agua (poca profundidad y excesiva corriente) no permiten la utilización de embarcación.

En la tabla 1 y en la figura 2 se presenta la ubicación exacta de las **5** estaciones monitoreadas en el curso principal del río y 2 estaciones en los tributarios. **Para el año 2022 se dio de alta nuevamente el punto RC60 con la finalidad de obtener información de calidad de ese tramo del río.**

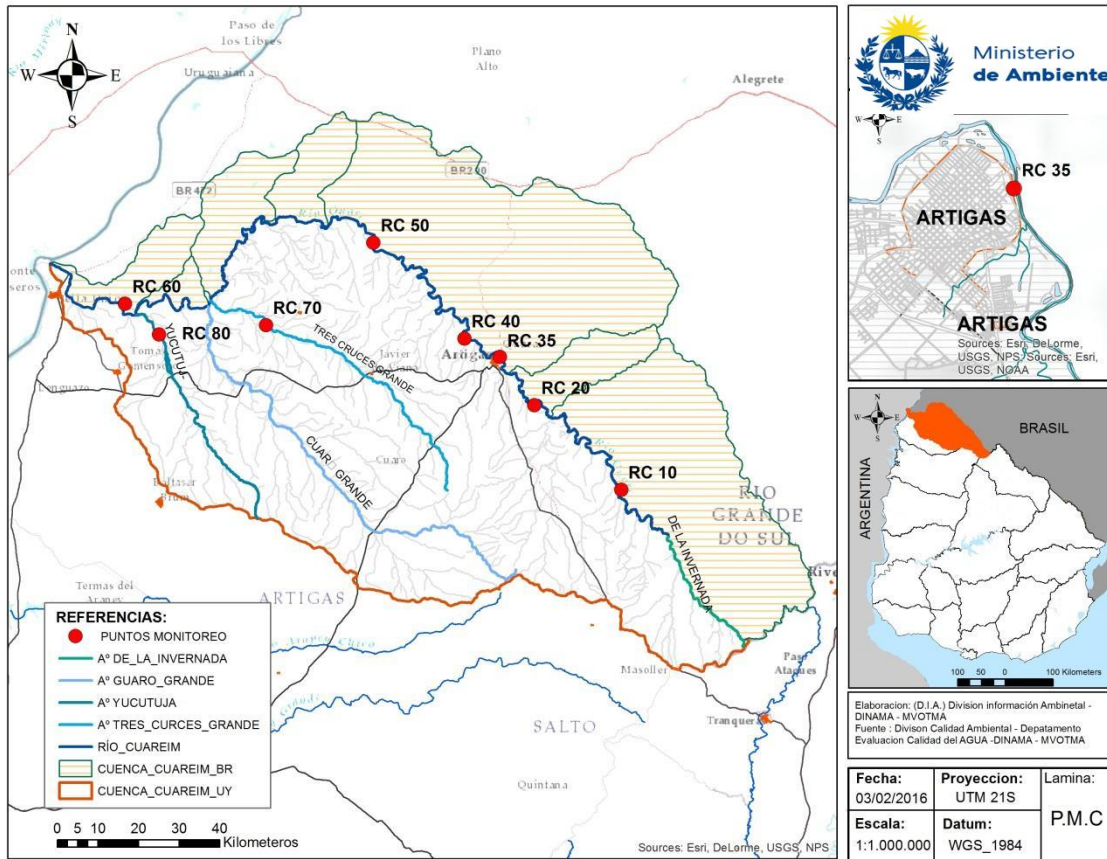


Fig. 2: Río Cuareim y ubicación de las estaciones de muestreo.

Tabla I: Identificación, ubicación y características de las estaciones de muestreo.

RC10	70 km aguas arriba de Artigas (Rincón de Pacheco)	Lat 30°41'21	Long 56°08'34.30"
RC20	Piedra pintada a 5 km aguas arriba de la ciudad de Artigas	Lat 30°46'51	Long 56°24'22.93"
RC35	Artigas a 150 mts del puente fronterizo	Lat 30°23'44	Long 56°27'21.34"
RC40	15 Km. aguas abajo de la ciudad de Artigas	Lat 30°21'33	Long 56°32'09.29"
RC50	Aguas abajo de la ciudad de Artigas a unos 50 km	Lat 30°08'39	Long 56°46'51.58"
RC60 (Dado de baja en octubre de 2017)	Establecimiento Pay Paso aguas abajo de la ciudad de Artigas	Lat 30°16'45	Long 57°24'57.11"
RC3C70	A° Tres Cruces (tributario)	Lat 30° 20'07	Long 57° 02' 46"
RCYU80	A°Yucutujá (tributario)	Lat 30° 20'48	Long 57° 19' 44"

3.4. Variables Monitoreadas

En esta tabla se muestran cada una de las variables analizadas y medidas en campo en el monitoreo (Tabla II). Las variables que no son consideradas en el decreto 253/79 son contrastadas con los valores guía propuestos por GESTA Agua (2014) y en la Mesa Técnica del Agua.

Tabla II: Diferentes variables consideradas en el monitoreo del río Cuareim en el 2021. Nombre de la variable, abreviatura, unidad, estándar del Decreto 253/79, valor guía GESTA 2014, otros valores guía.

	Parámetro	Abreviatura	Unidad	Dec. 253/79	GESTA 2014	MTA	OTROS
Características fisicoquímicas	Oxígeno disuelto	OD	mg/l	≥ 5			
	Porcentaje de Saturación de oxígeno	% OD	%				
	Potencial de hidrógeno	pH	--	6,5 - 8,5			
	Conductividad	Cond	μS/cm				
	Temperatura	Tem	°C				
	Transparencia		cm				
	Turbiedad	Turb	NTU	50			
	Sólidos Suspendidos Totales	SST	mg/l				
	Sólidos Suspendidos Fijos	SSF	mg/l				
	Sólidos Suspendidos Volátiles	SSV	mg/l				
	Compuestos halogenados adsorbible	AOX	μg/l				> 25*
	DBO ₅	DBO ₅	mg/l	≤ 10			
	Alcalinidad	AlcT	mg/l				
	Sustancias fenólicas	SustF	μg/l	≤ 200	≤ 5		
	Iones mayoritarios	Ca	mg/l				
		Mg	mg/l				
		Na	mg/l				
		K	mg/l				
	Cianuro total	CNT	μg/l		≤ 20		
	Arsénico	As	μg/l	≤ 5			
Metales pesados	Cd	μg/l	≤ 1	≤ 0,1			
	Cr total	μg/l	≤ 50	≤ 10			
	Fe	μg/l					
	Hg	μg/l	≤ 0,2	≤ 0,1			
	Ni	μg/l	≤ 20				
	Pb	μg/l	≤ 30	≤ 3			
	Zn	μg/l	≤ 30				
Nutrientes	Nitratos	NO ₃	mg/l	≤ 10	≤ 5		
	Nitritos	NO ₂	mg/l		≤ 0,1		
	Nitrógeno Total	NT	mg/l			< 1	
	Nitrógeno amoniacal	NH ₄	mg/l			< 0,5	
	Amonio libre	NH ₃	μg/l	≤ 20			
	Fósforo reactivo soluble	PO ₄	μg/l			< 35	
	Fósforo Total	PT	μg/l	≤ 25	≤ 70		
Biológicas	Clorofila a	Clo a	μg/l			< 30	
	Feofitina a	Feo a	μg/l				
	Coliformes termotolerantes	ColiT	UFC/100ml	≤ 2000			

	Parámetro	Abreviatura	Unidad	Dec. 253/79	GESTA 2014	MTA	OTROS
Fitosanitarios	Ácido amino-metil-fosfónico	AMPA	µg/l				
	Aldrin	Ald	µg/l		N.D.		
	Atrazina	Atr	µg/l		≤ 1,8		
	Clorpirifos		µg/l				
	Diclorodifenildicloroetano forma p,p' (metabolito de DDT)	ppDDD	µg/l		sumados ≤ 0,001		
	Diclorodifenildicloroetileno forma p,p' (metabolito de DDT)	ppDDE	µg/l				
	Diclorodifeniltricloroetano forma p,p' (metabolito de DDT)	ppDDT	µg/l				
	Dieldrin	Dld	µg/l		N.D.		
	Endosulfan α	Endoα	µg/l		sumados ≤ 0,02		
	Endosulfan β	Endoβ	µg/l				
	Endosulfan SO ₄	EndoSO ₄	µg/l				
	Glifosato	Glf	µg/l		≤ 0,65		
	Heptacloro	HptCl	µg/l		≤ 0,01		
	Heptacloro epoxido	HptClEpx	µg/l				
	Lindano	Lnd	µg/l		≤ 0,01		
	Metoxiclor	MtCl	µg/l		≤ 0,03		

3.5. Actividades

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos en 3 campañas (de 4 planificadas), que se realizaron en los meses de febrero, agosto y noviembre de 2021. La campaña faltante, fue suspendida por medidas sanitarias.

3.6. Tratamiento de los datos

En el caso de algunas variables, buena parte de los resultados están comprendidos en el entorno de los límites de la técnica. Para facilitar el tratamiento de estos datos se toman por convención las analogías que se observan en la Tabla III

Tabla III: Cálculos utilizados para representar los valores numéricos de los resultados yuxtapuestos a los límites de la técnica

< LD	=	LD
< LC	=	LC/2
LD < X < LC	=	(LC+LD)/2

La concentración de amoníaco libre se obtuvo a través de la fórmula (CCME, 2010):

$$NH_3 = \frac{NH_4}{1 + 10^{-0.467 + \frac{2887.9}{TEMP + 273.15} - pH}}$$

Los Índices de Calidad de Agua se generaron como un sistema para comparar ríos en diferentes lugares (nacional o internacionalmente) y se basan en la utilización de ciertos elementos básicos en función de los usos del agua. Definen la aptitud del cuerpo de agua respecto a los usos prioritarios que este pueda tener. Pueden ser utilizados para medir los cambios en la calidad del agua en tramos particulares de los ríos a través del tiempo, comparando la calidad del agua de diferentes tramos del mismo río además de la posibilidad de compararlo con la calidad de agua de diferentes ríos alrededor del mundo. Cabe resaltar que, para este caso particular, la presentación de los índices es a título informativo y no debería ser considerado como la realidad estricta del curso de agua.

La finalidad del Índice de Estado Trófico (IET) es clasificar los cuerpos de agua en diferentes grados de trofia, o sea, clasifica la calidad del agua según el enriquecimiento de nutrientes y su efecto sobre el crecimiento excesivo de plantas acuáticas. En este caso, los resultados del índice, calculados a partir de los valores de fósforo total, deben ser entendidos como una medida del potencial de eutrofización, ya que este nutriente es el principal causante de este proceso. Para el cálculo de este índice se utiliza la siguiente fórmula Lamparelli (2004):

$$IET=10(6-((0.42-0.36(\ln^{f_0}(PT)))\div\ln^{f_0}(2)))-20$$

El IET presenta la escala de calidad del agua según la concentración de las variables que muestra la tabla IV.

Tabla IV. Valoración del estado trófico de ríos a partir del IET, elaborado según los valores de fósforo total, clorofila a o transparencia del agua (disco de Secchi, DS)

Nivel trófico	Fósforo total (mg/L)	Clorofila a ($\mu\text{g/l}$)	DS (m)	IET
Ultraoligotrófico	$\leq 0,013$	$\leq 0,74$	$\geq 2,4$	≤ 47
Oligotrófico	$0,013 < PT \leq 0,035$	$0,74 < Cb-a \leq 1,31$	$2,4 > S \geq 1,7$	$47 < IET \leq 52$
Mesotrófico	$0,035 < PT \leq 0,137$	$1,31 < Cb-a \leq 2,96$	$1,7 > S \geq 1,1$	$52 < IET \leq 59$
Eutrófico	$0,137 < PT \leq 0,296$	$2,96 < Cb-a \leq 4,70$	$1,1 > S \geq 0,8$	$59 < IET \leq 63$
Supereutrófico	$0,296 < PT \leq 0,640$	$4,70 < Cb-a \leq 7,46$	$0,8 > S \geq 0,6$	$63 < IET \leq 67$
Hipereutrófico	$> 0,640$	$> 7,46$	$< 0,6$	> 67

El Índice de Calidad de Agua (IQA) fue desarrollado por CETESB (Brasil), siendo una modificación del Water Quality Index (WQI) desarrollado por la NSF (EEUU), aunque los parámetros y las ponderaciones tienen leves variaciones.

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i}$$

Dónde:






IQA: Índice de Calidad de Agua (valor entre 0 y 100)

q_i : calidad de cada parámetro, número entre 0 y 100, obtenido de la curva media de variación de calidad, en función de su concentración.

W_i : Peso correspondiente a cada parámetro, número entre 0 y 1 atribuido en función de la importancia de cada parámetro en la conformación global de calidad.

El IQA presenta la escala de calidad del agua con cinco categorías (Tabla V).

Tabla V. Escala cromática asociada a las categorías de calidad del agua del IQA

Rangos de IQA utilizados	Valoración	Representación cromática
90-100	Excelente	
70-90	Buena	
50-70	Media	
25-50	Mala	
0-25	Muy Mala	

4. RESULTADOS

4.1. Calidad de agua

En este capítulo se presentan los resultados de las variables más significativas (en cuanto a resultados), correspondientes a calidad del agua superficial obtenidos en el marco del *Plan de monitoreo del río Cuareim* durante el año 2022. Se dispone de datos provenientes de **3 muestreos para el periodo de estudio**.

Los datos obtenidos se comparan con:

- Los estándares de calidad de agua.
- Los datos registrados durante los monitoreos de años precedentes (Martinez, 2021) , y algunas variables se comparan también con el periodo 2017-2021

Esto se realiza con el fin de verificar la calidad del agua y cuantificar cualquier cambio espacial o temporal que pudiese haber surgido.

4.1.1. Comparación con estándares de calidad

El río Cuareim, es una cuenca transfronteriza, que no cuenta con un régimen estatutario propio a nivel binacional. Tampoco cuenta con estándares o niveles guía de calidad de agua definidos, por lo cual, a efectos de este estudio se comparan los valores obtenidos con la normativa nacional.

En función de sus competencias, mediante resolución ministerial del 25 de febrero 2005, el MVOTMA clasifica en forma genérica, en la clase 3 prevista en el art. 3º del decreto 253/79 del 9 de mayo de 1979, todos los cuerpos y cursos de agua cuya cuenca tributaria sea mayor a 10 km² y que a la fecha no han sido clasificados. Esta clasificación no obsta a que se proceda a clasificar en forma específica cursos o cuerpos de agua o parte de los mismos

Aquellas variables monitoreadas en este Plan que no se encuentran reguladas por el Decreto 253/79 se comparan contra los valores propuestos como objetivos de calidad de agua de la versión Gesta Agua de Diciembre 2014.

En el caso de los Haluros Orgánicos Absorbibles (AOX), se opta por considerar el valor estándar sugerido en el Gesta Agua de Diciembre 2014. El valor estándar utilizado es de <60 µg/l.

Para el caso particular de los coliformes termotolerantes, no se toma como referencia el estándar del decreto 253/79. Esto se debe a que el tiempo transcurrido entre monitoreos (3 meses aproximadamente), es demasiado extenso.

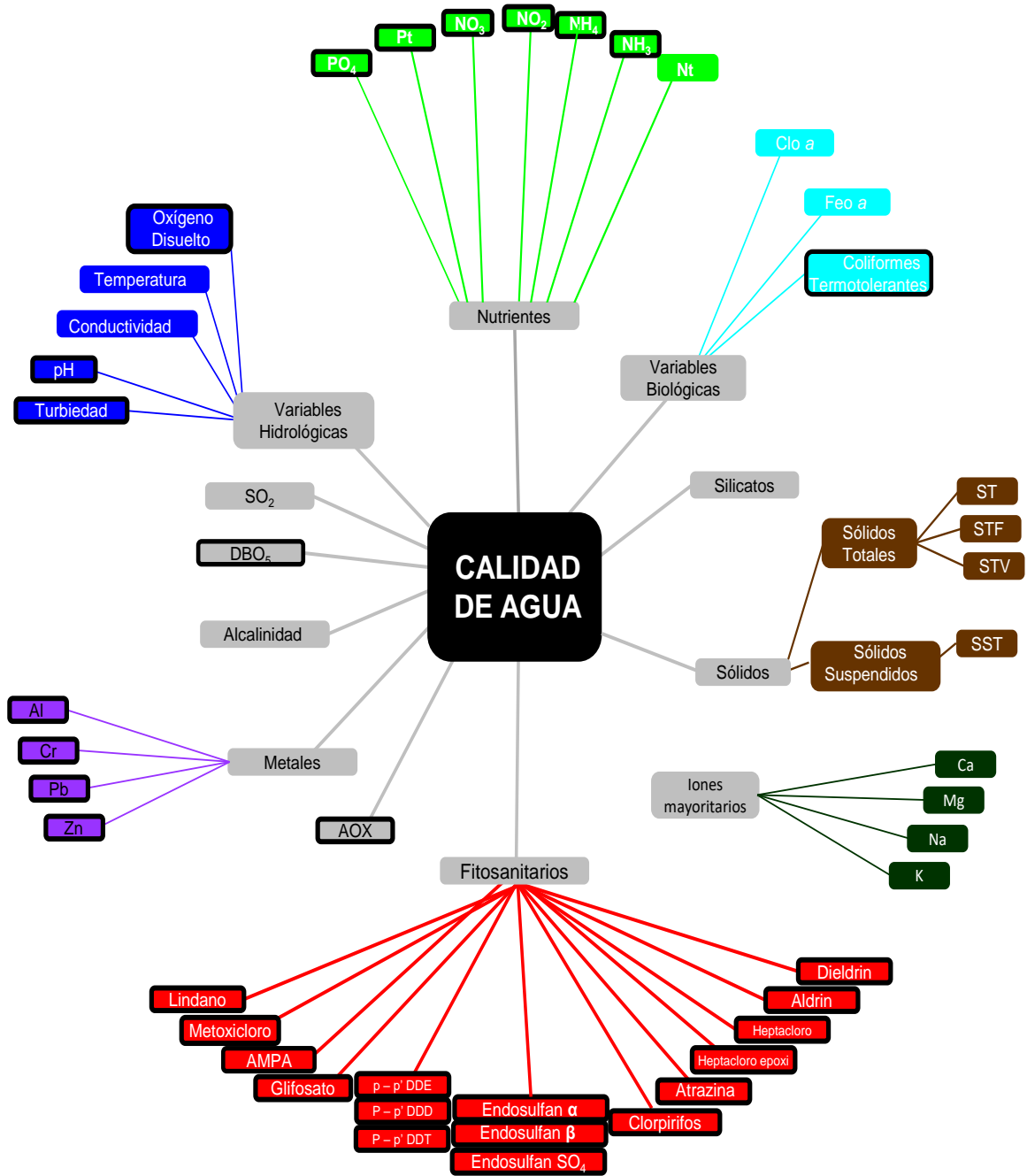


Fig. 3: Representación esquemática de variables analizadas en el río Cuareim. Con recuadro negro se marcan las variables con estándares contemplados en el Decreto 253 o modificativos.

4.1.2. Análisis de variables en agua

4.1.2.1. Variables hidrológicas

4.1.2.1.1. Temperatura

Los valores de esta variable no presentan apartamientos notorios de los valores históricamente registrados (Martínez, 2020). Si se observa el comportamiento de la temperatura durante los años comparados, ésta se comportó de manera homogénea.

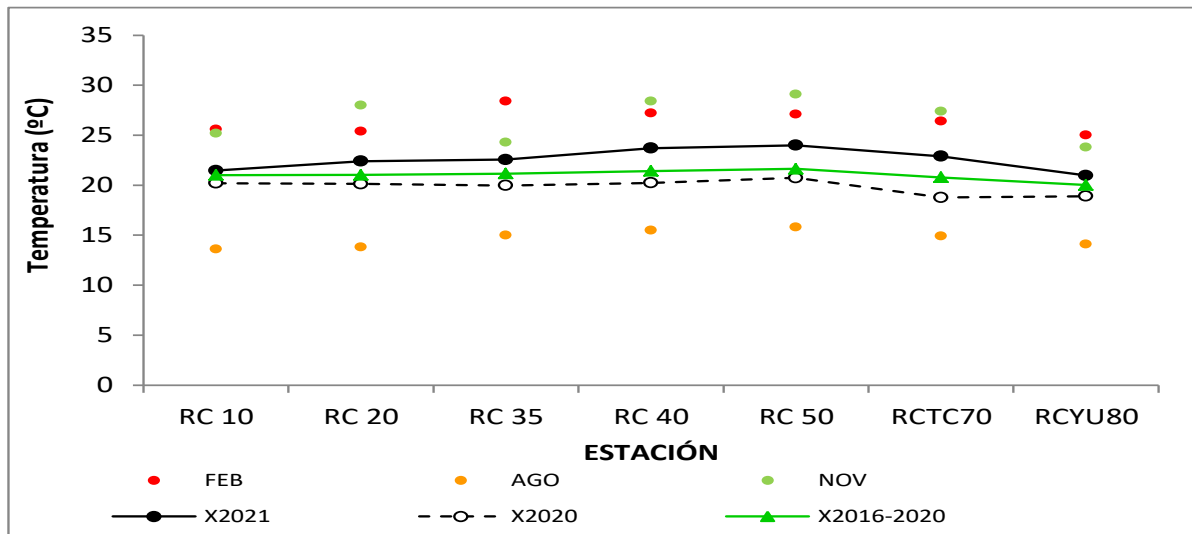


Fig 4. Comparación de la distribución espacial de la Temperatura entre los años 2020 - 2021 y el periodo 2016-2020

Como se aprecia en la figura 5, la temperatura presenta una distribución homogénea entre las estaciones. Teniendo en cuenta todas las estaciones, el rango de variación de la temperatura va desde 29.1 °C de máxima a 13.6 °C de mínima, con un promedio total de 22.4 °C y una mediana de 23.8 °C.

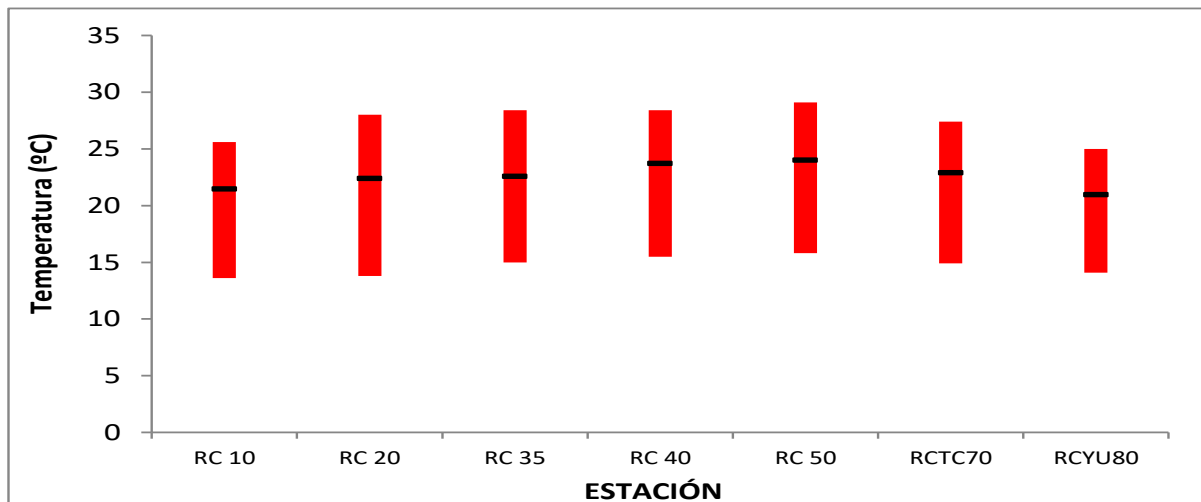


Fig 5. Distribución espacial de la Temperatura en el área de estudio para el 2021. En negro: promedios anuales por estación, en rojo: máximos y mínimos por estación

4.1.2.1.2. Conductividad

Los valores de conductividad se comportan de manera homogénea durante los años en comparación, donde presenta un aumento de la conductividad hacia el punto RCYU80 que se observa en todos los años monitoreados.

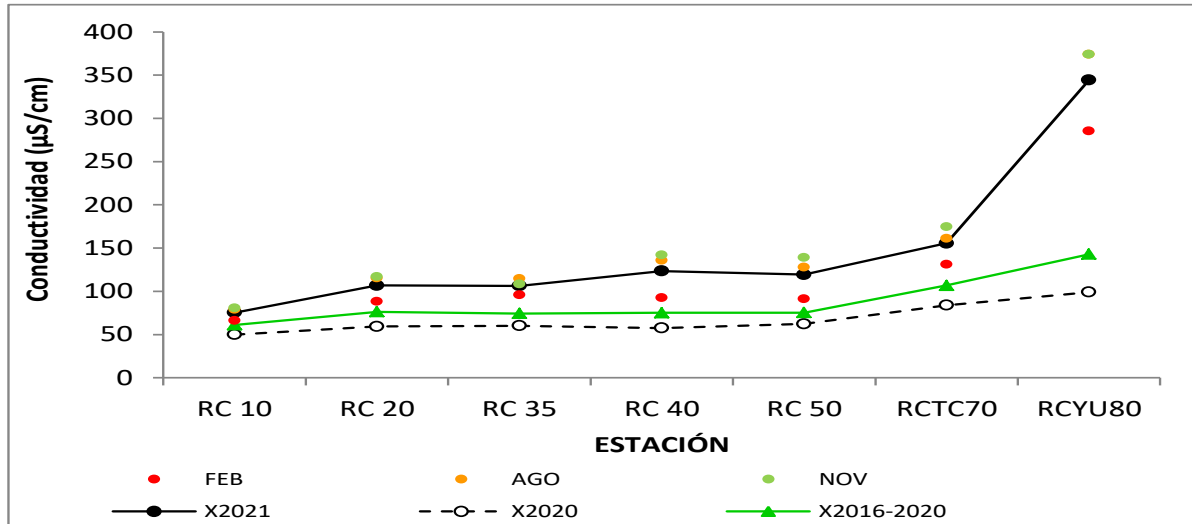


Fig 6. Comparación de la distribución espacial de la Conductividad entre los años 2020 - 2021 y el periodo 2016-2021

En el área de estudio se registran valores promedio de conductividad de 147.3 µS/cm, con máximos de 374.1 µS/cm, mínimos de 66.1 µS/cm y una mediana de 220 µS/cm. Se aprecia un comportamiento similar en las estaciones monitoreadas durante los años en comparación, con un aumento hacia la estación RCYU80 (tributario).

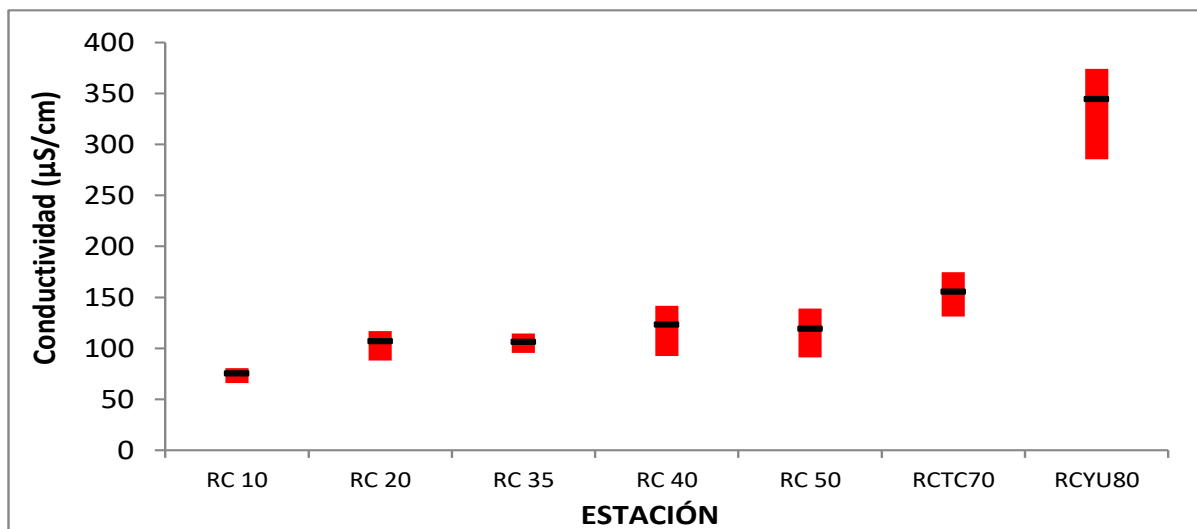


Fig 7. Distribución espacial de la Conductividad en el área de estudio para el 2021
En negro: promedios anuales por estación, en rojo: máximos y mínimos por estación

4.1.2.1.3. Oxígeno Disuelto

El comportamiento espacial es similar entre los periodos comparados. El oxígeno disuelto se encontró dentro de los valores estándar en los años en comparación, cumpliendo con lo dispuesto en el Decreto 253/79.

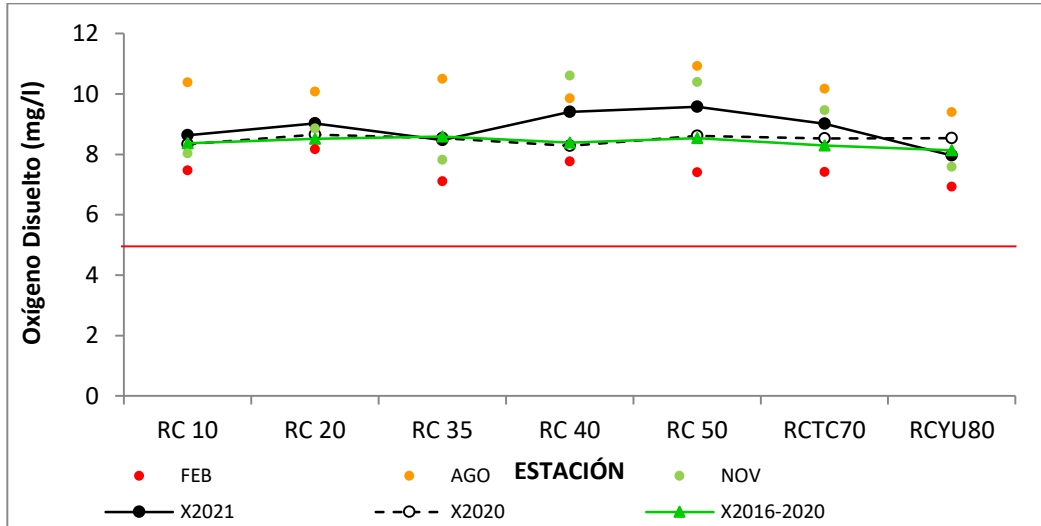


Fig 8.Comparación de la distribución espacial de Oxígeno Disuelto entre los años 2020 - 2021 y el periodo 2016-2021. La línea roja marca el estándar fijado en el decreto 253/79

El área de estudio presenta un valor promedio de 8.9 mg/l, con un máximo de 10.9 mg/l, un mínimo de 6.9 mg/l y una mediana de 7.5 mg/l. En cuanto al grado de cumplimiento del estándar establecido en el Decreto 253/79, para Clase 3, que establece un valor mínimo de 5.0 mg/l, puede afirmarse que en el 100% de los casos se cumple con dicho valor (Fig 9).

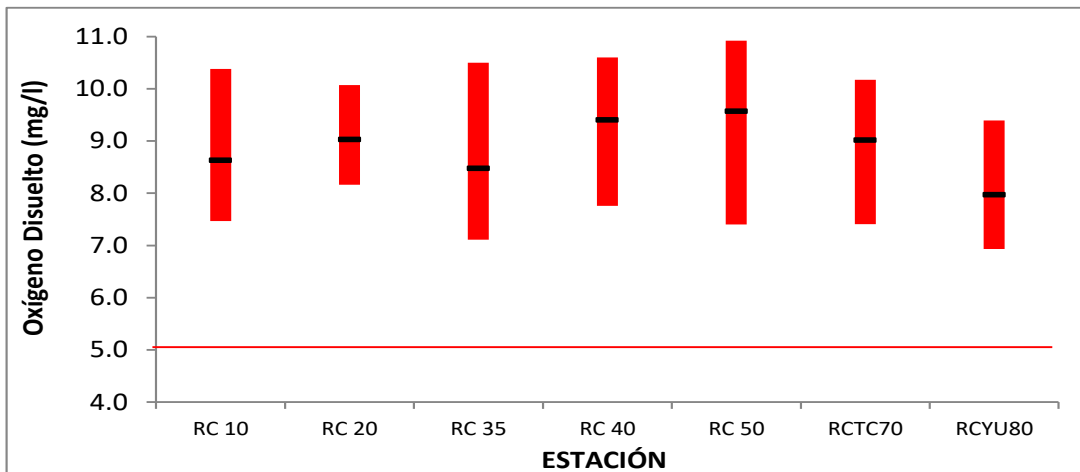


Fig 9.Distribución espacial de Oxígeno Disuelto en el área de estudio para el 2021
En negro: promedios anuales por estación, en rojo: máximos y mínimos por estación. La línea roja marca el estándar fijado en el decreto 253.

4.1.2.1.4. pH

En cuanto al pH refiere, el comportamiento es homogéneo entre los años en comparación, estando este dentro de lo dispuesto en el decreto 253/79.

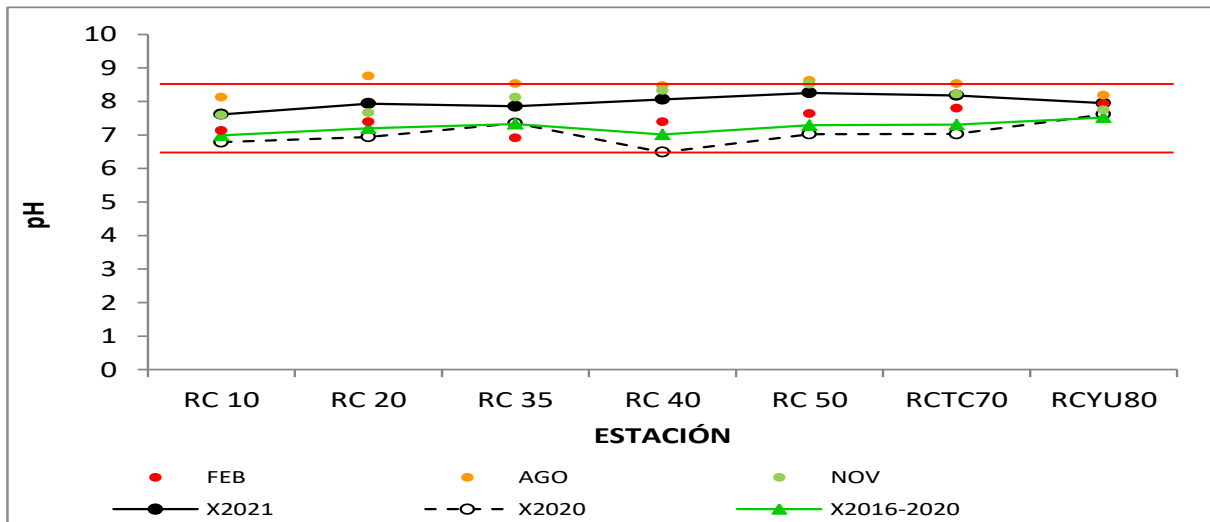


Fig 10. Comparación de la distribución espacial de pH entre los años 2020 - 2021 y el periodo 2016-2020. La línea roja marca el estándar fijado en el decreto 253.

Los valores de pH cumplen con el estándar establecido en el Decreto 253/79 (entre 6.5 y 8.5). El promedio registrado en la zona es de 8.0 con un máximo de 8.8 un mínimo de 6.9 y una mediana de 7.4 (fig. 11).

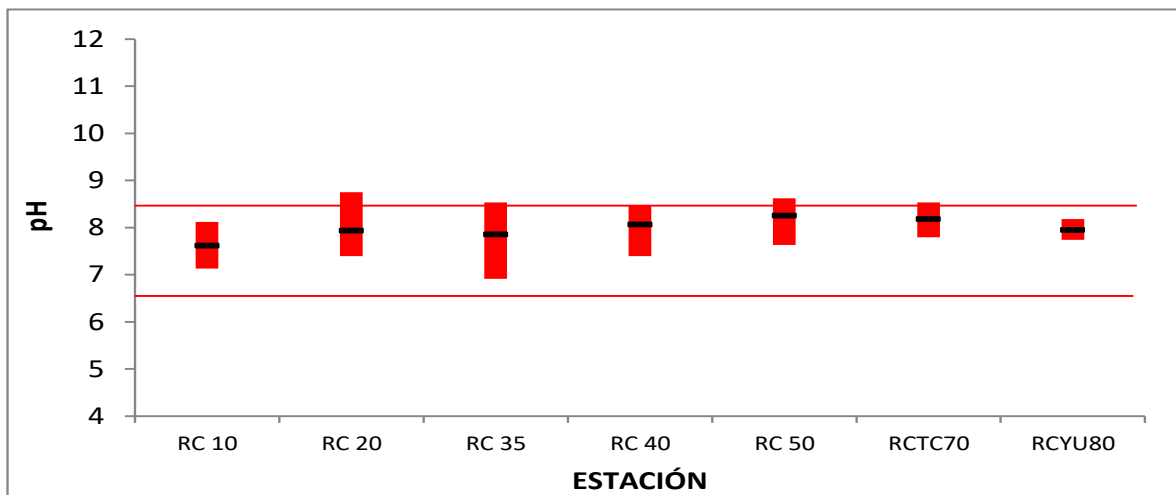


Fig 11. Distribución espacial de Ph en el área de estudio para el 2021. En negro: promedios anuales por estación, en rojo: máximos y mínimos por estación. La línea roja marca el estándar fijado en el decreto 253.

4.2.2.1.6. Turbiedad

Los promedios reflejados en la gráfica se encuentran por debajo de lo establecido en el decreto 253/79. Si bien hay datos puntuales que superan dicho estándar, los promedios de los años en comparación, se encuentran por debajo de lo que indica el decreto para dicha variable. Para el año 2021 se registran promedios inferiores a los históricamente registrados.

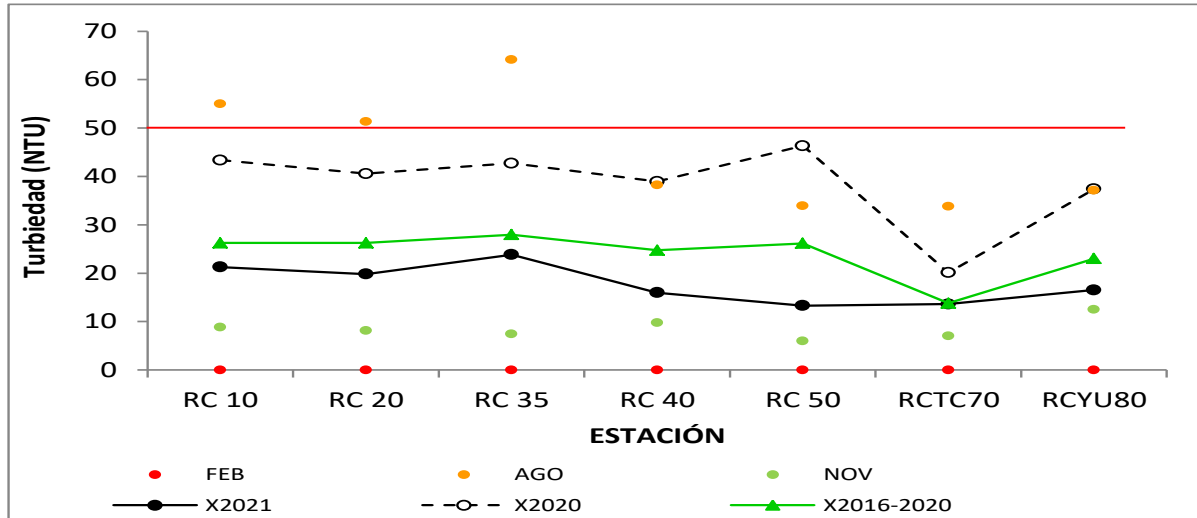


Fig 12. Comparación de la distribución espacial de la Turbiedad entre los años 2020 – 2021 y el periodo 2016-2020. La línea roja marca el estándar fijado en el decreto.

Esta variable se encuentra regulada en el Decreto 253/79 y modificativos, siendo el valor estándar de 50 NTU. Se ha registrado un valor máximo de 64.1 NTU, un mínimo de 6.0 NTU, con un promedio de 22.6 NTU y una mediana de 12.5 NTU (Fig 13).

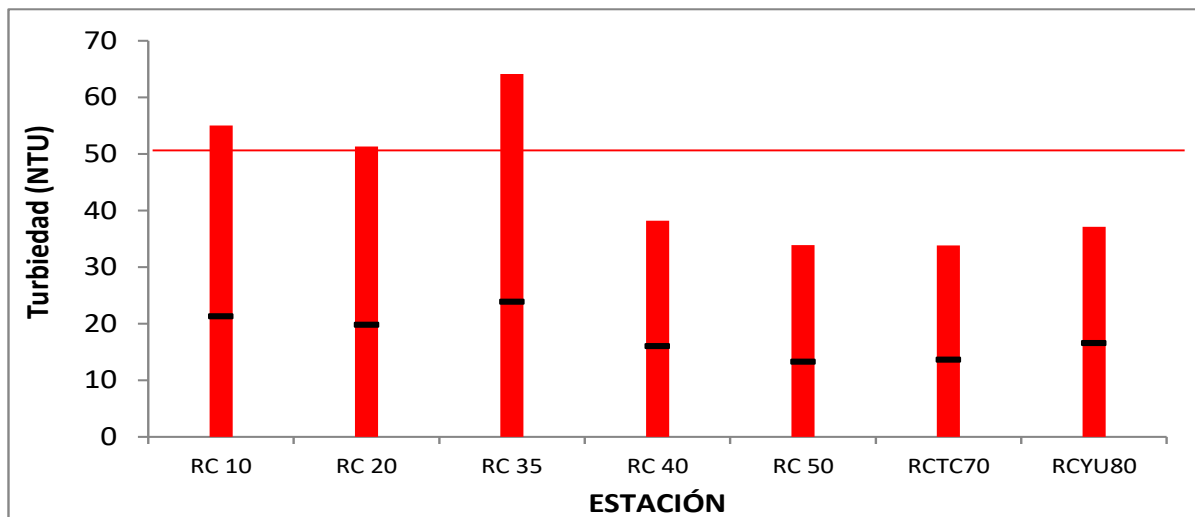


Fig 13. Distribución espacial de la turbiedad en el área de estudio para el 2021.

En negro: promedios anuales por estación, en rojo: máximos y mínimos por estación. La línea roja marca el estándar fijado en el decreto 253.

4.1.2.2. Nutrientes

4.1.2.2.1. NO₂, NO₃, NH₄, NH₃,

Los valores de **nitratos** cumplen satisfactoriamente con el estándar establecido en el Decreto 253/79 (máximo de 5 mg/l), ya que todos los valores se encuentran por debajo del límite. Teniendo en cuenta todas las estaciones, el promedio es de 0.11 mg/l, el valor máximo es de 0.37 mg/l, el valor mínimo es de 0.02 mg/l y la mediana es 0.04 mg/l.

Para los **nitritos**, teniendo en cuenta todas las estaciones, el promedio es de 0,0029 mg/l, el valor máximo es de 0.012 mg/l, el valor mínimo es de 0.0015 mg/l y la mediana es de 0.003 mg/l (estándar establecido en el Decreto 253/79 máximo de <0.1 mg/l). Los valores registrados no superan el estándar de calidad.

El **amoníaco** refleja valores máximos de 0.0084 mg/l, mínimo de 0.0005 mg/l, un promedio de 0.0033 mg/l y una mediana de 0.00079 mg/l, cumpliendo con lo establecido en el Decreto 253/79 de 0.02 mg/l.

Los valores de **amonio** cumplen con lo esperado, resultando un máximo de 0.100 mg/l, un mínimo de 0.037mg/l, un promedio de 0.057 mg/l y una mediana de 0.05 mg/l, cumpliendo con lo que establece la Mesa Técnica del Agua (MTA), de 0.5 mg/l)

4.1.2.2.2 Nitrógeno Total (NT)

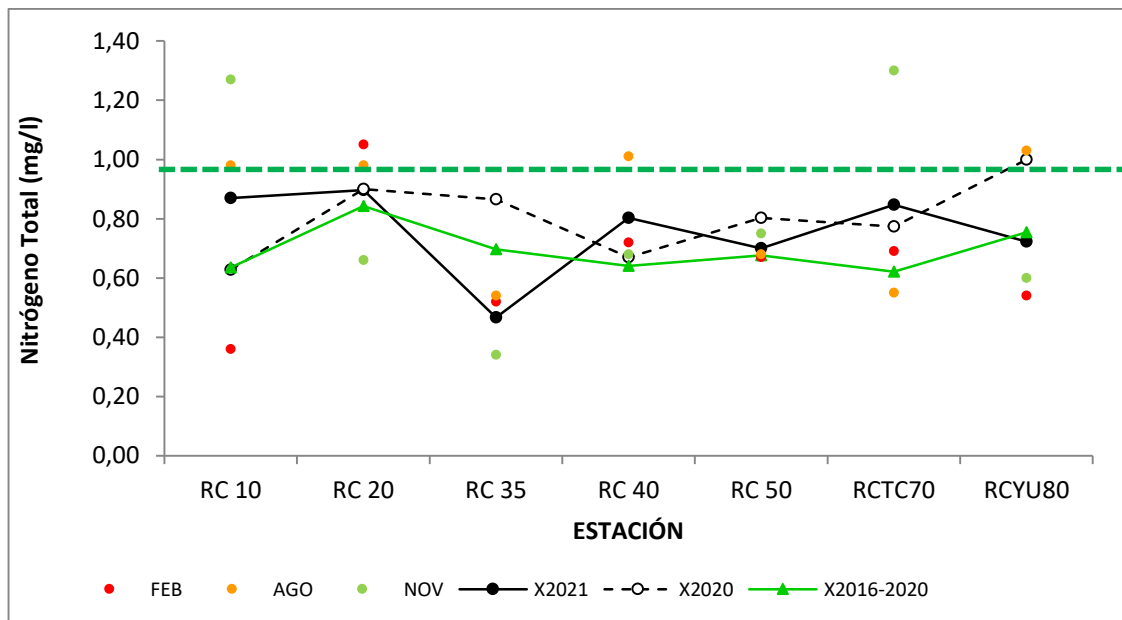


Fig 14. Comparación de la distribución espacial del NT entre los años 2020 – 2021 y el periodo 2016-2020. En línea verde punteada el valor guía fijado en la Mesa Técnica del Agua (MTA)

En cuanto al NT, el valor máximo es de 1.3 mg/l, el mínimo de 0.3 mg/l, el promedio de 0.7 mg/l y la mediana de 0.5 mg/l. Esta variable se encuentra dentro de los registros históricos obtenidos (Martínez, 2020) y si se observa el periodo en comparación (2016–2020), se mantiene la tendencia como en el año analizado.

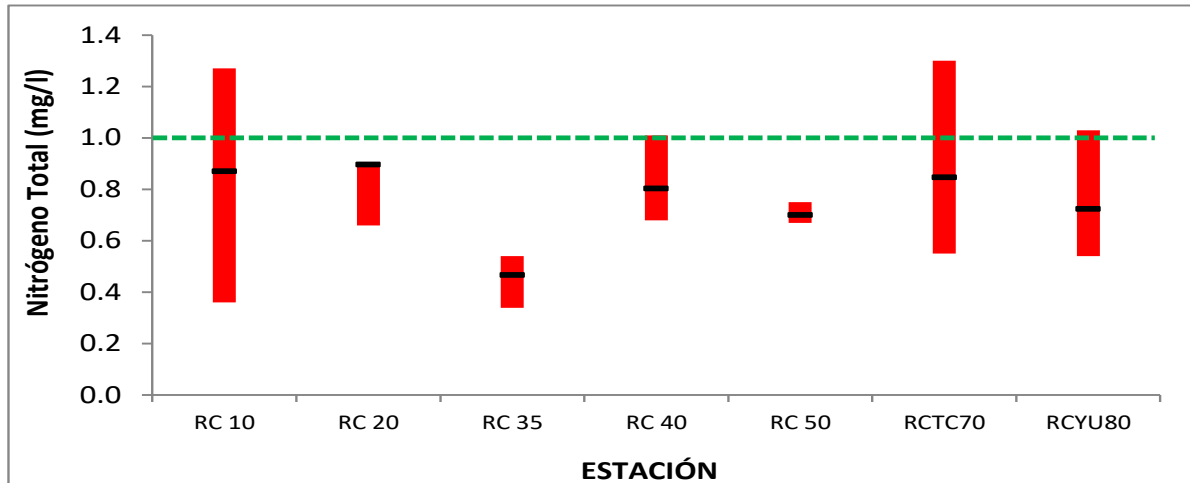


Fig 15. Distribución espacial de NT en el área de estudio para el 2021

En negro: promedios anuales por estación, en rojo: máximos y mínimos por estación. . En línea verde punteada el valor guía fijado en la Mesas Técnica del Agua (MTA)

4.1.2.2.3. Fosforo Total

Como puede apreciarse en la mayoría de los valores, se supera el límite máximo admitido por la normativa 70.0 $\mu\text{g/l}$ (GESTA 2014) y también lo establecido en el decreto 253/79 de 25 $\mu\text{g/l}$.

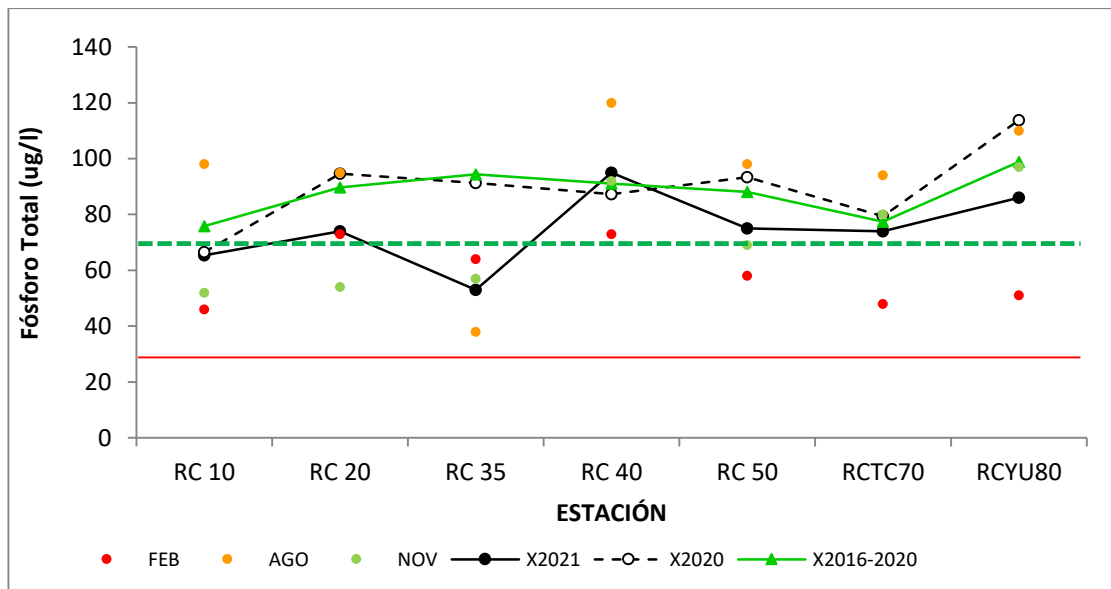


Fig 16. Comparación de la distribución espacial del PT entre los años

2020 – 2021 y el periodo 2016-2020. La línea roja marca el estándar fijado en el Decreto 253/79 y en verde punteado el estándar fijado por el Gesta Agua.

El registro máximo es de 120 $\mu\text{g/l}$, el mínimo de 46 $\mu\text{g/l}$, el promedio de 77.5 $\mu\text{g/l}$ y la mediana de 71.5 $\mu\text{g/l}$. Si se observa la gráfica de comparación con años anteriores, los promedios registrados en 2021 se mantienen similares a los años comparados.

No obstante, los valores de fósforo total encontrados en todos los cursos de agua monitoreados en el país, incluso en los que no se identifican indicadores de contaminación, se considera que el estándar establecido en el Decreto 253/79, no es el adecuado para los cuerpos de agua del Uruguay.

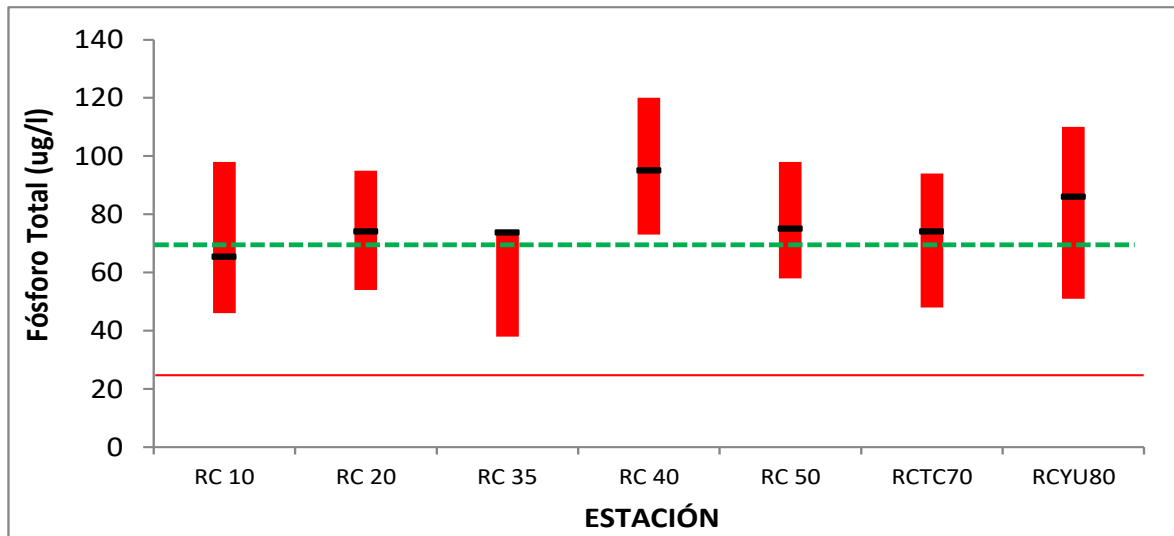


Fig. 17. Distribución espacial de PT en el área de estudio para el 2021

En negro: promedios anuales por estación, en rojo: máximos y mínimos por estación. La línea roja marca el estándar fijado en el decreto 253 y en verde punteado el estándar fijado por el Gesta Agua.

4.1.2.3. Sólidos

4.1.2.3.1. Sólidos Totales (ST)

Los sólidos totales se ubican en valores entre un mínimo de 60 mg/l y un máximo de 350 mg/, con un promedio de 153 mg/l y una mediana de 205 mg/l. Si bien el comportamiento es homogéneo a lo largo del río Cuareim, hay un incremento de los promedios en el RCYU80.

4.1.2.3.2. Sólidos Totales Fijos (STF)

Los sólidos totales fijos fluctúan entre un mínimo de 36 mg/l, un máximo de 240 mg/l, con un promedio de 98 mg/l y una mediana de 138 mg/l.

En cuanto a los STF, los promedios para el 2021 mantienen una tendencia homogénea, salvo en el RCYU80 (arroyo Yucutuja), el cual arroja los promedios más altos.

4.1.2.3.3. Sólidos Totales Volátiles (STV)

Los sólidos totales volátiles son medidos en concentraciones ubicadas entre un mínimo de 24 mg/l, un máximo de 110 mg/l, con un promedio de 56 mg/l y una mediana de 67 mg/l.

La fluctuación espacial de los STV muestra homogeneidad de concentración en todo el curso principal del río Cuareim. Los promedios no presentan importantes variantes en las siete estaciones monitoreadas.

4.1.2.3.4. Sólidos Suspendidos Totales (SST)

Los sólidos suspendidos totales se ubican en valores entre un mínimo de 9.2 mg/l, un máximo de 50 mg/l, con un promedio de 12.8 mg/l y una mediana de 13 mg/l. Estos datos no se apartan de los históricamente registrados.

4.1.2.4. Metales

Zinc

Durante el año monitoreado, la mayoría de los análisis de Zn no superan el estándar fijado en el decreto 253 ($\leq 30\mu\text{g/l}$), resultando todos los datos obtenidos menores al límite de detección <LD.

Plomo

Durante el año monitoreado, la mayoría de los análisis de Pb no superan el estándar fijado en el decreto 253 ($\leq 3\mu\text{g/l}$), solo los datos de noviembre superan el decreto con valores de $9\mu\text{g/l}$, por lo que se deberá prestar atención en futuros reportes.

Cromo Total

Durante el año monitoreado, los análisis de CrT no superan el estándar fijado en el decreto 253 ($\leq 10\mu\text{g/l}$), resultando alguno de los datos obtenidos menores al límite de detección <LD y otros <LC.

4.1.2.5 Aluminio

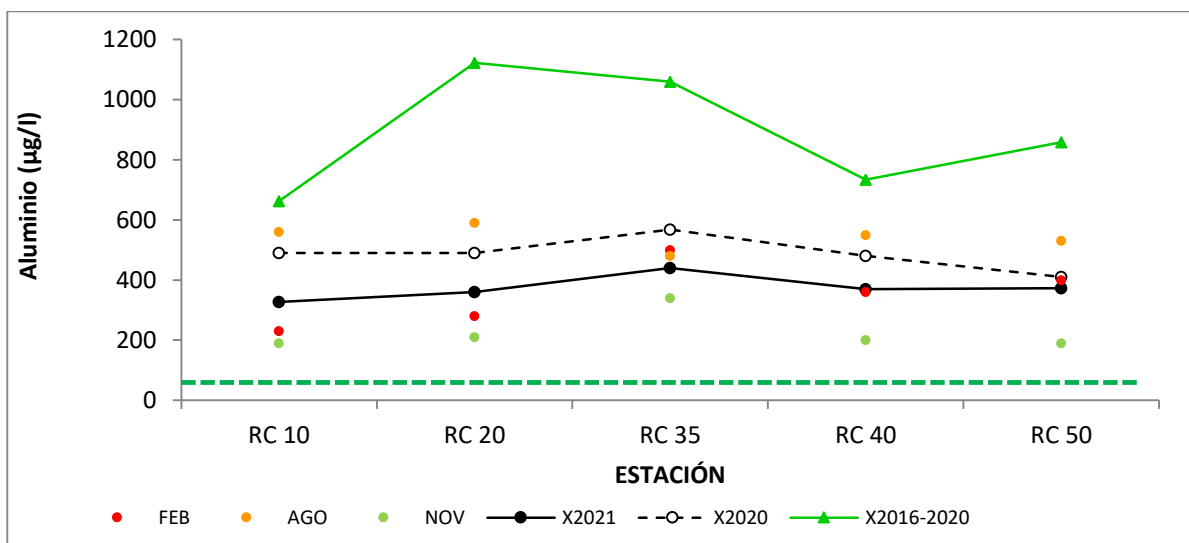


Fig. 18. Comparación de la distribución espacial del Al entre los años 2020 - 2021 y el periodo 2016-2020. La línea verde punteada, marca el estándar fijado en el Gesta Agua.

Si bien el promedio 2021 se muestra inferior en los puntos monitoreados en comparación con los años anteriores, esta variable supera ampliamente lo establecido en la propuesta de modificación del decreto 253/79 (Gesta Agua), que indica para Al 50 $\mu\text{g/l}$.

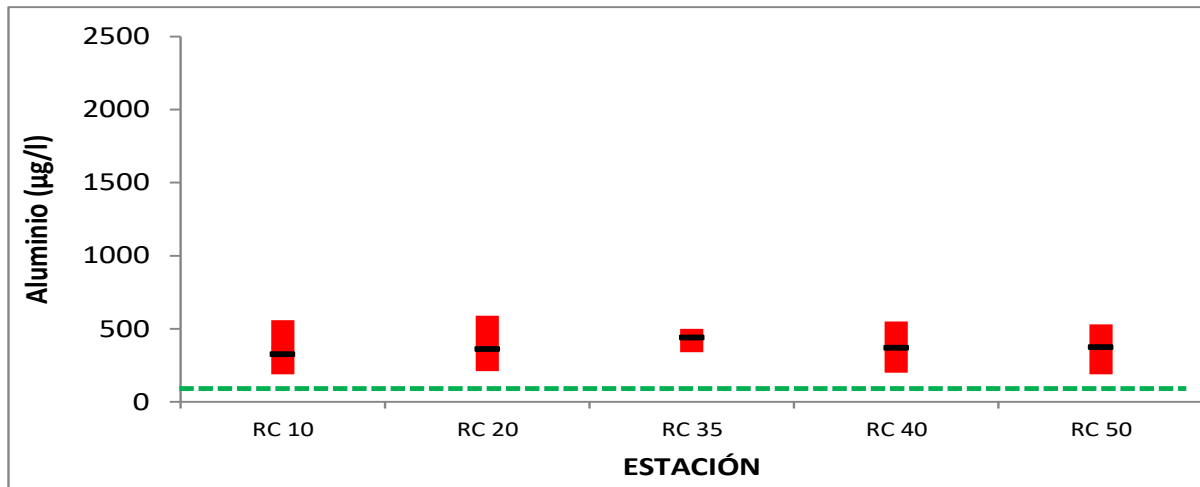


Fig. 19. Variación espacial del Al (rango y promedio) para el periodo de estudio de 2021.

En negro: promedios anuales por estación, en rojo: máximos y mínimos por estación. La línea verde punteada marca el estándar fijado en el Gesta Agua.

El río Cuareim presenta una concentración promedio de aluminio de 374 $\mu\text{g/l}$, con un máximo de 590 $\mu\text{g/l}$, un mínimo de 190 $\mu\text{g/l}$ y una mediana de 230 $\mu\text{g/l}$. El proyecto modificativo (Gesta-Agua), sugiere para el aluminio un valor máximo de 50 $\mu\text{g/l}$. Si bien se supera ampliamente esta cifra, los resultados obtenidos pueden deberse a una condición natural dada por la geología de la cuenca.

El aluminio es uno de los elementos metálicos más abundantes en la corteza terrestre. Es liberado al medio por procesos naturales, procesos de erosión del suelo, y por acciones antropogénicas como la minería (práctica común en la zona). Se están haciendo estudios complementarios en agua en la cuenca para descartar algún aporte puntual de aluminio en la zona, no habiéndose encontrado aún elementos que puedan apoyar o descartar estos aportes.

4.1.2.5.1 Sodio

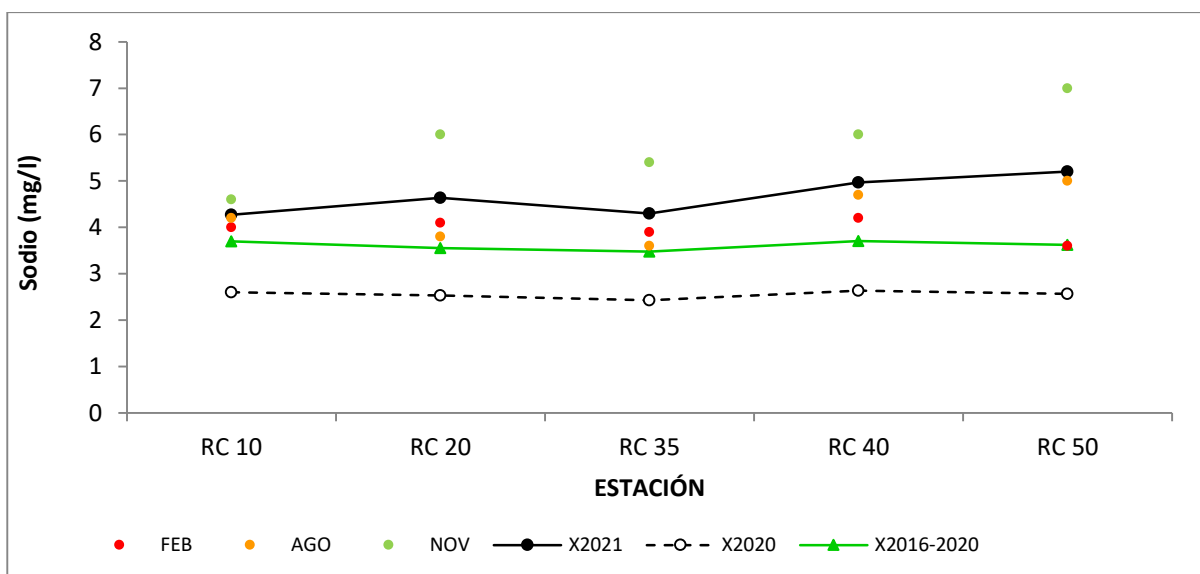
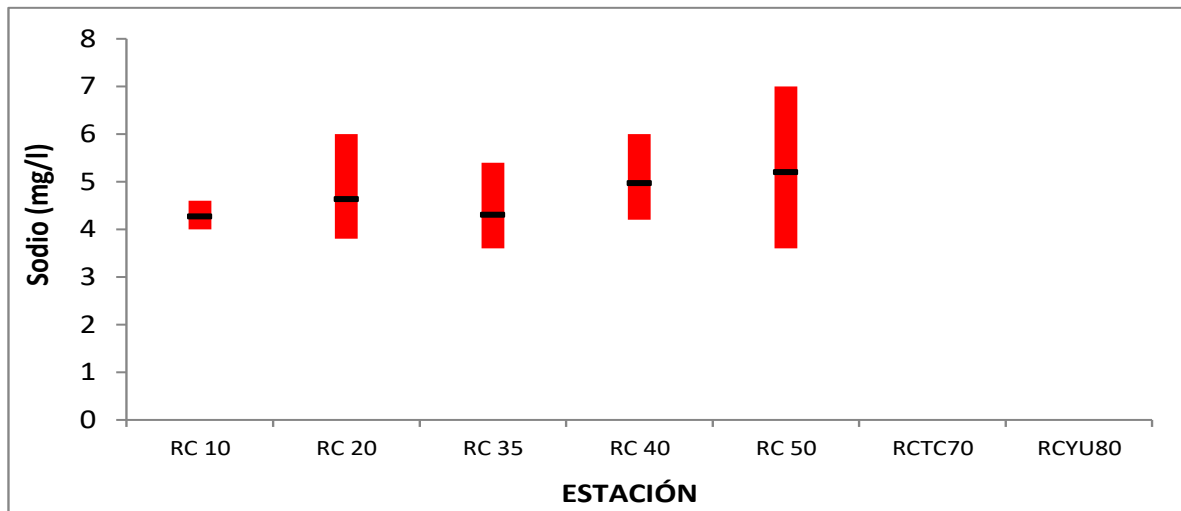


Fig. 20. Comparación de la distribución espacial del Na entre los años 2020 - 2021 el periodo 2016 - 2020

De la comparación entre los años monitoreados, se observa que en el año 2021 los promedios son superiores que en el periodo 2016-2020, manteniendo una tendencia similar en los años comparados.



Este ión presenta un valor máximo de 7.0 mg/l, un mínimo de 3.6 mg/l con un promedio de 4.67 mg/l y una mediana de 4.0 mg/l. Los valores de sodio son similares a los registrados históricamente, por lo que se considera que está dentro de lo esperado para dicha variable, que se comporta de igual manera que los años anteriores monitoreados.

4.1.2.6. Variables biológicas

4.1.2.6.1. Clorofila a

Para esta variable se registró una máxima de 6.0 µg/l, un mínimo de 1.0 µg/l. Considerando la totalidad de los datos, el promedio general es de 4.0 µg/l y la mediana de 4.7 µg/l. El río Cuareim no presenta inconvenientes en cuanto a valores de clorofila y no se han registrado floraciones a lo largo de los años monitoreados.

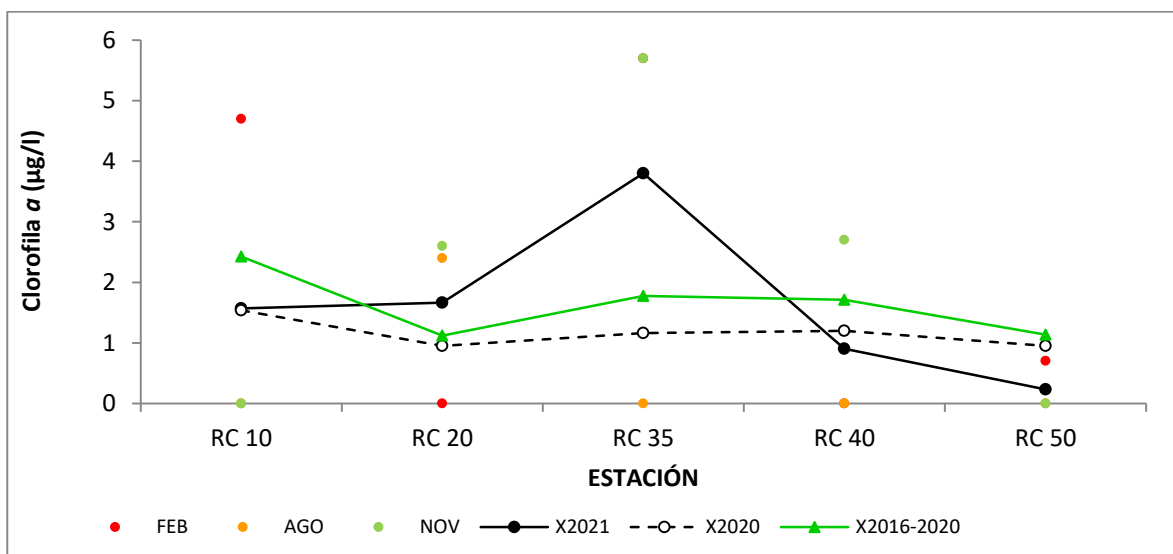


Fig. 22. Comparación de la distribución espacial de la Clorofila a entre los años 2020 - 2021 y el periodo 2016 - 2020

El comportamiento de esta variable es similar en los años en comparación. La Clorofila *a* no ha arrojado resultados de laboratorio altos en los años monitoreados.

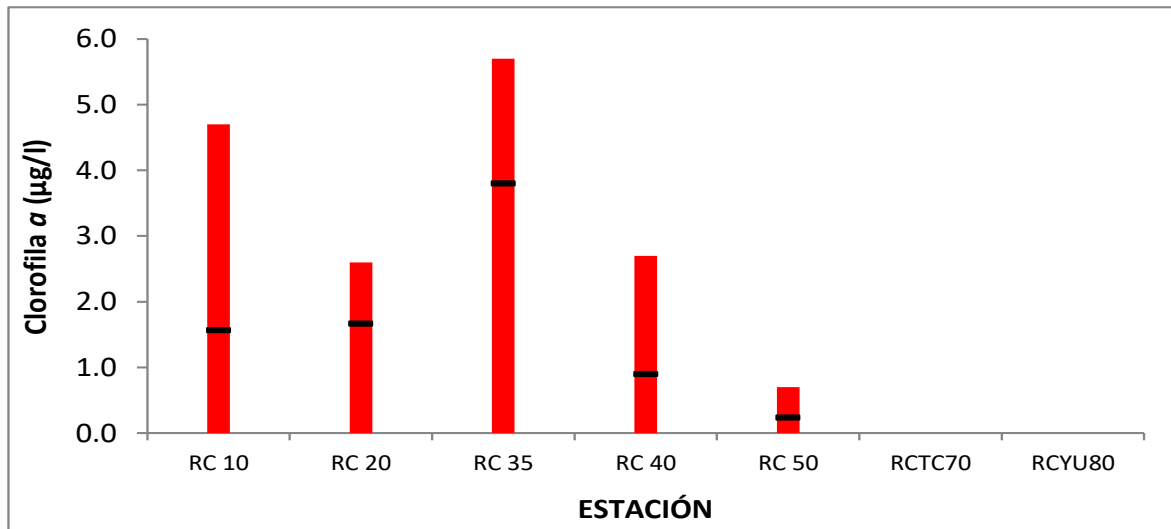


Fig. 23. Variación espacial de la Clorofila *a* (rango y promedio) para durante el año 2021. La línea verde punteada marca el estándar fijado en el Gesta Agua.

4.1.2.6.2. Feofitina a

Esta variable se encuentra dentro de lo esperado para los puntos monitoreados. La totalidad de los resultados obtenidos, se encuentran por debajo del límite de detección (<LD)

4.1.2.6.3. Coliformes Termotolerantes

Históricamente el río Cuareim refleja valores altos para esta variable. Para el año 2021 se registra un mínimo de 20 UFC/100ml, un máximo de 1800 UFC/100ml, un promedio de 253 UFC/100ml y una mediana de 65 UFC/100ml. Esta variable muestra resultados más elevados en las estaciones ubicadas frente a la ciudad (RC35) y aguas debajo de la misma (RC40 y RC50), por lo que es de esperar este tipo de resultados.

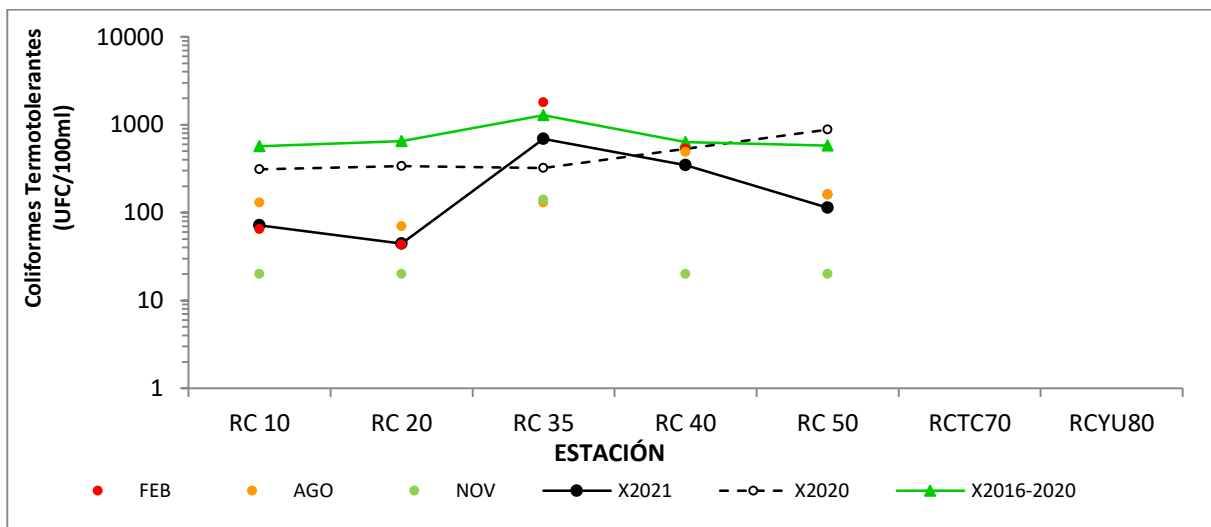


Fig. 24. Comparación de la distribución espacial de los Coliformes T a entre los años 2020-2021 y el periodo 2016-2020

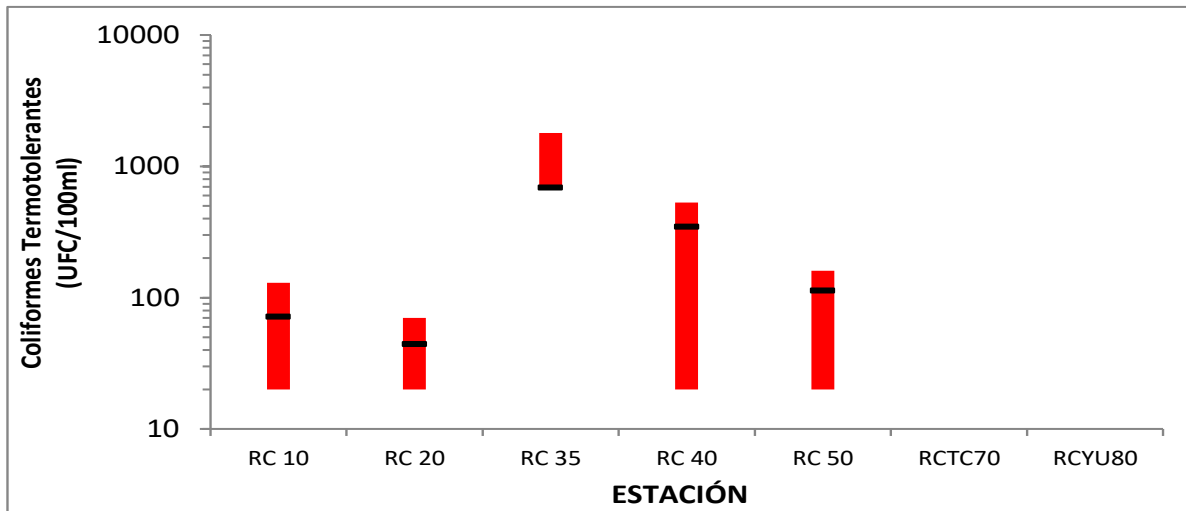


Fig. 25. Variación espacial de los Coliformes T (rango y promedio) para durante el año 2021. La línea verde punteada marca el estándar fijado en el Gesta Agua.

Si bien los aportes al río Cuareim pueden originarse de formas diferentes, por ejemplo a partir del ganado, los que producen mayor impacto son los aportes de la ciudad, lo que hacen a los resultados más elevados frente a la ciudad y aguas debajo de la misma.

4.1.2.7. Variables fisicoquímicas

4.1.2.7.1. Alcalinidad

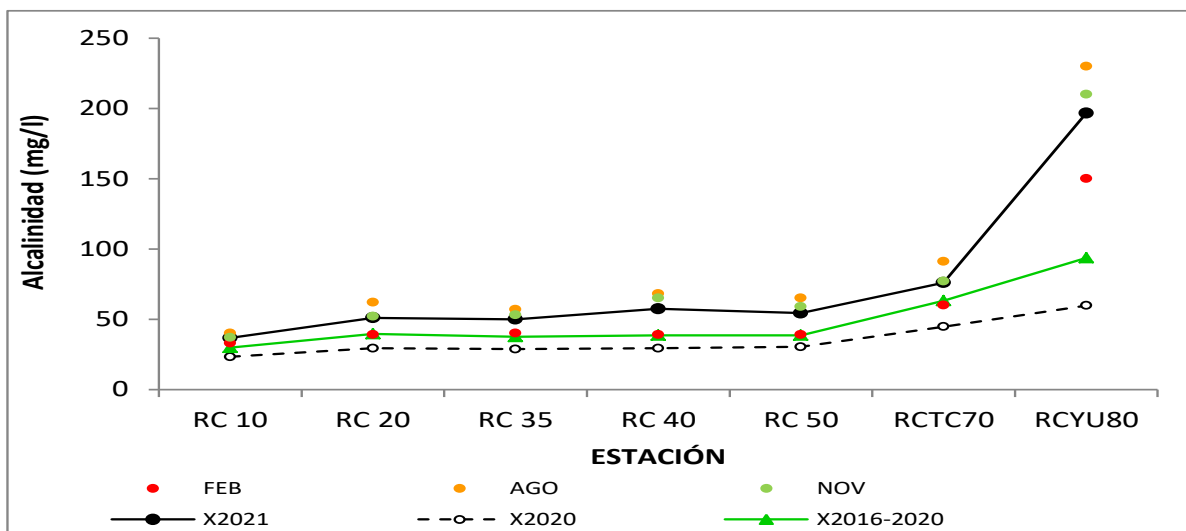


Fig. 26. Comparación de la distribución espacial de la Alcalinidad entre los años

La Alcalinidad se comporta dentro de lo esperado viendo la comparación con años anteriores. Se mantiene el alza en los resultados en los tributarios (RCTC70 y RCYU80) manteniendo así la tendencia en el tiempo.

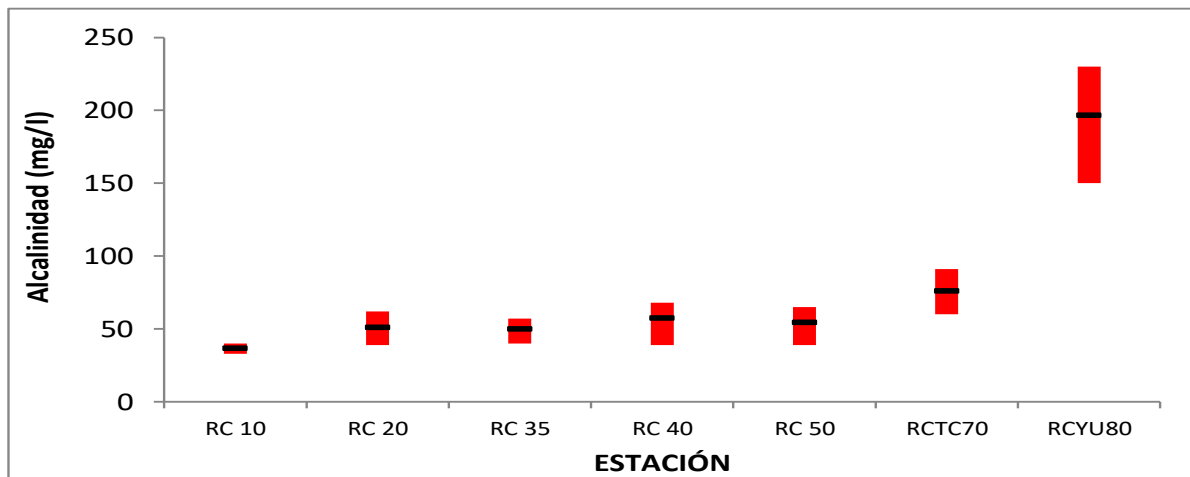


Fig. 27. Variación espacial de la Alcalinidad (rango y promedio) para durante el año 2021. La línea verde punteada marca el estándar fijado en el Gesta Agua.

La alcalinidad, por no producir efectos nocivos sobre la salud, no está contemplada en el decreto 253/79 ni sus modificativos. Sin embargo, la Secretaría de Salubridad y Asistencia de Colombia fija como máximo admisible una alcalinidad total de 400 mg/l CaCO_3 . Por su parte la EPA fija un valor de 20 mg/l para la vida acuática confortable, aunque acepta menores concentraciones en aguas naturales con menos alcalinidad. Para el año monitoreado se obtuvo una máxima de 230 mg/l CaCO_3 , una mínima de 33 mg/l CaCO_3 , un promedio de 74.6 mg/l CaCO_3 y una mediana de 121.5 mg/l (Fig 27).

4.1.2.8. Orgánicos

En el muestreo realizado en el mes de Noviembre, se extrajeron muestras para orgánicos (se realizan una vez al año), arrojando estos resultados por debajo de < LD (lista de orgánicos Fig3).

En el caso particular de los AOX el gesta-agua establece como objetivo de calidad <60 $\mu\text{g/l}$. Para el año monitoreado, de los 21 datos obtenidos, 14 son <LD y 7 van entre 17 $\mu\text{g/l}$ y 20 $\mu\text{g/l}$. Estos resultados se encuentran dentro de lo esperado y mantienen una tendencia con los históricamente obtenidos.

4.1.3. Índices de Calidad de Agua

Se describen los resultados obtenidos del cálculo del Índice de Estado Trófico (IET) y del índice de Calidad de Agua (IQA).

Cabe resaltar que, para este caso particular, la presentación de los índices es a título informativo y no debe ser considerado como la realidad estricta del curso de agua. De esta forma, los resultados mostrados sólo representan una tendencia, pero deben ser manejados con precaución.

4.1.3.1. Índice de Calidad de Agua (IQA)

El IQA muestra que durante 2021 la calidad del agua en el río Cuareim es **"Buena"** en casi la totalidad de los tramos monitoreados, salvo en el RC40 (aguas debajo de la ciudad de Artigas), que presenta una calidad **"MEDIA"**. En general el río Cuareim refleja una Calidad de Agua buena, en los años monitoreados.

Tabla VI. Resultado anual de la aplicación del IQA en las estaciones de monitoreo del río Cuareim en 2020.

RC 10	RC 20	RC 35	RC 40	RC 50	RCTC70	RCYU80
77	74	75	70	74	81	78

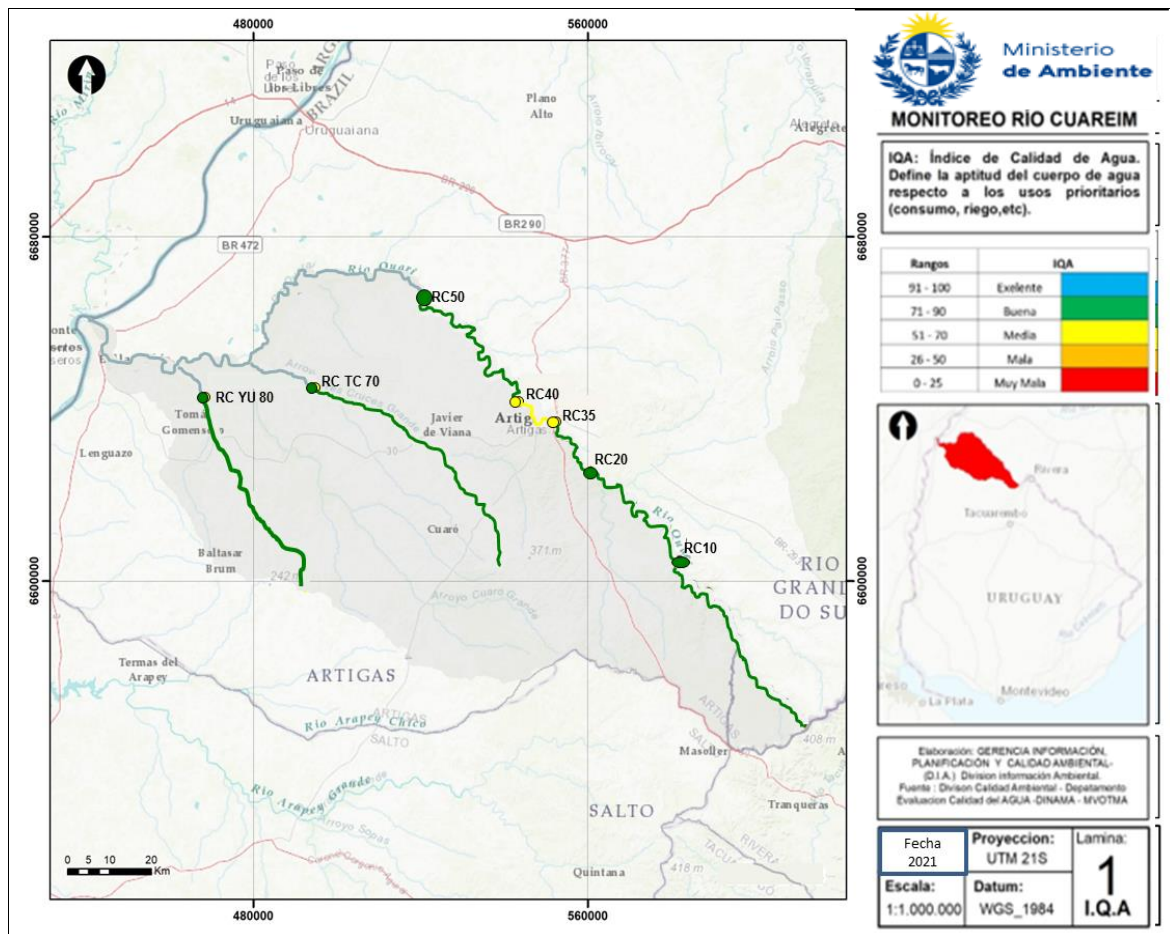


Fig. 28. Mapa de calidad de agua en base a la aplicación de índice de calidad de agua (IQA)

4.1.3.2. Índice de Estado Trófico (IET)

La aplicación del IET para las estaciones del río Cuareim durante 2021 muestra un río en situación **"Mesotrófico"** en la totalidad de las estaciones monitoreadas. Esta situación se repite en el año anterior monitoreado (Martínez 2020).

Tabla VII. Resultado anual de la aplicación del IET en las estaciones de monitoreo del río Cuareim en 2021.

RC 10	RC 20	RC 35	RC 40	RC 50	RCTC70	RCYU80
55	56	56	57	56	56	57

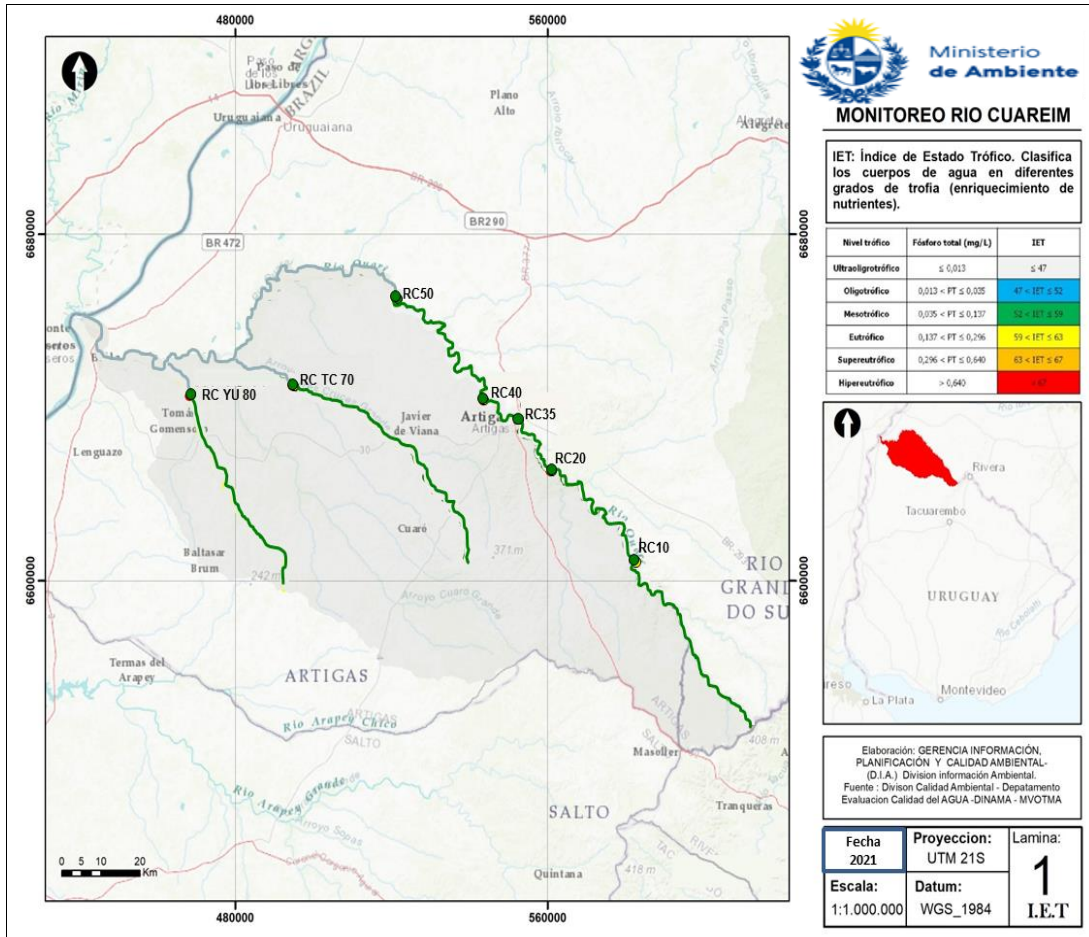


Fig 29. Mapa de calidad de agua en base a la aplicación de índice de estado trófico (IET)

5. SINTESIS

El río Cuareim presenta un régimen hidrológico muy variable, como consecuencia de la irregularidad de las lluvias que se producen en la cuenca, el elevado coeficiente de escurrimiento y el bajo poder de retención que poseen los suelos.

Generalmente, salvo algunas excepciones que fueran mencionadas en el cuerpo del informe, las variables monitoreadas cumplen con los estándares de calidad establecidos en el Decreto 253/79 y modificativos.

Además de los efluentes urbanos no se identifican otros aportes puntuales a lo largo del Río, pero se presume que son muchos los aportes difusos, considerando los usos del suelo en la cuenca.

Esta cuenca presenta una presión significativa en lo que refiere a la utilización del agua para riego, por lo cual es imprescindible mantener el monitoreo, ya que esto puede generar alteraciones significativas a su futura calidad.

Si bien esta segunda etapa del Plan de monitoreo, llevada a cabo desde la finalización del Programa Twinlatin, ha contribuido a incrementar el conocimiento sobre el estado de calidad de las aguas de este recurso compartido, aún queda mucho por investigar. Se entiende necesario reformular las actividades de campo, es decir:

- Obtener datos de precipitaciones en la cuenca.
- Releva información de calidad de agua obtenida por Brasil
- Obtener datos de caudales a lo largo del curso

6. Bibliografía

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21st edition, 2005". American Public Health Association, American Water Works Association, and Water Environment Federation, USA.

DINAMA – Laboratorio Ambiental. 2009. Manual de Procedimientos Analíticos para Muestras Ambientales. 2da Edición.

García, C.; A. Cendón; J. Martínez y G. Yorda. 2008. Proyecto Twinlatin: Río Cuareim, Uruguay. Informe Técnico DINAMA.

GEMS/Agua. 1994. Guía operativa. 3ª Edición. PNUD-OMS-UNESCO-OMM. GESTA Agua, 2008. Borrador de trabajo GESTA Agua. Propuesta de modificación del Decreto 253/979 y modificativos. Manuscrito: 1-19

Gussoni, J. 2009. Río Cuareim. Primer encuentro de Organismos de Cuenca de America Latina y el Caribe. Foz do Iguazu, Nov/2009.

LAMPARELLI, M. C., 2004. Grau de trofia em corpos d'água do estado de São Paulo: avaliação dos métodos de monitoramento. São Paulo: USP/ Departamento de Ecologia. Tese de doutorado, Universidade de São Paulo, 235 pp Praderi R. y J. Vivo. 1970. Ríos y Lagunas. Colección nuestra tierra N° 36.

Quintans, F. 2015. Propuesta de aplicación de índices de calidad de agua para la Cuenca del Santa Lucía. Informe de consultoría. Proyecto PNUD URU/14/001. DINAMA-DCA: 1-29

Martínez, J. 2020. Río Cuareim, Uruguay. Informe Técnico DINAMA.

Uruguay. 1979. Decreto 253/79 y modificativos. Normas para prevenir la contaminación ambiental mediante el control de la contaminación de aguas.

Secretaría de Salubridad y Asistencia de Colombia fija como máximo admisible una alcalinidad total de 400 mg/l CaCO₃

Mesa Técnica del agua (MTA). Establecimiento de niveles guía de indicadores de estado trófico en cuerpos de agua superficiales.

