



**MVOTMA**

Ministerio de Vivienda  
Ordenamiento Territorial  
y Medio Ambiente

## **PLAN DE MONITOREO DEL RÍO CUAREIM**

### **Informe de actividades y presentación de resultados**

### **Año 2018**



**Junio, 2019**

# **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**

Javier Martinez

Guillermo Cervetto

Mario Acosta

## **Análisis de Laboratorio: División Laboratorio Ambiental DINAMA**

Jefa Laboratorio: Natalia Barboza

## **Personal responsable del Análisis de la Información**

Javier Martinez

Guillermo Cervetto

Junio 2019

## INDICE

---

1. INTRODUCCIÓN .....	1
2. OBJETIVOS.....	2
2.1. Objetivo del Reporte .....	2
3. ASPECTOS METODOLOGICOS.....	2
3.1. Plan de trabajo.....	2
3.2. Frecuencia de muestreo .....	2
3.3. Sitios de muestreo .....	2
3.4. Variables Monitoreadas .....	5
3.5. Actividades .....	6
3.6. Tratamiento de los datos.....	6
4. RESULTADOS .....	7
4.1. Calidad de agua.....	7
4.1.1. Comparación con estándares de calidad .....	7
4.1.2. Análisis de variables en agua.....	9
4.1.2.1. Variables hidrológicas .....	9
4.1.2.1.1. Temperatura .....	9
4.1.2.1.2. Conductividad .....	10
4.1.2.1.3. Oxígeno Disuelto.....	11
4.1.2.1.4. pH .....	12
4.1.2.1.5. Turbiedad.....	13
4.1.2.2. Nutrientes .....	14
4.1.2.2.1. NO <sub>2</sub> , NO <sub>3</sub> , NH <sub>4</sub> .....	14
4.1.2.2.2. Fósforo Total (Pt) .....	15
4.1.2.3. Sólidos .....	15
4.1.2.3.1. Sólidos Totales (ST).....	15
4.1.2.3.2. Sólidos Totales Fijos (STF) .....	15
4.1.2.3.3. Sólidos Totales Volátiles (STV) .....	15
4.1.2.4. Metales .....	16
4.1.2.5. Variables biológicas .....	21
4.1.2.5.1. Clorofila <i>a</i> .....	21
4.1.2.5.2. Feofitina <i>a</i> .....	22
4.1.2.5.3. Coliformes Termo.....	23
4.1.2.6. Variables fisicoquímicas.....	24
4.1.2.6.1. Alcalinidad.....	24
4.1.2.7. Agroquímicos .....	25
4.1.3. Índices de Calidad de Agua .....	25
4.1.3.1. IQA .....	25
4.1.3.2. Índice de Estado Trófico (IET).....	25
5. SÍNTESIS .....	26
6. Bibliografía.....	27
7. ANEXOS.....	28

## INDICE DE FIGURAS

---

<b>Fig. 1:</b> Cuenca del río Cuareim .....	1
<b>Fig. 2:</b> Río Cuareim y ubicación de las estaciones de muestreo.....	3
<b>Fig. 3:</b> Esquema de la cuenca del río Cuareim.....	8
<b>Fig. 4:</b> Representación esquemática de variables analizadas en el río Cuareim ..	8
<b>Fig. 5:</b> Fluctuaciones de la temperatura en la cuenca del río Cuareim. ....	9
<b>Fig. 6:</b> Variación espacial (izquierda) y temporal (derecha) de la temperatura (rango y promedio) para los 5 muestreos realizados durante el año 2018.....	9
<b>Fig. 7:</b> Fluctuaciones de la conductividad en la cuenca del río Cuareim.....	10
<b>Fig. 8:</b> Variación espacial (izquierda) y temporal (derecha) de la conductividad (rango y promedio) para los 5 muestreos realizados durante el año 2018.....	10
<b>Fig. 9:</b> Fluctuaciones del oxígeno disuelto en la cuenca del río Cuareim.....	11
<b>Fig. 10:</b> Variación espacial (izquierda) y temporal (derecha) del oxígeno disuelto (rango y promedio) para los 5 muestreos realizados durante el año 2018. ....	11
<b>Fig. 11:</b> Variación espacial y temporal del pH en la cuenca del río Cuareim durante 2018. ....	12
<b>Fig. 12:</b> Variación espacial (izquierda) y temporal (derecha) del pH (rango y promedio) para los 5 muestreos realizados durante el año 2018.....	12
<b>Fig. 13:</b> Variación espacial y temporal de la turbiedad en la cuenca del río Cuareim durante 2018. ....	13
<b>Fig. 14:</b> Variación espacial (izquierda) y temporal (derecha) de la turbidez (rango y promedio) para los 5 muestreos realizados durante el año 2018. ....	14
<b>Fig. 15:</b> Variación espacial y temporal del Pt en la cuenca del río Cuareim durante 2018. ....	14
<b>Fig. 16:</b> Variación espacial (izquierda) y temporal (derecha) del fósforo total (rango y promedio) para los 5 muestreos realizados durante el año 2018. ....	15
<b>Fig. 17:</b> Variación espacial y temporal del Zn en la cuenca del río Cuareim durante 2018. ....	16
<b>Fig. 18:</b> Variación espacial (izquierda) y temporal (derecha) del Zn (rango y promedio) para los 5 muestreos realizados durante el año 2018. ....	16
<b>Fig. 19:</b> Variación espacial y temporal del Pb en la cuenca del río Cuareim durante 2018. ....	17
<b>Fig. 20:</b> Variación espacial (izquierda) y temporal (derecha) del Pb (rango y promedio) para los 5 muestreos realizados durante el año 2018. ....	17
<b>Fig. 21:</b> Variación espacial y temporal del Cr en la cuenca del río Cuareim durante 2018. ....	18
<b>Fig. 22:</b> Variación espacial (izquierda) y temporal (derecha) del Cr (rango y promedio) para los 5 muestreos realizados durante el año 2018.....	18
<b>Fig. 23:</b> Variación espacial y temporal del Al en la cuenca del río Cuareim durante 2018. ....	19
<b>Fig. 24:</b> Variación espacial (izquierda) y temporal (derecha) del Al (rango y promedio) para los 5 muestreos realizados durante el año 2018.....	19
<b>Fig. 25:</b> Variación espacial y temporal del Na en la cuenca del río Cuareim durante 2018. ....	20
<b>Fig. 26:</b> Variación espacial (izquierda) y temporal (derecha) del Na (rango y promedio) para los 5 muestreos realizados durante el año 2018.....	20
<b>Fig. 27:</b> Variación espacial y temporal de la Clorofila en la cuenca del río Cuareim durante 2018. ....	21
<b>Fig. 28:</b> Variación espacial (izquierda) y temporal (derecha) de la Clorofila (rango y promedio) para los 5 muestreos realizados durante el año 2018.....	21
<b>Fig. 29:</b> Variación espacial y temporal de la Feofitina en la cuenca del río Cuareim durante 2018. ....	22

<b>Fig. 30:</b> Variación espacial (izquierda) y temporal (derecha) de la Feofitina (rango y promedio) para los 5 muestreos realizados durante el año 2018. ....	<b>22</b>
<b>Fig. 31:</b> Variación espacial y temporal de los Coliformes Termo. en la cuenca del río Cuareim durante 2018. ....	<b>23</b>
<b>Fig. 32:</b> Variación espacial (izquierda) y temporal (derecha) de los Coliformes Termo. (rango y promedio) para los 5 muestreos realizados durante el año 2018. ....	<b>23</b>
<b>Fig. 33:</b> Variación espacial y temporal de la Alcalinidad en la cuenca del río Cuareim durante 2018. ....	<b>24</b>
<b>Fig. 34:</b> Variación espacial (izquierda) y temporal (derecha) de la Alcalinidad (rango y promedio) para los 5 muestreos realizados durante el año 2018. ....	<b>24</b>

## INDICE DE TABLAS

---

<b>Tabla I:</b> Identificación, ubicación y características de las estaciones de muestreo.....	<b>3</b>
<b>Tabla II:</b> Diferentes variables consideradas en el monitoreo del río Cuareim.....	<b>4</b>
<b>Tabla III:</b> Cálculos utilizados para representar los valores numéricos de los resultados yuxtapuestos a los límites de la técnica .....	<b>5</b>
<b>Tabla IV:</b> Resultado de la aplicación del IET en las estaciones de monitoreo del río Cuareim en 2018 y comparación con 2017 .....	<b>6</b>
<b>Tabla V:</b> Resultado de la aplicación del IQA en las estaciones de monitoreo del río Cuareim en 2018 y comparación con 2017 .....	<b>7</b>
<b>Tabla VI:</b> Resultado de la aplicación del IQA en las estaciones de monitoreo del río Cuareim en 2018 y comparación con 2017.....	<b>25</b>
<b>Tabla VII:</b> Resultado de la aplicación del IET en las estaciones de monitoreo del río Cuareim en 2018 y comparación con 2017.....	<b>25</b>

## INDICE DE ANEXOS

---

<b>Anexo 1:</b> Mapa de calidad de agua en base a la aplicación del índice de calidad IQA y tabla de variación mensual. ....	<b>28</b>
<b>Anexo 2:</b> Mapa de calidad de agua en base a la aplicación del índice de estado trófico (IET)(arriba) y tabla de variación mensual. ....	<b>29</b>

## 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

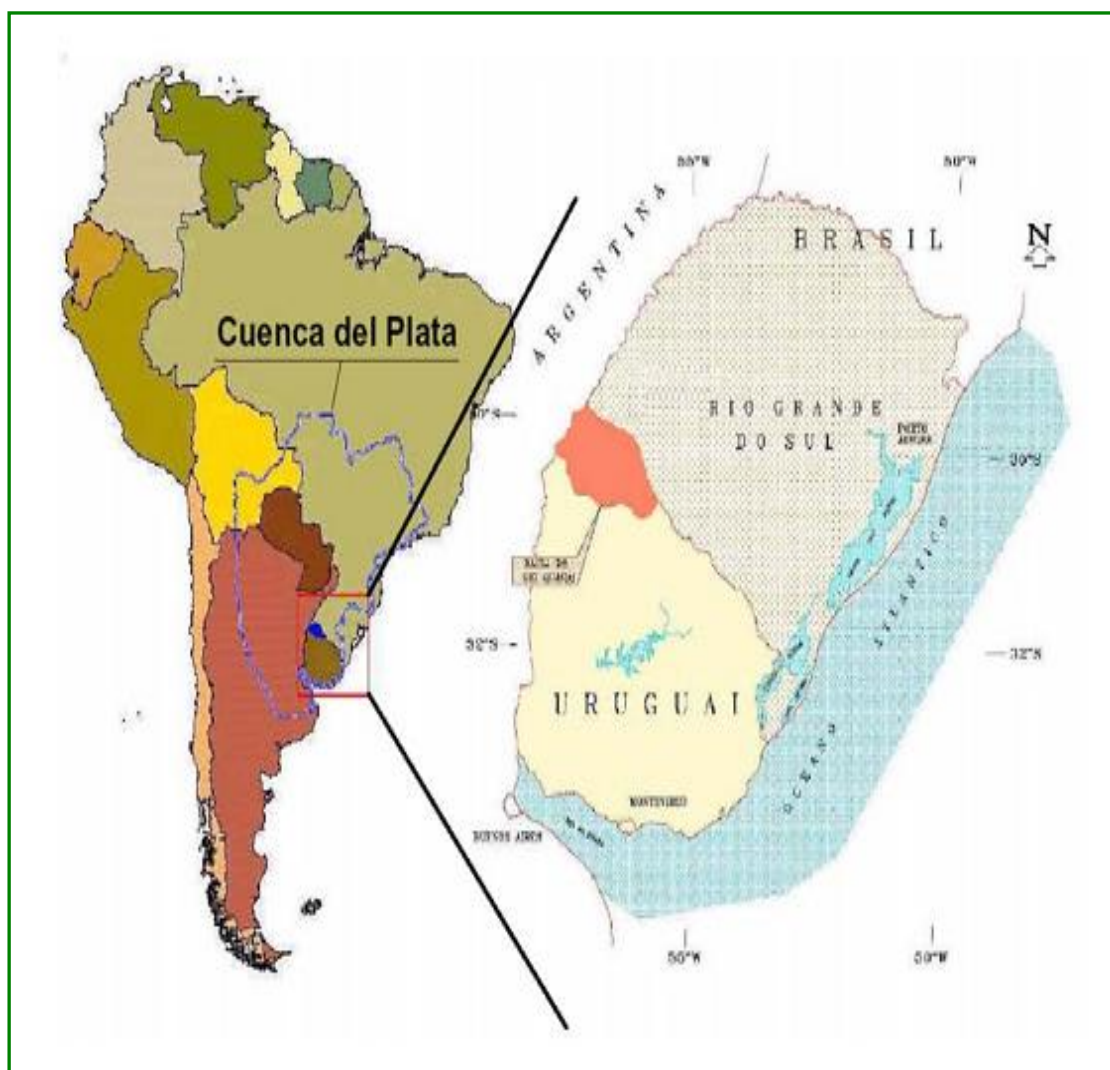


Figura 1: Ubicación de la hemicuenca del río Cuareim, como uno de los sistemas integrantes de la cuenca del Río de la Plata.

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 2018 y realizar una comparación primaria con los resultados del año precedente (Martinez, 2017).

## 3. ASPECTOS METODOLOGICOS

### 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 de 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 6 estaciones monitoreadas en el curso principal del río y 2 estaciones en los tributarios (los puntos en los tributarios fueron agregados al monitoreo a partir de marzo de 2014).

Cabe señalar que por un tema de accesibilidad el punto RC60 se dejó de monitorear a partir de octubre del 2017.



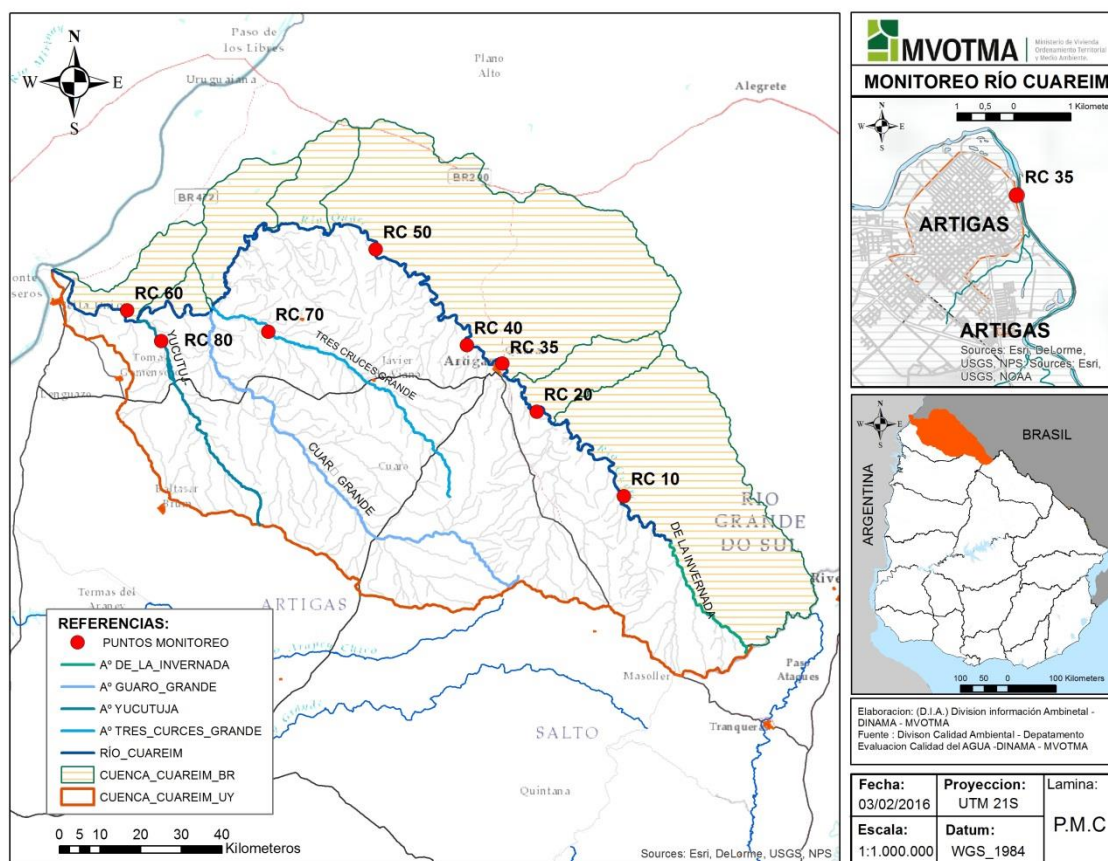


Fig. 2: Río Cuareim y ubicación de las estaciones de muestreo.

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 la tabla Se presentan las diferentes variables monitoreadas y en la figura 4 se presenta la totalidad de las mismas. Las variables que no son consideradas en el decreto 253/79 son contrastadas con los valores guía propuestos por GESTA Agua (2014)

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

Parámetro	Abreviatura	Unidad	Dec. 253/79	GESTA 2014	Otros*	Institución
Oxígeno Disuelto	OD	mg/l	≥ 5			DINAMA
Porcentaje de Saturación de oxígeno	% OD	%				DINAMA
Potencial de hidrógeno	pH	--	6,5 - 8,5			DINAMA
Conductividad	Cond	μS/cm				DINAMA
Temperatura	Tem	°C				DINAMA
Sólidos Suspendidos Totales	SST	mg/l				DINAMA
Sólidos Totales	ST	mg/l				DINAMA
Sólidos Totales Fijos	STF	mg/l				DINAMA
Sólidos totales Volátiles	STV	mg/l				DINAMA
Compuestos halogenados adsorbibles	AOX	μg/l			* < 25	DINAMA
Silicatos	SiO <sub>2</sub>	mg/l				
Alcalinidad	AlcT	mg/l				
Iones mayoritarios	Na	mg/l				
Metales	K	mg/l				
	Zn	mg/l	≤ 0,03			
	Pb	mg/l	≤ 0,003			
	Al	mg/l	≤ 0,05			
	Cr	mg/l	≤ 0,01			
	Ca	mg/l				
	Mg	mg/l				
Sulfuro	SO <sub>2</sub>	mg/l				
Nitratos	NO <sub>3</sub>	mg/l	≤ 10			
Nitritos	NO <sub>2</sub>	mg/l	≤ 0,1			
Nitrógeno amoniacal	NH <sub>4</sub>	mg/l				
Amonio libre	NH <sub>3</sub>	mg/l	≤ 0,02			
Nitrógeno Total	NT	mg/l				
Fósforo Total	PT	μg/l	≤ 25			
Fosforo Reactivo	PO <sub>4</sub>	μg/l				
Clorofila a	Clo a	μg/l				DINAMA
Feofitina a	Feo a	μg/l				DINAMA
Coliformes Totales	ColifTTM	UFC/100ml	≤ 2000			OSE
Endosulfan α y β	Endoα	μg/l	sumados	≤ 0,02		MGAP
Glifosato	Glifosato	μg/l		≤ 0,65		MGAP
Ácido amino-metil-fosfónico	AMPA	μg/l				MGAP
Atrazina	Atrazina	μg/l		≤ 1,8		MGAP
Clorpirifos	Clorpirifos	μg/l		< 0,035		MGAP
Aldrin	Aldrin	μg/l				MGAP
Dieldrin	Dieldrin	μg/l				MGAP
Lindano	Lindano	μg/l				MGAP
Heptacloro	Heptacloro	μg/l				MGAP
Metoxiclor	Metoxiclor	μg/l				MGAP
p,p DDD - p,p DDT - p,p DDE		μg/l				MGAP

### 3.5. Actividades

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos en 5 campañas (de 6 planificadas), que se realizaron entre febrero y diciembre de 2018. La campaña suspendida fue la del mes de julio y no se realizó por problemas logísticos no atribuibles a nuestra división.

### 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 3

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:

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

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 el 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:

$$10 * (6 - ((0.42 - 0.36 * (\ln(PT) \ln(2)))))) - 20$$

El IET presenta la escala de calidad del agua según la concentración de las variables que muestra la tabla IV. Entre todas, se seleccionó el fósforo total como la variable más explicativa.

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

Nivel trófico	Fósforo total (mg/L)	Clorofila <i>a</i> (µg/l)	DS (m)	IET
Ultraoligotrófico	≤ 0,013	≤ 0,74	≥ 2,4	≤ 47
Oligotrófico	0,013 < PT ≤ 0,035	0,74 < Cb- <i>a</i> ≤ 1,31	2,4 > S ≥ 1,7	47 < IET ≤ 52
Mesotrófico	0,035 < PT ≤ 0,137	1,31 < Cb- <i>a</i> ≤ 2,96	1,7 > S ≥ 1,1	52 < IET ≤ 59
Eutrófico	0,137 < PT ≤ 0,296	2,96 < Cb- <i>a</i> ≤ 4,70	1,1 > S ≥ 0,8	59 < IET ≤ 63
Supereutrófico	0,296 < PT ≤ 0,640	4,70 < Cb- <i>a</i> ≤ 7,46	0,8 > S ≥ 0,6	63 < IET ≤ 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 5).

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 presentaremos los resultados correspondientes a calidad del agua superficial obtenidos en el marco del *Plan de monitoreo del río Cuareim* durante el año 2018. Se dispone de datos provenientes de 5 muestreos de agua (de 6 planificados) para el período de estudio.

Los datos obtenidos se comparan con:

- Los estándares de calidad de agua.
- Los datos registrados durante los monitoreos de años precedentes (Martínez, 2017) , y algunas variables se comparan también con el periodo 2014-2017

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 compararán 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 km<sup>2</sup> y que a la fecha no han sido clasificados. Esta clasificación no obstará 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 <25 µg/l.

Para el caso particular de los coliformes termotolerantes, no se tomará como referencia el estándar del decreto 253/79. Esto se debe a que el tiempo transcurrido entre monitoreos (2 a 3 meses aproximadamente), es demasiado extenso, por lo que se optó por utilizar promedios.

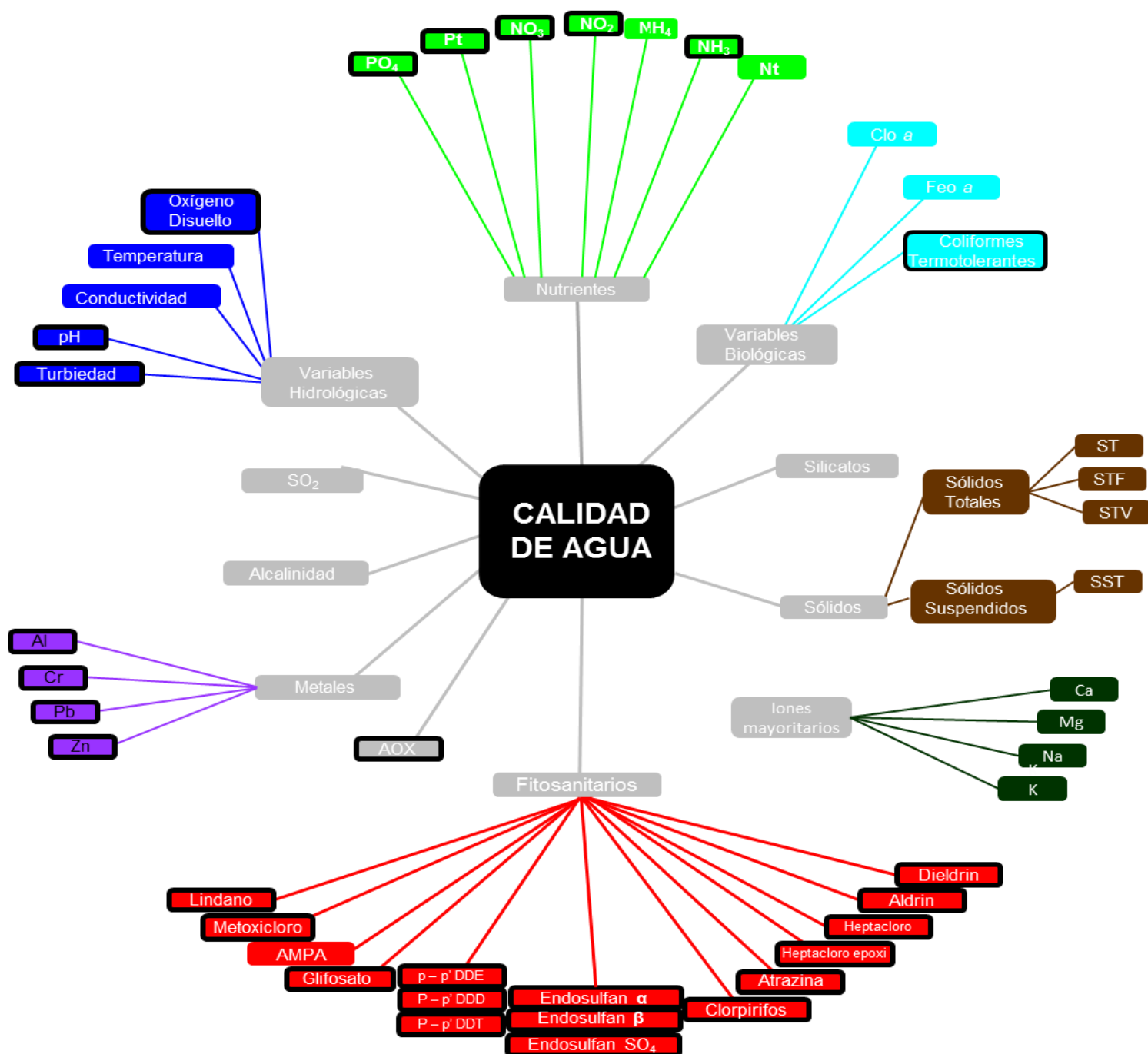


Fig. 3: Representación esquemática de variables analizadas en el río Cuareim. Con recuadro negro se marcan las variables con estándares contemplados en el Decreto 253 o modificativos.

#### 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 presentaron apartamientos notorios de los valores históricamente registrados (Martínez, 2017). Si observamos el comportamiento de la temperatura durante los años comparados, esta se comportó de manera homogénea.

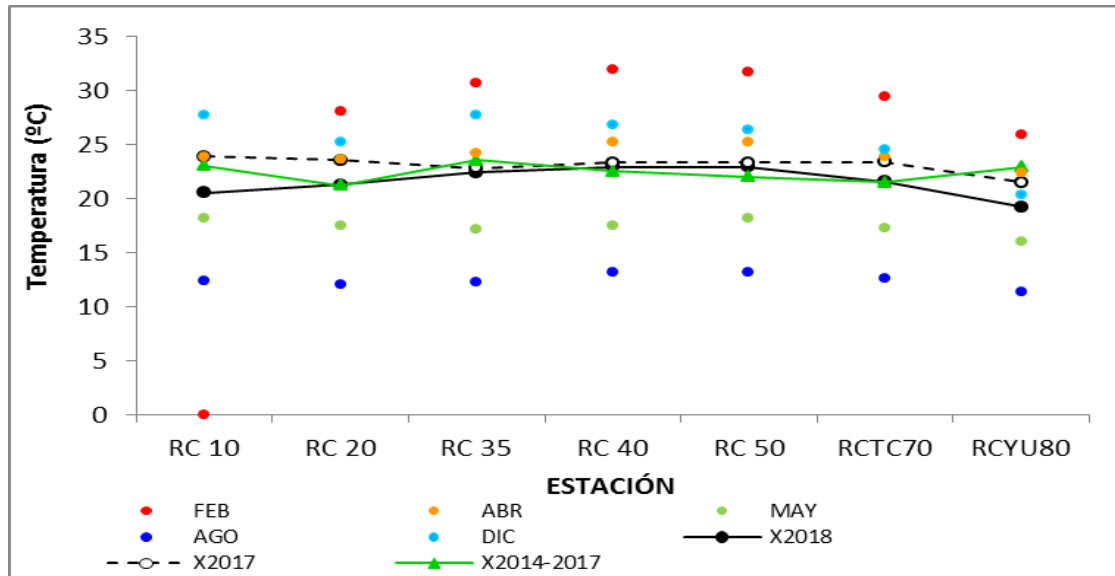


Fig.4. Comparación de la distribución espacial de la Temperatura entre los años 2017 - 2018 y el periodo 2014-2017

Como se aprecia en la figura la temperatura presenta una distribución homogénea entre las estaciones. Teniendo en cuenta todas las estaciones, el rango de variación de la temperatura va desde 31.9°C de máxima a 12.0°C de mínima, con un promedio total de 20.9°C y una mediana de 25.0°C.

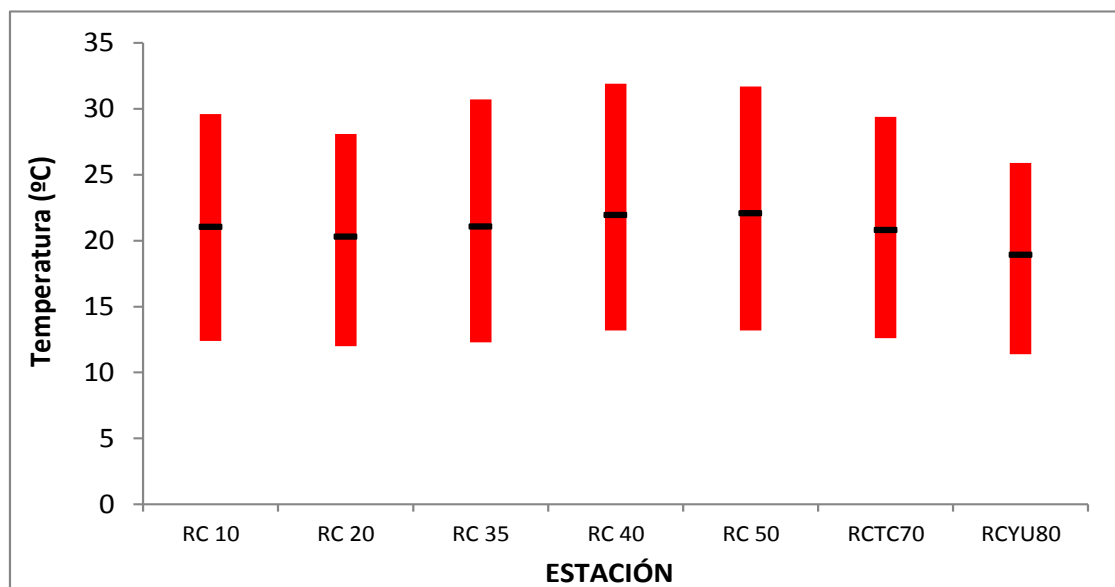


Fig.6. Distribución espacial de la Temperatura en el área de estudio  
En negro: promedios anuales por estación, en rojo: máximos y mínimos por estación

#### 4.1.2.1.2. Conductividad

Los valores de conductividad se comportaron de manera homogénea durante los años en comparación, manteniendo una leve tendencia al alza hacia el punto RCYU80.

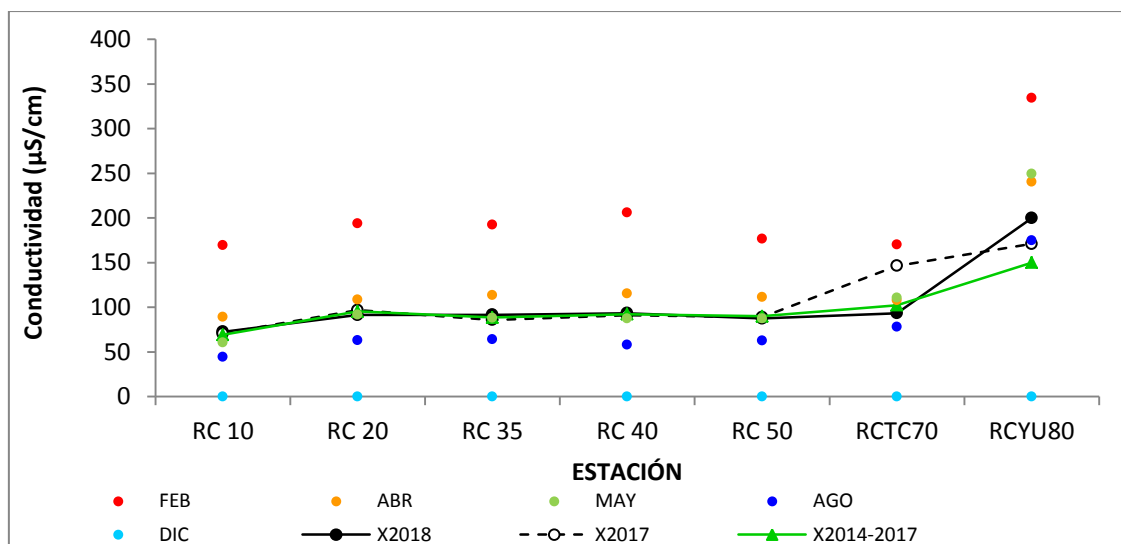


Fig. 7. Comparación de la distribución espacial de la Temperatura entre los años 2017 - 2018 y el periodo 2014-2017

En el área de estudio se registran valores medios de conductividad de  $138.0 \mu\text{S/cm}$ , con máximos y mínimos de  $334.4 \mu\text{S/cm}$  y  $44.4 \mu\text{S/cm}$  respectivamente y una mediana de  $172.0 \mu\text{S/cm}$ . Se aprecia un comportamiento similar en las estaciones monitoreadas, con un aumento en la RCYU80 durante el 2018. Este comportamiento es similar al del año anterior (Martínez 2017), salvo la estación RCTC70 la cual reflejaron resultados más bajos.

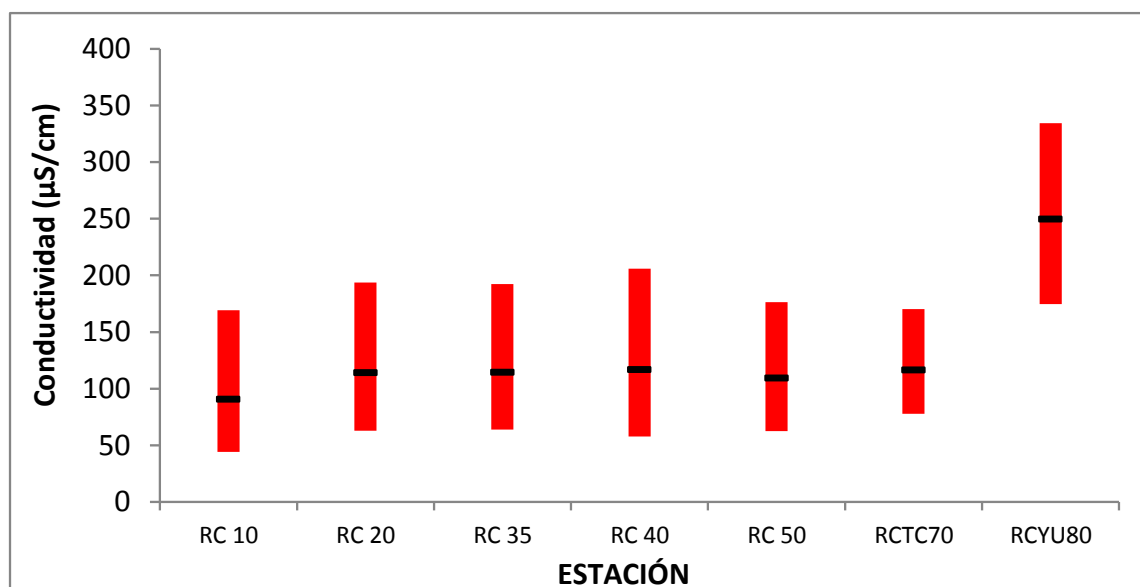


Fig.8. Distribución espacial de la Conductividad en el área de estudio  
En negro: promedios anuales por estación, en rojo: máximos y mínimos por estación



#### 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.

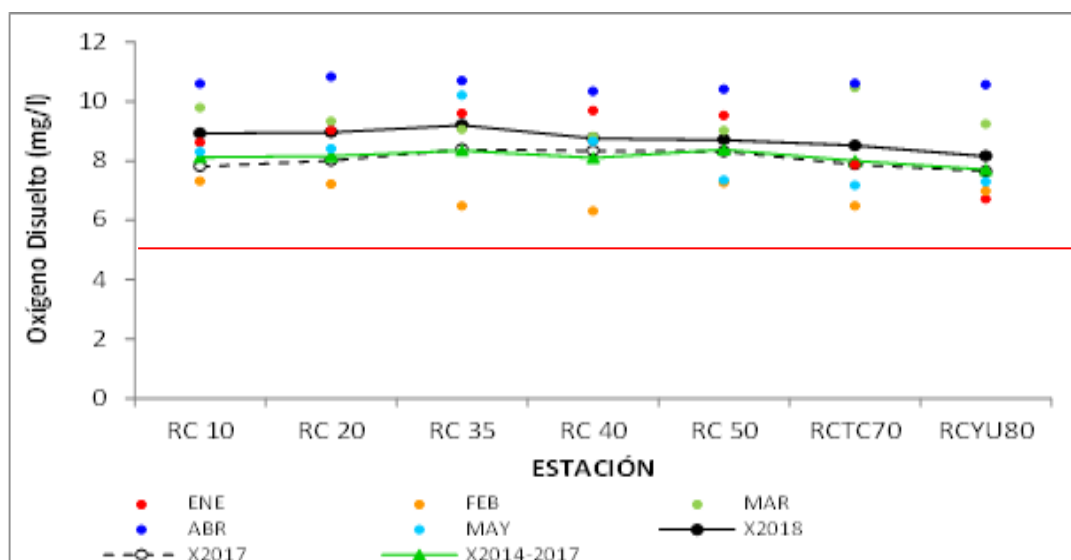


Fig. 9. Comparación de la distribución espacial de la Temperatura entre los años 2017 - 2018 y el periodo 2014-2017. La línea roja marca el estándar fijado en el decreto.

En el área de estudio presenta un valor promedio de 8.8 mg/l, con un máximo de 10.8 mg/l, un mínimo de 6.3 mg/l y una mediana de 9.6 mg/l. En cuanto al grado de cumplimiento del estándar establecido en el Decreto 253/79 y modif., 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. En cuanto a esta variable la calidad de agua en el río Cuareim es buena.

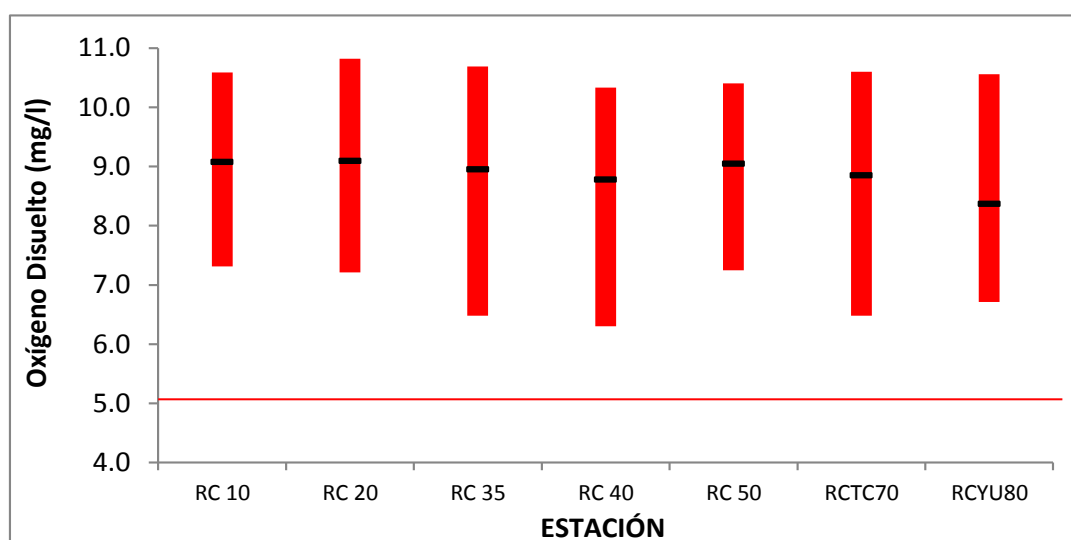


Fig.10. Distribución espacial de oxígeno disuelto en el área de estudio. En negro: promedios anuales por estación, en rojo: máximos y mínimos por estación. La línea roja marca el estándar fijado en el decreto 253.

#### 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.

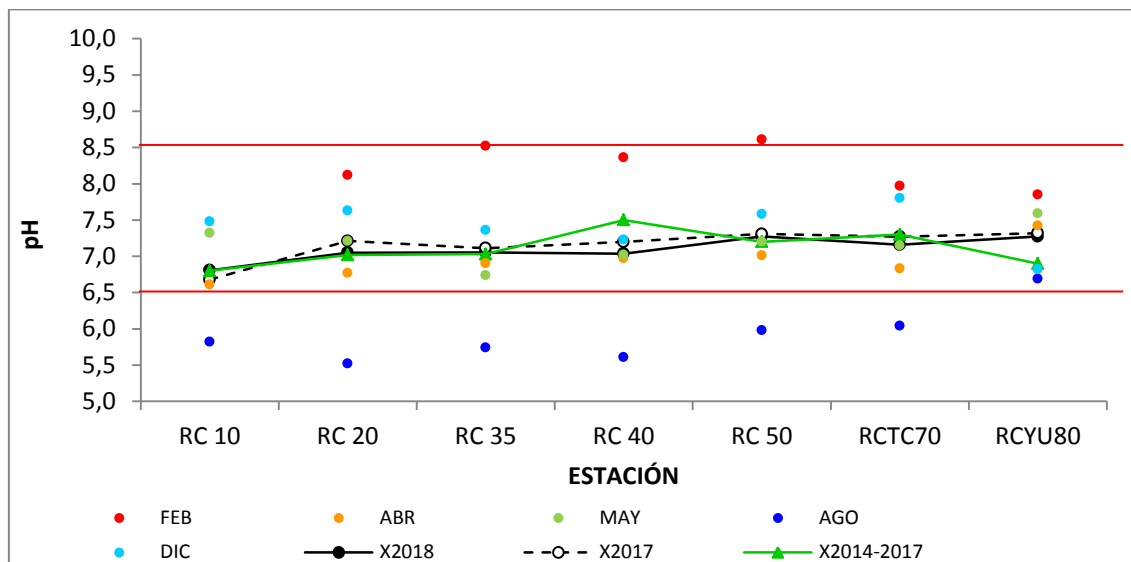


Fig. 11. Comparación de la distribución espacial de pH entre los años 2017 - 2018 y el periodo 2014-2017. La línea roja marca el estándar fijado en el decreto.

Los valores de pH cumplen en la mayoría de los casos con el estándar establecido en el Decreto 253/79 (6.5 y 8.5). El promedio registrado en la zona es de 7.1 con un máximo de 8.6 un mínimo de 5.5 y una mediana de 7.4 respectivamente.

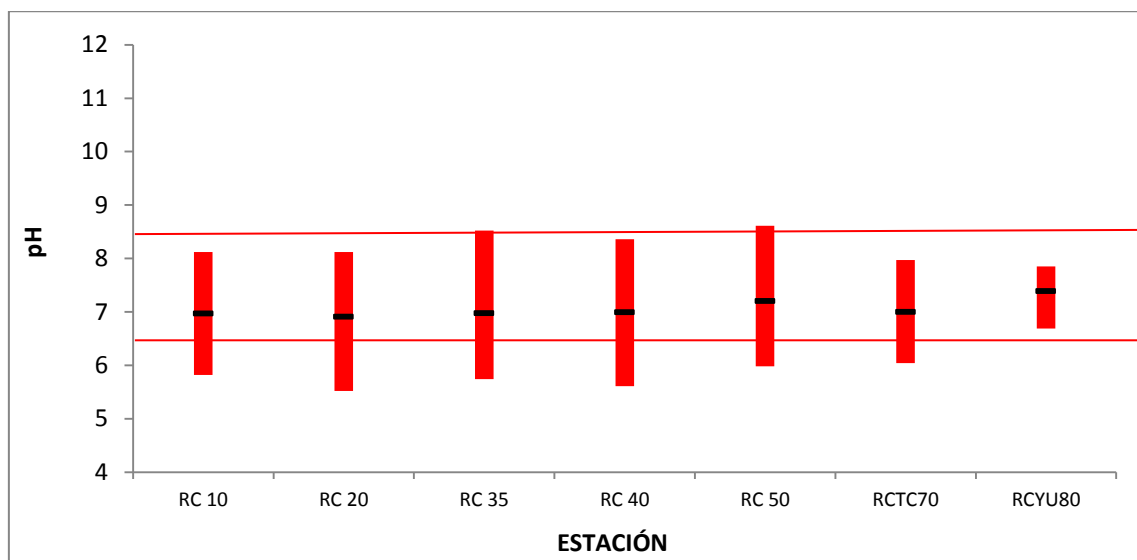


Fig. 12. Distribución espacial de pH en el área de estudio. En negro: promedios anuales por estación, en rojo: máximos y mínimos por estación. La línea roja marca el estándar fijado en el decreto 253.

#### 4.2.2.1.5. Turbiedad

El comportamiento de la turbiedad fue similar según refleja la comparación entre el año 2017 y el 2018. No tenemos datos para comparar con el periodo 2014-2017 por lo que dicho periodo no se encuentra en la gráfica de comparación. Los datos reflejados en la gráfica, se encuentran por debajo de lo establecido en el decreto 253.

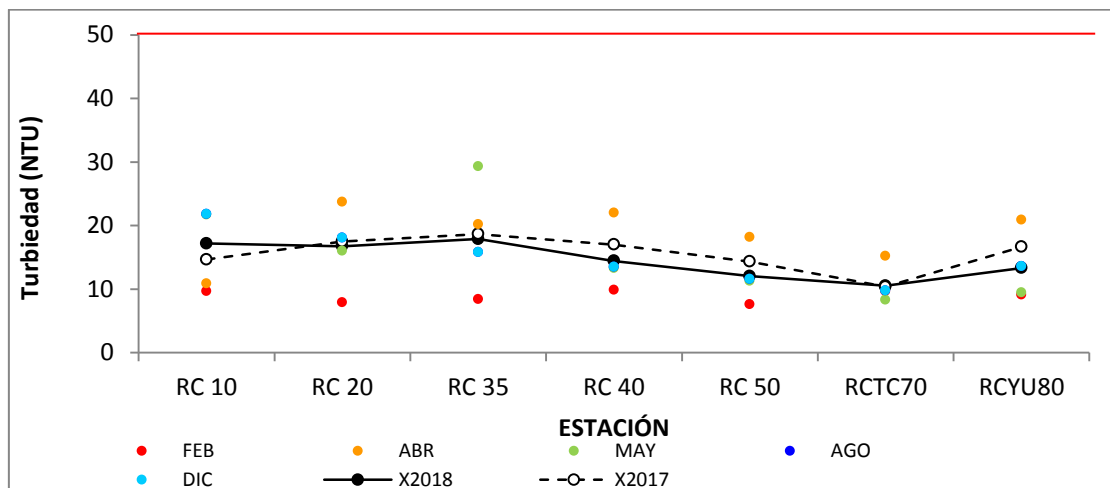


Fig. 13. Comparación de la distribución espacial de la Turbiedad entre los años 2017 – 2018. La línea roja marca el estándar fijado en el decreto.

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 29.3 NTU, un mínimo de 7.6 NTU, con un promedio de 14.9 y una mediana de 11.6 NTU. El 100 % de los valores se encuentran por debajo de dicho estándar

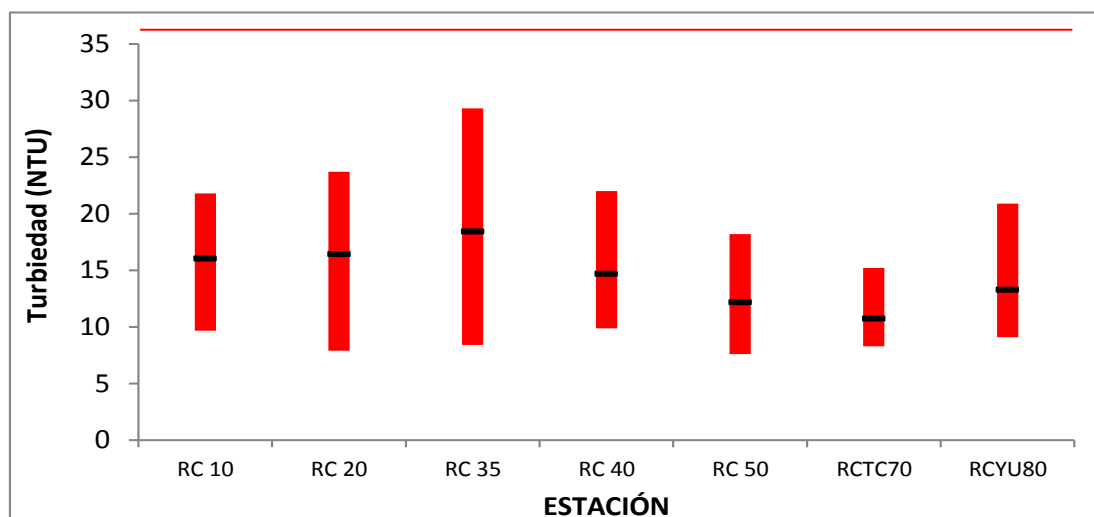


Fig.14. Distribución espacial de la turbiedad en el área de estudio  
En negro: promedios anuales por estación, en rojo: máximos y mínimos por estación. La línea roja marca el estándar fijado en el decreto 253.

#### 4.1.2.2. Nutrientes

##### 4.1.2.2.1. $\text{NO}_2$ , $\text{NO}_3$ , $\text{NH}_4$ , $\text{NH}_3$ , NT

Los valores de nitratos cumplen satisfactoriamente con el estándar establecido en el Decreto 253/79 (máximo de 10 mg/l), ya que todos los valores se encuentran por debajo del límite (fig. 2.19). Teniendo en cuenta todas las estaciones, el promedio es de 0.3 mg/l, el valor máximo es de 1.2 mg/l, el valor mínimo es de 0.02 mg/l y la mediana es de 0.1 mg/l.

Para los nitritos, teniendo en cuenta todas las estaciones, el promedio es de 0.007 mg/l, el valor máximo es de 0.058 mg/l, el valor mínimo es de 0.0015 mg/l y la mediana es de 0.004 mg/l (estándar establecido en el Decreto 253/79 máximo de <0.1 mg/l). Los valores registrados no superan el estándar de calidad

Los valores de amonio cumplen con lo esperado, resultando un máximo de 0,18 mg/l, un mínimo de 0.003 mg/l, un promedio de 2.9 mg/l y una mediana de 0.1 mg/l.

En cuanto al NT, el valor máximo fue de 5.9 mg/l, el mínimo de 0.4 mg/l, el promedio de 1.2 mg/l y la mediana de 0.9 mg/l. Esta variable se encuentra dentro de los registros históricos obtenidos (Martínez, 2017).

##### 4.1.2.2.3. Fósforo Total (PT)

Como puede apreciarse en la mayoría de los valores se supera el límite máximo admitido por la normativa 70.0 ug/l (GESTA 2014) y también lo establecido en el decreto 253/79 de 25.0 ug/l.

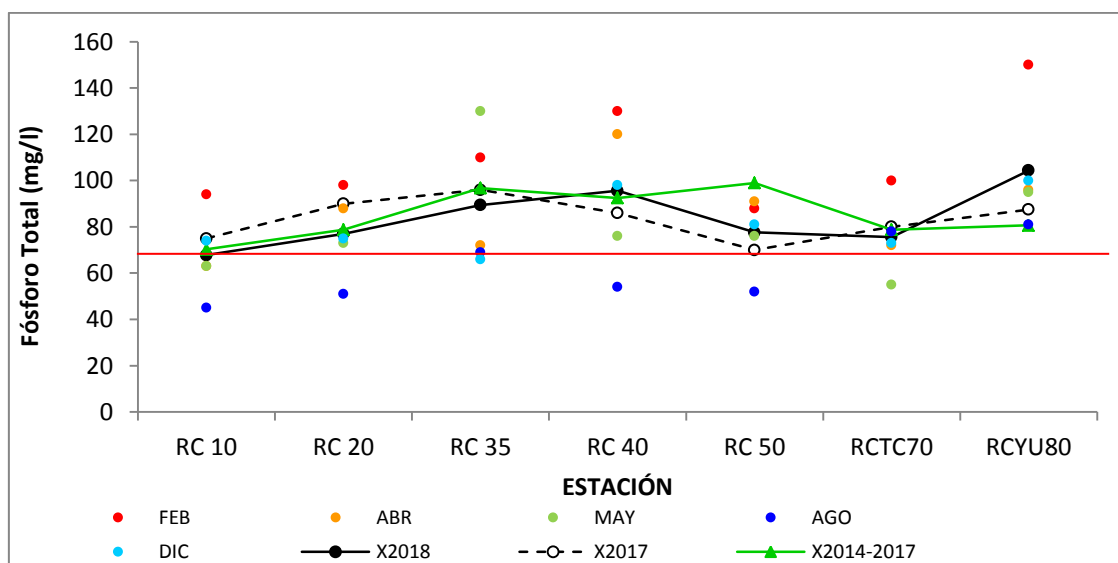


Fig.15. Comparación de la distribución espacial del PT entre los años 2017 - 2018 y el periodo 2014-2017. . La línea roja marca el estándar fijado en el Gesta Agua 2014.

El registro máximo fue de 150.0  $\mu\text{g/l}$ , el mínimo de 45.0  $\mu\text{g/l}$ , con un promedio de 85.4  $\mu\text{g/l}$  y una mediana de 87.2  $\mu\text{g/l}$ . 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 y modif, no es el adecuado para los cuerpos de agua del Uruguay.

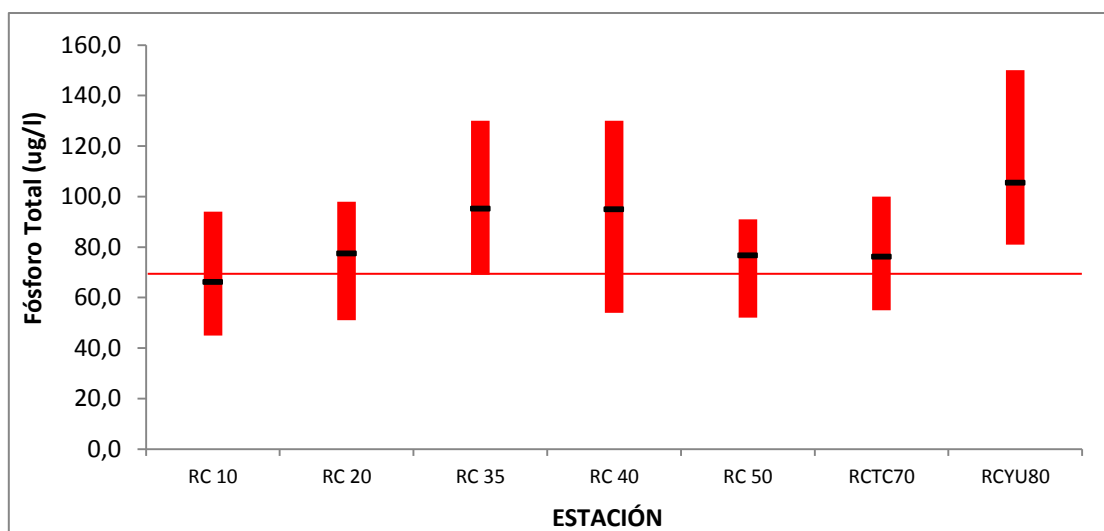


Fig.16. Distribución espacial de PT en el área de estudio

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

#### 4.1.2.3. Sólidos

##### 4.1.2.3.1. Sólidos Totales (ST)

Los sólidos totales se ubicaron en valores entre un mínimo de 100.0 mg/l y un máximo de 250.0 mg/l, con un promedio de 139.0 mg/l y una mediana de 150.0 mg/l. Si bien el comportamiento es homogéneo a lo largo del río Cuareim, hay un incremento en los promedios en los tributarios.

##### 4.1.2.3.2. Sólidos Totales Fijos (STF)

Los sólidos totales fijos fluctuaron entre un mínimo de 60.0 mg/l y un máximo de 150.0 mg/l, con un promedio de 116.0 y una mediana de 115.0 mg/l.

En cuanto a los STF, los promedios más altos se registran en los puntos cercanos a la ciudad, y el valor más alto en el tributario RCYU80

##### 4.1.2.3.3. Sólidos Totales Volátiles (STV)

Los sólidos totales volátiles fueron medidos en concentraciones ubicadas entre un mínimo de 40 mg/l y un máximo de 120.0 mg/l, con un promedio de 80.0 mg/l y una mediana de 40.0 mg/l.

La fluctuación espacial de los STV muestra homogeneidad de concentración en todo el curso principal del río Cuareim, los promedios son similares en las siete estaciones, observándose rangos de variación más amplios en los tributarios (RCTR70 y RCYU80)

#### 4.1.2.4. Metales

##### 4.1.2.4.1 Zinc

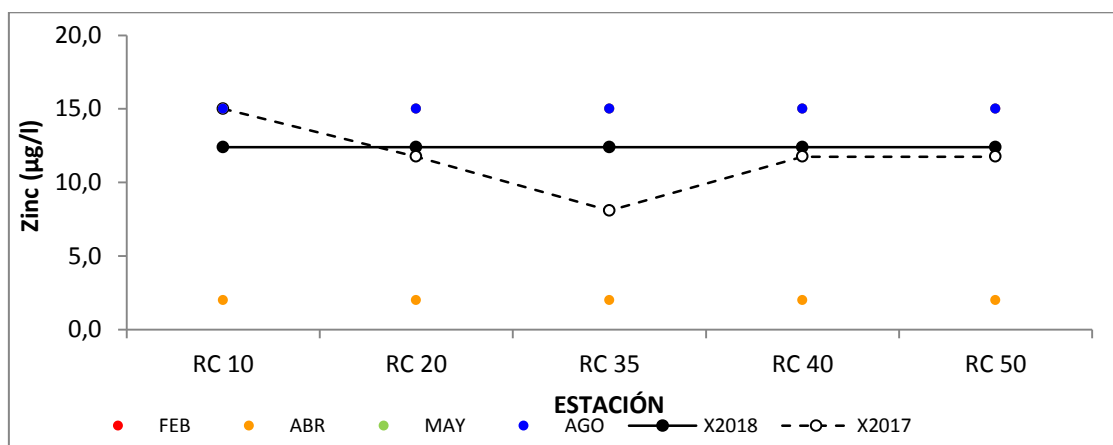


Fig.17. Comparación de la distribución espacial del Zn entre los años 2017 y 2018

La distribución espacial de las concentraciones de Zn en el Cuareim durante 2018 es homogénea en todos los puntos monitoreados y son similares a los obtenidos en el año en comparación (2017)

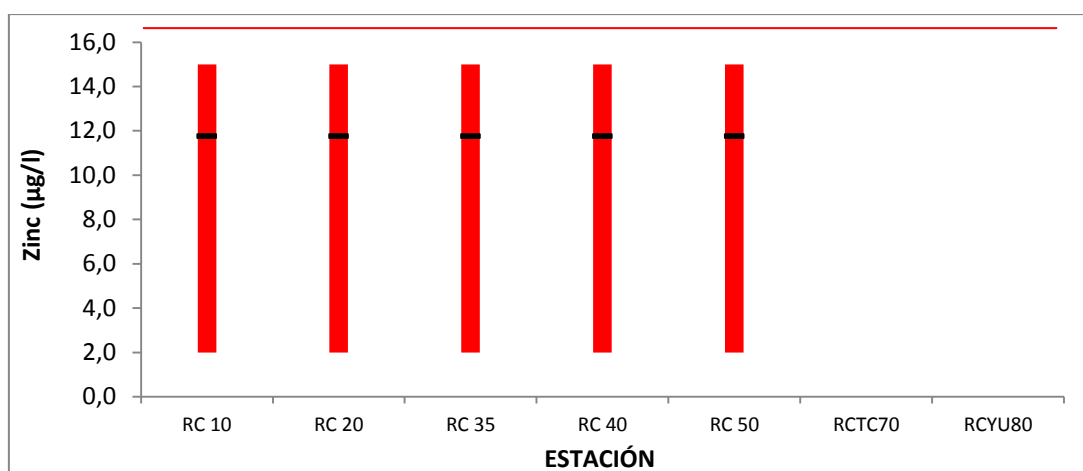


Fig.18. Distribución espacial de Zn en el área de estudio

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

Durante el año monitoreado los análisis de Zn, no superaron el estándar fijado en el decreto 253 ( $\geq 30$  µg/l), obteniendo un mínimo de 2.0 µg/l, un promedio de 12.0 µg/l, un máximo de 15.0 µg/l y una mediana de 15.0 µg/l.

## 4.1.2.4.2 Plomo

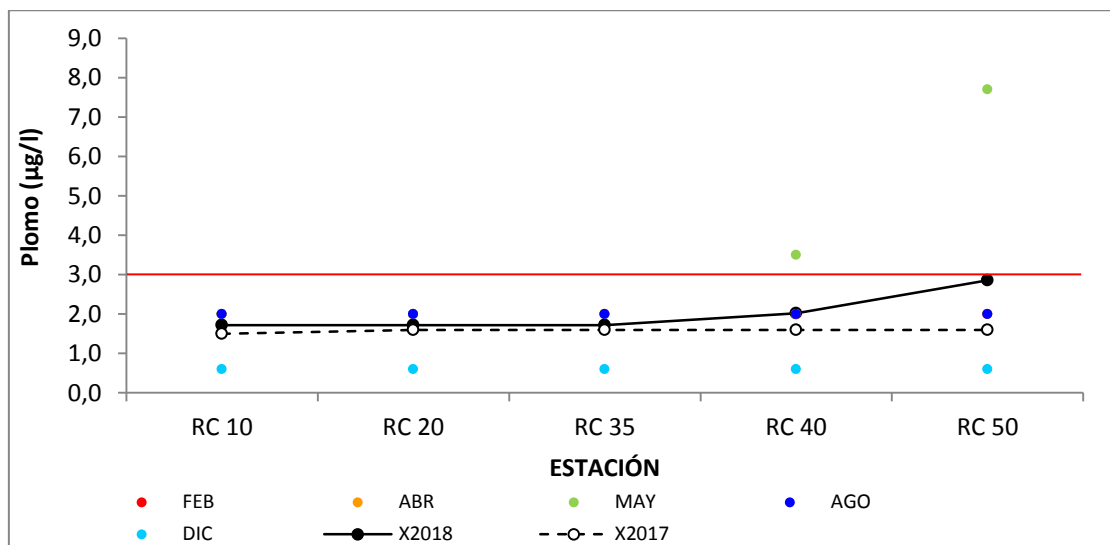


Fig. 19. Comparación de la distribución espacial del Pb entre los años 2017 y 2018. La línea roja marca el estándar fijado en el decreto 253.

La distribución del plomo en los puntos comparados durante los años 2017 y 2018 es homogénea, estando por debajo de lo que indica el valor estándar fijado en el decreto 253 ( $\geq 3 \mu\text{g/l}$ ),

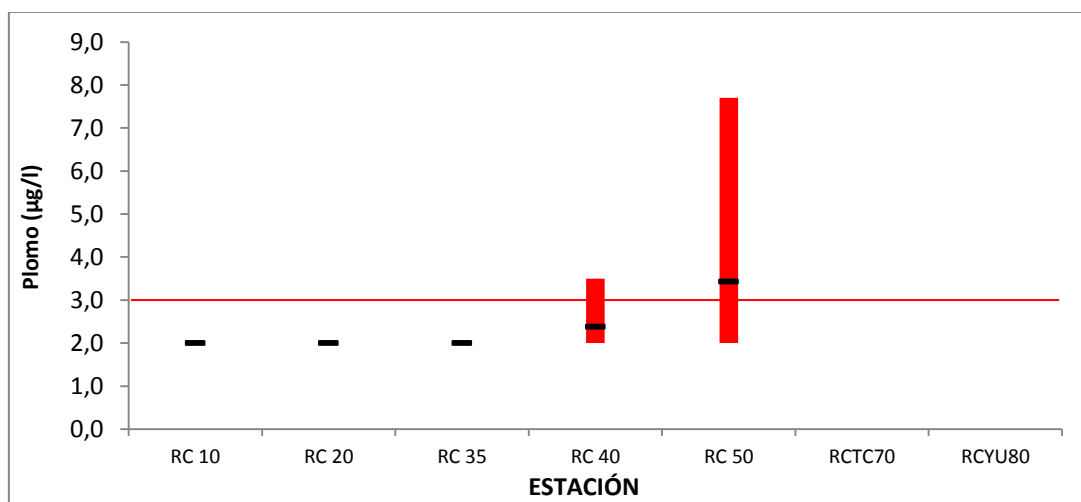


Fig. 20. Variación espacial del Pb (rango y promedio) para durante el año 2018. La línea roja marca el estándar fijado en el decreto 253.

Para esta variable, se registró una mínima de  $0.6 \mu\text{g/l}$ , un máximo de  $7.7 \mu\text{g/l}$ , un promedio de  $2.2 \mu\text{g/l}$ , y una mediana de  $2.0 \mu\text{g/l}$ , si bien hay datos que superan lo que marca el decreto, no es atribuible a ningún evento puntual, por lo que habrá que ver el comportamiento en futuros resultados.

#### 4.1.2.4.3 Cromo Total

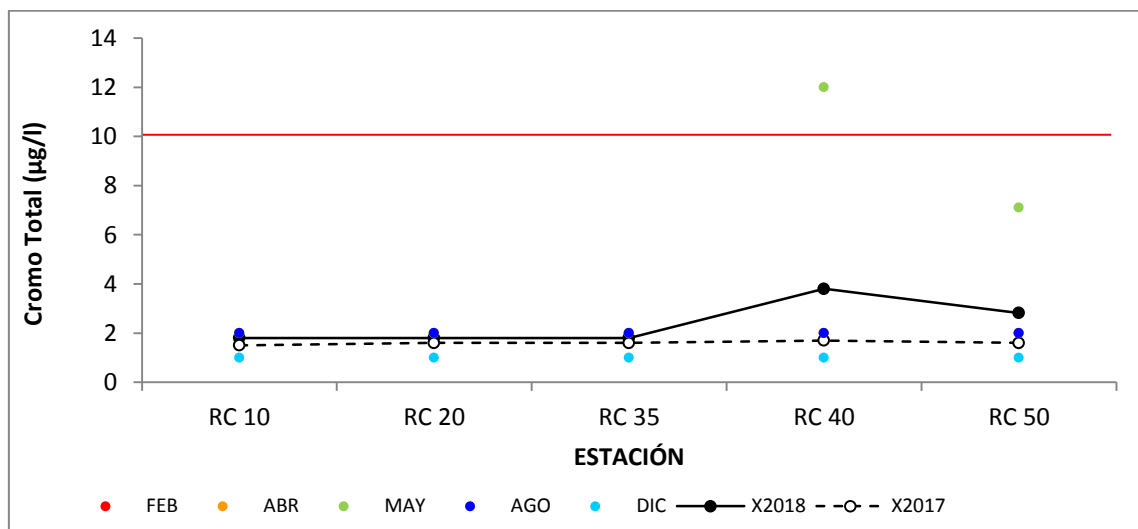


Fig.21. Comparación de la distribución espacial del CrT entre los años 2017 y 2018. La línea roja marca el estándar fijado en el decreto 253.

Como se observa en los años comparados esta variable no supera lo establecido en el decreto 253/79 (10  $\mu\text{g/l}$ ) en ninguno de los puntos monitoreados.

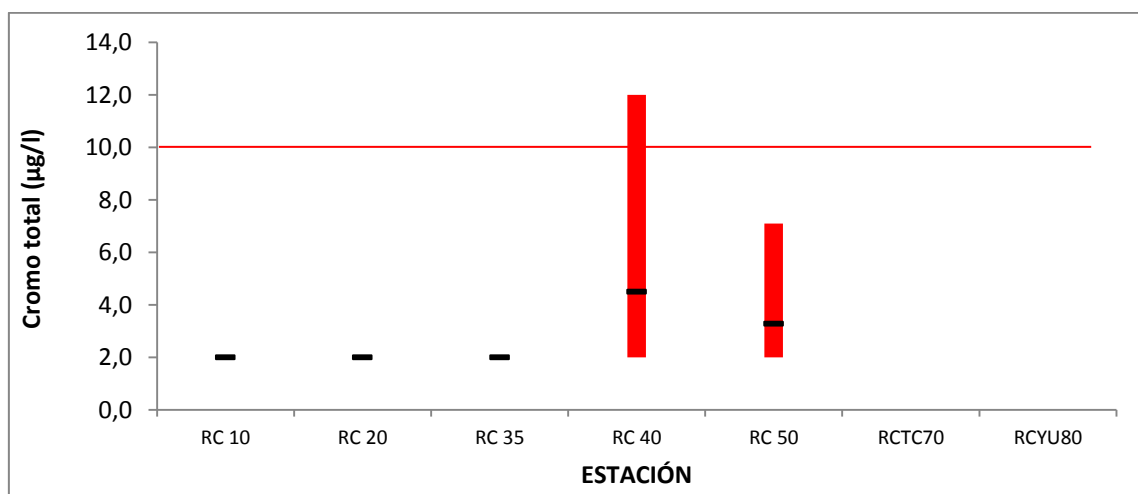


Fig.22. Variación espacial del CrT (rango y promedio) para durante el año 2018. La línea roja marca el estándar fijado en el decreto 253.

Si bien hay un dato puntual con un máximo de 12,0  $\mu\text{g/l}$ , un mínimo de 1,0  $\mu\text{g/l}$ , un promedio de 2,0  $\mu\text{g/l}$  y una mediana de 2,0  $\mu\text{g/l}$ , esta variable se comportó dentro de lo esperado, no superando lo establecido en el decreto en la mayoría de los puntos monitoreados. Si bien hay un valor puntual de 12  $\mu\text{g/l}$  en el punto RC40, aguas debajo de la ciudad de Artigas, este no es atribuible a ningún caso particular por lo que se estará atento a futuros resultados.



#### 4.1.2.4.4 Aluminio

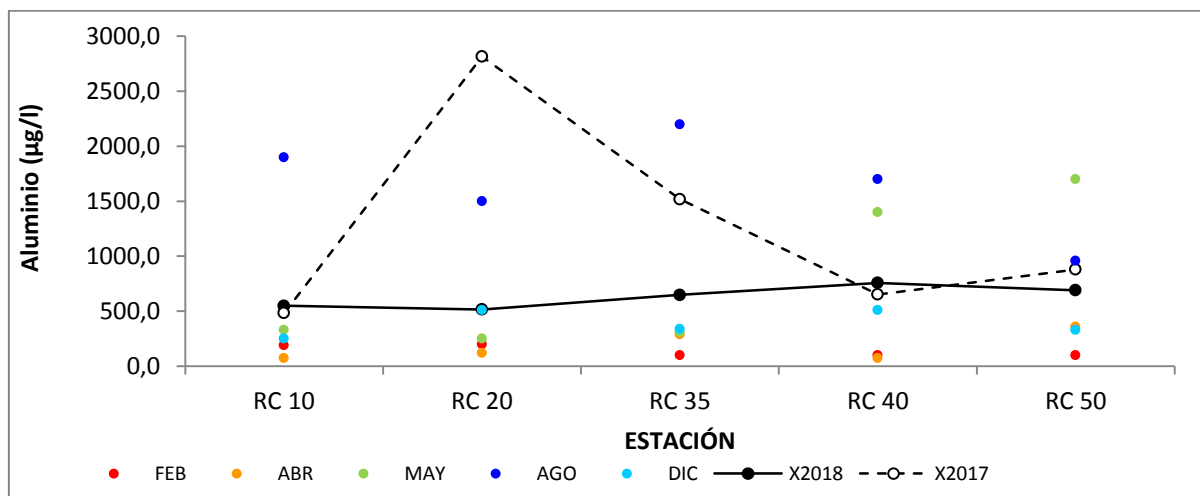


Fig.23. Comparación de la distribución espacial del Al entre los años 2017 y 2018.

En cuanto a esta variable vemos que supera ampliamente lo establecido en el decreto 253/79 que indica para Aluminio un Max 50 µg/l.

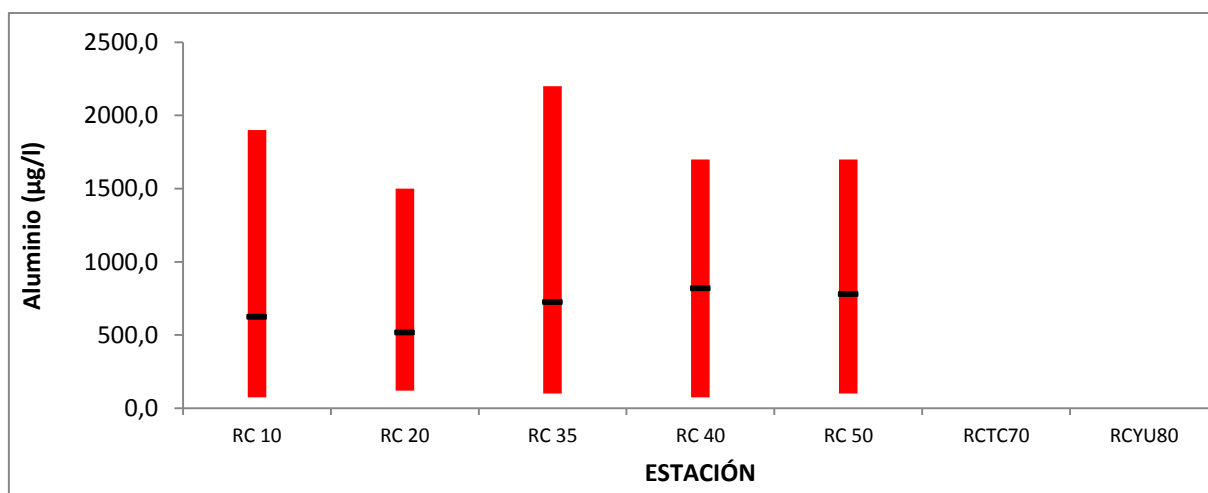


Fig.24. Variación espacial del Al (rango y promedio) para durante el año 2018

El río Cuareim presenta una concentración promedio de aluminio de 632.0 µg/l, con un máximo de 2200.0 µg/l, un mínimo de 72.0 µg/l y una mediana de 190.0 µg/l. El proyecto modificativo del decreto 253/79 (gesta-agua), sugiere para el aluminio un valor máximo de 50 µg/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 por ejemplo la minería (práctica común en la zona). Se están haciendo estudios complementarios en agua en la cuenca para descartar algún aporte puntual de aluminio a los cursos de agua en la zona. De todas maneras, se realizarán muestreos puntuales para evaluar zonas de probables aportes, como por ejemplo la zona del Aº Catalan Grande donde se encuentra una importante explotación minera.

#### 4.1.2.4.5 Sodio

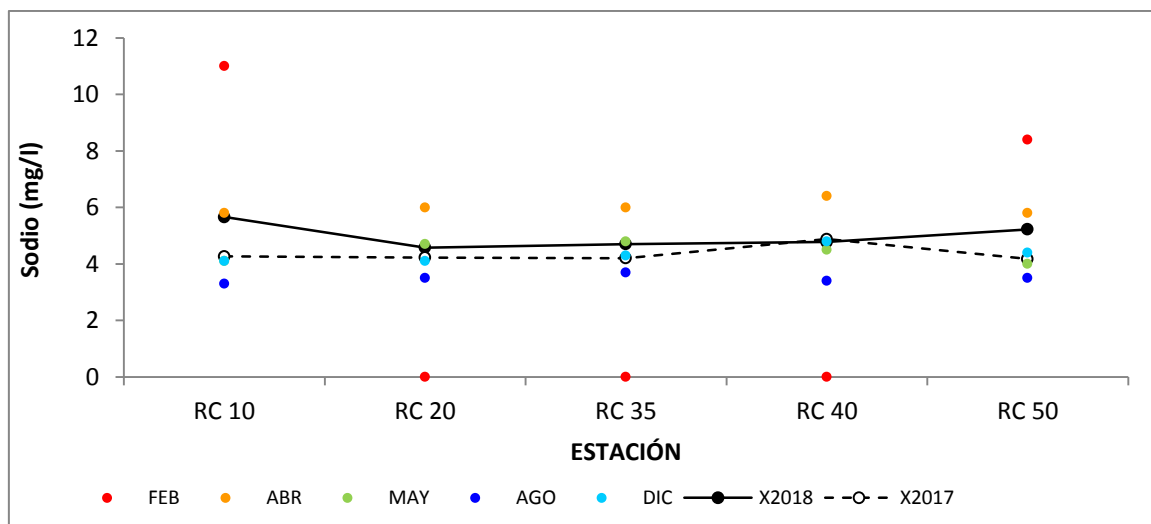


Fig.25. Comparación de la distribución espacial del Na entre los años 2017 y 2018.

De la comparación entre el año 2017 y el 2018, se deduce que el sodio se mantiene de forma homogénea a lo largo de los puntos monitoreados y a lo largo de los años comparados.

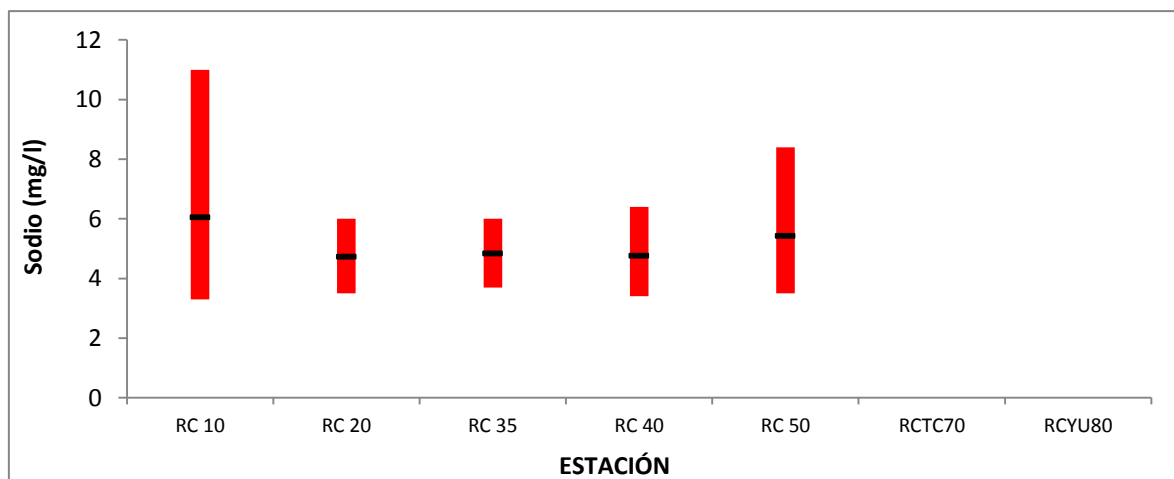


Fig.26. Variación espacial del Na (rango y promedio) para durante el año 2018

Este ión presentó un valor máximo de 11.0 mg/l, un mínimo de 3.3 mg/l con un promedio de 5.0 mg/l y una mediana de 11.0 mg/l. Los valores de sodio son similares a los registrados históricamente, por lo que se considera se está dentro de lo esperado para dicha variable.

#### 4.1.2.5. Variables biológicas

##### 4.1.2.5.1. Clorofila $a$

Para esta variable se registró una máxima de 10.8  $\mu\text{g/l}$ , un mínimo de 0.7  $\mu\text{g/l}$ . Considerando la totalidad de los datos, el promedio general es de 2.6  $\mu\text{g/l}$  y una mediana de 1.5  $\mu\text{g/l}$ . El río Cuareim no presenta inconvenientes en cuanto a clorofila y no es común ver floraciones a lo largo de los sitios monitoreados.

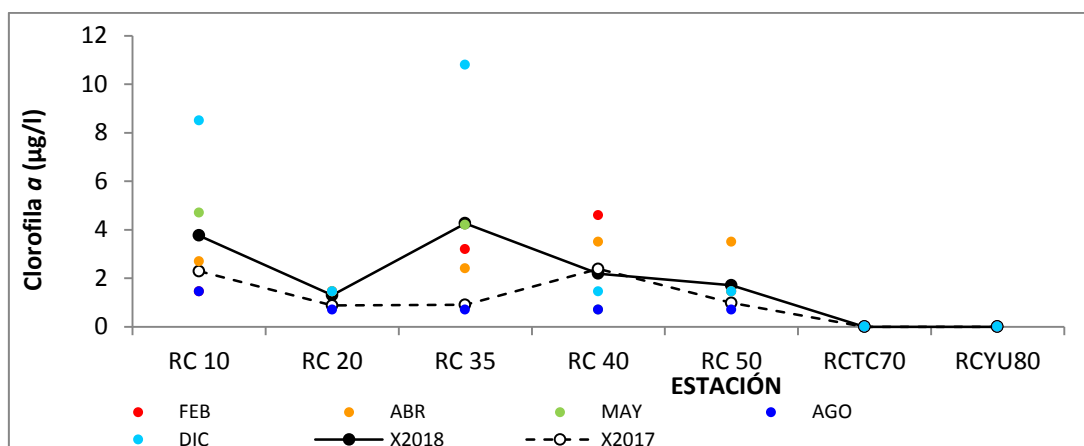


Fig.27. Comparación de la distribución espacial de la Clorofila  $a$  entre los años 2017 y 2018.

El comportamiento de esta variable es similar en los años en comparación, la Clorofila  $a$  no ha tenido inconvenientes en cuanto a resultados analíticos en los años monitoreados.

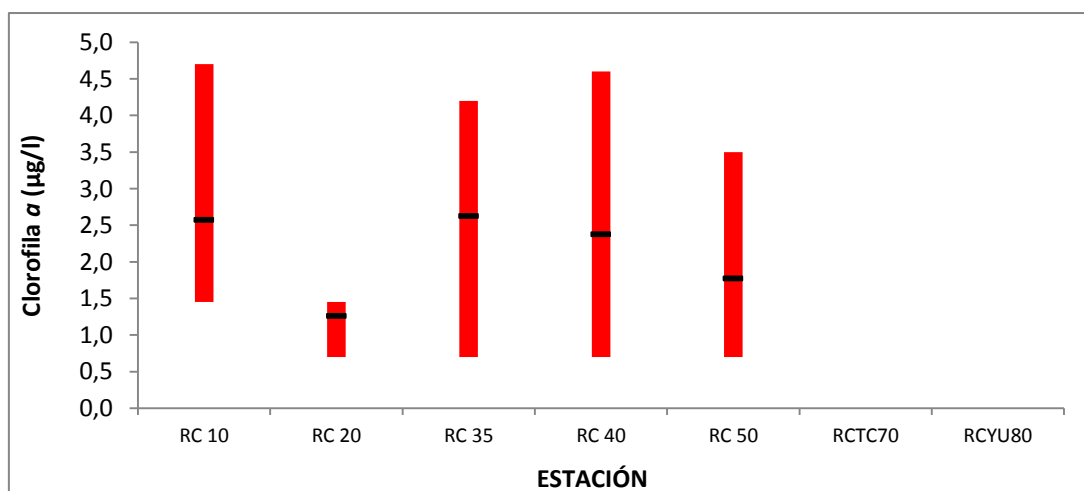


Fig.28. Variación espacial de la Clorofila  $a$  (rango y promedio) para durante el año 2018

Para esta variable se registró una máxima de 10.8  $\mu\text{g/l}$ , un mínimo de 0.7  $\mu\text{g/l}$ . Considerando la totalidad de los datos, el promedio es de 2.6  $\mu\text{g/l}$ . El río Cuareim no presenta inconvenientes en cuanto a clorofila y no es común ver floraciones a lo largo de los sitios monitoreados.

#### 4.1.2.5.2. Feofitina $a$

Esta variable al igual que la clorofila, se encuentra dentro de lo esperado para los puntos monitoreados, no obteniendo resultados significativos en ningún punto históricamente en dicho monitoreo.

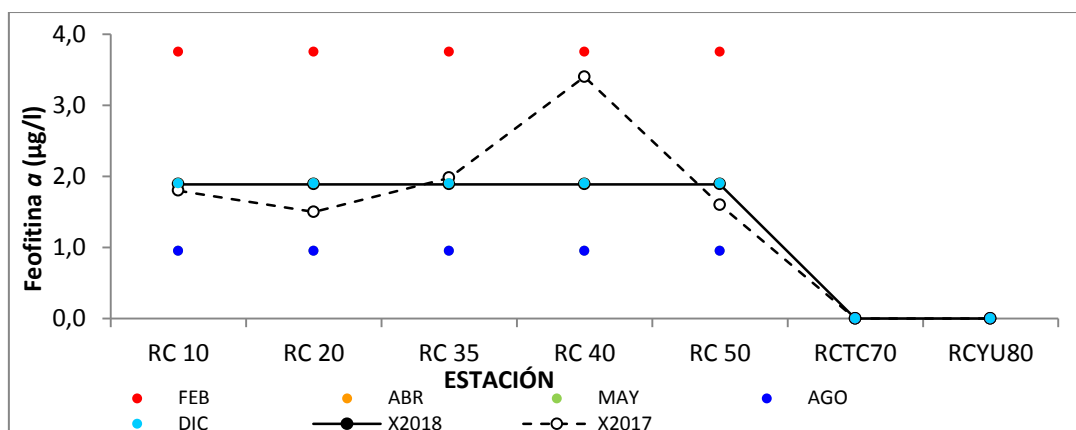


Fig.29. Comparación de la distribución espacial de la Feofitina a entre los años 2017 y 2018.

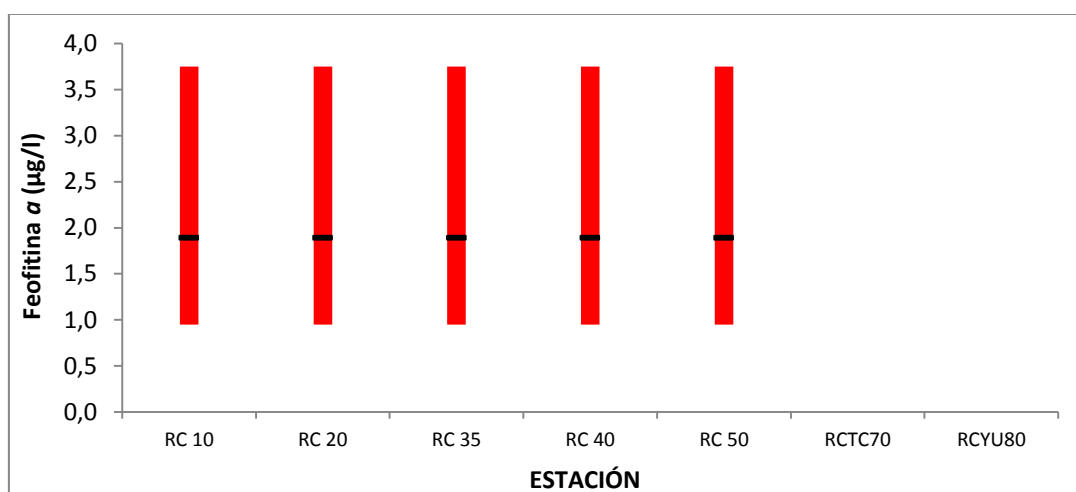
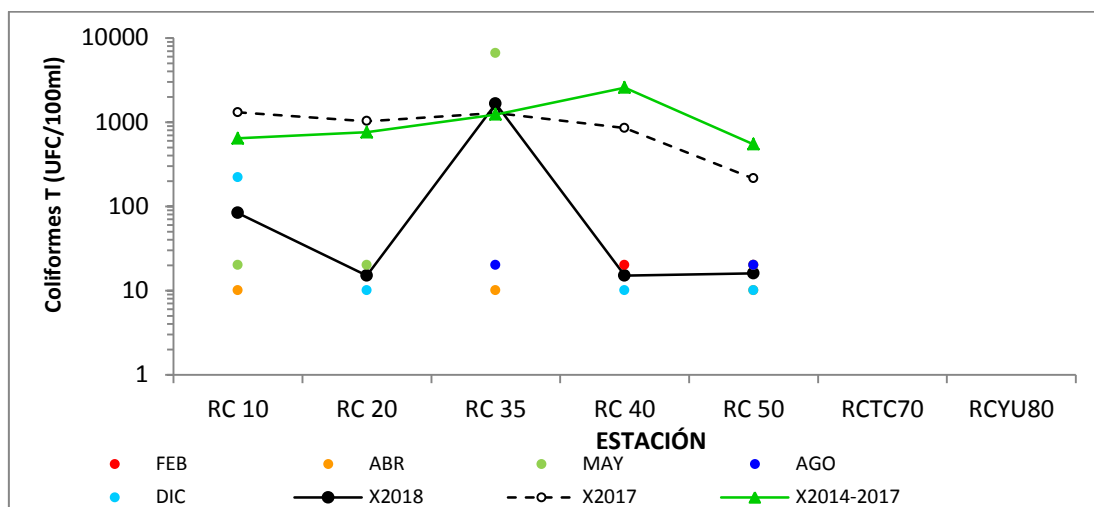


Fig.30. Variación espacial de la Feofitina a (rango y promedio) para durante el año 2018

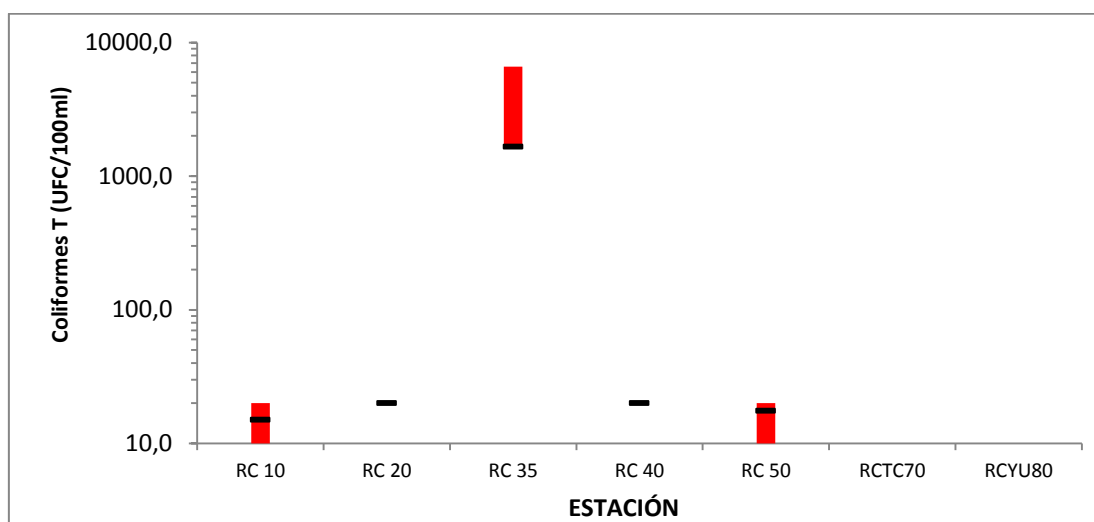
Para esta variable se obtuvo una máxima de 3.8 µg/l, una mínima de 1.0 µg/l, un promedio de 1.9 µg/l y una mediana de 3.8 µg/l, estando estos resultados dentro de lo esperado para este monitoreo.

#### 4.1.2.5.3. Coliformes Termotolerantes



**Fig.31. Comparación de la distribución espacial de los Coliformes Termotolerantes a entre los años 2017 y 2018 y el periodo 2014-2017**

En las gráficas se observa una distribución espacial homogénea entre los periodos comparados, manteniendo la tendencia a los promedios elevados en la mayoría de los puntos monitoreados. Es una variable que ha registrado históricamente promedios altos, posiblemente debido a los aportes desde la cuenca y la ciudad, que están favoreciendo estos registros elevados. Dichos aportes se ven favorecidos por lluvia abundante y las consecuentes crecidas del río. Si bien los promedios son altos en los años comparados, en el 2018 se ve un descenso en cuanto a los valores obtenidos, manteniéndose la tendencia elevada en el punto RC35 punto ubicado frente a la ciudad de artigas.



**Fig.32. Variación espacial de los Coliformes T (rango y promedio) para durante el año 2018**

El río Cuareim históricamente ha reflejado valores altos para esta variable, para el año 2018 se registró un mínimo de 10.0 UFC/100ml, un máximo de 6600.0 UFC/100ml, un promedio de 468.0 UFC/100ml y una mediana de 20.0 UFC/100ml. Si bien en 2018 los resultados fueron inferiores que los históricamente registrados, en el punto frente a la ciudad de artigas RC35, se mantiene una constante de registros elevados.

#### 4.1.2.6. Variables fisicoquímicas

##### 4.1.2.6.1. Alcalinidad

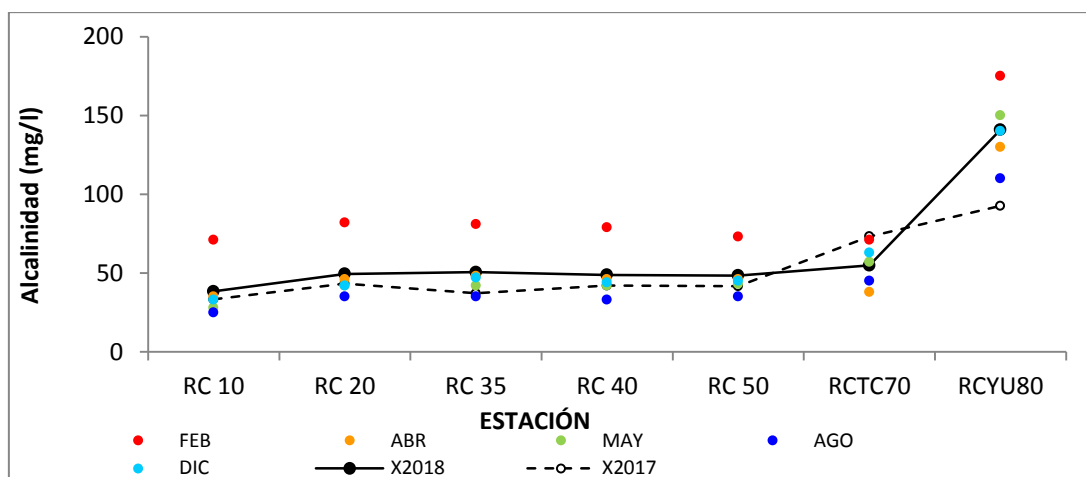


Fig.33. Comparación de la distribución espacial de la Alcalinidad entre los años 2017 y 2018

La Alcalinidad se comportó dentro de lo esperado viendo la comparación con años anteriores. Se mantiene el alza en los resultados en el tributario RCYU80 manteniendo así una tendencia homogénea en el tiempo.

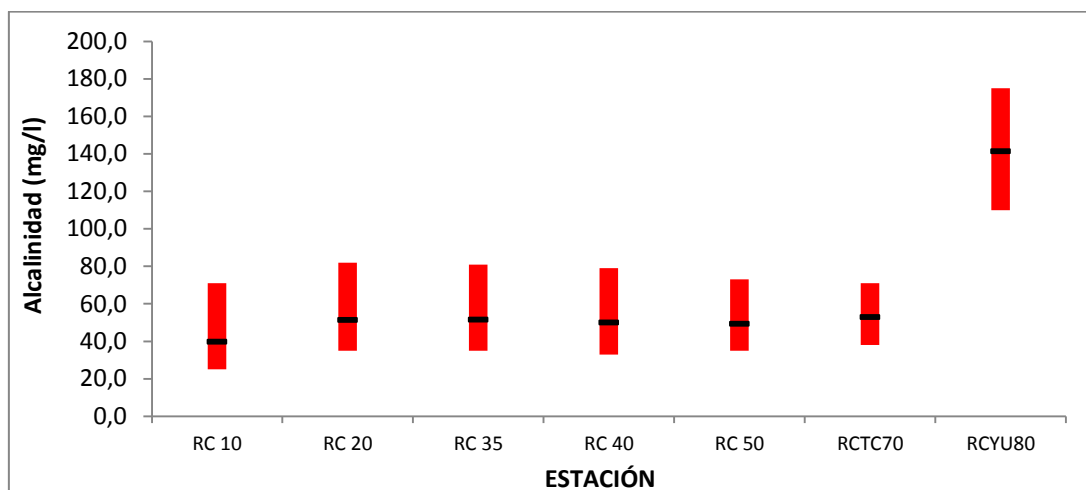


Fig.34. Variación espacial de la Alcalinidad (rango y promedio) para durante el año 2018

En lo que a la alcalinidad se refiere, los resultados obtenidos no se apartan de los históricamente registrados, con un máximo de 175.0 mg/l, un mínimo de 25.0 mg/l, un promedio de 61.6 mg/l y una mediana de 90.5 mg/l. Siendo el RCYU80 el punto monitoreado con registros más altos en cuanto a la alcalinidad.

#### 4.1.2.6.2 Agroquímicos

De los plaguicidas monitoreados en el río Cuareim en el 2018, ninguno fue detectado en ninguna ocasión. Para éstos, cabe recordar que el valor estándar es inferior al valor límite de la técnica. Cabe señalar que al no encontrar resultado alguno para dicha variable, se realiza un muestreo de control en una oportunidad al año, siendo este sobre comienzo del verano generalmente.

#### 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 debería ser considerado como la realidad estricta del curso de agua. Problemas de infraestructura llevaron a una pérdida de resultados en variables importantes para el cálculo de los índices, lo que reduce el número de datos disponible. 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 2018 la calidad del agua en el río Cuareim es “media” y “mala” en toda su extensión. Si comparamos esto con resultados obtenidos en 2017, la calidad de agua del río ha empeorado en todos los puntos monitoreados.

Tabla VI. Resultado de la aplicación del IQA en las estaciones de monitoreo del río Cuareim en 2018 y comparación con 2017

ANUAL	RC10	RC20	RC35	RC40	RC50	RCTC70	RCYU80
2018	43	47	52	45	70	58	58
2017	71	70	68	68	70	79	76

##### 4.1.3.2. Índice de Estado Trófico (IET)

La aplicación del IET para las estaciones del río Cuareim durante 2018 muestra un río en situación Mesotrófico (verde) en la mayoría de la estaciones del curso principal y de Eutrófico (amarillo) en las estaciones RC40 inmediata a la ciudad de artigas y la estación RCYU80 (Ubicada en el arroyo YUCUTUJA, tributario del río Cuareim).

Tabla VII. Resultado de la aplicación del IET en las estaciones de monitoreo del río Cuareim en 2018 y comparación con 2017

ANUAL	RC10	RC20	RC35	RC40	RC50	RCTC70	RCYU80
2018	58	59	59	61	59	59	61
2017	58	59	60	59	58	59	59

En comparación del IET con los resultados de 2017, vemos una situación similar a la de 2018 con la mayoría de los tramos en estado Mesotrófico (verde) y el punto RC35 frente a la ciudad de Artigas, en estado Eutrófico (amarillo).

## 5. SÍNTESIS

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, 21<sup>st</sup> 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 Iguaçu, 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 ppPraderi R. y J. Vivo. 1970. Ríos y Lagunas. Colección nuestra tierra N° 36.

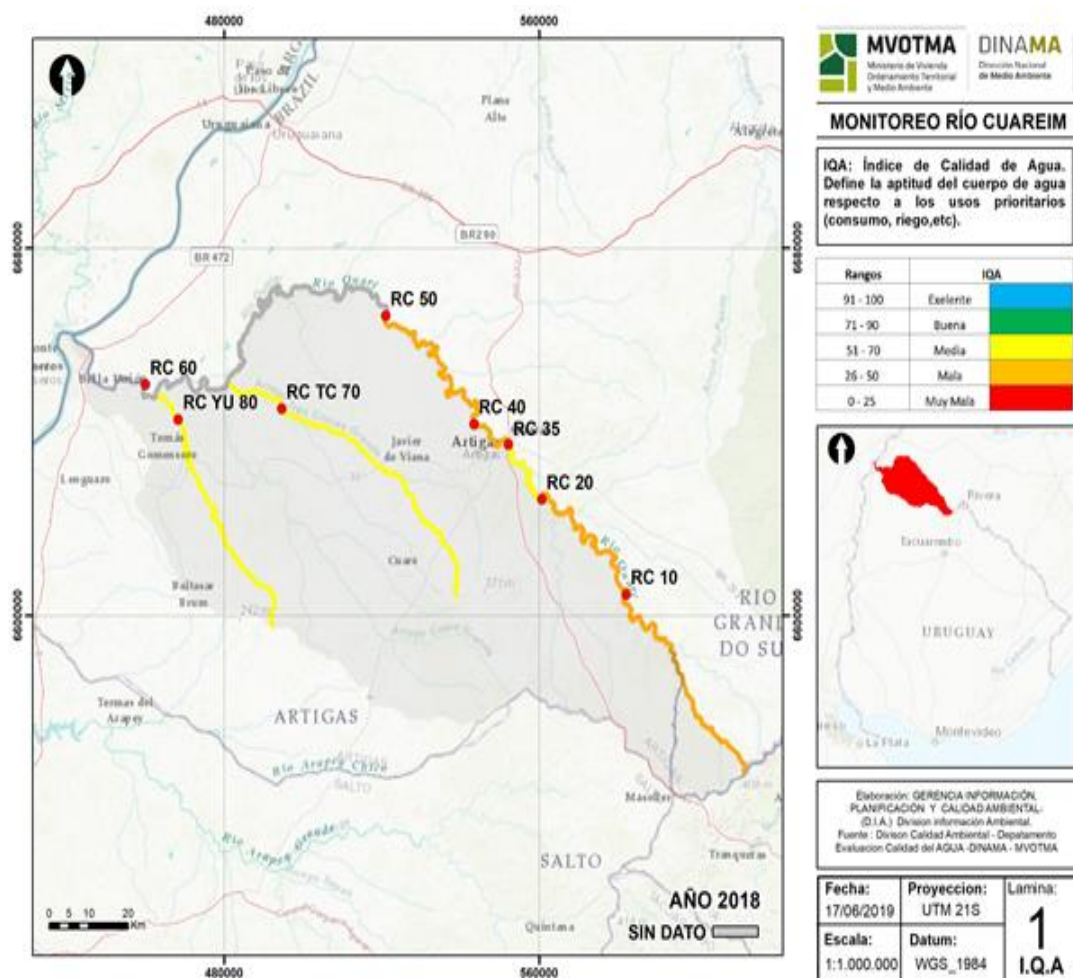
Quintans, F. 2015. Propuesta de aplicación de índices de calidad de agua para la Cuenca del Santa Lucía. Informe de consultoría. Proyecto PNUD URU/14/001. DINAMA-DCA: 1-29

Martínez 2017: 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.

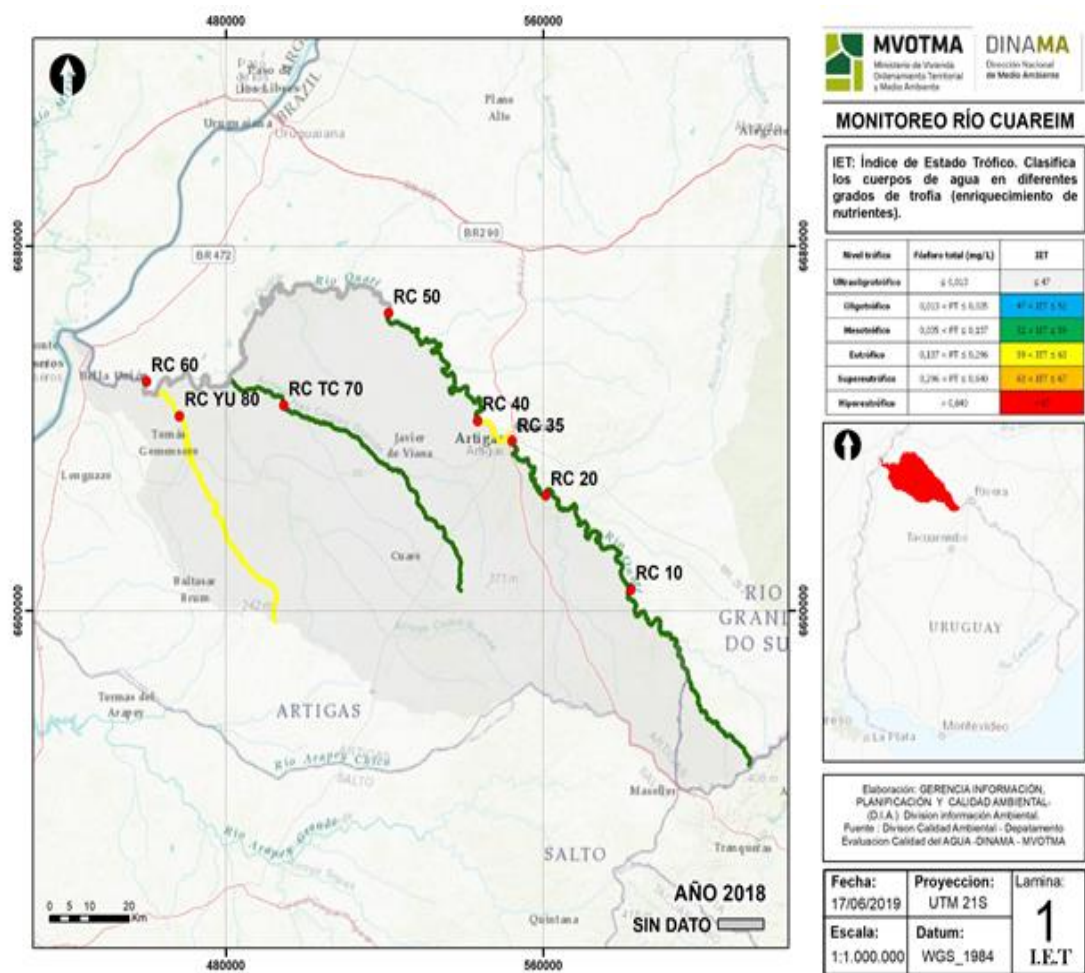
## ANEXO

Anexo 1: Mapa de calidad de agua (anual) en base a la aplicación del índice de calidad de agua IQA (arriba) y tabla de variación mensual (abajo).



Rangos de IQA utilizados	Valoración	Representación cromática
91-100	Excelente	
71-90	Buena	
51-70	Media	
26 - 50	Mala	
0-25	Muy Mala	

Anexo 2: Mapa de calidad de agua (anual) en base a la aplicación del índice de estado trófico (IET)(arriba) y tabla de variación mensual (abajo).



Nivel trófico	Fósforo total (mg/L)	IET
Ultraoligotrófico	$\leq 0,013$	$\leq 47$
Oligotrófico	$0,013 < PT \leq 0,035$	$47 < IET \leq 52$
Mesotrófico	$0,035 < PT \leq 0,137$	$52 < IET \leq 59$
Eutrófico	$0,137 < PT \leq 0,296$	$59 < IET \leq 63$
Supereutrófico	$0,296 < PT \leq 0,640$	$63 < IET \leq 67$
Hipereutrófico	$> 0,640$	$> 67$