



MVOTMA

Ministerio de Vivienda
Ordenamiento Territorial
y Medio Ambiente

Monitoreo de Calidad del Agua Río Negro

Informe 2016

Enero, 2018



Director Nacional de Medio Ambiente

Ing. Qco. Alejandro Nario

Área de Información Planificación y Calidad Ambiental

Gerente: Marisol Mallo

División Evaluación de Calidad Ambiental – DECA

Director: Luis Reolón

Dpto. Seguimiento de Componentes del Ambiente

Jefe de Dpto.: Magdalena Hill

Análisis y Redacción del Informe

Guillermo Cervetto

Responsable del Programa de Monitoreo

Gerardo Balero

Otros técnicos participantes

Gerardo Balero

Alejandro Cendón

Javier Martínez

Luis Borda

Jorge Rodríguez

Guillermo Cervetto

Revisión

Magdalena Hill / Luis Reolon

Análisis de Laboratorio:

División Laboratorio Ambiental

DINAMA

Jefe Laboratorio: Natalia Barboza

INDICE

1. INTRODUCCION	1
1.1. Objetivo del Reporte	1
2. ASPECTOS METODOLOGICOS	1
2.1. Plan de Trabajo	1
2.2. Objetivo general	1
2.3. Frecuencia de muestreo	2
2.4. Sitios de muestreo	2
2.5. Variables determinadas	5
2.6. Actividades	6
3. RESULTADOS	6
3.1. Comparación con estándares de calidad	6
3.2. Agua superficial	8
3.2.1. Variables medidas <i>in situ</i>	8
3.2.1.1. Conductividad	8
3.2.1.2. Temperatura	9
3.2.1.3. Oxígeno Disuelto	10
3.2.1.4. pH	11
3.2.1.5. Transparencia.....	13
3.2.2. Resultados analíticos	14
3.2.2.1. Alcalinidad	14
3.2.2.2. Nutrientes	15
3.2.2.2.1. NO₃	15
3.2.2.2.2. NO₂.....	17
3.2.2.2.3. NH₄.....	17
3.2.2.2.4. NH₃.....	17

3.2.2.2.5. Nt	18
3.2.2.2.6. PO ₄	20
3.2.2.2.7. Pt	21
3.2.2.3. Iones mayoritarios	23
3.2.2.3.1. Ca	23
3.2.2.3.2. Mg.....	24
3.2.2.3.3. Na	25
3.2.2.3.4. K	26
3.2.2.3.5. RAS	28
3.2.2.4. Solidos suspendidos	29
3.2.2.5. Variables biológicas.....	30
3.2.2.5.1. Clorofila a.....	30
3.2.2.5.2. Feofitina	32
3.2.2.5.3. Coliformes termotolerantes (Ct).....	33
3.2.2.6. DBO ₅	35
3.2.2.7. Sustancias Fenólicas	36
3.2.2.8. AOX	37
3.2.2.9. Cianuro y Arsénico	37
3.2.2.10. Metales pesados.....	38
3.2.2.10.1. Cd, Hg, Ni, Pb, Cr, Zn	38
3.2.2.10.2. Fe.....	38
3.2.2.11. Plaguicidas	40
3.2.3. Indices de Calidad de agua	40
3.2.3.1. ICA-SL (Indice de Calidad de Agua – Santa Lucía)	40
3.2.3.2. IQA (Indice de Qualidade de Agua)	42
3.2.3.3. IET (Indice de Estado Trófico)	43
4. SINTESIS	44
5. BIBLIOGRAFIA	45

INDICE DE FIGURAS

Fig. 1. Distribución de las 15 estaciones de muestreo seleccionadas para el monitoreo del río Negro.....	2
Fig. 2. Cuenca del río Negro.....	4
Fig. 3. Variables consideradas en el monitoreo del río Negro.	7
Fig. 4. Variación espacial y temporal de la Conductividad del agua a lo largo del río Negro en las 4 campañas de monitoreo del año 2016.....	8
Fig. 5. Variación espacial y temporal de la Conductividad en el río Negro durante 2016.	9
Fig. 6. Variación espacial y temporal de la Temperatura del agua a lo largo del río Negro en las 4 campañas de monitoreo del año 2016.....	9
Fig. 7. Variación espacial y temporal de la Temperatura en el río Negro durante 2016.....	10
Fig. 8. Variación espacial y temporal del Oxígeno Disuelto del agua a lo largo del río Negro en las 4 campañas de monitoreo del año 2016.....	11
Fig. 9. Variación espacial y temporal del Oxígeno Disuelto en el río Negro durante 2016.	11
Fig. 10. Variación espacial y temporal del pH del agua a lo largo del río Negro en las 4 campañas de monitoreo del año 2016.	12
Fig. 11. Variación espacial y temporal del pH en el río Negro durante 2016.	12
Fig. 12. Variación espacial y temporal de la Transparencia del agua a lo largo del río Negro en las 4 campañas de monitoreo del año 2016.....	13
Fig. 13. Variación espacial y temporal de la Transparencia en el río Negro durante 2016.	14
Fig. 14: Variación espacial y temporal de la Alcalinidad del agua a lo largo del río Negro en las 4 campañas de monitoreo del año 2016.....	14
Fig. 15. Variación espacial y temporal de la Alcalinidad en el río Negro durante 2016.	15
Fig. 16. Variación espacial y temporal de los Nitratos del agua a lo largo del río Negro en las 4 campañas de monitoreo del año 2016.....	16
Fig. 17. Variación espacial y temporal de los Nitratos en el río Negro durante 2016...	16

Fig. 18. Variación espacial y temporal del Amoníaco Libre del agua a lo largo del río Negro en las 4 campañas de monitoreo del año 2016.	18
Fig. 19. Variación espacial y temporal del Amoníaco Libre en el río Negro durante 2016.	18
Fig. 20. Variación espacial y temporal del Nitrógeno Total del agua a lo largo del río Negro en las 4 campañas de monitoreo del año 2016.	19
Fig. 21. Variación espacial y temporal del Nitrógeno Total en el río Negro durante 2016.	19
Fig. 22. Variación espacial y temporal de los Fosfatos del agua a lo largo del río Negro en las 4 campañas de monitoreo del año 2016.	20
Fig. 23. Variación espacial y temporal de los Fosfatos en el río Negro durante 2016.	21
Fig. 24. Variación espacial y temporal del Fósforo Total del agua a lo largo del río Negro en las 4 campañas de monitoreo del año 2016.	22
Fig. 25. Variación espacial y temporal del Fósforo Total en el río Negro durante 2016.	22
Fig. 26. Variación espacial y temporal del Calcio del agua a lo largo del río Negro en las 4 campañas de monitoreo del año 2016.	23
Fig. 27. Variación espacial y temporal del Calcio en el río Negro durante 2016.	24
Fig. 28. Variación espacial y temporal del Magnesio del agua a lo largo del río Negro en las 4 campañas de monitoreo del año 2016.	24
Fig. 29. Variación espacial y temporal del Magnesio en el río Negro durante 2016. ...	25
Fig. 30. Variación espacial y temporal del Sodio del agua a lo largo del río Negro en las 4 campañas de monitoreo del año 2016.	25
Fig. 31. Variación espacial y temporal del Sodio en el río Negro durante 2016.	26
Fig. 32. Variación espacial y temporal del Potasio del agua a lo largo del río Negro en las 4 campañas de monitoreo del año 2016.	27
Fig. 33. Variación espacial y temporal del Potasio en el río Negro durante 2016.	27
Fig. 34. Variación espacial y temporal de la RAS del agua a lo largo del río Negro en las 4 campañas de monitoreo del año 2016.	28
Fig. 35. Variación espacial y temporal de la RAS en el río Negro durante 2016.	29
Fig. 36. Variación espacial y temporal de los Sólidos Suspendidos Totales del agua a lo largo del río Negro en las 4 campañas de monitoreo del año 2016.	30
Fig. 37. Variación espacial y temporal de los Sólidos Suspendidos Totales en el río Negro durante 2016.	30

Fig. 38. Variación espacial y temporal de la Clorofila <i>a</i> del agua a lo largo del río Negro en las 4 campañas de monitoreo del año 2016.....	31
Fig. 39. Variación espacial y temporal de la Clorofila <i>a</i> en el río Negro durante 2016.	31
Fig. 40. Variación espacial y temporal de la Feofitina <i>a</i> del agua a lo largo del río Negro en las 4 campañas de monitoreo del año 2016.....	32
Fig. 41. Variación espacial y temporal de la Feofitina <i>a</i> en el río Negro durante 2016.	32
Fig. 42. Variación espacial y temporal de los Coliformes Termotolerantes en el agua a lo largo del río Negro en las 4 campañas de monitoreo del año 2016.	34
Fig. 43. Variación espacial y temporal de los Coliformes Termotolerantes en el río Negro durante 2016.	34
Fig. 44. Variación espacial y temporal de la DBO ₅ en el agua a lo largo del río Negro en las 4 campañas de monitoreo del año 2016.....	35
Fig. 45. Variación espacial y temporal de la DBO ₅ en el río Negro durante 2016.....	36
Fig. 46. Variación espacial y temporal de las Sustancias Fenólicas en el agua a lo largo del río Negro en las 4 campañas de monitoreo del año 2016.	36
Fig. 47. Variación espacial y temporal de las Sustancia Fenólicas en el río Negro durante 2016.	37
Fig. 48. Variación espacial y temporal del Hierro en el agua a lo largo del río Negro en las 4 campañas de monitoreo del año 2016.....	39
Fig. 49. Variación espacial y temporal del Hierro en el río Negro durante 2016.	39
Fig. 50. Resultado de la aplicación del ICA-SL en las estaciones de monitoreo del río Negro en 2015 y 2016.	41
Fig. 51. Resultado de la aplicación del IQA en las estaciones de monitoreo del río Negro en 2016.....	42
Fig. 52. Resultado de la aplicación del IET en las estaciones de monitoreo del río Negro en 2016.....	44

INDICE DE TABLAS

Tabla I: Identificación, ubicación y características de las estaciones de muestreo.	3
Tabla II. Variables analizadas en las muestras de agua del Programa de Monitoreo del río Negro.....	5
Tabla III: Relación Clo/Feo para las distintas estaciones del río Negro en los diferentes meses muestreados.....	33
Tabla IV: Limite de detección, límite de cuantificación y valor estándar para algunos de los metales monitoreados en el rio Negro.	38
Tabla V. Normalización de los parámetros de calidad de agua utilizados en el ICA-SL.....	41
Tabla VI. Escala cromática de calidad de agua según el ICA-SL, de acuerdo con la valoración conceptual y numérica del índice.	41
Tabla VII. Escala cromática asociada a las categorías de calidad del agua del IQA. ..	42
Tabla VIII: Valoración del estado trófico de ríos a partir del IET, elaborado según los valores de fosforo total, clorofila a o transparencia del agua.....	43

ANEXOS

Anexo 1. Resultado sinóptico de los porcentajes de cumplimiento e incumplimiento de cada variable con respecto a su valor estándar en el curso principal del río Negro durante 2016	46
Anexo 2 . Registros de % de saturación de oxígeno (%), Oxígeno Disuelto (mg/l), pH, Conductividad (μ S/cm), temperatura ($^{\circ}$ C) y Transparencia (m) en las estaciones muestreadas en cada fecha de monitoreo.	47
Anexo 3. Registros de diferentes variables en las estaciones muestreadas en cada fecha de monitoreo.	48
Anexo 4. Registros de diferentes variables en las estaciones muestreadas en cada fecha de monitoreo. SST (Sólidos Suspendidos Totales), SSF (Sólidos Suspendidos Fijos), SSV (Sólidos Suspendidos Volátiles), Clorofila a (Clorofila a), Feofitina a (Feofitina a), Sust. Fenólicas (Sustancias fenólicas) y AOX (AOX).	49
Anexo 5. Registros de metales pesados (Cd, Cr, Fe, Hg, Ni, Pb y Zn) y otros tóxicos (Cn y As) en las estaciones muestreadas en cada fecha de monitoreo.	50
Anexo 6. Registros de plaguicidas en las estaciones muestreadas en cada fecha de monitoreo.	51
Anexo 7. Mapa de calidad de agua en base a la aplicación del índice de calidad ICA.	52
Anexo 8. Mapa de calidad de agua en base a la aplicación del índice de calidad IQA.	54
Anexo 9. Mapa de calidad de agua en base a la aplicación del índice de estado trófico (IET).	55
Anexo 10. Meteorología y Pluviometría: Estación meteorológica de Melo.	57

1. INTRODUCCION

El río Negro es un curso de agua internacional y su cuenca hidrográfica incluye parte de los territorios de Brasil y Uruguay. Nace en el Nudo de Santa Tecla, en el estado de Rio Grande do Sul (Brasil), cerca de la ciudad de Bagé. Su longitud total es de 850 Km, 700 de ellos en territorio uruguayo, cruzándolo íntegramente en dirección general Este - Oeste. Su cuenca ocupa una superficie de 70.714 km², mayormente en territorio uruguayo (sólo 3.000 km², aproximadamente 4%, se encuentran en territorio brasileño). El caudal medio del río, medido en el puerto de la ciudad de Mercedes es de 1321 m³.s⁻¹ (con un mínimo de 120 m³.s⁻¹ (1989 y 1990) y un máximo de 3961 m³.s⁻¹ (2010)), según datos extraídos de la Dirección Nacional de Hidrografía (DNH). El lecho del río presenta un desnivel de 140 m entre nacientes y desembocadura. La pendiente en su curso superior es de 0,29 % pero en el curso medio baja a 0,17 % hasta Paso de los Toros.

La incorporación del Programa de Estudio del río Negro al Programa Nacional de Evaluación de Calidad de Agua, en 2009, ha permitido iniciar el relevamiento de este cuerpo de agua que recibe los aportes de la cuenca hidrográfica de mayor extensión del país. Este programa implementó un monitoreo del curso de agua que incluye aspectos relacionados a la cantidad y a la calidad del agua. La información generada en este programa (entre 2009 y 2013) representa una línea de base de las condiciones del río, y ha sido presentada por Cervetto & Balero (2014) en un informe que describe las fluctuaciones espacio-temporales de 33 variables.

La información mostrada en esta presentación de resultados corresponde a la continuación de este monitoreo y en ella se detallan los datos colectados durante 2016. En este año se realizaron las cuatro campañas previstas y los resultados obtenidos se comparan con los estándares de calidad y con los datos obtenidos precedentemente.

1.1. Objetivo del Reporte

El propósito de este reporte de datos es analizar y evaluar los datos provenientes del monitoreo realizado en aguas del río Negro, obtenidos en el correr del año 2016.

De esta forma se evalúan los potenciales cambios producidos en dicho curso de agua por efecto de las presiones antrópicas.

2. ASPECTOS METODOLOGICOS

2.1. Plan de Trabajo

La metodología de trabajo utilizada se basa en el Programa internacional del Sistema Global de Monitoreo Ambiental (GEMS/Agua, 1994), adaptándose a las capacidades nacionales disponibles (recursos humanos, equipos, materiales, técnicas, etc.).

2.2. Objetivo general

Conocer el estado de calidad del agua, en el tramo del río Negro dentro de las fronteras del país. Esto ayudará a 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 más eficientemente.

2.3. Frecuencia de muestreo

Este Plan de monitoreo prevé la realización de campañas trimestrales, a los efectos de cumplir con los objetivos previstos, en función de la capacidades nacionales, y teniendo en cuenta que la variación en la calidad del agua puede ser cíclica o aleatoria, especialmente en los ríos.

2.4. Sitios de muestreo

La ubicación exacta de las estaciones monitoreadas se presenta en la Tabla I y en las figuras 1 y 2. La colecta de muestras se realiza, según las características de la estación, desde la costa, desde puentes o desde embarcaciones.

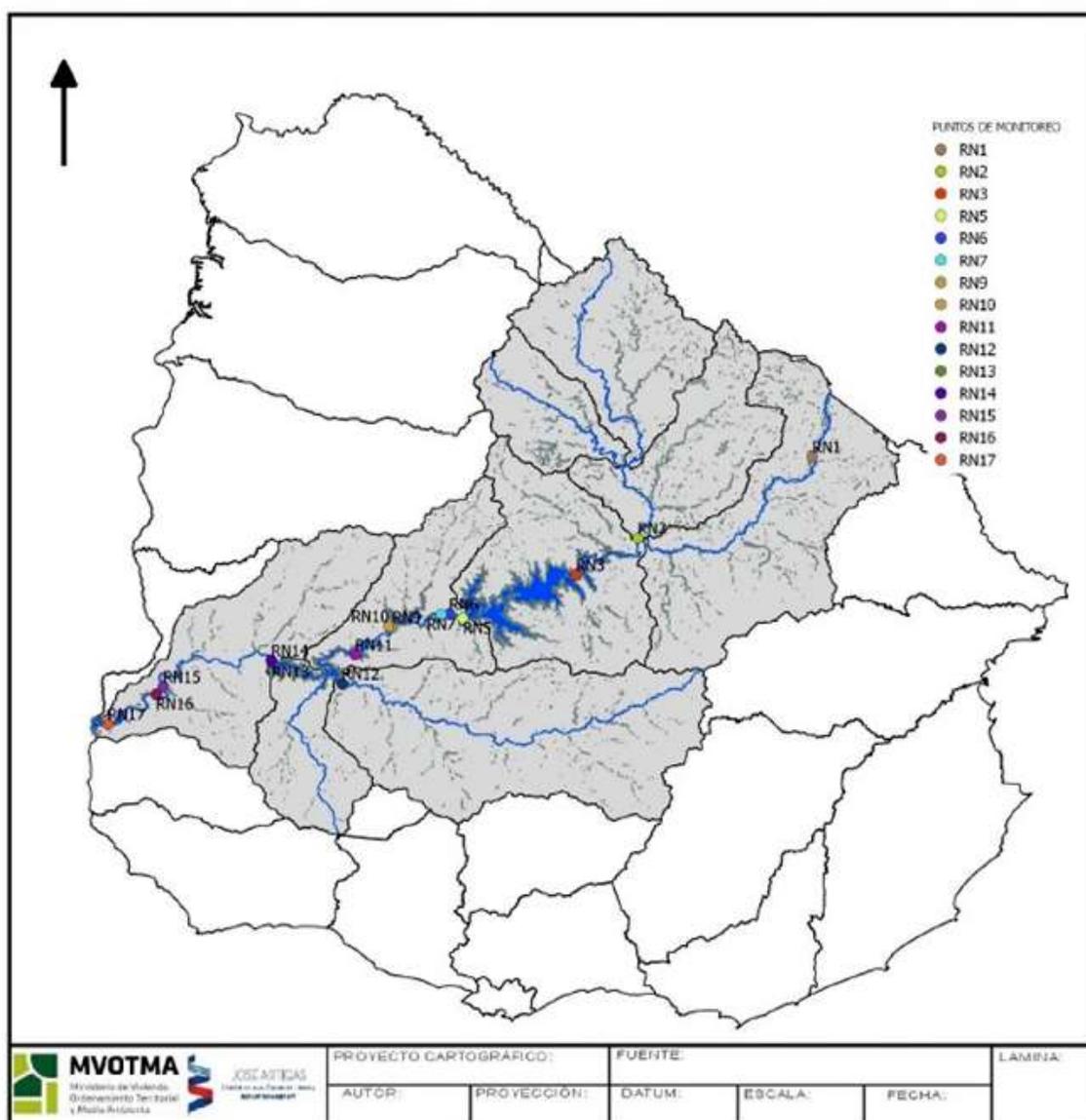


Fig. 1: Distribución de las 15 estaciones de muestreo seleccionadas para el monitoreo del río Negro.

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

ESTACIÓN	LATITUD	LONGITUD	DESCRIPCIÓN
RN0	31°49'09.19"S	54°27'35.60"O	Máximo acercamiento posible a la frontera con Brasil
RN1	31°58'57.56"S	54°32'48.73"O	Río Negro y ruta 44. Primer puente sobre el río.
RN2	32°24'30.99"S	55°29'08.44"O	Balsa abajo desembocadura de Río Tacuarembó. Acceso por camino a la estación del Km 329 (AFE). Define las características de la calidad del agua aportada por el río Tacuarembó.
RN3	32°36'58.06"S	55°50'49.09"O	Entrada a embalse de Rincón del Bonete, frente a la ciudad de San Gregorio de Polanco. Primer punto donde el río se embalsa.
RN5	32°49'12.49"S	56°25'27.44"O	Salida del embalse de Rincón del Bonete, aguas arriba de la represa. La columna de agua se monitorea en superficie y fondo.
RN6	32°48'28.89"S	56°29'46.22"O	Aguas abajo de la represa del Rincón del Bonete. El río se encausa nuevamente. Cercana a Paso de los Toros.
RN7	32°49'15.49"S	56°30'47.52"O	Aguas abajo de Paso de los Toros. Evalúa la influencia de la ciudad.
RN9	32°52'36.54"S	56°47'49.80"O	Aguas arriba de la represa de Baygorria. Define la calidad del agua del embalse. La columna de agua se monitorea en superficie y fondo. Se realiza monitores de sedimentos.
RN10	32°52'18.02"S	56°48'42.78"O	Aguas abajo de represa de Baygorria. El río se encausa nuevamente.
RN11	33°05'52.76"S	57°07'38.52"O	Entrada a represa de Palmar. El río se embalsa.
RN12	33°10'14.68"S	57°04'23.74"O	Río Yi, próximo a los tres puentes en Ruta 3. Evalúa los aportes del río Yi. Se realiza monitoreo de sedimentos.
RN13	33°03'56.21"S	57°27'19.74"O	Aguas arriba de represa de Palmar. Evalúa la calidad del agua del lago de Palmar. La columna de agua se monitorea en superficie y fondo. Se realiza monitores de sedimentos.
RN14	33°02'58.91"S	57°27'13.14"O	Aguas abajo de represa de Palmar.
RN15	33°11'03.86"S	58°01'50.49"O	Aguas arriba de Mercedes. Evalúa la calidad de agua antes de la ciudad de Mercedes.
RN16	33°13'55.56"S	58°03'55.76"O	Aguas abajo de Mercedes. Evalúa la calidad después de la ciudad de Mercedes. Se realiza monitores de sedimentos.
RN17	33°23'02.92"S	58°20'23.09"O	Desembocadura río Negro, frente a villa Soriano. Último punto previo a la desembocadura en el río Uruguay. Se realiza monitores de sedimentos.

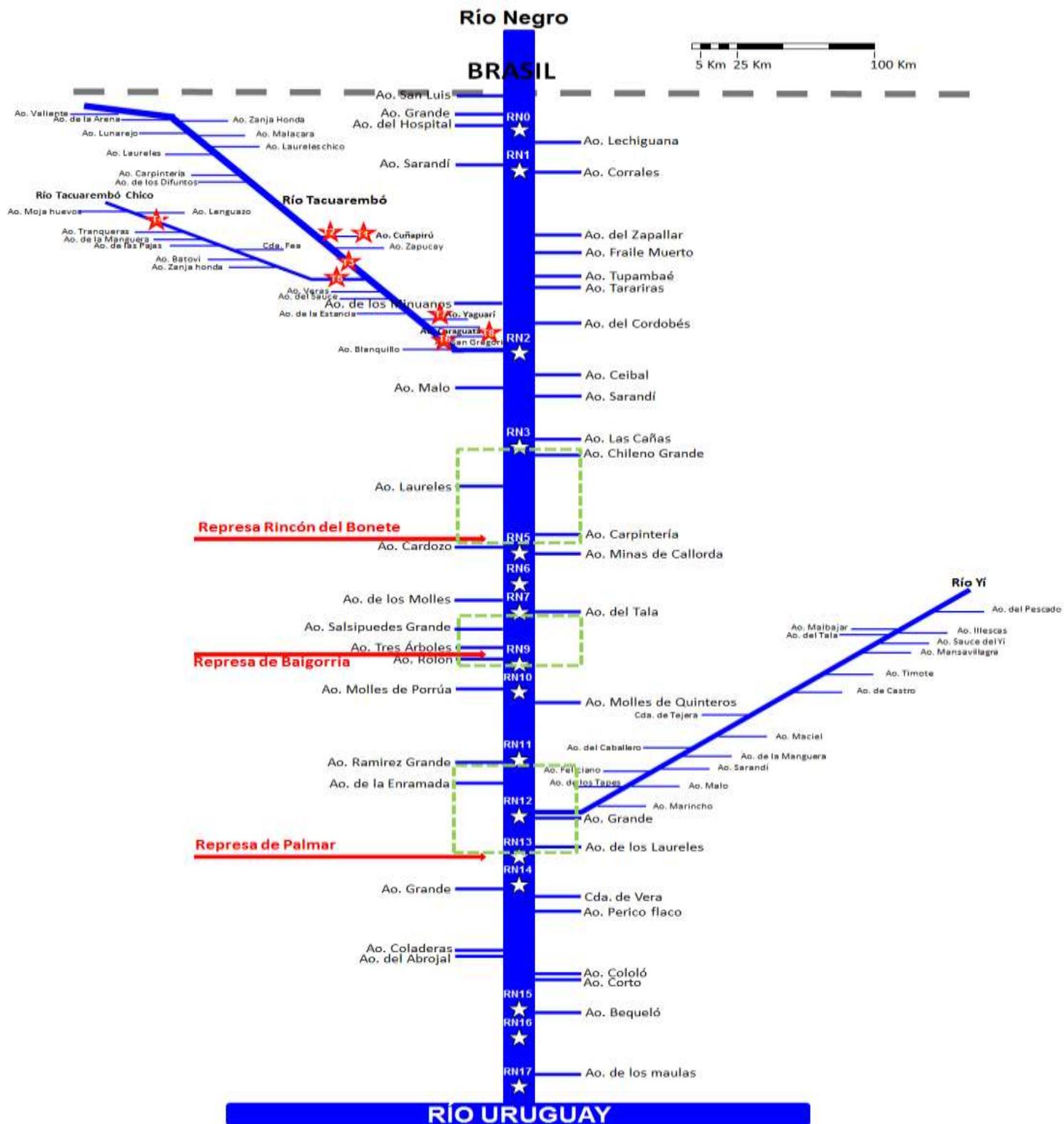


Fig. 2: Cuenca del río Negro. En verde se representa la extensión aproximada del embalse de cada represa.

2.5. Variables determinadas

Se analizan algunas variables ambientales y otras que implican aportes antropogénicos, al igual que en la etapa anterior. En la Tabla II se presenta la lista de variables analizadas, y el procedimiento analítico empleado.

Tabla II. Variables analizadas en las muestras de agua del Programa de Monitoreo del Río Negro. Parámetro, Preservación, Técnica analítica, N° Procedimiento DINAMA.

	Parámetro	Abreviatura	Unidad	Dec. 253/79	GESTA 2014	RFA*	Método	
Características fisicoquímicas	Oxígeno disuelto	OD	mg/l	≥ 5			<i>in situ</i>	
	Porcentaje de Saturación de oxígeno	% OD	%				<i>in situ</i>	
	Potencial de hidrógeno	pH	--	6,5 - 8,5			<i>in situ</i>	
	Conductividad	Cond	µS/cm				<i>in situ</i>	
	Temperatura	Tem	°C				<i>in situ</i>	
	Transparencia		cm					
	Turbiedad	Turb	NTU	50			<i>in situ</i>	
	Sólidos Suspendidos Totales	SST	mg/l				1020UY	
	Sólidos Suspendidos Fijos	SSF	mg/l				1020UY	
	Sólidos Suspendidos Volátiles	SSV	mg/l				1020UY	
	Compuestos halogenados adsorbible	AOX	µg/l			> 25	8084UY	
	DBO ₅	DBO ₅	mg/l	≤ 10			2008UY	
	Alcalinidad	AlcT	mg/l				1002UY	
	Sustancias fenólicas	SustF	µg/l	≤ 5				
	Iones mayoritarios	Ca	mg/l				3129UY	
		Mg	mg/l				3140UY	
		Na	mg/l				3149UY	
		K	mg/l				3147UY	
	Cianuro total	CN	µg/l	≤ 20			4031UY	
	Metales pesados	Arsénico	As	µg/l	≤ 5			
			Cd	µg/l	≤ 0,1			3135UY
			Cr	µg/l	≤ 30			3141UY
			Fe	µg/l				3133UY
		Hg	µg/l	≤ 0,1			3128UY	
		Ni	µg/l	≤ 20			3142UY	
		Pb	µg/l	≤ 3			3146UY	
		Zn	µg/l	≤ 30			3138UY	
Nutrientes	Nitratos	NO ₃	mg/l	≤ 10			4085UY	
	Nitritos	NO ₂	mg/l	≤ 0,1			4066UY	
	Nitrógeno Total	NT	mg/l				ISO 11905-2	
	Nitrógeno amoniacal	NH ₄	mg/l				4080UY	
	Amonio libre	NH ₃	µg/l	≤ 20			--	
	Fósforo reactivo soluble	PO ₄	µg/l				4012UY	
	Fósforo Total	PT	µg/l	≤ 20			4013UY	
Biológicas	Clorofila a	Clo a	µg/l				7004UY	
	Feofitina a	Feo a	µg/l					
	Coliformes termotolerantes	ColiT	UFC/100ml	≤ 2000			5053UY	
Fitosanitarios	Endosulfan α	Endoα	µg/l		sumados ≤ 0,02		8087UY	
	Endosulfan β	Endoβ	µg/l					
	Endosulfan SO ₄	EndoSO ₄	µg/l					
	Diclorodifenildicloroetano forma p,p' (metabolito de DDT)	DDD	µg/l		sumados ≤ 0,001			
	Diclorodifenildicloroetileno forma p,p' (metabolito de DDT)	DDE	µg/l					
	Diclorodifeniltricloroetano forma p,p'	DDT	µg/l					
	Aldrin	Aldrin	µg/l		sumados ≤ 0,004			
	Dieldrin	Dieldrin	µg/l					
	Atrazina	Atrazina	µg/l		≤ 1,8		ISO 6468 (EPA 3510, EPA 8081B)	
	Heptacloro	Heptacl	µg/l		≤ 0,01			
	Lindano	Lindano	µg/l		≤ 0,01		8087UY	
Metoxiclor	Metoxi	µg/l		≤ 0,03				
Glifosato	Glifosato	µg/l		≤ 0,65		HPLC - DAD		
Ácido amino-metil-fosfónico	AMPA	µg/l						
* República Federal de Alemania								

2.6. Actividades

Durante 2016 se realizaron 4 muestreos, correspondientes a los meses de febrero, mayo, setiembre y noviembre. En las cuatro oportunidades, el río presentaba condiciones normales. En la campaña de noviembre incorporó la estación RNO a las estaciones de rutina.

3. RESULTADOS

En este capítulo presentaremos los resultados correspondientes a calidad del agua superficial obtenidos en el marco del *Plan de monitoreo del río Negro* durante el año 2016. Las campañas de muestreo de DINAMA se llevaron a cabo por personal técnico de la DCA, en 15 sitios ubicados en el curso principal del Río.

Se dispone de datos provenientes de 4 muestreos de agua 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 (Cervetto & Balero 2016).

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

3.1. Comparación con estándares de calidad

Los estándares de calidad de agua que se aplican para la evaluación son los establecidos para Clase 3, en el Decreto 253/79 y modificativos que reglamenta el Código de Aguas del Uruguay. Para las variables no contempladas en estas normativas se recurre al Borrador de Trabajo GESTA Agua (2008).

De las 51 variables analizadas en este curso de agua, 17 se encuentran reguladas en la legislación nacional, en el artículo 253/979. De las restantes, 13 marcan un valor estándar (aun no validado) en el Borrador de Trabajo GESTA Agua (2008); estos 13 valores son, entonces, no oficiales, pero marcan posibles valores estándar futuros, por lo cual son considerados como valores de referencia. Para otra variable (AOX), debido a no haber legislación nacional, se utiliza el valor establecido en la República Federal de Alemania, como valor de referencia.

Al comparar los datos registrados durante el periodo comprendido en el reporte, con los estándares establecidos en el Decreto 253/79 y modif., resulta que -en el caso de 19 de estas variables- se cumplen los criterios de calidad para el 100% de los registros. Se detecta incumplimiento del decreto en las variables:

- pH: 1 valor por encima del estándar (RN5 en febrero) y 7 valores por debajo (cubriendo la cuenca media durante el muestreo de noviembre) en 73 medidas.
- Pt: El 100 % de los valores registrados superan el estándar fijado en el decreto 253 (25 µg/l).
- Sustancias Fenólicas: 1 valor superiores al estándar (RN14 en noviembre) en 71 medidas.
- AOX: En sólo 2/73 muestras se superó el límite de cuantificación de la técnica utilizada (RN5 en febrero y RN13 en noviembre). En ambas ocasiones fue superado también el valor estándar considerado (25 µg/l).
- As: En 2/73 muestras se reportaron valores de As sobrepasando el valor fijado en el estándar (RN1 y RN2 en setiembre).
- Pb: El plomo presentó dos valores que sobrepasaron el estándar fijado (RN5F en setiembre y RN6 en noviembre), siendo además, los únicos valores cuantificados por la técnica analítica.
- Zn: El zinc incumplió con la norma en 1 ocasión (RN5F en setiembre).

En la figura 3 se presentan –esquemáticamente- las diferentes variables analizadas en el monitoreo del río Negro.

En resumen, de las 30 variables consideradas en el decreto 253 y modificativos, 7 de ellas han incumplido con este valor de referencia al menos en una ocasión durante 2016. De estas, algunas representan fenómenos puntuales, sin riesgo directo para el ecosistema, mientras que otras muestran un incumplimiento crónico que marca la necesidad de poner atención sobre ellas.



Fig. 3: Variables consideradas en el monitoreo del río Negro.

3.2. Agua superficial

3.2.1. Variables medidas *in situ*

3.2.1.1. Conductividad

La conductividad del agua del río Negro durante 2016 fluctuó entre un mínimo de 51,5 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (RN13F en noviembre) y un máximo de 224,5 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (RN12 en noviembre), con un promedio de 85,7 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Anexo 2) y una mediana de 79,4 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Se observa estabilidad de la conductividad entre 2016 y 2015. Los perfiles de las curvas de promedios de conductividad son similares en ambos años, siendo, en todas las estaciones de la cuenca alta, hasta el embalse del Rincón del Bonete, levemente superiores durante 2015. En la estación RN12 es mayor el promedio durante 2016, en RN13 y RN14 las conductividades son prácticamente idénticas en ambos años, y en RN15 y RN16, nuevamente, son levemente mayores durante 2016. Los promedios de salinidad para 2016 y 2015 fueron de 88,5 y 91,1 $\mu\text{S}/\text{cm}$ respectivamente. Con respecto a la variación de la conductividad entre 2016 y el quinquenio precedente, se observa que, a excepción de la estación RN12, el promedio de los cinco años previos es siempre superior al del año corriente, lo que se marca en un promedio (para el quinquenio) de 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Fig. 4).

Desde el punto de vista espacial, la conductividad se caracterizó por su estabilidad en la mayor parte de la cuenca; tanto los promedios como los rangos de variación son similares en las estaciones del curso principal. Escapa de esta similitud de promedios la estación RN12, con promedio y rango de variación notoriamente superiores, lo que muestra la “marca” de agua del río Yí (Fig. 5).

Temporalmente, la conductividad muestra promedios similares en las cuatro campañas realizadas, observándose rangos de variación más amplios en los meses de mayo y noviembre. Esta variación del rango está basada en la mayor diferencia de conductividad observada en la estación RN12.

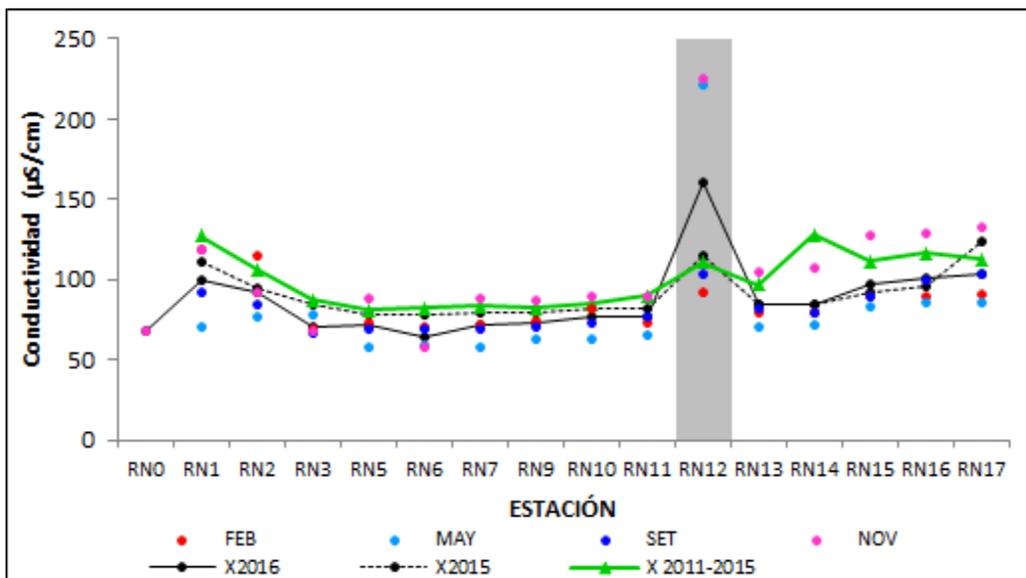


Fig. 4: Variación espacial y temporal de la Conductividad del agua a lo largo del Río Negro en las 4 campañas de monitoreo del año 2016. El recuadro marca RN12, con fuerte influencia del río Yí. X2015 = promedio de Conductividad para el año 2015. X2016 = promedio de Conductividad para el año 2016. X2011-2015 = Promedio de Conductividad para el quinquenio precedente.

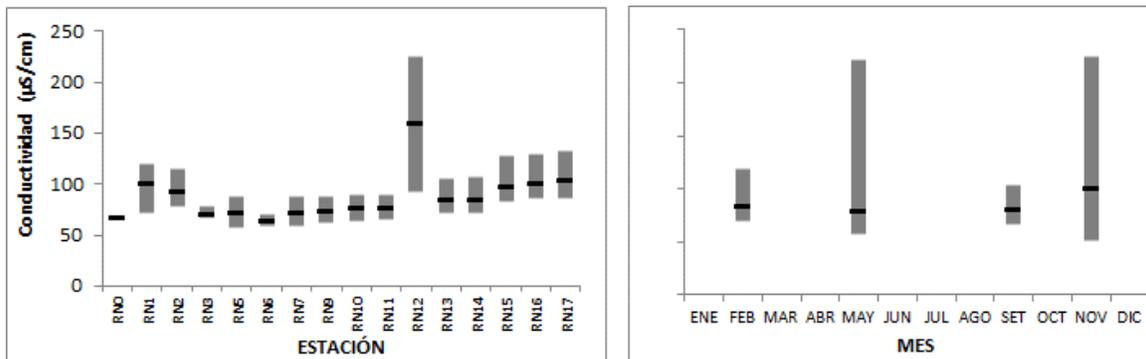


Fig. 5. Variación espacial (izquierda) y temporal (derecha) de la Conductividad (promedio y rango de variación) en el río Negro durante 2016.

3.2.1.2. Temperatura

La temperatura del río Negro durante 2016 varió entre un mínimo de 11°C (RN1 en mayo) y un máximo de 29,8 °C (RN3 en febrero) (Anexo 2). El promedio anual fue de 21,7°C y la mediana de 22,9°C.

El año 2016 fue, promediamente, más cálido que el 2015. Con variaciones similares a lo largo de la cuenca, las temperaturas registradas durante 2016 son más elevadas que las de 2015. Este proceso se complementa con lo observado en el promedio de temperaturas entre 2011 y 2015 (Fig. 6), con un promedio de 19,8 °C, que es inferior a los anuales (20,4°C en 2015 y 21,6°C en 2016). Esto estaría mostrando un calentamiento del agua del río Negro, al menos en los últimos cinco años.

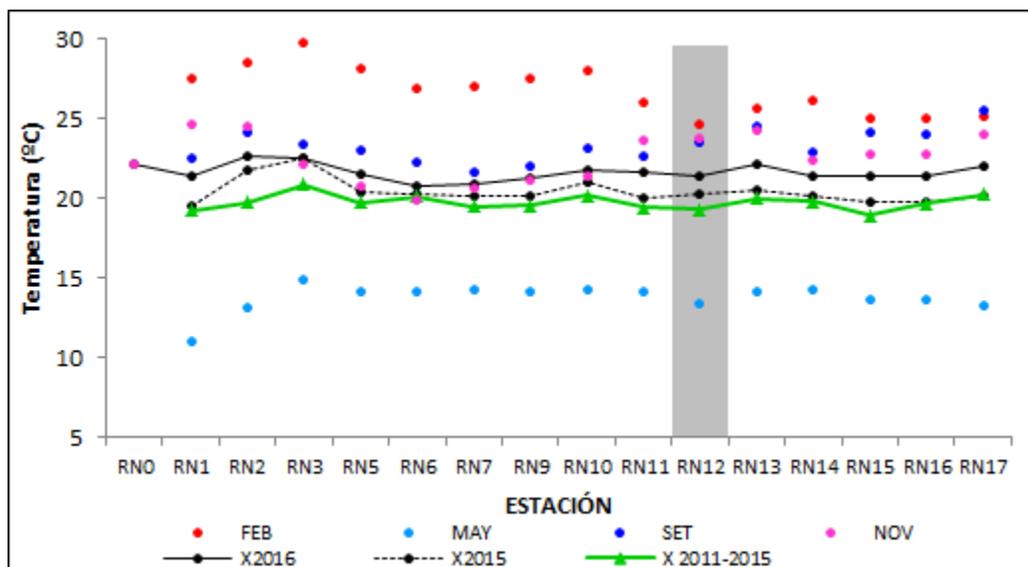


Fig. 6: Variación espacial y temporal de la Temperatura del agua a lo largo del Río Negro en las 4 campañas de monitoreo del año 2016. El recuadro marca RN12, con fuerte influencia del río Yí. X2015 = promedio de Temperatura para el año 2015. X2016 = promedio de Temperatura para el año 2016. X2011-2015 = Promedio de Temperatura para el quinquenio precedente.

La distribución espacial de la temperatura es uniforme a lo largo del eje del río, sólo destacándose temperaturas más altas (aproximadamente 0,5 °C) en las estaciones RN2 y RN3 (Fig. 7).

Desde el punto de vista temporal, como es esperable, la temperatura muestra una marcada estacionalidad, con máximo en febrero y mínimo en mayo (Fig. 7), con un calentamiento rápido de agua después del invierno, ya que en setiembre la temperatura promediaba los 20°C.

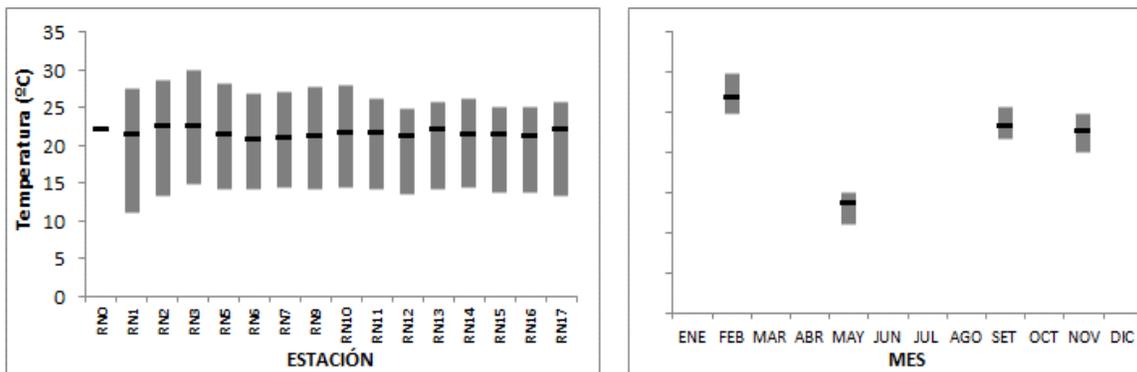


Fig. 7. Variación espacial (izquierda) y temporal (derecha) de la Temperatura (promedio y rango de variación) en el río Negro durante 2016.

3.2.1.3. Oxígeno Disuelto

La variación de la concentración de oxígeno disuelto (OD) en el agua del río Negro durante 2016 fue amplia, con valores fluctuantes entre un mínimo de 6,67 mg/l (RN17 en febrero) y un máximo de 11,79 mg/l (RN14 en mayo)(Anexo 2). El promedio anual de OD en 2016 fue de 8,58 mg/l, siendo la mediana de 8,34 mg/l.

El análisis de las curvas de promedio muestra la estabilidad de esta variable en la cuenca del río Negro. Las diferencias entre 2016 y 2015 son mínimas, con concentraciones –generalmente– más altas en 2016. La única excepción a esta distribución se observa en RN3, con una concentración de 0,8 mg/l mayor en 2015. Estas diferencias mínimas entre ambos años se reflejan en los promedios, siendo de 8,58 mg/l en 2016 y 8,53 mg/l en 2015 (Fig. 8). El promedio 2011-2015 muestra valores siempre menores que en 2016, a excepción de la estación RN15. Esta estabilidad queda marcada con los promedios calculados: en 2016, 8,58 mg/l, y el promedio 2011-2015 de 8,16 mg/l.

La variación espacial de la concentración de OD durante 2016 es poca. El promedio de todas las estaciones muestra una diferencia de sólo 1,5 mg/l entre los valores extremos. La menor concentración promedio se observa en RN0, pero este valor podría estar marcando el caso particular de esta estación. Recién incorporada al programa, RN0 fue muestreada sólo en noviembre, con altas temperaturas (que reducen la solubilidad del OD en el agua), por lo que se explica ese valor más bajo (Fig. 9).

La variación temporal del OD mostró un comportamiento similar en los cuatro muestreos realizados, con su valor más alto en mayo, coincidiendo con las bajas temperaturas del agua. Las concentraciones más bajas de OD fueron medidas en febrero, con altas temperaturas en el agua (Fig. 9).

El oxígeno disuelto cumple con el estándar fijado en el decreto 253 (> 5 mg/l) en el 100 % de las muestras realizadas (n=73)(Anexo 1). En todos los casos la solubilidad del oxígeno fue alta, habiendo sólo un registro inferior al 80% de saturación.

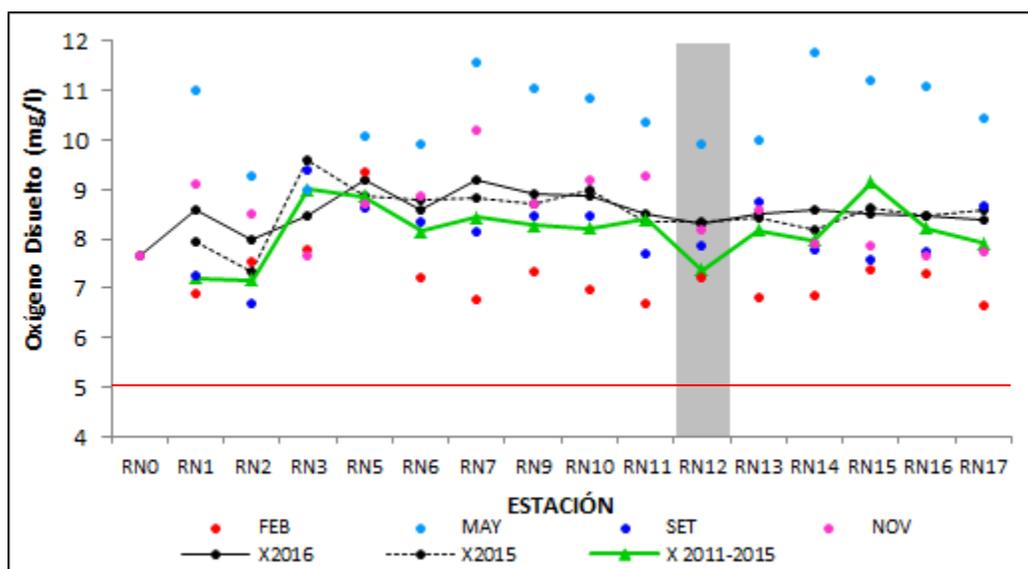


Fig. 8: Variación espacial y temporal del Oxígeno Disuelto del agua a lo largo del Río Negro en las 4 campañas de monitoreo del año 2016. El recuadro marca RN12, con fuerte influencia del río Yí. X2015 = promedio de Oxígeno Disuelto para el año 2015. X2016 = promedio de Oxígeno Disuelto para el año 2016. X2011-2015 = Promedio de Oxígeno Disuelto para el quinquenio precedente. La línea roja marca en valor estipulado en el decreto 253.

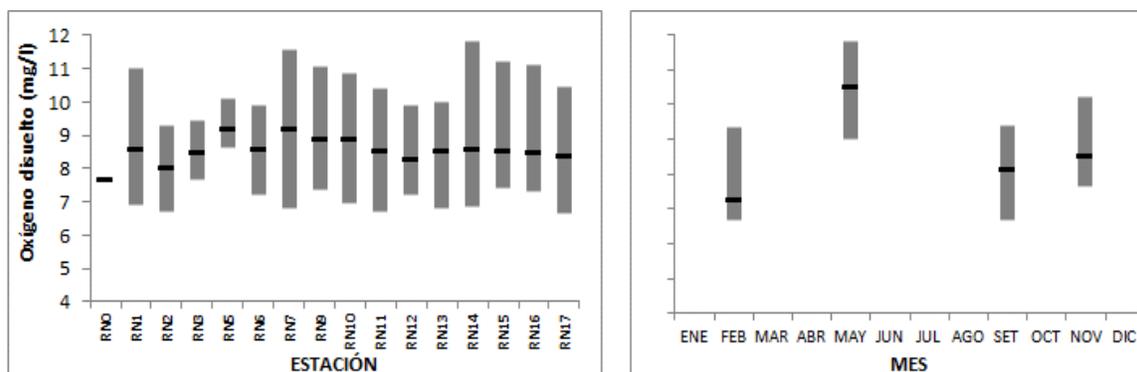


Fig. 9. Variación espacial (izquierda) y temporal (derecha) del Oxígeno Disuelto (promedio y rango de variación) en el río Negro durante 2016.

3.2.1.4. pH

El pH fluctuó entre un mínimo de 5,77 (RN10 en noviembre) y un máximo de 8,93 (RN5 en febrero)(Anexo 2). El promedio anual calculado para la cuenca fue de 7,24, mientras que la mediana fue de 7,27.

Las curvas anuales de pH muestran que, en líneas generales, los valores fueron más altos durante 2015. En la cuenca alta se observan los únicos puntos en que el pH tuvo valores mayores en 2016. En las cuencas media y baja, siempre se observan valores mayores durante 2015 (Fig. 10). La variabilidad interanual del pH es escasa, mostrando promedio de 7,2 en 2016 y de 7,4 en 2015. Durante el período 2011-2015 se calcularon promedios siempre superiores a los registrados en 2016, con un promedio general de 7,5. Esto estaría mostrando una acidificación del agua del río negro durante el último lustro.

Espacialmente se percibe una mayor concentración en RN5 -que no se visualizaba en años precedentes- y un descenso paulatino hasta RN11 (Fig. 11). Con la influencia del aporte de aguas del río Yí (RN12) se produce un aumento del pH en ese punto y, con ligeras variaciones, un mantenimiento de ese valor hacia la parte porción baja de la cuenca (con leve aumento en los dos últimos puntos).

La variación temporal del pH es escasa, mostrando promedios muy similares en las cuatro campañas (diferencia máxima de 1 entre los muestreos extremos). A diferencia del año precedente, se observa un rango de variación un poco mayor en los meses más cálidos.

De los 73 valores de pH colectados en el año, sólo 6 (11%) escapan de los límites marcados por el decreto 253 (Anexo 1). Un valor superior al estándar en el mes de febrero (RN5) y los otros 5, todos por debajo del estándar, en el mes de noviembre.

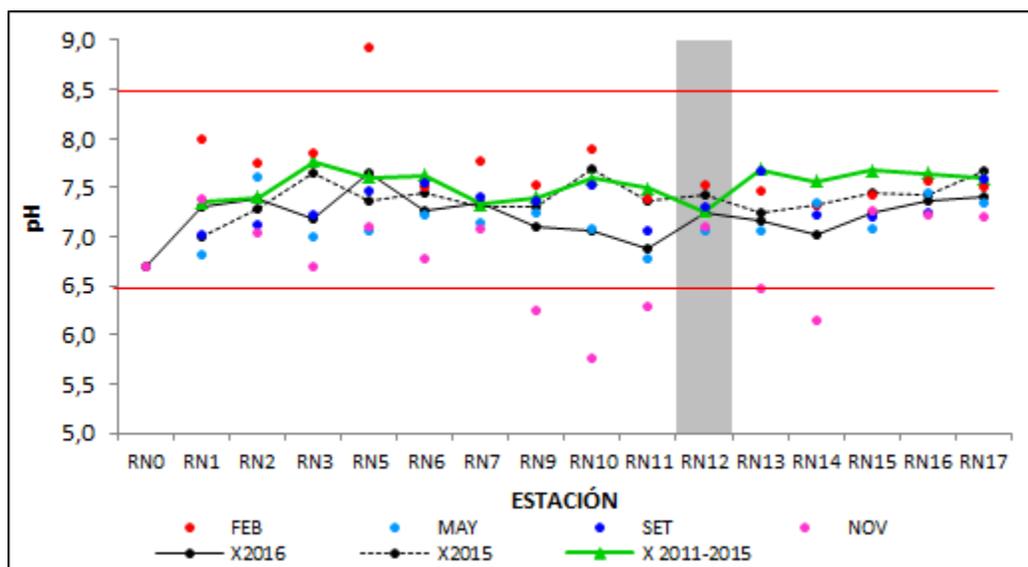


Fig. 10: Variación espacial y temporal del pH del agua a lo largo del Río Negro en las 4 campañas de monitoreo del año 2016. El recuadro marca RN12, con fuerte influencia del río Yí. X2015 = promedio de pH para el año 2015. X2016 = promedio de pH para el año 2016. X2011-2015 = Promedio de pH para el quinquenio precedente. Las líneas rojas marcan los valores estipulados en el decreto 253

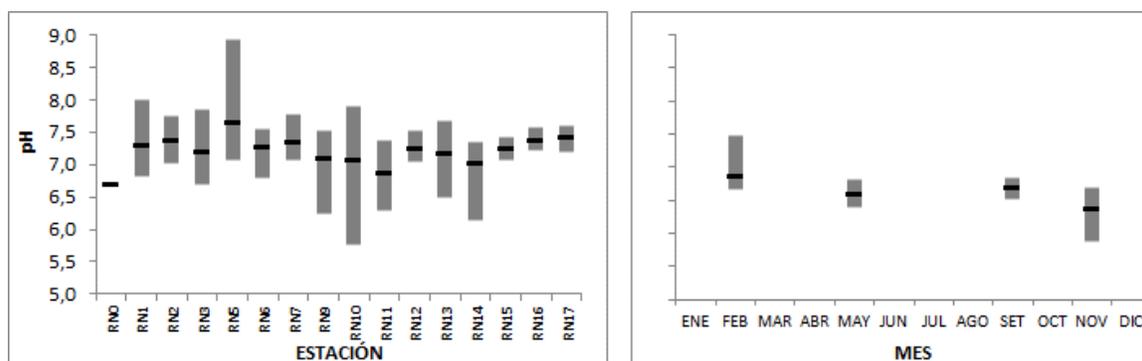


Fig. 11. Variación espacial (izquierda) y temporal (derecha) del pH (promedio y rango de variación) en el río Negro durante 2016.

3.2.1.5. Transparencia

La transparencia se ubicó entre un mínimo de 52 cm (RN17 en noviembre) y 145 cm (RN9 en noviembre)(Anexo 2). El promedio anual fue de 97 cm y la mediana de 95 cm.

El perfil de las curvas de variación muestra una evolución diferente entre 2015 y 2016 (Fig. 12). En líneas generales, durante 2016 la transparencia es más baja en la cuenca alta y parte de la cuenca media (hasta RN9). En la segunda porción de la cuenca media y en la cuenca baja, la transparencia es mayor. De todas formas, estas diferencias entre ambos años son escasas, lo que se verifica en los promedios anuales, de 97,0 cm en 2016 y 88,9 cm en 2015. La curva de distribución espacial de la transparencia durante 2016 muestra, con pocas excepciones una mayor transparencia que en el quinquenio 2011-2015. Sólo en las estaciones RN6, RN7 y RN17 los promedios de transparencia son inferiores en 2016 que en el promedio de los cinco años precedentes. Esta diferencia se refleja en los promedios; de 97 cm en 2016 y 79,9 cm en el quinquenio 2011-2015.

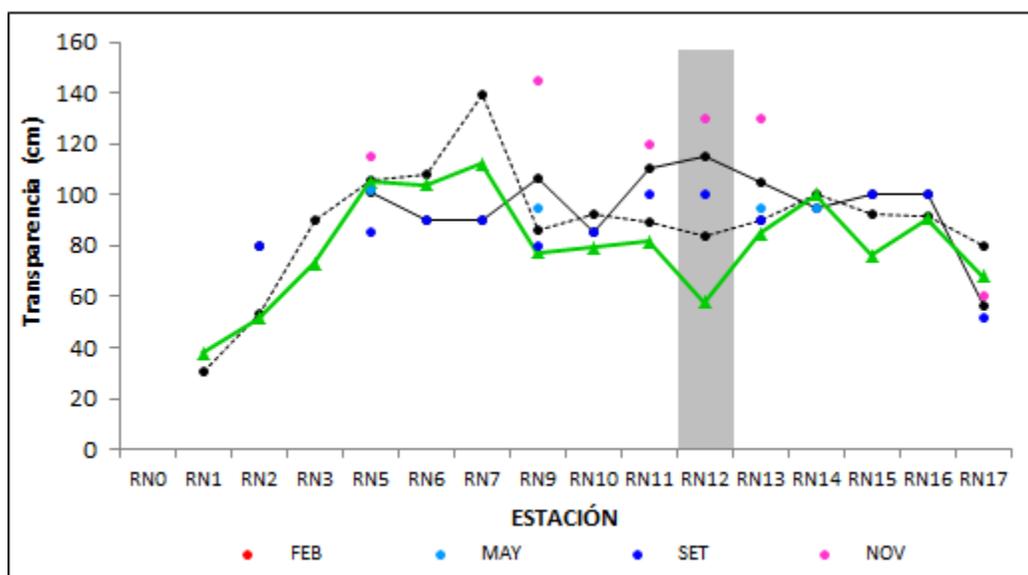


Fig. 12: Variación espacial y temporal de la Transparencia del agua a lo largo del Río Negro en las 4 campañas de monitoreo del año 2016. El recuadro marca RN12, con fuerte influencia del río Yí. X2015 = promedio de Transparencia para el año 2015. X2016 = promedio de Transparencia para el año 2016. X2011-2015 = Promedio de Transparencia para el quinquenio precedente.

La distribución espacial de la transparencia durante 2016 se caracteriza por la estabilidad a lo largo del curso principal del río, con promedios similares en todas las estaciones, a excepción de la estación RN17, que presenta un promedio de la mitad del resto de las estaciones (Fig. 13).

Temporalmente, los promedios calculados para cada campaña son similares, pero el rango de variación es más amplio en el segundo semestre; posiblemente debido a las precipitaciones ocurridas en los días previos a los muestreos.

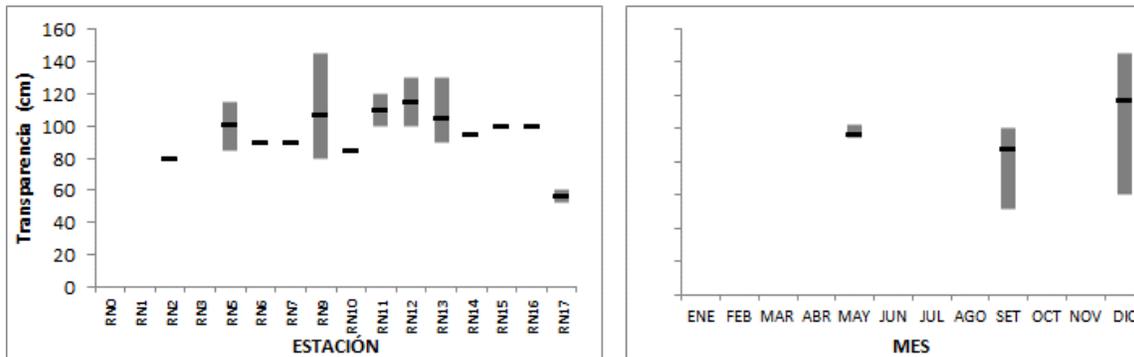


Fig. 13. Variación espacial (izquierda) y temporal (derecha) de la Transparencia (promedio y rango de variación) en el río Negro durante 2016.

3.2.2. Resultados analíticos

3.2.2.1. Alcalinidad

La alcalinidad de las aguas del río Negro durante 2016 fluctuó entre un valor mínimo de 23 mg/l (RN1 en mayo) y un máximo de 100 mg/l (en dos ocasiones: RN12 en mayo y noviembre)(Anexo 3). El promedio anual fue de 37 mg/l, mientras que la mediana fue de 36 mg/l.

La alcalinidad muestra una tendencia general al aumento de concentración a lo largo del curso principal del río Negro. La distribución espacial de concentraciones de alcalinidad durante 2016 es la misma que durante 2015 (Fig. 14). Si bien el perfil de las curvas es el mismo, existe una diferencia entre ambos años: durante 2016, en las cuencas alta y media (RN0 – RN11) la concentración promedio es inferior a la del 2015 y, a partir de RN13 hacia la desembocadura, las concentraciones son muy similares. Estas escasas diferencias se reflejan en los promedios calculados para cada año, de 38,3 mg/l en 2016 y 40,8 mg/l en 2015. Las concentraciones de alcalinidad calculadas para el quinquenio 2011-2015 son siempre superiores a las de 2016, llegándose a un promedio de 51,7 mg/l en el lustro.

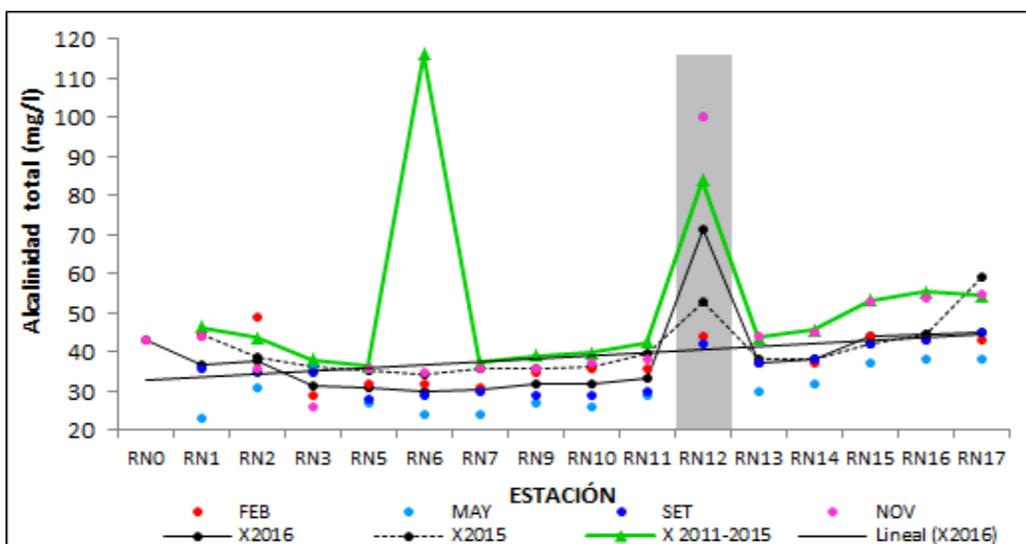


Fig. 14: Variación espacial y temporal de la Alcalinidad del agua a lo largo del Río Negro en las 4 campañas de monitoreo del año 2016. El recuadro marca RN12, con fuerte influencia del río Yí. X2015 = promedio de Alcalinidad para el año 2015. X2016 = promedio de Alcalinidad para el año 2016. X2011-2015 = Promedio de Alcalinidad para el quinquenio precedente.

La distribución espacial de la alcalinidad en el curso principal del río Negro durante 2016 es homogénea, no existiendo grandes diferencias entre las estaciones de muestreo. En ambas cabeceras se observan concentraciones más elevadas, con una tendencia general al aumento hacia la desembocadura (Fig. 15). Se destacan las más altas concentraciones de la estación RN12, con fuerte influencia del río Yí, que no parecen influir sobre las concentraciones en estaciones cercanas.

Desde el punto de vista temporal, no se observa un patrón de variación determinado. Las concentraciones promedio son similares en los 4 muestreos y se observa mayor rango de variación en los muestreos de mayo y noviembre, pero directamente influenciados por los valores registrados en RN12.

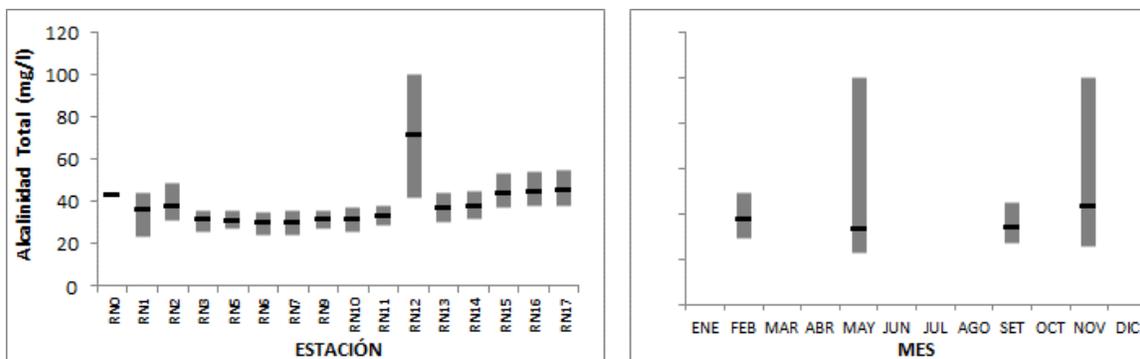


Fig. 15. Variación espacial (izquierda) y temporal (derecha) de la Alcalinidad (promedio y rango de variación) en el río Negro durante 2016.

3.2.2.2. Nutrientes

3.2.2.2.1. NO₃

Los nitratos fluctuaron entre un mínimo de 0,02mg/l (RN5 en febrero) -valor que corresponde al límite de la técnica-, y un máximo de 0,45 mg/l (RN17 en diciembre)(Anexo 3). El promedio anual de los nitratos fue de 0,16 mg/l, mientras que la mediana fue de 0,14 mg/l.

En líneas generales, los NO₃ muestran una leve tendencia a la disminución desde las nacientes hacia la desembocadura. Los perfiles de 2016 y 2015 son muy similares. Durante 2016 las concentraciones son menores que en 2015 en toda la extensión de las cuencas alta y media, pero mayores en la cuenca baja (Fig. 16). Esas mayores concentraciones durante 2015 se reflejan en los promedios calculados, de 0,16 mg/l en 2016 y 0,19 mg/l en 2015. El promedio NO₃ calculado de para el período 2011-2015 es siempre superior al de 2016, con un promedio de 0,22 mg/l.

La variación espacial de los NO₃ en el curso principal del río Negro durante 2016 muestra los valores máximos en la cuenca alta, los mínimos en la cuenca media y un ascenso a valores intermedios en la cuenca baja (Fig. 17). Estos valores finales enmascaran la tendencia general a la disminución a lo largo del curso. El rango de variación es más amplio en la cuenca baja.

Temporalmente no hay grandes diferencias entre los cuatro muestreos realizados. Los promedios son similares y sólo se observa un rango de variación más amplio en aguas más cálidas.

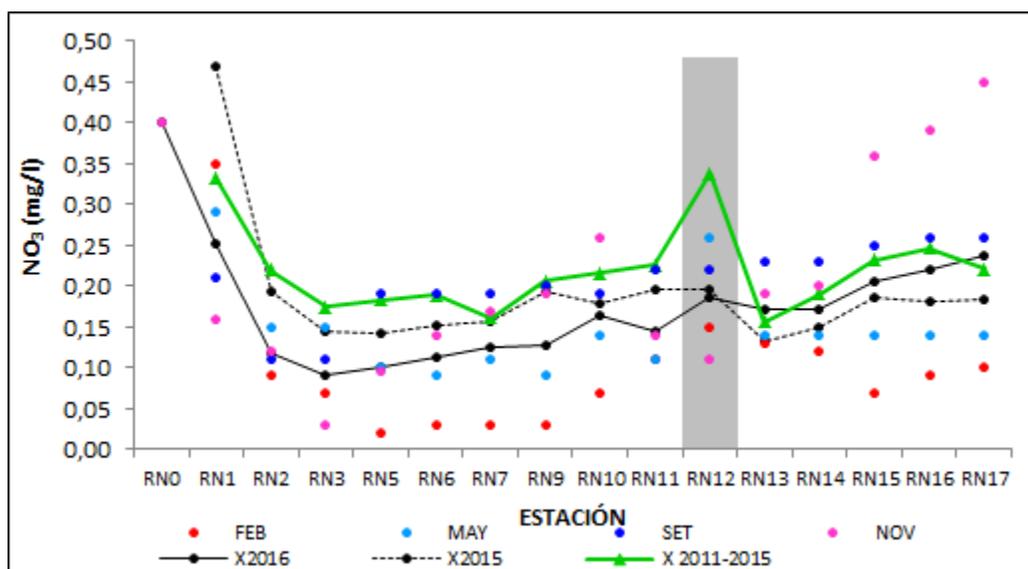


Fig. 16: Variación espacial y temporal de los Nitratos del agua a lo largo del Río Negro en las 4 campañas de monitoreo del año 2016. El recuadro marca RN12, con fuerte influencia del río Yí. X2015 = promedio de los Nitratos para el año 2015. X2016 = promedio de los Nitratos para el año 2016. X2011-2015 = Promedio de los Nitratos para el quinquenio precedente.

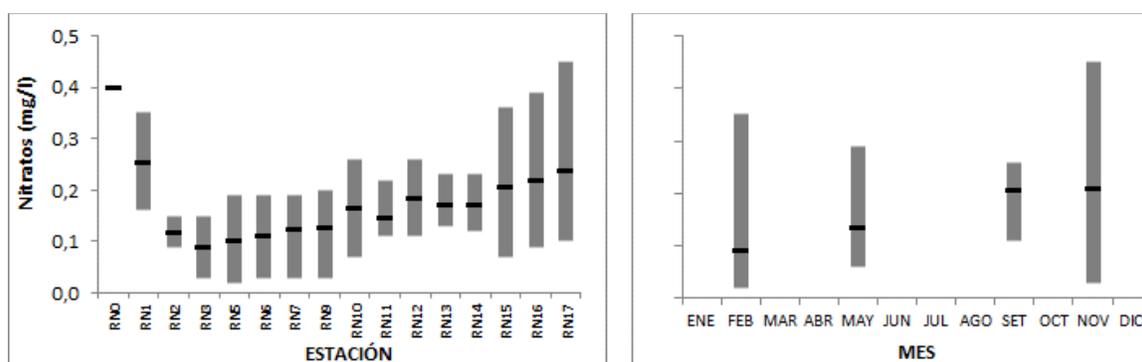


Fig. 17. Variación espacial (izquierda) y temporal (derecha) de los Nitratos (promedio y rango de variación) en el río Negro durante 2016.

Los NO_3 cumplen en el 100 % de las medidas ($n = 73$) con el valor estándar fijado en el decreto 253 (≥ 5 mg/l), siendo el valor máximo registrado en el río Negro, más de 10 veces inferior a ese estándar (Anexo 1). Las curvas de promedios de concentración en cada estación para 2016, 2015 y para el quinquenio 2011-2015 podrían estar mostrando una disminución en la concentración de NO_3 en las aguas del curso principal del río Negro.

3.2.2.2.2. NO_2

Los nitritos no son considerados en el decreto 253; sin embargo, el grupo GESTA Agua los propone con una concentración estándar de $\leq 0,1$ mg/l.

Todas las concentraciones obtenidas de nitritos son muy inferiores a este estándar propuesto, siendo la mayor de 0,012 mg/l (RN12 en noviembre), o 0,0074 mg/l (RN16 en noviembre), si consideramos aguas del curso principal, sin influencias externas.

De los 73 resultados obtenidos sólo 10 superaron los límites de la técnica utilizada; la mayor parte de ellos en noviembre en las cuencas baja y media del río (Anexo 3).

Los bajos valores observados de NO_2 durante 2016 derivan en un 100% de cumplimiento del valor estándar postulado por el grupo GESTA Agua (0,02 mg/l)(Anexo 1).

3.2.2.2.3. NH_4

El amonio tampoco está considerado en los estándares instituidos en el decreto 253. Las concentraciones observadas fueron bajas, detectándose valores por debajo del nivel de detección de la muestra en el 50% de las ocasiones. La concentración más alta registrada para esta variable fue de 0,21 mg/l en la estación RN7 en mayo (Anexo 3).

3.2.2.2.4. NH_3

El amoníaco libre fluctuó entre una concentración mínima de menos de 0,001 mg/l (en muchas ocasiones; todas ligadas a valores de NH_4 por debajo del límite de la técnica utilizada) y un máximo de 0,012 mg/l (RN5 en febrero)(Anexo 3).

Las curvas de promedios del NH_3 libre en cada estación muestran perfiles similares entre 2016 y 2015 (Fig. 18), aunque los valores son superiores durante 2015. Sólo en dos puntos (RN1 y RN7) se observan valores superiores durante 2016. Los promedios anuales comparados para ambos años fueron de 0,0003 mg/l en 2016 y 0,0004 mg/l en 2015. Los promedios calculados en el quinquenio 2011-2015 son generalmente superiores a los de 2016, incluso, con fuertes picos en RN5 y RN13, embalses de Rincón del Bonete y Palmar respectivamente.

La distribución espacial de las concentraciones de NH_3 durante 2016 muestra mayores concentraciones en la cuenca alta, marcando una tendencia a la disminución a lo largo del curso del río (Fig. 19). Llama la atención la baja concentración registrada en la estación RN0; sin embargo se trata de una sola medida, ya que esa estación fue incorporada al monitoreo recién en la última campaña de 2016. El bajo valor puede ser debido a una situación puntual, lo que será contrastado con nuevas mediciones.

La distribución temporal muestra tres campañas con promedios y rangos de variación similares. En el muestreo de febrero se produce en RN5 un registro muy elevado, que aumenta notoriamente el promedio y el rango de variación con respecto a las otras campañas.

El 100 % de las 73 observaciones realizadas durante 2016 cumple con el estándar fijado en el decreto 253 (0,02 mg/l).

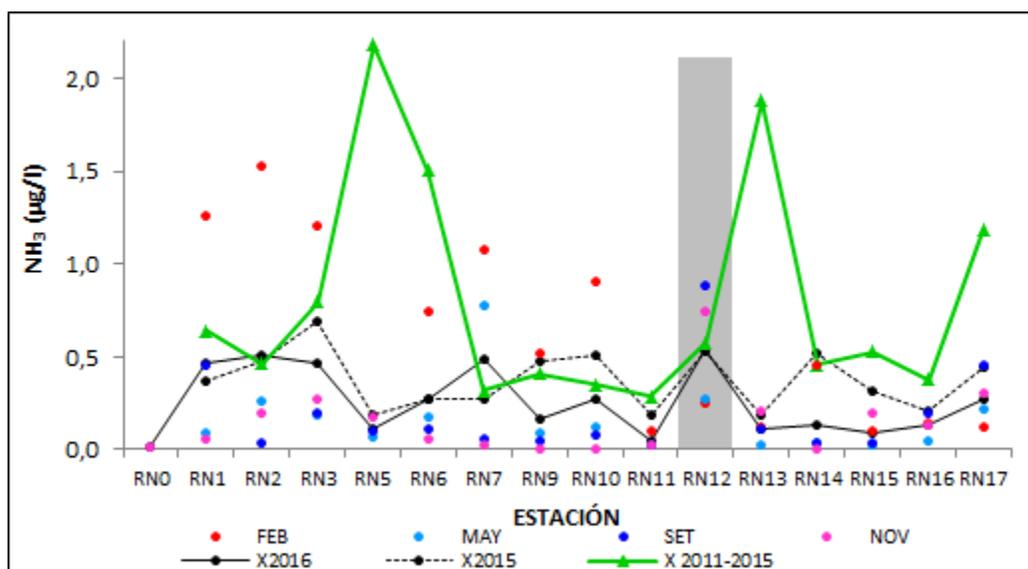


Fig. 18: Variación espacial y temporal del Amoníaco Libre del agua a lo largo del Río Negro en las 4 campañas de monitoreo del año 2016. El recuadro marca RN12, con fuerte influencia del río Yí. X2015 = promedio del Amoníaco Libre para el año 2015. X2016 = promedio del Amoníaco Libre para el año 2016. X2011-2015 = Promedio del Amoníaco Libre para el quinquenio precedente

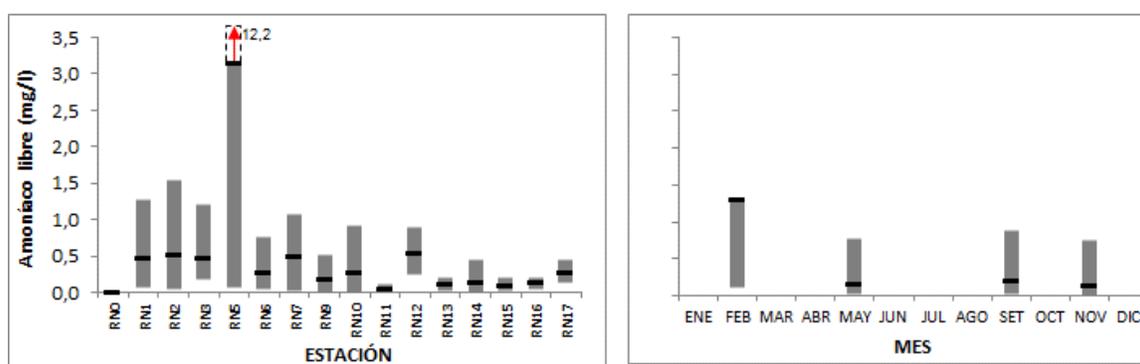


Fig. 19. Variación espacial (izquierda) y temporal (derecha) del Amoníaco Libre (promedio y rango de variación) en el río Negro durante 2016.

3.2.2.2.5. Nt

El Nitrógeno Total en aguas curso principal del río Negro durante 2016 fluctuó entre una concentración mínima de 0,08 mg/l, coincidente con el límite de la técnica utilizada (RN2 en noviembre) y un máximo de 19,50 mg/l (Anexo 3). El promedio de Nt fue de 1,13 mg/l, mientras que la mediana fue de 0,74 mg/l.

La distribución del Nt en el curso principal del río Negro en 2016 y 2015 es casi idéntica. Tanto el perfil de las curvas como los valores promedio calculados para cada estación son muy similares (Fig. 20). Sólo se perciben pequeñas diferencias de concentración entre años en la cuenca alta y, la diferencia más evidente, un notorio aumento de concentración en las estaciones RN15, RN16 y RN17, de la cuenca baja, durante

2016. Ese aumento se refleja en los promedios anuales calculados: 1,13 mg/l en 2016 y 0,73 mg/l en 2015. La distribución del Nt en el quinquenio 2011-2015 también es casi idéntica a la de 2016, con las mismas diferencias en la cuenca alta y la baja, arrojando un promedio de 0,84 mg/l en el lustro. Estos resultados marcan la estabilidad de la concentración de Nt en el río Negro tanto temporal como espacialmente, sin embargo, las concentraciones detectadas en la cuenca baja en 2016 son un llamado de atención a un aumento que duplicaría al promedio precedente. No debería tratarse de una situación puntual, ya que esos valores –inesperadamente altos– se reportan en 3 de las campañas del año.

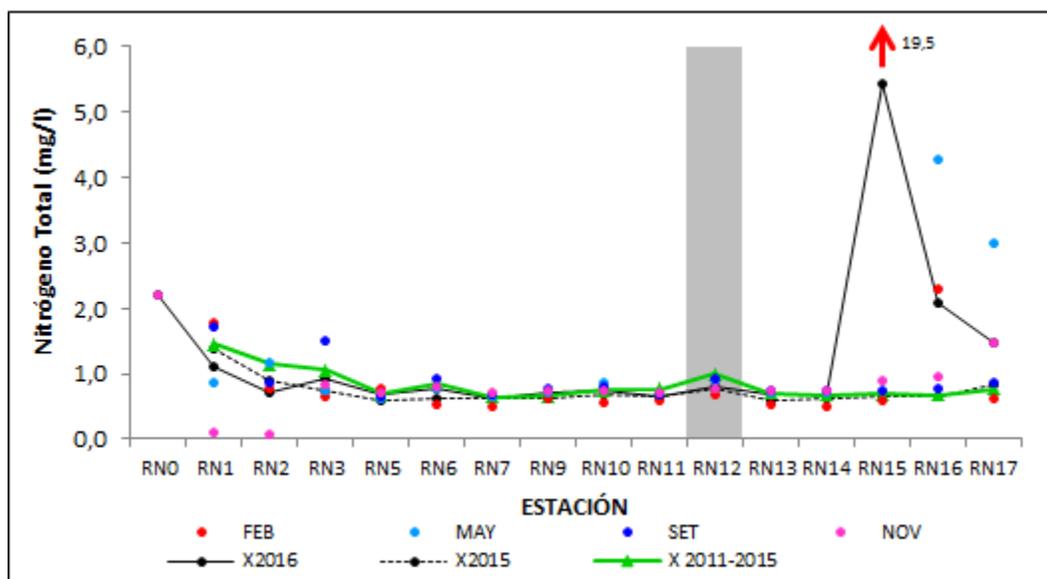


Fig. 20: Variación espacial y temporal del Nitrógeno Total del agua a lo largo del Río Negro en las 4 campañas de monitoreo del año 2016. El recuadro marca RN12, con fuerte influencia del río Yí. X2015 = promedio del Nitrógeno Total para el año 2015. X2016 = promedio del Nitrógeno Total para el año 2016. X2011-2015 = Promedio del Nitrógeno Total para el quinquenio precedente.

La distribución espacial del Nt en el curso del río Negro muestra una tendencia al aumento hacia la desembocadura. En los dos extremos del curso del río se observan promedios y rangos de variación más altos que en la porción media; fundamentalmente en la cuenca baja, en las estaciones RN15 a RN17 (Fig. 21).

La fluctuación temporal del Nt en el río negro muestra 3 campañas con promedio y rangos de variación similares, y la campaña de mayo con concentraciones varias veces mayores.

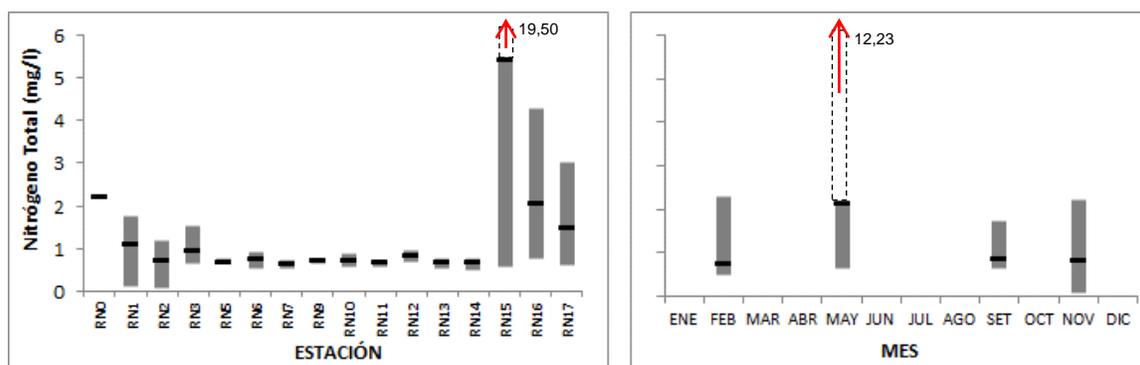


Fig. 21. Variación espacial (izquierda) y temporal (derecha) del Nitrógeno Total (promedio y rango de variación) en el río Negro durante 2016.

3.2.2.2.6. PO₄

Las concentraciones de fosfatos variaron entre un mínimo de 21 µg/l (RN6 en setiembre) y un máximo de 130 µg/l (RN17 en noviembre)(Anexo 3). El promedio anual de los fosfatos fue de 54 µg/l y la mediana de 47 µg/l.

Las concentraciones promedio anuales fueron similares entre 2016 y 2015 (Fig. 22), aunque casi siempre mayores durante 2015. Sólo en tres estaciones (RN3, RN15 y RN17) el valor fue mayor durante 2016. Se exceptúa de este análisis el caso de la estación RN12, con una marcada influencia del río Yí, que la diferencia de las estaciones adyacentes, con concentraciones de PO₄ más elevadas. Los promedios anuales calculados eliminando los valores de la estación RN12 son de 52 µg/l para 2016 y 58 µg/l para 2015. Los promedios calculados para el quinquenio previo (2011-2015) son, en todas las estaciones mayores a los de 2016, alcanzando un promedio total de 60 µg/l. Estos resultados mostrarían un leve descenso de la concentración de PO₄ en la cuenca del río Negro.

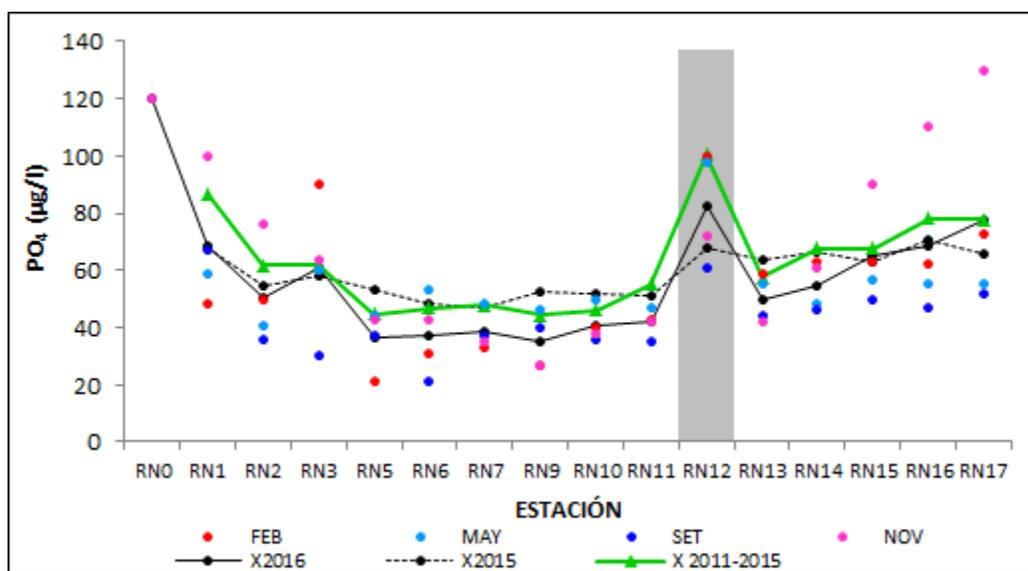


Fig. 22: Variación espacial y temporal de los Fosfatos del agua a lo largo del Río Negro en las 4 campañas de monitoreo del año 2016. El recuadro marca RN12, con fuerte influencia del río Yí. X2015 = promedio de los Fosfatos para el año 2015. X2016 = promedio de los Fosfatos para el año 2016. X2011-2015 = Promedio de los Fosfatos para el quinquenio precedente.

La distribución espacial del PO₄ en el curso principal del río Negro se caracteriza por mayores concentraciones en ambas cabeceras del río (Fig. 23). Se infiere una entrada de agua al país muy cargada de PO₄ (desde la hemicuenca brasileña), con una disminución progresiva hasta la estación RN9 (menor concentración promedio en el año), y a partir de esta un aumento paulatino hacia la desembocadura. Por efecto de la alta concentración registrada en RN0, la tendencia general es a disminuir desde las nacientes hacia la desembocadura.

La concentración de PO₄ es estable a lo largo de 2016. Los promedios calculados son similares en las cuatro campañas. Sólo se aprecia un rango de variación más amplio en los meses más cálidos.

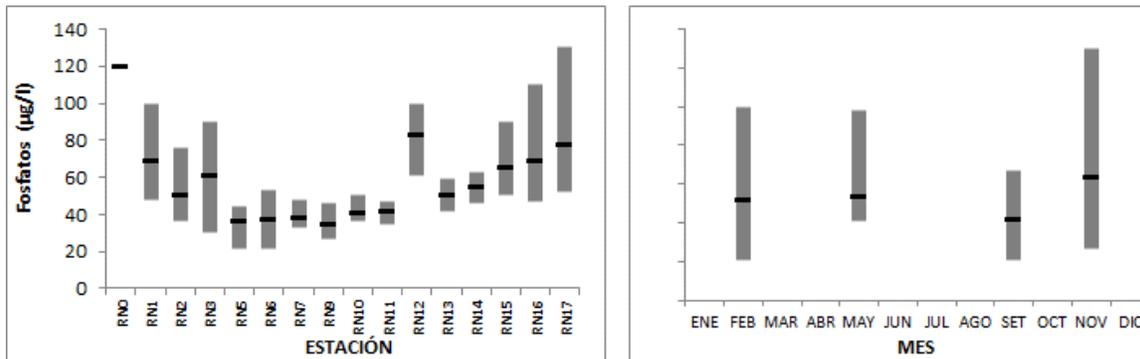


Fig. 23. Variación espacial (izquierda) y temporal (derecha) de los Fosfatos (promedio y rango de variación) en el río Negro durante 2016.

3.2.2.2.7. Pt

Las concentraciones de Fósforo Total variaron entre un mínimo de 36 µg/l (RN6 en setiembre) y un máximo de 200 µg/l (RN12 en febrero)(Anexo 3). El promedio anual de la concentración de Pt en el curso principal del río Negro durante 2016 fue de 95 µg/l y la mediana de 89 µg/l.

La variación de las concentraciones promedio a lo largo del curso del río Negro es similar en 2016 y 2015 (Fig. 24). En líneas generales, la concentración fue mayor durante 2015 en las cuencas alta y media, y mayor en 2016 en la cuenca baja. Estos valores se reflejaron en promedios de 96 µg/l en 2016 y 100 µg/l en 2015. Los valores fueron siempre superiores en el quinquenio precedente (2011 – 2015), alcanzando un promedio de 119 µg/l. Estos valores mostrarían una reducción del Pt en el curso principal del río Negro.

En la distribución espacial del Pt se observan altas concentraciones en las estaciones más cercanas a la frontera, y un rápido descenso hasta la estación RN5 (Fig. 25). A partir de esta se produce un aumento sostenido, estimulado en la porción final del río, por el aporte de la estación RN12. A pesar de este aumento, la tendencia general observada es a un leve descenso de la concentración hacia la desembocadura.

La variación temporal de las concentraciones de Pt no muestra un patrón de variación definido, más allá de observarse rangos de variación más amplios en aguas en meses más cálidos (Fig. 25).

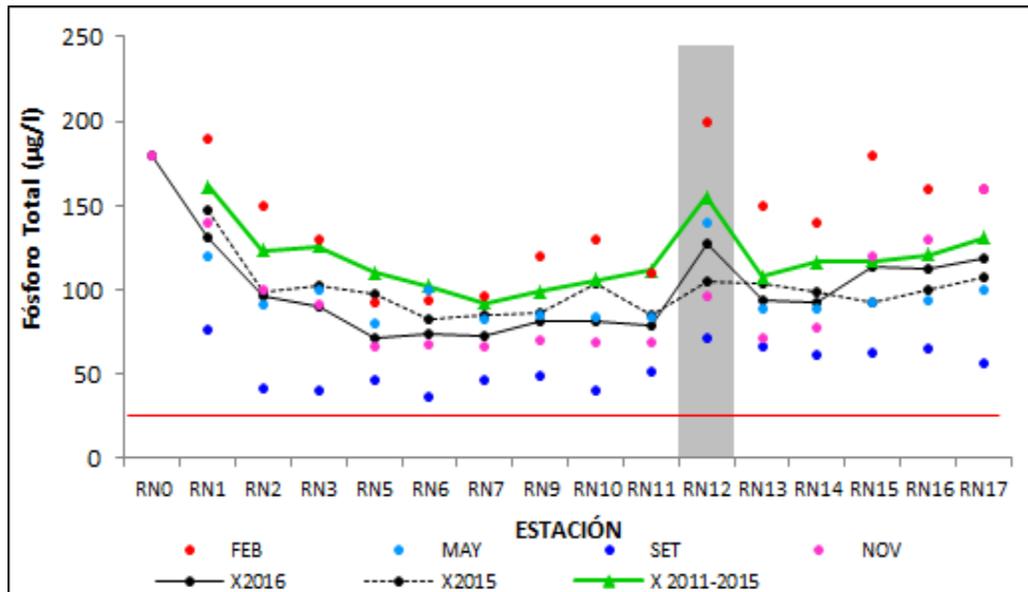


Fig. 24: Variación espacial y temporal del Fósforo Total del agua a lo largo del Río Negro en las 4 campañas de monitoreo del año 2016. El recuadro marca RN12, con fuerte influencia del río Yí. X2015 = promedio del Fósforo Total para el año 2015. X2016 = promedio del Fósforo Total para el año 2016. X2011-2015 = Promedio del Fósforo Total para el quinquenio precedente.

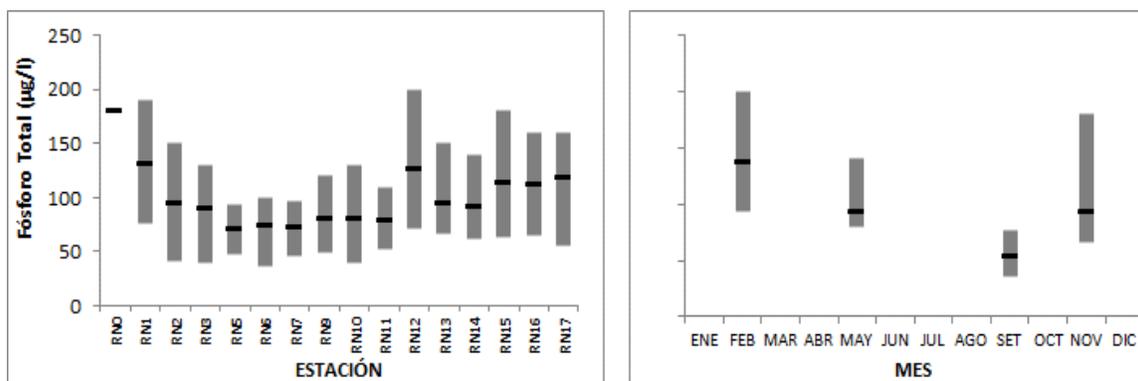


Fig. 25: Variación espacial (izquierda) y temporal (derecha) del Fósforo Total (promedio y rango de variación) en el río Negro durante 2016.

Considerando las concentraciones promedio para cada campaña, la máxima diferencia registrada en las concentraciones promedio (febrero – setiembre) es de 82 $\mu\text{g/l}$. Este valor se torna importante, considerando que el valor estándar fijado por el decreto 253 es 25 $\mu\text{g/l}$; esto implica que la variación de promedios es 3 veces superior es este estándar. De hecho, en el 100 % de las muestras analizadas ($n = 73$) las concentraciones observadas de Pt incumplieron con la norma establecida (Anexo 1).

3.2.2.3. Iones mayoritarios

3.2.2.3.1. Ca

Las concentraciones de calcio en el río Negro durante 2016 estuvieron comprendidas entre un valor mínimo de 5,5 mg/l (RN1 en mayo) y un máximo de 25 (RN12 en mayo)(Anexo 3). El promedio anual del calcio fue de 9,1 mg/l y la mediana de 8,4 mg/l.

El calcio muestra una leve tendencia al aumento de concentración a lo largo del curso principal del río. Durante 2016 las concentraciones fueron similares a las reportadas durante 2015. Las concentraciones de Ca en las cuencas alta y media son inferiores en 2016, mientras que en la cuenca baja son mayores (Fig. 26). Al igual que en años precedentes, resalta la mayor concentración de Ca en la estación RN12, con fuerte influencia del río Yí. Los promedios anuales calculados fueron de 9,6 mg/l para 2016 y 9,9 mg/l para 2015. Durante el quinquenio 2011-2015 las concentraciones calculadas son siempre superiores a las de 2016, mostrando un promedio quinquenal de 10,8 mg/l.

La variación espacial del Ca durante 2016 es escasa. Los promedios calculados en las diferentes estaciones sobre el curso principal del río son similares y el rango de variación es estrecho y también similar entre estaciones. También se destaca la mayor concentración de Ca en las aguas provenientes del río Yí (RN12). Se observan concentraciones mayores en las estaciones de cabecera (Fig. 27).

Temporalmente, se observan promedios similares en los cuatro muestreos realizados. Las diferencias en los rangos de variación son directamente influenciadas por las aguas de la estación RN12.

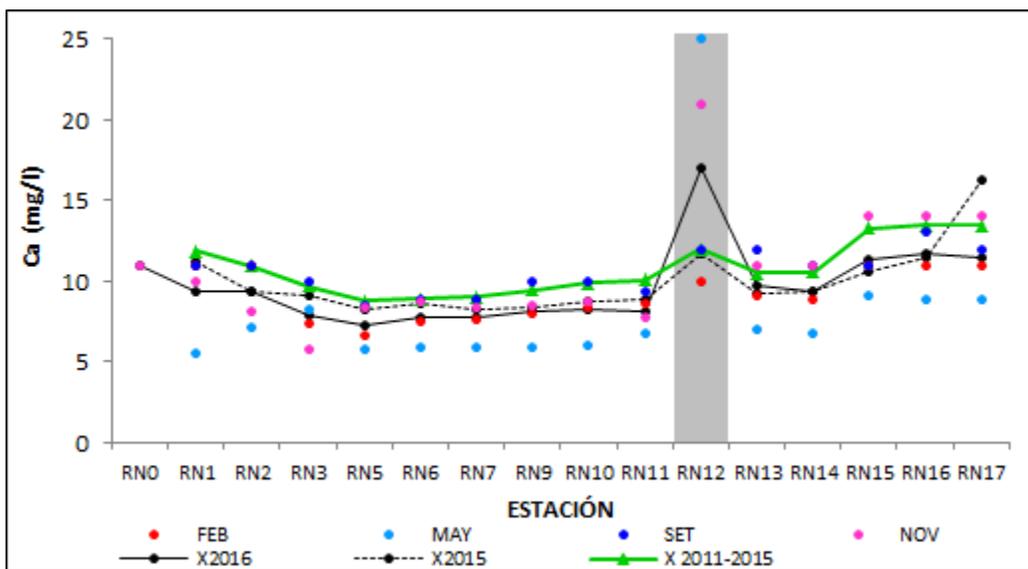


Fig. 26: Variación espacial y temporal del Calcio del agua a lo largo del Río Negro en las 4 campañas de monitoreo del año 2016. El recuadro marca RN12, con fuerte influencia del río Yí. X2015 = promedio de Calcio para el año 2015. X2016 = promedio de Calcio para el año 2016. X2011-2015 = Promedio de Calcio para el quinquenio precedente.

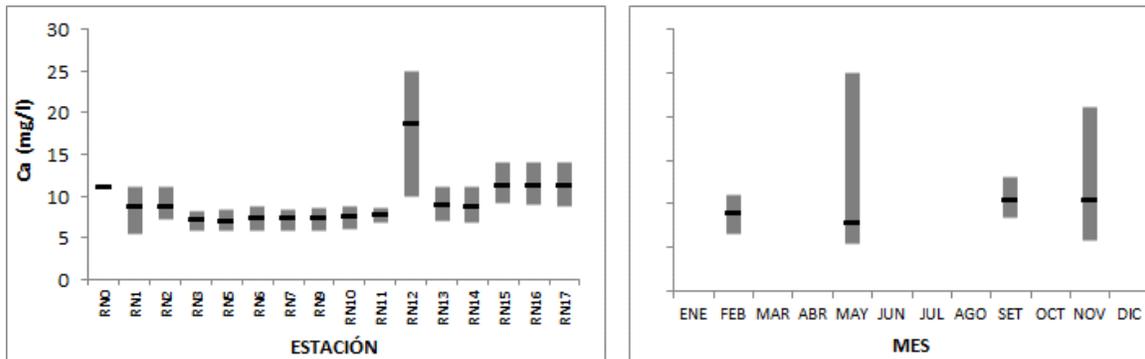


Fig. 27. Variación espacial (izquierda) y temporal (derecha) del Calcio (promedio y rango de variación) en el río Negro durante 2016.

3.2.2.3.2. Mg

El magnesio registró concentraciones desde un mínimo de 0,5 mg/l (RN1 en mayo) y un máximo de 6,2 mg/l (RN12 en mayo)(Anexo 3). El promedio anual calculado coincidió con la mediana, y fue de 2,3 mg/l.

El Mg muestra una muy leve tendencia al aumento a lo largo del curso del río. El perfil de las curvas de promedios es similar en 2016 y en 2015 (Fig. 28). Durante 2016 las concentraciones son inferiores en las cuencas alta y media y mayores en la cuenca baja. Estas leves diferencias entre ambos años se resumen en un promedio de 2,5 mg/l en 2016 y un 2,6 mg/l en 2015. Las concentraciones promedio calculadas para el período 2011-2015 son siempre superiores a las registradas en 2016, lo que se refleja en un promedio de 3,1 mg/l en ese período.

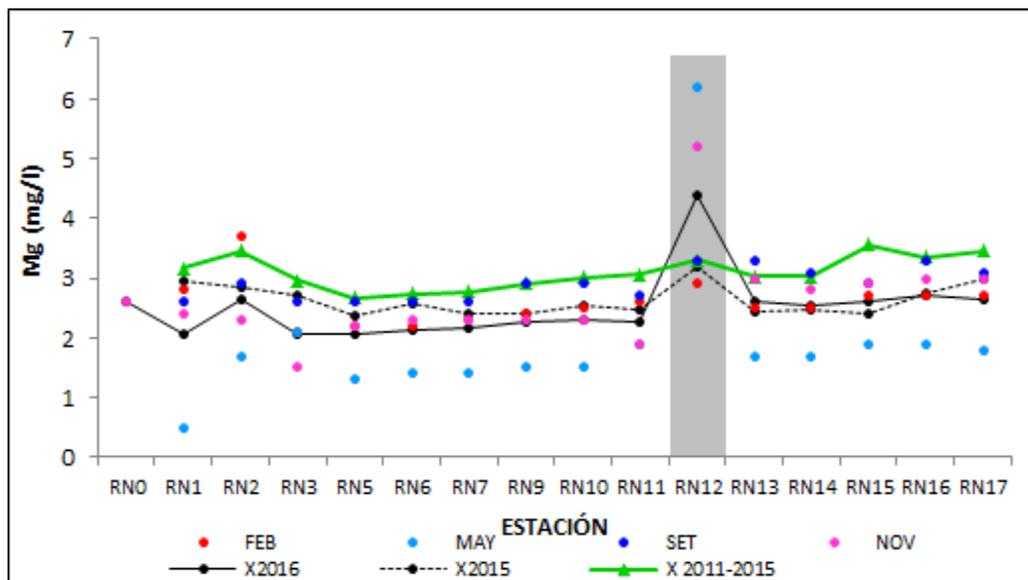


Fig. 28: Variación espacial y temporal del Magnesio del agua a lo largo del Río Negro en las 4 campañas de monitoreo del año 2016. El recuadro marca RN12, con fuerte influencia del río Yí. X2015 = promedio de Magnesio para el año 2015. X2016 = promedio de Magnesio para el año 2016. X2011-2015 = Promedio de Magnesio para el quinquenio precedente.

La variación espacial de las concentraciones de Mg en el curso principal del río Negro es escasa, presentando promedios similares en las diferentes estaciones (Fig. 29). Nuevamente, se destaca la mayor concentración de este ión en las aguas con fuerte influencia del río Yí. Asimismo, el Mg muestra una concentración promedio más alta en la estación RN2, que podría implicar un aporte de Mg a través del río Tacuarembó. Los rangos de variación aparecen más amplios en la cuenca alta del río, siendo estables en el resto del curso.

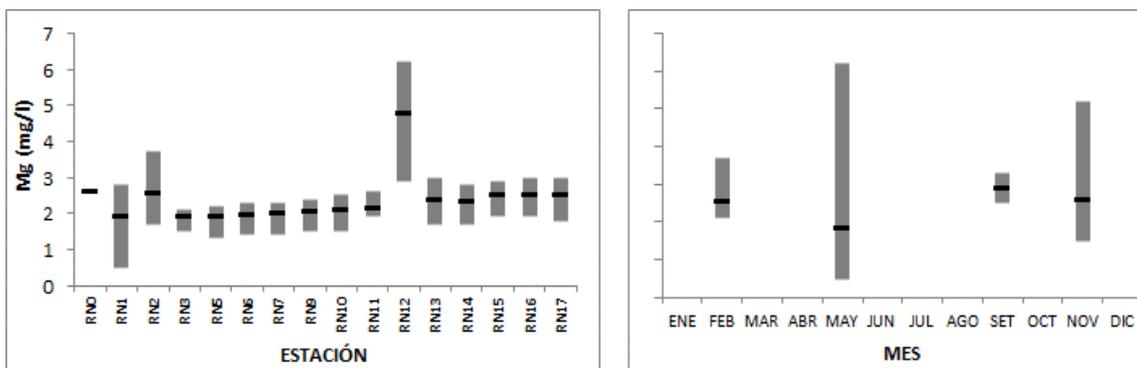


Fig. 29. Variación espacial (izquierda) y temporal (derecha) del Magnesio (promedio y rango de variación) en el río Negro durante 2016.

3.2.2.3.3. Na

Las concentraciones de sodio fluctuaron entre un mínimo de 2,7 mg/l (en 7 estaciones, todas en febrero) y un máximo de 15 mg/l (RN12 en mayo) (Anexo 3). El promedio del Na durante 2016 fue de 4,5 mg/l, mientras que la mediana fue de 3,9 mg/l.

El Na muestra una tendencia general a la disminución desde la cabecera hacia la desembocadura. En líneas generales, las concentraciones observadas en 2016 son siempre inferiores a las de 2015 (Fig. 30). Los promedios calculados muestran esa diferencia, siendo de 4,8 mg/l para 2016 y 5,3 mg/l para 2015. De la misma forma, las concentraciones promedio calculadas para el período 2011-2015 son siempre superiores a las de 2016, mostrando un promedio de 6,2 mg/l para los 5 años.

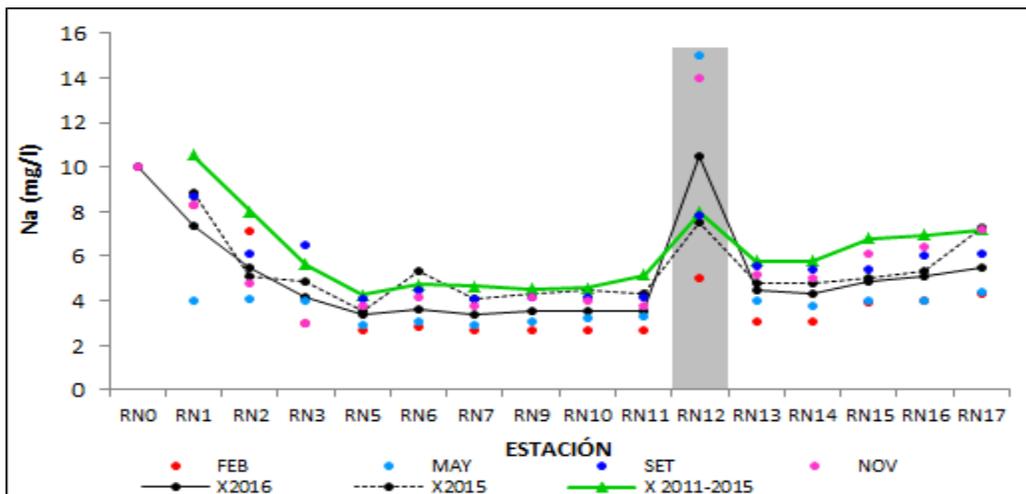


Fig. 30: Variación espacial y temporal del Sodio del agua a lo largo del Río Negro en las 4 campañas de monitoreo del año 2016. El recuadro marca RN12, con fuerte influencia del río Yí. X2015 = promedio de Sodio para el año 2015. X2016 = promedio de Sodio para el año 2016. X2011-2015 = Promedio de Sodio para el quinquenio precedente.

La variación espacial del Na muestra –al igual que en años precedentes- un ingreso desde el Brasil de agua cargada de Na, que se va diluyendo gradualmente hacia la porción final del río (Fig. 31).

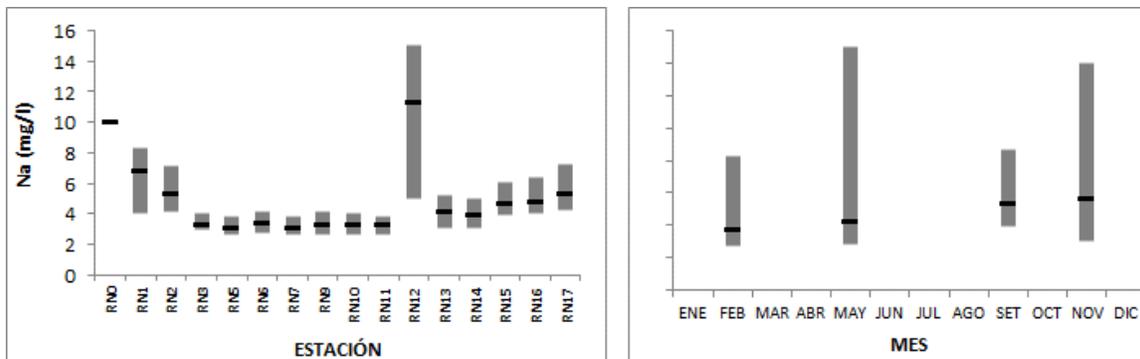


Fig. 31. Variación espacial (izquierda) y temporal (derecha) del Sodio (promedio y rango de variación) en el río Negro durante 2016.

Más allá de la tendencia –general- a la disminución que muestran las concentraciones de Na, en la cuenca baja se aprecia un leve incremento con respecto a la cuenca media; incremento que no parece ser influenciado por las concentraciones (3 veces superiores) observadas en el río Yí. En la cuenca alta las concentraciones de Na son mayores y el rango de variación más amplio.

La variación temporal del Na el río Negro durante 2016 se caracteriza por mostrar promedios similares para los cuatro muestreos realizados. Los rangos de variación más amplios, de mayo y noviembre son debidos a la variación de concentración en las aguas de RN12, mientras que los rangos de variación de febrero y setiembre son influenciados por las cargas en RN1.

3.2.2.3.4. K

Las concentraciones de potasio se ubicaron entre un mínimo de 1,0 mg/l (RN11 en noviembre) y un máximo de 3,5 mg/l (RNO en noviembre)(Anexo 3). El promedio anual calculado fue de 1,6 mg/l y la mediana de 1,5 mg/l).

El K presenta una tendencia a la disminución desde las nacientes hacia la desembocadura. A excepción de la estación RN11, las curvas de perfil son similares en 2016 y 2015. Los valores en 2016 son inferiores que en 2015. Esta diferencia se refleja en los promedios anuales, de 1,7 mg/l en 2016 y 1,9 mg/l en 2015 (Fig. 32). Los promedios calculados para el quinquenio 2011-2015 son siempre mayores que los del 2016, con un promedio total de 2,1 mg/l.

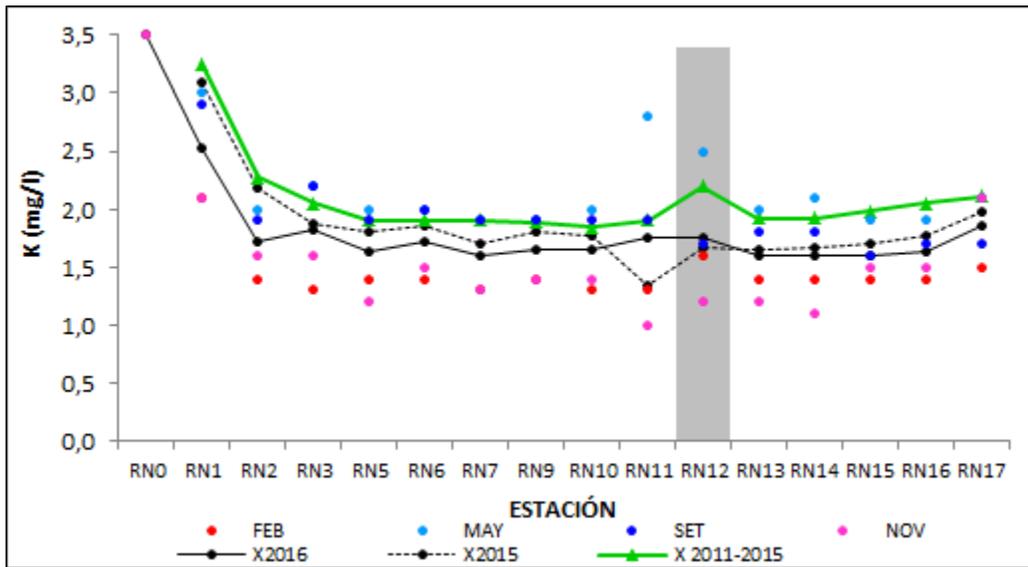


Fig. 32: Variación espacial y temporal del Potasio del agua a lo largo del Río Negro en las 4 campañas de monitoreo del año 2016. El recuadro marca RN12, con fuerte influencia del río Yí. X2015 = promedio de Potasio para el año 2015. X2016 = promedio de Potasio para el año 2016. X2011-2015 = Promedio de Potasio para el quinquenio precedente.

La variación espacial del K muestra más altas concentraciones en la cuenca alta, y homogeneidad de valores a partir de la estación RN2 (Fig. 33). Se observa un incremento de la concentración de K en las estaciones más próximas a la desembocadura, repitiendo lo observado en 2015.

La variación temporal del K en el curso principal del río Negro es escasa (0,7 mg/l de diferencia máxima) y muestra concentraciones más altas en aguas más frías. A diferencia del año precedente, se observan rangos de variación más amplios en el segundo semestre del año.

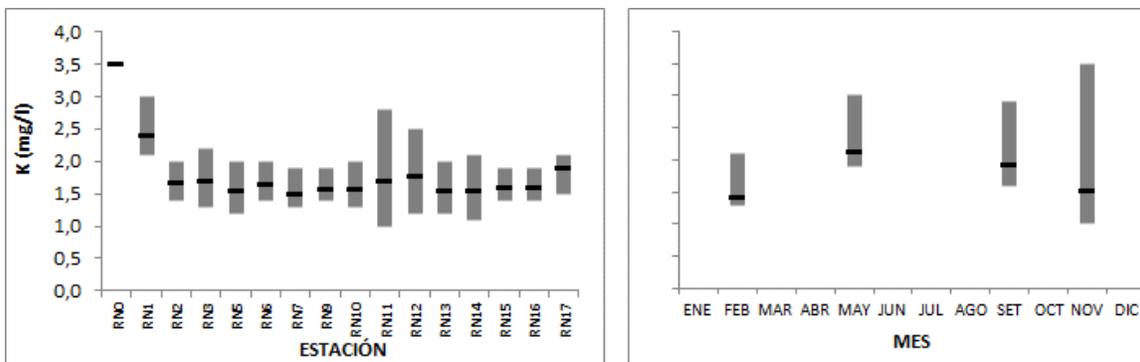


Fig. 33. Variación espacial (izquierda) y temporal (derecha) del Potasio (promedio y rango de variación) en el río Negro durante 2016.

3.2.2.3.5. RAS

Los valores de RAS (Relación de Adsorción de Sodio) estuvieron comprendidos entre un valor mínimo de 0,21 (RN11 en febrero) y un máximo de 0,71 (RN12 en noviembre)(Anexo 3). El promedio de RAS fue de 0,35 y la mediana 0,32.

La RAS muestra una tendencia a la disminución desde las nacientes hacia la desembocadura. Las curvas de variación de promedios son muy similares en 2016 y 2015 (Fig. 34); en 2016 con valores superiores en la cuenca alta e inferiores en el resto del curso. A pesar de mostrar valores más elevados en la mayor parte del curso durante 2015, la RAS iguala los promedios anuales en 0,38 en cada año. Con respecto a los valores observados en el lustro 2011-2015, se observan siempre concentraciones mayores a las de 2016, lo que se refleja en un promedio para el quinquenio de 0,42.

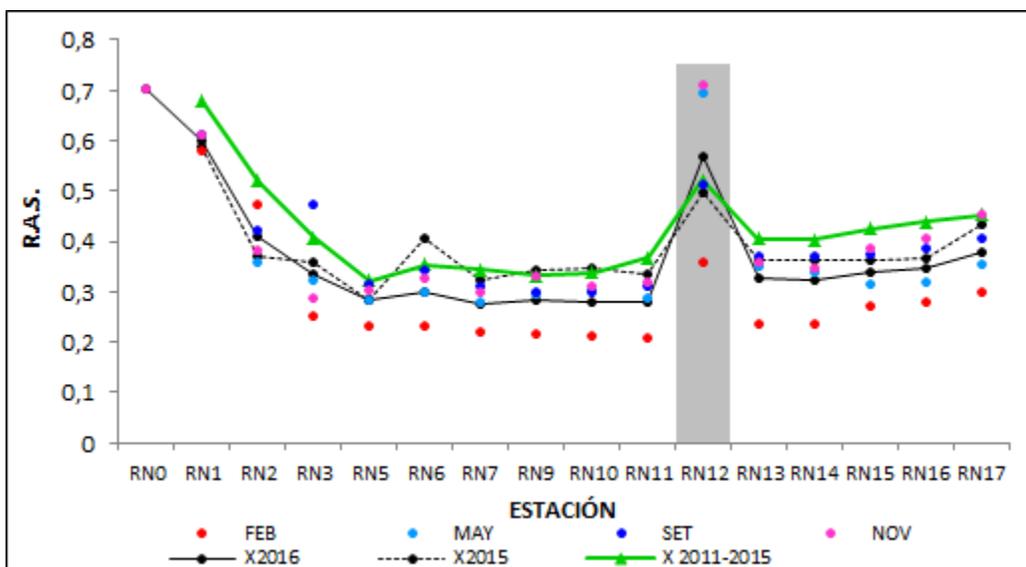


Fig. 34: Variación espacial y temporal de la RAS del agua a lo largo del Río Negro en las 4 campañas de monitoreo del año 2016. El recuadro marca RN12, con fuerte influencia del río Yí. X2015 = promedio de RAS para el año 2015. X2016 = promedio de RAS para el año 2016. X2011-2015 = Promedio de RAS para el quinquenio precedente.

La variación espacial de la RAS se caracteriza por presentar concentraciones más altas en los dos extremos del curso. Notoriamente, en la cuenca alta se calculan los más altos valores de RAS, en la cuenca media los menores y se produce un leve aumento hacia las estaciones de la cuenca baja (Fig. 35). Se destaca la diferencia observada entre la estación RN12 y las adyacentes. Esta estación muestra la fuerte influencia del río Yí, con concentraciones iónicas más altas que el río Negro.

La RAS es temporalmente estable. Los promedios calculados son similares a lo largo del año (y de los años) y el rango de amplitud también se mantiene estable en las cuatro campañas realizadas.

Como regla general, el agua que tiene una RAS por debajo de 3 es considerada como segura para el riego, por lo cual, los valores de RAS calculados para 2016 resultan en niveles aceptables para este uso de agua en particular.

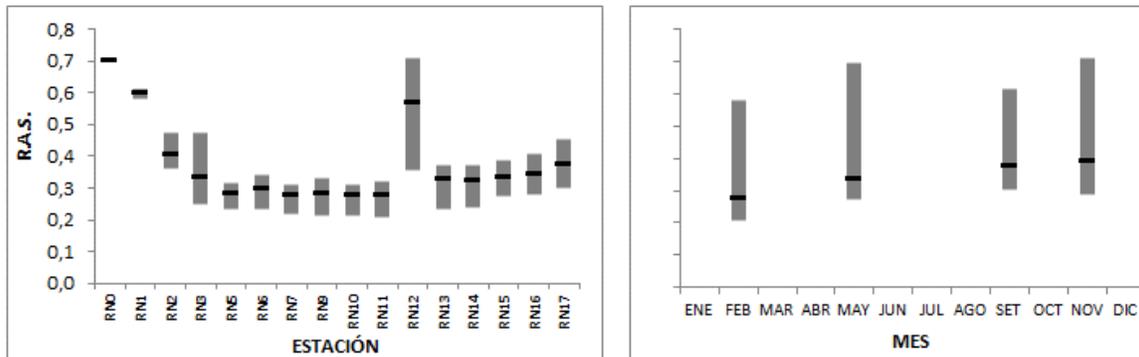


Fig. 35. Variación espacial (izquierda) y temporal (derecha) de la RAS (promedio y rango de variación) en el río Negro durante 2016.

3.2.2.4. Sólidos suspendidos

La mayor parte de los análisis de sólidos suspendidos tuvieron resultados que no alcanzaron los límites de cuantificación y/o detección de la técnica. Sólo 48/219 valores (22%) mostraron resultados cuantificables, de ahí que no sea posible analizar estos resultados (Anexo 4).

SST – Por ser la suma de los demás, los Sólidos Suspendidos Totales son los que presentan más valores cuantificables. El 36% de las observaciones mostraron valores significativos (26/73). El mínimo registrado fue de 2 mg/l -valor que coincide con el LD de la técnica- en 7 oportunidades (cuencas media y alta en mayo). El máximo fue de 56 mg/l (RN2 en noviembre).

SSF – Los Sólidos Suspendidos Fijos tuvieron resultados cuantificables en el 26% de las muestras consideradas (19/73). El mínimo, de 1 mg/l –LD de la técnica- fue observado en 7 oportunidades. El máximo, de 47 mg/l, se observó en la estación RN2 en noviembre.

SSV – Los Sólidos Suspendidos Volátiles tuvieron resultados por encima del umbral de la técnica sólo en un 4% de las observaciones. En 59/73 ocasiones no se alcanzó el LD de la técnica, mientras que el máximo, de 15mg/l, fue registrado en la estación RN5 en febrero.

En líneas generales, se observa una clara tendencia a la disminución de los sólidos suspendidos desde la cabecera hacia la desembocadura.

Las curvas de promedios de la concentración de SST son similares en 2016 y 2015 (Fig. 36). En líneas generales en la cuenca alta se observan mayores concentraciones durante 2016 y a partir de la estación RN7 las mayores concentraciones se observaron durante 2015. Estas diferencias de concentración son muy poco importantes, registrándose un promedio de 9,4 mg/l durante 2016 y de 8,8 mg/l durante 2015. El promedio de ST calculado para el período 2011-2015 revela concentraciones más altas que en 2016, con un promedio de 12,6 mg/l para ese período.

La distribución espacial de los SST muestra más altas concentraciones en la cuenca alta y homogeneidad a partir de la estación RN7 (Fig. 37). Se destaca un pequeño aumento en la concentración de SST en la estación RN10, que confirma lo observado durante 2015 y años precedentes. La fluctuación temporal no presenta patrones definidos de variación

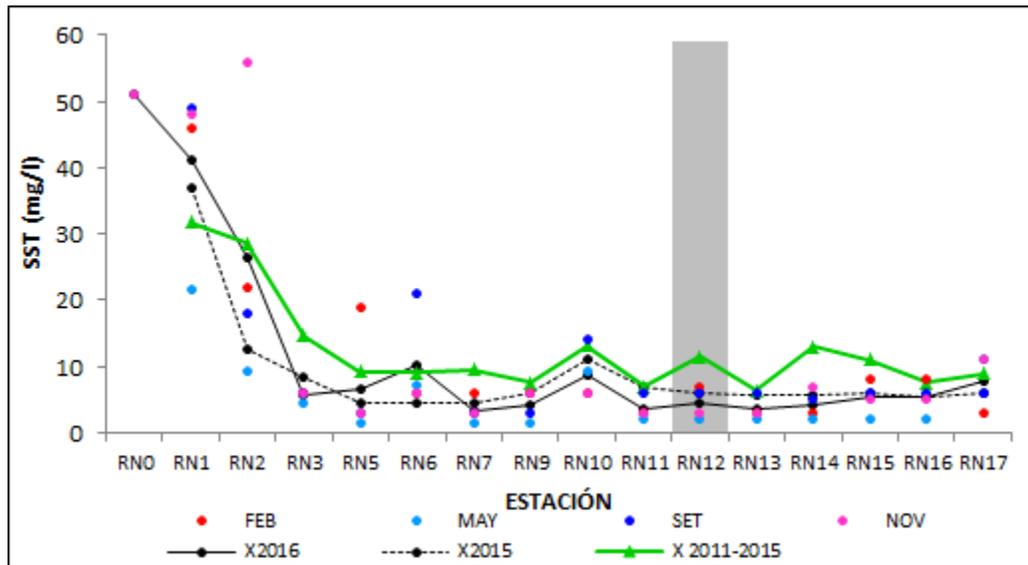


Fig. 36: Variación espacial y temporal de los Sólidos Suspendidos Totales del agua a lo largo del Río Negro en las 4 campañas de monitoreo del año 2016. El recuadro marca RN12, con fuerte influencia del río Yí. X2015 = promedio de los Sólidos Suspendidos Totales para el año 2015. X2016 = promedio de los Sólidos Suspendidos Totales para el año 2016. X2011-2015 = Promedio de los Sólidos Suspendidos Totales para el quinquenio precedente.

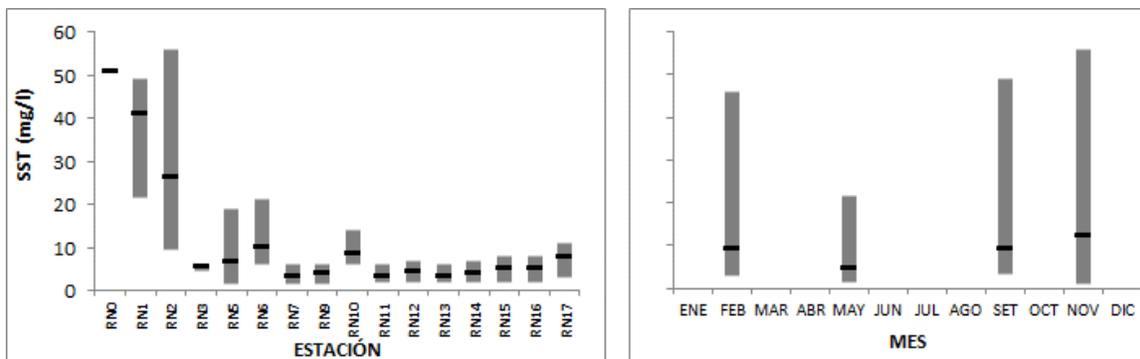


Fig. 37. Variación espacial (izquierda) y temporal (derecha) de los Sólidos Suspendidos Totales (promedio y rango de variación) en el río Negro durante 2016.

3.2.2.5. Variables biológicas

3.2.2.5.1. Clorofila a

Las concentraciones de clorofila a fluctuaron entre un mínimo de $0,1 \mu\text{g/l}$ (coincidente con el límite de la técnica) en 3 oportunidades: RN6 en mayo y RN9 y RN10 en setiembre y un máximo de $40,4 \mu\text{g/l}$ en la estación RN5 en febrero (Anexo 4). El promedio anual de la clorofila fue de $3,23 \mu\text{g/l}$ y la mediana calculada, de $1,3 \mu\text{g/l}$.

A excepción de las estaciones RN1 y RN5 las curvas de concentraciones promedio en 2016 y 2015 son muy similares (Fig. 38). En estas dos estaciones la concentración en 2016 es cuatro veces mayor que en 2015. Por influencia de estos dos valores el promedio anual en 2016 es más elevado que en 2015, con 3,5 µg/l y 2,3 µg/l respectivamente. El promedio en el quinquenio precedente es más elevado que en 2016, registrando, incluso, un fuerte aumento en las estaciones adyacentes a RN5 (RN3 y RN6), ampliando la zona de mayores concentraciones a todo el lago de la represa del Rincón del Bonete y su descarga. El promedio calculado para este período 2011-2015 duplica al de 2016, con 6,9 µg/l.

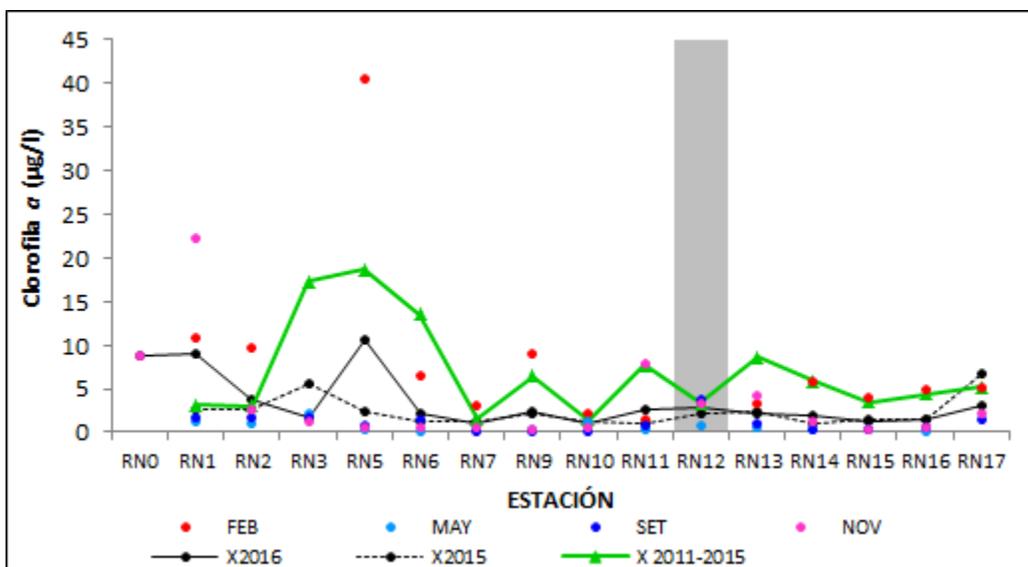


Fig. 38: Variación espacial y temporal de la Clorofila *a* del agua a lo largo del Río Negro en las 4 campañas de monitoreo del año 2016. El recuadro marca RN12, con fuerte influencia del río Yí. X2015 = promedio de la Clorofila *a* para el año 2015. X2016 = promedio de la Clorofila *a* para el año 2016. X2011-2015 = Promedio de la Clorofila *a* para el quinquenio precedente.

Las concentraciones de clorofila *a* muestran una tendencia a la disminución desde las nacientes hacia la desembocadura (Fig. 39). En 2016 se observan más altas concentraciones en las 2 estaciones más próximas a la frontera y una disminución hasta la cola del embalse de Rincón del Bonete. La mayor concentración en la estación representativa de dicho lago (RN5) y en el resto de la cuenca valores similares. La variación temporal de la clorofila en el curso del río Negro marca mayores valores en los meses cálidos.

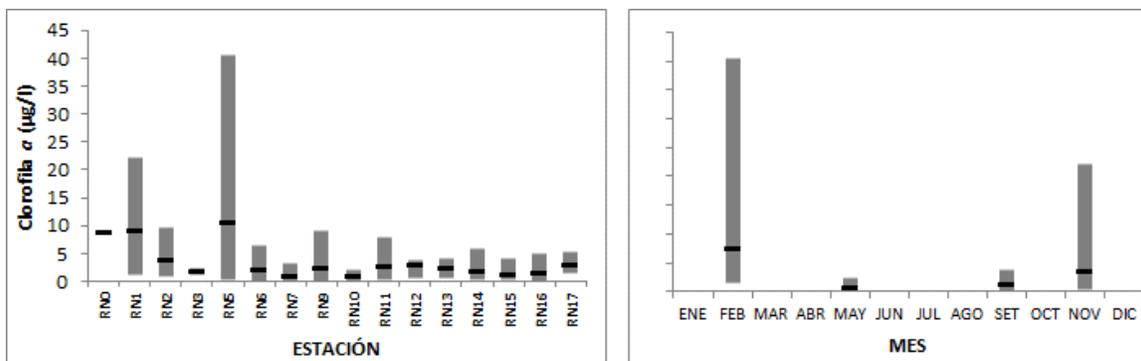


Fig. 39. Variación espacial (izquierda) y temporal (derecha) de la Clorofila *a* (promedio y rango de variación) en el río Negro durante 2016.

3.2.2.5.2. Feofitina

Los valores de feofitina α se ubicaron entre un mínimo de 0,1 $\mu\text{g/l}$ (coincidente con el límite de la técnica) en la estación RN10 en noviembre y un máximo de 14,5 $\mu\text{g/l}$ en la estación RN1 en noviembre (Anexo 4). El promedio anual de la feofitina fue de 2,2 $\mu\text{g/l}$ y la mediana de 1,4 $\mu\text{g/l}$.

La distribución espacial de la feofitina es similar en 2016 y 2015. Todas las estaciones presentan valores similares, a excepción de RN11, RN12 y RN17, en las que se observan concentraciones más de tres veces superiores en 2015. Sólo en la estación RN1 se observan valores más altos durante 2016 (Fig. 40). Estas diferencias hacen que el promedio anual de 2015 (4,1 $\mu\text{g/l}$) casi duplique al de 2016 (2,4 $\mu\text{g/l}$). En líneas generales, los promedios calculados para el lapso 2011-2015 son –también– mayores a los de 2016, alcanzando un promedio de 4,2 $\mu\text{g/l}$.

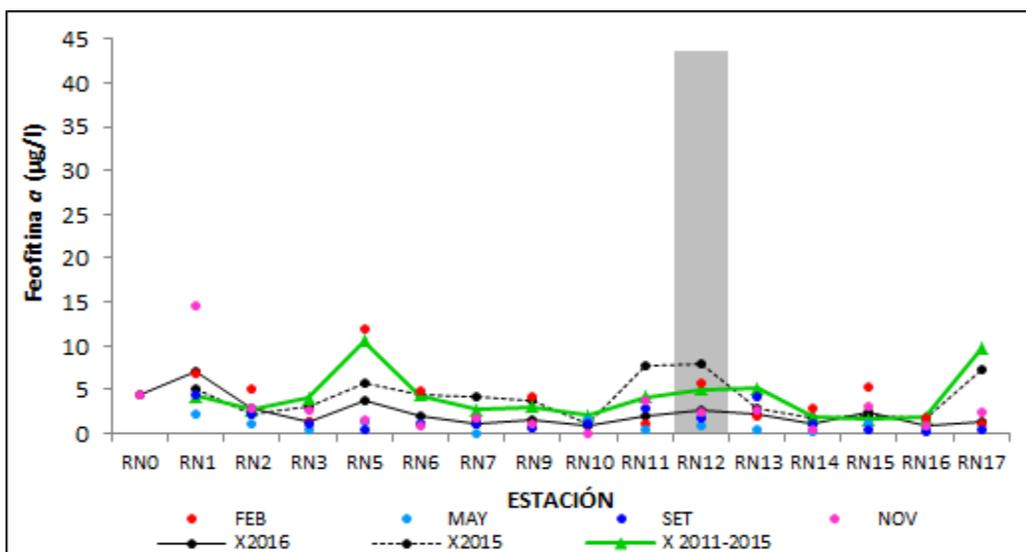


Fig. 40: Variación espacial y temporal de la Feofitina α del agua a lo largo del Río Negro en las 4 campañas de monitoreo del año 2016. El recuadro marca RN12, con fuerte influencia del río Yí. X2015 = promedio de la Feofitina α para el año 2015. X2016 = promedio de la Feofitina α para el año 2016. X2011-2015 = Promedio de la Feofitina α para el quinquenio precedente.

Al igual que para la clorofila, la tendencia de la feofitina es a disminuir desde las nacientes hacia la desembocadura. Se observan valores superiores en la cuenca alta y, a partir de RN5 se estabilizan hasta la desembocadura (Fig. 41). La variación temporal de la feofitina mostró valores más elevados en los meses cálidos.

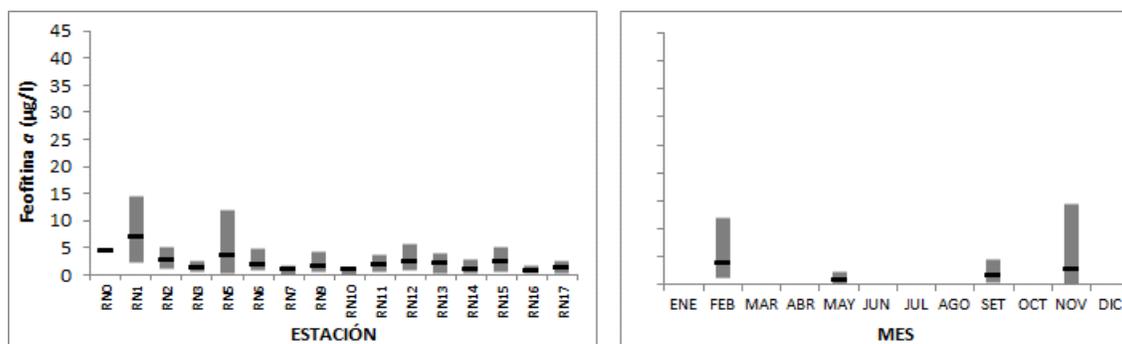


Fig. 41: Variación espacial (izquierda) y temporal (derecha) de la Feofitina α (promedio y rango de variación) en el río Negro durante 2016.

Para conocer el estado fisiológico de la población algal en el momento del muestreo, se calcula la relación entre clorofila *a* y feofitina *a*. Esta relación provee una indicación aproximada de las cantidades aproximadas de células vivas con respecto al material detrítico. Valores altos de esta relación (superiores a 1), implican una población más joven, en producción, mientras que valores bajos (inferiores a 1) representan una población senescente.

De los resultados presentados en la tabla III se desprende que el estado de la población algal fue bueno durante el ciclo anual (en el momento de las cuatro campañas realizadas), mostrando en todas las ocasiones relaciones clo/feo que indican que el fitoplancton se encontraba en desarrollo, primando sobre la fracción detrítica. En particular esta producción se presentó en los meses más cálidos (febrero y noviembre) y se basó – mayormente- en las estaciones RN10 y RN17. Las estaciones RN6, RN9 y RN15 son las únicas que muestran (en sus valores promedio) mayor cantidad de células muertas en el agua. El caso más extremo es el de la estación RN15, con valores que revelan ausencia de producción fitoplanctónica en ese punto.

Tabla III: Relación Clo/Feo para las distintas estaciones del río Negro (parte superior) en los diferentes meses muestreados durante 2016 (parte inferior). Mínimo, máximo y promedio para cada caso.

	min	prom	max
RN0	1,93	1,93	1,93
RN1	0,36	1,01	1,57
RN2	0,82	1,17	1,88
RN3	0,50	1,92	4,40
RN5	0,21	1,43	3,37
RN6	0,10	0,86	1,35
RN7	0,04	1,33	3,00
RN9	0,14	0,78	2,09
RN10	0,10	3,62	12,00
RN11	0,24	1,11	2,11
RN12	0,63	1,25	2,24
RN13	0,24	1,25	1,74
RN14	0,27	1,71	3,00
RN15	0,09	0,48	0,80
RN16	0,08	1,37	2,72
RN17	0,88	3,12	4,73
Febrero	0,63	1,94	4,73
Mayo	0,08	1,10	4,40
Setiembre	0,04	1,03	3,75
Noviembre	0,09	1,78	12,00

3.2.2.5.3. Coliformes termotolerantes (Ct)

Los Coliformes Termotolerantes mostraron generalmente baja presencia en todo el período 2016, variando desde un mínimo de 1 UFC/100ml en tres oportunidades (RN13 en setiembre y RN12 y RN13 en marzo) hasta un máximo de 29000 UFC/100ml (RN5 en febrero)(Anexo 3). El máximo observado fue una excepción a las bajas densidades reportadas, que determinaron un promedio anual de 524 UFC/100ml y una mediana de 10 UFC/100ml.

Los Ct se distribuyen en forma similar en los años 2016 y 2015 en todo el curso principal del río Negro, a excepción de la estación RN5 (Fig. 42). Con pequeñas variaciones, las curvas de promedios son similares, generalmente con densidades mayores durante 2015. En la estación RN5 se produce –en 2016- un pico muy elevado (que se muestra excepcional). Si se eliminan los datos de esta estación en ambos años, los promedios resultantes son 52 UFC/100ml en 2016 y 66 UFC/100ml en 2015, resultados que concuerdan más con lo observado en los dos años. En el quinquenio 2011-2015 las densidades de Ct fueron siempre mayores que las reportadas en 2016, con un promedio calculado de 249 UFC/100ml.

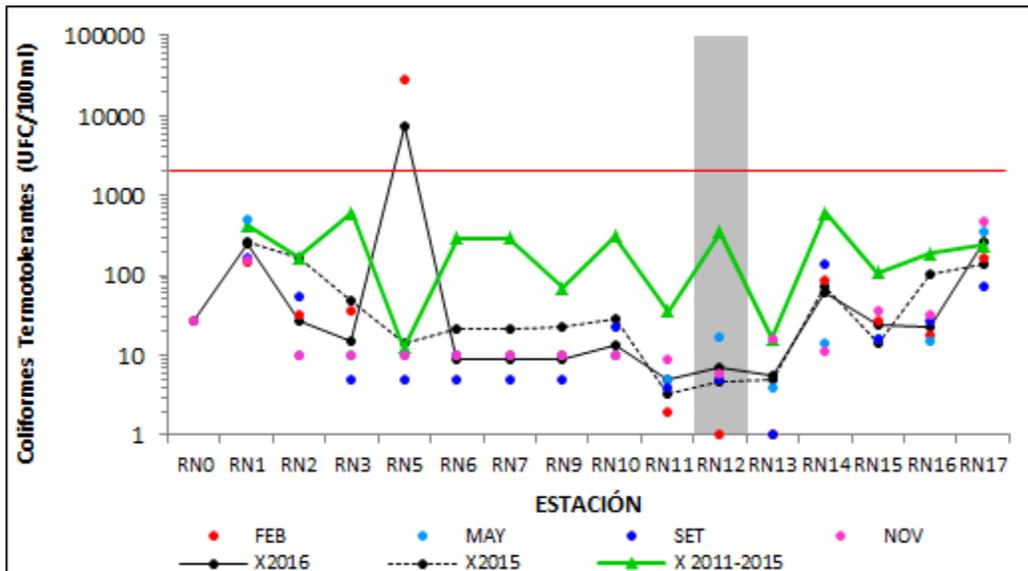


Fig. 42: Variación espacial y temporal de los Coliformes Termotolerantes en el agua a lo largo del Río Negro en las 4 campañas de monitoreo del año 2016. El recuadro marca RN12, con fuerte influencia del río Yí. X2015 = promedio de Coliformes Termotolerantes a para el año 2015. X2016 = promedio de Coliformes Termotolerantes para el año 2016. X2011-2015 = Promedio de Coliformes Termotolerantes para el quinquenio precedente.

La distribución espacial de Ct en el río Negro durante 2015 muestra los mayores valores en los dos extremos de la cuenca (Fig. 43). Considerando la alta densidad puntual observada en RN5, la tendencia es a tener un descenso de la cantidad de Ct hacia la desembocadura.

La distribución temporal no muestra un patrón definido de variación, destacándose sólo el pico máximo observado en el mes de febrero.

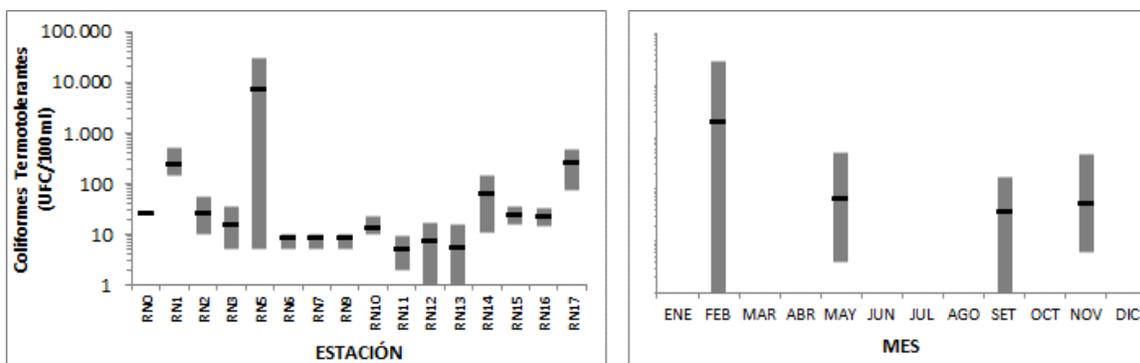


Fig. 43: Variación espacial (izquierda) y temporal (derecha) de los Coliformes Termotolerantes (promedio y rango de variación) en el río Negro durante 2016.

Las variaciones espaciales y temporales de las abundancias de Ct son más acotadas que en el año precedente y se encuentran, durante todo el ciclo, muy por debajo del estándar marcado en el decreto 253 (2000 UFC/100ml), a excepción de la situación puntual observada en la estación RN5 en febrero (Anexo 1). Si bien los valores de Ct en el río Negro no alcanzan límites de riesgo, llaman la atención las más altas abundancias de Ct en la parte alta de la cuenca.

3.2.2.6. DBO₅

Sólo el 38% de las muestras de DBO₅ analizadas (28/73) superaron el límite de cuantificación (LC) de la técnica utilizada. El mínimo valor fue coincidente con los límites de la técnica y se registró 45 veces. El máximo, de 7,20 mg/l se observó en la estación RN10 en mayo. El promedio anual, surgido los 28 valores cuantificables, fue de 1.66 mg/l, y la mediana de 0,86 mg/l (Anexo 3).

A pesar de ser pocos los datos cuantificables, se aprecia homogeneidad de las concentraciones de DBO₅ a lo largo del tiempo. Tanto los datos colectados en 2016, como en 2015 o en el quinquenio 2011-2015 fluctúan en promedios similares (Fig. 44). Esta similitud se refleja en las medias anuales calculadas, de 1,8 mg/l en 2016, 2,0 mg/l en 2015 y 1,7 mg/l en el quinquenio 2011-2015. La distribución, sin embargo, es diferente: en la cuenca alta los promedios son superiores en 2016, mientras que en la cuenca baja son inferiores, mientras que durante 2015 fue a la inversa.

Las concentraciones de DBO₅ a lo largo del curso principal del río Negro muestran una tendencia a la disminución desde las nacientes hacia la desembocadura, con valores en la cuenca alta que llegan a duplicar a los de la cuenca baja, teniendo también rangos de variación más amplios (Fig. 45). Se destacan proporcionalmente altos valores de DBO₅ en la estación RN10, que confirma resultados anteriores y que implicaría un aporte puntual en esta estación.

La variación temporal no muestra un patrón definido: en tres campañas tanto los promedios como los rangos de variación son similares, mientras que en la cuarta campaña (mayo), tanto el promedio como el rango de variación se duplican.

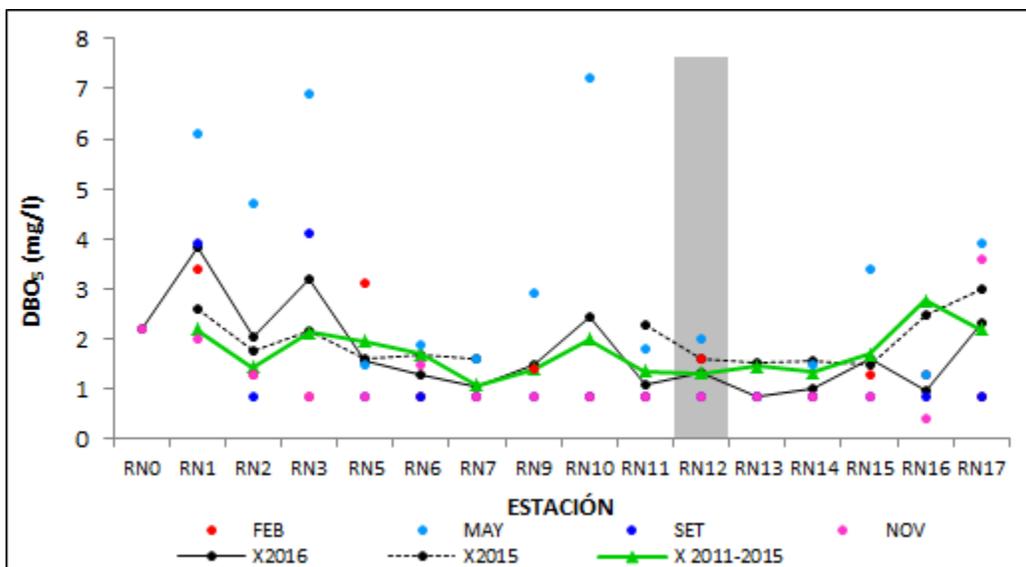


Fig. 44: Variación espacial y temporal de la DBO₅ en el agua a lo largo del Río Negro en las 4 campañas de monitoreo del año 2016. El recuadro marca RN12, con fuerte influencia del río Yí. X2015 = promedio de DBO₅ para el año 2015. X2016 = promedio de DBO₅ para el año 2016. X2011-2015 = Promedio de DBO₅ para el quinquenio precedente.

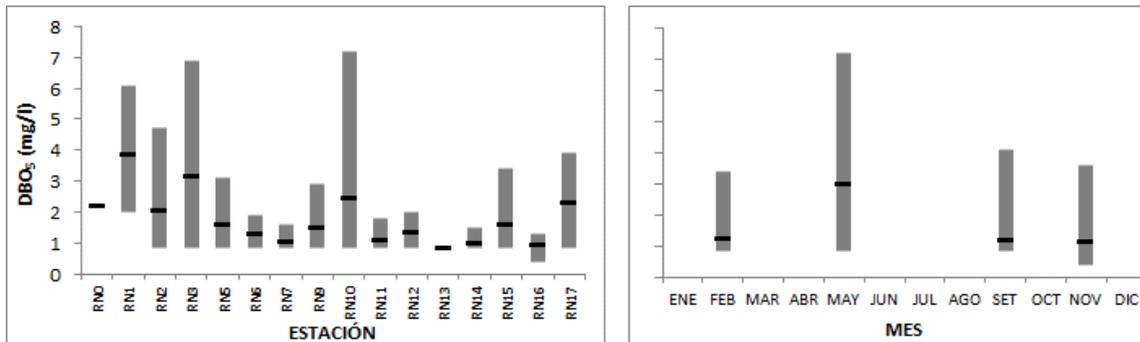


Fig. 45. Variación espacial (izquierda) y temporal (derecha) de la DBO₅ (promedio y rango de variación) en el río Negro durante 2016.

En el 100% de los datos obtenidos, la DBO₅ se mantiene por debajo del límite establecido en el decreto 253 (max. 10 mg/l) (Anexo 1), y sólo en ocasiones puntuales se aproxima a este umbral.

3.2.2.7. Sustancias fenólicas (Sf)

En 41 ocasiones las concentraciones de sustancias fenólicas no superaron el LC de la técnica utilizada, mientras que la máxima concentración registrada fue de 7,2 µg/l (RN14 en noviembre)(Anexo 4). El promedio de los valores cuantificados fue de 1,3 µg/l y la mediana de 0,65 µg/l.

Las curvas de distribución de la concentración de Sf son similares en 2016 y 2015. En líneas generales las concentraciones en 2016 son inferiores en la cuenca alta y mayores en la cuenca baja (Fig. 46). Estas pequeñas variaciones se comprueban en los promedios anuales, de 1,3 µg/l en 2016 y 1,6 µg/l en 2015. En el lustro 2011-2015 las concentraciones fueron siempre superiores, resultando en un promedio de 4,0 µg/l. Esta evolución de los promedios representaría una disminución de la concentración de Sf en el curso principal del río Negro a lo largo del tiempo.

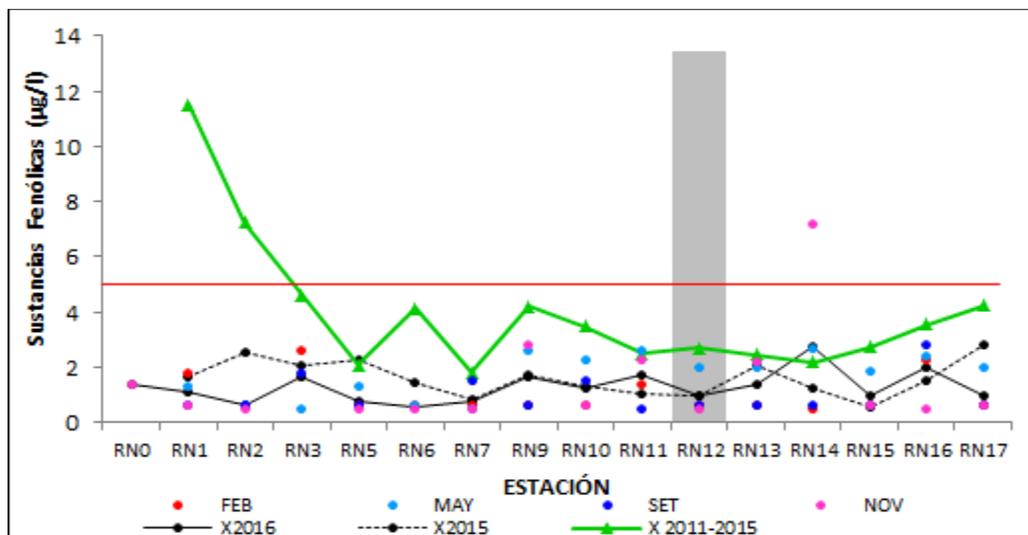


Fig. 46: Variación espacial y temporal de las Sustancias Fenólicas en el agua a lo largo del Río Negro en las 4 campañas de monitoreo del año 2016. El recuadro marca RN12, con fuerte influencia del río Yí. X2015 = promedio de las Sustancias Fenólicas para el año 2015. X2016 = promedio de las Sustancias Fenólicas para el año 2016. X2011-2015 = Promedio de las Sustancias Fenólicas para el quinquenio precedente.

La distribución espacial de las Sf durante 2016 muestra una leve tendencia al aumento desde las nacientes hacia la desembocadura (Fig. 47). Esta tendencia fue notoria durante 2014, un poco menos notoria en 2015 y leve en 2016, lo que podría representar una homogeneización espacial de las Sf en la cuenca del río Negro. La variación temporal muestra homogeneidad de concentraciones a lo largo del período anual. Los promedios son similares en las cuatro campañas, y sólo se destaca una situación puntual observada en el mes de noviembre.

El 58% del total de las muestras colectadas no pudieron ser cuantificadas, por encontrarse las concentraciones por debajo del límite de la técnica. Del 42% de los resultados cuantificados, sólo uno superó el estándar fijado en el decreto 253 (5 µg/l).

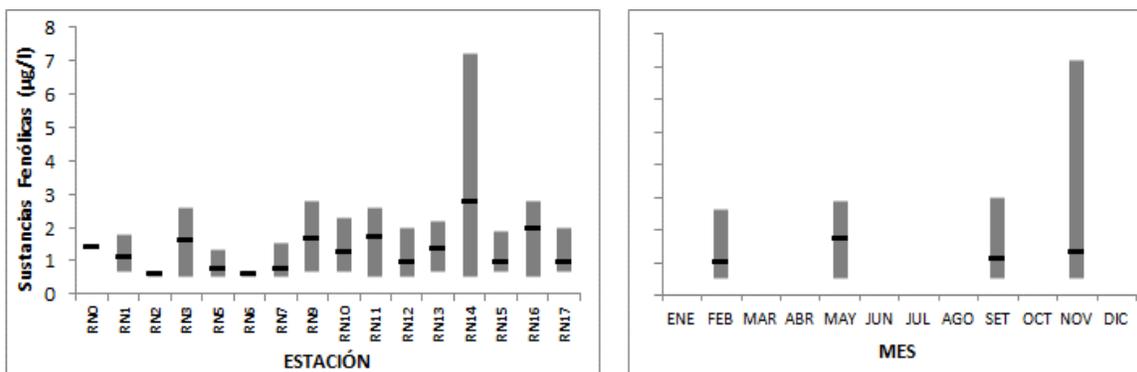


Fig. 47. Variación espacial (izquierda) y temporal (derecha) de las Sustancia Fenólicas (promedio y rango de variación) en el río Negro durante 2016.

3.2.2.8. AOX

De las 73 muestras de AOX (haluros orgánicos adsorbibles) analizadas durante 2016 sólo dos de ellas arrojaron un resultado cuantificable, estando todas las restantes por debajo de los límites de la técnica analítica. Estos dos únicos registros cuantificados fueron de 27,0 µg/l (RN5 en febrero) y 30 µg/l (RN13 en noviembre).

Debido a que el decreto 253 no contempla los AOX, se utiliza el valor establecido en la República Federal de Alemania, como valor de referencia (25 µg/l). Considerando este límite, las dos muestras cuantificadas de AOX (3%) superaron por poco el valor establecido.

3.2.2.9. Cianuro y Arsénico

Para el cianuro todas las muestras analizadas arrojaron resultados por debajo del límite de detección (LD) de la técnica utilizada (Anexo 4).

El cianuro tiene un límite de detección equivalente al estándar fijado en el decreto 253.

En el caso del Arsénico, de las 73 muestras tomadas en el año, sólo en dos ocasiones se detectaron concentraciones cuantificables (3%). Las mismas fueron de 8,2 y 5,7 µg/l (RN1 y RN2 en setiembre). Estos dos valores cuantificados de As superan el estándar fijado en el decreto 253 (5 µg/l) (Anexo 1).

3.2.2.10. Metales pesados

3.2.2.10.1. Cd, Hg, Ni, Pb, Cr, Zn

Sólo en cuatro ocasiones se observaron resultados cuantificables en alguna de estas variables. Puntualmente, en dos oportunidades el Pb (38 µg/l en RN5F en setiembre y 7,1 C en RN6 en noviembre) y el Zn, también en dos oportunidades (34 µg/l en RN5F en setiembre y 9,7 µg/l en RN2 en mayo) (Anexo 5).

En estas variables se genera un problema metodológico que impide tener certeza de su real influencia en la calidad del agua del sistema: los límites de la técnica para estos elementos son iguales, o incluso superiores, al estándar del decreto 253 (Tabla IV).

Tabla IV: Limite de detección, límite de cuantificación y valor estándar para algunos de los metales monitoreados en el río Negro.

	Cd	Cr	Hg	Ni	Pb	Zn
	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
LD	0,7	2,0	0,2	6,0	2,0	5,0
LC	2,0	10,0	0,5	20,0	7,0	16,0
Estandar	0,1	10	0,1	20	3	30

3.2.2.10.2. Fe

El hierro es el único metal con presencia constante en toda la cuenca a lo largo de todo el periodo. Sus concentraciones fluctuaron entre una mínima de 0,12 mg/l (RN9 en setiembre) y un máximo de 3,4 mg/l (RN1 en setiembre) (Anexo 5). El promedio de Fe fue de 0,69 mg/l y la mediana de 0,63 mg/l.

Las curvas de promedios calculadas para el año 2016, el 2015 y el quinquenio 2011-2015 revelan homogeneidad de concentraciones a lo largo del tiempo (Fig. 48). Las tres curvas muestran perfiles similares, mostrando siempre una tendencia a la reducción desde las nacientes hacia la desembocadura. Los promedios mostrarían un leve descenso de la concentración de Fe con el correr del tiempo, siendo de 0,8 mg/l en 2016, 0,9 mg/l en 2015 y 1,0 en el quinquenio 2011-2015.

La distribución espacial del hierro está marcada por la tendencia a la disminución desde las nacientes hacia la desembocadura (Fig. 49). Las máximas concentraciones se observan en la estación RN1 y desde ahí se produce un fuerte descenso RN5. Entre RN5 y RN12 se produce un nuevo aumento y, en RN13 un nuevo descenso brusco. A partir de RN14 un leve incremento hacia la desembocadura. Llama la atención las bajas en las concentraciones de hierro en los embalses. Esto podría ser debido a la absorción de hierro por las plantas. También por floculación y sedimentación de compuestos de hierro y fósforo.

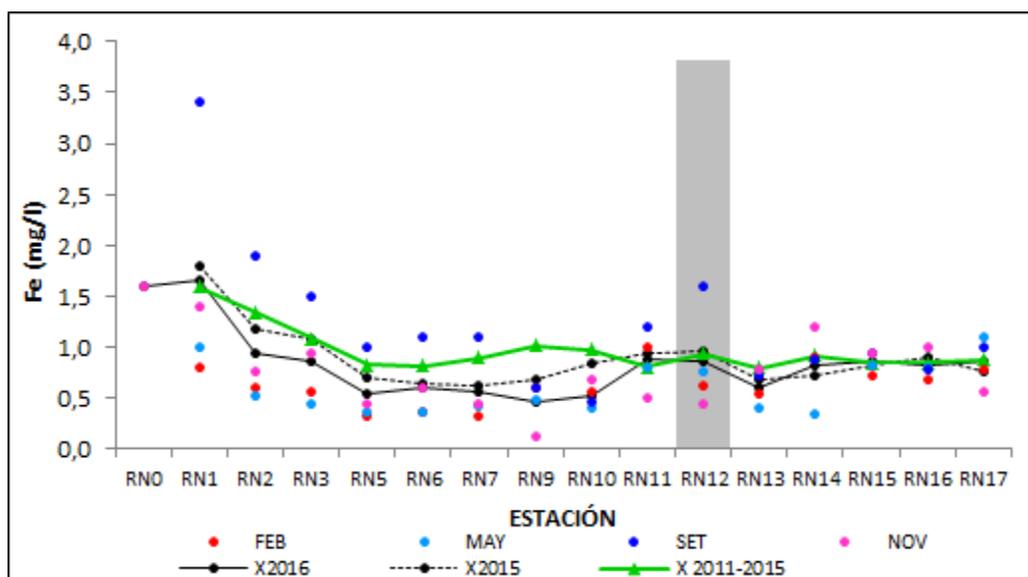


Fig. 48: Variación espacial y temporal del Hierro en el agua a lo largo del Río Negro en las 4 campañas de monitoreo del año 2016. El recuadro marca RN12, con fuerte influencia del río Yí. X2015 = promedio de Hierro para el año 2015. X2016 = promedio de Hierro para el año 2016. X2011-2015 = Promedio de Hierro para el quinquenio precedente.

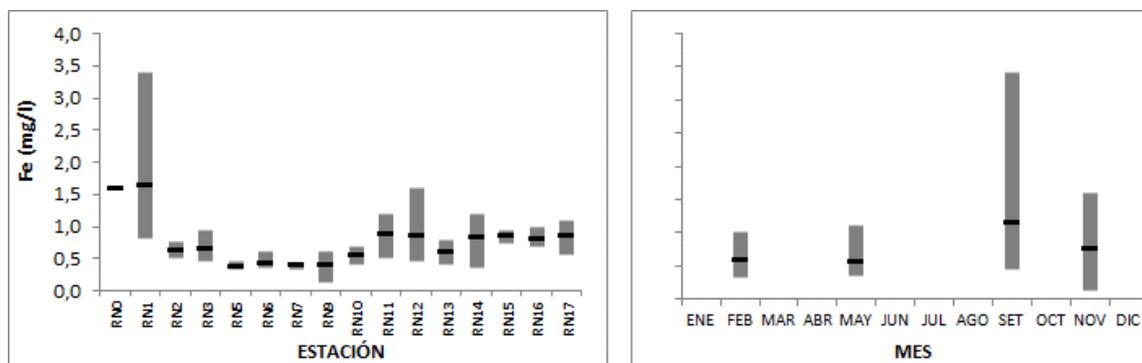


Fig. 49. Variación espacial (izquierda) y temporal (derecha) del Hierro (promedio y rango de variación) en el río Negro durante 2016.

3.2.2.11. Plaguicidas

Los plaguicidas considerados en la cuenca del río Negro son los siguientes:

Endosulfan (α , β y SO₄), Aldrin, Dieldrin, Atrazina, Glifosato, AMPA; Heptacloro, p.p' (DDD, DDE y DDT), Lindano y Metoxiclor (Anexo 6).

Los plaguicidas fueron muestreados en cinco estaciones seleccionadas como representativas:

RN1: Río Negro y ruta 44. Primer puente sobre el río.

RN5: Embalse de Rincón del Bonete, aguas arriba de la represa.

RN9: Embalse de Baygorria, aguas arriba de la represa.

RN12: Desembocadura del río Yí.

RN13: Embalse de Palmar, aguas arriba de la represa.

De los 14 plaguicidas considerados en el muestreo solo uno de ellos – AMPA- pudo ser cuantificado por la técnica (en 11/21 oportunidades). Por tratarse de derivados no tóxicos del glifosato, los AMPA no tienen valores fijados en el decreto 253 pero, de todas formas, las concentraciones detectadas son bajas.

Sin concentraciones cuantificables, los 13 fitosanitarios restantes cumplen al 100% con los valores estipulados en la guía GESTA AGUA.

3.2.3. Indices de Calidad de agua

Los índices 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. El "ICA", define 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 compararlo con la calidad de agua de diferentes ríos alrededor del mundo. Los resultados pueden ser utilizados para determinar si un tramo particular de dicho río es saludable o no.

3.2.3.1. ICA-SL (Indice de Calidad de Agua – Santa Lucía)

Basándonos en los resultados de Quintans (2015), en este caso utilizamos un índice llamado ICA-SL, elaborado en la Facultad de Ciencias para ser aplicado en la cuenca del río Santa Lucía. Por tratarse de una cuenca vecina y con condiciones geomorfológicas extrapolables, se concluyó que la utilización de este índice era más cercana a la realidad que la utilización de un índice generado para otras condiciones ambientales. Para la aplicación del ICA-SL, se utilizan los datos ponderados según se muestra en la siguiente fórmula, normalizados como se indica en la tabla V.

$$\text{ICA-SL} = (3 \cdot \text{OD} + 3 \cdot \text{Cond} + 2 \cdot \text{PT} + 1 \cdot \text{NO}_3 + 1 \cdot \text{SST}) / 10$$

Tabla V. Normalización de los parámetros de calidad de agua utilizados en el ICA-SL

	Factor de Normalización (Ci)				
	100	75	50	25	1
Sólidos Suspendidos Totales (mg/l)	< 6	6 - 12	12,1 - 18,6	18,7 - 25	>25
Oxígeno Disuelto (mg/l)	> 9	7,7 - 9	6,3 - 7,6	6,2 - 5	< 5
Fósforo Total (µg/l)	< 70	70 - 380	380 - 690	690 - 1000	>1000
Nitratos (µg/l)	< 100	100 - 280	281 - 460	461 - 650	> 650
Conductividad (µS/cm)	< 360	360 - 643	644 - 926	927 - 12010	> 1210

Aplicación del ICA-SL

Las clases de calidad definidas por este índice incluyen cuatro rangos de calidad, los cuales son presentados en la tabla VI. Según los resultados que se desprenden del cálculo de ICA-SL, el río Negro tiene buena calidad de agua prácticamente en toda su longitud (Anexo 7). Sólo las estaciones RN0 y RN1 presentan un valor de calidad regular; el resto de las estaciones muestra buena calidad de agua. En términos generales se observa una mejora en la calidad de agua del río Negro con respecto al año 2015, según los resultados del índice ICA-SL: en 10 estaciones mejora el valor del índice, en 2 estaciones se mantiene igual y sólo en 3 estaciones los valores bajan (Fig. 50). En el caso de la estación RN2, en 2015 apenas superaba el rango que la ubicaba en buena calidad de agua; para 2016 ese valor aumento y se alejó de la zona de equilibrio entre ambas categorías.

De acuerdo a estos resultados se puede considerar que en la entrada del río Negro desde Brasil la calidad del agua es regular, y que la misma se recupera a partir del embalse del rincón del Bonete.

Tabla VI. Escala cromática de calidad de agua según el ICA-SL, de acuerdo con la valoración conceptual y numérica del índice.

Valoración	Rango	Escala cromática
BUENA	>75	
REGULAR	>50 <75	
MALA	>25 <50	
MUY MALA	<25	

AÑO	RN0	RN1	RN2	RN3	RN5	RN6	RN7	RN9	RN10	RN11	RN12	RN13	RN14	RN15	RN16	RN17
2015		72	76	89	88	89	87	86	86	83	81	83	83	84	82	84
2016	65	74	79	88	91	85	89	86	87	89	84	86	86	83	85	84

Fig. 50: Resultado de la aplicación del ICA-SL en las estaciones de monitoreo del río Negro en 2015 y 2016.

3.2.3.2. IQA (Índice de Qualidade de Água)

En el índice aplicado por CETESB-Brasil (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**VII), los rangos que definen las categorías son iguales al WQI (norteamericano), pero los parámetros y las ponderaciones tienen leves variaciones.

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

Donde:

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.

Tabla VII. 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	

Aplicación del IQA

Según los resultados calculados para el IQA (Fig. 51), el río Negro presenta condiciones de buena y media calidad de agua a lo largo de su curso. Al involucrar más variables que el ICA, este índice es más complejo, por lo cual, detecta mejor las variaciones que el precedente. De esta forma, el IQA marca condiciones de calidad de agua media en RN5, RN15 y RN17 cuando el ICA informa buena calidad. De aquí que resulte efectivo utilizar índices con diferente base técnica. En el caso del río Negro, el IQA confirma las condiciones regulares del agua en la cuenca alta (RN0 y RN1) y muestra otros tres puntos que se presentan problemáticos.

RN0	RN1	RN2	RN3	RN5	RN6	RN7	RN9	RN10	RN11	RN12	RN13	RN14	RN15	RN16	RN17
65	62	71	71	70	75	75	74	71	76	76	78	70	69	70	64
MEDIA	MEDIA	BUENA	BUENA	MEDIA	BUENA	MEDIA	BUENA	MEDIA							

Fig. 51: Resultado de la aplicación del IQA en las estaciones de monitoreo del río Negro en 2016. Las diferencias de categoría con los mismos valores de índice son consecuencia del redondeo de cada índice.

3.2.3.3. IET (Índice de Estado trófico)

La eutrofización es el aumento de la concentración de nutrientes, fundamentalmente fósforo y nitrógeno, en los ecosistemas acuáticos, que tiene como consecuencia el aumento de sus productividades. Presenta efectos indeseables, entre ellos, malos olores, mortandad de peces, cambios en la cantidad y calidad de los peces de valor comercial, cambios en la biodiversidad acuática e, incluso, problemas en la potabilización del agua destinada al abastecimiento público.

La finalidad del 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 sólo 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.

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

El cálculo del IET se realizó, entonces, a partir de los valores de fósforo total, basándose en la fórmula de Lamparelli (2004):

$$IET = 10.(6-((0,42-0,36.(ln.PT)/ln2))-20$$

Aplicación del IET

Las clases de calidad definidas por este índice incluyen seis rangos de calidad, los cuales son presentados en la tabla VIII.

Tabla VIII: 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 a (µg/l)	DS (m)	IET
Ultraoligotrófico	≤ 0,013	≤ 0,74	≥ 2,4	≤ 47
Oligotrófico	0,013 < PT ≤ 0,035	0,74 < Cb-a ≤ 1,31	2,4 > S ≥ 1,7	47 < IET ≤ 52
Mesotrófico	0,035 < PT ≤ 0,137	1,31 < Cb-a ≤ 2,96	1,7 > S ≥ 1,1	52 < IET ≤ 59
Eutrófico	0,137 < PT ≤ 0,296	2,96 < Cb-a ≤ 4,70	1,1 > S ≥ 0,8	59 < IET ≤ 63
Supereutrófico	0,296 < PT ≤ 0,640	4,70 < Cb-a ≤ 7,46	0,8 > S ≥ 0,6	63 < IET ≤ 67
Hipereutrófico	> 0,640	> 7,46	< 0,6	> 67

La aplicación del IET para las estaciones del río Negro durante 2016 muestra un cambio significativo con respecto a lo observado el año precedente: 6 estaciones (RN5 a RN11) que estaban en el límite de trofia mejoraron su estado y se ubicaron en una categoría de mejor calidad. El caso opuesto se observa en la estación RN15, que también se encontraba en un nivel límite de trofia, pero empeoró su situación. En el total de las estaciones se observa una mejora en el IET en 10 de las mismas. Una mantuvo el mismo IET

(RN16) y sólo 3 empeoraron su condición (RN12, RN15 y RN17). Estos resultados implican una leve mejora en las cuencas alta y media y un mantenimiento a nivel de la cuenca baja (Fig. 52).

AÑO	RN0	RN1	RN2	RN3	RN5	RN6	RN7	RN9	RN10	RN11	RN12	RN13	RN14	RN15	RN16	RN17
2015		62	60	60	60	59	59	59	60	59	60	60	60	59	60	60
2016	63	61	59	59	58	58	58	59	59	58	61	59	59	60	60	61

Fig. 52: Resultado de la aplicación del IET en las estaciones de monitoreo del río Negro en 2016. Las diferencias de categoría con los mismos valores de índice son consecuencia del redondeo de cada índice.

4. SINTESIS

Los datos registrados durante el año 2016 en el río Negro inducen a considerar una leve mejoría de la calidad del agua del mismo, en relación al año precedente.

Los resultados observados en las diferentes variables monitoreadas durante el periodo considerado en este estudio se mantienen dentro del rango de variación observado en los registros anteriores, incluso mostrando promedios inferiores.

En el caso del Fosforo Total se observa un descenso de concentración promedio anual. Si bien en las concentraciones observadas ese valor no representaría un cambio significativo, es una leve mejoría con respecto a años precedentes. Una mejoría similar se había observado en 2015.

Se aplicó dos índices de calidad de aguas (ICS-SL e IQA) y uno de estado trófico (IET). El ICA-SL indica que la calidad predominante en el curso principal del río Negro es buena, con características de calidad regular sólo en dos estaciones de la cuenca alta RN0 y RN1, debiendo complementarse la información con calidad del agua que ingresa desde Brasil. El IQA confirma esta baja condición de calidad de agua en las estaciones más cercanas a la frontera (RN0 y RN1), y considera otras tres estaciones (en la cuenca baja) con calidad de agua media. El estado trófico, según el IET muestra una mejoría con respecto al año precedente, mostrando una situación eutrófica en las cuencas alta y baja, pero, tras la mejoría, mesotrofia en casi toda la cuenca media.

5. BIBLIOGRAFIA

Cervetto, G. & G. Balero, 2016. Plan de monitoreo del rio Negro. Informe de datos de calidad de agua. Año 2015. DINAMA. Informe Interno: 58 pp.

Cervetto, G. & G. Balero, 2015. Plan de monitoreo del rio Negro. Informe de datos de calidad de agua. Año 2014. DINAMA Inf. Int. : 1-41

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

LAMPARELLI, M. C., 2004. Grau de trofia em corpos d'agua do estado de Sao Paulo: avaliacao dos metodos de monitoramento. Sao Paulo: USP/ Departamento de Ecologia. Tese de doutorado, Universidade de Sao Paulo, 235 pp

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

Anexo 2: Registros de % de saturación de oxígeno (%), Oxígeno Disuelto (mg/l), pH, Conductividad (µS/cm), temperatura (°C) y Transparencia (m) en las estaciones muestreadas en cada fecha de monitoreo.

FECHA	ESTACIÓN	Conductividad µS/cm	T °C	OD mg/L	SatO2 %	pH sin unid	Transparencia cm
FEBRERO	RN1	118,2	27,5	6,91	87,5	7,99	
FEBRERO	RN2	114,9	28,6	7,53	97,5	7,75	
FEBRERO	RN3	69,8	29,8	7,80	104,1	7,85	
FEBRERO	RN5	72,5	28,2	9,35	123,1	8,93	
FEBRERO	RN5F	73,1	28,8	7,07	90,5	8,16	
FEBRERO	RN6	70,6	26,9	7,21	90,6	7,51	
FEBRERO	RN7	71,4	27,1	6,79	87,1	7,77	
FEBRERO	RN9	74,1	27,6	7,34	93,2	7,52	
FEBRERO	RN9F	76,3	28,2	6,98	89,7	7,86	
FEBRERO	RN10	82,1	28,0	6,96	89,6	7,90	
FEBRERO	RN11	73,5	26,1	6,71	82,7	7,38	
FEBRERO	RN12	91,6	24,7	7,21	86,4	7,53	
FEBRERO	RN13	78,7	25,7	6,81	83,7	7,47	
FEBRERO	RN13F	79,4	25,7	7,42	91,4	7,56	
FEBRERO	RN14	79,5	26,2	6,87	85,5	7,32	
FEBRERO	RN15	89,4	25,0	7,39	89,1	7,43	
FEBRERO	RN16	89,4	25,0	7,31	88,2	7,56	
FEBRERO	RN17	90,5	25,2	6,67	83,0	7,50	
MAYO	RN1	71,0	11,0	11,01	97,1	6,81	
MAYO	RN2	77,3	13,2	9,28	89,5	7,61	
MAYO	RN3	77,8	14,9	9,00	88,8	6,99	
MAYO	RN5	57,9	14,1	10,07	97,3	7,06	102
MAYO	RN5F	58,5	13,7	10,15	97,2	7,08	
MAYO	RN6	58,9	14,2	9,90	96,5	7,23	
MAYO	RN7	58,4	14,3	11,58	113,1	7,15	
MAYO	RN9	62,5	14,1	11,06	107,5	7,24	95
MAYO	RN9F	62,7	14,1	11,09	107,4	7,36	
MAYO	RN10	63,1	14,3	10,85	105,5	7,07	
MAYO	RN11	65,1	14,2	10,38	101,4	6,78	
MAYO	RN12	221,0	13,4	9,91	94,9	7,05	
MAYO	RN13	70,9	14,2	9,99	97,1	7,06	95
MAYO	RN13F	71,2	14,4	9,88	96,7	7,48	
MAYO	RN14	71,9	14,3	11,79	115,2	7,35	95
MAYO	RN15	83,2	13,7	11,20	108,1	7,08	
MAYO	RN16	85,7	13,6	11,10	106,7	7,45	
MAYO	RN17	86,2	13,3	10,43	99,0	7,35	
SETIEMBRE	RN1	91,4	22,5	7,27	84,1	7,02	
SETIEMBRE	RN2	84,6	24,2	6,68	79,7	7,13	80
SETIEMBRE	RN3	67,1	23,4	9,41	111,4	7,22	
SETIEMBRE	RN5	69,4	23,0	8,61	100,2	7,46	85
SETIEMBRE	RN5F	69,9	23,1	8,34	97,7	7,44	
SETIEMBRE	RN6	69,8	22,3	8,34	95,5	7,54	90
SETIEMBRE	RN7	68,8	21,7	8,15	92,8	7,41	90
SETIEMBRE	RN9	70,3	22,0	8,47	96,8	7,37	80
SETIEMBRE	RN9F	72,6	22,9	8,21	95,2	7,65	
SETIEMBRE	RN10	73,2	23,2	8,46	100,5	7,52	85
SETIEMBRE	RN11	76,9	22,6	7,70	90,8	7,05	100
SETIEMBRE	RN12	103,3	23,5	7,87	94,0	7,31	100
SETIEMBRE	RN13	81,8	24,6	8,73	105,0	7,66	90
SETIEMBRE	RN13F	82,9	23,9	8,14	96,5	7,63	
SETIEMBRE	RN14	79,4	22,9	7,78	91,0	7,22	
SETIEMBRE	RN15	89,3	24,2	7,60	95,5	7,20	100
SETIEMBRE	RN16	99,1	24,0	7,75	92,7	7,24	100
SETIEMBRE	RN17	103,7	25,6	8,66	106,5	7,59	52
NOVIEMBRE	RN0	67,4	22,1	7,68	87,4	6,70	
NOVIEMBRE	RN1	119,2	24,7	9,11	110,8	7,38	
NOVIEMBRE	RN2	92,1	24,6	8,52	101,8	7,03	
NOVIEMBRE	RN3	67,4	22,1	7,68	87,4	6,70	
NOVIEMBRE	RN5	88,0	20,8	8,71	97,1	7,11	115
NOVIEMBRE	RN5F	89,0	20,8	8,60	96,8	7,04	
NOVIEMBRE	RN6	58,3	19,9	8,86	97,0	6,78	
NOVIEMBRE	RN7	88,3	20,7	10,21	114,7	7,08	
NOVIEMBRE	RN9	87,4	21,2	8,71	101,9	6,25	
NOVIEMBRE	RN9F	87,4	22,8	8,75	104,4	5,97	145
NOVIEMBRE	RN10	89,2	21,4	9,20	104,3	5,77	
NOVIEMBRE	RN11	89,5	23,7	9,29	110,0	6,29	120
NOVIEMBRE	RN12	224,5	23,8	8,19	97,0	7,09	130
NOVIEMBRE	RN13	104,8	24,3	8,57	103,8	6,48	130
NOVIEMBRE	RN13F	51,5	24,7	8,20	100,2	6,17	
NOVIEMBRE	RN14	107,0	22,4	7,91	92,2	6,15	
NOVIEMBRE	RN15	128,1	22,8	7,86	91,4	7,27	
NOVIEMBRE	RN16	129,4	22,8	7,65	88,9	7,22	
NOVIEMBRE	RN17	132,3	24,0	7,76	93,7	7,20	60

Anexo 3: Registros de diferentes variables en las estaciones muestreadas en cada fecha de monitoreo.

FECHA	ESTACIÓN	Coli. Termo. ufc/100ml	DBO5 mg/l	AlcT mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Na mg/l	K mg/l	NO3 mg/l	NO2 µg/l	NH4 mg/l	NH3 µg/l	NT mg/l	PO4 µg/l	PT µg/l	RAS sin unidad
FEBRERO	RN1	150	3,40	44	11,0	2,8	8,3	2,1	0,35	3,0	0,019	1,260	1,77	48	190	0,578
FEBRERO	RN2	32	1,30	49	11,0	3,7	7,1	1,4	0,09	3,0	0,036	1,527	0,76	50	150	0,473
FEBRERO	RN3	36	0,86	29	7,4	2,1	3,0	1,3	0,07	3,0	0,021	1,205	0,64	90	130	0,251
FEBRERO	RN5	29000	3,10	32	6,6	2,2	2,7	1,4	0,02	1,5	0,031	12,227	0,76	21	93	0,232
FEBRERO	RN5F		0,86	32	7,4	2,3	2,7	1,4	0,03	1,5	0,021	2,175	0,50	32	100	0,222
FEBRERO	RN6	10	0,86	32	7,5	2,2	2,8	1,4	0,03	3,0	0,034	0,748	0,54	31	94	0,231
FEBRERO	RN7	10	0,86	31	7,6	2,3	2,7	1,3	0,03	3,0	0,027	1,077	0,51	33	96	0,220
FEBRERO	RN9	10	1,40	35	8,0	2,4	2,7	1,4	0,03	1,5	0,022	0,521	0,63	27	120	0,215
FEBRERO	RN9F		0,86	35	8,0	2,4	2,7	1,3	0,06	1,5	0,007	0,341	0,54	35	120	0,215
FEBRERO	RN10	10	0,86	36	8,3	2,5	2,7	1,3	0,07	1,5	0,016	0,904	0,55	40	130	0,211
FEBRERO	RN11	2	0,86	36	8,6	2,6	2,7	1,3	0,11	5,3	0,007	0,101	0,58	43	110	0,207
FEBRERO	RN12	1	1,60	44	10,0	2,9	5,0	1,6	0,15	1,5	0,013	0,255	0,68	100	200	0,358
FEBRERO	RN13	1	0,86	37	9,1	2,5	3,1	1,4	0,13	1,5	0,007	0,120	0,53	59	150	0,235
FEBRERO	RN13F		0,86	37	9,1	2,5	3,1	1,4	0,07	1,5	0,007	0,147	0,52	64	150	0,235
FEBRERO	RN14	85	0,86	37	8,8	2,5	3,1	1,4	0,12	1,5	0,033	0,449	0,50	63	140	0,237
FEBRERO	RN15	27	1,30	44	11,0	2,7	3,9	1,4	0,07	1,5	0,007	0,104	0,58	63	180	0,273
FEBRERO	RN16	18	1,30	43	11,0	2,7	4,0	1,4	0,09	3,0	0,007	0,139	2,30	62	160	0,280
FEBRERO	RN17	170	0,86	43	11,0	2,7	4,3	1,5	0,10	3,0	0,007	0,124	0,62	73	160	0,301
MAYO	RN1	510	6,10	23	5,5	0,5	4,0	3,0	0,29	1,2	0,071	0,092	0,87	59	120	
MAYO	RN2	10	4,70	31	7,1	1,7	4,1	2,0	0,15	1,2	0,027	0,262	1,16	41	91	0,359
MAYO	RN3	10	6,90	36	8,2	2,1	4,0	2,2	0,15	1,2	0,069	0,186	0,75	60	100	0,322
MAYO	RN5	10	1,50	27	5,8	1,3	2,9	2,0	0,10	2,9	0,023	0,068	0,63	44	80	0,283
MAYO	RN5F		1,50	24	5,8	1,3	2,8	2,0	0,06	2,9	0,017	0,051	0,68	47	85	0,273
MAYO	RN6	10	1,90	24	5,9	1,4	3,1	2,0	0,09	2,9	0,040	0,177	0,78	53	100	0,298
MAYO	RN7	10	1,60	24	5,9	1,4	2,9	1,9	0,11	2,9	0,210	0,778	0,65	48	83	0,279
MAYO	RN9	10	2,90	27	5,9	1,5	3,1	1,9	0,09	2,9	0,021	0,094	0,71	46	85	0,295
MAYO	RN9F		4,40	27	5,9	1,5	3,1	1,9	0,08	2,9	0,021	0,124	0,69	43	85	0,295
MAYO	RN10	10	7,20	26	6,0	1,5	3,2	2,0	0,14	4,7	0,039	0,120	0,87	50	84	0,303
MAYO	RN11	5	1,80	29	6,8	1,9	3,3	2,8	0,11	2,9	0,018	0,028	0,68	47	84	0,288
MAYO	RN12	17	2,00	100	25,0	6,2	15,0	2,5	0,26	12,0	0,100	0,274	0,91	98	140	0,696
MAYO	RN13	4	0,86	30	7,0	1,7	4,0	2,0	0,14	1,2	0,007	0,019	0,70	55	89	0,352
MAYO	RN13F		0,86	31	7,1	1,7	4,0	2,1	0,12	1,2	0,007	0,052	0,71	56	89	0,350
MAYO	RN14	14	1,50	32	6,7	1,7	3,8	2,1	0,14	1,2	0,007	0,038	0,72	48	89	0,339
MAYO	RN15	16	3,40	37	9,1	1,9	4,0	1,9	0,14	1,2	0,007	0,020	19,50	57	93	0,315
MAYO	RN16	15	1,30	38	8,9	1,9	4,0	1,9	0,14	1,2	0,007	0,045	4,28	55	94	0,317
MAYO	RN17	350	3,90	38	8,8	1,8	4,4	2,1	0,14	2,9	0,040	0,216	3,01	55	100	0,353
SETIEMBRE	RN1	170	3,90	36	11,0	2,6	8,7	2,9	0,21	3,1	0,087	0,453	1,73	67	76	0,613
SETIEMBRE	RN2	55	0,86	35	11,0	2,9	6,1	1,9	0,11	3,1	0,004	0,033	0,87	36	42	0,423
SETIEMBRE	RN3	5	4,10	35	10,0	2,6	6,5	2,2	0,11	1,5	0,022	0,194	1,51	30	40	0,473
SETIEMBRE	RN5	5	0,86	28	8,5	2,6	4,1	1,9	0,19	3,1	0,007	0,096	0,64	37	47	0,316
SETIEMBRE	RN5F		0,86	27	8,4	2,5	3,9	1,9	0,19	1,5	0,004	0,063	0,66	38	53	0,303
SETIEMBRE	RN6	5	0,86	29	8,8	2,6	4,5	2,0	0,19	1,5	0,007	0,109	0,92	21	36	0,342
SETIEMBRE	RN7	5	0,86	30	8,9	2,6	4,1	1,9	0,19	3,1	0,004	0,053	0,67	37	46	0,311
SETIEMBRE	RN9	5	0,86	29	10,0	2,9	4,2	1,9	0,20	3,1	0,004	0,049	0,76	40	49	0,301
SETIEMBRE	RN9F		0,86	30	9,9	2,8	4,3	1,9	0,20	1,5	0,007	0,146	0,76	37	48	0,311
SETIEMBRE	RN10	23	0,86	29	10,0	2,9	4,2	1,9	0,19	1,5	0,004	0,076	0,79	36	40	0,301
SETIEMBRE	RN11	4	0,86	30	9,4	2,7	4,2	1,9	0,22	1,5	0,004	0,025	0,67	35	52	0,311
SETIEMBRE	RN12	5	0,86	42	12,0	3,3	7,8	1,7	0,22	3,1	0,081	0,882	0,93	61	72	0,514
SETIEMBRE	RN13	1	0,86	37	12,0	3,3	5,6	1,8	0,23	3,1	0,004	0,115	0,75	44	67	0,369
SETIEMBRE	RN13F		0,86	36	12,0	3,2	5,5	1,8	0,23	3,1	0,021	0,487	0,77	44	68	0,364
SETIEMBRE	RN14	140	0,86	38	11,0	3,1	5,4	1,8	0,23	3,1	0,004	0,037	0,75	46	62	0,370
SETIEMBRE	RN15	16	0,86	42	11,0	2,9	5,4	1,6	0,25	1,5	0,004	0,039	0,75	50	63	0,374
SETIEMBRE	RN16	27	0,86	43	13,0	3,3	6,0	1,7	0,26	4,8	0,020	0,193	0,76	47	65	0,385
SETIEMBRE	RN17	73	0,86	45	12,0	3,1	6,1	1,7	0,26	1,5	0,019	0,456	0,86	52	56	0,406
NOVIEMBRE	RN0	27	2,20	43	11,0	2,6	10,0	3,5	0,40	4,6	0,004	0,011	2,20	120	180	0,704
NOVIEMBRE	RN1	160	2,00	44	10,0	2,4	8,3	2,1	0,16	3,1	0,004	0,061	0,11	100	140	0,612
NOVIEMBRE	RN2	10	1,30	36	8,1	2,3	4,8	1,6	0,12	3,1	0,032	0,200	0,08	76	100	0,383
NOVIEMBRE	RN3	10	0,86	26	5,8	1,5	3,0	1,6	0,03	3,1	0,110	0,267	0,85	64	91	0,287
NOVIEMBRE	RN5	10	0,86	36	8,3	2,2	3,8	1,2	0,10	3,1	0,032	0,180	0,72	43	66	0,303
NOVIEMBRE	RN5F		0,86	35	8,3	2,2	3,8	1,2	0,15	3,1	0,007	0,031	0,70	38	67	0,303
NOVIEMBRE	RN6	10	1,50	35	8,7	2,3	4,2	1,5	0,14	3,1	0,022	0,054	0,82	43	68	0,327
NOVIEMBRE	RN7	10	0,86	36	8,4	2,3	3,8	1,3	0,17	3,1	0,004	0,023	0,71	35	66	0,300
NOVIEMBRE	RN9	10	0,86	36	8,5	2,3	4,2	1,4	0,19	3,1	0,007	0,005	0,74	27	70	0,330
NOVIEMBRE	RN9F		0,86	36	8,4	2,3	3,9	1,4	0,19	3,1	0,027	0,013	0,76	38	71	0,307
NOVIEMBRE	RN10	10	0,86	37	8,7	2,3	4,0	1,4	0,26	5,2	0,004	0,001	0,74	38	69	0,312
NOVIEMBRE	RN11	9	0,86	38	7,7	1,9	3,8	1,0	0,14	3,1	0,022	0,023	0,72	42	69	0,318
NOVIEMBRE	RN12	6	0,86	100	21,0	5,2	14,0	1,2	0,11	12,2	0,110	0,742	0,76	72	96	0,709
NOVIEMBRE	RN13	16	0,86	44	11,0	3,0	5,2	1,2	0,19	3,1	0,120	0,207	0,74	42	71	0,358
NOVIEMBRE	RN13F		0,86	44	11,0	2,8	5,0	1,1	0,22	3,1	0,007	0,006	0,73	46	73	0,348
NOVIEMBRE	RN14	11	0,86	45	11,0	2,8	5,0	1,1	0,20	3,1	0,004	0,003	0,75	61	78	0,348
NOVIEMBRE	RN15	36	0,86	53	14,0	2,9	6,1	1,5	0,36	5,4	0,021	0,198	0,90	90	120	0,387
NOVIEMBRE	RN16	32	0,42	54	14,0	3,0	6,4	1,5	0,39	7,4	0,016	0,135	0,96	110	130	0,405
NOVIEMBRE	RN17	470	3,60	55	14,0	3,0	7,2	2,1	0,45	6,8	0,035	0,308	1,46	130	160	0,455

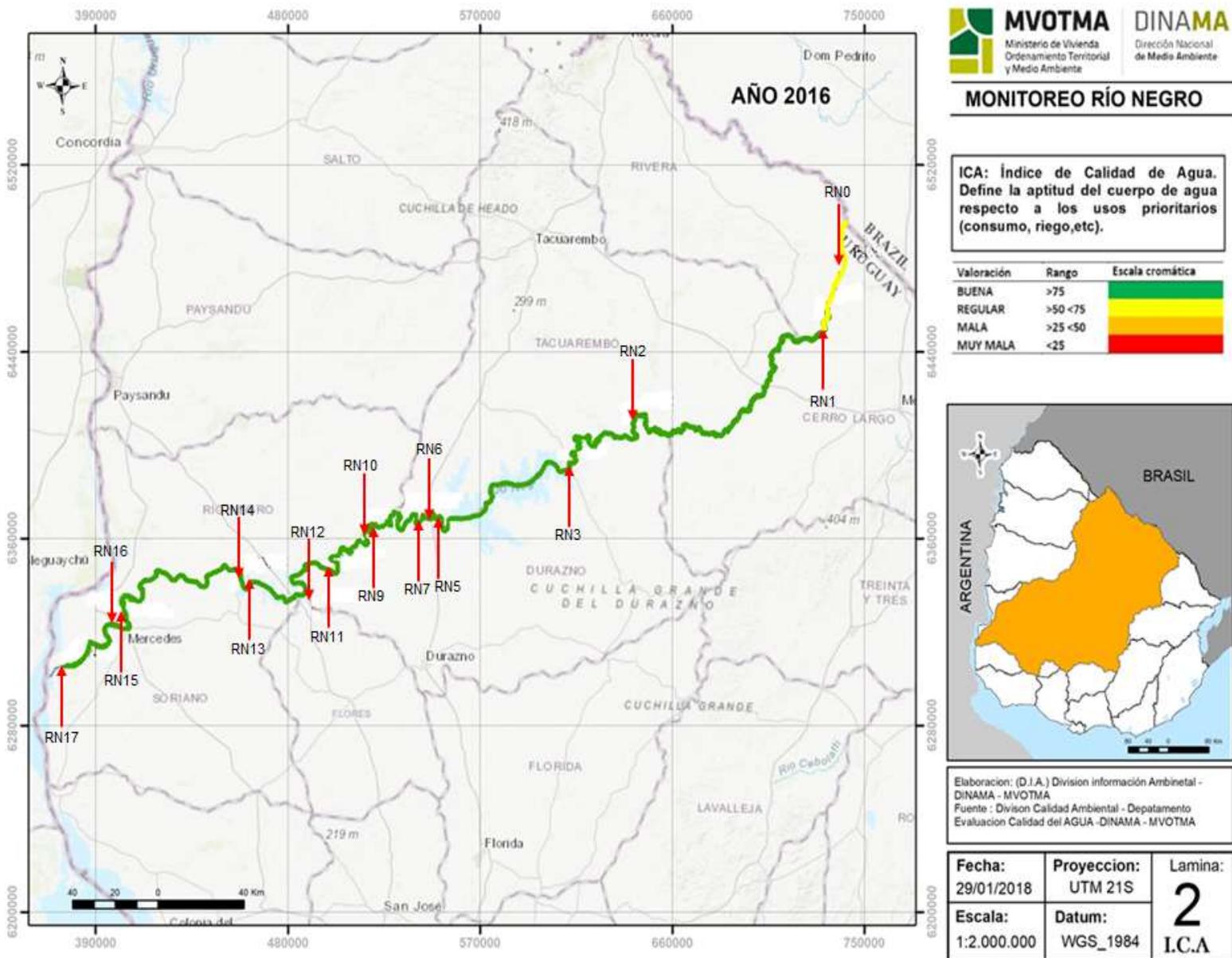
Anexo 4: Registros de diferentes variables en las estaciones muestreadas en cada fecha de monitoreo. SST (Sólidos Suspendidos Totales), SSF (Sólidos Suspendidos Fijos), SSV (Sólidos Suspendidos Volátiles), Clorofila α (Clorofila α), Feofitina α (Feofitina α), Sust. Fenólicas (Sustancias fenólicas) y AOX (AOX).

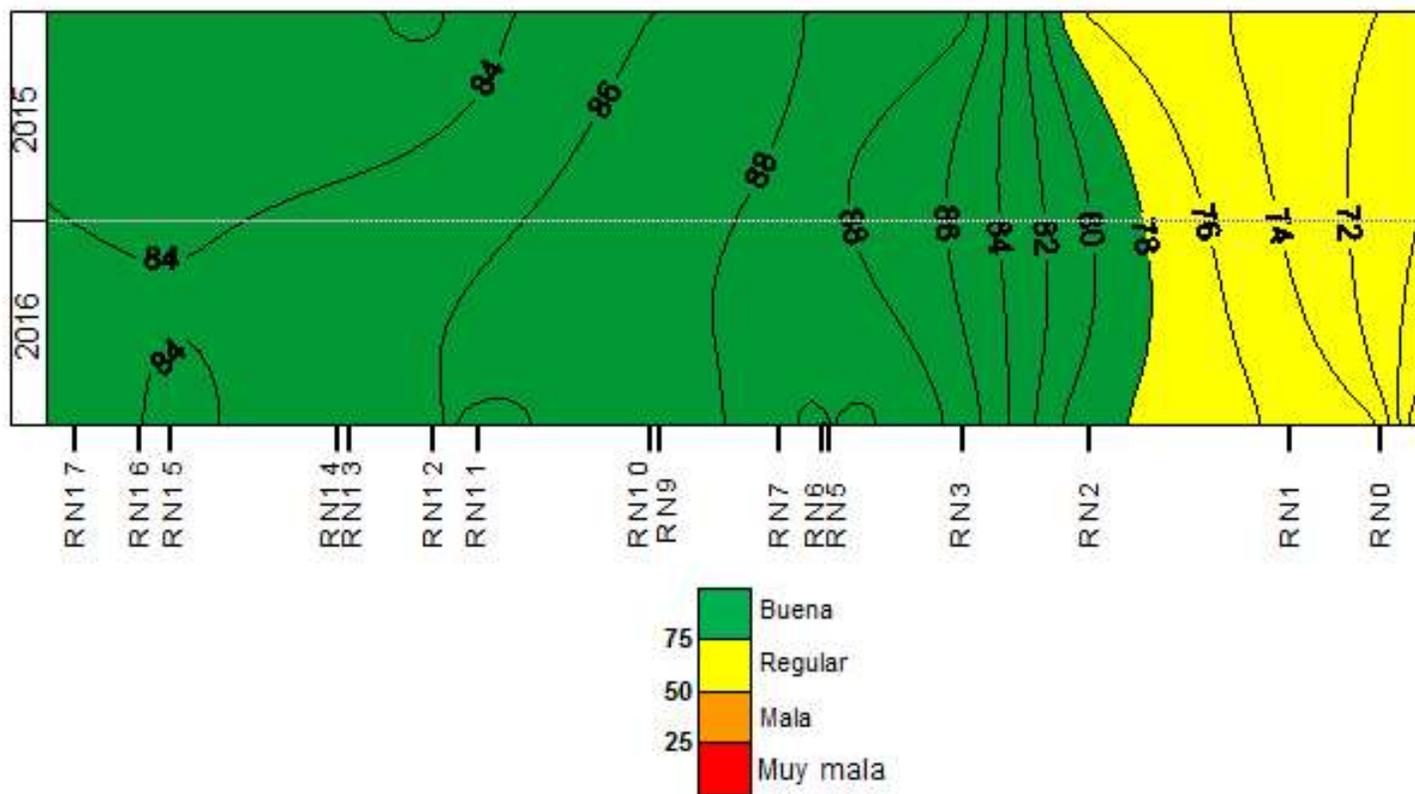
FECHA	ESTACIÓN	SST mg/l	SSF mg/l	SSV mg/l	ClorofilaA µg/l	FeofitinaA µg/l	Sust. fenólicas µg/l	AOX µg/l
FEBRERO	RN1	46,00	38,00	6,15	10,8	6,9	1,80	10,0
FEBRERO	RN2	22,00	18,00	6,15	9,6	5,1	0,65	10,0
FEBRERO	RN3	6,15	6,15	3,10	1,8	1,4	2,60	10,0
FEBRERO	RN5	19,00	6,15	15,00	40,4	12,0	0,65	27,0
FEBRERO	RN5F	6,15	3,10	3,10			0,65	8,5
FEBRERO	RN6	6,15	3,10	6,15	6,5	4,8	0,65	8,5
FEBRERO	RN7	6,15	3,10	3,10	3,1	1,6	0,65	8,5
FEBRERO	RN9	6,15	6,15	3,10	9,0	4,3	0,65	8,5
FEBRERO	RN9F	6,15	6,15	3,10			0,65	10,0
FEBRERO	RN10	6,15	6,15	3,10	2,1	1,4	0,65	8,5
FEBRERO	RN11	3,00	3,00	1,00	1,5	1,0	1,40	8,5
FEBRERO	RN12	7,00	6,00	3,00	3,6	5,7	0,65	10,0
FEBRERO	RN13	3,00	3,00	3,00	3,3	1,9	0,65	10,0
FEBRERO	RN13F	5,00	3,00	3,00			2,10	8,5
FEBRERO	RN14	3,00	3,00	3,00	5,8	2,8	0,50	8,5
FEBRERO	RN15	8,00	3,00	3,00	4,0	5,2	0,65	10,0
FEBRERO	RN16	8,00	6,00	3,00	4,9	1,8	2,30	10,0
FEBRERO	RN17	3,00	3,00	3,00	6,2	1,1	0,65	8,5
MAYO	RN1	21,60	18,60	3,00	1,3	2,2	1,30	10,0
MAYO	RN2	9,40	7,40	1,50	1,0	1,0	0,65	10,0
MAYO	RN3	4,60	3,20	1,50	2,2	0,5	0,50	10,0
MAYO	RN5	1,50	1,50	1,00	0,3	1,4	1,30	10,0
MAYO	RN5F	1,50	1,50	1,50			0,50	10,0
MAYO	RN6	7,20	5,20	1,50	0,1	1,0	0,65	10,0
MAYO	RN7	1,50	1,00	1,00	0,3	0,1	0,50	10,0
MAYO	RN9	1,50	1,50	1,00	0,3	0,6	2,60	10,0
MAYO	RN9F	3,00	1,50	1,50			2,40	10,0
MAYO	RN10	9,20	7,00	1,50	1,3	1,5	2,30	10,0
MAYO	RN11	2,00	1,00	1,00	0,3	0,5	2,60	8,5
MAYO	RN12	2,00	2,00	1,00	0,7	0,9	2,00	10,0
MAYO	RN13	2,00	1,00	1,00	0,6	0,4	2,00	10,0
MAYO	RN13F	2,00	1,00	1,00			2,90	10,0
MAYO	RN14	2,00	2,00	1,00	0,3	0,2	2,70	10,0
MAYO	RN15	2,00	2,00	1,00	0,3	1,2	1,90	10,0
MAYO	RN16	2,00	2,00	1,00	0,1	0,6	2,40	10,0
MAYO	RN17	11,00	9,00	2,00			2,00	10,0
SETIEMBRE	RN1	49,00	41,00	6,15	1,6	4,5	0,65	8,5
SETIEMBRE	RN2	18,00	15,00	6,15	1,8	2,2	0,65	10,0
SETIEMBRE	RN3	6,15	6,15	3,10	1,8	1,2	1,80	10,0
SETIEMBRE	RN5	3,10	3,10	3,10	0,7	0,4	0,65	10,0
SETIEMBRE	RN5F	3,10	3,10	3,10			1,90	10,0
SETIEMBRE	RN6	21,00	18,00	3,10	1,5	1,2		10,0
SETIEMBRE	RN7	3,10	3,10	3,10	0,1	1,2	1,50	10,0
SETIEMBRE	RN9	3,10	3,10	3,10	0,1	0,7	0,65	10,0
SETIEMBRE	RN9F	3,10	3,10	3,10			0,65	10,0
SETIEMBRE	RN10	14,00	13,00	3,10	0,1	1,0	1,50	10,0
SETIEMBRE	RN11	6,15	3,10	3,10	0,7	2,9	0,50	10,0
SETIEMBRE	RN12	6,15	6,15	6,15	3,8	1,7	0,65	8,5
SETIEMBRE	RN13	6,15	6,15	6,15	1,0	4,1	0,65	10,0
SETIEMBRE	RN13F	6,15	3,10	3,10			3,00	10,0
SETIEMBRE	RN14	5,00	6,15	6,15	0,3	1,1	0,65	10,0
SETIEMBRE	RN15	6,15	6,15	3,10	0,4	0,5	0,65	10,0
SETIEMBRE	RN16	6,15	6,15	6,15	0,6	0,3	2,80	10,0
SETIEMBRE	RN17	6,15	6,15	3,10	1,5	0,4	0,65	10,0
NOVIEMBRE	RN0	51,00	40,00	11,00	8,7	4,5	1,40	10,0
NOVIEMBRE	RN1	48,00	39,00	6,15	22,2	14,5	0,65	8,5
NOVIEMBRE	RN2	56,00	47,00	6,15	2,7	2,8	0,50	10,0
NOVIEMBRE	RN3	6,15	6,15	3,10	1,3	2,6		10,0
NOVIEMBRE	RN5	3,10	3,10	3,10	0,6	1,5	0,50	10,0
NOVIEMBRE	RN5F	3,10	3,10	3,10			0,50	10,0
NOVIEMBRE	RN6	6,15	3,10	3,10	0,6	0,8	0,50	10,0
NOVIEMBRE	RN7	3,10	3,10	3,10	0,6	1,8	0,50	10,0
NOVIEMBRE	RN9	6,15	3,10	3,10	0,4	1,0	2,80	10,0
NOVIEMBRE	RN9F	6,15	3,10	3,10			1,30	10,0
NOVIEMBRE	RN10	6,15	6,15	3,10	0,6	0,1	0,65	10,0
NOVIEMBRE	RN11	3,00	3,00	3,00	7,8	3,7	2,30	10,0
NOVIEMBRE	RN12	3,00	1,00	1,00	3,3	2,4	0,50	10,0
NOVIEMBRE	RN13	3,00	1,00	1,00	4,1	2,7	2,20	30,0
NOVIEMBRE	RN13F	1,00	1,00	1,00			0,50	10,0
NOVIEMBRE	RN14	7,00	6,00	1,00	1,2	0,4	7,20	8,5
NOVIEMBRE	RN15	5,00	3,00	1,00	0,3	3,2	0,65	10,0
NOVIEMBRE	RN16	5,00	3,00	1,00	0,6	0,9	0,50	10,0
NOVIEMBRE	RN17	11,00	9,00	3,00	2,2	2,5	0,65	10,0

Anexo 5: Registros de metales pesados (Cd, Cr, Fe, Hg, Ni, Pb y Zn) y otros tóxicos (CN y As) en las estaciones muestreadas en cada fecha de monitoreo.

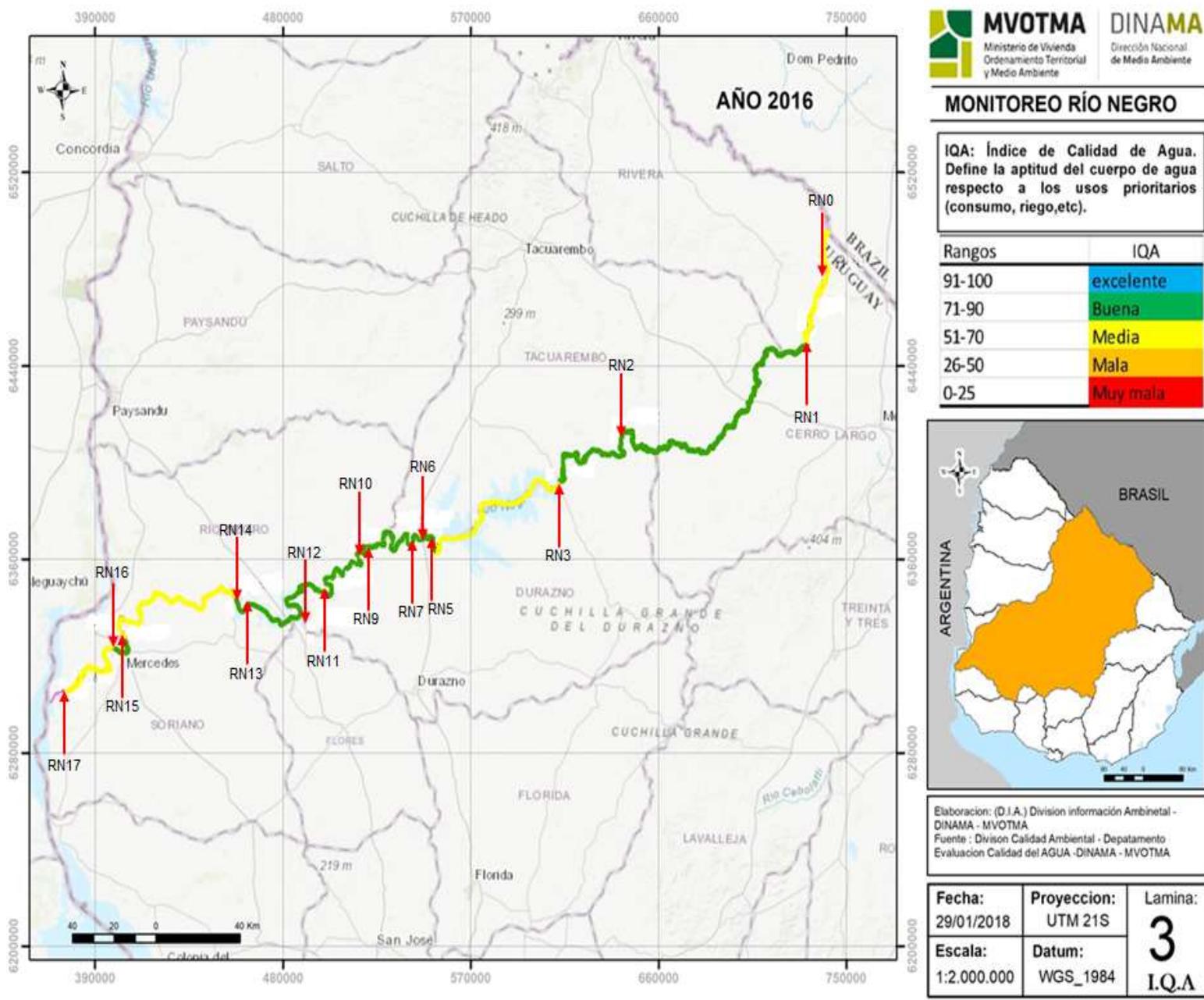
FECHA	ESTACIÓN	CN-total µg/l	Arsénico µg/l	Cadmio µg/l	Cromo µg/l	Hierro mg/l	Mercurio µg/l	Niquel µg/l	Plomo µg/l	Zinc µg/l
FEBRERO	RN1	2.5	2.5	0.70	5	0.81	0.2	6	9	150
FEBRERO	RN2	2.5	2.0	0.70	5	0.60	0.2	6	9	8
FEBRERO	RN3	4.0	2.0	0.70	2	0.56	0.2	10	9	8
FEBRERO	RN5	2.5	2.0	0.70	5	0.33	0.2	6	9	5
FEBRERO	RN5F	4.0	2.0	0.70	2	0.37	0.2	6	9	150
FEBRERO	RN6	2.5	2.0	0.70	5	0.37	0.2	6	9	8
FEBRERO	RN7	4.0	2.0	0.70	5	0.33	0.2	6	9	8
FEBRERO	RN9	4.0	2.0	0.70	5	0.61	0.2	6	9	5
FEBRERO	RN9F	2.5	2.0	0.70	5	0.50	0.2	6	9	8
FEBRERO	RN10	4.0	2.0	0.70	5	0.57	0.2	6	9	150
FEBRERO	RN11	4.0	2.5	0.70	5	1.00	0.2	6	9	8
FEBRERO	RN12	4.0	2.5	0.70	5	0.63	0.2	6	9	150
FEBRERO	RN13	4.0	2.0	0.70	5	0.54	0.2	6	9	5
FEBRERO	RN13F	4.0	2.0	0.70	5	0.46	0.2	6	9	150
FEBRERO	RN14	4.0	2.5	0.70	5	0.90	0.2	6	9	8
FEBRERO	RN15	4.0	2.5	0.70	5	0.73	0.2	6	9	8
FEBRERO	RN16	4.0	2.5	0.70	5	0.68	0.2	6	9	150
FEBRERO	RN17	4.0	2.5	0.70	5	0.79	0.2	6	9	8
MAYO	RN1	4.0	2.0	0.70	5	1.00	0.2	10	9	25
MAYO	RN2	4.0	2.0	0.70	5	0.52	0.2	10	9	10
MAYO	RN3	4.0	2.0	0.70	5	0.45	0.2	10	9	50
MAYO	RN5	4.0	2.0	0.70	5	0.36	0.2	10	9	8
MAYO	RN5F	4.0	2.0	0.70	5	0.44	0.2	10	9	25
MAYO	RN6	4.0	2.0	0.70	5	0.36	0.2	10	9	15
MAYO	RN7	4.0	2.0	0.70	5	0.42	0.2	10	9	15
MAYO	RN9	4.0	2.0	0.70	5	0.49	0.2	10	9	15
MAYO	RN9F	4.0	2.0	0.70	5	0.49	0.2	10	9	15
MAYO	RN10	4.0	2.0	0.70	5	0.41	0.2	10	9	100
MAYO	RN11	4.0	2.0	0.70	5	0.81	0.2	10	9	15
MAYO	RN12	4.0	2.5	0.70	5	0.77	0.2	10	9	15
MAYO	RN13	4.0	2.0	0.70	5	0.40	0.2	10	9	15
MAYO	RN13F	4.0	2.0	0.70	5	0.38	0.2	10	9	15
MAYO	RN14	4.0	2.0	0.70	5	0.35	0.2	10	9	15
MAYO	RN15	4.0	2.0	0.70	5	0.82	0.2	10	9	15
MAYO	RN16	4.0	2.5	0.70	5	0.81	0.2	10	9	15
MAYO	RN17	4.0	2.5	0.70	5	1.10	0.2	10	9	15
SETIEMBRE	RN1	4.0	8.2	0.20	3	3.4	0.2	2	2	15
SETIEMBRE	RN2	4.0	5.7	0.20	2	1.9	0.2	2	2	15
SETIEMBRE	RN3	4.0	2.5	0.20	2	1.5	0.2	2	2	30
SETIEMBRE	RN5	4.0	2.0	0.20	2	1.0	0.2	2	4	15
SETIEMBRE	RN5F	4.0	2.0	0.20	2	1.3	0.2	2	38	34
SETIEMBRE	RN6	4.0	2.0	0.20	2	1.1	0.2	2	4	30
SETIEMBRE	RN7	4.0	2.0	0.20	2	1.1	0.2	2	2	15
SETIEMBRE	RN9	4.0	2.0	0.20	2	0.61	0.2	2	2	15
SETIEMBRE	RN9F	4.0	2.5	0.20	2	0.45	0.2	2	4	15
SETIEMBRE	RN10	4.0	2.5	0.20	2	0.47	0.2	2	2	15
SETIEMBRE	RN11	4.0	2.0	0.20	2	1.20	0.2	2	2	15
SETIEMBRE	RN12	4.0	2.0	0.20	2	1.60	0.2	2	2	15
SETIEMBRE	RN13	4.0	2.5	0.20	2	0.72	0.2	2	2	15
SETIEMBRE	RN13F	4.0	2.0	0.20	2	0.77	0.2	2	4	15
SETIEMBRE	RN14	4.0	2.0	0.20	2	0.88	0.2	2	4	15
SETIEMBRE	RN15	4.0	2.0	0.20	2	0.95	0.2	2	2	30
SETIEMBRE	RN16	4.0	2.5	0.20	2	0.79	0.2	2	2	30
SETIEMBRE	RN17	4.0	2.5	0.20	2	1.00	0.2	2	2	30
NOVIEMBRE	RN0	4.0	2.0	0.20	2	1.60	0.2	2	4	15
NOVIEMBRE	RN1	4.0	2.0	0.20	2	1.40	0.2	2	2	15
NOVIEMBRE	RN2	4.0	2.0	0.20	2	0.76	0.2	2	2	15
NOVIEMBRE	RN3	4.0	2.0	0.20	2	0.94	0.2	2	2	15
NOVIEMBRE	RN5	4.0	2.5	0.20	2	0.45	0.2	2	2	15
NOVIEMBRE	RN5F	4.0	2.0	0.20	2	0.44	0.2	2	2	15
NOVIEMBRE	RN6	4.0	2.0	0.20	2	0.60	0.2	2	7	30
NOVIEMBRE	RN7	4.0	2.0	0.20	2	0.44	0.2	2	2	15
NOVIEMBRE	RN9	4.0	2.0	0.20	2	0.13	0.2	2	2	15
NOVIEMBRE	RN9F	4.0	2.5	0.20	2	0.65	0.2	2	4	15
NOVIEMBRE	RN10	4.0	2.0	0.20	2	0.68	0.2	2	2	30
NOVIEMBRE	RN11	4.0	2.5	0.20	2	0.51	0.2	2	2	15
NOVIEMBRE	RN12	4.0	2.5	0.20	2	0.45	0.2	2	2	15
NOVIEMBRE	RN13	4.0	2.5	0.20	2	0.79	0.2	2	2	15
NOVIEMBRE	RN13F	4.0	2.0	0.20	2	0.81	0.2	2	4	15
NOVIEMBRE	RN14	4.0	2.0	0.20	2	1.20	0.2	2	2	15
NOVIEMBRE	RN15	4.0	2.0	0.20	2	0.94	0.2	2	2	15
NOVIEMBRE	RN16	4.0	2.0	0.20	2	1.00	0.2	2	2	15
NOVIEMBRE	RN17	4.0	2.0	0.20	2	0.57	0.2	2	2	15

Anexo 7: Mapa de calidad de agua en base a la aplicación de índice de calidad ICA. Variación espaciotemporal del ICA en la cuenca del río Negro (página siguiente).

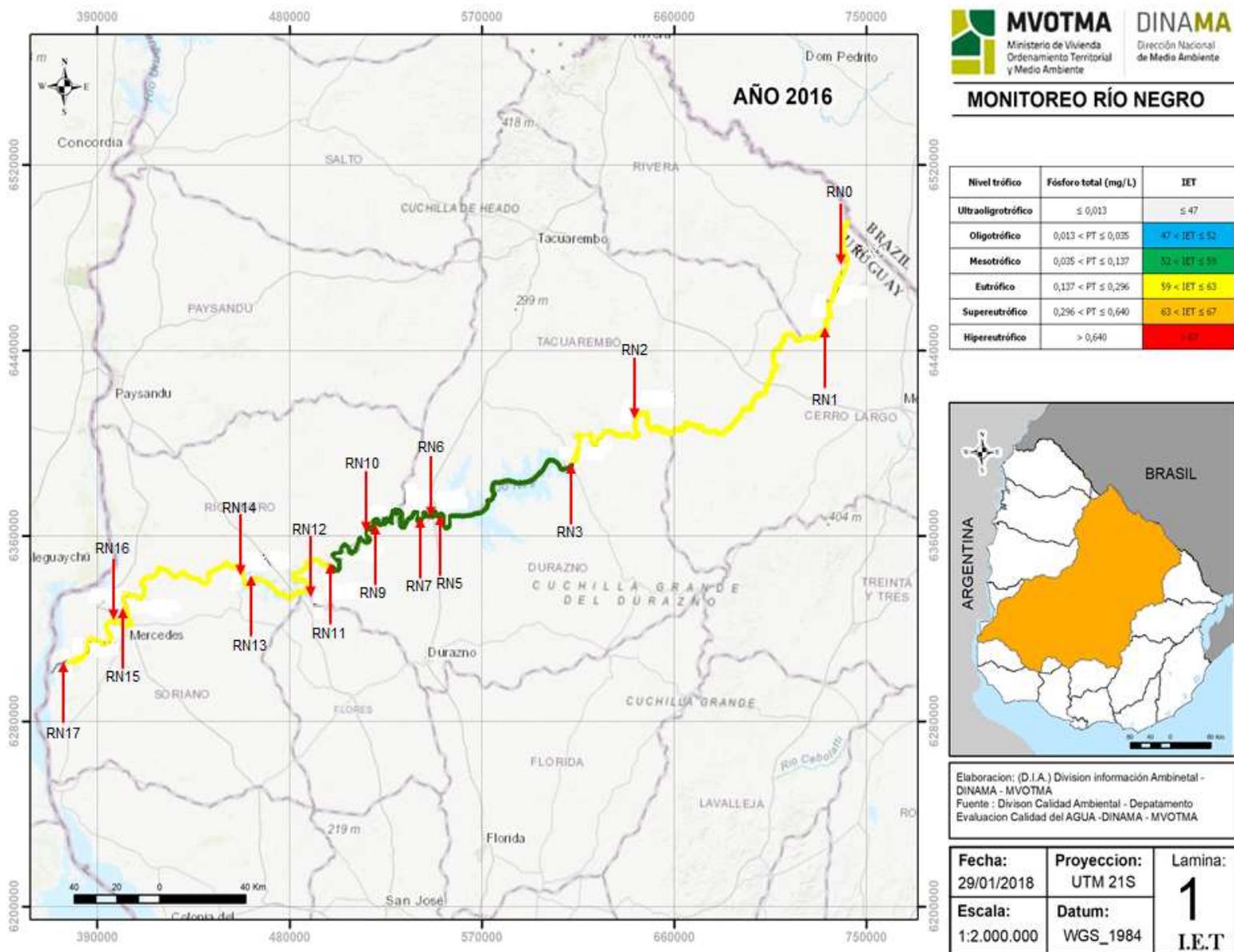


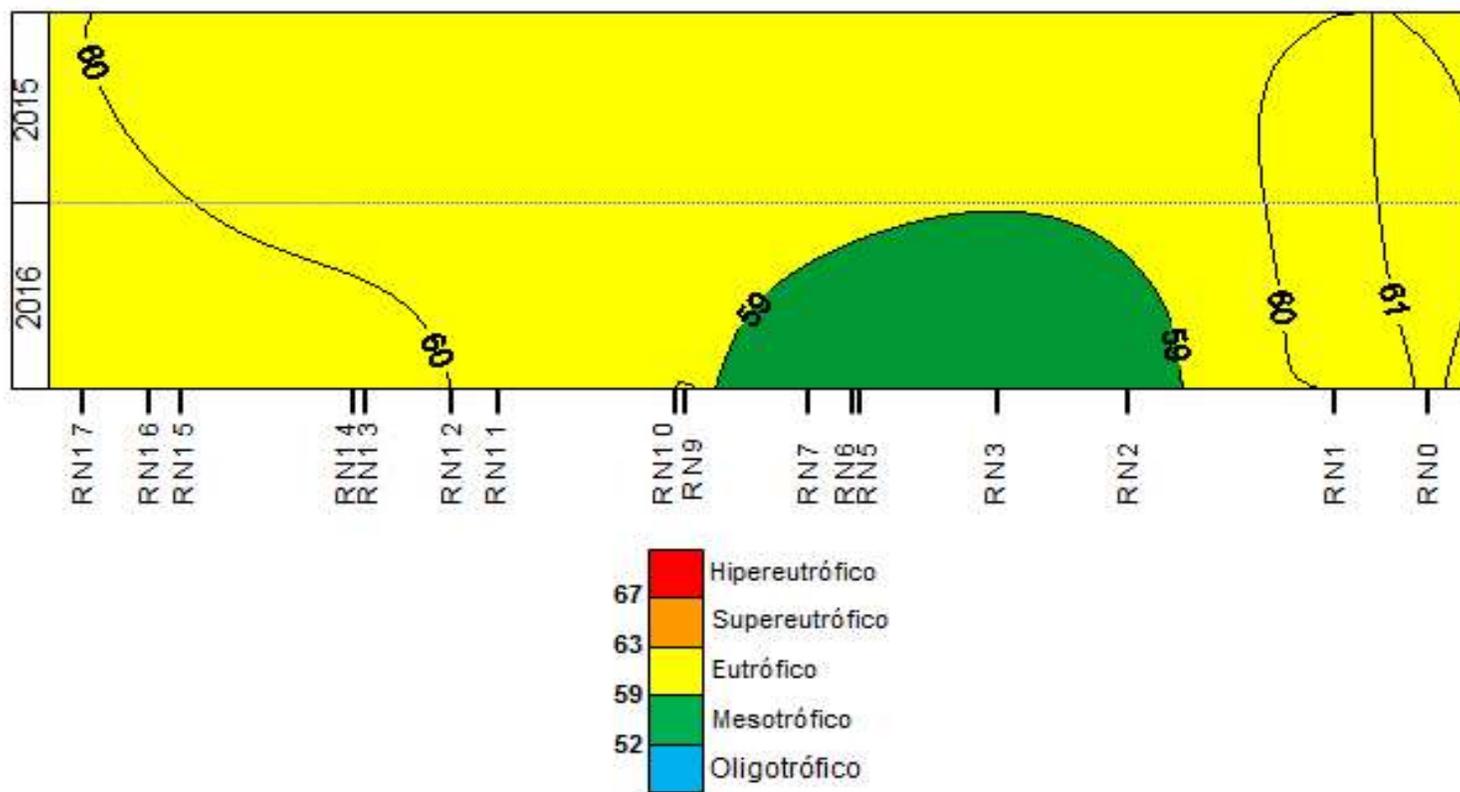


Anexo 8: Mapa de calidad de agua en base a la aplicación de índice de calidad IQA.



Anexo 8: Mapa de calidad de agua en base a la aplicación de índice de estado trófico (IET). Variación espaciotemporal del IET en la cuenca del río Negro (página siguiente).





Anexo 10 Meteorología y Pluviometría: Estación meteorológica de Melo

Como dato anexo se adjunta un breve resumen de las condiciones climáticas durante los 30 días previos a cada campaña (y el primer día de esa campaña). Datos extraídos de la estación meteorológica de Melo, mediante la red OGIMET. La temperatura ambiente durante 2016 fluctuó entre medias diarias de 5,20 °C y 27,30 °C, con un promedio en las cuatro campañas de 15,50 °C. La presión tuvo un mínimo en las cuatro campañas de 1003,40 Hp y un máximo de 1029,10 Hp, con un promedio de 1015,39 Hp. La nubosidad varió entre 0 y 8 octas, con un promedio de 5,1 octas. Estos resultados muestran la alta variabilidad de las condiciones atmosféricas en la región.

El viento mínimo medido fue de 1,9 Km/h, mientras que el máximo fue de 38,5 Km/h, con un promedio de 12,4 Km/h. La dirección de viento predominante en los períodos considerados fue de entre 90° y 180° (en dos oportunidades del E y en dos oportunidades del SE)(Fig. A).

La precipitación fluctuó entre 0 mm y 56,6 mm diarios, con un promedio de 3,4 mm diarios. En una sola de las cuatro campañas se observaron precipitaciones en la semana previa(Figs. B y C, Tabla A).

Tabla A: Valores de variables meteorológicas en la estación meteorológica de Melo

	Temperatura Media (°C)	Viento (km/h)	Presión n. mar (Hp)	Precipitación (mm)
Mínimo	5,2	1,9	1003,4	0,0
Máximo	27,3	38,5	1029,1	56,6
Promedio	15,4	12,4	1015,4	3,4

Fig. A: Intensidad y dirección del viento durante los 30 días previos a cada campaña de muestreo. Datos extraídos de OGIMET

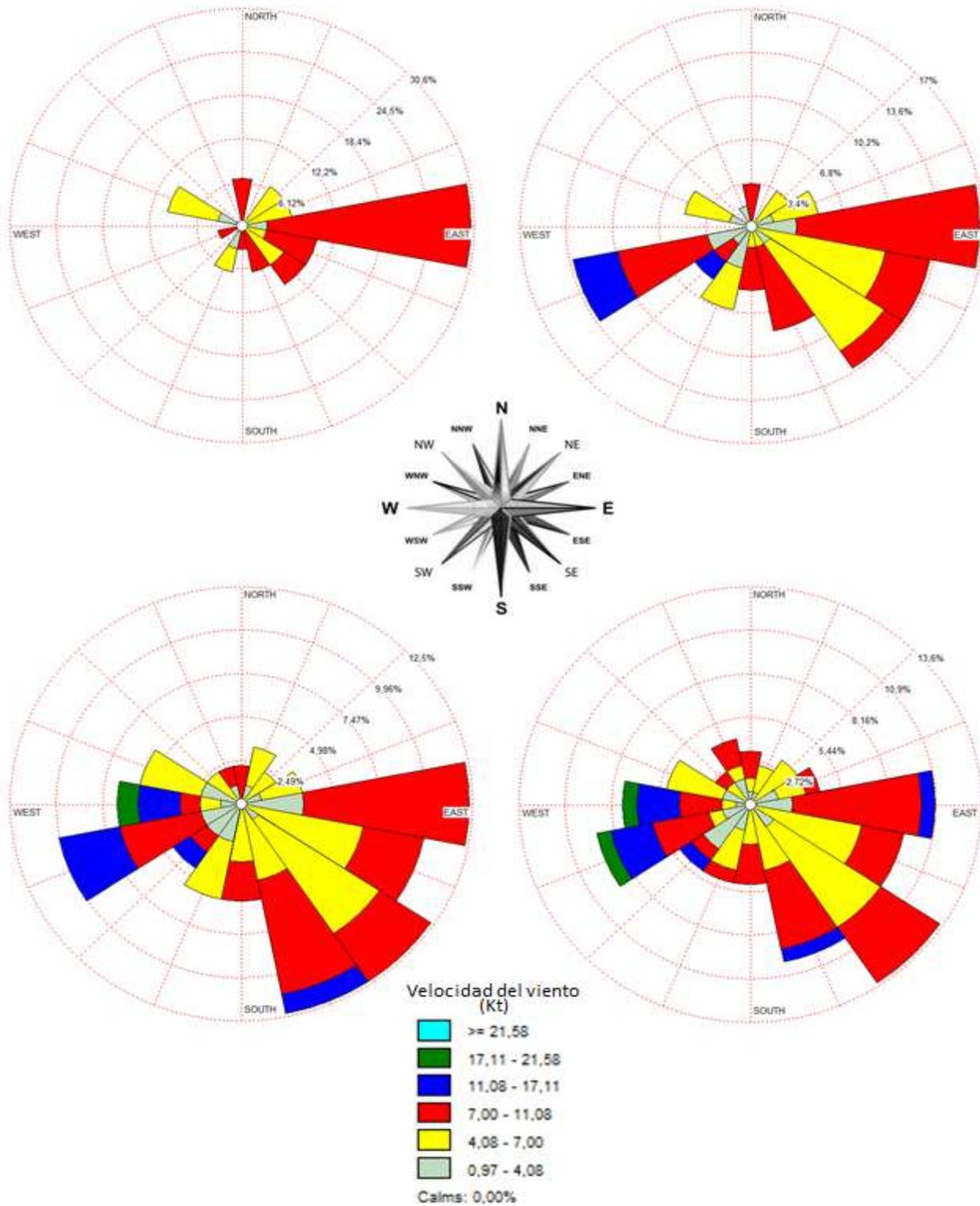


Fig. B: Registros de precipitación en la estación meteorológica de Melo durante los 30 días previos a cada campaña. Comienzo de campaña: 23/02, 24/05, 20/09 y 23/11. Datos extraídos de OGIMET.

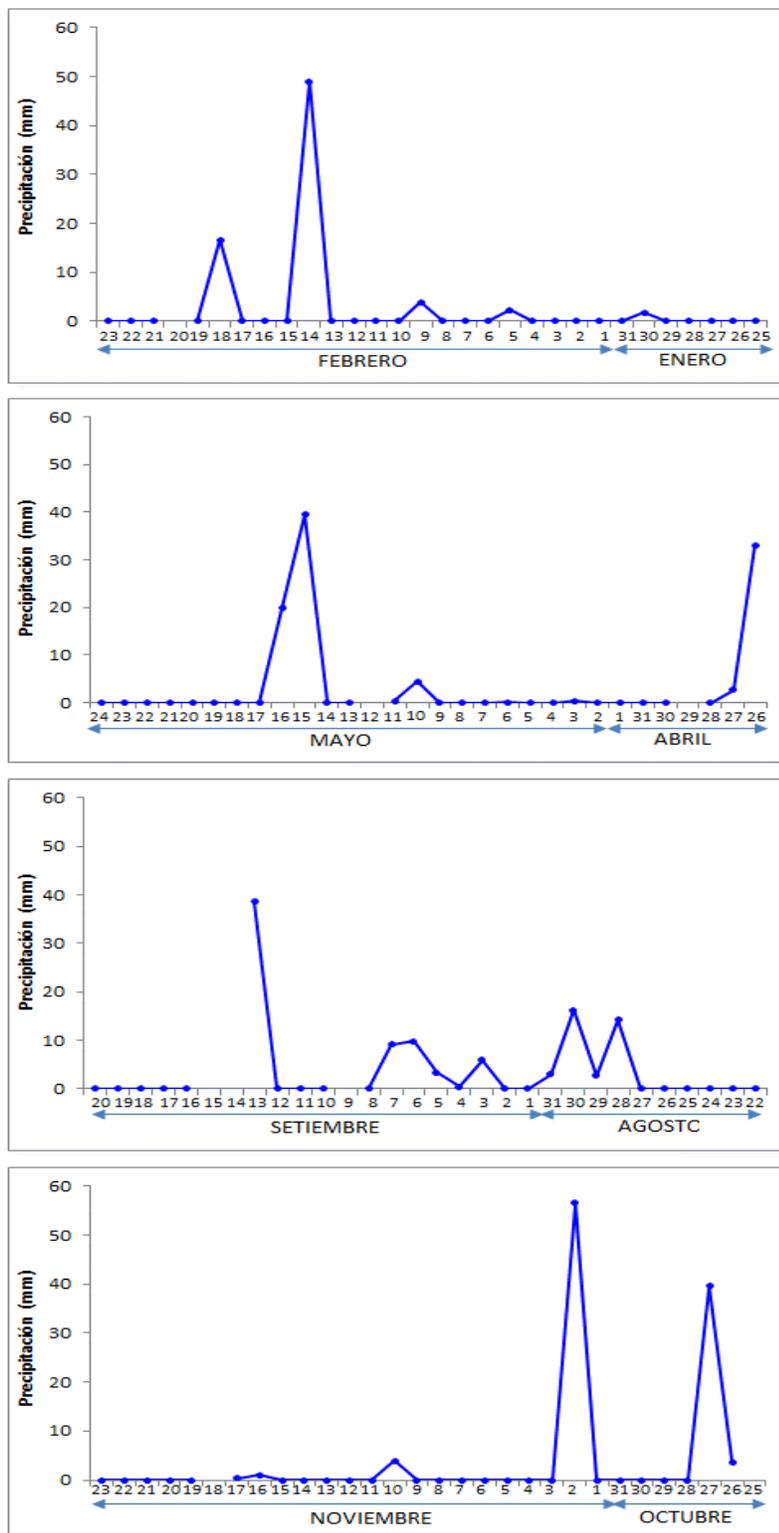


Fig. C: Precipitación y viento predominante durante la misma, en los 30 días previos a cada campaña de muestreo. Datos extraídos de OGIMET

