



MVOTMA

Ministerio de Vivienda
Ordenamiento Territorial
y Medio Ambiente

Monitoreo calidad del agua del Río Negro

2015

Montevideo, Mayo 2016



División Evaluación de Calidad Ambiental – DECA

Director: Luis Reolón

Dpto. Seguimiento de Componentes del Ambiente

Jefe de Dpto.: Magdalena Hill

Redacción del Informe

Guillermo Cervetto

Responsable del Programa de Monitoreo

Gerardo Balero

Técnicos participantes

Gerardo Balero

Alejandro Cendón

Javier Martínez

Guillermo Cervetto

Malvina Masdeu

Luis Borda

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

Jefa Laboratorio: Natalia Barboza

Personal responsable del Análisis de la Información

Guillermo Cervetto

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 in situ	8
3.2.1.1. Conductividad.....	8
3.2.1.2. Temperatura.....	9
3.2.1.3. Oxígeno Disuelto	11
3.2.1.4. pH	13
3.2.1.5. Transparencia	14
3.2.2. Resultados analíticos.....	16
3.2.2.1. Alcalinidad	16
3.2.2.2 lones mayoritarios.....	17
3.2.2.2.1 Ca	17
3.2.2.2.2 Mg	19
3.2.2.2.3 Na	21
3.2.2.2.4 K	22
3.2.2.2.5 RAS	24
3.2.2.3. Nutrientes.....	25
3.2.2.3.1. NO ₃	25
3.2.2.3.1. NO ₂	27
3.2.2.3.2. Amonio.....	27
3.2.2.3.3. Nt.....	29
3.2.2.3.4. PO ₄	31

3.2.2.3.5. Pt	33
3.2.2.4. Sólidos suspendidos	35
3.2.2.5. Variables biológicas	36
3.2.2.5.1. Clorofila	36
3.2.2.5.2. Feofitina	37
3.2.2.5.3. Coliformes termotolerantes	40
3.2.2.6. DBO ₅	42
3.2.2.7. Sustancias fenólicas.....	42
3.2.2.8. AOX.....	43
3.2.2.9. Cianuro y Arsénico.....	43
3.2.2.10. Metales pesados.....	44
3.2.2.10.1. Cd, Hg, Ni, Pb.....	44
3.2.2.10.2. Fe.....	44
3.2.2.10.3. Zn	46
3.2.2.11. Plaguicidas.....	48
3.2.3. Índices de calidad de agua	48
3.2.3.1. ICA-SL.....	48
3.2.3.2. Índice de estado trófico	50
4. SINTESIS	52
5. BIBLIOGRAFÍA.....	53

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 2014.	8
Fig. 5: Variación espacial de la Conductividad (rango y promedio) para los 4 muestreos realizados durante el año 2015.	9
Fig. 6: Variación temporal del rango y promedio de la conductividad del Río Negro durante 2015.	9
Fig. 7: Variación espacial y temporal de la temperatura del agua a lo largo del Río Negro en las 4 campañas de monitoreo del año 2015.	10
Fig. 8: Variación espacial de la temperatura (rango y promedio) para los 4 muestreos realizados durante el año 2014.	10
Fig. 9: Variación temporal del rango y promedio de la temperatura del Río Negro durante 2015.	10
Fig. 10: Variación espacial y temporal del oxígeno disuelto en agua a lo largo del Río Negro en las 4 campañas de monitoreo del año 2015.	11
Fig. 11: Variación espacial del Oxígeno Disuelto (rango y promedio) para los 4 muestreos realizados durante el año 2015.	12
Fig. 12: Variación temporal del rango y promedio del Oxígeno Disuelto en el Río Negro durante 2015.	12
Fig. 13: Variación espacial y temporal del pH a lo largo del Río Negro en las 4 campañas de monitoreo del año 2015.	13
Fig. 14: Variación espacial del pH (rango y promedio) para los 4 muestreos realizados durante el año 2015.	13
Fig. 15: Variación temporal del rango y promedio del pH del Río Negro durante 2015.	14
Fig. 16: Variación espacial y temporal de la transparencia a lo largo del Río Negro en las 4 campañas de monitoreo del año 2015.	15
Fig. 17: Variación espacial de la Transparencia (rango y promedio) para los 4 muestreos realizados durante el año 2015.	15
Fig. 18: Variación temporal del rango y promedio de la transparencia en el Río Negro durante 2015.	15
Fig. 19: Variación espacial y temporal de la Alcalinidad a lo largo del Río Negro en las 4 campañas de monitoreo del año 2015.	16
Fig. 20: Variación espacial de la Alcalinidad (rango y promedio) para los 4 muestreos realizados durante el año 2015.	17
Fig. 21: Variación temporal del rango y promedio de la Alcalinidad en el Río Negro durante 2015.	17

Fig. 22. Variación espacial y temporal del calcio a lo largo del Río Negro en las 4 campañas de monitoreo del año 2015.....	18
Fig. 23. Variación espacial del Calcio (rango y promedio) para los 4 muestreos realizados en 2015.	18
Fig. 24. Variación temporal del rango y promedio del Calcio en el Río Negro durante 2015. ...	19
Fig. 25. Variación espacial y temporal del Magnesio a lo largo del Río Negro en las 4 campañas de monitoreo del año 2015.	19
Fig. 26. Variación espacial del Magnesio (rango y promedio) para los 4 muestreos realizados en 2015.....	20
Fig. 27. Variación temporal del rango y promedio del magnesio en el Río Negro durante 2015.	20
Fig. 28. Variación espacial y temporal del Sodio a lo largo del Río Negro en las 4 campañas de monitoreo del año 2015.....	21
Fig. 29. Variación espacial del Sodio (rango y promedio) para los 4 muestreos realizados durante el año 2015.	21
Fig. 30. Variación temporal del rango y promedio del Sodio en el Río Negro durante 2015. ...	22
Fig. 31. Variación espacial y temporal del potasio a lo largo del Río Negro en las 4 campañas de monitoreo del año 2015.....	22
Fig. 32. Variación espacial del Potasio (rango y promedio) para los 4 muestreos realizados durante el año 2015.	23
Fig. 33. Variación temporal del rango y promedio del Potasio en el Río Negro durante 2015..	23
Fig. 34. Variación espacial y temporal de la RAS a lo largo del Río Negro en las 4 campañas de monitoreo del año 2015.....	24
Fig. 35. Variación espacial de la RAS (rango y promedio) para los 4 muestreos realizados durante el año 2015.	24
Fig. 36. Variación temporal del rango y promedio de la RAS en el Río Negro durante 2015	25
Fig. 37. Variación espacial y temporal de los Nitratos a lo largo del Río Negro en las 4 campañas de monitoreo del año 2015.....	26
Fig. 38. Variación espacial de los Nitratos (rango y promedio) para los 4 muestreos realizados durante el año 2015.	26
Fig. 39. Variación temporal del rango y promedio de los Nitratos en el Río Negro durante 2015.....	27
Fig. 40. Variación espacial y temporal del Amonio a lo largo del Río Negro en las 4 campañas de monitoreo del año 2015.....	28
Fig. 41. Variación espacial del Amonio (rango y promedio) para los 4 muestreos realizados durante el año 2015.	29
Fig. 42. Variación temporal del rango y promedio del Amonio en el Río Negro durante 2015 .	29
Fig. 43. Variación espacial y temporal del Nitrógeno Total a lo largo del Río Negro en las 4 campañas de monitoreo del año 2015.....	30
Fig. 44. Variación espacial del Nitrógeno Total (rango y promedio) para los 4 muestreos realizados durante el año 2015.	30

Fig. 45. Variación temporal del rango y promedio del Nitrógeno Total en el Río Negro durante 2015	31
Fig. 46. Variación espacial y temporal de los fosfatos a lo largo del Río Negro en las 4 campañas de monitoreo del año 2015.	31
Fig. 47. Variación espacial de los fosfatos (rango y promedio) para los 4 muestreos realizados durante el año 2015.	32
Fig. 48. Variación temporal del rango y promedio de los fosfatos en el Río Negro durante 2015	32
Fig. 49. Variación espacial y temporal del Fósforo Total a lo largo del Río Negro en las 4 campañas de monitoreo del año 2015.	33
Fig. 50. Variación espacial del Fósforo Total (rango y promedio) para los 4 muestreos realizados durante el año 2015.	34
Fig. 51. Variación temporal del rango y promedio del Fósforo Total en el Río Negro durante 2015	34
Fig. 52. Variación espacial y temporal de los SST a lo largo del Río Negro en las 4 campañas de monitoreo del año 2015.	35
Fig. 53. Variación espacial y temporal de la clorofila a lo largo del Río Negro en las 4 campañas de monitoreo del año 2015.	36
Fig. 54. Variación espacial de la clorofila (rango y promedio) para los 4 muestreos realizados durante el año 2015.	37
Fig. 55. Variación temporal del rango y promedio de la clorofila en el Río Negro durante 2015	37
Fig. 56. Variación espacial y temporal de la feofitina a lo largo del Río Negro en las 4 campañas de monitoreo del año 2015.	38
Fig. 57. Variación espacial de la feofitina (rango y promedio) para los 4 muestreos realizados durante el año 2015.	39
Fig. 58. Variación temporal del rango y promedio de la feofitina en el Río Negro durante 2015	39
Fig. 59. Variación espacial y temporal de los Coliformes Termotolerantes a lo largo del Río Negro en las 4 campañas de monitoreo del año 2015.	40
Fig. 60. Variación espacial de los Coliformes Termotolerantes (rango y promedio) para los 4 muestreos realizados durante el año 2015.	41
Fig. 61. Variación temporal del rango y promedio de los Coliformes Termotolerantes en el Río Negro durante 2015.....	41
Fig. 62. Variación espacial y temporal de la DBO ₅ a lo largo del Río Negro en las 4 campañas de monitoreo del año 2015.	42
Fig. 63. Variación espacial y temporal de los fenoles a lo largo del Río Negro en las 4 campañas de monitoreo del año 2015.	43
Fig. 64. Variación espacial y temporal del hierro a lo largo del Río Negro en las 4 campañas de monitoreo del año 2015.	45
Fig. 65. Variación espacial del hierro (rango y promedio) para los 4 muestreos realizados durante el año 2015.	45

Fig. 66. Variación temporal del rango y promedio del hierro en el Río Negro durante 2015....	46
Fig. 67. Variación espacial y temporal del zinc a lo largo del Río Negro en las 4 campañas de monitoreo del año 2015.	46
Fig. 68. Variación espacial del zinc (rango y promedio) para los 4 muestreos realizados durante el año 2015.	47
Fig. 69. Variación temporal del rango y promedio del zinc en el Río Negro durante 2015	47
Fig. 70. Resultado de la aplicación del ICA-SL en las estaciones de monitoreo del río Negro en 2015	49
Fig. 71. Resultado de la aplicación del IET en las estaciones de monitoreo del río Negro en 2015	51

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.....	40
Tabla IV. Límite de detección, límite de cuantificación y valor estandar para algunos de los metales monitoreados en el río Negro.	44
Tabla V. Normalización de los parámetros de calidad de agua utilizados en el ICA-SL.	49
Tabla VI. Escala cromática de calidad de agua según el ICA-SL.....	49
Tabla VII. Valoración del estado trófico de ríos a partir de IET.	50

ANEXOS

Anexo 1. Registros de % de saturación de oxígeno (%), Oxígeno Disuelto (mg/l), pH, Conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$), temperatura ($^{\circ}\text{C}$) y Transparencia (m) en las estaciones muestreadas en cada fecha de monitoreo.	54
Anexo 2. Registros de diferentes variables en las estaciones muestreadas en cada fecha de monitoreo.....	55
Anexo 3. 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 <i>a</i> (Clorofila <i>a</i>), Feofitina <i>a</i> (feofitina <i>a</i>), fen_tot (sustancias fenolicas) y AOX.....	56
Anexo 4. 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.	57
Anexo 5. Registros de plaguicidas en las estaciones muestreadas en cada fecha de monitoreo.....	58
Anexo 6. Mapa de calidad de agua en base a la aplicacion de indice de calidad.....	59
Anexo 7. Mapa de calidad de agua en base a la aplicacion de indice de estado trofico.....	60

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 2015. 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 2015.

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 las 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.

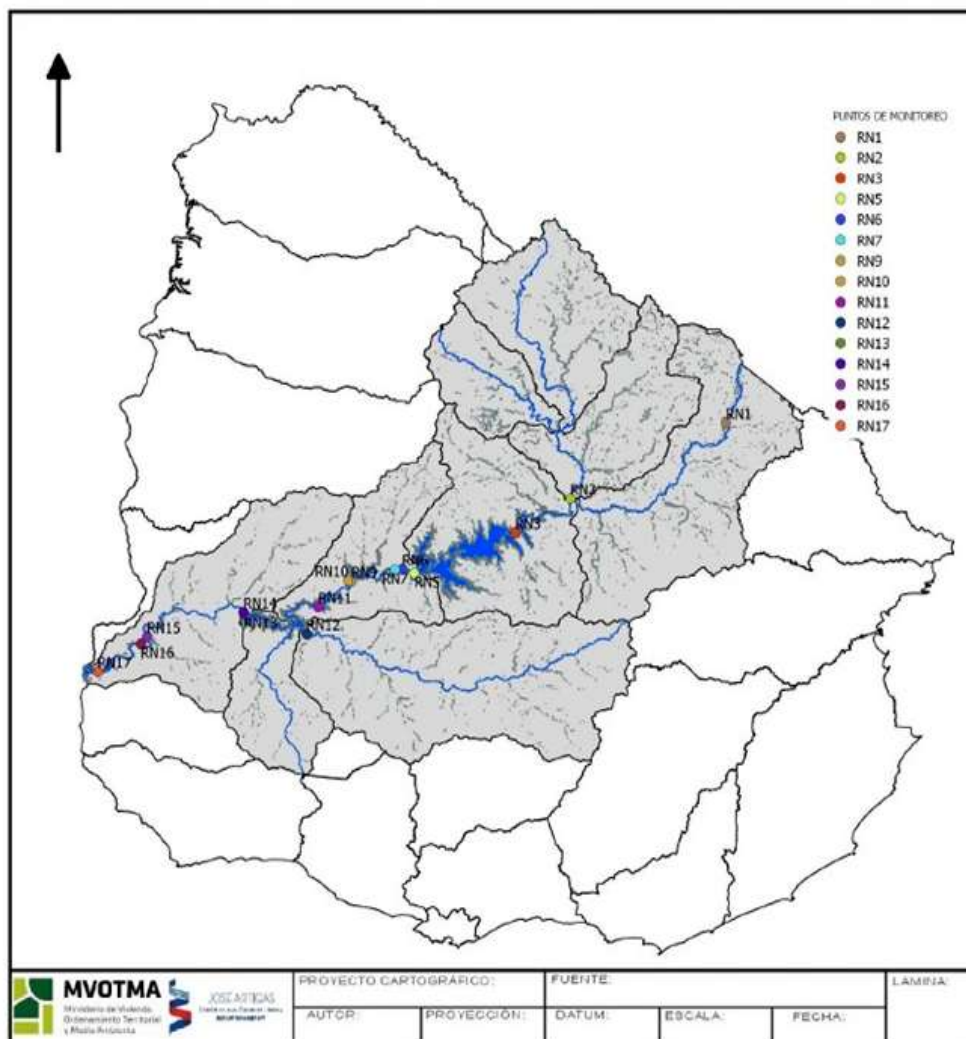


Fig. 1: Distribución de las 15 estaciones de muestreo seleccionadas para el monitoreo del río Negro

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

PUNTO	DESCRIPCIÓN	Latitud (WGS 84)	Longitud (WGS 84)
RN1	Río Negro y ruta 44. Primer puente sobre el río.	32° 06' 36" S	54° 40' 02" W
RN2	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.	32° 30' 14" S	55° 30' 19" W
RN3	Entrada a embalse de Rincón del Bonete, frente a la ciudad de San Gregorio de Polanco. Primer punto donde el río se embalsa.	32° 37' 16" S	55° 50' 31" W
RN4	Eliminada por dificultades de acceso.	32° 45' 05" S	56° 12' 22" W
RN5	Salida del embalse de Rincón del Bonete, aguas arriba de la represa. La columna de agua se monitorea en superficie y fondo. Se realiza monitoreo de sedimentos.	32° 49' 24" S	56° 25' 10" W
RN6	Aguas abajo de la represa del Rincón del Bonete. El río se encausa nuevamente. Cercana a Paso de los Toros.	32° 50' 07" S	56° 25' 09" W
RN7	Aguas abajo de Paso de los Toros. Evalúa la influencia de la ciudad.	32° 49' 16" S	56° 30' 47" W
RN8	Eliminada por dificultades de acceso.	32° 48' 13" S	56° 32' 12" W
RN9	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 monitoreo de sedimentos.	32° 52' 34" S	56° 47' 55" W
RN10	Aguas abajo de represa de Baygorria. El río se encausa nuevamente.	32° 57' 17" S	56° 48' 42" W
RN11	Entrada a represa de Palmar. El río se embalsa.	33° 05' 50" S	57° 07' 36" W
RN12	Río Yi, próximo a los tres puentes en Ruta 3. Evalúa los aportes del río Yi. Se realiza monitoreo de sedimentos.	33° 08' 36" S	57° 06' 06" W
RN13	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 monitoreo de sedimentos.	33° 04' 01" S	57° 27' 15" W
RN14	Aguas abajo de represa de Palmar.	33° 02' 59" S	57° 27' 13" W
RN15	Aguas arriba de Mercedes. Evalúa la calidad de agua antes de la ciudad de Mercedes.	33° 14' 05" S	58° 00' 36" W
RN16	Aguas abajo de Mercedes. Evalúa la calidad después de la ciudad de Mercedes. Se realiza monitoreo de sedimentos.	33° 14' 27" S	58° 03' 25" W
RN17	Desembocadura río Negro, frente a villa Soriano. Último punto previo a la desembocadura en el río Uruguay. Se realiza monitoreo de sedimentos.	33° 23' 18" S	58° 19' 02" W

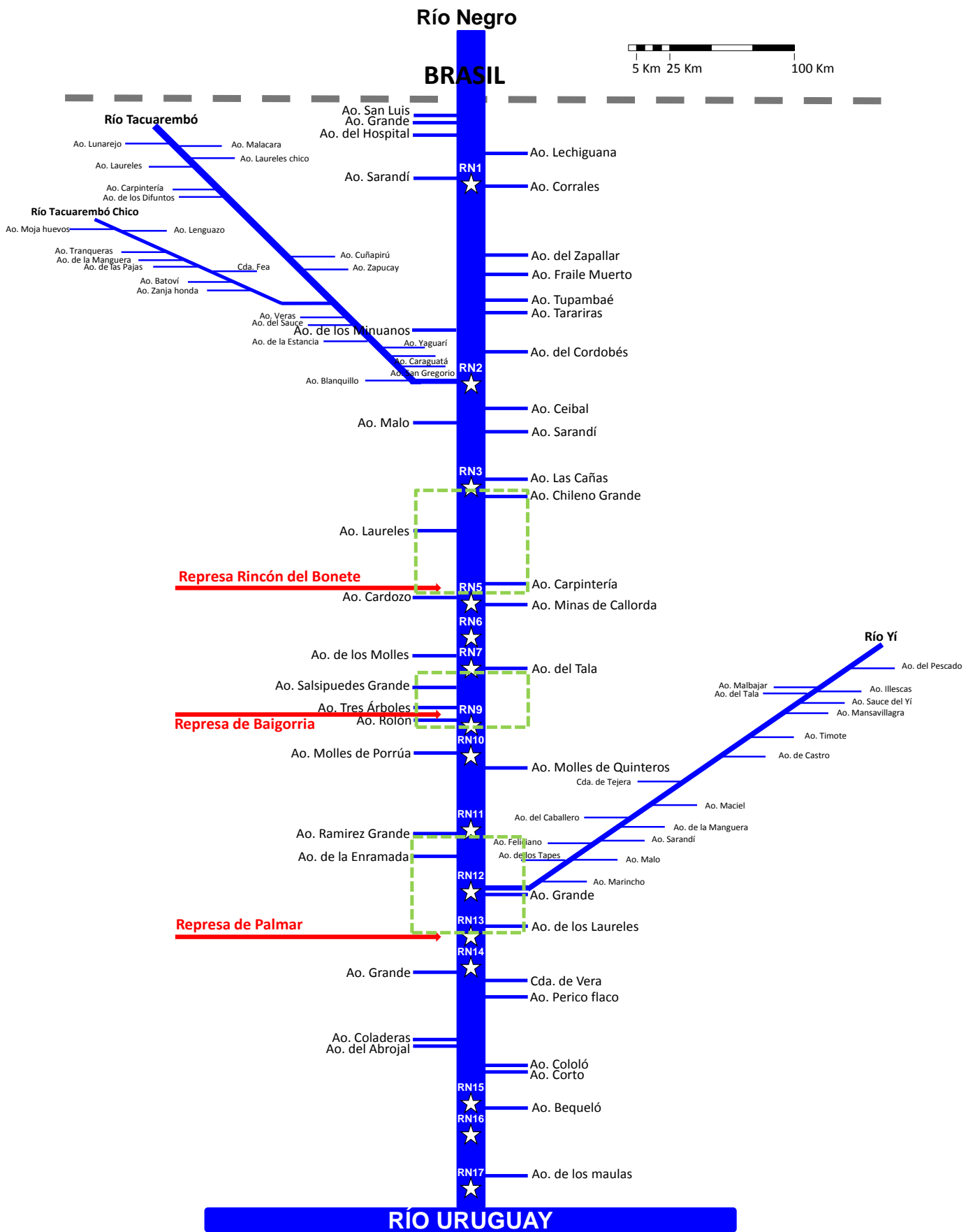


Fig. 2: Cuenca del río Negro. En verde se representa la extensión aproximada del embalse de cada represa

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.

PARAMETRO	PRESERVACIÓN	TÉCNICA ANALÍTICA	N° Procedimiento DINAMA
Oxígeno disuelto	Medición in situ	Oxímetro	
porcentaje de saturación		Oxímetro	
pH		pH-metro	
Conductividad		Conductímetro	
Temperatura		Termómetro	
Transparencia		Disco de Secchi	
Turbiedad		Refrigerar	Nefelométrico, en laboratorio
Coliformes termotolerantes	Refrigerar	Membrana filtrante, APHA 2005	5053UY
Coliformes totales	Refrigerar		5054UY
DBO5	Refrigerar	APHA, 2005	2008UY
Alcalinidad	Refrigerar	APHA, 2005	1002UY
Iones Mayoritarios (Ca, Mg, Na, k)	Refrigerar	APHA, 2005	3129UY, 3140UY, 3149UY, 3147UY
NO3	Filtrar y congelar	APHA, 2005 (Strickland & Parsons, 1972)	4085UY
NO2			4066UY
NH4		Koroleff, 1972	4080UY
Nitrógeno total	Congelar	Digestión Simultánea de N y P - Valderrama (1981)	ISO 11905-2
PO4	Filtrar y congelar	Strickland & Parsons, 1972	4012UY
Fósforo total	Congelar	Digestión Simultánea de N y P - Valderrama (1981)	4013UY
Solidos totales (fijos y volátiles)	Refrigerar	APHA, 2005	1021UY
Solidos suspendidos (fijos y volátiles)	Refrigerar	APHA, 2005	1020UY
Clorofila y Feofitina	Refrigerar	Extracción con acetona	7004UY
Fenoles totales		EPA Methods 420.1 modif.	
AOX		ISO 9562 (2004), Método AOX-DIN/38409-H14	8084UY
Cianuro total		Método espectrofotométrico	4031UY
Arsénico		ISO 15586	
Metales pesados (Cd, Cr, Fe, Hg, Ni, Pb, Zn)	Refrigerar	APHA, 2005	3135UY, 3141UY, 3133UY, 3128UY, 3142UY, 3146UY, 3138UY
Endosulfan (α , β , SO4)	Refrigerar	Cromatografía gaseosa con detector μ ECD	8087UY
DQO	Refrigerar	Colorimétrico - Reflujo cerrado	2009 UY
Glifosato	No preservar	Detección con HPLC-DAD	
Organoclorados			
Aldrin	Refrigerar	Cromatografía gaseosa con detector μ ECD	8087UY
Dieldrin	Refrigerar	Cromatografía gaseosa con detector μ ECD	8087UY
Atrazina			
Heptacloro	Refrigerar	Cromatografía gaseosa con detector μ ECD	8087UY
Lindano	Refrigerar	Cromatografía gaseosa con detector μ ECD	8087UY
Metoxiclor	Refrigerar	Cromatografía gaseosa con detector μ ECD	8087UY
p,p' DDD	Refrigerar	Cromatografía gaseosa con detector μ ECD	8087UY
p,p' DDE	Refrigerar	Cromatografía gaseosa con detector μ ECD	8087UY
p,p' DDT	Refrigerar	Cromatografía gaseosa con detector μ ECD	8087UY

2.6. Actividades

Durante 2015 se realizaron 4 muestreos, correspondientes a los meses de marzo, junio, setiembre y diciembre. De ellos, los dos primeros se realizaron en buenas condiciones climáticas; sin precipitaciones y con caudal normal en el río. Durante el mes de setiembre se presentaron características desfavorables. El nivel de los tres embalses estaba muy por encima de su cota promedio, siendo muy alto en rincón del Bonete y Palmar, y alto en Baygorria. Las tres represas estaban abiertas y el nivel del agua en la ciudad de Mercedes estaba alto, aunque sin llegar a la rambla.

A pesar de estas circunstancias los muestreos se desarrollaron con normalidad.

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 2015. 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 2014).

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 49 variables analizadas en este curso de agua, 16 se encuentran reguladas en la legislación nacional, en el artículo 253/979. De las restantes, 15 marcan un valor estándar (aun no validado) en el Borrador de Trabajo GESTA Agua (2008); estos 11 valores son, entonces, no oficiales, pero marcan posibles valores estándar futuros, por lo cual son considerados (arbitrariamente) como estándar.

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 (RN3 en junio) y 1 valor por debajo (RN1 en setiembre) en 72 medidas.

- NH₄: 1 valor igual al estándar y 25 valores superiores (en 72 medidas).
- Pt: 5 valores igual al estándar y 27 valores superiores (en 72 medidas)
- Sustancias Fenólicas: 3 valores superiores al estándar (RN1 en junio y RN2 y RN17 en setiembre) en 72 medidas.
- Hg: 72 valores sobre el estándar. De hecho, el LD de la técnica es el doble que el estándar. El Hg siempre fue detectado; en adición, 16 muestras mostraron valores superiores al LD.
- Pb: 18 valores superiores al estándar. Valores correspondientes al LD de la técnica (0.009 mg/l). A posteriori se ajustó el LD (0.002 mg/l), inferior al estándar (0.003 mg/l).

En la figura 3 se presentan –esquemáticamente- las diferentes variables analizadas en el monitoreo del río Negro, marcando con una flecha las aquellas que muestran, al menos, un incumplimiento con el estándar, durante el año 2015.

En resumen, de las 31 variables consideradas en el decreto 253 y modificativos, 6 de ellas han incumplido con este valor de referencia al menos en una ocasión durante 2015. 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.

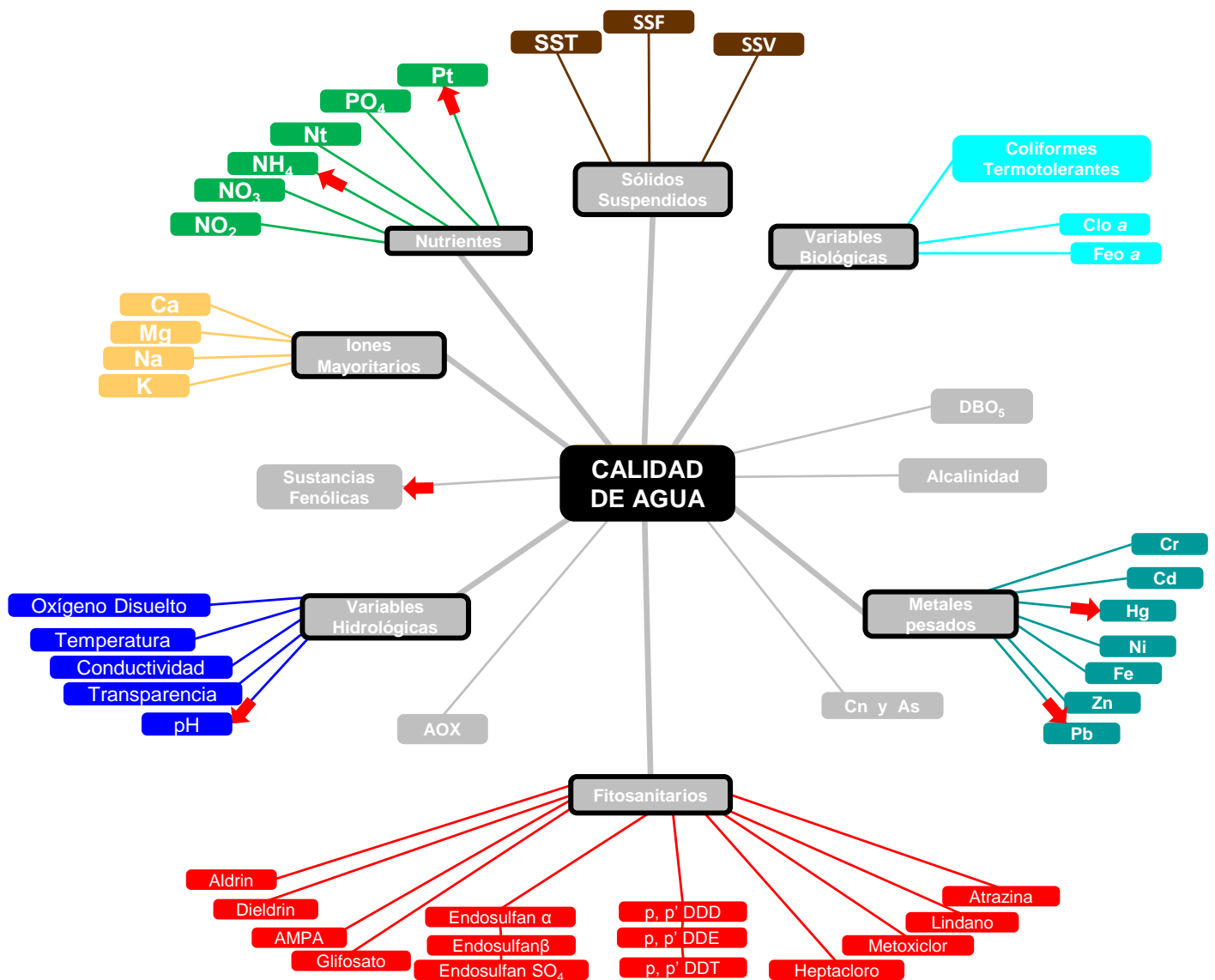


Fig. 3: Variables consideradas en el monitoreo del río Negro. Las flechas indican las variables que han incumplido con el estándar al menos una vez durante el año 2015

3.2. Agua superficial

3.2.1. Variables medidas *in situ*

3.2.1.1. Conductividad

La conductividad del agua del río Negro durante 2015 fluctuó entre un mínimo de 63.9 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (RN3 en setiembre) y un máximo de 198.4 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (RN17 en junio), con un promedio de 88.9 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Anexo 1).

Se percibe la estabilidad de la conductividad entre 2014 y 2015. Los perfiles de las curvas de promedios son muy similares, observándose sólo pequeñas diferencias de comportamiento en las estaciones extremas, donde se percibe un aumento en 2015. A lo largo del año la conductividad siempre fue ligeramente superior en 2015 (Fig. 4), con un promedio de 76.5 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en 2014 y 91.1 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en 2015.

Desde el punto de vista espacial, la conductividad se caracterizó por ser estable en la mayor parte de la cuenca, notándose conductividades superiores solo en las estaciones extremas y en la estación RN12, que muestra la marca de conductividad del río Yí (Fig. 5).

Temporalmente, la conductividad muestra mayor rango de variación en los meses más fríos (Fig. 6)

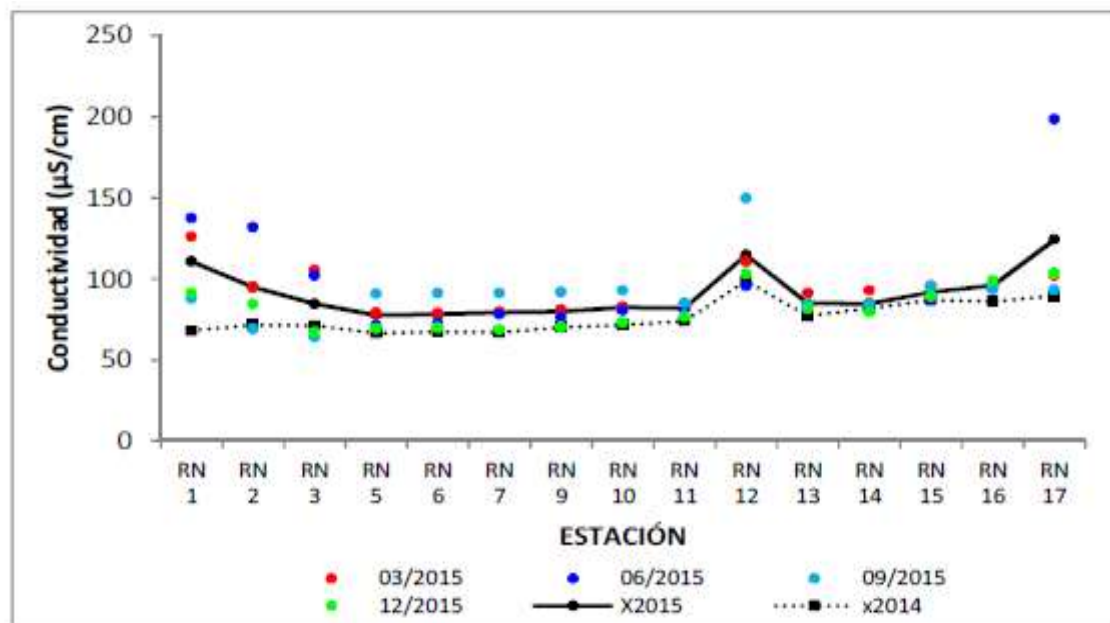


Fig. 4: Variación espacial y temporal de la Conductividad del agua a lo largo del Río Negro en las 4 campañas de monitoreo del año 2015. X2014 = promedio de Conductividad para el año 2014. X2015 = promedio de Conductividad para el año 2015

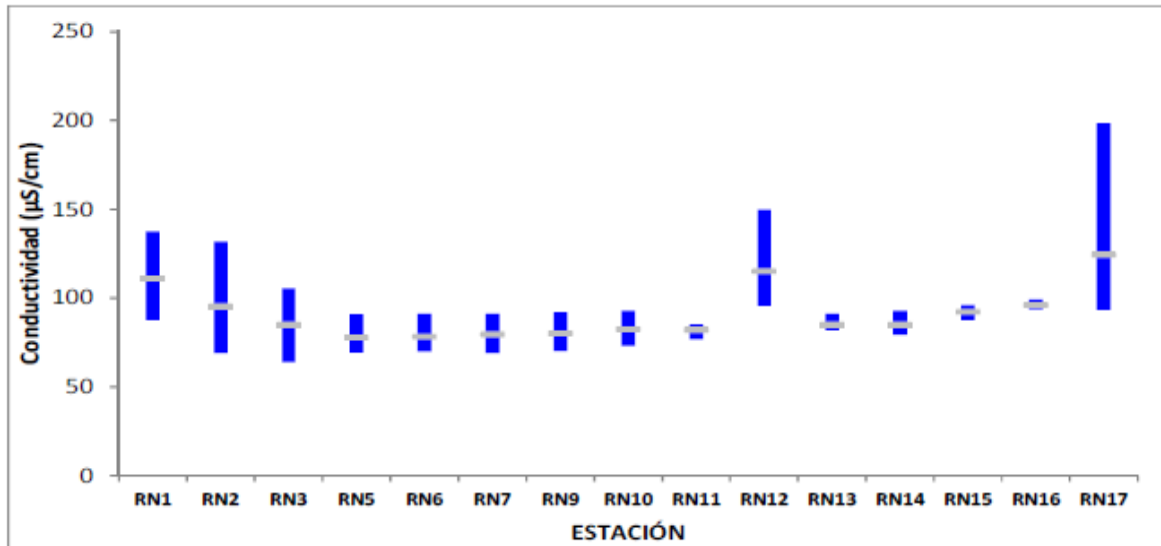


Fig. 5. Variación espacial de la Conductividad (rango y promedio) para los 4 muestreos realizados durante el año 2015

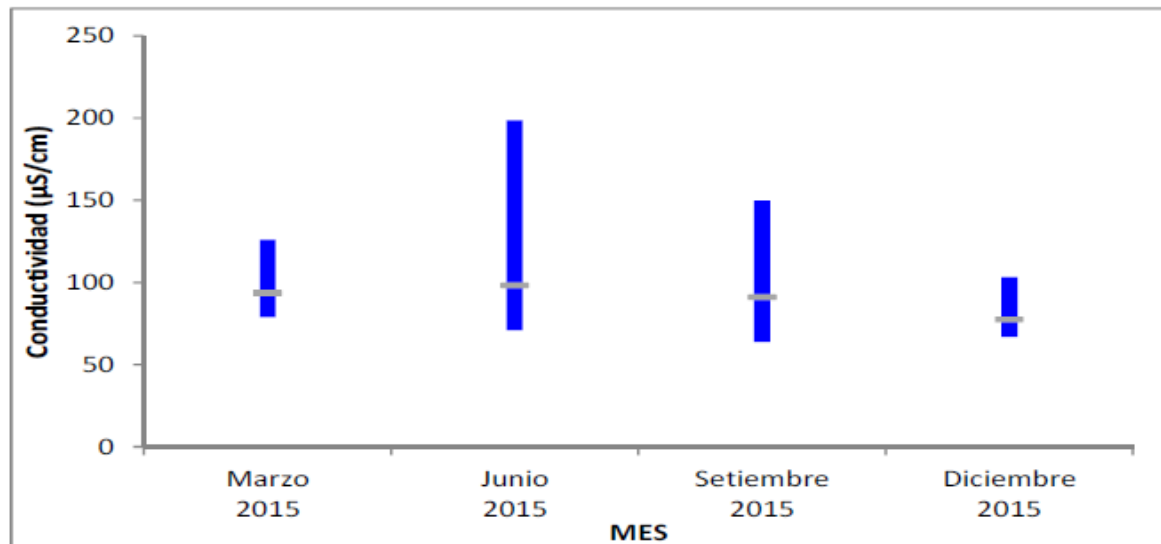


Fig. 6. Variación temporal del rango y promedio de la Conductividad del Río Negro durante 2015

3.2.1.2. Temperatura

Durante 2015, la temperatura en el río Negro varió entre un mínimo de 13.1 °C (RN1 en junio) y 29.7 °C (RN2 en marzo), con un promedio de 20.2 °C (Anexo 1).

El año 2015 fue más cálido que el 2014, hecho que se refleja en la comparación de las líneas de promedios (Fig. 7). Asimismo, los promedios de temperatura fueron de 20.4 y 19.4 °C respectivamente.

La distribución espacial de la temperatura es uniforme a lo largo del eje del río, sólo destacándose temperaturas más altas (aproximadamente 2 °C) en las estaciones RN2 y RN3 (Fig. 8).

Desde el punto de vista temporal, como es esperable, la temperatura muestra una marcada estacionalidad, con máximo en marzo y mínimo en setiembre (Fig. 9).

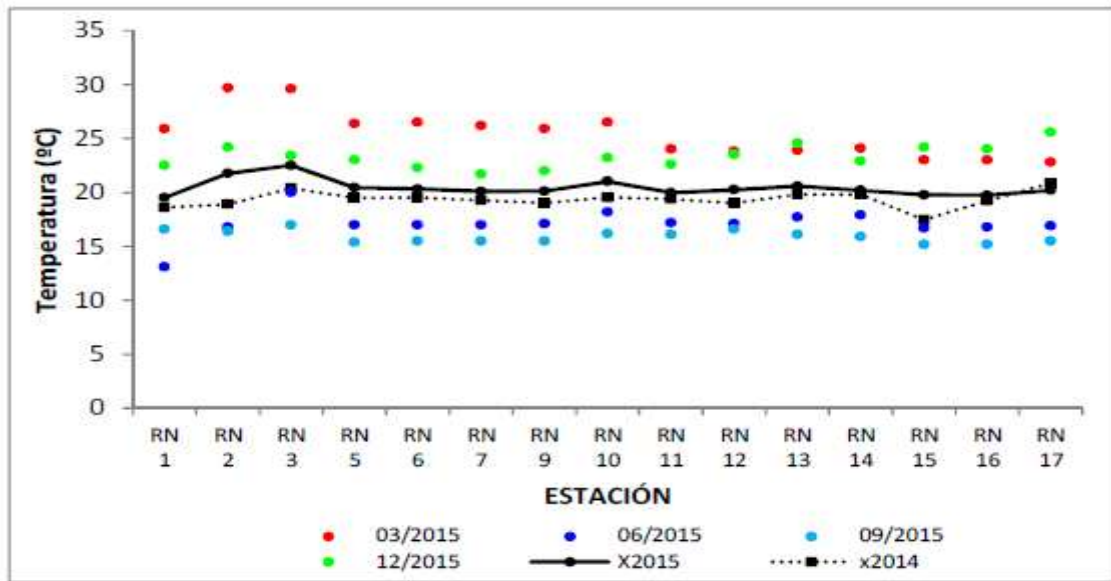


Fig. 7: Variación espacial y temporal de la Temperatura del agua a lo largo del Río Negro en las 4 campañas de monitoreo del año 2015. X2014 = promedio de Temperatura para el año 2014. X2015 = promedio de Temperatura para el año 2015

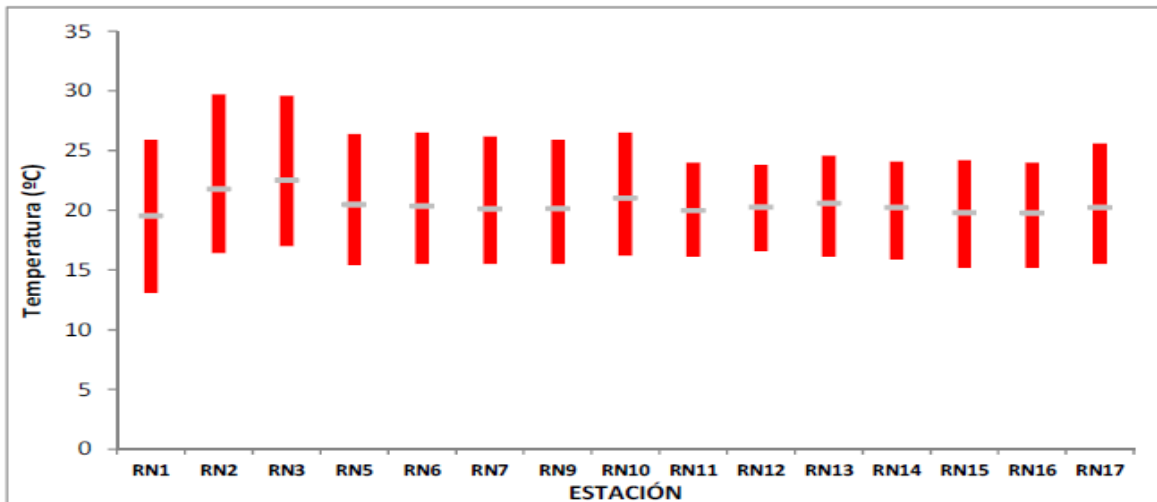


Fig. 8. Variación espacial de la Temperatura (rango y promedio) para los 4 muestreos realizados durante el año 2015

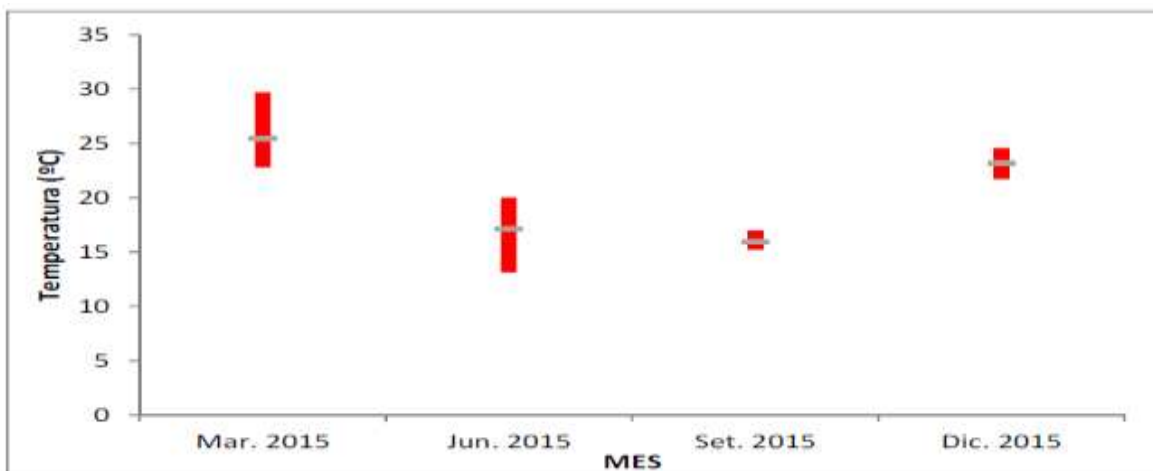


Fig. 9. Variación temporal del rango y promedio de la Temperatura del Río Negro durante 2015

3.2.1.3. Oxígeno Disuelto

La variación máxima de la concentración de oxígeno disuelto (OD) en el agua fue amplia, con valores extremos entre 6.46 mgO₂/l (RN2 en marzo) y 12.05 mgO₂/l (RN3 en junio) y una concentración promedio de 8.5 mgO₂/l para todo el año (Anexo 1).

Las curvas de promedios anuales muestran la estabilidad de las concentraciones de OD en la cuenca del río Negro. Sólo en tres de las estaciones monitoreadas (RN3, RN12 y RN17) se producen diferencias entre los promedios anuales (aproximadamente 1 mg/l), mientras que en el resto de la cuenca las diferencias son mínimas (Fig. 10). La estabilidad se confirma con los promedios anuales de concentración de OD, siendo de 8.3 mg/l en 2014 y 8.5 mg/l en 2015.

El rango de concentración de OD fue similar entre las estaciones, durante el periodo de estudio, a excepción de las estaciones RN2, RN3 y RN7, que muestran un rango de amplitud más amplio (Fig. 11). Al igual que en el año precedente, se produce una oxigenación del agua en la estación RN3, disminuyendo gradualmente hacia la desembocadura.

La variación temporal del OD mostró un comportamiento similar en los cuatro muestreos realizados, con su valor más alto en junio, coincidiendo con las bajas temperaturas del agua. Las concentraciones más bajas de OD fueron medidas en marzo, con altas temperaturas en el agua (Fig. 12).

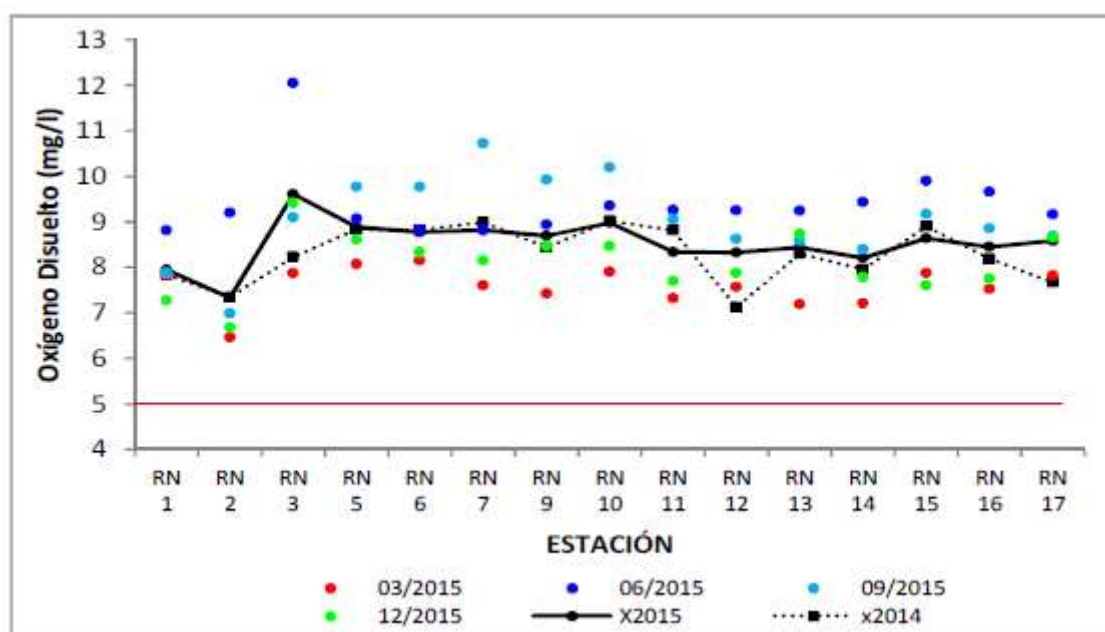


Fig. 10: Variación espacial y temporal del Oxígeno Disuelto lo largo del Río Negro en las 4 campañas de monitoreo del año 2015. X2014 = promedio del OD para el año 2014. X2015 = promedio de OD para el año 2015. La línea roja marca el estándar fijado en el artículo 273

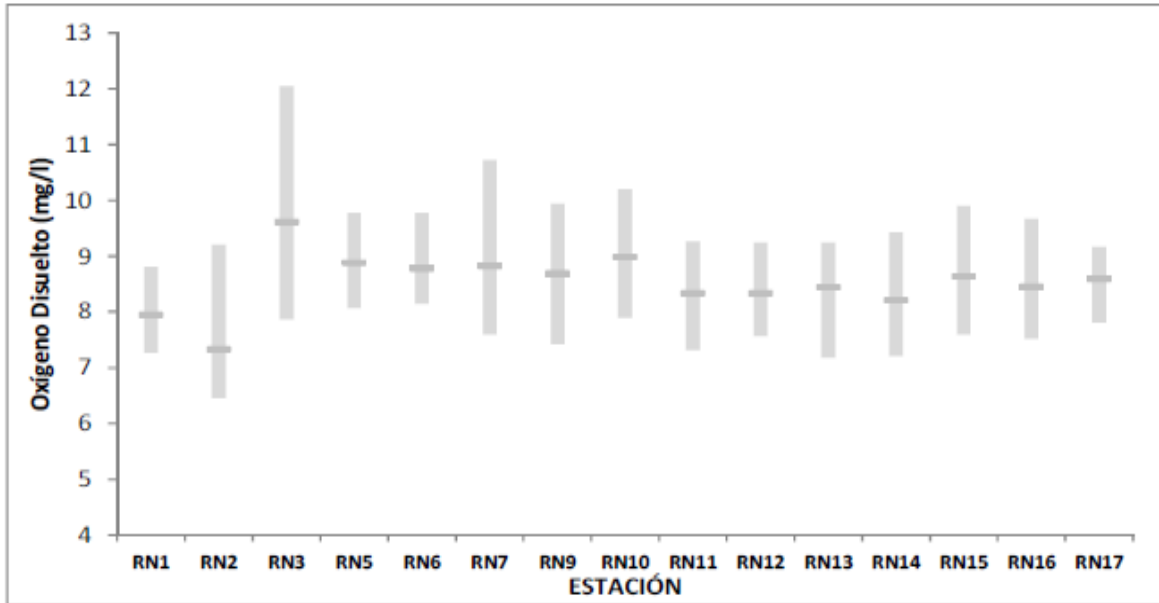


Fig. 11. Variación espacial del Oxígeno Disuelto (rango y promedio) para los 4 muestreos realizados durante el año 2015

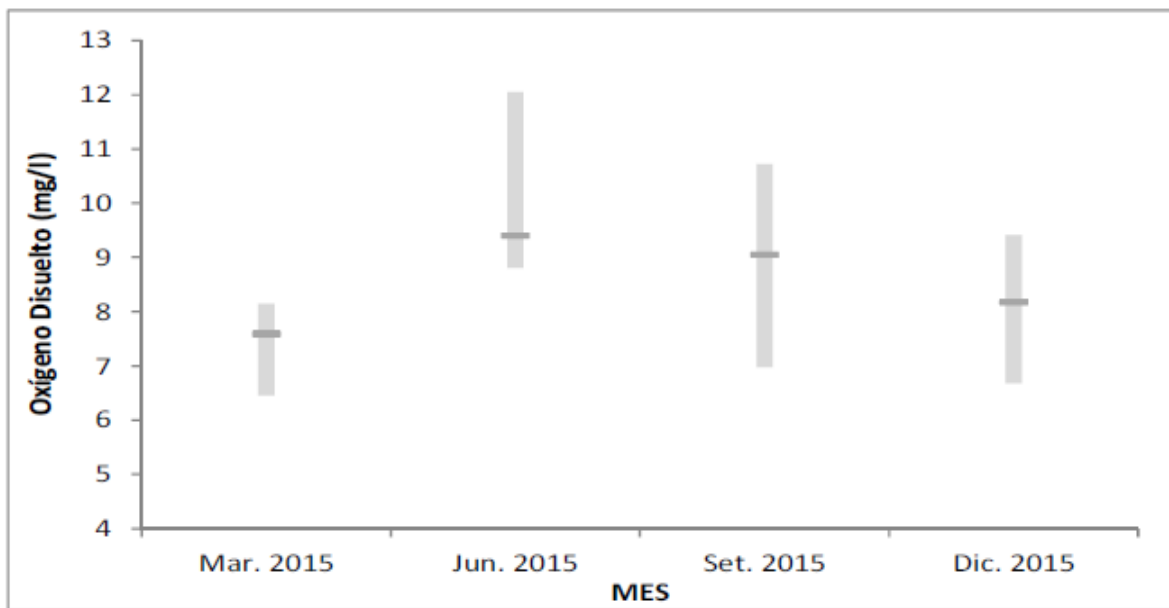


Fig. 12. Variación temporal del rango y promedio del Oxígeno Disuelto en el Río Negro durante 2015

La relación inversa entre la temperatura y el oxígeno disuelto está ampliamente documentada en la literatura. La concentración de oxígeno no presentó variaciones temporales importantes entre los cuatro muestreos analizados (máximo 1.5 mg/l en promedio) manteniéndose dentro de los valores marcados en el decreto 273. A diferencia de lo observado durante 2014, se observó un mayor rango de variación en los meses más fríos.

La concentración de OD en el periodo de muestreo fue siempre superior al valor límite establecido en la legislación, de 5 mg/l.

3.2.1.4. pH

El pH del río Negro durante 2015 fluctuó entre valores de 6.1 (RN1 en setiembre) y 8.6 (RN3 en junio), con un promedio anual de 7.42 (Anexo 1).

Comparando los resultados con los de 2014, el pH muestra diferencias de comportamiento en la cuenca alta, mientras que a partir de la estación RN9 las variaciones se hacen paralelas, a excepción de la estación RN17 (Fig. 13). Más allá de estas diferencias, el promedio anual del pH se mantiene estable, siendo de 7.4 para los dos años comparados.

La variación espacial del pH en el río Negro muestra la cuenca dividida en varias porciones, marcadas por valores más altos en las estaciones RN3, RN10 y RN17, estructura muy similar a la registrada en 2014. Se observan valores promedio más bajos en las estaciones de los embalses (RN5, RN9 y RN13) (Fig. 14).

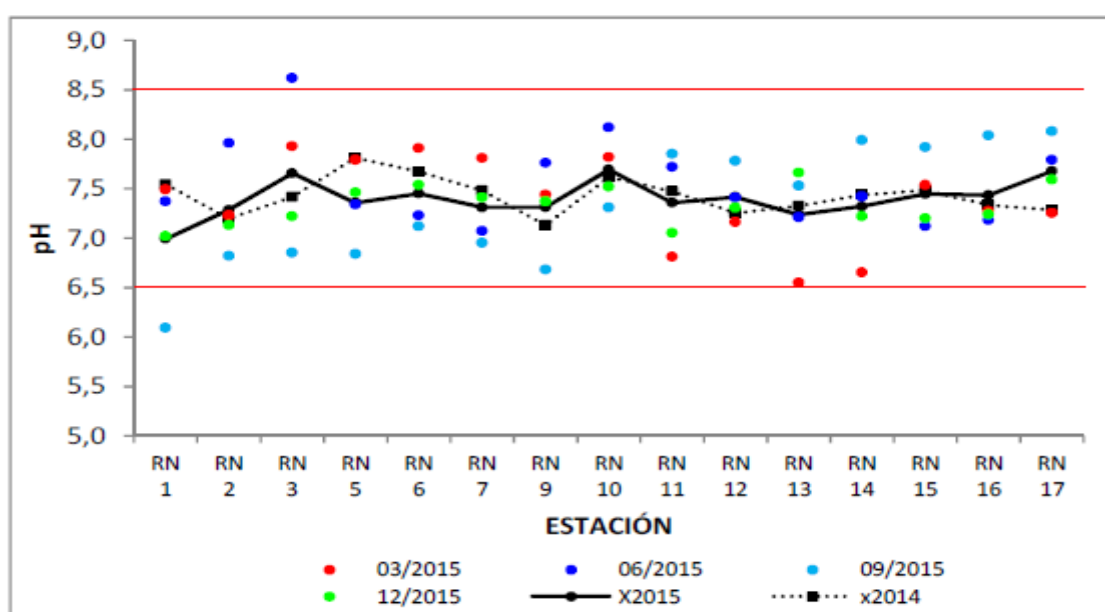


Fig. 13: Variación espacial y temporal del pH a lo largo del Río Negro en las 4 campañas de monitoreo del año 2015. X2014 = promedio del pH para el año 2014. X2015 = promedio de pH para el año 2015. La línea roja marca el estándar fijado en el artículo 253

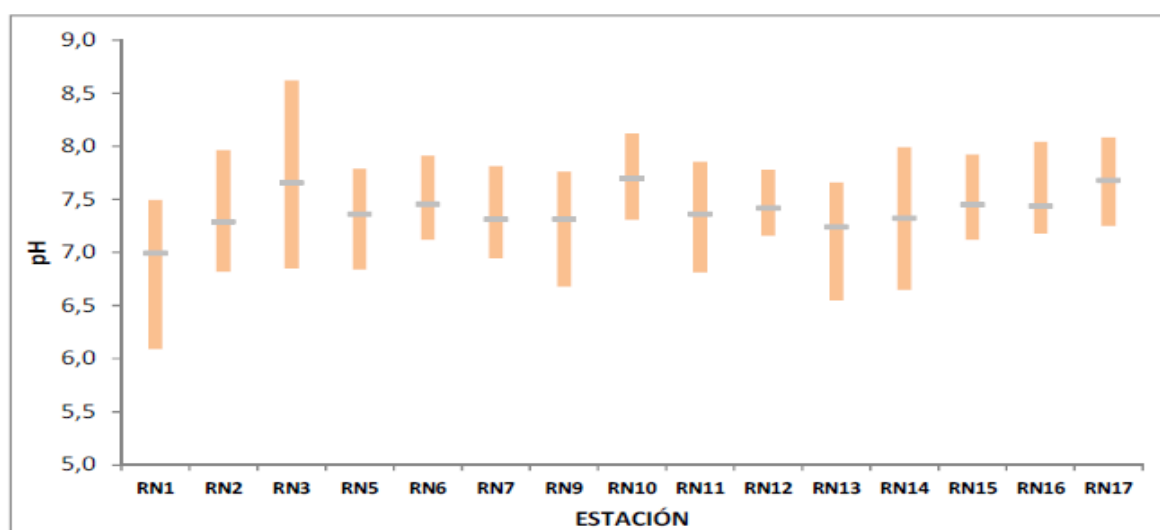


Fig. 14. Variación espacial del pH (rango y promedio) para los 4 muestreos realizados durante el año 2015

La variación temporal a lo largo del año no presenta características resaltables. Los promedios para cada campaña son muy similares y sólo se observa un mayor rango de variación en los meses fríos (Fig. 15).

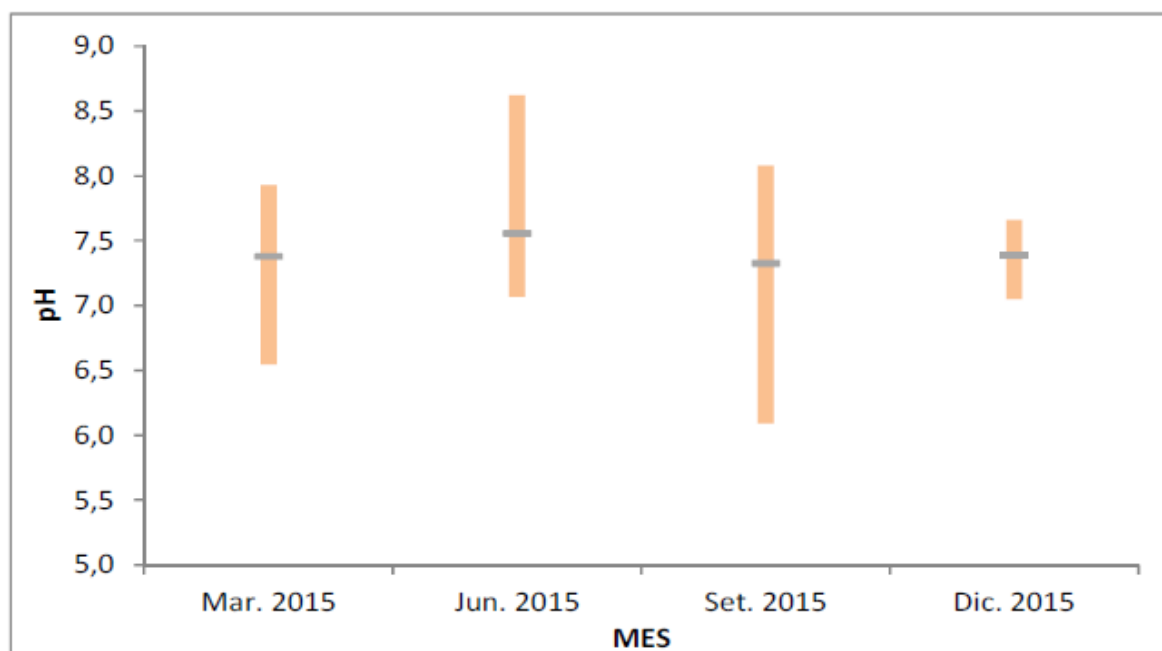


Fig. 15. Variación temporal del rango y promedio del pH en el Río Negro durante 2015

Los valores de esta variable se hallan comprendidos dentro de los valores estándar fijados en el decreto 253, a excepción de 2 situaciones puntuales: la estación RN1 en setiembre, con un registro por debajo del estándar y la estación RN3 en junio, con un registro por encima del estándar. El resto de los valores, si bien se observan algunos cercanos al estándar (en marzo y setiembre), no sobrepasan los límites fijados.

3.2.1.5. Transparencia

La Transparencia, medida con el Disco de Secchi fluctuó en valores de entre 15 cm (RN1 en setiembre) y 210 cm (RN7 en junio), con un promedio de 92.5 cm (Anexo 1).

La comparación de las curvas de promedios anuales revela que, a pesar de tratarse de una variable muy influenciada por el entorno, los perfiles de las curvas para ambos años son muy similares, lo que se refleja también en el promedio anual, de 81.6 cm en 2014 y 88.9 cm en 2015 (Fig. 16).

Al igual que para el año 2014, se observa un notorio incremento de la Transparencia desde la estación RN1 (mínimos valores en la cuenca) hasta la estación RN7 (máximos valores de la cuenca. A partir de la estación RN7 se produce un descenso gradual hacia la desembocadura (Fig. 17).

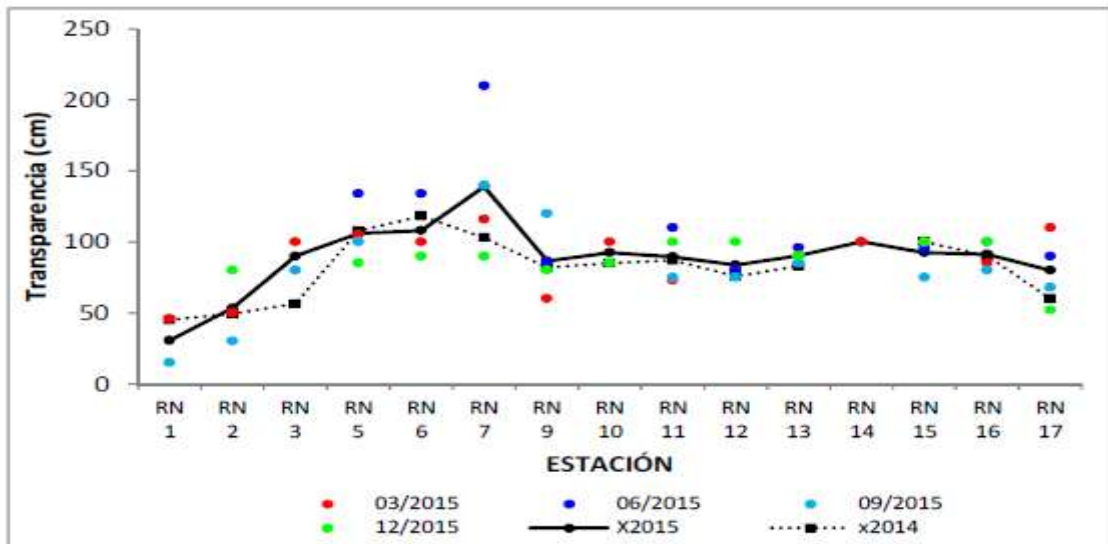


Fig. 16: Variación espacial y temporal de la Transparencia lo largo del Río Negro en las 4 campañas de monitoreo del año 2015. X2014 = promedio de la Transparencia para el año 2014. X2015 = promedio de la Transparencia para el año 2015

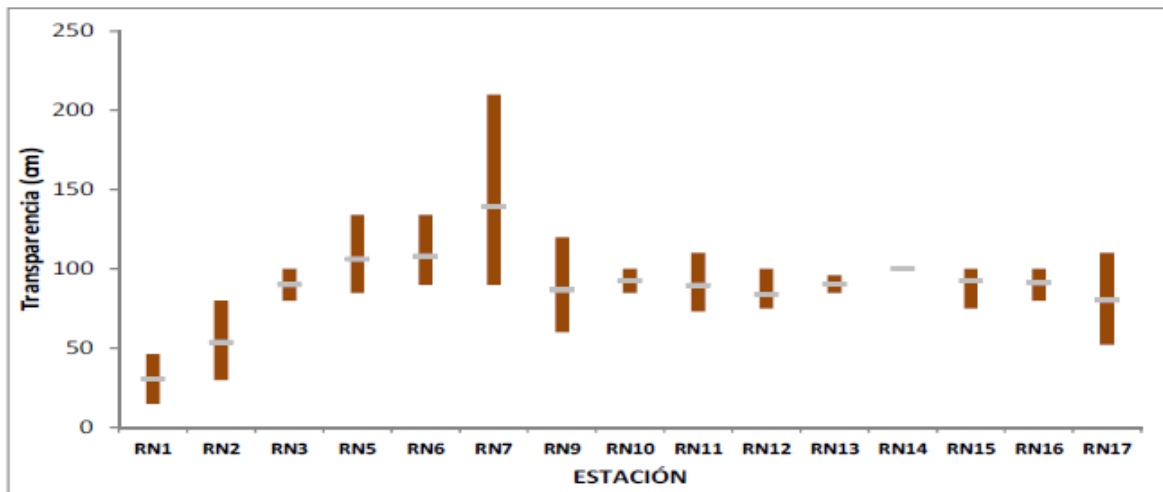


Fig. 17. Variación espacial de la Transparencia (rango y promedio) para los 4 muestreos realizados durante el año 2015

La variación temporal está marcada por mayores rangos de variación en los meses fríos, resultado que repite lo observado en 2014 (Fig. 18).

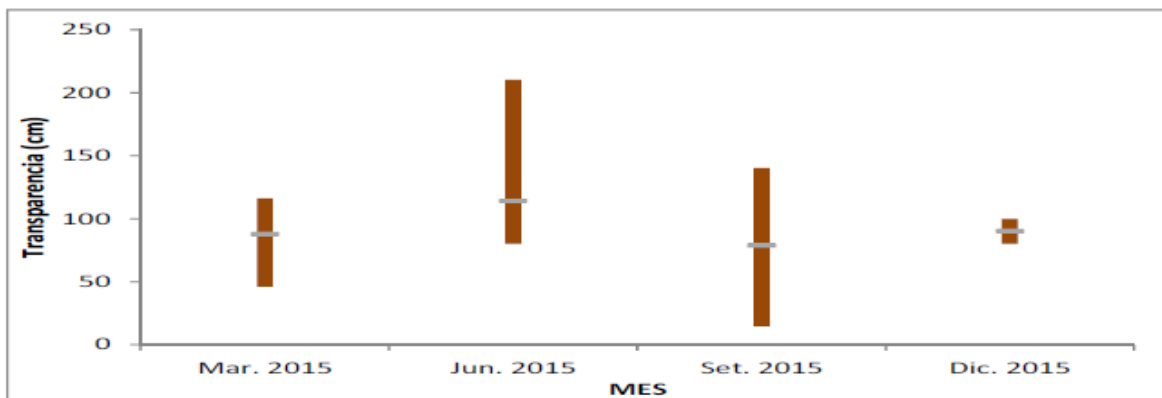


Fig. 18. Variación temporal del rango y promedio de la Transparencia en el Río Negro durante 2015

3.2.2. Resultados analíticos

3.2.2.1. Alcalinidad

La alcalinidad del río Negro presentó valores entre 24 mg CaCO₃/l (estación RN3 en setiembre) y 110 mg CaCO₃/l (estación RN17 en junio), con un promedio de 40.8 mg CaCO₃/l (Anexo 2).

Las medias anuales calculadas (37.39 mg/l para 2014 y 40.8 mg/l para 2015) confirman la estabilidad de esta variable, reflejada en el perfil de las curvas de promedio (Fig. 19)

Espacialmente se percibe un leve aumento de las concentraciones de alcalinidad desde las estaciones más cercanas a las nacientes hacia las estaciones de la desembocadura (Fig. 20). La amplitud del rango de variación de esta variable es mayor en las estaciones extremas (más notorio en la estación RN17). Se destaca el aumento de concentración en la estación RN12, siempre presente, y que revela la mayor alcalinidad del río Yí.

Temporalmente se aprecia mayor concentración de alcalinidad y mayor rango de variación en el mes de junio, periodo en que se produce –también– el máximo de pH (Fig. 21).

Si bien la legislación nacional no contempla un valor estándar para la alcalinidad, internacionalmente se considera que el agua debe tener una alcalinidad de más de 20 mgCaCO₃/l. En todo el ciclo anual estudiado la alcalinidad se mantuvo por sobre ese límite.

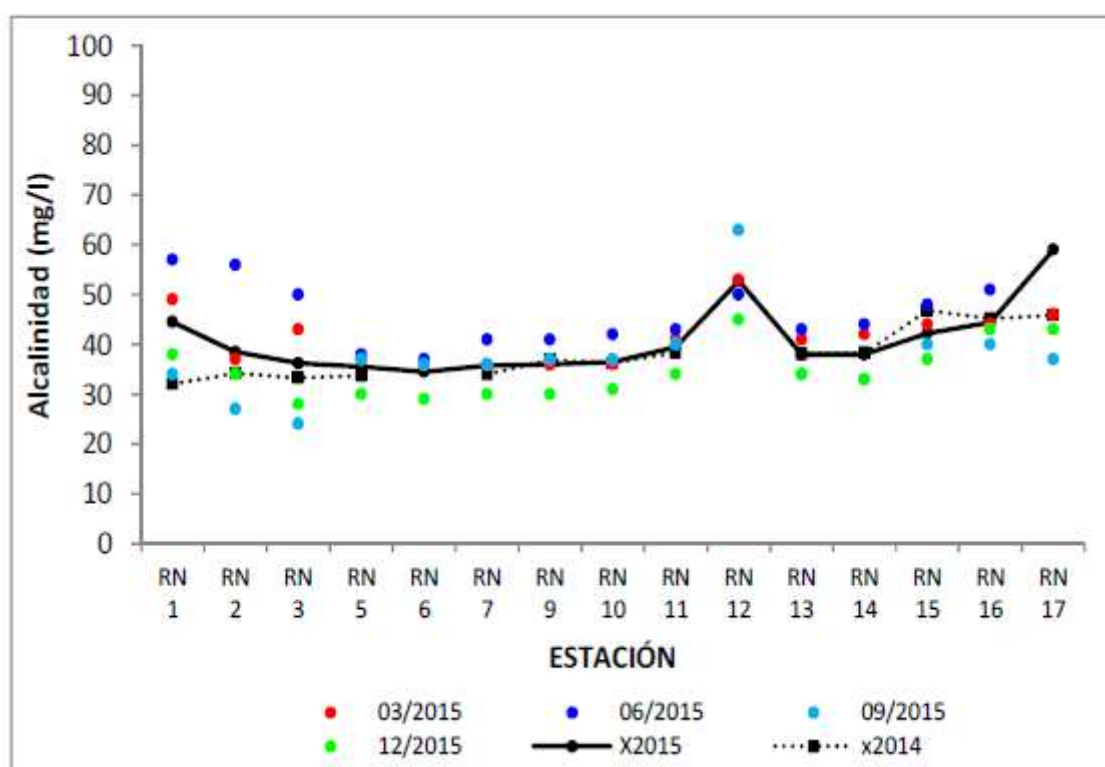


Fig. 19: Variación espacial y temporal de la Alcalinidad lo largo del Río Negro en las 4 campañas de monitoreo del año 2015. X2014 = promedio de la alcalinidad para el año 2014. X2015 = promedio de la alcalinidad para el año 2015

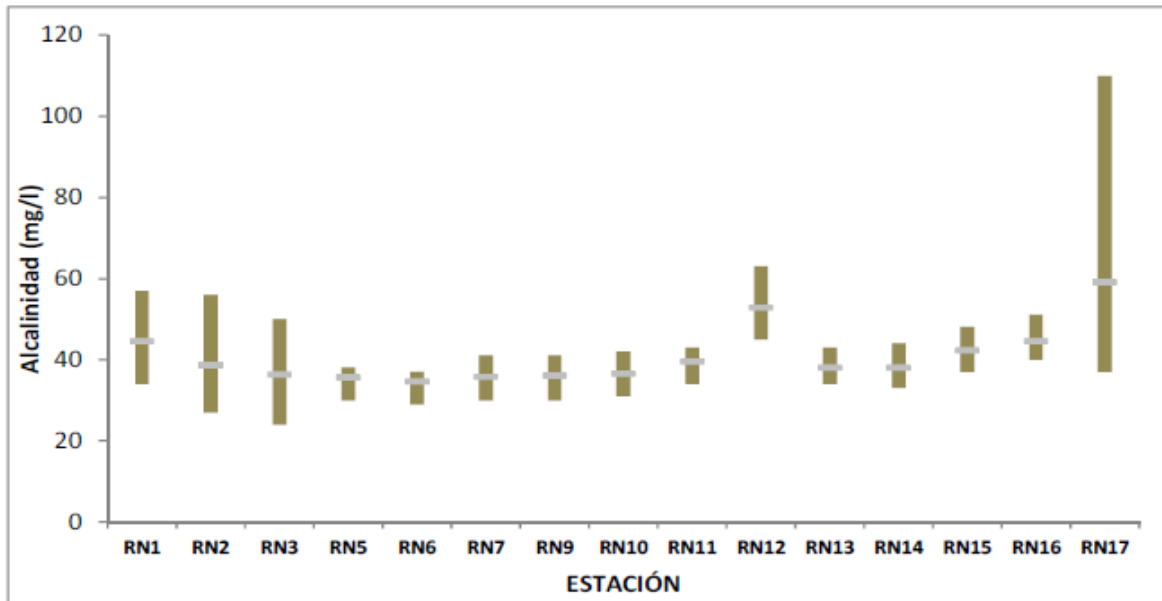


Fig. 20. Variación espacial de la Alcalinidad (rango y promedio) para los 4 muestreos realizados durante el año 2015

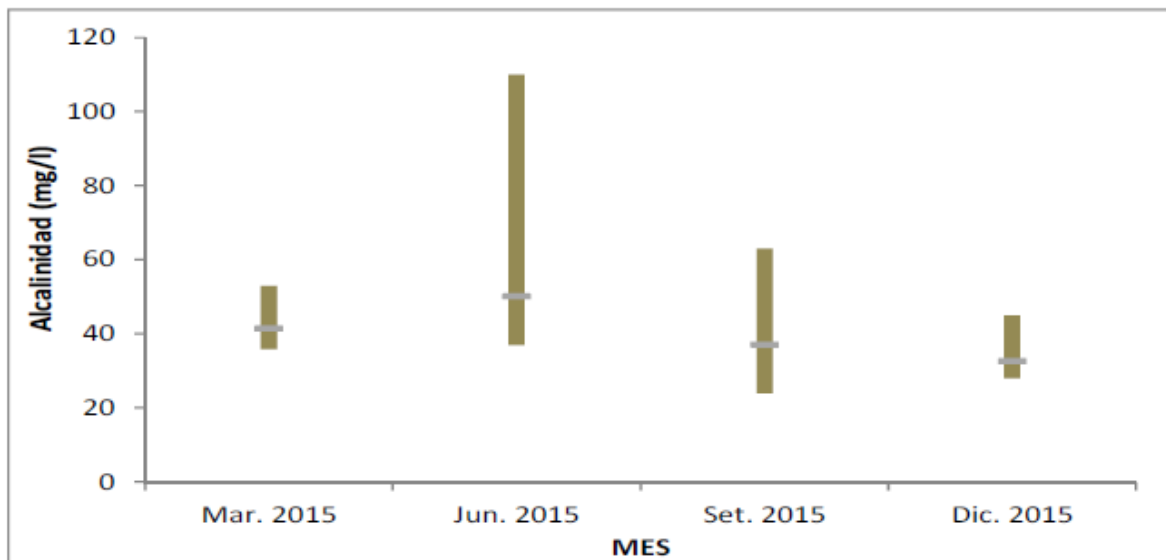


Fig. 21. Variación temporal del rango y promedio de la Alcalinidad en el Río Negro durante 2015

3.2.2.2. Iones mayoritarios

3.2.2.2.1. Ca

Los valores registrados por el Calcio en el río Negro durante el 2015 se situaron entre un mínimo de 5.8 mg/l (RN3 en setiembre) y 28.0 mg/l (RN17 en junio), con un promedio de 9.9 mg/l (Anexo 2). La concentración de Calcio en el río Negro se muestra estable en el tiempo y el espacio, presentando variaciones muy similares a las observadas durante 2014 (Fig. 22). Los valores registrados durante 2015 son levemente menores, lo que se refleja en promedios de 10.4 mg/l para 2014 y 9.9 mg/l para 2015.

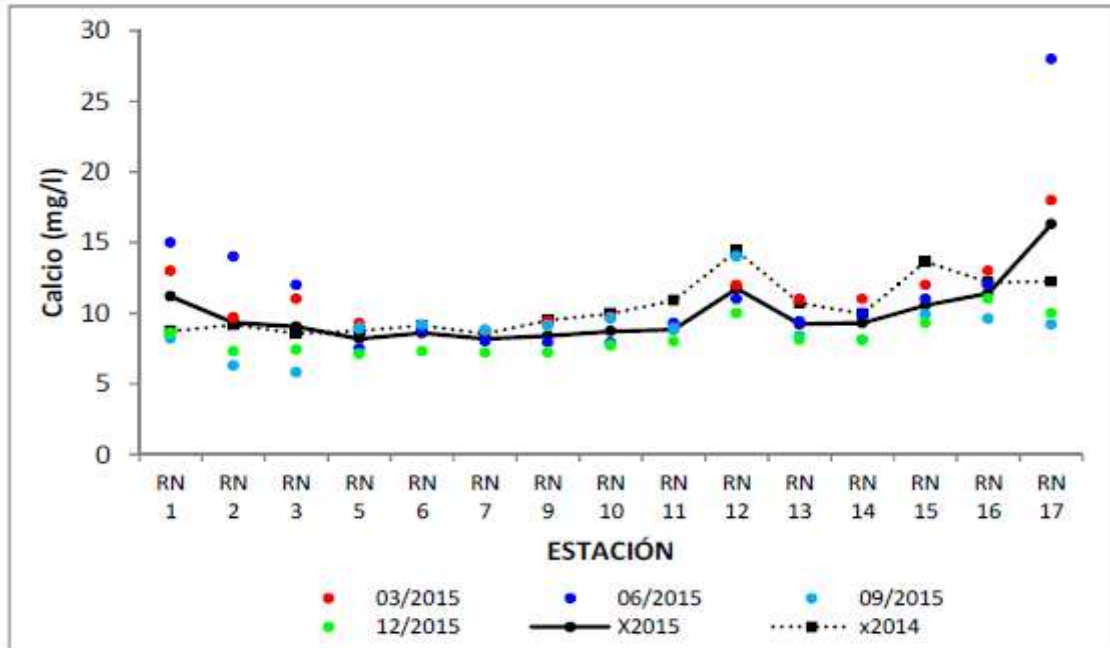


Fig. 22: Variación espacial y temporal del Calcio a lo largo del Río Negro en las 4 campañas de monitoreo del año 2015. X2014 = promedio del calcio para el año 2014. X2015 = promedio del calcio para el año 2015

La variación espacial del Calcio durante 2015 muestra una tendencia al aumento de las concentraciones desde las estaciones más cercanas a las nacientes hacia las estaciones de la desembocadura (Fig. 23). La amplitud del rango de variación de esta variable es mayor en las estaciones extremas (más notorio en la estación RN17). Se destaca el aumento de concentración en la estación RN12, siempre presente, y que revela una mayor concentración de Calcio en el río Yí.

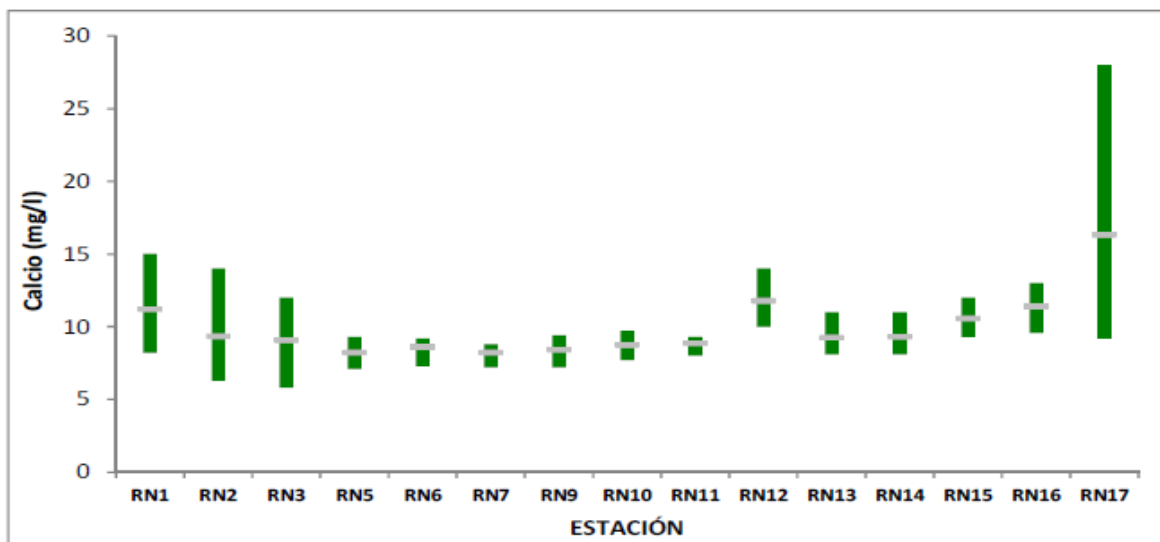


Fig. 23. Variación espacial del Calcio (rango y promedio) para los 4 muestreos realizados durante el año 2015

La variación temporal del calcio durante el periodo de estudio no presenta ningún patrón definido, siendo muy estables los promedios y similar el rango de variación; a excepción de una mayor concentración (y mayor rango de variación) en el mes de junio (Fig. 24).

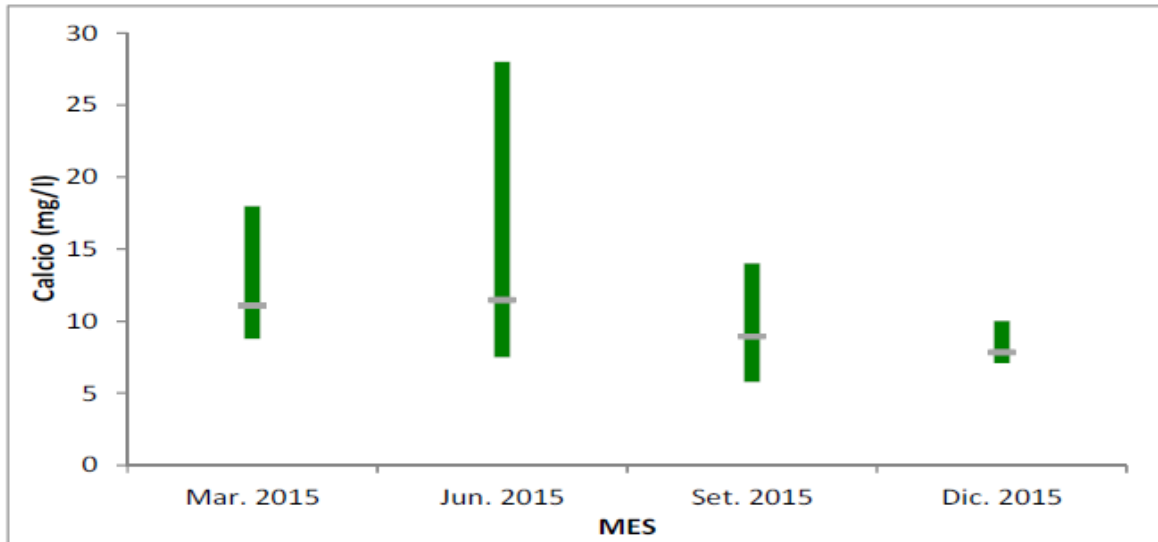


Fig. 24. Variación temporal del rango y promedio del Calcio en el Río Negro durante 2015

3.2.2.2.2. Mg

Los valores del Magnesio en el periodo analizado fluctuaron entre un mínimo de 1.8 mg/l (RN5 en diciembre) y un máximo de 4.3 mg/l (RN17 en junio), con un promedio de 2.6 mg/l (Anexo 2).

Los valores promedio de 2014 son, en la mayor parte de la cuenca, superiores a los de 2015, fundamentalmente en las estaciones RN15 y RN17, en que casi se duplican estos promedios. Las diferencias de comportamiento de esta variable se observan en los dos puntos citados y en la cuenca alta, donde las concentraciones de Mg son mayores en 2015 (Fig. 25).

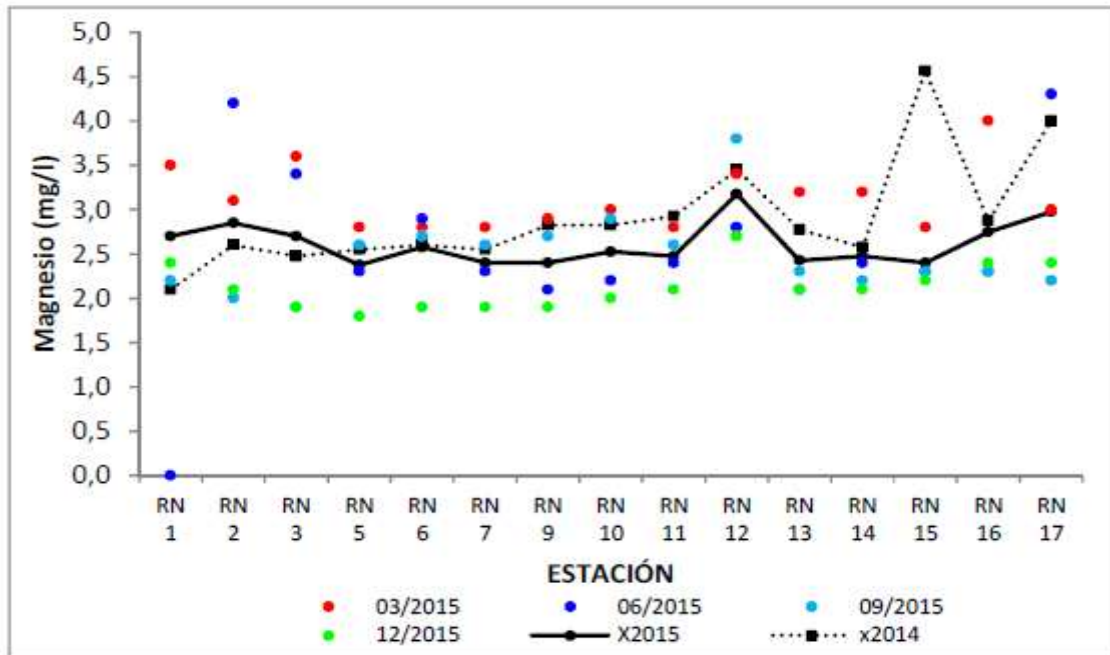


Fig. 25: Variación espacial y temporal del Magnesio a lo largo del Río Negro en las 4 campañas de monitoreo del año 2015. X2014 = promedio del Magnesio para el año 2014. X2015 = promedio del Magnesio para el año 2015

La distribución espacial del Mg se caracterizó por concentraciones más elevadas en las cabeceras, con mayor rango de amplitud y la estación RN12, con el promedio más alto de la cuenca, pero con menor rango de amplitud que las cabeceras (Fig. 26).

Las fluctuaciones temporales del magnesio son escasas. La máxima diferencia entre promedios mensuales es de solo 1.08 mg/l. Los rangos de variación son más amplios en los meses fríos (Fig. 27).

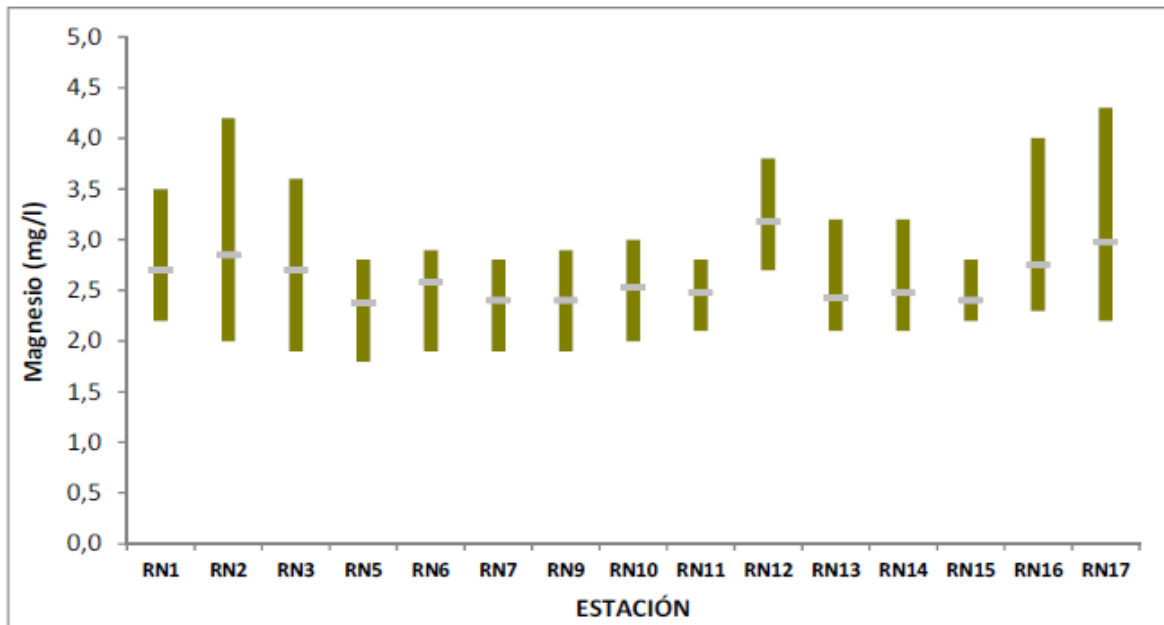


Fig. 26. Variación espacial del Magnesio (rango y promedio) para los 4 muestreos realizados durante el año 2015

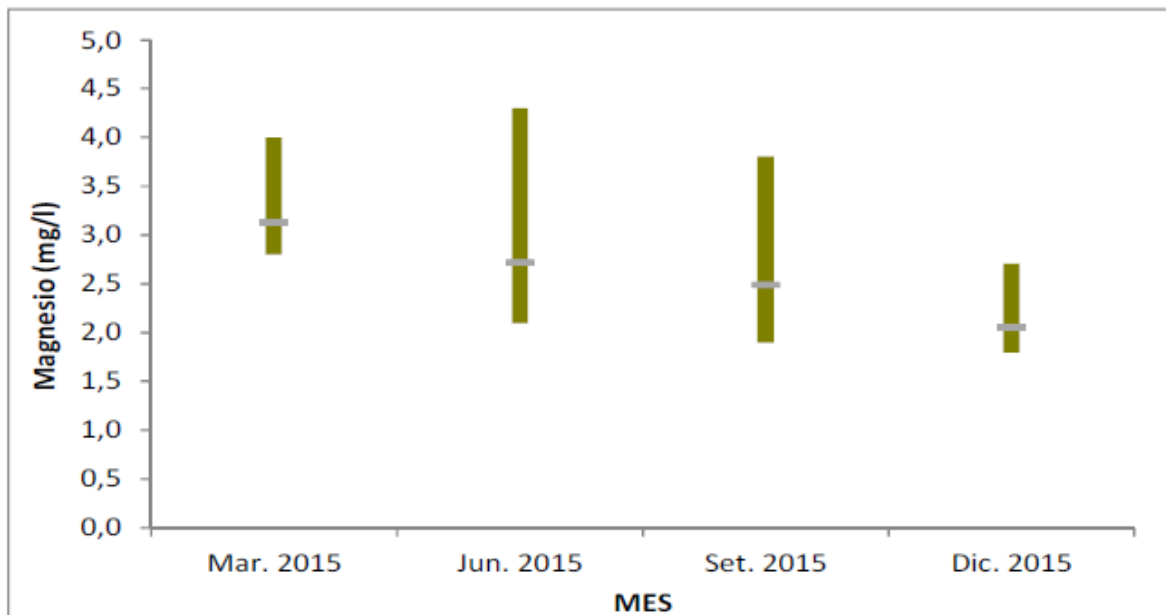


Fig. 27. Variación temporal del rango y promedio del Magnesio en el Río Negro durante 2015

3.2.2.2.3. Na

Las concentraciones de sodio en el río Negro durante 2015 fluctuaron entre un mínimo de 2.6 mg/l (RN5 en setiembre) y un máximo de 15.0 mg/l (RN1 en junio), con un promedio de 5.3 mg/l (Anexo 2).

Con muy ligeras diferencias puntuales, la distribución de concentraciones de sodio en el río Negro es similar en 2015 y 2014 (Fig. 28), siendo los promedios de 5.3 y 5.2 mg/l respectivamente.

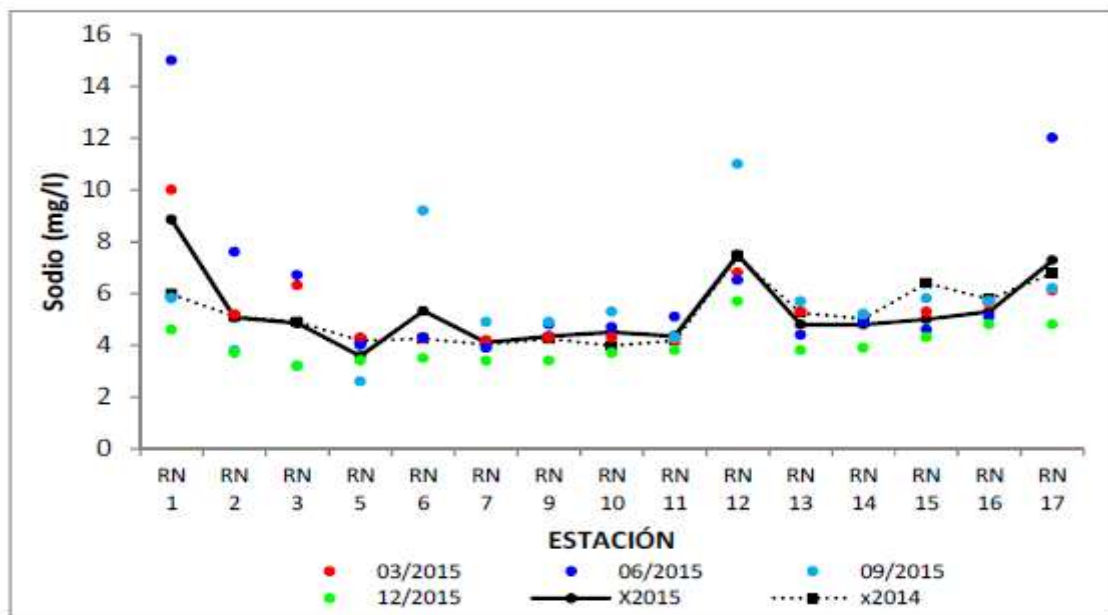


Fig. 28: Variación espacial y temporal del Sodio a lo largo del Río Negro en las 4 campañas de monitoreo del año 2015
X2014 = promedio del Sodio para el año 2014. X2015 = promedio del Sodio para el año 2015

El sodio muestra concentraciones más altas en las dos estaciones extremas (RN1 y RN17), donde se aprecia también un mayor rango de variación de los valores. En la estación RN12 se observa –en forma permanente– un pico con mayor concentración que en las aguas adyacentes. Este pico responde a la descarga del río Yí (Fig. 29).

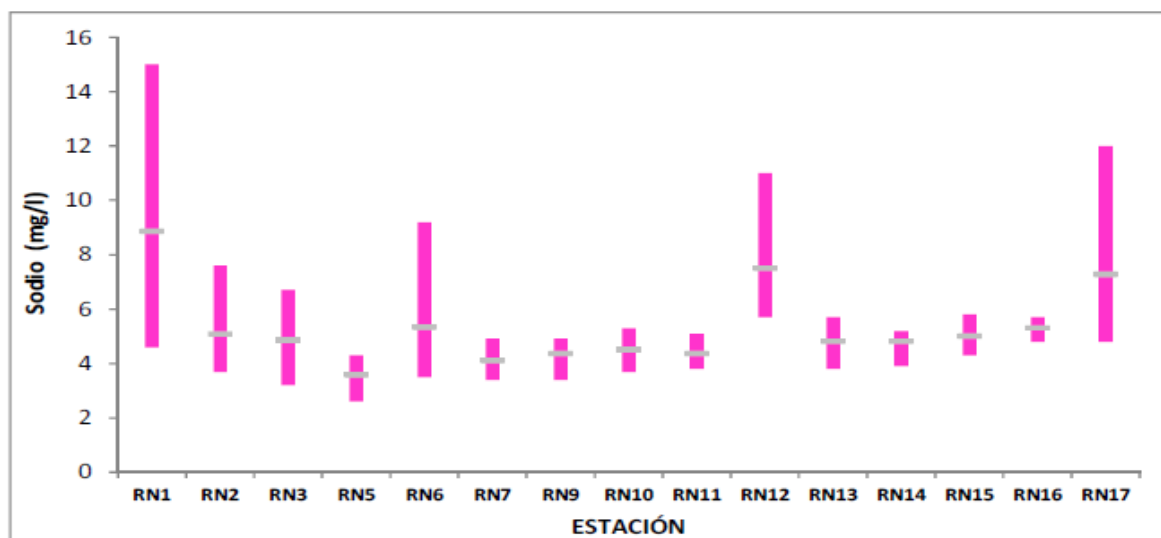


Fig. 29. Variación espacial del Sodio (rango y promedio) para los 4 muestreos realizados durante el año 2015

Temporalmente no se aprecian variaciones notorias a lo largo del año. Los promedios observados son similares, y solo se aprecia mayor rango de variación de los valores en los meses más fríos (Fig. 30).

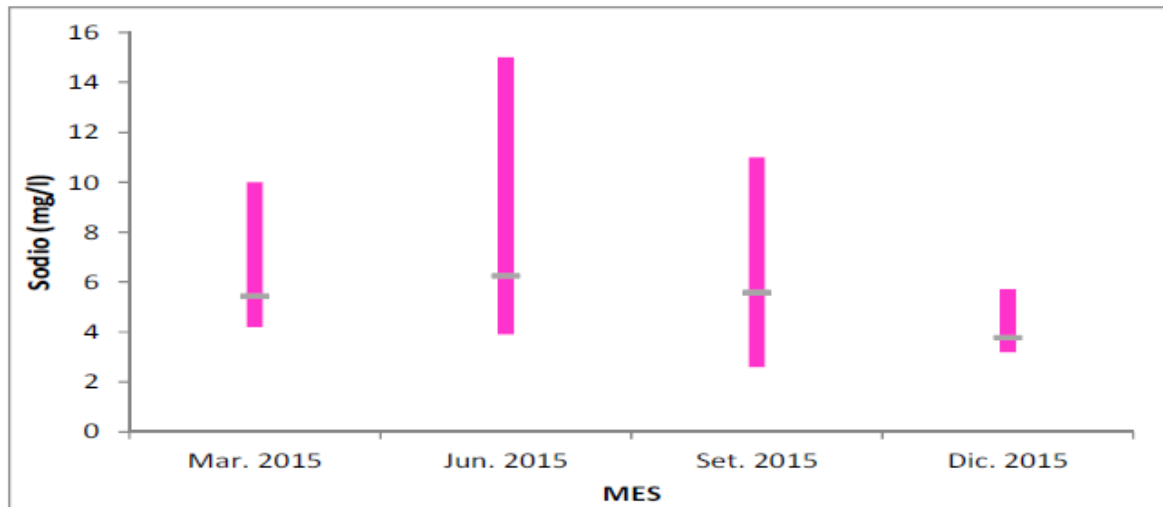


Fig. 30. Variación temporal del rango y promedio del Sodio en el Río Negro durante 2015

3.2.2.2.4. K

Los valores de potasio en el río Negro durante 2015 se ubicaron entre un mínimo de 1.0 mg/l (RN3 en diciembre) y 3.1 mg/l (RN1 en marzo), con un promedio de 1.9 mg/l (Anexo 2).

Las curvas de promedios muestran una tendencia casi idéntica con respecto al año anterior. De todas formas se resalta una diferencia clara: en las porciones alta y media de la cuenca los valores fueron ligeramente mayores en 2015, mientras que en la porción baja fueron ligeramente menores (Fig. 31). Los promedios anuales calculados para esta variable son de 1.9 mg/l en 2015 y 1.7 mg/l en 2014.

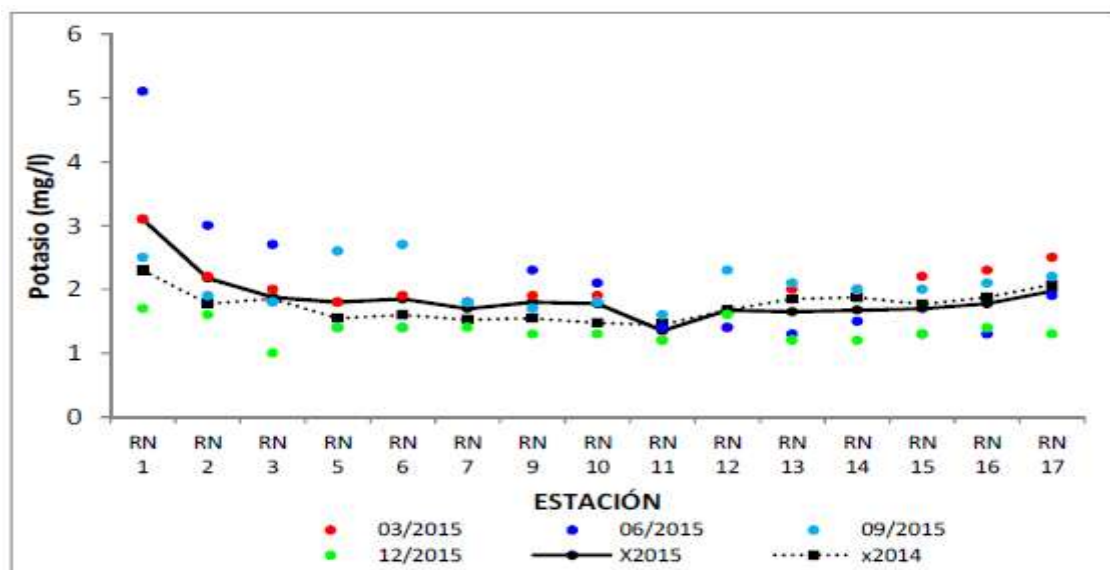


Fig. 31: Variación espacial y temporal del Potasio a lo largo del Río Negro en las 4 campañas de monitoreo del año 2015. X2014 = promedio del Potasio para el año 2014. X2015 = promedio del Potasio para el año 2015

La distribución espacial del potasio muestra mayores concentraciones en la cabecera y, en líneas generales, mayor rango de variación en la cuenca alta. La tendencia (que repite lo observado en 2014) es un descenso paulatino de la concentración de potasio desde la estación RN1 hasta la RN11, y a partir de esta, un aumento gradual hasta la RN17 (Fig. 32).

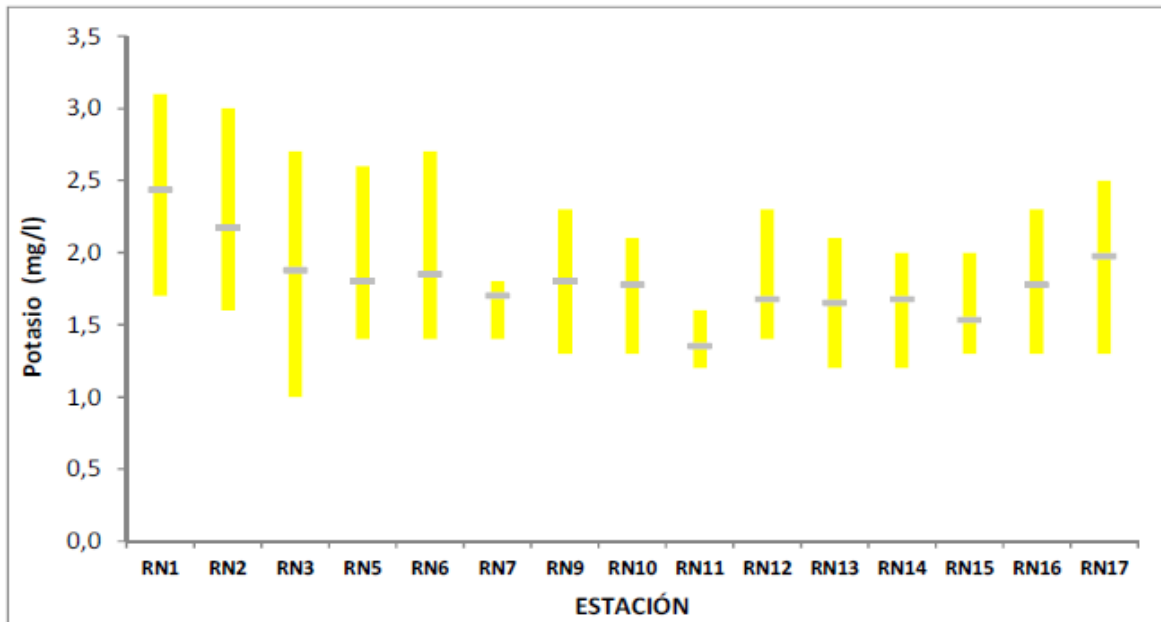


Fig. 32. Variación espacial del Potasio (rango y promedio) para los 4 muestreos realizados durante el año 2015

La variación temporal es muy escasa, siendo los promedios calculados similares (diferencia máxima de 0.8 mg/l). Al igual que durante 2014, el rango de variación fue más amplio en los primeros muestreos (marzo y junio) (Fig. 33).

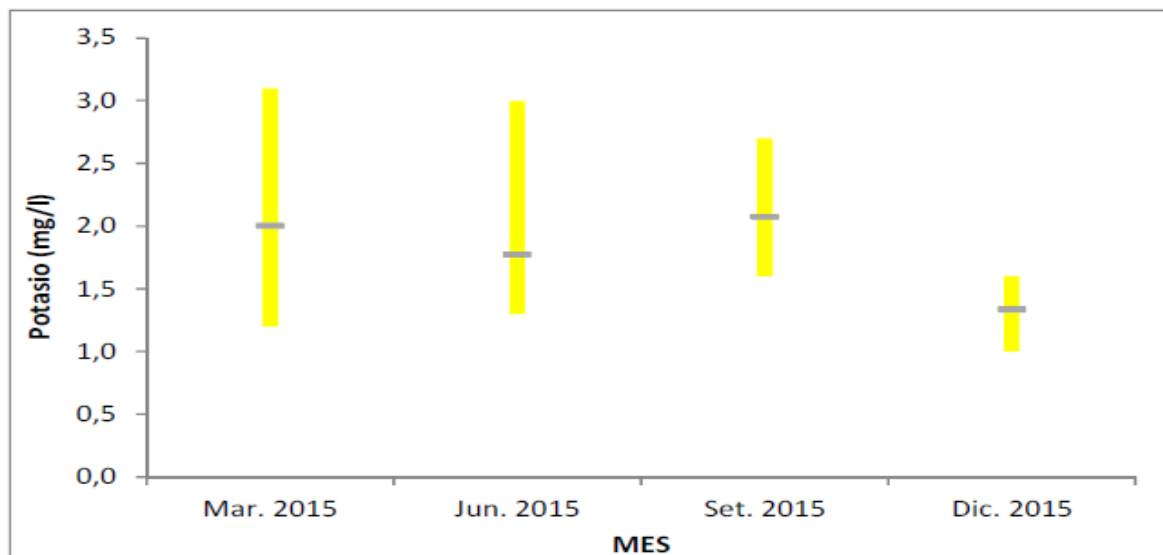


Fig. 33. Variación temporal del rango y promedio del potasio en el Río Negro durante 2015

3.2.2.2.5. RAS

Los valores de RAS (Relación de Adsorción de Sodio) fluctuaron entre un mínimo de 1.1 (RN5 en setiembre) y un máximo de 4.9 (RN1 en junio), con un promedio de 2.09 en la cuenca (Anexo 2).

La distribución en la cuenca, es análoga a la observada durante 2014, mostrando leves diferencias puntuales en RN1 y RN6 (Fig. 34). Los promedios anuales son similares, siendo de 1.99 para 2014 y 2.09 para 2015.

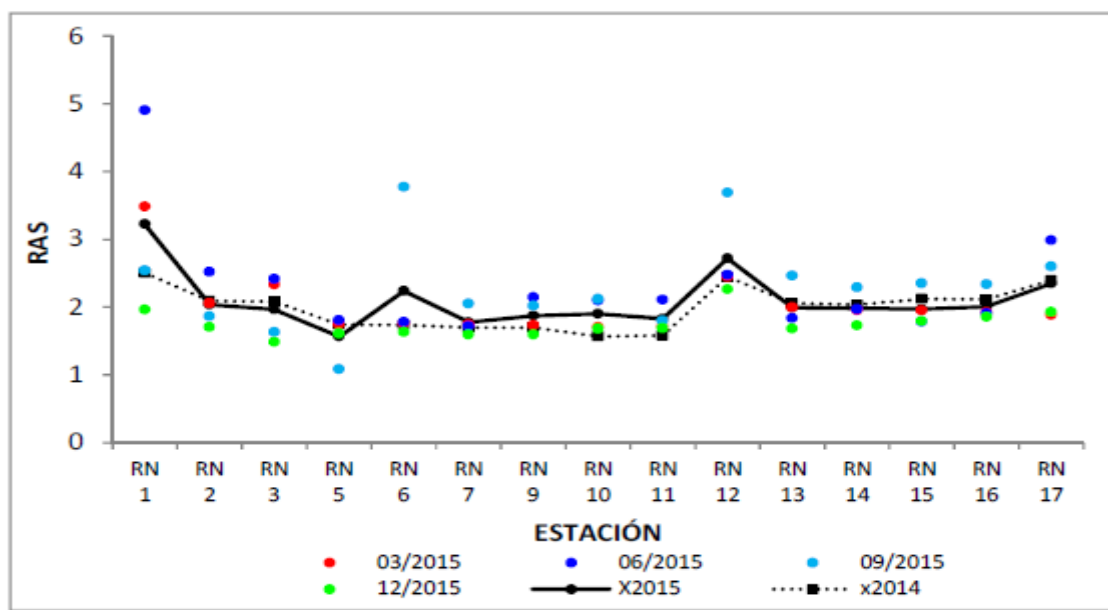


Fig. 34: Variación espacial y temporal de la RAS a lo largo del Río Negro en las 4 campañas de monitoreo del año 2015. X2014 = promedio de la RAS para el año 2014. X2015 = promedio de la RAS para el año 2015

La distribución espacial de la RAS muestra una tendencia a la disminución a la largo de la cuenca. Se observan 4 estaciones con promedios y rango de variación más elevados (RN1, RN6, RN12 y RN17), siguiendo ese patrón de disminución (Fig. 35).

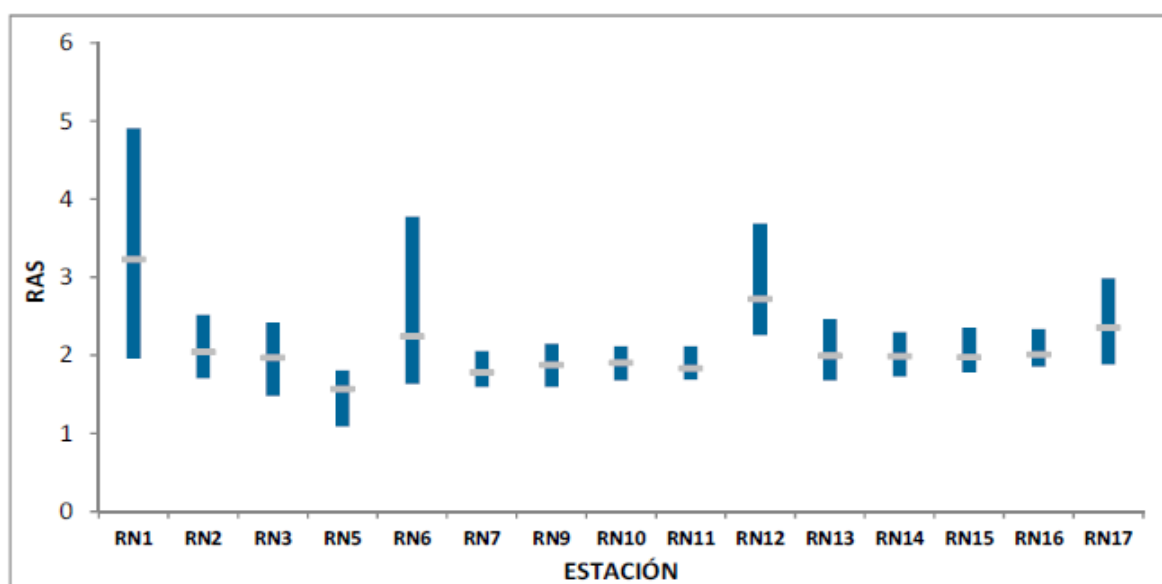


Fig. 35. Variación espacial de la RAS (rango y promedio) para los 4 muestreos realizados durante el año 2015

La variación temporal de la RAS muestra promedios muy similares en los cuatro muestreos analizados, pero con mayor rango de variación durante los meses más fríos (Fig. 36).

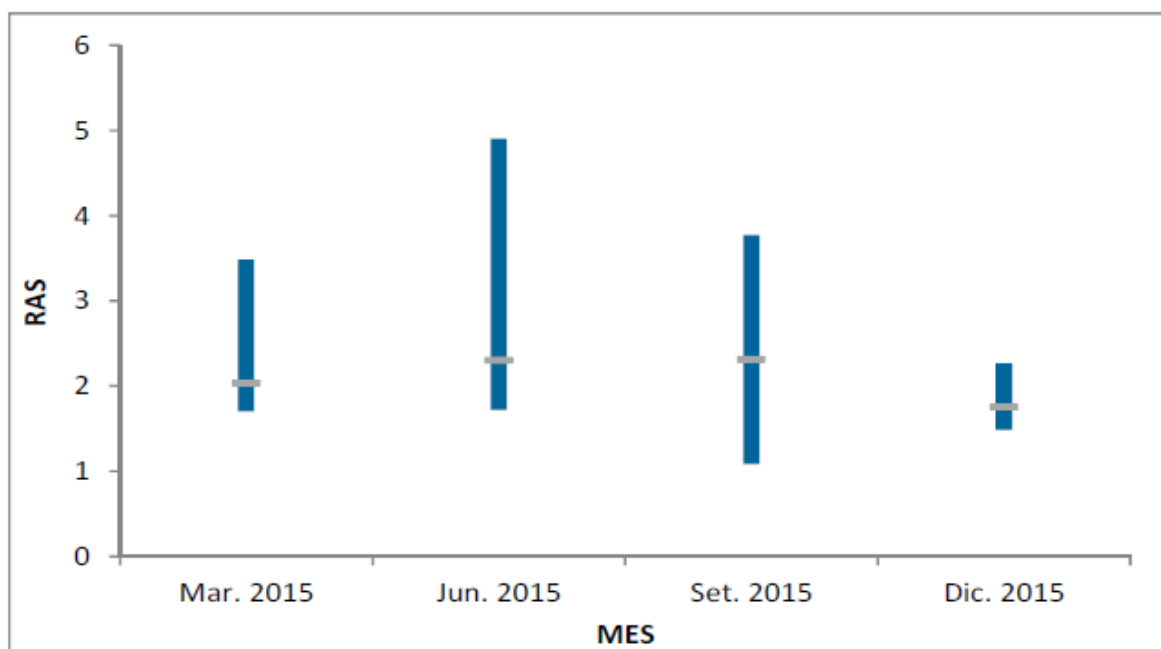


Fig. 36. Variación temporal del rango y promedio de la RAS en el Río Negro durante 2015

Como regla general, el agua que tiene una RAS por debajo de 3 es considerada como segura para el riego.

El análisis de la RAS calculada para cada punto de muestreo revela que esta relación se mantiene generalmente dentro de estos valores.

Sin embargo se observa una tendencia al aumento de la RAS en la cuenca del río Negro con el correr del tiempo. Los promedios anuales para 2014 (1.99) y 2015 (2.09) son significativamente mayores a los calculados para el quinquenio 2009-2013 (0.5), abriendo un llamado de atención a la evolución de las variables que componen esta relación. Este aumento de cuatro veces en la relación RAS, trae, como consecuencia, que durante 2015 en cuatro ocasiones fue superado el valor establecido como seguro para agua de riego.

3.2.2.3. Nutrientes

3.2.2.3.1. NO_3

Los nitratos variaron entre concentraciones mínimas de 0.02 mg/l (correspondiente al límite de detección de la técnica) en seis oportunidades (estaciones RN5 a RN11 en marzo) y una máxima de 0.4 mg/l (RN2 en junio), con un promedio de 0.18 mg/l (Anexo 2).

Durante 2015 se produce una disminución en la concentración de nitratos en la mayor parte del curso principal del río con respecto a 2014. Solo en las estaciones RN1 y RN2 las concentraciones son superiores durante 2015 (Fig. 37). Esto se ve reflejado en los promedios anuales, de 0.21 mg/l en 2014 y 0.18 mg/l en 2015.

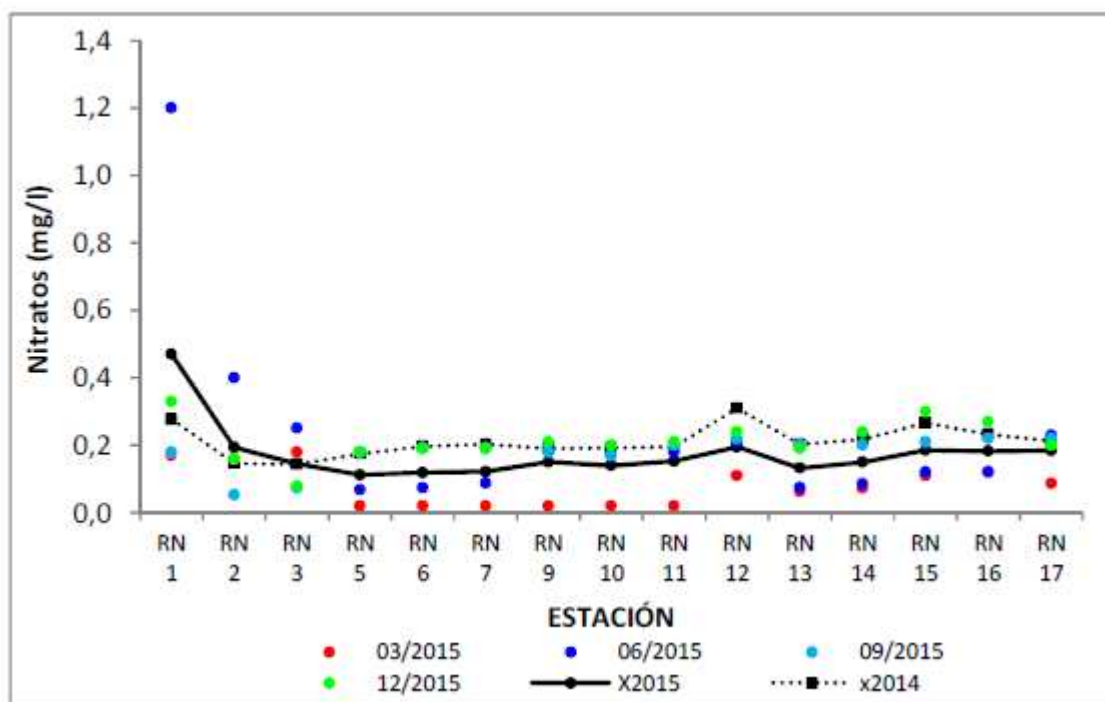


Fig. 37: Variación espacial y temporal de los Nitratos a lo largo del Río Negro en las 4 campañas de monitoreo del año 2015. X2014 = promedio de los Nitratos para el año 2014. X2015 = promedio de los Nitratos para el año 2015

La variación espacial del nitrato muestra las más altas concentraciones en los dos extremos del cauce y en la estación RN12 (Fig. 38). Estos tres puntos están, además, entre los que presentan menor rango de variación. El mayor rango de variación se observa en la estación RN2, también con un promedio de concentración alto.

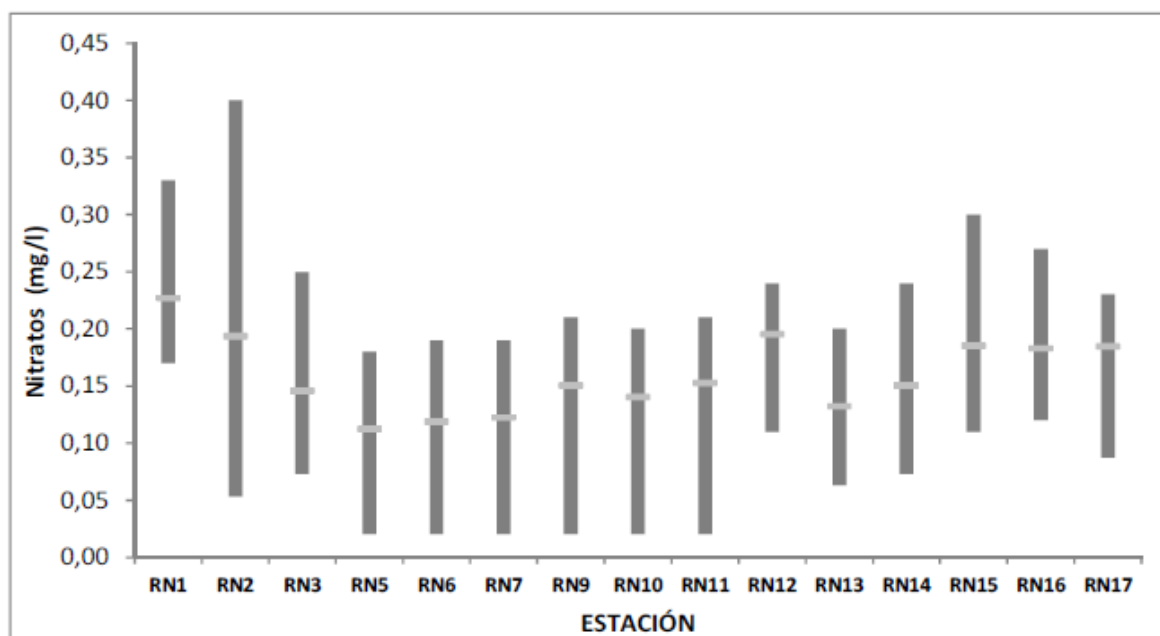


Fig. 38. Variación espacial de los Nitratos (rango y promedio) para los 4 muestreos realizados durante el año 2015

El patrón de variación temporal muestra una diferencia evidente en el muestreo de febrero. En este, las concentraciones de nitrato eran particularmente bajas, por lo cual, el promedio es bajo. En los

restantes tres muestreos los promedios fueron del doble (respecto a febrero). En junio se observa el rango de variación más amplio (Fig. 39).

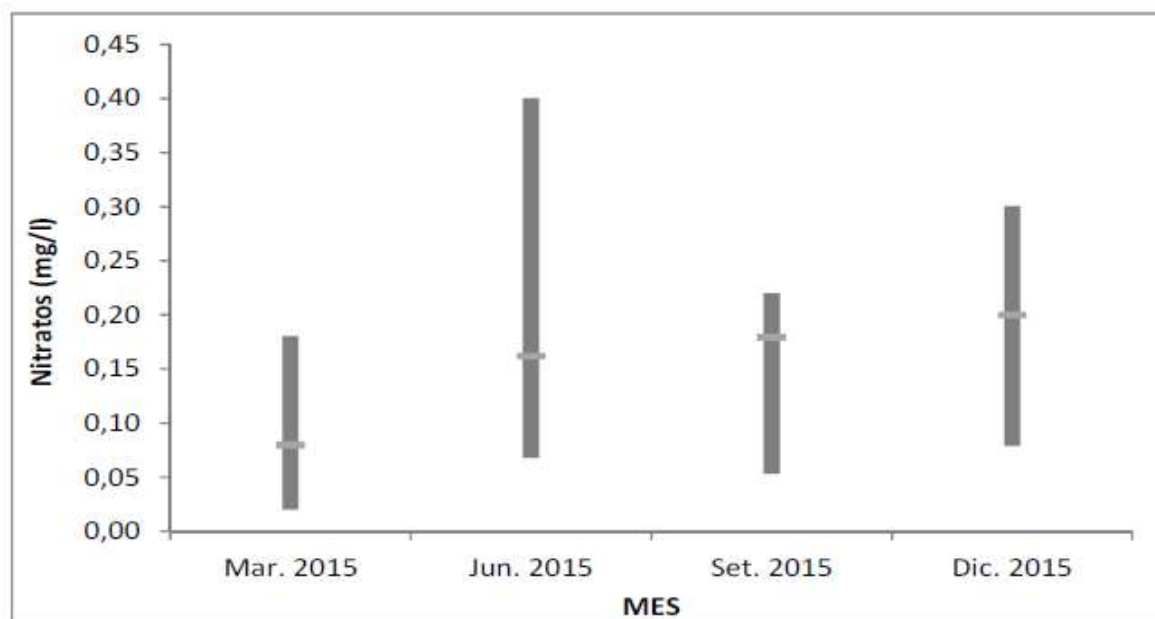


Fig. 39. Variación temporal del rango y promedio de los Nitratos en el Río Negro durante 2015

Todos los valores de nitrato registrados son inferiores al estándar establecido por la reglamentación vigente (≥ 5 mg/l), por lo cual, esta variable cumple con el estándar de calidad en toda la cuenca durante todo el año 2015.

3.2.2.3.2. NO_2

Si bien los nitritos no son considerados en el decreto 253, el grupo GESTA Agua lo propone con una concentración estándar ≤ 0.1 mg/l.

Todas las concentraciones obtenidas de nitritos son muy inferiores a este estándar propuesto, siendo la mayor de 0.014 mg/l (RN1 en junio).

De los 72 resultados obtenidos sólo 10 superaron los límites de la técnica utilizada; la mayor parte de ellos en setiembre en la cuenca baja del río.

3.2.2.3.3. NH_4

Las concentraciones de amonio estuvieron comprendidas entre un mínimo de 0.0044 mg/l en siete oportunidades (valor que coincide con el LD de la técnica) y un máximo de 0.084 mg/l (RN12 en setiembre), con un promedio de 0.021 mg/l (Anexo 2).

Los perfiles de las curvas de promedios muestran una distribución muy diferente en los años 2014 y 2015 (Fig. 40). En la zona de la represa del rincón del bonete (RN3, RN5 y RN6) se observan máximas concentraciones en 2014 y mínimas en 2015.

También en la cuenca baja (RN15, RN16 y RN17) las concentraciones son superiores durante 2014. Por contraposición, en la cuenca media se observa que en las estaciones de las represas de Baygorria y Palmar (RN9 y RN13), las concentraciones son similares en ambos años. Asimismo, en la estación

RN12 se observan concentraciones más altas que el promedio, aunque las de 2014 duplican a las de 2015.

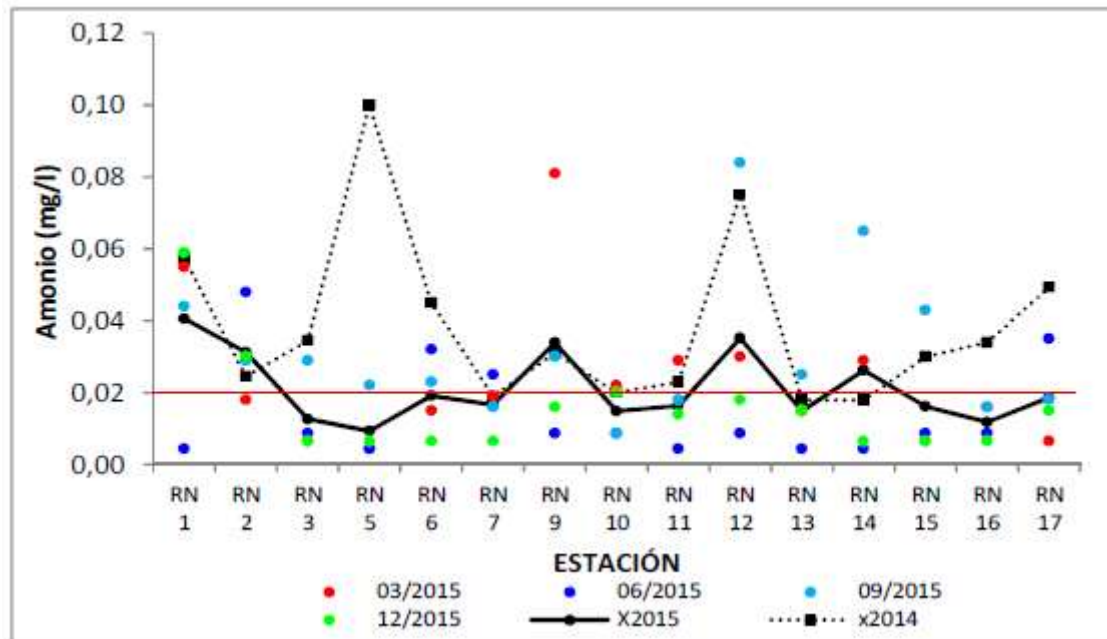


Fig. 40: Variación espacial y temporal del amonio a lo largo del Río Negro en las 4 campañas de monitoreo del año 2015 X2014 = promedio del amonio para el año 2014. X2015 = promedio del amonio para el año 2015. La línea roja marca el estándar fijado en el artículo 253

La distribución espacial del amonio a lo largo de la cuenca muestra diferencias con respecto a lo observado en 2014. Se mantienen más altas concentraciones promedio en las estaciones RN1, RN9 y RN12, pero no se observan en las estaciones RN17 y, fundamentalmente, RN5. Durante 2015 se observa también una concentración promedio más alta en la estación RN14 (Fig. 41). Los rangos de variación más amplios se observan en estos cuatro puntos con promedios de concentración más altos. En líneas generales, la tendencia es a una disminución de la concentración de amonio desde el ingreso hacia la desembocadura.

El amonio no muestra un patrón de variación temporal determinado (Fig. 42), observándose promedios y rangos de variación más amplios en los meses con temperaturas intermedias.

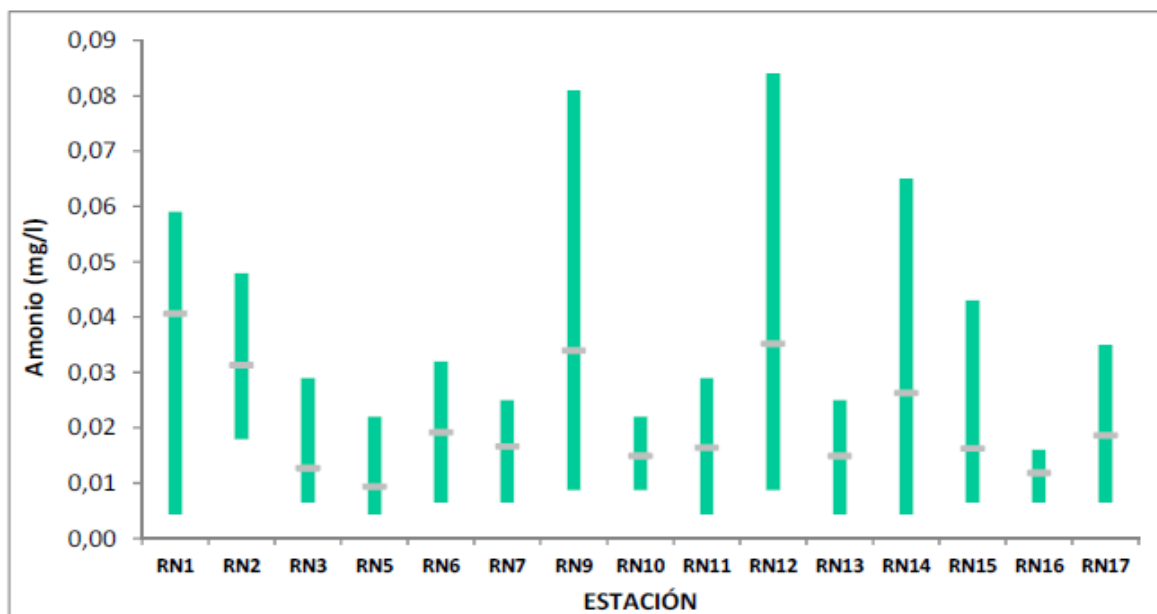


Fig. 41. Variación espacial del Amonio (rango y promedio) para los 4 muestreos realizados durante el año 2015

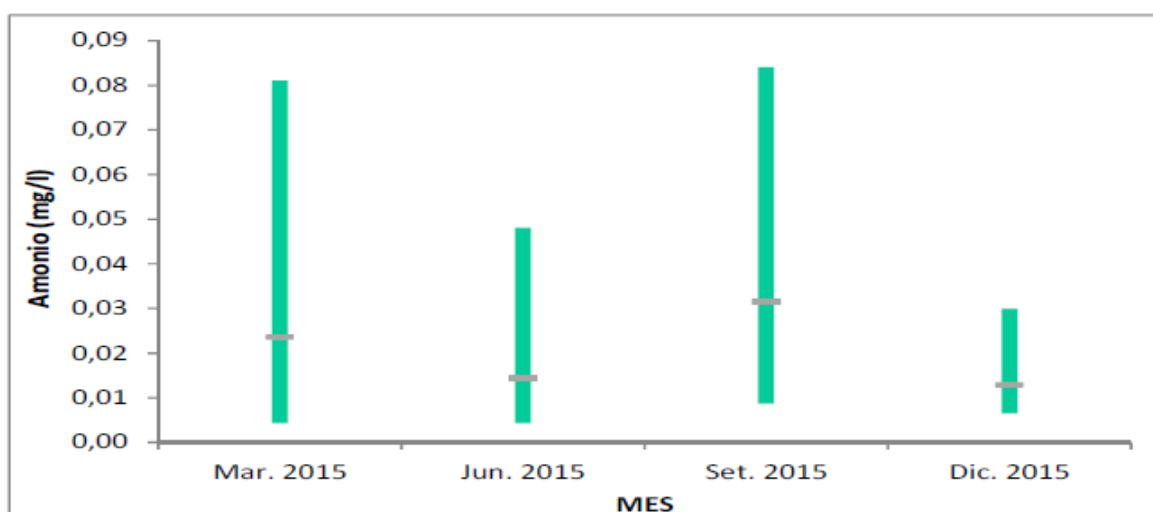


Fig. 42. Variación temporal del rango y promedio del Amonio en el Río Negro durante 2015

El amonio es un típico indicador de contaminación del agua, indicando una degradación incompleta de la materia orgánica. A partir de esto, se hace un llamado de atención sobre esta variable, ya que 26/72 muestras de amonio superan el estándar fijado en el artículo 253 y 14/72 muestras más están en el entorno del 75% de ese estándar.

3.2.2.3.4. Nt

Las concentraciones de Nitrógeno Total (Nt) en el curso principal del río Negro durante 2015 se situaron entre un mínimo de 0.39 mg/l (RN13 en junio) y un máximo de 1.5 mg/l (RN1 en setiembre), con un promedio de 0.716 mg/l Si bien los promedios de concentración son inferiores durante 2015, el perfil de estos promedios es muy similar entre 2014 y 2015 (Fig. 43).

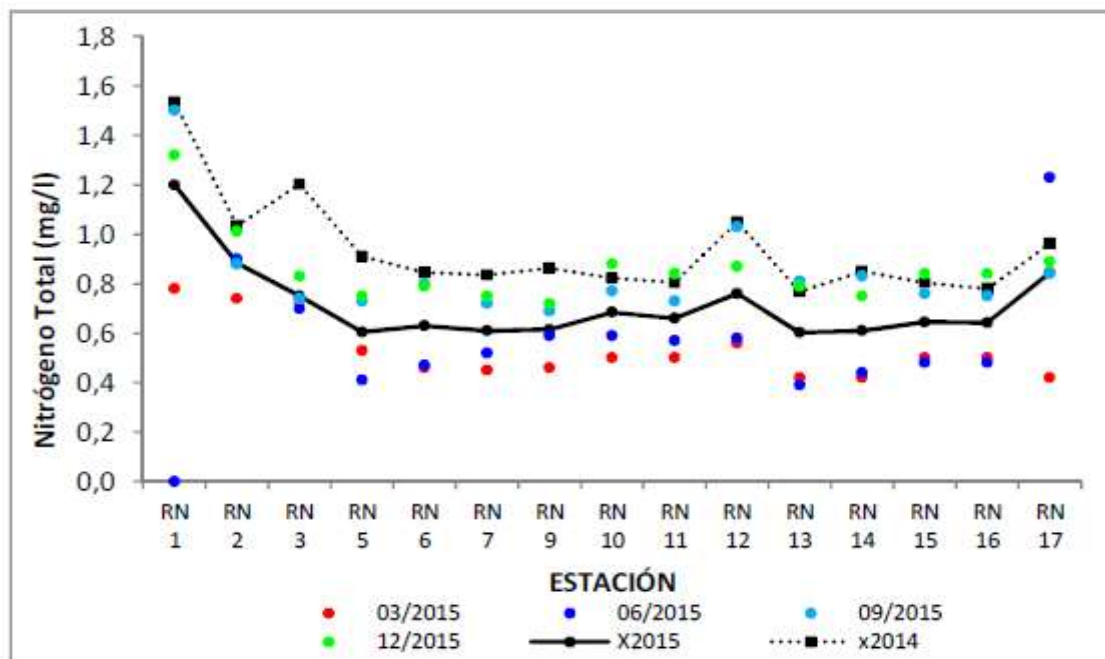


Fig. 43: Variación espacial y temporal del Nitrógeno Total a lo largo del Río Negro en las 4 campañas de monitoreo del año 2015. X2014 = promedio del Nt para el año 2014. X2015 = promedio del Nt para el año 2015

La diferencia de concentraciones entre ambos años de muestreo implicaría un descenso aproximado del 25% en la concentración de Nt durante 2015. Los promedios calculados son de 0.94 mg/l en 2014 y 0.72 mg/l en 2015.

La distribución espacial del Nt muestra mayores concentraciones en las estaciones de entrada, con un paulatino descenso hasta la estación RN11. Concentraciones más altas en la desembocadura del río Yí (RN12) y un leve aumento desde la estación RN13 hasta la estación RN17 (Fig. 44). La tendencia general es a un descenso de la concentración de Nt desde la entrada del río al país hacia la desembocadura.

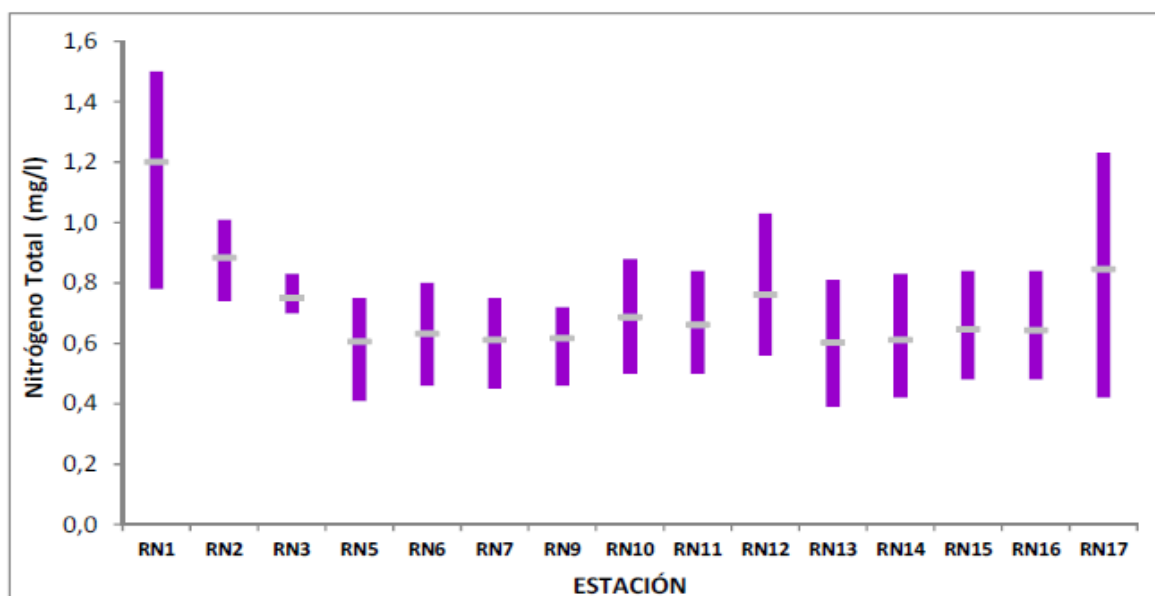


Fig. 44. Variación espacial del Nitrógeno Total (rango y promedio) para los 4 muestreos realizados durante el año 2015

La variación temporal del Nt en el río Negro es escasa, mostrando promedios similares para cada muestreo (0.3 mg/l de diferencia total), con mayor rango de variación en los meses fríos (Fig. 45).

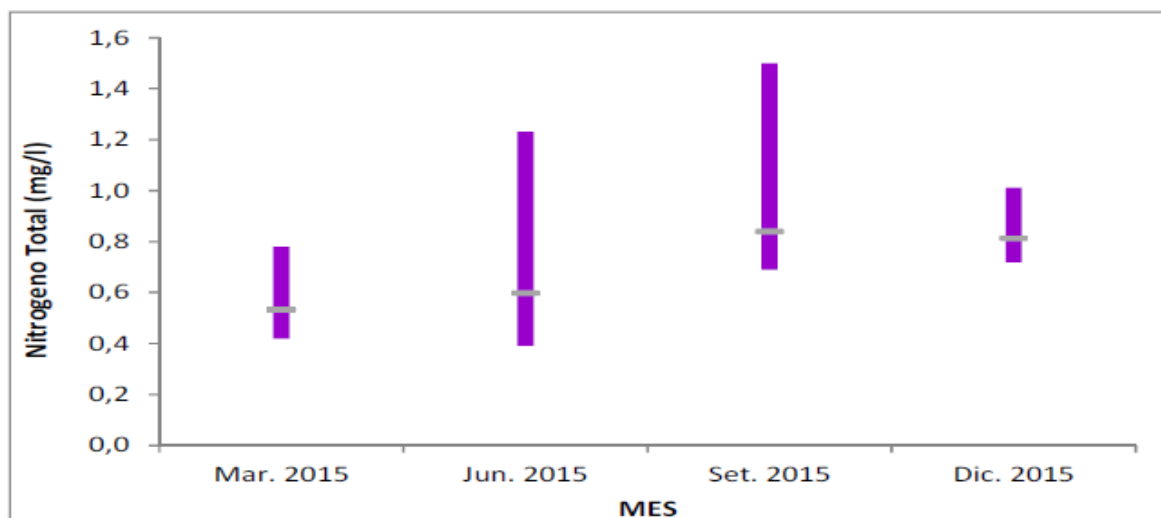


Fig. 45. Variación temporal del rango y promedio del Nitrógeno total en el Río Negro durante 2015

3.2.2.3.5. PO4

Las concentraciones de fosfatos del río Negro durante 2015 fluctuaron entre un mínimo de 10.8 $\mu\text{g/l}$ (RN1 en diciembre) y un máximo de 100.0 $\mu\text{g/l}$ (RN1 en marzo), con un promedio de 58.73 $\mu\text{g/l}$ (Anexo 2).

Con diferencias puntuales de concentración, el perfil de los gráficos de promedio anuales es similar en 2014 y 2015. Estas diferencias enmascaran el hecho de una concentración constante en el tiempo, de 58.86 $\mu\text{g/l}$ en 2014 y 58.73 $\mu\text{g/l}$ en 2015 (Fig. 46).

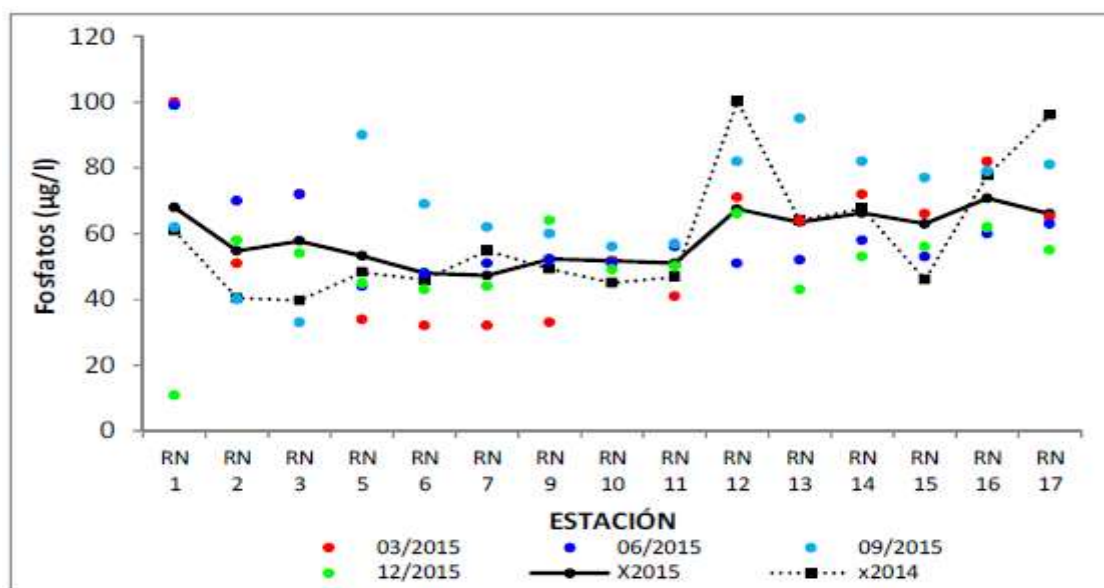


Fig. 46: Variación espacial y temporal de los fosfatos a lo largo del Río Negro en las 4 campañas de monitoreo del año 2015. X2014 = promedio de los fosfatos para el año 2014. X2015 = promedio de los fosfatos para el año 2015

La distribución espacial del fosfato en el río Negro durante 2015 muestra concentraciones más bajas y con más amplio rango de variación en las cuencas alta (a excepción de la estación RN1) y media, y concentraciones más altas, con menor rango de variación, en la cuenca baja (Fig. 47).

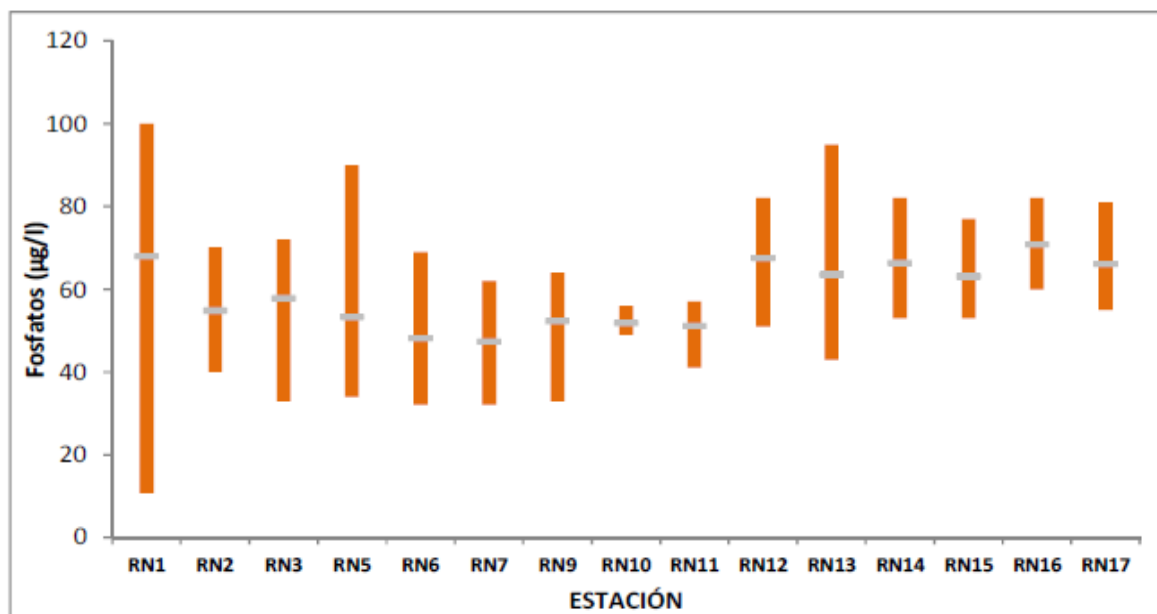


Fig. 47. Variación espacial de los fosfatos (rango y promedio) para los 4 muestreos realizados durante el año 2015

La tendencia general es a un aumento en la concentración de fosfatos desde las nacientes hacia la desembocadura.

La variación temporal del fosfato no muestra un patrón definido; los promedios son estables a lo largo del año. A excepción del muestreo de diciembre, los rangos de variación son también de amplitud similar (Fig. 48).

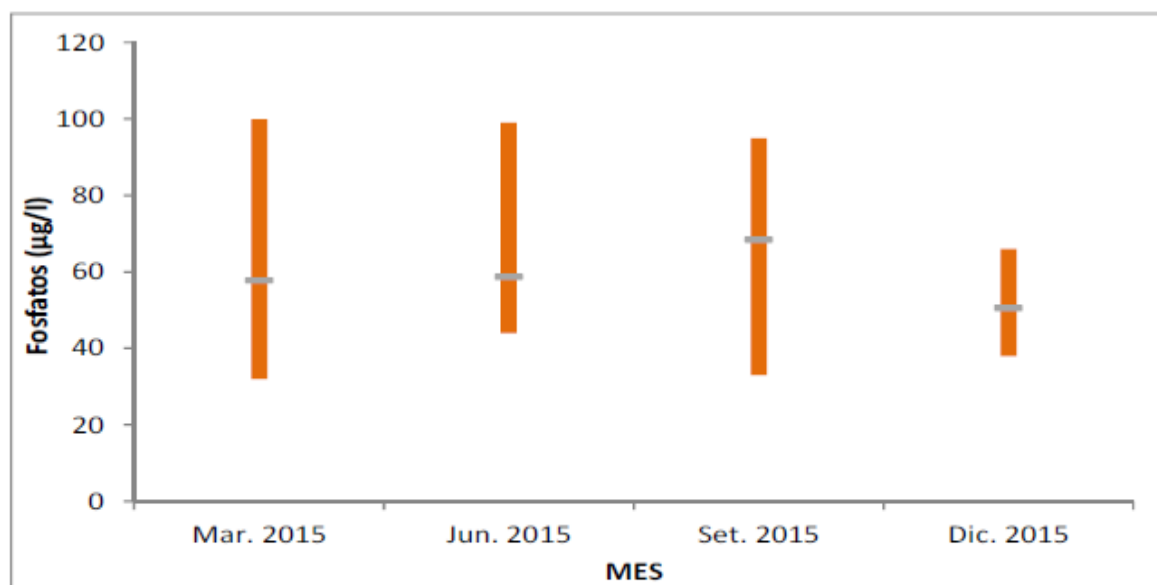


Fig. 48. Variación temporal del rango y promedio de los fosfatos en el Río Negro durante 2015

3.2.2.3.6. Pt

Las concentraciones extremas de Fosforo Total (Pt) en el río Negro durante 2015 evidenciaron un mínimo de 43 µg/l (RN7 en marzo; siendo un valor que coincide con el límite de cuantificación de la técnica) y un máximo de 180 µg/l (RN1 en junio; siendo un valor que coincide con el límite de cuantificación de la técnica) y un promedio de 99,68 µg/l (Anexo 2).

Si bien muestran una tendencia similar, las curvas de promedios para 2015 y 2014 son diferentes. Durante 2014 las concentraciones de Pt detectadas fueron, promediadamente, mayores que las de 2015 (Fig. 49).

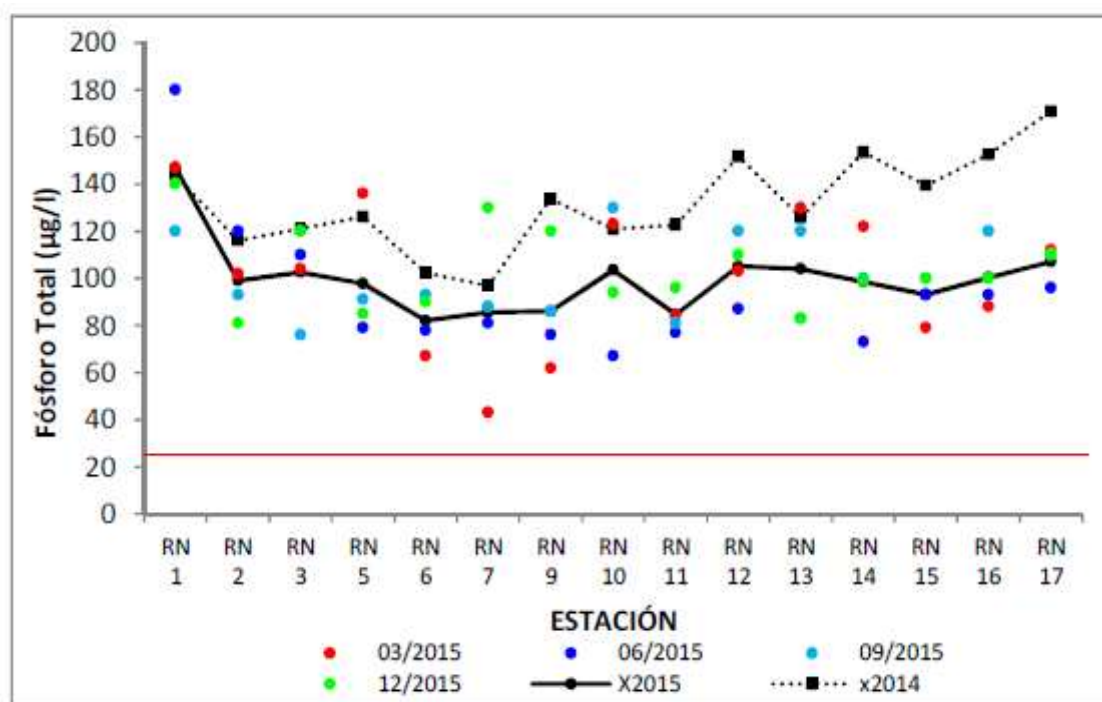


Fig. 49: Variación espacial y temporal del Fosforo Total a lo largo del Río Negro en las 4 campañas de monitoreo del año 2015

X2014 = promedio del Pt para el año 2014. X2015 = promedio del Pt para el año 2015. La línea roja marca el estándar fijado en el artículo 253

Sólo en la estación RN1 las concentraciones promedio son similares y la diferencia se hace mayor hacia las estaciones de la desembocadura. Estas mayores concentraciones se hacen evidentes en los promedios anuales calculados, que son de 131.8 µg/l en 2014 y 99.7 µg/l en 2015.

La distribución espacial muestra una tendencia al aumento de concentración desde las nacientes hacia la desembocadura. Esta tendencia general enmascara una reducción de concentraciones que se observa desde la estación RN1 a la RN6 (donde se registra el menor promedio anual). A partir de la estación RN7 se produce un suave aumento de concentración hacia la desembocadura (Fig. 50).

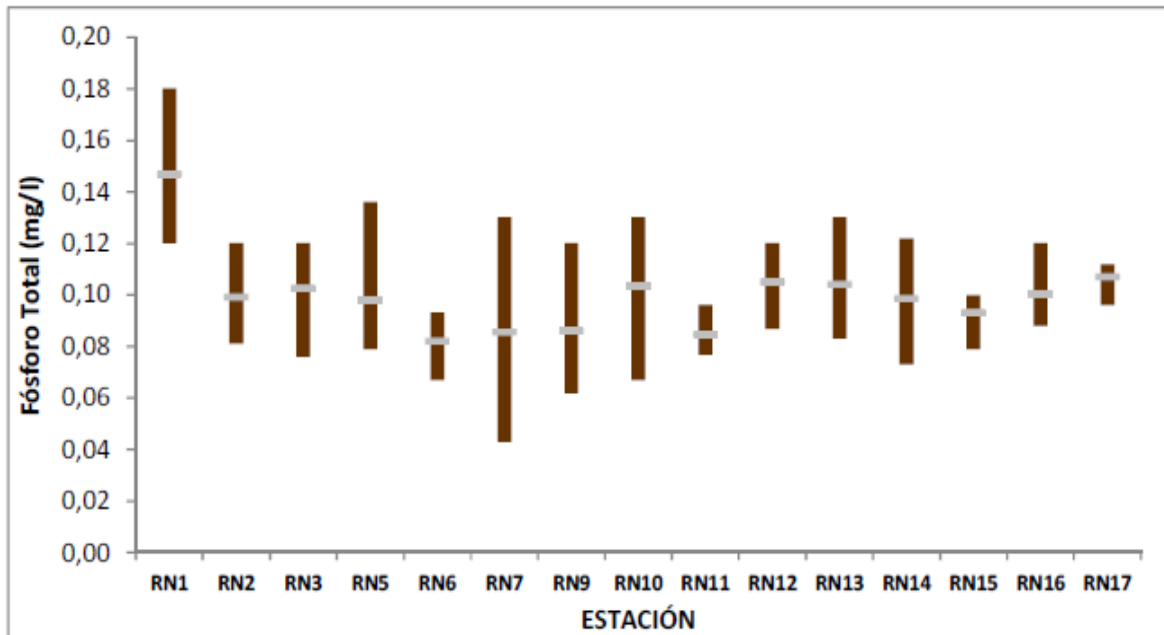


Fig. 50. Variación espacial del Fosforo Total (rango y promedio) para los 4 muestreos realizados durante el año 2015

La variación temporal de las concentraciones de Pt en el río Negro es escasa, con medias que sólo difieren 9 µg/l. La mayor amplitud del rango de variación se observó en junio (Fig. 51).

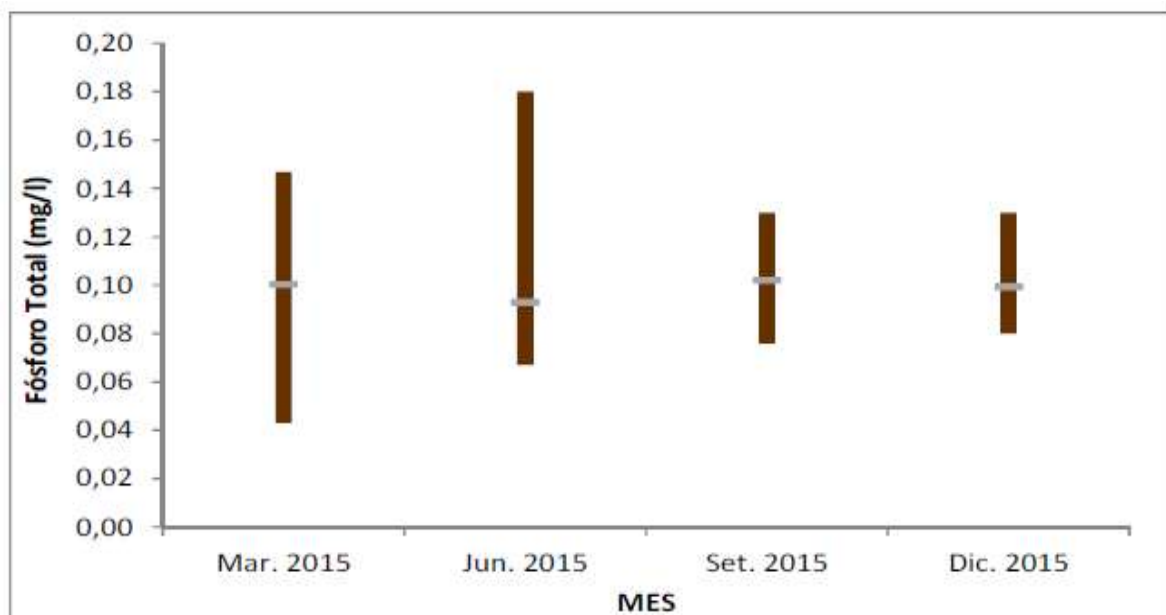


Fig. 51. Variación temporal del rango y promedio del Fosforo Total en el Río Negro durante 2015

El valor máximo estándar determinado por el decreto 253 es de 25 µg/l, valor que es superado en el 100% de las muestras analizadas. En promedio, el estándar es superado cuatro veces, pero llegando a cuantificaciones de hasta siete veces ese valor (Fig. 49).

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 41/216 valores (18%) mostraron resultados cuantificables, de ahí que no sea posible analizar estos resultados (Anexo 3).

SST – Por ser la suma de los demás, los sólidos suspendidos totales son los que presentan más valores cuantificables. El 34% de las observaciones mostraron valores significativos. El mínimo registrado fue de 3 mg/l -valor que coincide con el LD de la técnica-, en 19/72 observaciones. El máximo fue de 67 mg/l (RN1 en diciembre).

SSF – Los sólidos suspendidos fijos tuvieron resultados cuantificables en el 17% de las muestras consideradas. El mínimo, de 3 mg/l – LD de la técnica- fue observado en 39/72 oportunidades. El máximo, de 49 mg/l, se observó en la estación RN1 en diciembre.

SSV – Los sólidos suspendidos volátiles tuvieron resultados por encima del umbral de la técnica sólo en un 6% de las observaciones. El mínimo, de 3 mg/l – LD de la técnica- fue observado en 43/72 oportunidades, mientras que el máximo fue de 17mg/l y fue registrado en la estación RN1 en diciembre.

En líneas generales, se observa una tendencia a la disminución de los sólidos suspendidos desde la cabecera hacia la desembocadura (Fig. 52).

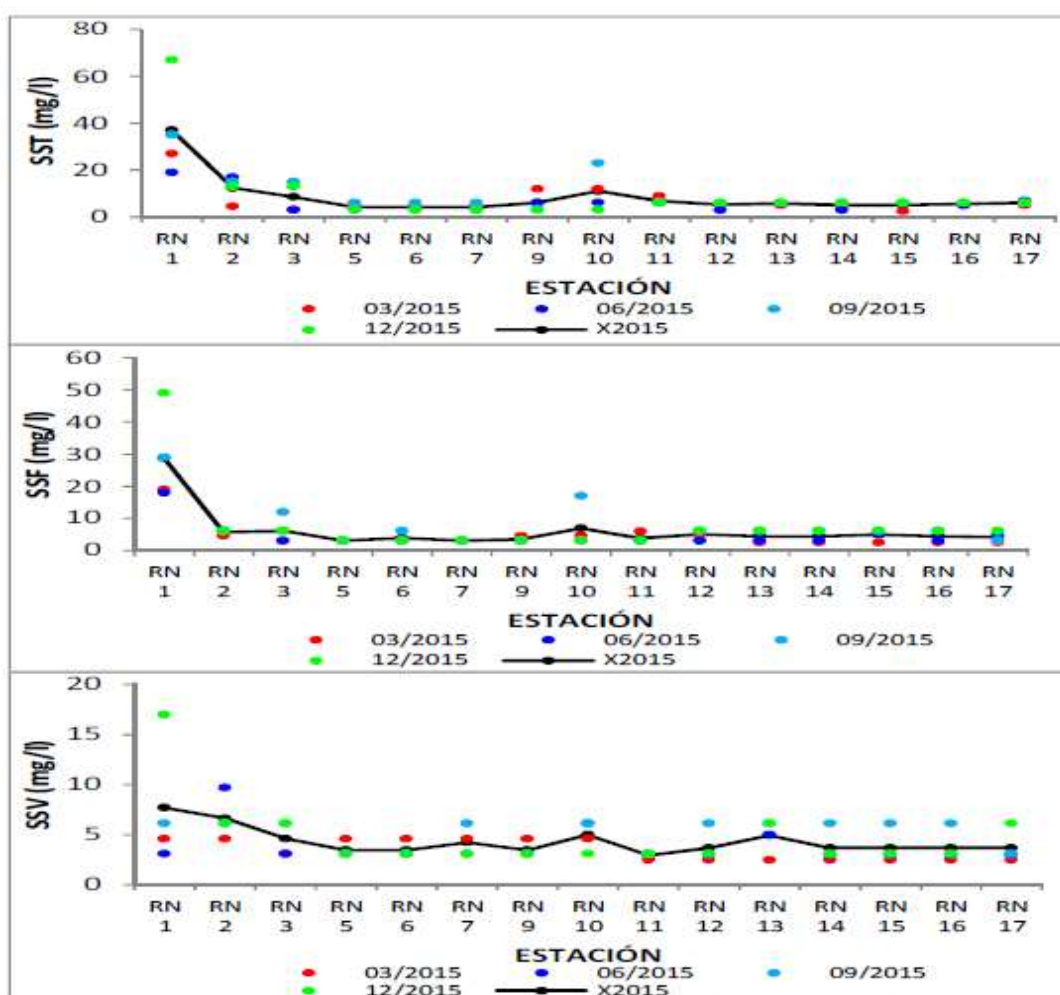


Fig. 52: Variación espacial y temporal de los SST (arriba), SSF (centro) y SSV (abajo) a lo largo del Río Negro en las 4 campañas de monitoreo del año 2015. X2015 = promedio para el año 2015

Los valores obtenidos permiten determinar mayores concentraciones de sólidos disueltos en la estación RN1, produciéndose un descenso hasta la estación RN5, donde se “estabilizan” los valores en los límites de la técnica (posiblemente debido a la decantación en los embalses). Se percibe un pequeño pico secundario en la estación RN10 que es atribuido a la re suspensión.

3.2.2.5. Variables biológicas

3.2.2.5.1. Clorofila α

Los valores de clorofila en el río Negro durante 2015 mostraron un mínimo de 0.1 $\mu\text{g/l}$ – valor del LC de la técnica- en cuatro oportunidades: RN2 y RN13 en marzo y RN6 y RN15 en setiembre. El máximo, por su parte, se observó en dos oportunidades: RN3 y RN17 en diciembre, y fue de 13 $\mu\text{g/l}$. El promedio anual fue de 2.29 $\mu\text{g/l}$ (Anexo 3).

Las curvas de promedios indican un comportamiento diferente de la clorofila entre 2015 y 2014: en 2014 los máximos de clorofila se observaron en las estaciones RN5 y RN13, mientras que en 2015 estos máximos se observaron en las estaciones RN3, RN9, RN13 y RN17 (Fig. 53). Considerando que la estación RN3 es la cola del embalse de Rincón del Bonete, se puede inferir que durante 2015 los máximos se registraron en las estaciones de embalse y en la estación de la desembocadura. Otra notoria diferencia entre ambos años es la mayor concentración de clorofila calculada para 2015, que casi dobla a la de 2014 (1.3 $\mu\text{g/l}$ en 2014 y 2.29 $\mu\text{g/l}$ en 2015), hecho que puede estar revelando un proceso de eutrofización en la cuenca.

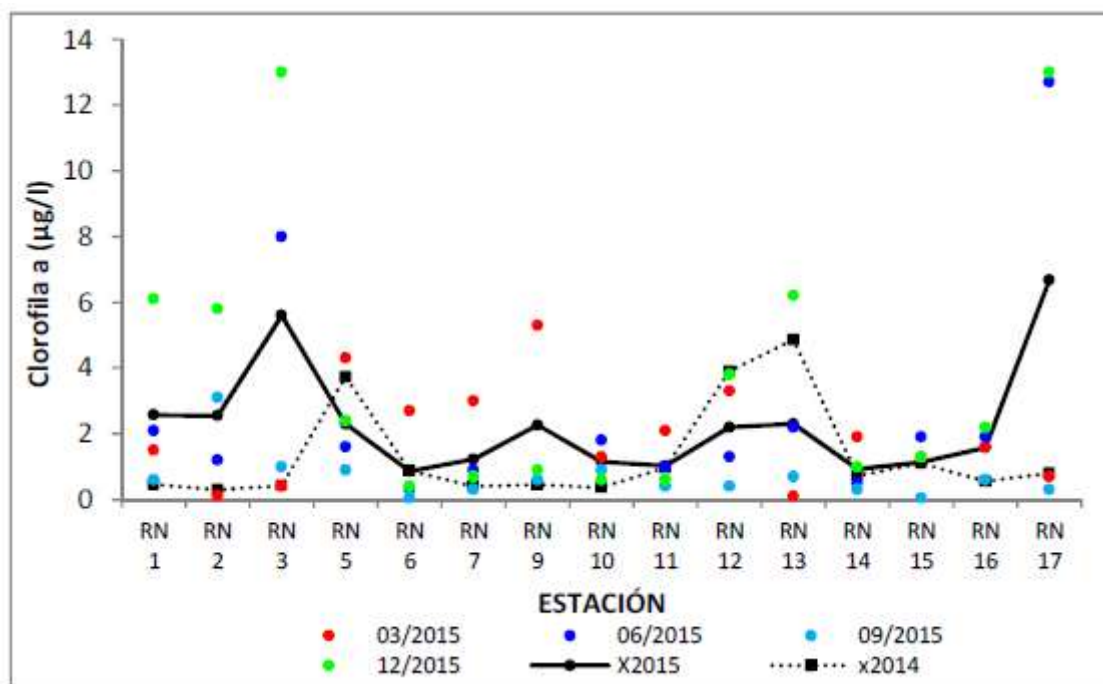


Fig. 53: Variación espacial y temporal de la clorofila α a lo largo del Río Negro en las 4 campañas de monitoreo del año 2015. X2014 = promedio de clorofila α para el año 2014. X2015 = promedio de clorofila α para el año 2015

La distribución espacial de la clorofila durante 2015 está caracterizada por mostrar las mayores concentraciones y el más amplio rango de variación en las estaciones RN3 y RN17, concentraciones y rangos de variación intermedios en las estaciones RN1, RN2, RN9 y RN13 y concentraciones bajas con rango de variación acotado en el resto de las estaciones (Fig. 54)

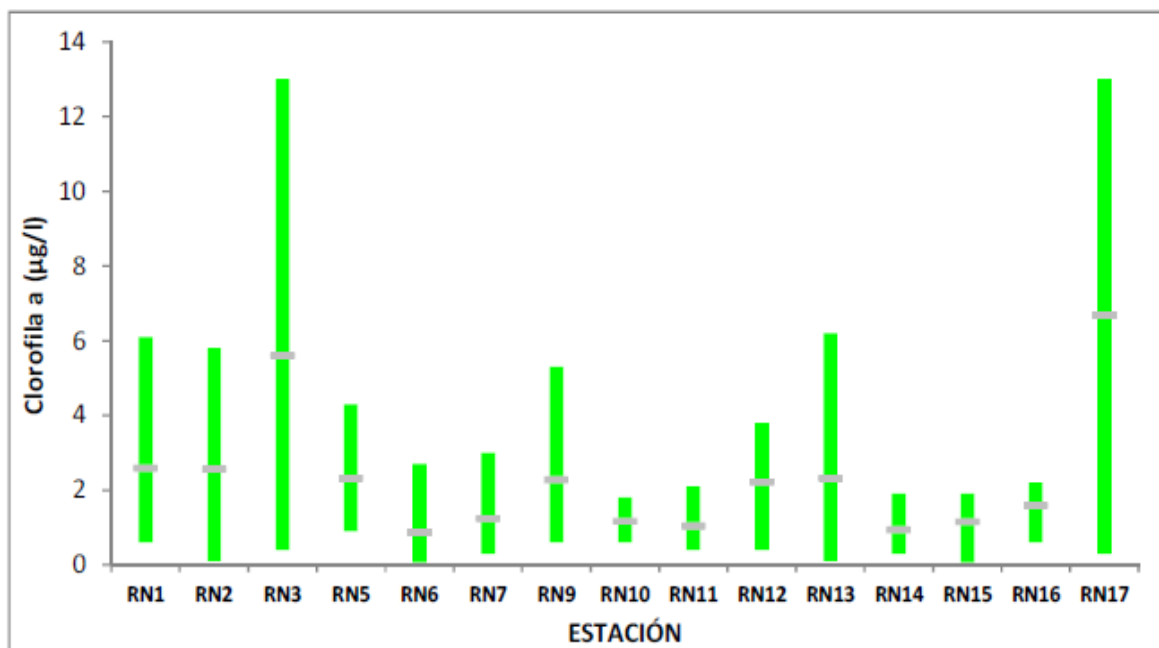


Fig. 54. Variación espacial de la clorofila a (rango y promedio) para los 4 muestreos realizados durante el año 2015

La variación temporal de la concentración de clorofila a muestra las mínimas concentraciones (con mínimo rango de variación) en setiembre y las máximas en diciembre (con el rango de variación más amplio) (Fig. 55).

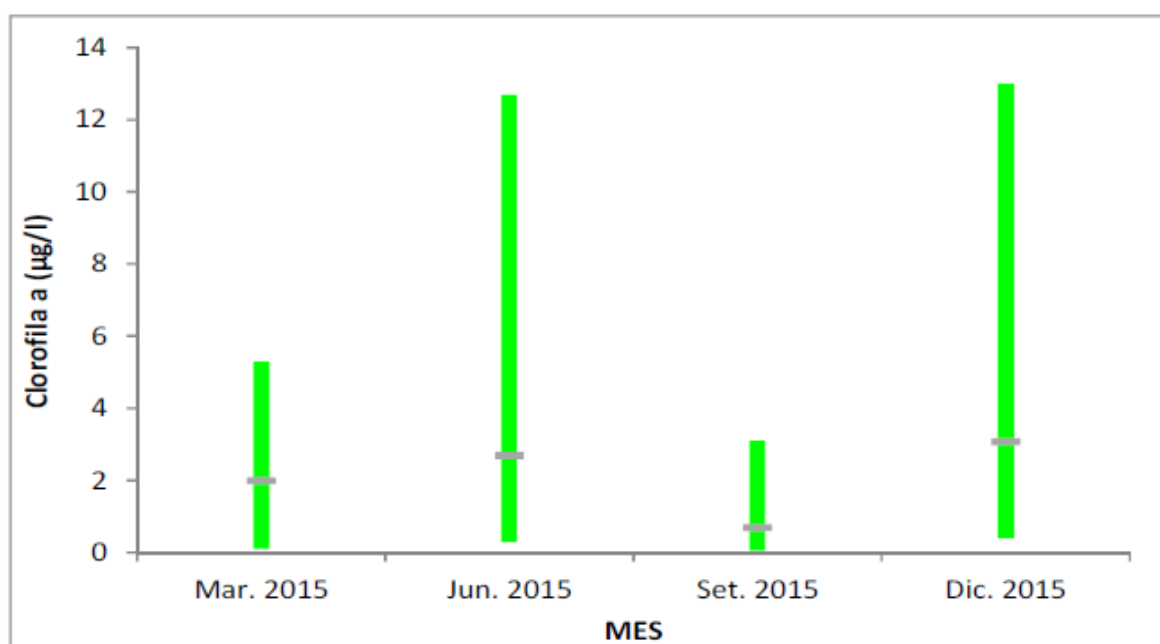


Fig. 55. Variación temporal del rango y promedio de la clorofila a en el Río Negro durante 2015

3.2.2.5.2. Feofitina

La concentración más baja de feofitina registrada en el río Negro durante 2015 fue de 0.1 $\mu\text{g/l}$ (LC de la técnica) en tres ocasiones: RN11 y RN12 en setiembre y RN7 en diciembre. El máximo fue de 21 $\mu\text{g/l}$ (RN11 en marzo) y el promedio anual de 3.75 $\mu\text{g/l}$ (Anexo 3).

La curva de promedios de feofitina de 2015 es similar a la de 2014. Se observan diferencias en los dos extremos de la cuenca (mayor concentración en 2015). Asimismo un pico de concentración que se observaba en la estación RN12 en 2014, en 2015 se percibe a partir de la estación RN11 (Fig. 56). Los promedios anuales calculados son de 3.75 $\mu\text{g/l}$ en 2015 y 2.62 $\mu\text{g/l}$ en 2014.

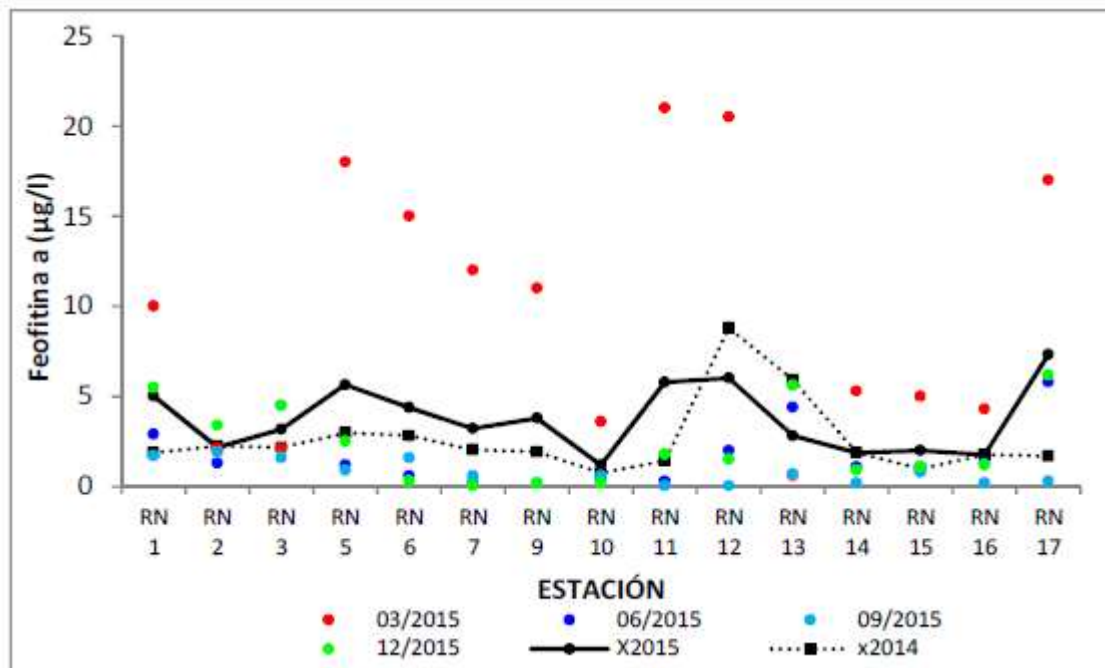


Fig. 56: Variación espacial y temporal de la feofitina α a lo largo del Río Negro en las 4 campañas de monitoreo del año 2015. X2014 = promedio de feofitina α para el año 2014. X2015 = promedio de feofitina α para el año 2015

La distribución espacial de la feofitina en el cauce del río Negro durante 2015 no presenta un patrón de variación definido. La distribución observada es en diente de sierra, que podría ser atribuido a concentraciones de feofitina que, con el tiempo de arrastre por el agua, continúan su degradación a feoforbidos y clorinas, los que no son detectados con esta técnica. De esta forma, se observan picos de feofitina en la estación RN1, otro en RN5, otro en RN11 y RN12 y otro en RN17. A partir de esos picos se observa la disminución de la concentración de teofilina, que puede ser explicada por la hipótesis precedente (Fig. 57).

La variación temporal de la feofitina durante 2015 marca un momento de máxima degradación de clorofila durante marzo y estabilidad en el resto del año (Fig. 58).

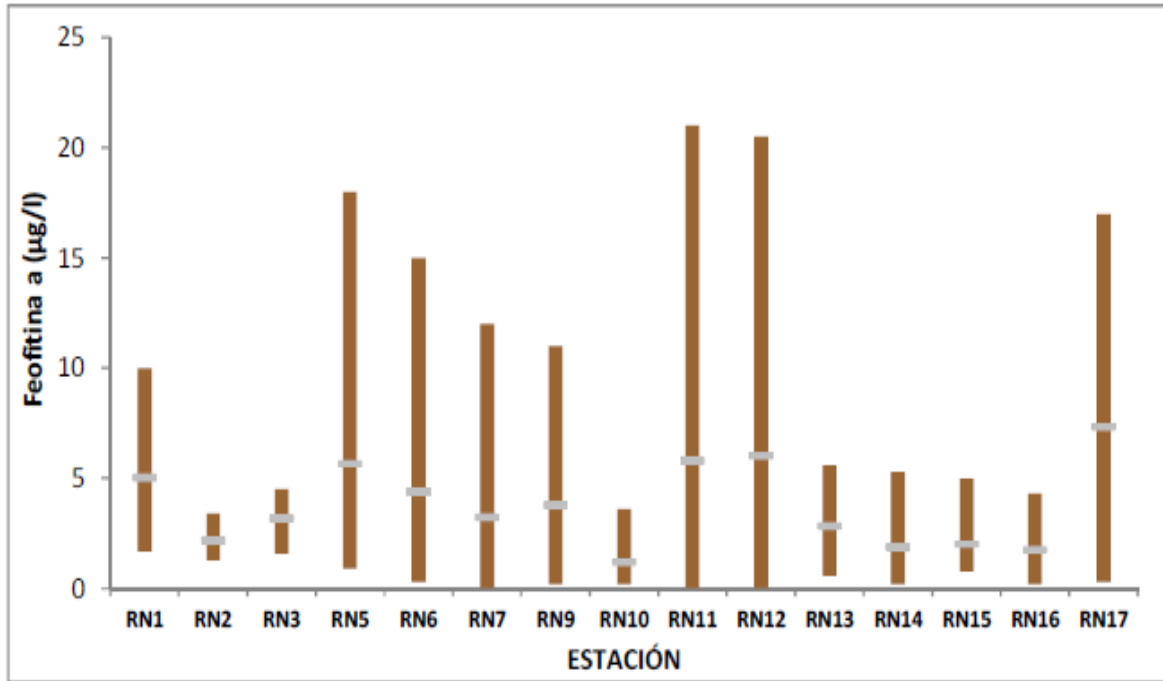


Fig. 57. Variación espacial de la feofitina *a* (rango y promedio) para los 4 muestreos realizados durante el año 2015

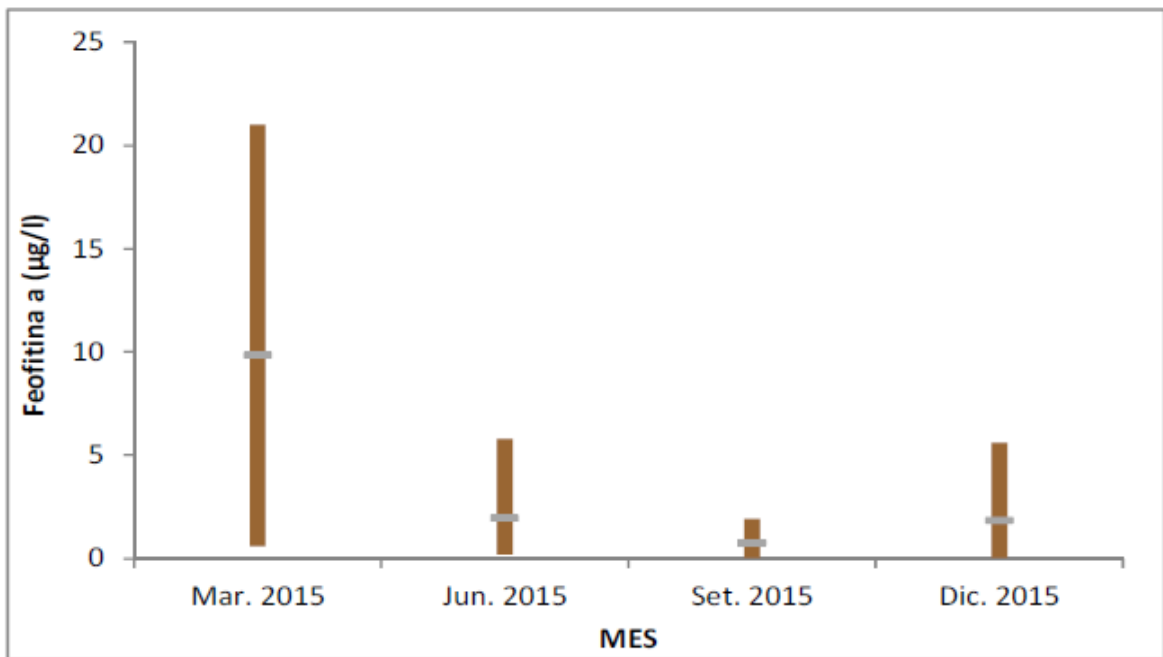


Fig. 58. Variación temporal del rango y promedio de la feofitina *a* en el Río Negro durante 2015

Para conocer el estado fisiológico de la población algal en el momento del muestreo, se calcula la relación entre clorofila *a* y feofitina *a*. 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 la Tabla III se desprende entonces que –en promedio- la producción algal fue mayor en diciembre y setiembre y que se sustentó mayormente en las estaciones de la cuenca media, entre la RN7 (la más productiva) y RN12

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

	min	prom	max
RN1	0,15	0,58	1,11
RN2	0,05	1,08	1,71
RN3	0,19	1,37	2,89
RN5	0,24	0,88	1,33
RN6	0,03	0,51	1,33
RN7	0,25	4,81	14,00
RN9	0,48	2,66	4,50
RN10	0,36	2,34	4,50
RN11	0,10	2,94	8,00
RN12	0,16	2,84	8,00
RN13	0,17	0,69	1,11
RN14	0,36	0,86	1,50
RN15	0,06	0,81	1,73
RN16	0,37	1,67	3,00
RN17	0,04	1,33	2,19
Marzo	0,04	0,22	0,48
Junio	0,45	1,76	4,50
Setiembre	0,03	2,08	8,00
Diciembre	0,33	2,65	14,00

3.2.2.5.3. Coliformes termotolerantes (Ct)

Las abundancias de Coliformes Termotolerantes son bajas en todo el periodo de estudio. El mínimo registrado fue de 1 UFC/100ml en tres oportunidades (estaciones RN11 y RN12 en marzo y estación RN12 en diciembre), mientras que el máximo fue de 570 UFC/100ml en la estación RN2 en setiembre (Anexo 2).

Las densidades de Ct en 2015 y 2014 muestran perfiles similares de promedios, con variaciones acentuadas en 2014. A excepción de un pico en RN3 en 2014, que no coincide con un aumento en 2015, el resto de las estaciones muestra fluctuaciones similares en ambos años. Las mayores amplitudes de variación observadas en 2014 marcan la diferencia de promedios, que son de 322 UFC/100 ml en 2014 y 62 UFC/100 ml en 2015 (Fig. 59).

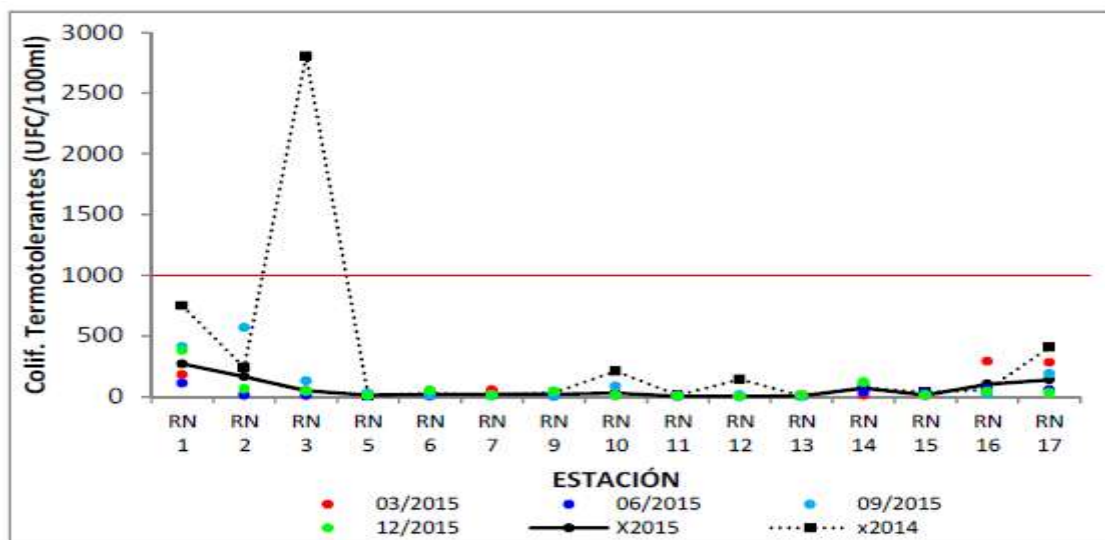


Fig. 59: Variación espacial y temporal de los Coliformes Termotolerantes a lo largo del Río Negro en las 4 campañas de monitoreo del año 2015. X2014 = promedio de Coliformes Termotolerantes para el año 2014. X2015 = promedio de Coliformes Termotolerantes para el año 2015. La línea roja marca el estándar fijado en el artículo 253

La distribución espacial de las densidades de Ct en el río Negro durante 2015 muestra los mayores valores y rango de variación en los dos extremos de la cuenca. En las estaciones más cercanas a las nacientes estos valores son los mayores observados, mientras que los valores en las estaciones RN5 a RN15 son siempre inferiores a 100 UFC/100 ml (Fig. 60).

La variación temporal de las densidades de Ct durante 2015 mostraron las máximas abundancias y el mayor rango de variación durante el mes de setiembre (Fig. 61). Si bien las variaciones espaciales y temporales de las abundancias de Ct son amplias, estas se encuentran, durante todo el ciclo, muy por debajo del estándar marcado en el decreto 253 (media geométrica de 5 muestras \leq 1000 UFC/100 ml).

Los valores de Ct en el río Negro no alcanzan los límites de riesgo, pero de todas formas llaman la atención las más altas abundancias de Ct en la parte alta de la cuenca.

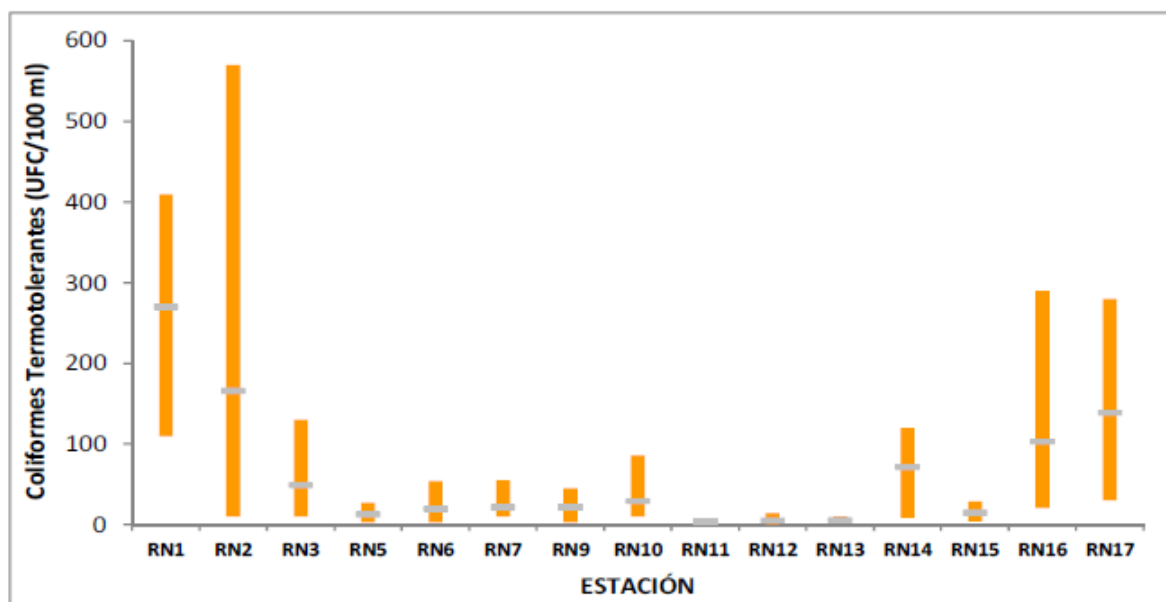


Fig. 60. Variación espacial de los Coliformes Termotolerantes (rango y promedio) para los 4 muestreos realizados durante el año 2015

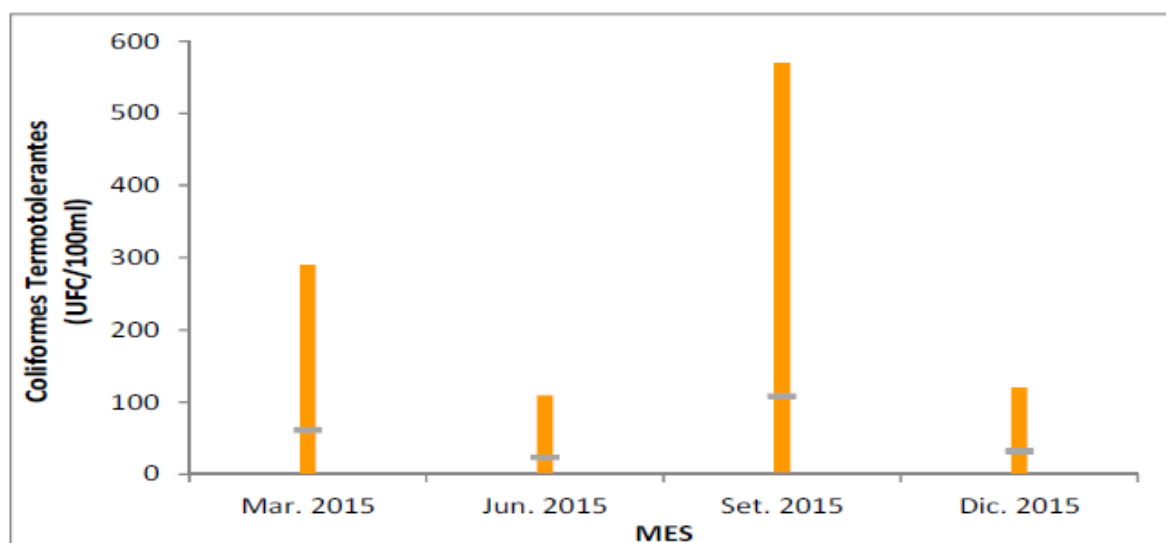


Fig. 61. Variación temporal del rango y promedio de los Coliformes Termotolerantes en el Río Negro durante 2015

3.2.2.6. DBO5

Sólo el 33% de las muestras de DBO5 analizadas (24/72) superaron el LC de la técnica utilizada. El mínimo valor fue de 0.42 mg/l (RN10 en diciembre) –valor correspondiente al LD de la técnica-, y el máximo de 5.10 mg/l (RN17 en junio), con un promedio anual de 1.23 mg/l (Anexo 2).

La distribución espacial de la DBO5 en el río Negro muestra que -a excepción de la estación RN5- es similar en 2015 y 2014. Con variaciones acentuadas en 2014, el perfil de las curvas es similar en ambos años (Fig. 62) y los promedios calculados, de 1.48 mg/l en 2014 y 1.23 mg/l en 2015.

Se observan los promedios más altos y rangos de variación más amplios en las dos estaciones extremas.

La variación temporal se caracteriza por promedios similares en las cuatro fechas de muestreo, pero con un rango de variación más amplio en los meses fríos.

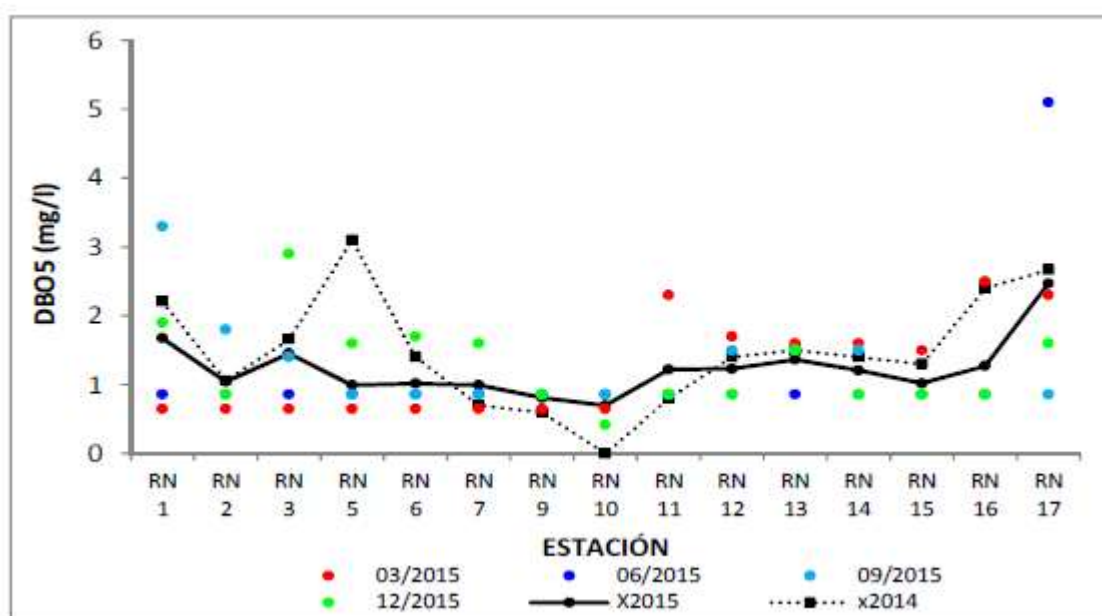


Fig. 62: Variación espacial y temporal de la DBO5 a lo largo del Río Negro en las 4 campañas de monitoreo del año 2015. X2014 = promedio de DBO5 para el año 2014. X2015 = promedio de DBO5 para el año 2015

3.2.2.7. Sustancias fenólicas

El 52% (37/72) de los valores observados fueron inferiores al LC de la técnica utilizada. El mínimo valor registrado fue 0.5 µg/l, que equivale al LD de la técnica y se observó en 23 oportunidades, mientras que el máximo fue de 9.6 µg/l (RN17 en setiembre), con un promedio de 1.65 µg/l (Anexo 3).

En 2015 se produce un descenso de la concentración de fenoles, con respecto a 2014. En la cuenca alta se observan concentraciones hasta 5 veces inferiores a las observadas en 2014 (Fig. 63). Durante 2014 se apreciaba una tendencia al descenso de las concentraciones desde las nacientes hacia la desembocadura. Este patrón se mantiene, aunque la diferencia es menos notoria.

La legislación uruguaya establece un valor límite de concentración de sustancias fenólicas de 0,2 mg/l como C6H5OH, por lo cual los niveles encontrados en el río Negro fueron significativamente inferiores, cumpliendo con el estándar de calidad para aguas naturales.

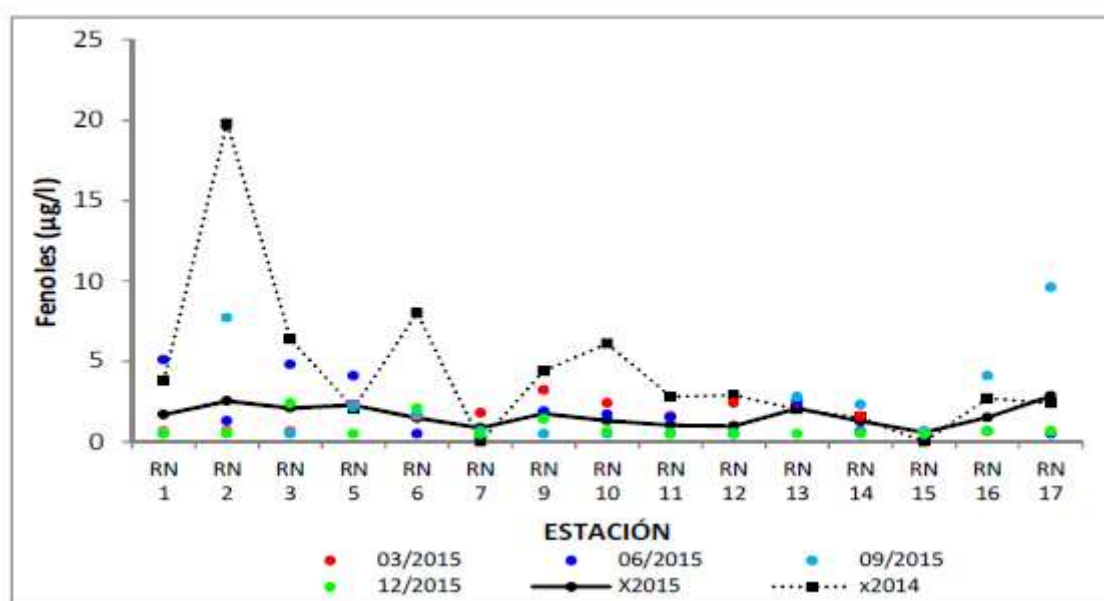


Fig. 63: Variación espacial y temporal de los fenoles a lo largo del Río Negro en las 4 campañas de monitoreo del año 2015. X2014 = promedio de fenoles para el año 2014. X2015 = promedio de fenoles para el año 2015

3.2.2.8. AOX

De las 72 muestras de AOX (haluros orgánicos adsorbibles) analizadas durante 2015 sólo una de ellas arrojó un resultado cuantificable, estando todas las restantes por debajo de los límites de la técnica analítica. El único registro de AOX fue de 0.017 mg/l (estación RN13 en setiembre en una muestra de agua de fondo).

Considerando que el máximo valor registrado durante 2014 fue de 0.018 mg/l podemos concluir que los AOX se mantienen dentro del mismo rango de valores observados precedentemente.

Si bien el decreto 253 no contempla los AOX (a pesar de que indican contaminación química sintética), esta falta se recoge en el borrador de trabajo GESTA-Agua, que propone un valor guía de 60 µg/l. Los valores observados a lo largo de este monitoreo muestran que los niveles de AOX en el río Negro están muy por debajo de ese límite.

3.2.2.9. Cianuro y Arsénico

Para ambas variables, todas las muestras analizadas arrojaron resultados por debajo del límite de detección de la técnica utilizada (Anexo 4). En el caso del arsénico este límite de detección equivale a la mitad del estándar, por lo cual, no presenta riesgos de contaminación. El cianuro tiene un límite de detección equivalente al estándar fijado en el decreto 253. Esta característica implica que en las muestras que se detecte, ya se estaría superando el estándar, por lo cual deja pocas posibilidades de reacción ante su aparición. Mejorar la respuesta de la técnica, reduciendo el LD sería una solución óptima para el caso.

3.2.2.10. Metales pesados

3.2.2.10.1. Cd, Hg, Ni, Pb, Cr

Ninguna de estas cinco variables fue observada por encima del límite de cuantificación de la técnica a lo largo del 2015 (Anexo 4).

A pesar de esto, como se desprende de la Tabla IV, los límites de la técnica para estos elementos son iguales, o incluso superiores, al estándar del decreto 253. Se hace necesario ajustar la técnica para reducir los límites de la misma.

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

Metal	LD mg/l	LC mg/l	Estandar mg/l
Cd	0,0007	0,002	0,001
Hg	0,0002	0,0005	0,0002
Ni	0,006	0,02	0,02
Pb	0,0009	0,04	0,03

El cromo tampoco supera el LC de la técnica en ninguna oportunidad. En este caso, la técnica está más ajustada y el LC (0.01 mg/l) está por debajo del estándar (0.05 mg/l).

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 0.13 mg/l en dos ocasiones (RN5 y RN7 en junio, valor determinado por el LC de la técnica) y un máximo de 2.5 mg/l (RN1 en setiembre), con un promedio de 0.88 mg/l (Anexo 4).

Las curvas de promedios no revelan diferencias en la distribución del hierro entre 2015 y 2014 (Fig. 64), lo mismo que los promedios calculados (0.88 mg/l y 0.91mg/l respectivamente).

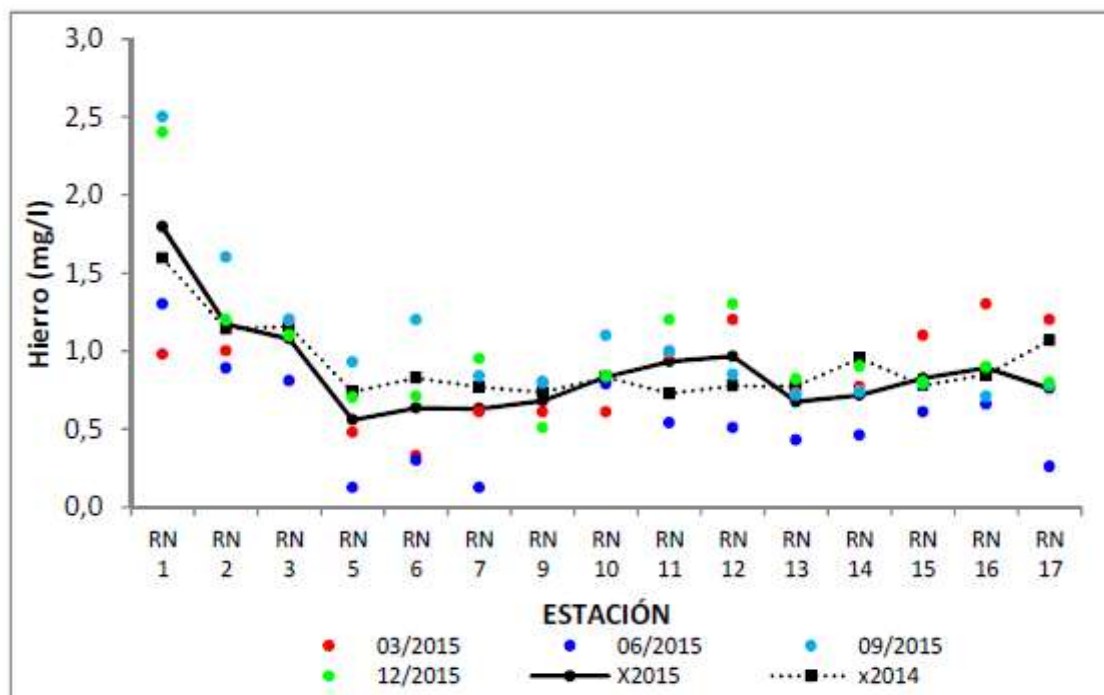


Fig. 64: Variación espacial y temporal del hierro a lo largo del Río Negro en las 4 campañas de monitoreo del año 2015. X2014 = promedio de hierro para el año 2014. X2015 = promedio de hierro para el año 2015

La distribución espacial del hierro está marcada por la tendencia a un descenso en la concentración desde la cabecera hacia la desembocadura (Fig. 65). Las máximas concentraciones se observan en la estación RN1 y desde ahí se produce un fuerte descenso hasta la estación RN5, donde se observan las mínimas. 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 de compuestos de hierro y fósforo.

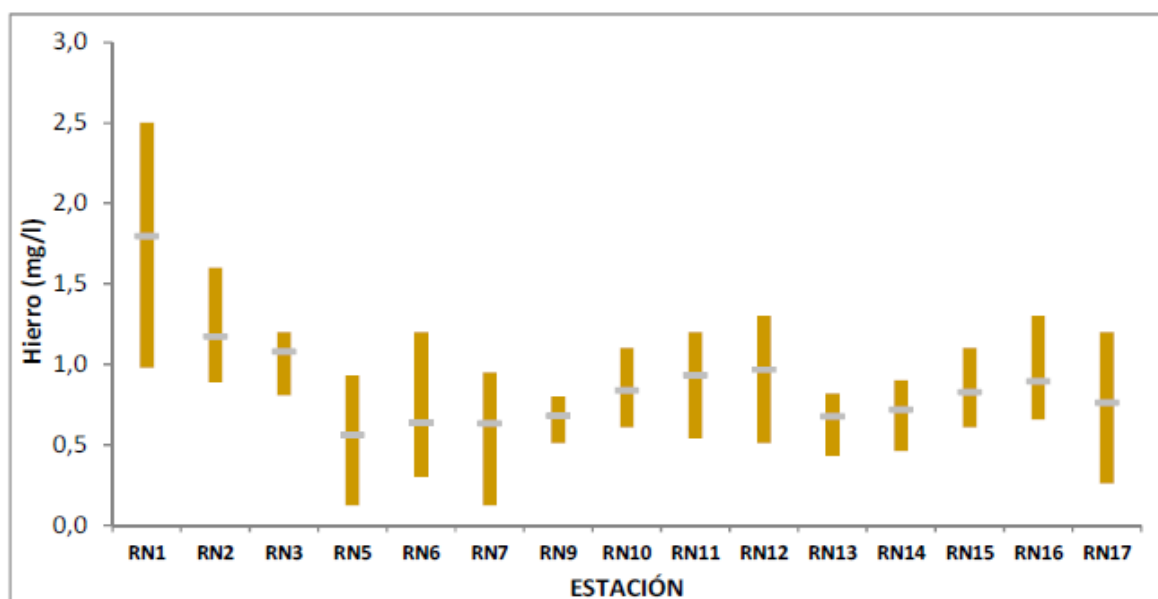


Fig. 65. Variación espacial del hierro (rango y promedio) para los 4 muestreos realizados durante el año 2015

La variación temporal del hierro en el río Negro no muestra grandes diferencias a nivel de concentraciones promedio en las diferentes fechas. Solo se observa un mayor rango de variación en el mes de setiembre.

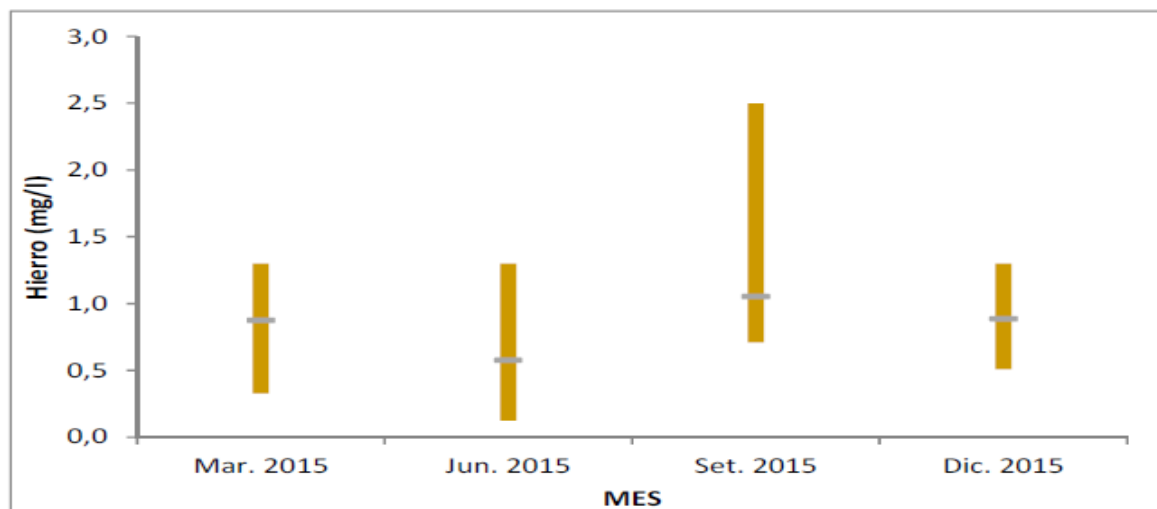


Fig. 66. Variación temporal del rango y promedio del hierro en el Río Negro durante 2015

3.2.2.10.3. Zn

Las concentraciones de zinc presentaron un mínimo de 0.015 mg/l (que corresponde con los límites de la técnica) en 18 oportunidades, mientras que el máximo fue de 0.029 mg/l (RN17 en junio) y el promedio anual de 0.012 mg/l (Anexo 4).

Las curvas de promedios del año 2015 con respecto al año 2014 muestran estabilidad en la distribución del zinc en el curso del río, lo que se corrobora con los promedios calculados, de 0.012 mg/l en 2015 y 0.011 mg/l en 2014 (Fig. 67).

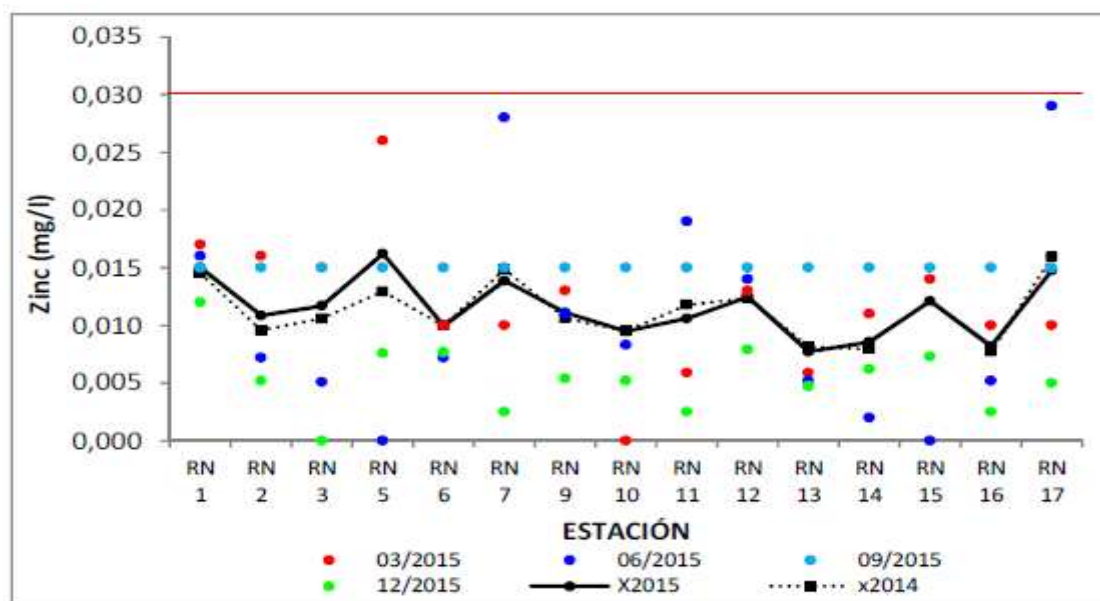


Fig. 67: Variación espacial y temporal del zinc a lo largo del Río Negro en las 4 campañas de monitoreo del año 2015. X2014 = promedio de zinc para el año 2014. X2015 = promedio de zinc para el año 2015. La línea roja marca el estándar fijado en el artículo 253

La distribución espacial del zinc en el curso del río Negro no presenta un patrón definido. Si, se puede inferir que las mayores concentraciones y rango de variación se encuentran en las estaciones RN1, RN5, RN7 y RN17 (Fig. 68). Esta distribución se confirma con los datos de 2014, que muestran una curva muy similar.

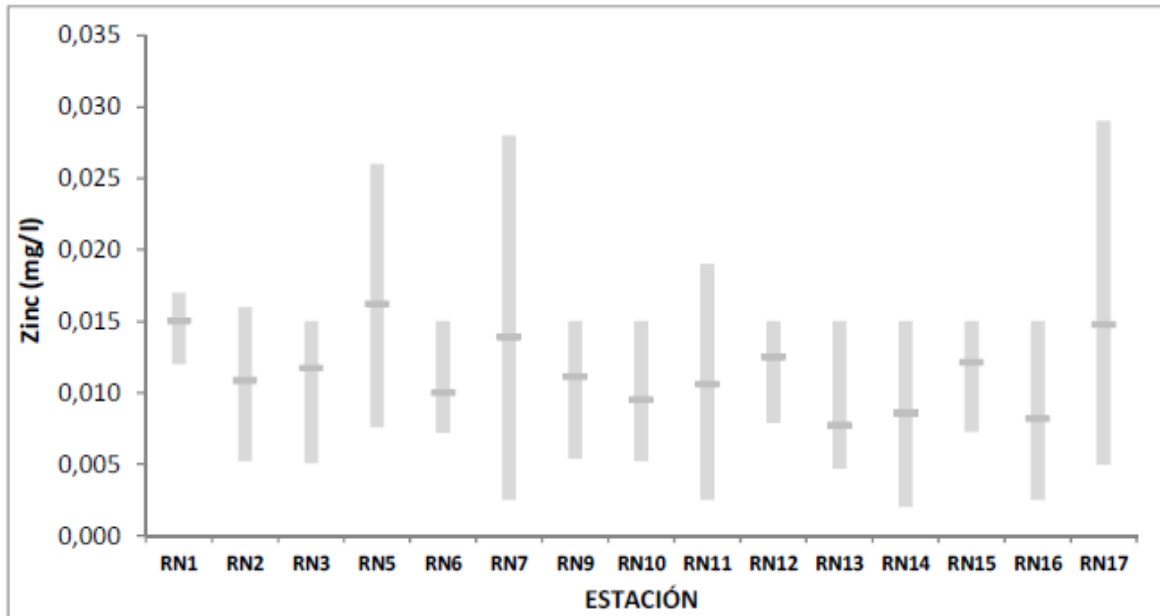


Fig. 68. Variación espacial del zinc (rango y promedio) para los 4 muestreos realizados durante el año 2015

La variación temporal del zinc en el río Negro no tiene un patrón definido. Los promedios son similares en tres de las cuatro campañas, y sólo en el mes de diciembre este promedio es inferior (aproximadamente la mitad).

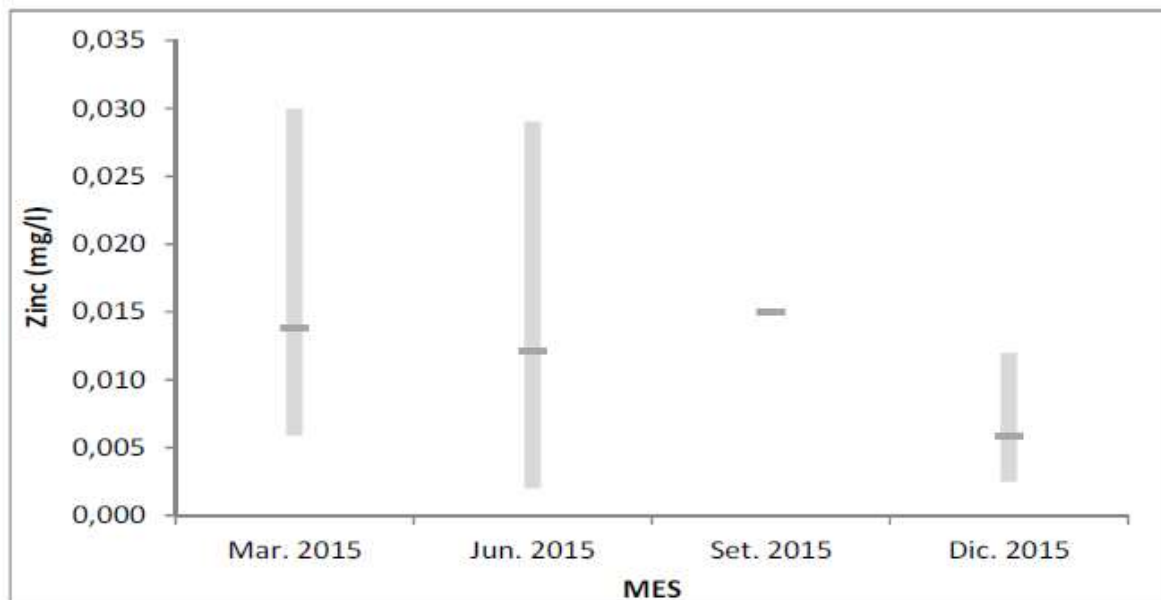


Fig. 69. Variación temporal del rango y promedio del zinc en el Río Negro durante 2015

Si bien en tres oportunidades los valores registrados se acercan al estándar fijado en el decreto 253, todos los valores observados son inferiores a este.

El zinc es una de las variables que presenta más complicaciones para analizar los resultados de la técnica. Los límites varían mucho de una lectura a otra (hasta 10 veces), lo que complica la estandarización de los datos. Los límites de la metodología son calculados con muestras reales pero no todas las muestras tienen el mismo comportamiento, por lo tanto, a veces para algunas no se pueden confirmar los límites de la metodología. En esos casos, lo que sí se puede afirmar es que el valor es menor que el estándar de calidad del decreto 253. De ahí que en el Anexo 4 aparezcan varios valores “<0.03” (valor del estándar; bastante más altos que los límites esperados).

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, p.p' DDE, p.p' DDT, Lindano y Metoxiclor (Anexo 5).

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 4/20 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.

3.2.3. Índices 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

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 en el exterior.

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 Suspendedos 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 6). Solo la estación RN1 presenta un valor de calidad regular. También se resalta el valor de la estación RN2, muy cercano al límite de categoría. Podemos entonces considerar que en la entrada del río al Uruguay, la calidad del agua es regular y que la misma se recupera a partir del embalse de Rincón del Bonete (Fig. 70).

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	

RN1	RN2	RN3	RN5	RN6	RN7	RN9	RN10	RN11	RN12	RN13	RN14	RN15	RN16	RN17
72	76	89	88	89	87	86	86	83	81	83	83	84	82	84

Fig. 70: Resultado de la aplicación del ICA-SL en las estaciones de monitoreo del río Negro en 2015

3.2.3.2. Índice de Estado Trófico (IET)

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, contaminación 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 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 VII.

Tabla VII: Valoración del estado trófico de ríos a partir del IET, elaborado según los valores de fósforo total, clorofila *a* o transparencia del agua

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

La aplicación del IET para las estaciones del río Negro durante 2015 muestra estabilidad del estado trófico a lo largo del curso principal del río (Anexo 7). Todo el cauce se caracteriza por encontrarse en estado eutrófico. Se destacan, de todas formas 5 estaciones (RN6, RN7, RN9, RN11 y RN15) que se encuentran en el límite de la categoría, por lo cual pueden considerarse con una eutrofia leve, cercana a la mesotrofia. En el extremo opuesto, la estación RN1, si bien también presenta un índice de eutrofia, el índice se acerca al cambio hacia un estado Supereutrófico (Fig. 71).

RN1	RN2	RN3	RN5	RN6	RN7	RN9	RN10	RN11	RN12	RN13	RN14	RN15	RN16	RN17
62	60	60	60	59	59	59	60	59	60	60	60	59	60	60

Fig. 71: Resultado de la aplicación del IET en las estaciones de monitoreo del río Negro en 2015

4. SINTESIS

Los datos registrados durante el año 2015 en el río Negro no inducen a considerar un empobrecimiento 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 ningún caso se observa un aumento del promedio de concentración en 2015.

En el caso del Fosforo Total se observa un descenso de concentración promedio anual de 30 µg/l. Si bien en las concentraciones observadas ese valor no representaría un cambio significativo, el mismo es mayor que el actual estándar del decreto 253.

Se aplicó un índice de calidad de aguas (ICA-SL) 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 solo en la estación RN1. El estado trófico, según el IET muestra uniformidad en todo el curso del río, mostrando que el río Negro se encuentra en estado eutrófico.

5. BIBLIOGRAFIA

- Cervetto, G. & G. Balero, 2014. Plan de monitoreo del río Negro. Informe de datos de calidad de agua superficial y fondo y de sedimentos. 2009 – 2013. Inf. Int. : 1-132 pp
- Cervetto, G. & G. Balero, 2015. Plan de monitoreo del río 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 1. 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	COND. µS/cm	TEM. °C	OD mg/L	SatO2 %	pH sin unid	TRANSP, cm
MARZO	RN1	126,1	25,9	7,82	95,1	7,49	46,00
	RN2	94,8	29,7	6,46	83,4	7,23	50,00
	RN3	105,6	29,6	7,87	103,2	7,93	100,00
	RN5	79,2	26,4	8,07	100,2	7,79	105,00
	RN5F	79,3	26,5	8,00	99,6	8,19	
	RN6	79,0	26,5	8,15	101,5	7,91	100,00
	RN7	79,4	26,2	7,60	94,2	7,81	116,00
	RN9	81,1	25,9	7,42	91,3	7,44	60,00
	RN9F	81,9	26,1	7,38	91,2	7,76	
	RN10	82,9	26,5	7,90	97,9	7,82	100,00
	RN11	84,7	24,0	7,32	86,9	6,81	73,00
	RN12	110,4	23,8	7,57	89,1	7,16	80,00
	RN13	91,2	23,9	7,19	85,3	6,55	90,00
	RN13F	93,7	21,5	7,58	87,0	6,66	
	RN14	92,8	24,1	7,21	85,4	6,65	100,00
	RN15	95,9	23,0	7,87	91,4	7,54	100,00
	RN16	96,4	23,0	7,52	87,5	7,27	85,00
RN17	101,9	22,8	7,82	91,0	7,25	110,00	
JUNIO	RN1	137,4	13,1	8,81	93,8	7,37	
	RN2	131,8	16,8	9,20	97,4	7,96	
	RN3	101,9	20,0	12,05	133,0	8,62	
	RN5	71,2	17,0	9,07	94,1	7,34	1,34
	RN5F	71,6	17,2	8,98	93,3	7,48	
	RN6	72,7	17,0	8,82	91,5	7,23	1,34
	RN7	78,1	17,0	8,81	91,3	7,07	2,10
	RN9	76,3	17,1	8,94	92,9	7,76	0,86
	RN9F	77,7	17,4	8,94	93,2	7,81	
	RN10	80,5	18,2	9,35	100,6	8,12	
	RN11	80,8	17,2	9,26	96,4	7,72	1,10
	RN12	95,6	17,1	9,25	95,9	7,41	0,80
	RN13	81,9	17,7	9,24	97,0	7,21	0,96
	RN13F	81,9	17,6	9,56	99,5	7,29	
	RN14	82,4	17,9	9,43	99,4	7,42	
	RN15	87,6	16,7	9,90	100,9	7,12	0,95
	RN16	93,7	16,8	9,66	99,1	7,18	1,00
RN17	198,4	16,9	9,16	95,2	7,79	0,90	
SETIEMBRE	RN1	87,9	16,6	7,88	80,5	6,09	15
	RN2	68,9	16,4	6,98	71,1	6,82	30
	RN3	63,9	17	9,1	94,9	6,85	80
	RN5	90,8	15,4	9,77	97,9	6,84	100
	RN5F	91,3	15,3	9,91	98,7	6,9	
	RN6	91,2	15,5	9,77	98,3	7,12	
	RN7	91,1	15,5	10,72	107,3	6,95	140
	RN9	91,9	15,5	9,93	99,3	6,68	120
	RN9F	93,7	15,4	9,94	99,6	7,06	
	RN10	92,9	16,2	10,2	100,4	7,31	
	RN11	85,2	16,1	9,05	97,3	7,85	75
	RN12	149,8	16,6	8,62	89	7,78	75
	RN13	84,5	16,1	8,59	87,5	7,53	85
	RN13F	84,9	15,8	8,57	86,5	8,16	
	RN14	84,3	15,9	8,4	87,5	7,99	
	RN15	94,9	15,2	9,17	90,7	7,92	75
	RN16	94,1	15,2	8,86	87,8	8,04	80
RN17	93,3	15,5	8,69	87,6	8,08	68	
DICIEMBRE	RN1	91,4	22,5	7,27	84,1	7,02	
	RN2	84,6	24,2	6,68	79,7	7,13	80
	RN3	67,1	23,4	9,41	111,4	7,22	
	RN5	69,4	23	8,61	100,2	7,46	85
	RN5F	69,9	23,1	8,34	97,7	7,44	
	RN6	69,8	22,3	8,34	95,5	7,54	90
	RN7	68,8	21,7	8,15	92,8	7,41	90
	RN9	70,3	22	8,47	96,8	7,37	80
	RN9F	72,6	22,9	8,21	95,2	7,65	
	RN10	73,2	23,2	8,46	100,5	7,52	85
	RN11	76,9	22,6	7,7	90,8	7,05	100
	RN12	103,3	23,5	7,87	94	7,31	100
	RN13	81,8	24,6	8,73	105	7,66	90
	RN13F	82,9	23,9	8,14	96,5	7,63	
	RN14	79,4	22,9	7,78	91	7,22	
	RN15	89,3	24,2	7,6	95,5	7,2	100
	RN16	99,1	24	7,75	92,7	7,24	100
RN17	103,7	25,6	8,66	106,5	7,59	52	

Anexo 2. Registros de diferentes variables en las estaciones muestreadas en cada fecha de monitoreo

FECHA	ESTACIÓN	Coli. Termo.	DBO5	AlcT	Ca	Mg	Na	K	NO3	NO2	NAmoñiacal	NH3	NT	PO4	PT	RAS
		ufc/100ml	mg O2/L	mg CaCO3/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg NO3-N/L	µg NO2-N/L	mg NH4-N/L	µg NH3-N/L	mg N/L	µg PO4-P/L	mg P/L
MARZO	RN1	180	0,9	49,0	13,0	3,50	10,0	3,1	0,17	1,2	0,055	1,076	0,78	100	147	0,635
	RN2	18	1,7	37,0	9,7	3,10	5,2	2,2	0,16	3,5	0,018	0,257	0,74	51	102	0,372
	RN3	5	0,9	43,0	11,0	3,60	6,3	2,0	0,18	8,2	0,007	0,437	0,73	72	104	0,421
	RN5	5	0,9	37,0	9,3	2,80	4,3	1,8	0,02	1,2	0,007	0,175	0,53	34	136	0,317
	RN5F		0,9	37,0	9,1	2,80	4,3	1,8	0,02	1,2	0,00	0,417	0,43	34	55	0,320
	RN6	5	0,9	36,0	9,1	2,80	4,3	1,9	0,02	1,2	0,015	0,780	0,46	32	67	0,320
	RN7	55	0,9	36,0	8,8	2,80	4,2	1,8	0,02	1,2	0,019	0,777	0,45	32	43	0,316
	RN9	27	0,9	36,0	9,4	2,90	4,3	1,9	0,02	3,5	0,081	1,416	0,46	33	62	0,314
	RN9F		0,9	36,0	9,8	3,00	4,4	1,9	0,02	3,5	0,017	0,618	0,53	35	110	0,315
	RN10	5	0,9	36,0	9,7	3,00	4,3	1,9	0,02	3,5	0,022	0,939	0,50	51	123	0,309
	RN11	1	2,3	41,0	9,2	2,80	4,2	1,2	0,03	1,2	0,029	0,105	0,50	41	84	0,311
	RN12	1	1,7	53,0	12,0	3,40	6,8	1,4	0,11	3,5	0,030	0,237	0,56	71	103	0,446
	RN13	5	1,6	41,0	11,0	3,20	5,3	2,0	0,06	1,2	0,015	0,030	0,42	64	130	0,362
	RN13F		2,6	41,0	11,0	3,20	5,3	2,0	0,07	1,2	0,019	0,040	0,41	69	111	0,362
	RN14	9	1,6	42,0	11,0	3,20	5,2	2,0	0,07	1,2	0,029	0,073	0,42	72	122	0,355
	RN15	4	1,5	44,0	12,0	2,80	5,3	2,2	0,11	3,5	0,007	0,133	0,50	66	79	0,358
	RN16	290	2,5	44,0	13,0	4,00	5,6	2,3	0,12	3,5	0,016	0,153	0,50	82	88	0,348
RN17	280	2,3	46,0	18,0	3,00	6,1	2,5	0,09	3,5	0,007	0,131	0,42	65	112	0,351	
JUNIO	RN1	110	0,86	57	15,0	3,7	15,0	5,1	1,200	14,0	0,004	0,056	1,90	99	180	0,899
	RN2	10	0,86	56	14,0	4,2	7,6	3,0	0,400	7,0	0,0480	1,367	0,90	70	120	0,457
	RN3	10	0,86	50	12,0	3,4	6,7	2,7	0,250	2,9	0,009	2,202	0,70	72	110	0,440
	RN5	3	0,86	38	7,5	2,3	4,0	1,4	0,068	1,2	0,004	0,071	0,41	44	79	0,328
	RN5F		0,86	37	8,2	2,4	4,1	1,5	0,099	1,2	0,009	0,149	0,42	46	78	0,324
	RN6	3	0,86	37	8,8	2,9	4,3	1,4	0,074	1,2	0,0320	0,176	0,47	48	78	0,321
	RN7	10	0,86	41	8,0	2,3	3,9	1,8	0,088	1,2	0,0250	0,096	0,52	51	81	0,313
	RN9	3	0,86	41	7,9	2,1	4,8	2,3	0,190	3,5	0,009	0,279	0,59	52	76	0,392
	RN9F		0,86	41	7,9	2,2	5,5	3,1	0,180	1,2	0,009	0,319	0,54	50	84	0,446
	RN10	10	0,86	42	7,9	2,2	4,7	2,1	0,170	3,5	0,009	0,677	0,59	51	67	0,381
	RN11	3	0,86	43	9,3	2,4	5,1	1,4	0,180	3,5	0,004	0,171	0,57	56	77	0,386
	RN12	3	0,86	50	11,0	2,8	6,5	1,4	0,210	1,2	0,009	0,126	0,58	51	87	0,453
	RN13	2	0,86	43	9,4	2,1	4,4	1,3	0,075	1,2	0,004	0,056	0,39	52	83	0,338
	RN13F		0,86	43	9,6	2,2	4,6	1,4	0,030	1,2	0,009	0,099	0,37	51	75	0,348
	RN14	35	0,86	44	10,0	2,4	4,9	1,5	0,086	1,2	0,004	0,091	0,44	58	73	0,361
	RN15	29	0,86	48	11,0	2,3	4,6	1,3	0,120	1,2	0,009	0,063	0,48	53	93	0,329
	RN16	59	0,86	51	12,0	2,3	5,1	1,3	0,120	1,2	0,009	0,073	0,48	60	93	0,353
RN17	55	5,10	110	28,0	4,3	12	1,9	0,230	6,0	0,0350	0,685	1,23	63	96	0,558	
SEPTIEMBRE	RN1	410	3,30	34	8,2	2,2	5,8	2,5	0,180	3,0000	0,0440	0,017	1,50	62	120	0,464
	RN2	570	1,80	27	6,3	2	3,8	1,9	0,053	1,5000	0,0290	0,060	0,88	40	93	0,338
	RN3	130	1,40	24	5,8	1,9	3,2	1,8	0,073	1,5000	0,0290	0,067	0,74	33	76	0,295
	RN5	27	0,86	37	8,9	2,6	2,6	2,6	0,180	1,5000	0,0220	0,044	0,73	90	91	0,197
	RN5F		0,86	36	8,9	2,6	8,9	2,6	0,180	1,5000	0,0210	0,047	0,76	59	89	0,675
	RN6	10	0,86	36	9,2	2,7	9,2	2,7	0,190	1,5000	0,0230	0,088	0,80	69	93	0,685
	RN7	10	0,86	36	8,8	2,6	4,9	1,8	0,190	1,5000	0,0160	0,041	0,72	62	88	0,373
	RN9	10	0,86	37	9,1	2,7	4,9	1,7	0,180	3,0000	0,0300	0,042	0,69	60	86	0,366
	RN9F		0,86	37	9,2	2,7	5	1,7	0,180	3,0000	0,0140	0,046	0,70	61	85	0,373
	RN10	86	0,86	37	9,6	2,9	5,3	1,8	0,170	3,0000	0,0087	0,054	0,77	56	130	0,385
	RN11	7	0,86	40	8,9	2,6	4,3	1,6	0,200	3,0000	0,0180	0,379	0,73	57	81	0,326
	RN12	14	1,50	63	14	3,8	11	2,3	0,220	5,000	0,0840	1,571	1,03	82	120	0,673
	RN13	3	1,50	34	8,4	2,3	5,7	2,1	0,200	9,000	0,0250	0,255	0,81	95	120	0,449
	RN13F		1,40	33	8,4	2,3	5,5	2	0,210	8,000	0,0340	1,399	0,78	82	100	0,434
	RN14	120	1,50	33	8,1	2,2	5,2	2	0,200	9,000	0,0650	1,847	0,83	82	100	0,418
	RN15	12	0,86	40	9,9	2,3	5,8	2	0,210	6,000	0,0430	0,989	0,76	77	100	0,431
	RN16	21	0,86	40	9,6	2,3	5,7	2,1	0,220	6,000	0,0160	0,481	0,75	79	120	0,429
RN17	190	0,86	37	9,2	2,2	6,2	2,2	0,220	3,0000	0,0180	0,606	0,84	81	110	0,477	
DICIEMBRE	RN1	380	1,9	38	8,6	2,4	4,6	1,7	0,33	7,0	0,059	0,307	1,32	10,8	140	0,357
	RN2	64	0,86	34	7,3	2,1	3,7	1,6	0,16	3,5	0,030	0,228	1,01	58	81	0,310
	RN3	45	2,9	28	7,4	1,9	3,2	1	0,08	3,0	0,0065	0,057	0,83	54	120	0,271
	RN5	10	1,6	30	7,1	1,8	3,4	1,4	0,18	2,0	0,0065	0,435	0,75	45	85	0,295
	RN5F		1,8	30	7,2	1,9	3,5	1,4	0,18	2,0	0,013	0,185	0,74	38	80	0,300
	RN6	54	1,7	29	7,3	1,9	3,5	1,4	0,19	2,0	0,0065	0,055	0,79	43	90	0,298
	RN7	10	1,6	30	7,2	1,9	3,4	1,4	0,19	2,0	0,0065	0,176	0,75	44	130	0,291
	RN9	45	0,86	30	7,2	1,9	3,4	1,3	0,21	3,0	0,016	0,179	0,72	64	120	0,291
	RN9F		0,86	31	7,5	2	3,5	1,4	0,21	3,0	0,0065	0,037	0,87	45	89	0,293
	RN10	10	0,42	31	7,7	2	3,7	1,3	0,20	3,0	0,020	0,343	0,88	49	94	0,307
	RN11	2	0,86	34	8	2,1	3,8	1,2	0,21	2,5	0,014	0,079	0,84	50	96	0,309
	RN12	1	0,86	45	10	2,7	5,7	1,6	0,24	3,0	0,018	0,196	0,87	66	110	0,413
	RN13	10	1,5	34	8,1	2,1	3,8	1,2	0,19	3,0	0,015	0,391	0,79	43	83	0,308
	RN13F		0,86	33	8	2,1	3,7	1,3	0,21	2,5	0,021	0,487	0,76	49	110	0,301
	RN14	120	0,86	33	8,1	2,1	3,9	1,2	0,24	3,0	0,0065	0,076	0,75	53	99	0,316
	RN15	12	0,86	37	9,3	2,2	4,3	1,3	0,30	3,0	0,0065	0,067	0,84	56	100	0,329
	RN16	40	0,86	43	11	2,4	4,8	1,4	0,27	3,0	0,0065	0,101	0,84	62	100	0,342
RN17	30	1,6	43	10	2,4	4,8	1,3	0,20	3,0	0,015	0,360	0,89	55	110	0,354	

Anexo 3. 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)

FECHA	ESTACIÓN	SST mg/L	SSF mg/L	SSV mg/L	Clorofila <i>a</i> µg/L	Feofitina <i>a</i> µg/L	Sust. fenólicas µg/L	AOX µg/L
MARZO	RN1	27	19	6,2	1,5	10,00	0,7	8,5
	RN2	6,2	6,2	6,2	0,1	2,10	0,7	8,5
	RN3	3,1	3,1	3,1	0,4	2,10	0,7	10
	RN5	6,2	3,1	6,2	4,3	18,00	2,3	8,5
	RN5F	6,2	3,1	6,2			0,7	8,5
	RN6	6,2	3,1	6,2	2,7	15,00	1,6	8,5
	RN7	6,2	3,1	6,2	3,0	12,00	1,8	8,5
	RN9	12	6,2	6,2	5,3	11,00	3,2	10
	RN9F	11	6,2	6,2			2,2	10
	RN10	12	6,2	6,2	1,3	3,60	2,4	10
	RN11	9	6	6,2	2,1	21,00	1,6	8,5
	RN12	6	5	6,2	3,3	20,50	2,4	8,5
	RN13	5	6,2	6,2	0,1	0,60	2,5	8,5
	RN13F	5	6,2	6,2			1,9	8,5
	RN14	5	6,2	6,2	1,9	5,30	1,6	8,5
	RN15	6,2	6,2	6,2	1,3	5,00	0,7	10
	RN16	5	6,2	6,2	1,6	4,30	0,7	10
RN17	5	6,2	6,2	0,7	17,00	0,7	8,5	
JUNIO	RN1	19,0	18,0	3,1	2,10	2,90	5,10	8,5
	RN2	17,0	6,2	9,7	1,20	1,30	1,30	10,0
	RN3	3,1	3,1	3,1	8,00	4,50	4,80	10,0
	RN5	3,1	3,1	3,1	1,60	1,20	4,10	8,5
	RN5F	3,1	3,1	3,1			0,50	8,5
	RN6	3,1	3,1	3,1	0,30	0,60	0,50	10,0
	RN7	3,1	3,1	3,1	0,90	0,20	0,50	8,5
	RN9	6,2	3,1	3,1			1,90	8,5
	RN9F	6,2	3,1	6,2			2,20	8,5
	RN10	6,2	3,1	6,2	1,80	0,40	1,70	10,0
	RN11	5,0	1,0	1,0	1,00	0,30	1,50	8,5
	RN12	3,0	3	3	1,30	2,00	0,50	8,5
	RN13	6,0	3	5,0	2,20	4,40	2,50	8,5
	RN13F	8,0	5,0	3			1,60	8,5
	RN14	3	3	3	0,50	1,10	0,65	8,5
	RN15	6,0	5,0	3	1,90	1,10	0,50	8,5
	RN16	5,0	3	3	1,90	1,30	0,65	8,5
RN17	7,0	5,0	3	12,70	5,80	0,50	8,5	
SETIEMBRE	RN1	35,0	29,0	6,2	0,60	1,70	0,50	10,0
	RN2	15,0	6,2	6,2	3,10	1,90	7,70	10,0
	RN3	15,0	12,0	6,2	1,00	1,60	0,50	10,0
	RN5	6,2	3,1	3,1	0,90	0,90	2,20	10,0
	RN5F	3,1	3,1	3,1			1,50	10,0
	RN6	6,2	6,2	3,1	0,05	1,60	1,70	10,0
	RN7	6,2	3,1	6,2	0,30	0,60	0,65	10,0
	RN9	3,1	3,1	3,1	0,60	0,20	0,50	10,0
	RN9F	3,1	3,1	3,1			0,50	10,0
	RN10	23,0	17,0	6,2	0,90	0,60	0,50	10,0
	RN11	6,2	3,1	3,1	0,40	0,05	0,50	10,0
	RN12	6,2	6,2	6,2	0,40	0,05	0,50	8,50
	RN13	6,2	6,2	6,2	0,70	0,70	2,80	10,0
	RN13F	6,2	6,2	6,2			2,60	17,0
	RN14	6,2	6,2	6,2	0,30	0,20	2,30	8,50
	RN15	6,2	6,2	6,2	0,05	0,80	0,65	8,50
	RN16	6,2	6,2	6,2	0,60	0,20	4,10	8,50
RN17	6,2	3,1	3,1	0,30	0,30	9,60	10,0	
DICIEMBRE	RN1	67	49	17	6,1	5,5	0,5	10,0
	RN2	13	6,2	6,2	5,8	3,4	0,5	10,0
	RN3	13	6,2	6,2	13	4,5	2,4	10,0
	RN5	3,1	3,1	3,1	2,4	2,5	0,5	10,0
	RN5F	3,1	3,1	3,1			0,5	10,0
	RN6	3,1	3,1	3,1	0,4	0,3	2,1	10,0
	RN7	3,1	3,1	3,1	0,7	0,05	0,5	10,0
	RN9	3,1	3,1	3,1	0,9	0,2	1,4	10,0
	RN9F	3,1	3,1	3,1			1,9	10,0
	RN10	3,1	3,1	3,1	0,6	0,2	0,65	10,0
	RN11	6,2	3,1	3,1	0,6	1,8	0,5	10,0
	RN12	6,2	6,2	3,1	3,8	1,5	0,5	10,0
	RN13	6,2	6,2	6,2	6,2	5,6	0,5	8,5
	RN13F	6,2	6,2	3,1			1,4	10,0
	RN14	6,2	6,2	3,1	1	0,9	0,5	8,5
	RN15	6,2	6,2	3,1	1,3	1,1	0,5	10,0
	RN16	6,2	6,2	3,1	2,2	1,2	0,65	10,0
RN17	6,2	6,2	6,2	13	6,2	0,65	10,0	

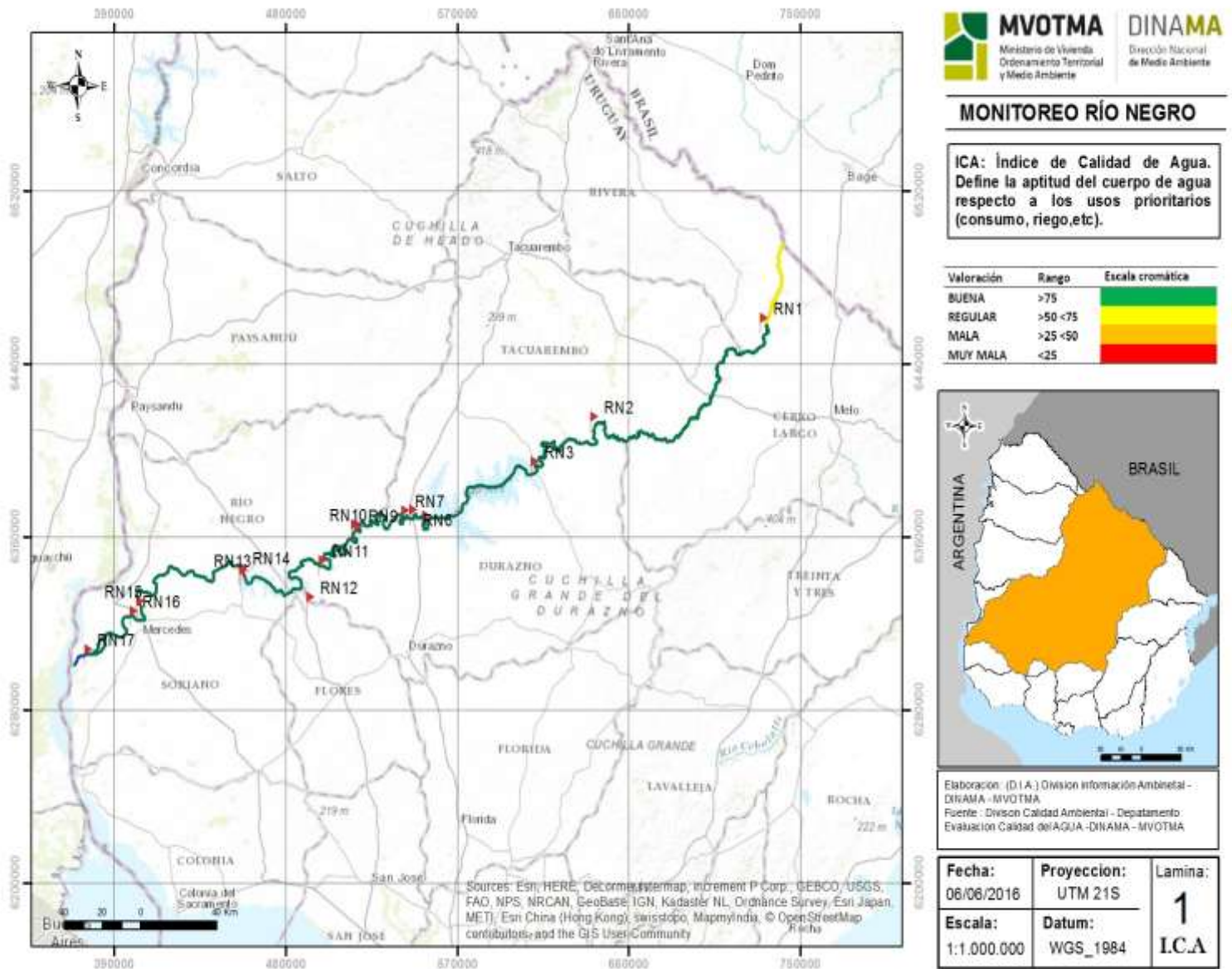
Anexo 4. Registros de metales pesados (Cd, Cr, Fe, Hg, Ni, Pb y Zn) y otros tóxicos (Cn y As) en las estaciones muestreadas en cada fecha de monitoreo

FECHA	ESTACIÓN	CN-total	As	Cd	Cr	Fe	Hg	Ni	Pb	Zn
		µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	mg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L
MARZO	RN1	4	2	1,0	6	0,98	0,2	6	9	17,0
	RN2	4	2	0,7	6	1,00	0,2	6	9	16,0
	RN3	4	2	1,0	6	1,20	0,2	6	20	15,0
	RN5	4	2	1,0	6	0,48	0,2	6	9	26,0
	RN5F	4	2	1,0	6	0,52	0,2	6	9	14,0
	RN6	4	2	1,0	6	0,33	0,2	6	9	10,0
	RN7	4	2	0,7	6	0,61	0,2	6	9	10,0
	RN9	4	2	0,7	6	0,61	0,2	6	9	13,0
	RN9F	4	2	0,7	6	0,56	0,2	6	9	14,0
	RN10	4	2	0,7	6	0,61	0,2	6	9	15,0
	RN11	4	2	0,7	6	0,99	0,2	6	9	5,9
	RN12	4	2	0,7	6	1,20	0,2	6	9	13,0
	RN13	4	2	0,7	6	0,73	0,2	6	9	5,9
	RN13F	4	2	0,7	6	0,51	0,2	6	9	11,0
	RN14	4	2	0,7	6	0,77	0,2	6	9	11,0
	RN15	2,5	2	1,0	6	1,10	0,2	6	9	14,0
	RN16	2,5	2	1,0	6	1,30	0,2	6	9	10,0
RN17	2,5	2	0,7	6	1,20	0,2	6	9	10,0	
JUNIO	RN1	4	2,0	0,7	5	1,30	0,20	6	9	16,0
	RN2	4	2,0	0,7	5	0,89	0,20	6	9	7,2
	RN3	4	2,0	0,7	5	0,81	0,25	6	9	5,1
	RN5	4	2,0	0,7	5	0,13	0,20	6	9	15,0
	RN5F	4	2,0	0,7	5	0,29	0,20	6	9	10,0
	RN6	4	2,0	0,7	5	0,3	0,20	6	9	7,2
	RN7	4	2,0	0,7	5	0,125	0,20	6	9	28,0
	RN9	4	2,0	0,7	5	0,8	0,20	6	9	11,0
	RN9F	4	2,0	0,7	5	0,71	0,20	6	9	5,2
	RN10	4	2,0	0,7	5	0,79	0,20	6	9	8,3
	RN11	4	2,0	0,7	5	0,54	0,20	6	9	19,0
	RN12	4	2,0	0,7	5	0,51	0,20	6	9	14,0
	RN13	4	2,5	0,7	5	0,43	0,20	6	9	5,2
	RN13F	4	2,0	0,7	5	0,49	0,20	6	9	15,0
	RN14	4	2,0	0,7	5	0,46	0,20	6	9	2,0
	RN15	4	2,0	0,7	5	0,61	0,20	6	9	15,0
	RN16	4	2,0	0,7	5	0,66	0,20	6	9	5,2
RN17	4	2,0	0,7	5	0,26	0,20	6	9	29,0	
SETIEMBRE	RN1	4	2,0	0,2	2,5	2,5	0,2	2	2	15
	RN2	4	2,5	0,2	2,0	1,6	0,2	2	2	15
	RN3	4	2,0	0,2	2,5	1,2	0,2	2	2	15
	RN5	4	2,0	0,2	2,0	0,93	0,2	2	2	15
	RN5F	4	2,0	0,2	2,0	0,82	0,2	2	2	15
	RN6	4	2,5	0,2	2,0	1,2	0,2	2	2	15
	RN7	4	2,0	0,2	2,0	0,84	0,2	2	2	15
	RN9	4	2,0	0,2	2,0	0,8	0,2	2	2	15
	RN9F	4	2,5	0,2	2,0	0,85	0,2	2	2	15
	RN10	4	2,0	0,2	2,0	1,1	0,2	2	2	15
	RN11	4	2,0	0,2	2,0	1	0,2	2	2	15
	RN12	4	2,0	0,2	2,5	0,85	0,2	2	2	15
	RN13	4	2,0	0,2	2,0	0,72	0,2	2	2	15
	RN13F	4	2,0	0,2	2,0	0,7	0,2	2	2	15
	RN14	4	2,0	0,2	2,0	0,74	0,2	2	2	15
	RN15	4	2,0	0,2	2,0	0,79	0,2	2	2	15
	RN16	4	2,0	0,2	2,0	0,71	0,2	2	2	15
RN17	4	2,0	0,2	2,0	0,78	0,2	2	2	15	
DICIEMBRE	RN1	4	2	0,7	6	2,40	0,25	6	9	12
	RN2	4	2	0,7	6	1,20	0,25	6	9	5,2
	RN3	4	2	0,7	6	1,10	0,25	6	9	15
	RN5	4	2	0,7	2	0,70	0,25	6	9	7,6
	RN5F	4	2	0,7	2	0,78	0,25	6	9	7,8
	RN6	4	2	0,7	2	0,71	0,25	6	9	7,7
	RN7	4	2	0,7	2	0,95	0,25	6	9	2,5
	RN9	4	2	0,7	2	0,51	0,25	6	9	5,4
	RN9F	4	2	0,7	2	0,61	0,25	6	9	7
	RN10	4	2	0,7	6	0,84	0,25	6	9	5,2
	RN11	4	2	0,7	6	1,20	0,25	6	9	2,5
	RN12	4	2	0,7	6	1,30	0,25	6	9	7,9
	RN13	4	2	0,7	2	0,82	0,25	6	9	4,7
	RN13F	4	2	0,7	2	0,84	0,25	6	9	7,8
	RN14	4	2	0,7	6	0,90	0,25	6	9	6,2
	RN15	4	2	0,7	6	0,80	0,20	6	9	7,3
	RN16	4	2	0,7	6	0,90	0,20	6	9	2,5
RN17	4	2	0,7	2	0,80	0,20	6	9	5	

Anexo 5. Registros de plaguicidas en las estaciones muestreadas en cada fecha de monitoreo

FECHA	ESTACIÓN	Endosulfan α µg/L	Endosulfan β µg/L	Endosulfan SO ₄ µg/L	Glifosato µg/L	AMPA µg/L	p,p'DDD µg/L	p,p'DDE µg/L	p,p'DDT µg/L	Aldrin µg/L	Dieldrin µg/L	Atrazina µg/L	Heptacloro µg/L	Lindano µg/L	Metoxicloro µg/L
MARZO	RN1	0,0006	0,0006	0,0006	10	10	0,0004	0,0006	0,0007	0,0090	0,0002	0,02	0,0007	0,0006	0,0006
	RN2														
	RN3														
	RN5	0,0006	0,0006	0,0006	10	10	0,0004	0,0006	0,0007	0,005	0,0002	0,02	0,0007	0,0006	0,003
	RN5F														
	RN6														
	RN7														
	RN9	0,0006	0,0006	0,0006	10	10	0,0004	0,0006	0,0007	0,005	0,0002	0,02	0,0007	0,0006	0,003
	RN9F														
	RN10														
	RN11														
	RN12	0,0006	0,0006	0,0006	10	10	0,0004	0,0006	0,0007	0,005	0,0002	0,02	0,0007	0,0006	0,003
	RN13	0,0006	0,0006	0,0006	10	10	0,0004	0,0006	0,0007	0,005	0,0002	0,02	0,0007	0,0006	0,003
	RN13F														
	RN14														
	RN15														
	RN16														
RN17															
JUNIO	RN1	0,0009	0,0006	0,0006	10	10	0,0004	0,0007	0,0007	0,003	0,0002	0,10	0,0007	0,0006	0,02
	RN2														
	RN3														
	RN5	0,0006	0,0006	0,0006	10	10	0,0004	0,0006	0,0007	0,003	0,0002	0,10	0,0007	0,0006	0,01
	RN5F														
	RN6														
	RN7														
	RN9	0,001	0,0006	0,0006	10	10	0,0004	0,001	0,0007	0,003		0,10	0,0007	0,0006	0,01
	RN9F														
	RN10														
	RN11														
	RN12	0,0009	0,0007	0,0006	10	10	0,0004	0,0007	0,0006	0,2	0,0009	0,0009	0,0007	0,0006	0,008
	RN13	0,0006	0,0006	0,0006	10	10	0,0004	0,0006	0,0007	0,003	0,0002	0,02	0,0007	0,0006	0,01
	RN13F														
	RN14														
	RN15														
	RN16														
RN17															
SETEMBRE	RN1	0,0009	0,0007	0,0006	10	10	0,0004	0,0007	0,0009	0,0009	0,0006	0,2000	0,0007	0,0006	0,0008
	RN2														
	RN3														
	RN5	0,0009	0,00070	0,0006	10	10	0,0004	0,0007	0,0009	0,0009	0,0006	0,2000	0,0007	0,0006	0,0008
	RN5F														
	RN6														
	RN7														
	RN9	0,0009	0,00070	0,0006	10	10	0,0004	0,0007	0,0009	0,0009	0,0006	0,2000	0,0007	0,0006	0,0008
	RN9F														
	RN10														
	RN11														
	RN12	0,0009	0,00070	0,0006	10	10	0,0004	0,0007	0,0009	0,0009	0,0006	0,2000	0,0007	0,0006	0,0008
	RN13	0,0009	0,00070	0,0020	10	10	0,0004	0,0007	0,0009	0,0020	0,0006	0,0200	0,0007	0,0006	0,0200
	RN13F														
	RN14														
	RN15														
	RN16														
RN17															
DICIEMBRE	RN1	0,0009	0,0007	0,0006	0	1	0,0004	0,0007	0,0009	0,0009	0,0006	0,02	0,0007	0,002	0,0008
	RN2														
	RN3														
	RN5	0,0009	0,0007	0,0006	0	1	0,0004	0,0007	0,0009	0,0009	0,0006	0,09	0,0007	0,0006	0,0008
	RN5F														
	RN6														
	RN7														
	RN9	0,0009	0,0007	0,0006	0	0	0,0004	0,0007	0,0009	0,0009	0,0006	0,02	0,0007	0,0006	0,0008
	RN9F														
	RN10														
	RN11														
	RN12	0,0009	0,0007	0,0006	0	0	0,0004	0,0007	0,0009	0,0009	0,0006	0,02	0,0007	0,0006	0,02
	RN13	0,0009	0,0007	0,0006	0	0	0,0004	0,0007	0,0009	0,0009	0,0006	0,09	0,0007	0,0006	0,0008
	RN13F														
	RN14														
	RN15														
	RN16														
RN17															

Anexo 6: Mapa de calidad de agua en base a la aplicación de índice de calidad



Anexo 7: Mapa de calidad de agua en base a la aplicación de índice de estado trófico

