MVOTMA
Ministerio de Vivienda
Ordenamiento Territorial
y Medio Ambiente

Calidad ambiental de la cuenca del Río Negro

2009 - 2017

Director Nacional de Medio Ambiente

Ing. Quím. Alejandro Nario

Área Información, Planificación y Calidad Ambiental

Ing. Quím. Marisol Mallo

División Calidad Ambiental

Ing. Luis Reolón

Departamento Evaluación Ambiental Integrada

Mag. Lizet De León

Responsables del Informe

Mag. Lizet De León, Mag. Viviana Centurión, Mag. Elena Rodó, Mag. Pablo Kok, Mag. Leonardo Manzari (Pasante UE), Mag. Federico Quintans (Consultor PNUD), Dr. Pablo Reali

Técnicos participantes

Mag. Amelia Fabre (Consultora PNUD), Mag. Mara Hoffmeister, Bach. Valentina González (PEL)

Mapas y cartografía: División Información Ambiental

Lic. Pablo Pereyra (Consultor PNUD),

Índice

1. Resumen 11

2. Introducción 12

2.1 - Objetivos generales y específicos 12

3. Área de estudio 14

3.1- La cuenca del Río Negro 14

3.2-Régimen hidrológico 14

3.3-Afluentes 16

3.4-Geología 18

3.5-Ecología 18

3.6-Usos del suelo 19

3.7-Producción ganadera, industrias y vertidos domésticos 20

4. Red de monitoreo y análisis de datos 24

4.1- Programa de Monitoreo 24

4.2- Parámetros físicos-químicos y biológicos 28

4.3- Identificación de zonas comprometidas 29

4.4- Índices de estado trófico y calidad de aguas 31

4.5- Parámetros Hidrológicos 32

4.6- Usos del suelo y aportes difusos 34

4.7-Vertidos domésticos, industriales y agroindustriales 38

4.8-Cargas de nutrientes en embalses 38

4.9-Análisis estadísticos 38

5- Resultados 40

5.1- Parámetros Fisicoquímicos 40

5.2- Parámetros Biológicos 44

5.3- Metales y Compuestos orgánicos 46

5.4- Zonas comprometidas 48

5.5- Cuenca del Río Tacuarembó 49

5.6- Índice de estado trófico (IET) y de calidad de agua (IQA) 52

5.7.Parámetros hidrológicos 54

5.8- Análisis del uso del suelo 59

5.9. Cargas de NT y PT aportadas desde la cuenca 61

5.10- Cargas de NT y PT en los embalses. 72

5.11- Tendencias espaciales y temporales de las características del sistema y calidad del agua 73

5.12- Usos del suelo y calidad de agua 79

6- Discusión y Síntesis 82

6.1- Calidad del agua en la cuenca del Río Negro 82

6.2. Estado trófico y floraciones algales 84

6.3. Incidencia del uso del suelo en la calidad del agua 85

7. CONCLUSIONES 88

7.1- Características físicas, químicas e hidrológicas del sistema 88

7.2- Patrones y tendencias espaciales y temporales de las principales variables de calidad de agua analizadas. 88

7.3- Zonas hidrográficas del Río Negro en función de la calidad del agua 88

7.4- Principales factores ambientales que inciden en la calidad del agua del sistema. 89

7.5- Recomendaciones que ayuden a mantener y/o mejorar la calidad ambiental del Río Negro. 89

8. Bibliografía 91

ANEXOS 98

Anexo 1 – Datos físico-químicos para cada año 99

Anexo 2 – Mapas de categorías de calidad de agua según rangos de concentración de algunos parámetros de referencia 113

Anexo 3 – Análisis de componentes principales (PCA) para cada año 121

Anexo 4 – Tabla de valores cuantificados de metales pesados, sustancias fenólicas, AOX, pesticidas y TX, en agua y sedimento. 129

Anexo 5 – Índice de estado trófico para el Río Negro 131

Anexo 6. Caudales y niveles del Río Negro 135

Anexo 7. Correlaciones..... 138

Índice de figuras

Figura 1: Ubicación de la cuenca del Río Negro en el territorio nacional y en sus nacientes en Brasil. 15
Figura 2: Diagrama de la cuenca del río Negro. En líneas punteadas verde se representan los embalses. 17
Figura 3: Ecorregiones presentes en la cuenca del Río Negro de acuerdo con el mapa de Eco-regiones de Uruguay de Brazeiro et al. 2012. 19
Figura 4: Ubicación de los emprendimientos de: tambos (A) y establecimientos de engorde a corral (B) en la cuenca del Río Negro. División Información Ambiental-DINAMA. 22
Figura 5: Ubicación en la cuenca del Río Negro de los emprendimientos de vertidos industriales y domésticos para el 2015. 23
Figura 6: Estaciones de muestreo en la cuenca del Río Negro. Programa de monitoreo de calidad de agua de MVOTMA-DINAMA-MVOTMA. Fuente División Información Ambiental DINAMA-MVOTMA. 25
Figura 7: Estaciones de muestreo en la cuenca del Río Tacuarembó. Programa de monitoreo de calidad de agua de MVOTMA-DINAMA-MVOTMA. Fuente División Información Ambiental DINAMA-MVOTMA. 27
Figura 8: Ubicación de las estaciones pluviométricas y estaciones de nivel-caudal presentes en la cuenca. 32
Figura 9: Mapa de usos del suelo de la cuenca del Río Negro en 2011. División Información Ambiental-DINAMA, metodología FAO. 36
Figura 10: Mapa de usos del suelo de la cuenca del Río Negro en 2015. División Información Ambiental-DINAMA, metodología FAO. 37
Figura 11: Variación del rango (25-75%) y mediana de conductividad, oxígeno disuelto (OD), alcalinidad y pH para el período 2009-2017. Las estaciones se ordenan de naciente a desembocadura (RN1 a RN17). Los círculos corresponden a valores fuera de rango. 41
Figura 12: Variación del rango (25-75%) y mediana de amonio, nitratos y nitrógeno total (NT) para el período 2009-2017. Las estaciones se ordenan de naciente a desembocadura (RN1 a RN17). Los círculos corresponden a valores fuera de rango. 42
Figura 13. Rango (percentil 25 y 75) y mediana de la concentración de NT en las zonas baja, media y alta del Río Negro entre 2009 y 2017. Los círculos corresponden a valores fuera de rango. 43
Figura 14: Variación del rango (25-75%) y mediana de fosfatos y fósforo total (PT) para el período 2009-2017. Las estaciones se ordenan de naciente a desembocadura (RN1 a RN17). Los círculos corresponden a valores fuera de rango. 43
Figura 15. Rango (percentil 25 y 75) y mediana de la concentración de PT en las zonas baja, media y alta del Río Negro entre 2009 y 2017. Los círculos corresponden a valores fuera de rango. 44
Figura 16: Datos promedio y errores estándar para el período 2009-2017 de clorofila *a*. 45
Figura 17: Datos promedio y errores estándar para el período 2009-2017 de coliformes termotolerantes. La línea punteada roja representa el valor de referencia máximo propuesto tanto en el decreto 253/79, como en la propuesta de modificación del mismo. 45
Figura 18. Variación del rango (25-75%) y mediana de la conductividad, oxígeno disuelto (OD), alcalinidad y pH para el año 2017 del Río Tacuarembó y sus principales afluentes. 49
Figura 19. Variación del rango (25-75%) y mediana de la concentración de fosfota y Fósforo Total OD), para el período 2017 del Río Tacuarembó y sus principales afluentes 50
Figura 20. Variación del rango (25-75%) y mediana de la concentración de amonio, nitrato y nitrógeno Total, para el período 2017 del Río Tacuarembó y sus principales afluentes 51
Figura 21. Variación del rango (25-75%) y mediana de la concentración de Clorofila a y coliformes termotolerantes, para el período 2017 del Río Tacuarembó y sus principales afluentes. 52
Figura 22. Precipitación acumulada anual por subcuenca de grado 2 de la cuenca del Río Negro, período 2009 – 2017. 55
Figura 23. Precipitación promedio del acumulado mensual por subcuenca de grado2 de la cuenca del Río Negro, período 2009 – 2017. 55

Figura 24. Precipitación promedio del acumulado mensual para toda la cuenca para 2011 y 2014. 56
Figura 25. Evolución del caudal promedio registrado en el período 2009-2017. 57
Figura 26. Tiempo de retención hidráulico para el embalse de Rincón del Bonete en el período 2009-2016. 58
Figura 27. Tiempo de retención hidráulico para el embalse de Baygorria en el período 2009-2016. 58
Figura 28. Tiempo de retención hidráulico para el embalse de Palmar en el período 2009-2016 59
Figura 29. Tasa de cambio en los principales usos de suelo en las cuencas de Orden 2 del Río Negro entre el 2011 y el 2015 (fuente: DIA, DINAMA, 2017). 60
Figura 30. Comparación de las superficies de la cuenca del Río Negro en territorio uruguayo y brasileño 61
Figura 31. Tasa de exportación de PT y NT de origen agrícola en las regiones de la cuenca del Río Negro en territorio uruguayo y brasileño para los años 2011, 2015 y 2017. 61
Figura 32. Intensidad de carga de PT para 2011 y 2015 por subcuenca de orden 2 para el Río Negro. 62
Figura 33. Intensidad de carga de NT para 2011 y 2015 por subcuenca de orden 2 para el Río Negro. 62
Figura 34. Cargas exportadas totales de NT (ton/año) estimadas para 2011 y 2015 para las subcuencas de orden 2 del Río Negro. 64
Figura 35. Cargas exportadas totales de PT (ton/año) estimadas para 2011 y 2015 para las subcuencas de orden 2 del Río Negro. 65
Figura 36. Cargas de NT por uso del suelo en las subcuencas de orden 2 del Río Negro para el 2011. 66
Figura 37. Cargas de NT por uso del suelo en las subcuencas de orden 2 del Río Negro para el 2015. 67
Figura 38. Cargas de PT por uso del suelo en las subcuencas de orden 2 del Río Negro para el 2011. 68
Figura 39. Cargas de PT por uso del suelo en las subcuencas de orden 2 del Río Negro para el 2015. 69
Figura 40. Cargas puntuales de PT y NT para las tres zonas de la cuenca del Río Negro (Alta, Media y Baja) para el período 2015-2016. 70
Figura 41. Cargas difusas y puntuales de NT y PT aportadas a la cuenca del Río Negro en los años 2015-2016. 71
Figura 42. Cargas difusas y puntuales aportadas en las tres zonas del Río Negro (Alta, Media y Baja) en los años 2015-2016. 71
Figura 43. Cargas de nitrógeno total (NT) y fósforo total (PT) para el embalse Rincón del Bonete (2009-2017), donde se identifican las estaciones de entrada (RN3) y salida (RN6) del embalse. 72
Figura 44. Cargas de nitrógeno total (NT) y fósforo total (PT) para el embalse Baygorria (2009-2017), donde se identifican las estaciones de entrada (RN7) y salida (RN10) del embalse. 72
Figura 45. Cargas de nitrógeno total (NT) y fósforo total (PT) para el embalse Palmar (2009-2017), donde se identifican las estaciones de entrada (RN11) y salida (RN14) del embalse. 73
Figura 46. Agrupaciones (clusters) de los sitios de monitoreo en función de las variables fisicoquímicas para el período 2009-2016. Los grupos se forman con estaciones de la cuenca alta (en rojo), media (en violeta) y baja (en verde). 75
Figura 47. Análisis de componentes principales para los promedios anuales de las variables medidas en el período 2009-2016. Las flechas verdes indican el peso de cada variable con respecto al componente 1 y 2. En el mapa se señalan las estaciones pertenecientes a la zona alta (rojo), zona media (violeta) y zona baja (verde). Componente 1: nutrientes, la conductividad y los sólidos suspendidos totales. Componente 2: clorofila *a* y el oxígeno disuelto, el pH, la alcalinidad y el amonio. 76
Figura 48. Tendencia general de todos los valores de concentración de NT por estación de monitoreo durante el período de estudio 2009-2017 ..... **¡Error! Marcador no definido.**
Figura 49. Tendencia general de todos los valores de concentración de PT por estación de monitoreo durante el período de estudio 2009-2017 78
Figura 50 Categorías de conductividad en la cuenca del Río Negro. Verde: bueno; Amarillo: aceptable; Naranja: comprometido; Rojo: muy comprometido. 113
Figura 51: Categorías de amonio en la cuenca del Río Negro. Verde: bueno; Amarillo: aceptable; Naranja: comprometido; Rojo: muy comprometido. 114
Figura 52: Categorías de nitratos en la cuenca del Río Negro. Verde: bueno; Amarillo: aceptable; Naranja: comprometido; Rojo: muy comprometido. 115

Figura 53: Categorías de nitrógeno total en la cuenca del Río Negro. Verde: bueno; Amarillo: aceptable; Naranja: comprometido; Rojo: muy comprometido 116
Figura 54: Categorías de fosfatos en la cuenca del Río Negro. Verde: bueno; Amarillo: aceptable; Naranja: comprometido; Rojo: muy comprometido. 117
Figura 55: Categorías de fósforo total en la cuenca del Río Negro. Verde: bueno; Amarillo: aceptable; Naranja: comprometido; Rojo: muy comprometido. 118
Figura 56: Categorías de clorofila *a* en la cuenca del Río Negro. Verde: bueno; Amarillo: aceptable; Naranja: comprometido; Rojo: muy comprometido. 119
Figura 57: Categorías de coliformes termotolerantes en la cuenca del Río Negro. Verde: bueno; Amarillo: aceptable; Naranja: comprometido; Rojo: muy comprometido. 120
Figura 58. Análisis de componentes principales para los promedios anuales de las variables medidas en la campaña 2009. Las flechas verdes indican el peso de cada variable con respecto al componente 1 y 2. 121
Figura 59. Análisis de componentes principales para los promedios anuales de las variables medidas en la campaña 2010. Las flechas verdes indican el peso de cada variable con respecto al componente 1 y 2 122
Figura 60. Análisis de componentes principales para los promedios anuales de las variables medidas en la campaña 2011. Las flechas verdes indican el peso de cada variable con respecto al componente 1 y 2. 123
Figura 61. Análisis de componentes principales para los promedios anuales de las variables medidas en la campaña 2012. Las flechas verdes indican el peso de cada variable con respecto al componente 1 y 2. 124
Figura 62. Análisis de componentes principales para los promedios anuales de las variables medidas en la campaña 2013. Las flechas verdes indican el peso de cada variable con respecto al componente 1 y 2. 125
Figura 63. Análisis de componentes principales para los promedios anuales de las variables medidas en la campaña 2014. Las flechas verdes indican el peso de cada variable con respecto al componente 1 y 2. 126
Figura 64. Análisis de componentes principales para los promedios anuales de las variables medidas en la campaña 2015. Las flechas verdes indican el peso de cada variable con respecto al componente 1 y 2. 127
Figura 65. Análisis de componentes principales para los promedios anuales de las variables medidas en la campaña 2016. Las flechas verdes indican el peso de cada variable con respecto al componente 1 y 2 128
Figura 66. Mapa de calidad de agua del Río Negro según el índice de estado trófico IET para los años 2009-2010. 131
Figura 67: Mapa de calidad de agua del Río Negro según el índice de estado trófico IET para los años 2011-2012. 132
Figura 68: Mapa de calidad de agua del Río Negro según el índice de estado trófico IET para los años 2013-2014. 133
Figura 69: Mapa de calidad de agua del Río Negro según el índice de estado trófico IET para los años 2015-2016. 134
Figura 70: Ejemplo de evolución en el tiempo de caudal (m3/s), estación da aforo Mazangano. 135
Figura 71: Ejemplo de evolución en el tiempo del nivel en el embalse de Rincón del Bonete. 136

Índice de tablas-

Tabla 1: Características de los embalses del Río Negro. 14
Tabla 2: Superficie y porcentaje de ocupación, de los diferentes usos del suelo en la cuenca de Rio Negro relevada para 2015 (DIA-DINAMA). 20
Tabla 3: Industrias de la cuenca del Río Negro) reportados por la División de Control y Desempeño de Emprendimientos (DCDE)-MVOTMA-DINAMA (2016). 20
Tabla 4: Localización y descripción de los puntos del programa de monitoreo del Río Negro de la DINAMA. 24
Tabla 5: Registro de los muestreos del Río Negro, por sitio y estación del año, realizados por DINAMA entre 2009-2017. 26
Tabla 6: Localización y descripción de los puntos del programa de monitoreo del Río Tacuarembó de la DINAMA. 27
Tabla 7: Listado de variables por matriz y sus correspondientes unidades, monitoreadas de la cuenca del Río Negro. Las variables con asterisco (*) no se incluyeron en los análisis estadísticos por su baja cantidad de resultados cuantificables o su incorporación en otras variables (iones). 28
Tabla 8: Categorías de calidad de las aguas para el Río Negro según normativa nacional e internacional. 30
Tabla 9. Niveles tróficos definidos por el Índice de Estado Trófico (Lamparelli, 2004), con la correspondiente escala numérica y cromática. 31
Tabla 10. Categorías de calidad de agua definidos por el ÍQA (Cetesb, 2009), con la correspondiente escala numérica y cromática 32
Tabla 11: Datos hidrológicos considerados para cada estación de monitoreo de calidad de agua del Río Negro 33
Tabla 12: Coeficientes de exportación para los principales usos del suelo de la cuenca, tomado de MVOTMA-DINAMA, 2013.Coeficientes de exportación (kg/ha/año). 34
Tabla 13: Sub cuencas de orden 2 del Río Negro, indicando su correspondiente código y sector de la cuenca al que pertenece. 35
Tabla 14: Valores máximos de AOX registrados cada año. 46
Tabla 15: Arsénico (As) y Plomo (Pb) cuantificados en sedimentos del Río Negro. 47
Tabla 16: Determinación de la calidad de agua por estación de monitoreo en el curso del Río Negro, según categorías definidas por rangos de valores de las variables seleccionadas. 48
Tabla 17. Índice de Estado Trófico (IET) del Río Negro de 2009 a 1017 y del río Tacuarembó 2017. M= Mesotrófico; E= Eutrófico; SE= Supereutrófico. 53
Tabla 18. Índice de calidad de agua (IQA) del Río Negro de 2009 a 1017 y del río Tacuarembó 2017. 54
Tabla 19: Valores del tiempo de retención hidráulico para Rincón del Bonete, Baygorria y Palmar en el período 2009-2016. 57
Tabla 20: Correlación entre conductividad y carga de los diferentes usos del suelo (se presentan los datos que resultaron estadísticamente significativos p<0.05) 79
Tabla 21: Correlación entre fosfatos y carga de los diferentes usos del suelo (se presentan los datos que resultaron estadísticamente significativos p<0.05) 79
Tabla 22: Parámetros fisicoquímicos para la campaña del 2009. Donde T=temperatura; AlcT= alcalinidad total; Conduc= conductividad; OD= oxígeno disuelto; SST= sólidos suspendidos totales. LD= límite de detección y LC=límite de cuantificación. 99
Tabla 23: Parámetros fisicoquímicos para la campaña del 2010. Donde T=temperatura; AlcT= alcalinidad total; Conduc= conductividad; OD= oxígeno disuelto; SST= sólidos suspendidos totales. LD= límite de detección y LC=límite de cuantificación. 100
Tabla 24: Parámetros fisicoquímicos para la campaña del 2011. Donde T=temperatura; AlcT= alcalinidad total; Conduc= conductividad; OD= oxígeno disuelto; SST= lidos suspendidos totales. LD= límite de detección y LC=límite de cuantificación. 101
Tabla 25: Pesticidas en agua para la campaña 2011. 102

Tabla 26: Parámetros fisicoquímicos para la campaña del 2012. Donde T=temperatura; AlcT= alcalinidad total; Conduc= conductividad; OD= oxígeno disuelto; SST= sólidos suspendidos totales. LD= límite de detección y LC=límite de cuantificación. 103
Tabla 27: Pesticidas en agua para la campaña 2012 104
Tabla 28: Parámetros fisicoquímicos para la campaña del 2013. Donde T=temperatura; AlcT= alcalinidad total; Conduc= conductividad; OD= oxígeno disuelto; SST= sólidos suspendidos totales. LD= límite de detección y LC=límite de cuantificación. 105
Tabla 29: Pesticidas en agua para la campaña 2013. 106
Tabla 30: Parámetros fisicoquímicos para la campaña del 2014. Donde T=temperatura; AlcT= alcalinidad total; Conduc= conductividad; OD= oxígeno disuelto; SST= sólidos suspendidos totales. LD= límite de detección y LC=límite de cuantificación. 107
Tabla 31: Pesticidas en agua para la campaña 2014. 108
Tabla 32: Parámetros fisicoquímicos para la campaña del 2015. Donde T=temperatura; AlcT= alcalinidad total; Conduc= conductividad; OD= oxígeno disuelto; SST= sólidos suspendidos totales. LD= límite de detección y LC=límite de cuantificación. 109
Tabla 33: Pesticidas en agua para la campaña 2015. 110
Tabla 34: Parámetros fisicoquímicos para la campaña del 2017. Donde T=temperatura; AlcT= alcalinidad total; Conduc= conductividad; OD= oxígeno disuelto; SST= sólidos suspendidos totales. LD= límite de detección y LC=límite de cuantificación. 111
Tabla 35: Pesticidas en agua para la campaña 2017. 112
Tabla 36: Metales pesados, sustancias fenólicas, AOX y TX, en sedimento, entre los años 2009-2017. 129
Tabla 37: Registro de caudales según punto de monitoreo de calidad de agua, para la serie temporal analizada. 137
Tabla 38: Correlaciones lineares de Pearson entre los parámetros fisicoquímcos y biológicos y las cargas de los distintos usos del suelo en toda la cuenca. 138

1. Resumen

El monitoreo de la calidad de agua del Río Negro se lleva a cabo por la Dirección Nacional de Medio Ambiente (DINAMA) desde el año 2009, con una frecuencia trimestral, en 15 estaciones de monitoreo que se ubican desde el ingreso del río en territorio uruguayo hasta su desembocadura en el río Uruguay. A partir de 2017 se integró el monitoreo del río Tacuarembó y sus afluentes, con 8 estaciones. Se miden 43 parámetros físicos, químicos y microbiológicos, contenidos en el Decreto 253/79 así como también otros que contribuyen a una comprensión más completa del funcionamiento del sistema. En este informe son analizados 36 parámetros de agua y sedimentos, referentes a las 27 campañas realizadas en el período 2009-2017 en el Río Negro y 4 de 2017 en el Tacuarembó, con el objetivo de evaluar el estado del sistema, considerando las causas que lo determinan. Para ello se analizó también información generada por diversas Direcciones dentro de DINAMA, se aplicaron índices y análisis estadísticos multivariados.

De acuerdo con los parámetros físicos y químicos, en el período analizado, todos los parámetros medidos, excepto fósforo total (PT), indicaron una calidad aceptable en toda la cuenca. No obstante, el río muestra condiciones de menor calidad en la zona alta de la cuenca (aguas arriba del embalse Rincón del Bonete), y en el tramo bajo (desde el embalse de Palmar y aguas abajo), con sitios puntuales en la zona media, como el río Yí, principalmente con valores altos de concentración de nutrientes. Los niveles de PT más bajos se encuentran en la zona media. A pesar de ello, y asociado con el mayor tiempo de retención hidráulico favorecido por las represas en dicha zona, la biomasa fitoplanctónica fue mayor en este tramo. Las concentraciones de PT se correlacionan principalmente con los aportes difusos de la actividad agropecuaria en general. Los factores principales que determinan el estado del río se asocian con el régimen hidrológico, fuertemente determinado por la operativa de las represas (para generación hidroeléctrica) y con el aporte de nutrientes y sedimentos desde la cuenca. Los resultados del índice de estado trófico muestran que el sistema es mayoritariamente mesotrófico, con tramos eutróficos en las zonas alta y baja, así como en la estación asociada al Rio Yi. El rio Tacuarembó registra condiciones de mejor calidad, pero dentro del estado mesotrófico. El Índice de Calidad de Agua aplicado (IQA), muestra predominio de la calidad buena con menor calidad en los tramos alto y bajo. El IQA para el rio Tacuarembó muestra el impacto de las ciudades en la calidad del agua.

El Río Negro se divide en tres grandes zonas: alta, media y baja. La principal forzante que diferencia las zonas del Río Negro es el factor hidráulico. Estas zonas varían de acuerdo a los cambios en la hidrología; en años más lluviosos la zona media se expande y en años menos lluviosos las zonas se diferencian más marcadamente. La zona media (embalses) se caracteriza por la biomasa fitoplanctónica, dando respuesta a la eutrofización mediante floraciones algales. La zona alta, donde predomina la ganadería extensiva, la forestación y el arroz, se caracteriza por presentar niveles altos de nutrientes y sólidos suspendidos (SST) que aportan a la eutrofización por arrastre desde la cuenca. Se identifica la influencia de los aportes desde territorio de brasileño. La zona baja (desde Palmar hacia aguas abajo, con el mayor porcentaje de cultivos de la cuenca) se caracteriza por presentar valores altos de compuestos nitrogenados y fosforados, asociados a la intensa actividad agrícola de la zona. Entre 2011 y 2015 se redujo la superficie de campo natural por incremento de la superficie destinada a cultivos y forestación. Se recomienda tomar medidas de control de los aportes difusos disminuyendo y adecuando el uso de fertilizantes, verificando el control de la erosión y respetando o restaurando la integridad de las zonas ribereñas afectadas por el ganado. Por otra parte, los vertidos puntuales pueden reducirse con adecuados tratamientos de efluentes antes de llegar al curso de agua.

2. Introducción

La calidad del agua en los sistemas continentales está relacionada con el clima, la geomorfología y el uso de la tierra en la cuenca (Johnes et al. 1996; Moss 1998). Esta se encuentra controlada por actividades antropogénicas complejas y factores naturales en las escalas de ríos y cuencas puntuales (Ahearn Ds. et al., 2005). Comprender las variaciones en el espacio y en el tiempo de la calidad del agua de los ríos y evaluar los principales factores que influyen sobre la misma son necesarios para establecer las prioridades para una gestión sostenible (Zhang, 2009; Huang, 2010; Chang , 2005; Kolovos, 2002)

Este informe reúne y analiza los resultados físicos, químicos, hidrológicos y microbiológicos del Río Negro y sus tres embalses, obtenidos en el período 2009 – 2017 por MVOTMA-DINAMA. La información fue aportada desde diferentes ámbitos del MVOTMA: los datos correspondientes a la calidad del agua fueron proporcionados por el Departamento de Seguimiento de Componentes del Ambiente (División Calidad Ambiental) y la División Laboratorio Ambiental; la información sobre vertidos y efluentes fue proporcionada por la División Control Ambiental; la información sobre usos del suelo, así como la elaboración de mapas y cartografía, por la División Información Ambiental; la información hídrica fue proporcionada por la División Servicios Hidrológicos de la DINAGUA y por UTE-Dirección Operativa y Gerencia de Medio Ambiente. El análisis de la información fue realizado por el departamento de Evaluación Ambiental Integrada, de la División Calidad Ambiental-DINAMA.

El Río Negro es el curso de agua interior más importante del Uruguay, siendo relevante tanto por su ubicación y extensión como por los usos actuales y potenciales de los recursos de su cuenca, la más extensa del país (MVOTMA-DINAMA, 2011) (Figura 1 y Figura 2). Este sistema acuático es utilizado con distintos fines, destacándose: generación hidroeléctrica, riego, extracción de áridos, turismo, balneario, piscicultura (piscigranjas de esturión), pesca artesanal y deportiva. También es cuerpo receptor de los efluentes de las ciudades asentadas en sus márgenes y en sus afluentes (MVTOMA-DINAMA, 2011).

Los estudios anteriores sobre la calidad del agua del Río Negro datan de la década de los ’90 y están concentrados principalmente en los tres embalses, producto de convenios entre la UTE y otras instituciones (Amestoy, 2001; Bonilla, 1997; Chalar et al., 2010, 2012, 2015; Conde et al., 1999; 2002; Crossa, 1987; Crossa y Petrere 2001; Conforti et al., 2010; DIPRODE-INAPE, 1993, 1994; Perez, 2000, 2002; Pérez et al., 1999).

A fin de conocer las condiciones de los tramos fluviales del sistema, la División Calidad Ambiental (MVOTMA-DINAMA) lleva a cabo un programa de monitoreo desde el año 2009. A partir de 2017 el mismo se extendió hacia el río Tacuarembó, así como está previsto para el 2019 comenzar con el río Yí y los Arroyos Grande del Norte y Sur. Debido a la importancia del sistema de ríos y embalses que componen la cuenca del Río Negro, se considera fundamental caracterizar la calidad del agua y conocer cuáles son los factores que la determinan, así como identificar las causas que favorecen la aparición de eventos particulares como las floraciones de cianobacterias.

2.1 - Objetivos generales y específicos

El objetivo general de este estudio es evaluar el estado de la calidad ambiental del Río Negro, considerando las causas que lo determinan. Como objetivos específicos se plantean los siguientes:

- Determinar las características físicas, químicas e hidrológicas del sistema.
- Identificar patrones y tendencias espaciales y temporales de las principales variables de calidad de agua analizadas.
- Definir zonas hidrográficas del Río Negro en función de la calidad del agua.
- Identificar los principales factores ambientales que inciden en la calidad del agua del sistema.

- Proponer recomendaciones que ayuden a mantener y/o mejorar la calidad del agua, y en consecuencia, la calidad ambiental del Río Negro.

3. Área de estudio

3.1- La cuenca del Río Negro

La cuenca del Río Negro (Figura 1) ocupa un área de 70714 km^2 en Uruguay y 2922,45 km^2 en Brasil. El río nace en el Estado de Río Grande del Sur-Brasil, y tiene una longitud de 750 km. Corre de Este a Oeste y divide al país en dos, al Sur y al Norte del mismo (MVOTMA-DINAMA, 2016a). Gran parte de su recorrido está represado formando los embalses de Rincón del Bonete

Las represas o embalses permiten utilizar el agua de manera predecible y eficiente, facilitando el desarrollo industrial y económico (Conde *et al*., 1999). En este caso en particular estos embalses fueron construidos para generar energía hidroeléctrica (600MW), sin embargo, actualmente se utilizan para múltiples usos (MVOTMA-DINAMA, 2011). La construcción de embalses incide drásticamente sobre el ecosistema preexistente modificándolo de diferentes maneras. La existencia de la presa y la forma en la que ésta es operada, tiene una marcada influencia sobre las características limnológicas del ecosistema. Por ejemplo, al producir el aumento del tiempo de residencia del agua, se disminuye la turbulencia y genera una mayor cantidad de ambientes de aguas calmas, favoreciendo el desarrollo de algas. Así, con menores valores relativos de nutrientes, pueden ocurrir fenómenos de floraciones algales (MVOTMA-DINAMA, 2016a).

Desde el punto de vista biológico la transformación del río en embalse genera cambios en la sucesión natural, favoreciendo por un lado el establecimiento de especies acuáticas capaces de adaptarse a las nuevas condiciones ambientales y por otro la desaparición de especies que estaban originalmente en el río, como las migradoras. Cambia la biodiversidad (Conde *et al*., 1999).

3.2-Régimen hidrológico

La cuenca posee un régimen hidrológico variable en términos de aportaciones, teniendo regímenes de precipitación distribuidos a lo largo de toda la cuenca sin una tendencia espacial específica (MVOTMA-DINAMA, 2014). El régimen de precipitación estacional, si bien presenta variabilidad a lo largo del año, registra con frecuencia acumulados mensuales con picos en febrero y mínimos en marzo y junio.

El régimen de caudales en el cauce principal está condicionado de manera crítica por el sistema de embalses existente para la generación hidroeléctrica: Rincón del Bonete, Baygorria y Palmar. Sus características específicas se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1: Características de los embalses del Río Negro.

Embalse	**Rincón del Bonete**	**Baygorria**	**Palmar**
Volumen (Hm^3)	19268	732	3530
Superficie (km^2)	1070	100	320
Profundidad máxima (m)	32	20	15
tiempo de retención hidráulico (d)	140	3	22
Potencia instalada (MW)	155 (4 turbinas)	108 (3 turbinas)	333 (3 turbinas)
Año instalación	1948	1960	1981
Central Hidroeléctrica	Gabriel Terra	Baygorria	Constitución

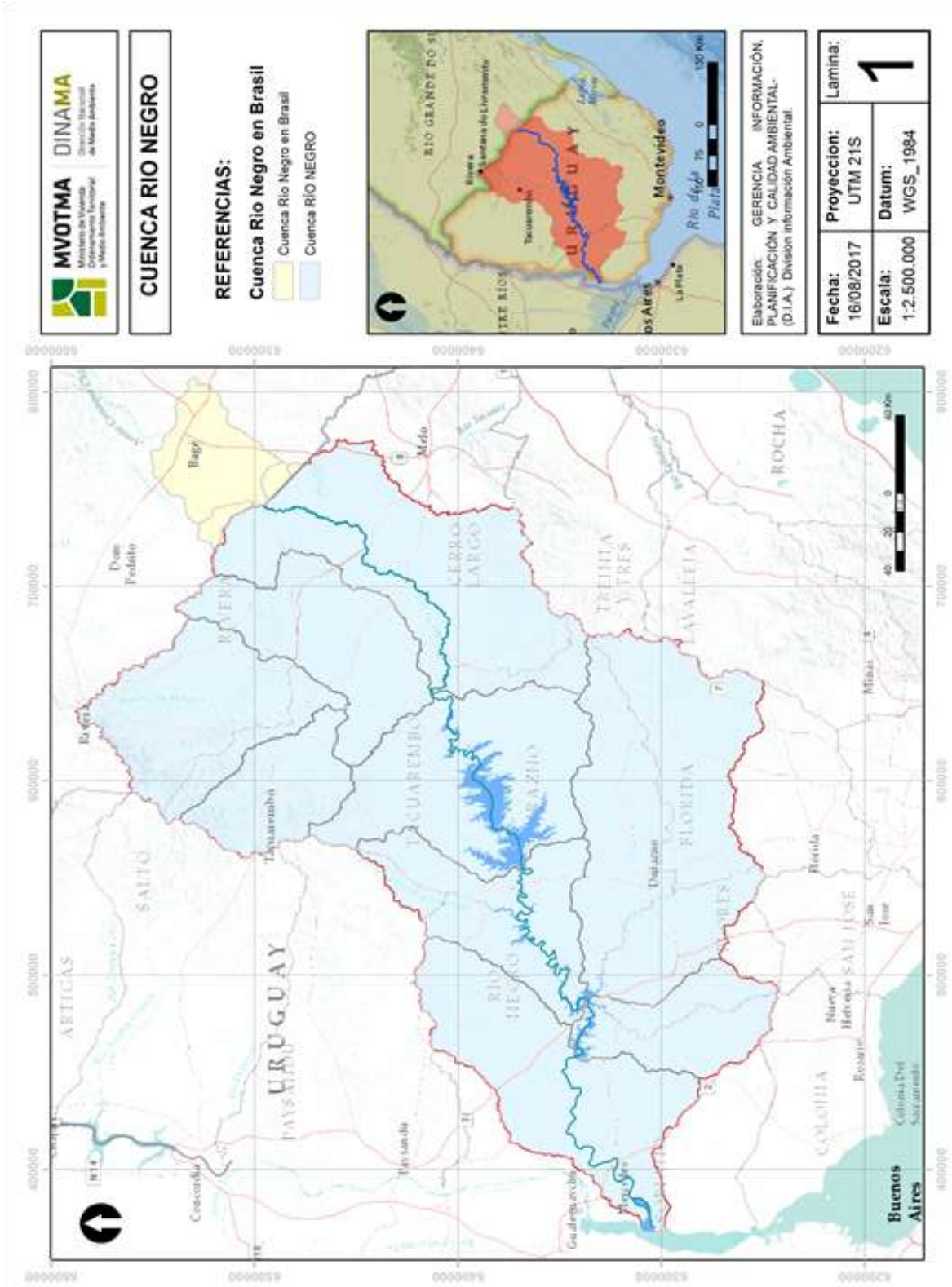


Figura 1: Ubicación de la cuenca del Río Negro en el territorio nacional y en sus nacientes en Brasil.

El embalse de cabecera tiene una capacidad de almacenaje relativa muy superior al resto (la capacidad de embalse de Baygorria y Palmar sumadas representa el 22 % que la capacidad de Rincón del Bonete), ya que también acumula para la generación propia y de las centrales hidroeléctricas aguas abajo.

El criterio de operación de los embalses está dirigido por la demanda eléctrica existente, por lo tanto, en el curso principal existen períodos de estiaje y de avenidas marcados por esta operativa. Esto hace que en períodos de acumulación el embalse pueda estar sin vertido, mientras que en otras condiciones se pueda llegar a picos que generan avenidas controladas. En función de esto es relevante considerar que estas variaciones pueden tener incidencia directa en las condiciones de calidad de agua a lo largo de la cuenca (http://simsee.adme.uy/index.php).

3.3-Afluentes

A lo largo de su trayectoria en territorio nacional, recibe el aporte de varios afluentes (Figura 2). En su margen izquierda se destaca la afluencia de los arroyos Fraile Muerto, Tupambaé, El Cordobés, Las Canas, El Chileno, Carpintería Sur, Grande (caudal promedio 32 m^3/s) y Bequeló. Sumándose a éstos el más importante de esta margen, el río Yí que pasa por la ciudad de Durazno, y alcanza un caudal promedio de 174 m^3/s. La principal actividad productiva en su cuenca es la agricultura. En su margen derecha desembocan el Arroyo San Luis, limitando con Brasil, y los Arroyos Malo, Salsipuedes, Grande, del Blanquillo, Carpintería Norte y Cardozo. Además de su más importante afluente el Río Tacuarembó, cuyo caudal promedio es de 279 m^3/s, representando el cuerpo de agua más caudaloso de la cuenca del Río Negro.

La cuenca del río Tacuarembó forma parte de la cuenca alta del río Negro. Tiene una superficie de 16273 Km^2 y la integran los departamentos de Rivera y Tacuarembó (con 103493 y 90053 habitantes, respectivamente; INE 2011). Este río atraviesa la ciudad de Tacuarembó donde se localizan algunas industrias y cuya cuenca presenta desarrollo agrícola-ganadero y forestal. Sus nacientes se encuentran en el extremo norte del departamento de Rivera entre la cuchilla de Cuñapirú y la cuchilla Negra, recorre el departamento de norte a sur e ingresa en el departamento de Tacuarembó hasta desembocar en el río Negro. Recoge aportes del río Tacuarembó Chico y de los arroyos Cuñapirú, Zapucay, Lunarejo, las Cañas, Tres Cruces, Tranqueras, Batoví, del Sauce, Caraguatá y Yaguarí, entre otros de menor relevancia. Asimismo, en esta cuenca se encuentra una de las principales zonas de recarga del acuífero Guaraní. El uso principal de suelo es herbáceo natural lo que la define como una cuenca mayoritariamente ganadera, seguido de cultivos de secano e inundables en el sur y sur este, y plantaciones forestales en el noroeste (MVOTMA-DINAMA, 2018a).

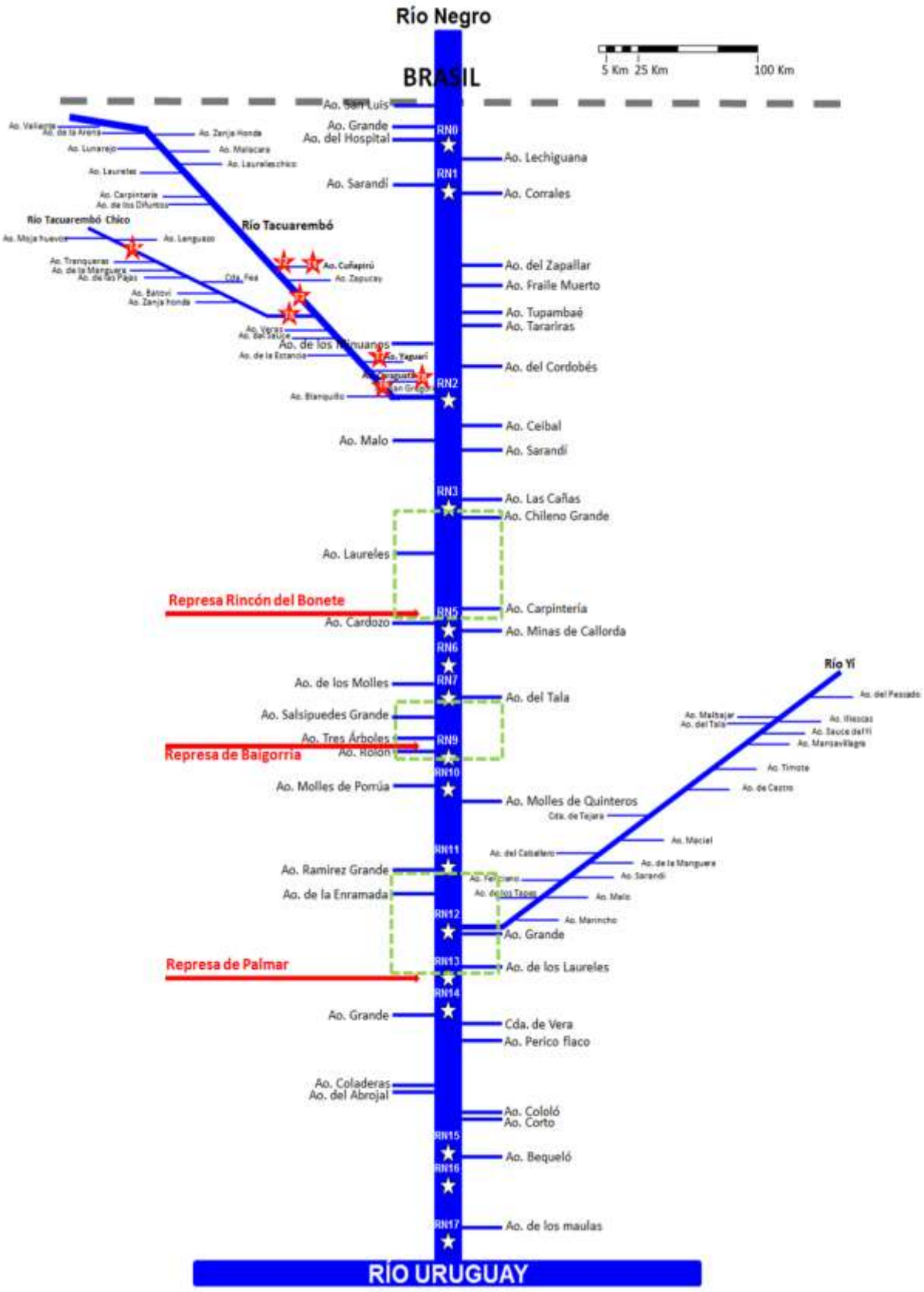


Figura 2: Diagrama de la cuenca del río Negro. En líneas punteadas verde se representan los embalses.

3.4-Geología

La cuenca se asienta en diferentes zonas geológicas, pasando por el macizo cristalino, las Lavas del Arapey (basálticas), areniscas y conglomerados cretácicos, los limos de Fray Bentos y terrenos pliocénicos y cuaternarios. En conjunto, la cresta Basáltica solo afecta la porción NW de la cuenca, ya que el extremo sur desaparece bajo capas cretácicas y terciarias de areniscas, conglomerados y limos de diverso origen. Los limos, especialmente en los Departamentos de Soriano y Río Negro, son una excelente base para la formación de suelos de gran calidad, sustentadores de los mejores suelos agrícolas del país (Conde *et al*., 1999).

3.5-Ecología

A nivel ecológico la cuenca del Río Negro abarca varios ecosistemas por su extensión. De acuerdo con las necesidades de este trabajo, se utiliza la ecorregión (ER) como unidad de referencia; La ER es una unidad relativamente grande de territorio que contiene un ensamblaje de comunidades naturales distintivo, caracterizado por compartir la gran mayoría de las especies, en un marco de condiciones ambientales y dinámica común (Dinerstein et al., 1995, 2000). Según la clasificación y delimitación se identifican siete ER en Uruguay (Brazeiro *et al.*, 2012). La cuenca del Río Negro contiene cuatro ER: la Cuenca sedimentaria Gondwánica que cae dentro de la zona alta, la cuenca sedimentaria del Oeste en la que se encuentra la zona baja, y la Cuesta basáltica en donde se encuentran localizada la zona de las represas. Por último, en el Escudo Cristalino se encuentra en la parte de la confluencia río Yí (Figura 3).

De acuerdo con Brazeiro et al. (2012), la ER de la cuenca sedimentaria Gondwánica presenta una elevada riqueza de especies indicadoras, endémicas y casi endémicas, como en el caso de anfibios, reptiles, aves, mamíferos, y especialmente en leñosas, con un alto porcentaje de pastizales por unidad censal, que ronda el 80%; uno de los mayores del país. Esta región contiene la segunda mayor riqueza total del país a nivel de especies (854 especies). La ER de la Cuenca sedimentaria del Oeste presenta también una elevada riqueza de especies (804 especies) y se destaca por la diversidad de especies de peces (170 especies), además de presentar la mayor riqueza de especies indicadoras, endémicas y casi endémicas del país. El porcentaje de praderas por unidad censal es relativamente bajo (<40%) respecto a las otras ER. La ER de la Cuesta Basáltica en tanto presenta la mayor riqueza total del país a nivel de especies (911 especies). También posee una considerable riqueza de especies endémicas y casi endémicas, presentándose como un sistema muy diferenciado. Además, esta es la región con la mayor proporción de praderas naturales del país, que cubren en general más de un 80% de las unidades censales. En esta zona se pudieron reconocer tres unidades principales de pastizales. Por último, la ER del Escudo Cristalino integra solo una pequeña parte de la cuenca del Río Negro, en la zona de desembocadura del río Yí. Está caracterizada por un nivel de riqueza intermedio (727 especies), con especies de peces, anfibios, aves y mamíferos, presentando un considerable número de aves indicadoras. En promedio las unidades censales de esta ER tienen entre 60 y 80% de cobertura de pastizales bastante bien diversificados.

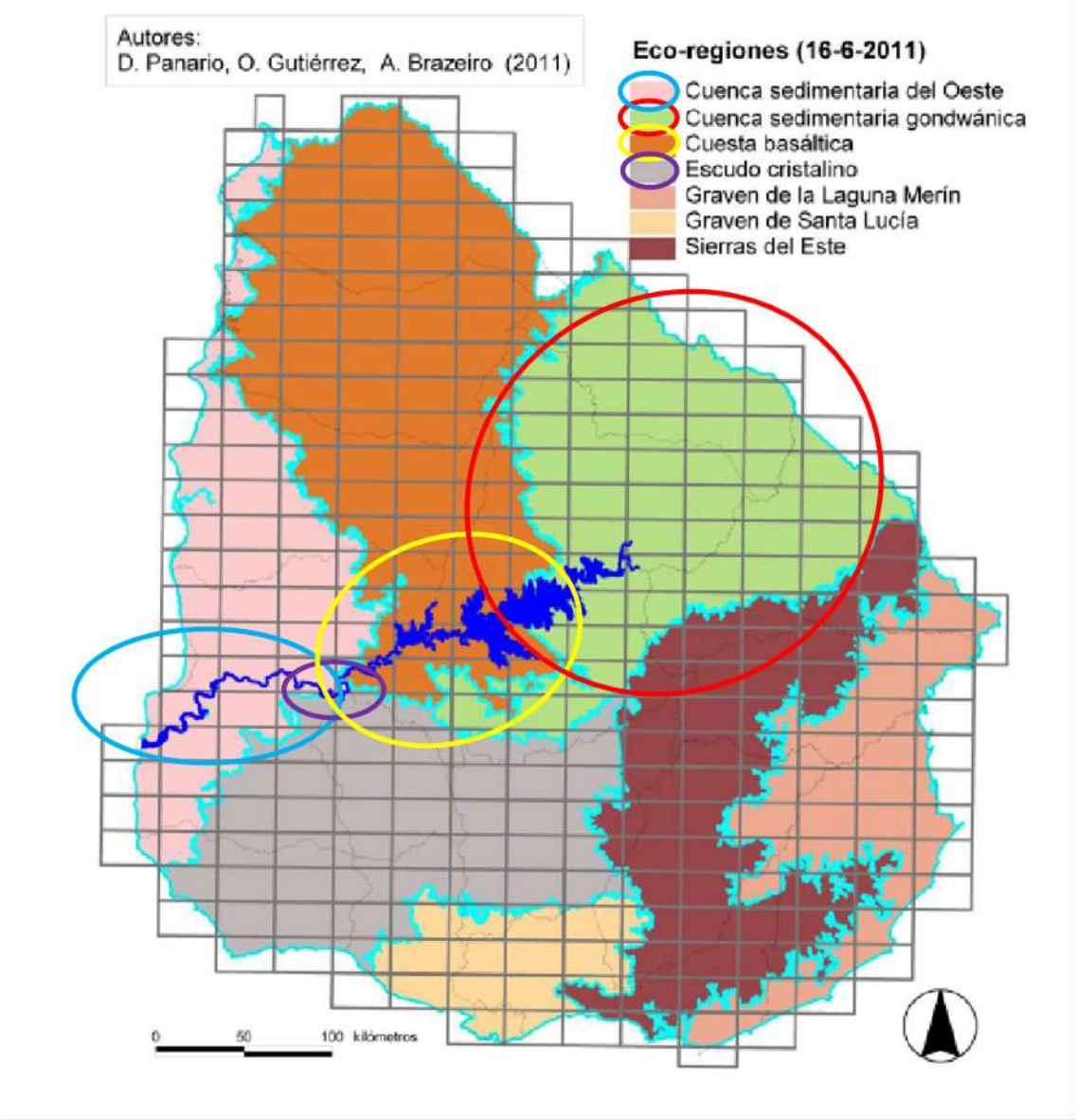


Figura 3: Ecorregiones presentes en la cuenca del Río Negro de acuerdo con el mapa de Eco-regiones de Uruguay de Brazeiro et al. 2012.

3.6-Usos del suelo

Los principales usos del suelo en la cuenca del Río Negro son los cultivos -del cual se excluye el arroz que se cuantifica independientemente-, la forestación, los frutales, el bosque nativo, el uso herbáceo o de campo natural que se asocia con la ganadería extensiva, y el uso urbano (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** y Figura 10). Se consideran las superficies de agua naturales y embalsadas del curso principal que representan el 0,4% de la superficie de la cuenca. Casi el 100% de la superficie se encuentra bajo algún tipo de uso productivo (MVOTMA-DINAMA, 2017c). En la cuenca alta, incluyendo territorio de Río Grande del Sur (Brasil) y los departamentos del noreste del Uruguay, las actividades relevantes son la ganadería junto con la forestación, los cultivos de secano y la producción de arroz. Mientras que, en la cuenca media y baja, se destaca el desarrollo de los cultivos de secano (trigo, sorgo, soja, maíz), además de la ganadería (sobre todo en la zona media) y la forestación.

En las nacientes de la cuenca en territorio brasileño, los principales usos cuantificados en el año 2017 fueron los cultivos (en sus categorías de invierno, verano y doble cultivo) con 106.839 há, seguido por herbáceo (92.797 há), arroz con 25.834 há y forestación con 4.513 há (MVOTMA-DINAMA, 2017b). La población brasileña total estimada en la cuenca para 2018 alcanza los 123500 habitantes, con el 84 % en centros poblados. La Ciudad de Bagé, a 60km de la frontera con Uruguay, y con una población de aproximadamente 100.000 habitantes, de redes de saneamiento y tratamiento de efluentes para la mayor parte de los mismos (http://www.daeb.com.br/8/Esgoto.html).

En territorio uruguayo, la cuenca alberga una población total de 371.529 habitantes (INE, censo 2011) y tiene una superficie de 70.714 km². Incluye a los departamentos de Cerro Largo, Tacuarembó, Durazno, Soriano, Flores y Río Negro.

Tabla 2: Superficie y porcentaje de ocupación, de los diferentes usos del suelo en la cuenca de Rio Negro relevada para 2015 (DIA-DINAMA).

Uso	Superficie Km^2	%
Campo natural	37261	54,71
Cultivos	14557,15	21,37
Forestación	7390,57	10,85
Monte nativo	5672,55	8,33
Aguas Artificiales	1516,89	2,23
Arroz	1309,48	1,92
Aguas Naturales	266,15	0,39
Urbano	118,88	0,17
Frutales	11,97	0,02
Total	68104,64	99,99

3.7-Producción ganadera, industrias y vertidos domésticos

Las actividades ganaderas de la zona media y baja de la cuenca, se desarrollan a través de emprendimientos de ganadería extensiva (o tradicional), tambos y, en mayor número, de establecimientos de engorde a corral (Figura 44).

En la cuenca se registran 120 sitios de vertidos a la fecha del 2015-2016, de los cuales 43 (31 industrias + 12 efluentes domésticos), son sujetos de control ambiental por parte de la DINAMA (Tabla 3) (MVOTMA-DINAMA, 2014a). Las industrias representan el 72% de los vertidos controlados y corresponden a los ramos cárnica, celulosa y papel, lácteas, energéticas, extracción de minerales, maderas, química, varias y producción agropecuaria. El resto corresponde al ramo doméstico o saneamiento (28%). La Figura **5** muestra la ubicación de los vertidos industriales y domésticos (OSE), en toda la cuenca.

Tabla 3: Industrias de la cuenca del Río Negro) reportados por la División de Control y Desempeño de Emprendimientos (DCDE)-MVOTMA-**DINAMA (2016).**

Tipo de Fuente puntual	Cantidad de sitios de vertido
Industrias	31
Plantas saneamiento de OSE	12
Colector OSE sin saneamiento	2

Mevir	75
TOTAL	120

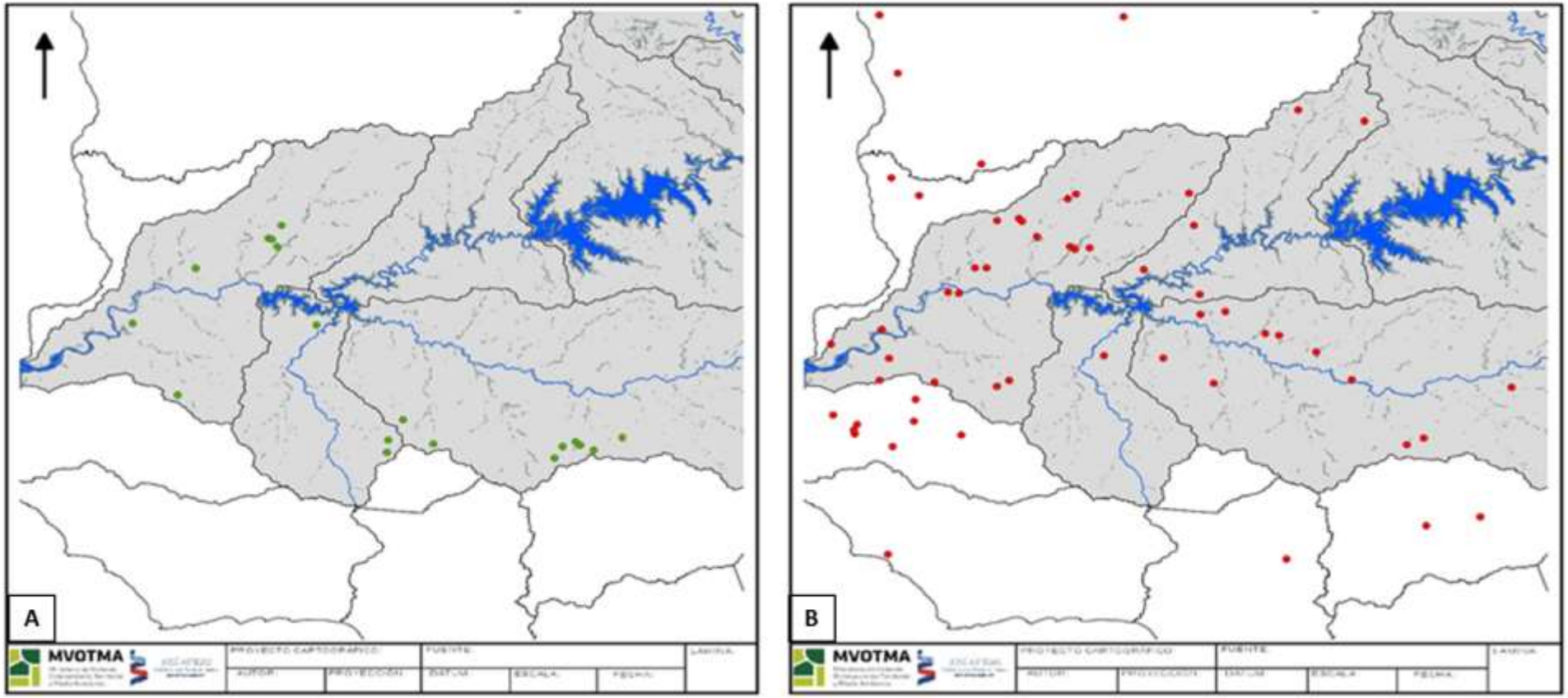


Figura 4: Ubicación de los emprendimientos de: tambos (A) y establecimientos de engorde a corral (B) en la cuenca del Río Negro. División Información Ambiental-DINAMA.

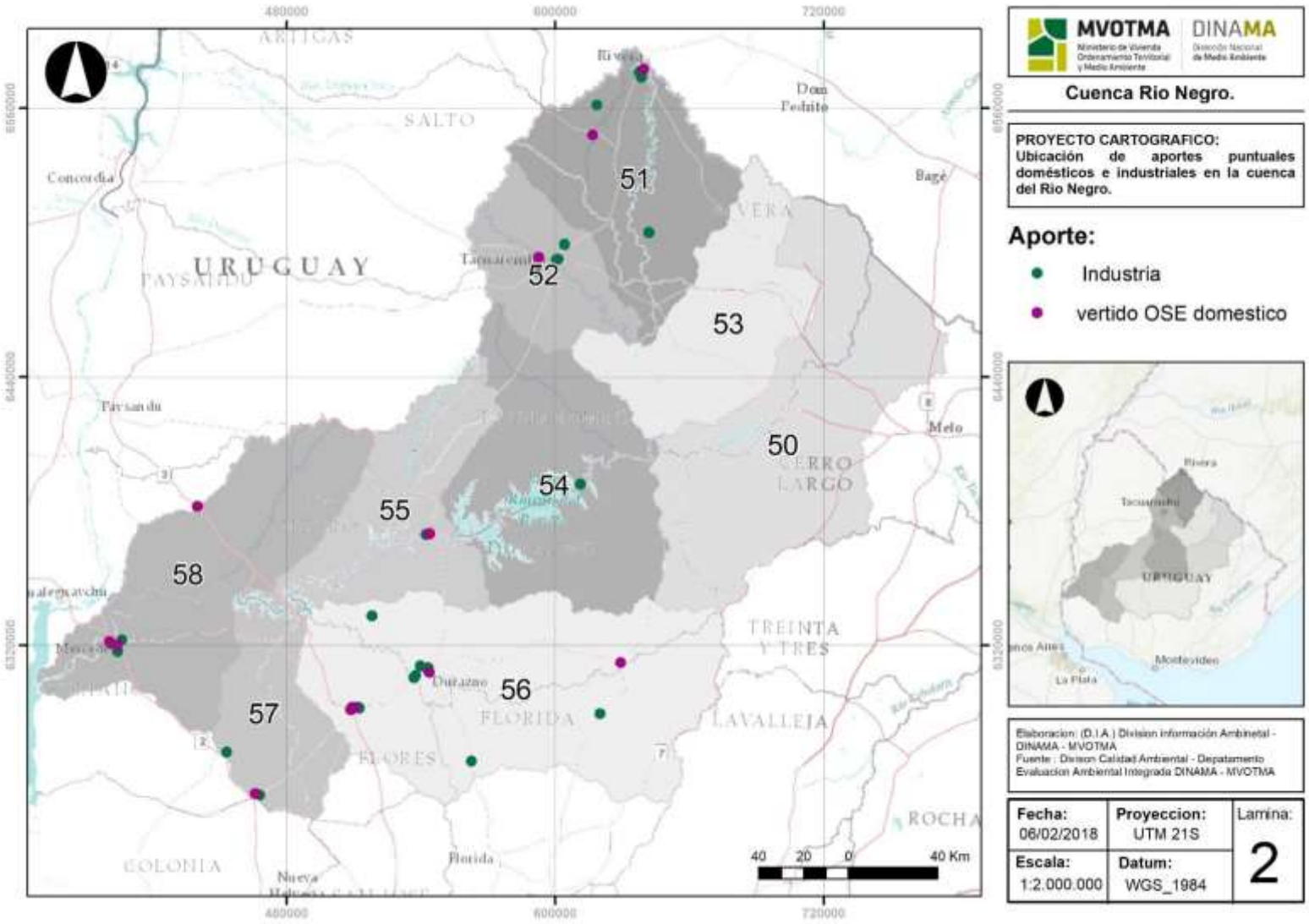


Figura 5: Ubicación en la cuenca del Río Negro de los emprendimientos de vertidos industriales y domésticos para el 2015.

4. Red de monitoreo y análisis de datos

4.1- Programa de Monitoreo

En este trabajo se presentan y analizan en forma conjunta los datos relativos al programa de monitoreo realizado por la DINAMA (MVOTMA) entre los años 2009 y 2017. Dicho programa toma muestras en las matrices agua y sedimento en 15 estaciones a lo largo del curso principal del Río Negro (Tabla 4 yTabla 5) y en 8 estaciones en el Río Tacuarembó (desde 2017). Los sitios de muestreo se indican en la Figura 6; se ubicaron teniendo en cuenta las subcuencas hídricas que drenan en los diferentes tramos del río, incluyendo los tres embalses, aguas arriba y abajo de las represas, las principales ciudades sobre el cauce principal, y la llegada de los principales afluentes del Río Negro (Río Tacuarembó y Río Yí).

Los resultados anuales del programa se presentan en los informes disponibles en www.mvotma.gub.uy/estado-del-ambiente.html.

Tabla 4: Localización y descripción de los puntos del programa de monitoreo del Río Negro de la DINAMA.

Punto de muestreo	Descripción	Subcuenca	Latitud (WGS 84)	Longitud (WGS 84)
RN1	Puente Río Negro y ruta 44.	50	36º06´36´´S	54º40´02´´W
RN2	Desembocadura de Río Tacuarembó.	53	32º30´14´´S	55º30´19´´W
RN3	San Gregorio de Polanco.	54	32º37´16´´S	55º50´31´´W
RN5	Rincón del Bonete, aguas arriba de la represa	55	32º49´24´´S	56º25´10´´W
RN6	Aguas abajo represa Rincón del Bonete.	55	32º50´07´´S	56º25´09´´W
RN7	Aguas abajo cuidad Paso de los Toros.	55	32º49´16´´S	56º30´47´´W
RN9	Aguas arriba de la represa de Baygorria.	55	32º52´34´´S	56º47´55´´W
RN10	Aguas abajo de represa de Baygorria.	55	32º57´17´´S	56º48´42´´W
RN11	Entrada a represa de Palmar	55	33º05´50´´S	57º07´36´´W
RN12	Río Yí	56	33º08´36´´S	57º06´06´´W
RN13	Aguas arriba de represa de Palmar.	57	33º04´01´´S	57º27´15´´W
RN14	Aguas debajo de represa de Palmar.	58	33º02´59´´S	57º27´13´´W
RN15	Aguas arriba de Mercedes.	58	33º14´05´´S	58º00´36´´W
RN16	Aguas debajo de Mercedes.	58	33º14´27´´S	58º03´25´´W
RN17	Desembocadura del Río Negro, frente a Villa Soriano.	58	33º23´18´´S	58º19´02´´W

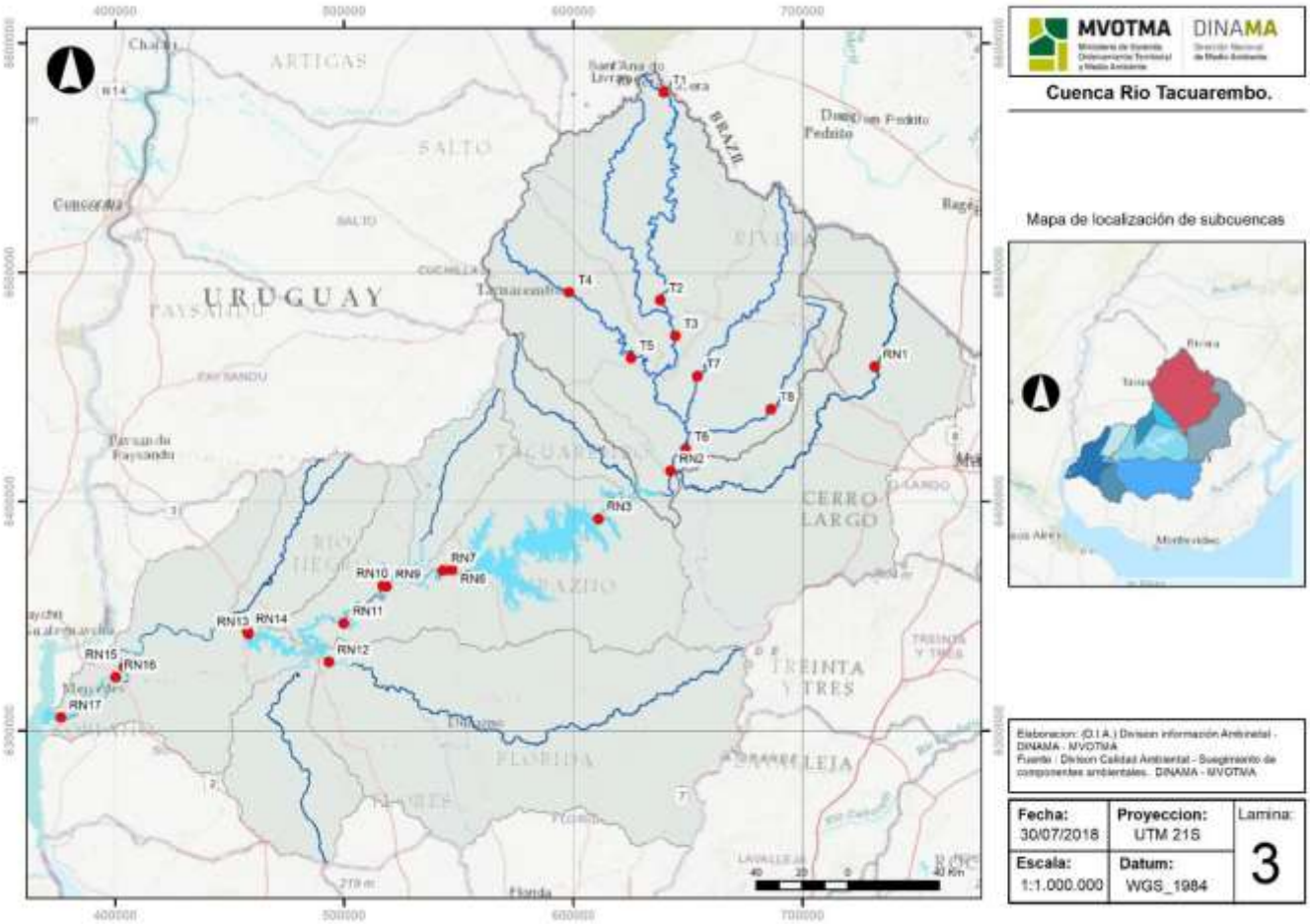


Figura 6: Estaciones de muestreo en la cuenca del Río Negro. Programa de monitoreo de calidad de agua de MVOTMA-DINAMA-MVOTMA. Fuente División Información Ambiental DINAMA-MVOTMA.

Tabla 5: Registro de los muestreos del Río Negro, por sitio y estación del año, realizados por DINAMA entre 2009-2017.

		RN1	RN2	RN3	RN5	RN6	RN7	RN9	RN10	RN11	RN12	RN13	RN14	RN15	RN16	RN17
2009	Verano	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
	Otoño	26-may	SD	26-may	27-may	27-may	27-may	28-may	28-may	2-jun	SD	2-jun	2-jun	3-jun	3-jun	3-jun
	Invierno	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
	Invierno/Primavera	15-sep	15-sep	15-sep	16-sep	16-sep	16-sep	17-sep	17-sep	22-sep	22-sep	22-sep	22-sep	SD	23-sep	23-sep
2010	Verano	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
	Otoño	2-jun	2-jun	2-jun	3-jun	3-jun	3-jun	3-jun	3-jun	9-jun	9-jun	9-jun	9-jun	10-jun	10-jun	10-jun
	Invierno	4-ago	4-ago	4-ago	5-ago	5-ago	5-ago	6-ago	6-ago	11-ago	11-ago	12-ago	12-ago	13-ago	13-ago	13-ago
	Primavera	1-dic	1-dic	1-dic	2-dic	2-dic	2-dic	3-dic	3-dic	3-dic	8-dic	9-dic	9-dic	10-dic	10-dic	10-dic
2011	Verano	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
	Otoño	30-mar	30-mar	30-mar	31-mar	31-mar	31-mar	1-abr	1-abr	6-abr	6-abr	7-abr	7-abr	8-abr	8-abr	8-abr
	Otoño	25-may	25-may	25-may	26-may	26-may	26-may	27-may	27-may	1-jun	1-jun	2-jun	2-jun	3-jun	3-jun	3-jun
	Invierno	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
	Primavera	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
2012	Verano	18-ene	18-ene	18-ene	19-ene	19-ene	19-ene	19-ene	19-ene	24-ene	25-ene	25-ene	26-ene	27-ene	27-ene	27-ene
	Otoño	20-mar	20-mar	20-mar	21-mar	21-mar	21-mar	22-mar	22-mar	27-mar	27-mar	28-mar	28-mar	29-mar	29-mar	29-mar
	Invierno	14-ago	14-ago	14-ago	15-ago	15-ago	15-ago	16-ago	16-ago	21-ago	21-ago	22-ago	22-ago			23-ago
	Primavera	5-dic	5-dic	5-dic	6-dic	6-dic	6-dic	7-dic	7-dic	12-dic	12-dic	13-dic	13-dic	14-dic	14-dic	14-dic
2013	Verano	19-feb	19-feb	19-feb	21-feb	21-feb	21-feb	21-feb	21-feb	26-feb	26-feb	28-feb	28-feb	28-feb	28-feb	28-feb
	Otoño	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
	Invierno	3-jul	3-jul	3-jul	5-jul	5-jul	4-jul	4-jul	4-jul	10-jul	10-jul	11-jul	11-jul	12-jul	12-jul	12-jul
	Primavera	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
2014	Verano	4-feb	4-feb	4-feb	5-feb	5-feb	5-feb	6-feb	6-feb	11-feb	11-feb	12-feb	12-feb	SD	12-feb	12-feb
	Otoño	20-may	20-may	20-may	22-may	21-may	21-may	22-may	22-may	27-may	27-may	29-may	29-may	29-may	29-may	29-may
	Invierno	29-jul	29-jul	29-jul	30-jul	30-jul	30-jul	31-jul	31-jul	19-ago	19-ago	20-ago	20-ago	21-ago	21-ago	21-ago
	Primavera	25-nov	25-nov	25-nov	26-nov	26-nov	26-nov	27-nov	27-nov	3-dic	2-dic	3-dic	3-dic	4-dic	4-dic	4-dic
2015	Verano/Otoño	17-mar	17-mar	17-mar	18-mar	18-mar	18-mar	19-mar	19-mar	24-mar	24-mar	25-mar	25-mar	26-mar	26-mar	26-mar
	Otoño	2-jun	2-jun	2-jun	3-jun	3-jun	3-jun	4-jun	4-jun	9-jun	9-jun	10-jun	10-jun	11-jun	11-jun	11-jun
	Otoño	1-sep	1-sep	1-sep	2-sep	2-sep	2-sep	3-sep	3-sep	8-sep	8-sep	9-sep	9-sep	10-sep	10-sep	10-sep
	Invierno	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
	Primavera	1-dic	1-dic	1-dic	2-dic	2-dic	2-dic	3-dic	3-dic	8-dic	8-dic	9-dic	9-dic	10-dic	10-dic	10-dic
2016	Verano	23-feb	23-feb	23-feb	24-feb	24-feb	24-feb	25-feb	25-feb	1-mar	2-mar	2-mar	1-mar	3-mar	3-mar	3-mar
	Otoño	24-may	24-may	24-may	25-may	25-may	25-may	26-may	26-may	31-may	31-may	1-jun	1-jun	2-jun	2-jun	2-jun
	Primavera	20-set	20-set	20-set	21-set	21-set	21-set	22-set	22-set	27-set	27-set	28-set	28-set	29-set	29-set	29-set
	Primavera	23-nov	23-nov	23-nov	22-nov	22-nov	22-nov	23-nov	23-nov	29-nov	29-nov	30-nov	30-nov	1-dic	1-dic	1-dic
2017	Invierno	4-jul	4-jul	4-jul	4-jul	5-jul	5-jul	5-jul	6-jul	6-jul	11-jul	11-jul	11-jul	11-jul	12-jul	12-jul
	Primavera	3-oct	3-oct	3-oct	4-oct	4-oct	4-oct	5-oct	5-oct	10-oct	10-oct	11-oct	11-oct	12-oct	12-oct	12-oct

Monitoreo de la Cuenca Río Tacuarembó

En la cuenca del Río Tacuarembó se inició el programa de monitoreo de calidad de agua en el verano del 2017, con el objetivo de conocer la calidad del agua en los cursos principales de dicha cuenca y evaluar a corto y mediano plazo los cambios en el sistema. La frecuencia de muestreo es trimestral. Se toman muestras de agua en 8 sitios que incluyen el Río Tacuarembó y sus principales afluentes (Río Tacuarembó Chico, Aº Cuñapirú, Aº Yaguarí y Aº Caraguatá). La nomenclatura de los sitios de monitoreo y su ubicación se indican en las Tabla 6 y Figura 77.

Tabla 6: Localización y descripción de los puntos del programa de monitoreo del Río Tacuarembó de la DINAMA.

Nombre	Sitio	Lat.	Long.
T1=CU 1	A° Cuñapirú "Rivera"	30°55'46.12"S	55°31'13.49"O
T2=CU 3	A° Cuñapirú "Pso° Cunha"	31°44'14.37"S	55°32'37.49"O
T3=TG 3	Tacuarembó "Ansina"	31°52'46.13"S	55°28'20.80"O
T4=TCH 1	Tacuarembó "Ciudad"	31°43'22.13"S	55°56'33.53"O
T5=TCH 2	Tacuarembó Chico "los novillos"	31°57'56.33"S	55°40'32.26"O
T6=TG 4	Tacuarembó "Frig. Modelo"	32°19'18.85"S	55°24'59.14"O
T7=YA 1	Arroyo Yaguarí "Ruta 26"	32° 2'0.61" S	55°22'0.59"O
T8=CA 1	Arroyo Caraguatá "Ruta 26"	32° 9'29.09"S	55° 1'26.17"O

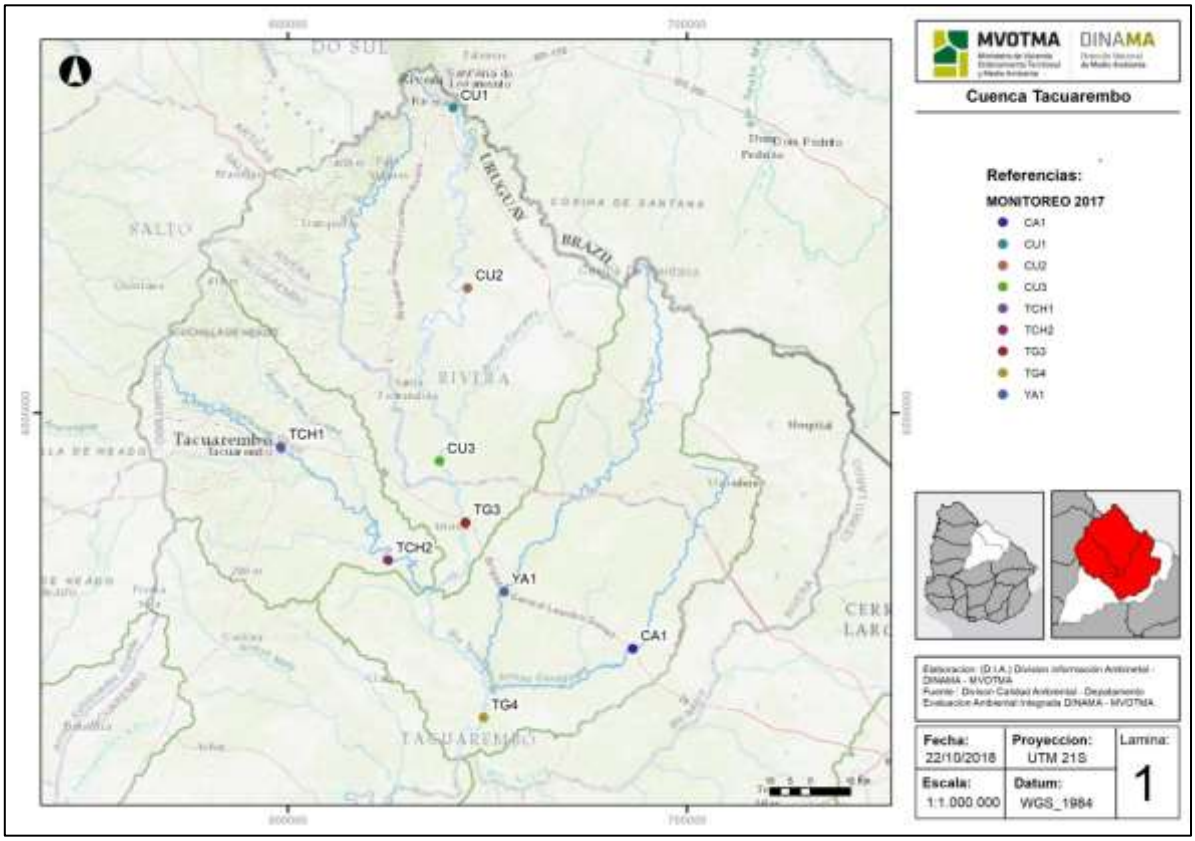


Figura 7: Estaciones de muestreo en la cuenca del Río Tacuarembó. Programa de monitoreo de calidad de agua de MVOTMA-DINAMA-MVOTMA. Fuente División Información Ambiental DINAMA-MVOTMA.

4.2- Parámetros físicos-químicos y biológicos

Se analizaron 36 variables de un total de 43 monitoreadas en 27 muestreos durante 9 años. En la Tabla 7 se indica en qué matriz se analizó cada variable, así como los métodos analíticos empleados.

Tabla 7: Listado de variables por matriz y sus correspondientes unidades, monitoreadas de la cuenca del Río Negro. Las variables con asterisco (*) no se incluyeron en los análisis estadísticos por su baja cantidad de resultados cuantificables o su incorporación en otras variables (iones).

Parámetros	Matriz		Método de Análisis
	Agua	Sedimento	
Conductividad (µS/cm)	X		In situ
Temperatura (ºC)	X		In situ
OD (mg/L)	X		In situ
pH	X		In situ
Secchi (cm) *			In situ
Coli-fecales (UFC /100 mL)	X		5053UY
Alcalinidad (mg CaCO3 /L)	X		1002UY
Calcio (mg/L)*			3129UY
Magnesio (mg/L)*			3139UY
Sodio (mg/L)*			3149UY
Potasio (mg/L)*			3147UY
Nitratos (mgN/L)	X		4085UY
Nitritos (mgN/L)*			4086UY
Amonio (mgN/L)	X		4004UY O 4080UY
NT (mg N/L)	X		
PO4s (µgP/L)	X		4012UY
PT (µgP/L)	X		4014UY o 4013UY
SST (mg/L)	X		1020UY
Clorofila a (µg/L)	X		7004UY
Fenoles (µg/L)	X	X	
AOX (µg/L)	X		8084UY
EOX*		X	
TX*		X	
Arsénico*		X	
Cadmio (mg/L)	X	X	3128UY
Cromo (mg/L)	X	X	3135UY
Hierro (mg/L)	X	X	3138UY
Mercurio (mg/L)	X	X	3141UY
Niquel (mg/L)	X	X	3142UY
Plomo (mg/L)	X	X	3146UY
Cianuro (mg/L)		X	4068UY
Zinc (mg/L)	X	X	3133UY
Endosulfan α (µg/L)	X		
Endosulfan β (µg/L)	X		
Endosulfan SO4 (µg/L)	X		
Glifosato (µg/L)	X		
AMPA (µg/L)	X		
p,p' DDD (µg/L)	X		
p,p' DDE (µg/L)	X		
p,p' DDT (µg/L)	X		
Aldrin (µg/L)	X		
Heptacloro (µg/L)	X		
Lindano (µg/L)	X		
Metoxicloro (µg/L)	X		

Las variables señaladas con asterisco (*) no se incluyeron en los análisis estadísticos debido a las siguientes razones:

- La transparencia medida con el Disco de Secchi, tuvo 115 registros que corresponden al 37% de datos posibles.
- Los parámetros calcio, magnesio, sodio y potasio, se incluyen dentro del parámetro alcalinidad.
- Nitrito (NO_2^-) registró solo el 10% de los datos con valores cuantificables.
- Metales en agua: el porcentaje de datos con valores cuantificables para cada metal analizado fue: As 13%, Cr 10%, Hg 3%, Ni 1% y Pb 1%. El único metal con datos 100% cuantificables fue el Fe.

- En sedimento, los contaminantes resultaron menores al límite de detección analítico (< LD) y menor al límite de cuantificación (<LC), a excepción de los datos de TX (halogenados totales) y fenoles totales, donde se lograron cuantificar el 83% y 21%, respectivamente,
- En sedimento, los metales pesados tuvieron los siguientes porcentajes cuantificables: As 4%, Cd 8%, Cr 83%, Ni 61%, Pb 5%, y Zn y Fe 100%.

Se tomaron muestras de sedimento en 6 estaciones de monitoreo ubicadas tanto en los embalses como en el río propiamente dicho (RN5, RN9, RN 12, RN 13, RN 16 y RN 17). Se analizaron las concentraciones de sustancias fenólicas, haluros orgánicos extraíbles (EOX) y totales (TX) y metales pesados (As, Cd, Cr, Hg, Ni, Pb, Zn, Fe y Cn), sumándose a partir de diciembre del 2016 análisis de fósforo total (PT) y Nitrógeno Kjeldahl (NTK), para 2 campañas, de un total de 27.

4.3- Identificación de zonas comprometidas

Fueron categorizadas las estaciones de monitoreo en base a valores guía por parámetro seleccionado. Los valores que definen las categorías son los valores establecidos en la normativa nacional, o internacional para las variables sin referencias nacionales. Se definieron cuatro categorías de calidad para los sitios de muestreo, en función de los rangos de concentración de los principales parámetros de calidad de agua seleccionados Las categorías Bueno, Aceptable, Comprometido, Muy comprometido, así como los valores que las determinan se presentan en la Tabla 8. En base a estas categorías fueron construidos mapas teniendo en cuenta los datos promedio de todo el período analizado para este estudio (2009-2017) para cada estación de monitoreo.

Tabla 8: Categorías de calidad de las aguas para el Río Negro según normativa nacional e internacional.

	Bueno	Aceptable	Comprometido	Muy comprometido	Normativa de referencia
PT (µg P/L)	≤25	26-70	71-150	≥151	Gesta agua, 25 mg P/L lénticos y lóticos que sean tributarios directos de ambientes lenticos. 70 mg P/L lóticos que no sean tributarios directos de ambientes lénticos (GESTA Agua, 2014)
PO4 (µg P/L)	≤5	6-20	21-70	≥71	Normativa australiana 20 µg/l afluentes, 5 embalses (Australia NWQMS, 2000)
NT (mg/L)	≤0.35	0.36-0.50	0.51-1.0	≥1.1	Normativa australiana 0,5 mg/l afluentes, 0,35 embalses (Australia NWQMS, 2000)
NO3 (mg/L)	≤0.017	0.018-0.700	0.701-3.4	≥3.5	Gesta agua, 5 mg N/L (GESTA Agua, 2014) | Normativa australiana para distintos niveles de proteccion de especies (99, 95, 90 y 80%) 0.017, 0.7, 3.4, 17 mg N/L (Australia NWQMS, 2000)
NH4 (mg/L)	≤0.01	0.02-0.05	0.06-0.09	≥0.1	Normativa australiana 0,02 mg/l afluentes, 0,01 mg/l embalses (Australia NWQMS, 2000)
K (µS/cm)	≤30	31-100	101-200	≥201	Normativa brasilera 100 µS/cm (CETESB Brasil, 2009) | Normativa australiana 20 30 para embalses, 125-2200 para ríos según la geología de la zona (Australia NWQMS, 2000)
Cloa (µg/L)	≤5	5-20	21-30	≥31	Normativa australiana 5 µg/l (Australia NWQMS, 2000) | Consejo Nacional de Medio Ambiente de Brasil (CONAMA, 2005) 30 µg N/L
Coliformes (ufc/100ml)	≤1000	1000-2500	2501-3500	≥3501	Gesta agua, 1000 ufc/100ml (GESTA Agua, 2014) | Consejo Nacional de Medio Ambiente de Brasil (CONAMA, 2010) clase 2 1000 ufc/100ml, clase 3 2500 ufc/100ml
OD (mg/L)	≥8	6.1-7.9	5.1-6.0	≤5.0	Gesta agua 5mg/L (GESTA Agua, 2014)
pH	6.5-8.5	>8.6	6.4-5.1	≤5	Gesta agua 6.5-8.5 (GESTA Agua, 2014) | Normativa Canadá agua recreacional 5-9 (CWQG, 2008)

4.4- Índices de estado trófico y calidad de aguas

El IET (índice de estado trófico) aplicado a los ríos de Uruguay, está basado en la concentración de fósforo total en la columna de agua (Lamparelli, 2004), por lo que es sumamente sensible a los aportes de origen humano, como pueden ser los resultantes de las actividades agrícolas, domésticas, de industrias alimenticias, tambos, establecimientos de engorde en corral, entre las más reconocidas como fuentes de nutrientes en nuestro país. La concentración bruta de fósforo es un fuerte indicador primario del grado de eutrofización del ambiente (DINAMA 2017). El IET categoriza la calidad del agua en 6 rangos de estado trófico que van del "ultraoligotrófico" al "hipereutrofico" (Tabla 9).

Tabla 9. Niveles tróficos definidos por el Índice de Estado Trófico (Lamparelli, 2004), con la correspondiente escala numérica y cromática.

Nivel trófico	IET	Escala cromática
Ultraoligrotrófico	≤ 47	
Oligotrófico	47 <IET≤ 52	
Mesotrófico	52< IET≤ 59	
Eutrófico	59< IET ≤ 63	
Supereutrófico	63< IET ≤ 67	
Hipereutrófico	>67	

Para la aplicación del IET en embalses, el cálculo está basado en fósforo total y clorofila-a (Cunha *et al*., 2013). No obstante, se evaluó que el diseño de monitoreo de este programa no se adecua a la aplicación de este índice, resultando en subestimación del real estado trófico de los embalses (DINAMA 2018); por lo que no aplicará en este estudio.

El IQA (las siglas refieren al *índice de qualidade das aguas*) es un índice desarrollado y utilizado por las autoridades de Brasil (CETESB) a escala nacional. Este índice es una adaptación del *Water Quality Index* desarrollado por la *National Sanitation Fundation* de EEUU en la década de 1970. Utiliza una serie de nueve parámetros de incidencia en la calidad del agua que pueden verse afectados por aportes de fuentes puntuales y difusas (MOVTMA-DINAMA, 2017). El IQA se construye en base a la suma ponderada de la valoración de: Saturación de oxígeno disuelto, Coliformes termotolerantes, pH, DBO_5, Desviación de temperatura, concentración de Nitrógeno total (NT), concentración de Fósforo total (PT), Turbidez y concentración de Sólidos totales (ST). Cuando falta alguno de ellos la calidad y confiabilidad del índice disminuye. Por lo tanto, se estableció un criterio de calidad mínima para el cálculo de este índice, el cual impide su aplicación cuando no se cuente con datos de oxígeno disuelto o de coliformes termotolerantes (parámetros cuyo peso por ponderación es mayor al resto), o cuando no se cuente con más de uno de los datos de pH, turbidez, desvío de temperatura, NT, PT o ST (DINAMA 2018). El índice IQA categoriza la calidad del agua en 5 rangos en una escala de 0 a 100 (Tabla 10).

Tabla 10. Categorías de calidad de agua definidos por el ÍQA (Cetesb, 2009), con la correspondiente escala numérica y cromática

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

4.5- Parámetros Hidrológicos

La información hidrológica fue obtenida del servicio web de UTE[1], que contiene registros diarios para la cuenca, correspondientes a los datos generados en 147 estaciones pluviométricas, 27 estaciones de nivel aforadas que se pueden observar en Figura 8, además de los balances hidráulicos diarios de los 3 embalses con destino a generación hidroeléctrica.

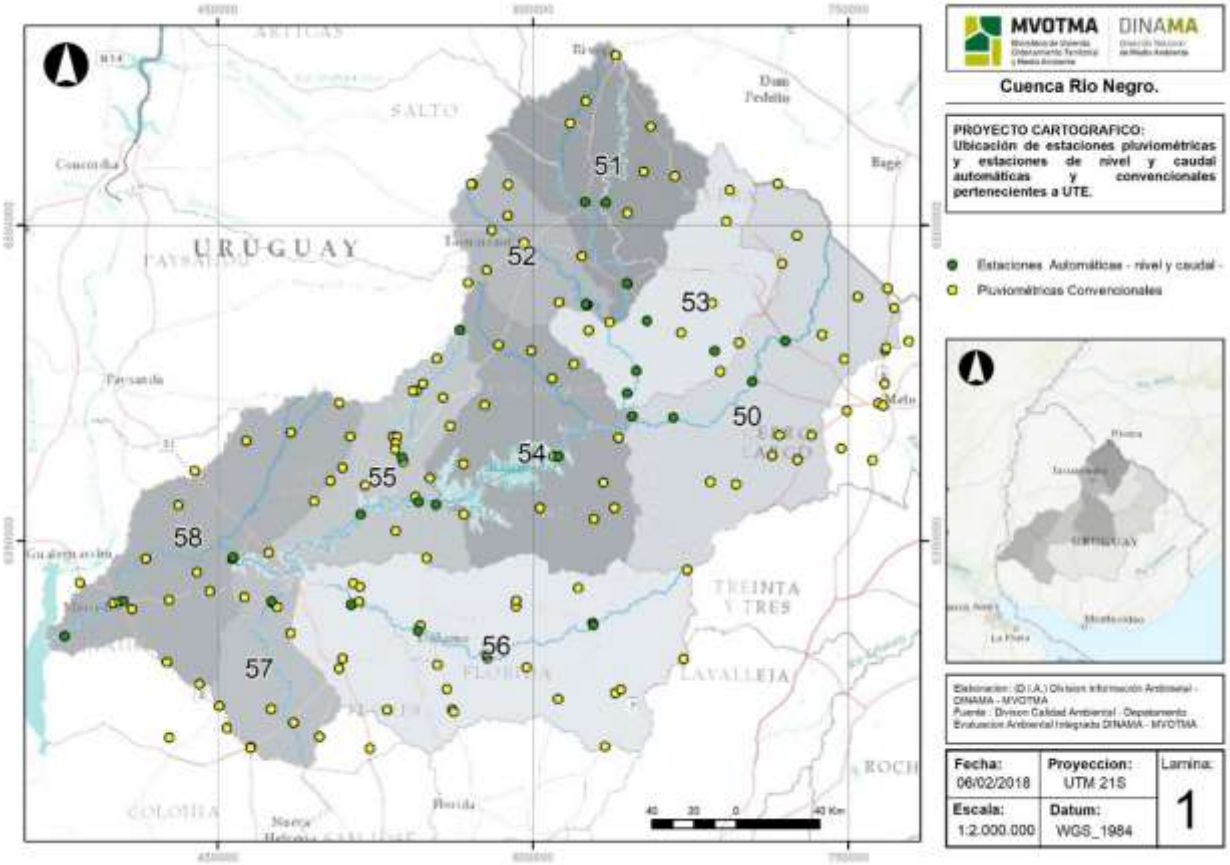


Figura 8: Ubicación de las estaciones pluviométricas y estaciones de nivel-caudal presentes en la cuenca.

[1] (http://www.ute.com.uy/Novedades/Lluvias/precipitacionesocurridaprevisiondeniveles.htm)

Con los datos pluviométricos se analizaron las condiciones generales por subcuenca de grado 2, detallándose en el apartado de resultados:

- Precipitación acumulada anual (mm)
- Precipitación acumulada mensual (mm)

En las estaciones de nivel aforadas se toman los registros por estación para toda la serie. En este caso resulta de interés utilizar estos datos en conjunto con las estaciones de monitoreo de calidad de agua de manera de establecer relaciones caudal-concentración, así como también determinar cargas existentes en unidades de masa/tiempo para distintos parámetros analizados. Es relevante considerar que no todas las estaciones de nivel aforadas mantienen el registro del aforo, por lo que en algunas ocasiones se cuenta solamente con registros de nivel. Los resultados que se utilizan directamente de las estaciones de aforo son los caudales promedio diarios (m^3/d).

Los registros diarios de balance hidráulico se realizan para los embalses de Rincón del Bonete, Baygorria y Palmar. En dichos registros se cuenta con la siguiente información: volumen inicial embalsado, volumen final embalsado, gasto de agua (suma de lo que sale del embalse), volumen turbinado, volumen vertido, volumen filtrado, volumen evaporado, aporte teórico (balance diario del embalse) y nivel en el embalse. Los datos utilizados para el trabajo son: caudal aguas abajo del embalse diario y tiempo de retención hidráulica (TRH).

El parámetro de TRH permite indicar numéricamente la cantidad de tiempo que ha permanecido el agua en el embalse a partir de una metodología establecida. Para su cálculo se divide el volumen medio entre el caudal de salida medio para distintos períodos de tiempo según el embalse. Para establecer el período de tiempo considerado se utilizan los TRH teóricos de cada embalse; estos son: Rincón del Bonete 140 días, Baygorria 3 días, Palmar 22 días. De esta manera, para establecer el TRH (días) para un día determinado en el embalse de Rincón del Bonete se utiliza el volumen medio (Hm^3) en los 140 días previos y se lo divide entre el caudal de salida medio (Hm^3/día) en los 140 días previos, y así para el resto de los embalses. En función de la información detallada se indica para cada estación de calidad de agua el registro de información hidrológica considerado (**¡Error! No se encuentra el origen de la eferencia.**).

Tabla 11: Datos hidrológicos considerados para cada estación de monitoreo de calidad de agua del Río Negro

Estación de muestreo	Información hidrológica
RN 1	Estación nivel-caudal Mazangano
RN 2	Estación nivel-caudal Laguna II y Paso las Piedras
RN 3	Nivel y TRH Embalse Rincón del Bonete
RN 5	Caudal Balance Hidráulico Rincón del Bonete
RN 6	Caudal Balance Hidráulico Rincón del Bonete
RN 7	Caudal Balance Hidráulico Rincón del Bonete
RN 9	Nivel y TRH Embalse Baygorria
RN 10	Caudal Balance Hidráulico Baygorria
RN 11	Nivel y TRH Embalse Palmar
RN 12	Nivel y TRH Embalse Palmar
RN 13	Nivel y TRH Embalse Palmar
RN 14	Caudal Balance Hidráulico Palmar
RN 15	Estación nivel-caudal Mercedes
RN 16	Estación nivel-caudal Mercedes
RN 17	Estación nivel Villa Soriano

4.6- Usos del suelo y aportes difusos

A los efectos del estudio de la cuenca del Río Negro en territorio uruguayo se utilizó la información de usos de suelos correspondiente al Proyecto Land Cover (DINOT-FAO, 2011), en el cual se identificaron los usos del suelo de la cuenca a través de la interpretación de imágenes LANDSAT del año 2011 y 2015 (Figura 9 y Figura **10**). Los datos de uso del suelo resumen las categorías de uso a 6 macro-categorías que incluyen: Arroz, Cultivo, Forestación, Monte nativo, Campo natural, Aguas artificiales y naturales. Para cada macro-categoría de uso del suelo, se calculó la carga de nutrientes que teóricamente se habría liberado asociado a su uso. El dato de carga para cada uso del suelo es por sí un dato agregado que incluye el uso del suelo y su exportación de nutrientes.

Para el análisis de superficies de uso del suelo en la naciente de la cuenca en territorio brasileño, se utilizaron datos relevados por el Departamento de Información Ambiental de DINAMA para el año 2017, basado en imágenes GoogleEarth.

Para los usos predominantes del suelo (cultivos, campo natural, plantación forestal, monte nativo y arroz), se estimó, a nivel de cuencas de orden 2 la cantidad de hectáreas bajo cada uso para 2011 y 2015. A partir de esa información se estimó una tasa de cambio de uso entre los años 2011 y 2015 (Aubriot *et al*., 2018).

Para la estimación de las cargas difusas de nutrientes que recibe el río se utilizó el Método de los Coeficientes de Exportación (Rast y Lee, 1983; Lin, 2004; Endreny y Wood, 2003; Jeje, 2006) propuestos para Uruguay (MVOTMA-DINAMA, 2013). La carga exportada de un nutriente que llega a un curso de agua[2], desde determinado uso del suelo radicado en la cuenca, es igual al producto de la cantidad de hectáreas (afectadas por ese uso determinado) por un coeficiente de exportación calculado de forma empírica[3] para ese uso en concreto. De la sumatoria de estos productos, para todos los usos de suelo, se obtiene la carga total de ese nutriente aportada desde la cuenca. En la

Tabla **12** se presentan los coeficientes utilizados para fósforo total y nitrógeno total, para los cuatro usos de suelo más importantes de la cuenca, según valores definidos en estudios previos de consultoría (MVOTMA-DINAMA, 2013).

Tabla 12: Coeficientes de exportación para los principales usos del suelo de la cuenca, tomado de MVOTMA-DINAMA, 2013.Coeficientes de exportación (kg/ha/año).

Coeficientes de exportación	Nitrógeno Total	Fósforo Total
Cultivos	15.40	4.11
Forestación	1.85	0.29
Herbáceo Natural	0.44	0.01
Monte Nativo	1.30	0.24

[2] Para este informe se realizaron cálculos para Nitrógeno Total (NT), y Fósforo Total (PT).

[3] Usualmente mediante parcelas de escurrimiento donde se realiza un uso determinado de suelo de forma convencional y luego se captura, al cierre de la parcela, el nutriente que escurre superficialmente.

Dado el tamaño de la cuenca del Río Negro y la heterogeneidad de sus usos del suelo, se trabajó en base a sub cuencas de orden 2 (Tabla 13)

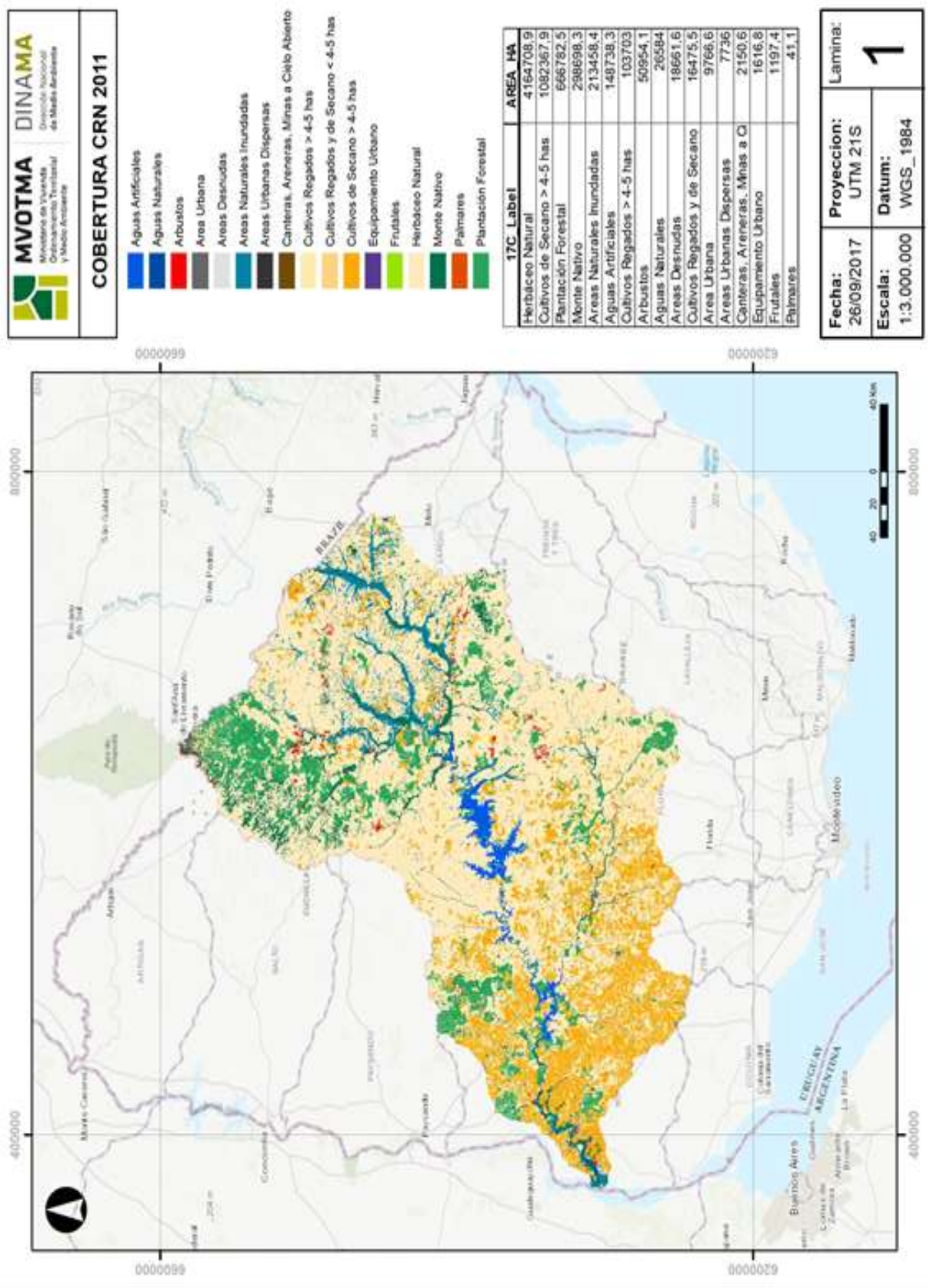
Tabla 13: Sub cuencas de orden 2 del Río Negro, indicando su correspondiente código y sector de la cuenca al que pertenece.

Sub cuenca	Código	Sector de la cuenca
Río Tacuarembó Chico	52	Cuenca Alta
Río Tacuarembó	51	
Río Negro cuenca Alta	50|53	
Arroyo Salsipuedes	55	Cuenca Media
Río Yí	56	
Arroyo Grande	57	Cuenca Baja
Arroyo Grande del Norte	58	

En el Proyecto Land Cover la identificación de usos de suelo se realizó mediante la interpretación en gabinete de imágenes satelitales, pero sin apoyo de campo para su validación. Esto genera algunas limitantes en el uso de la información. Por ejemplo, no se puede diferenciar entre cultivos de verano o invierno, o separar los cultivos de las praderas artificiales. Adicionalmente, ante la ausencia de algunos coeficientes de exportación aplicables a los usos de suelo nacionales, se aplicaron los siguientes supuestos en la asignación de coeficientes de exportación:

- Se asumió a todos los cultivos como de verano, ya que estos son los que más frecuentemente se realizan en el país (ej: soja).
- Se utilizó el coeficiente de exportación “monte nativo”, para las categorías “arbustos” y “áreas naturalmente inundadas”, debido a la similitud de sus ciclos biogeoquímicos para los tres nutrientes estudiados.
- Se asumió como cultivos todas las áreas vinculadas con cultivos forrajeros y praderas artificiales, dado la dificultad para diferenciarlos.
- Se utilizó el coeficiente de exportación “herbáceo natural”, para “áreas urbanas dispersas” por la similitud de sus ciclos biogeoquímicos.

Se estimó la cantidad de ganado bovino de la cuenca a partir de los datos de los Anuarios Estadísticos Agropecuarios (DIEA-MGAP) por Departamento de la cuenca. Dividiendo el total de cabezas por la superficie total de cada departamento, se obtuvo el promedio de cabezas de ganado por hectárea en cada Departamento. Luego para cada cuenca de orden 2 se estimó la cuota parte de superficie que cada Departamento componía cada cuenca. Finalmente se prorrateó el dato de cabezas/hectárea de cada Departamento que componían cada cuenca de orden 2 obteniéndose el dato anual de cabezas de ganado presentes en cada cuenca de orden 2. Esta información se utilizó para evaluar el efecto del ganado en la calidad del agua de la cuenca.



17C_Label	AREA_HA
Herbáceo Natural	4164708,9
Cultivos de Secano > 4-5 has	1082367,9
Plantación Forestal	668782,5
Monte Nativo	298698,3
Areas Naturales Inundadas	213458,4
Aguas Artificiales	149738,3
Cultivos Regados > 4-5 has	103703
Arbustos	50954,1
Aguas Naturales	26584
Areas Desnudas	18661,6
Cultivos Regados y de Secano	16475,5
Area Urbana	9766,6
Areas Urbanas Dispersas	7736
Canteras, Areneras, Minas a C	2150,6
Equipamiento Urbano	1616,8
Frutales	1197,4
Palmares	41,1

Figura 9: Mapa de usos del suelo de la cuenca del Río Negro en 2011. División Información Ambiental-DINAMA, metodología FAO.

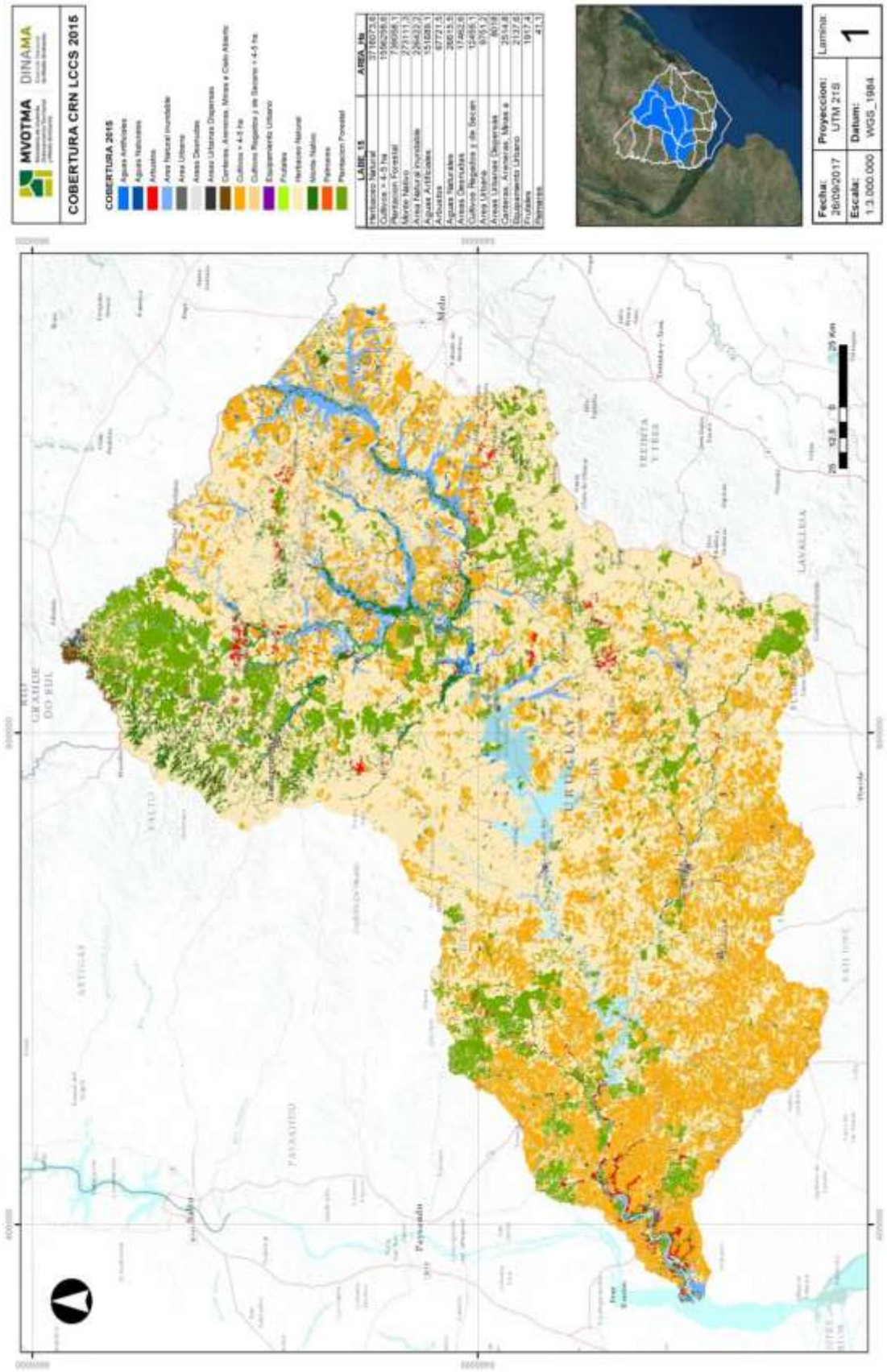


Figura 10: Mapa de usos del suelo de la cuenca del Río Negro en 2015. División Información Ambiental-DINAMA, metodología FAO.

4.7-Vertidos domésticos, industriales y agroindustriales

Se realizó un relevamiento de las industrias y puntos de vertidos domésticos en la cuenca a partir de información brindada por la División Control Ambiental de la DINAMA para el período 2015-2016.

Fueron tenidos en cuenta los datos reportado por las empresas correspondientes a ubicación geográfica, caudal medio del efluente durante la toma (m^3/h) y concentraciones de nitrógeno total (mg NT/L), fósforo total (mg PT/L) y DBO_5 (mg O_2/L).

A partir de las concentraciones de NT, PT y DBO_5 y los caudales vertidos fueron calculadas las cargas promedio anual de cada uno de los vertidos para el 2015-2016. Para ello se multiplicó la concentración por el caudal vertido.

Con el fin de conocer la relación entre los aportes puntuales y difusos en la cuenca se realizó una comparación entre las cargas aportadas por ambas fuentes integrando información de 2015.

4.8-Cargas de nutrientes en embalses

Fueron calculadas las cargas instantáneas de NT y PT a la entrada y salida de cada uno de los embalses del Río Negro. Para ello se multiplicó el caudal medido por las concentraciones de los nutrientes mencionados, para cada muestreo puntual a lo largo del período de estudio (2009-2017). Las estaciones de monitoreo consideradas para el cálculo de las cargas de nutrientes fueron: Rincón del Bonete (RN3 y RN6); Baygorria (RN7 y RN10); Palmar (RN11 y RN14).

4.9-Análisis estadísticos

Para caracterizar el sistema a través de sus variables físicas, químicas y microbiológicas se aplicó estadística descriptiva, determinando rangos, promedios, medianas y sus correspondientes máximos y mínimos (diagramas de cajas, boxplots), a los valores de cada variable para cada estación, considerando todos los muestreos.

Para identificar patrones espaciales y temporales, así como factores determinantes en la caracterización del ambiente, se utilizó estadística uni y multivariada, que permiten comparar datos de diferente tipología (cualitativos, cuantitativos, discretos, continuos, nominales, etc.). Debido a que en la mayoría de los casos no se cumplió con los supuestos de homocedasticidad, los datos fueron estandarizados para todos los parámetros mediante una conversión de los datos a rangos. Se utilizó el paquete estadístico PAST 3.0. (Acceso al software en https://folk.uio.no/ohammer/past/) y Microsoft Excel 2010.

Se calculó la tendencia de NT y PT a lo largo del tiempo en cada estación de muestreo (RN1 a RN 17), primero se analizó la autocorrelación temporal mediante función de autocorrelación (ACF). También se evaluó la presencia de datos fuera de rango según Zuur et al (2010). Para las estaciones sin autocorrelación temporal significativa se realizó una regresión lineal de los datos brutos (PT: RN2, RN3 (excluyendo el máximo), RN7 a RN13, RN15, RN16 y RN17; NT: RN1, RN6 (excluyendo el máximo), RN7, RN12, RN13, RN15, RN16) o transformados con logaritmo Neperiano (PT: RN5, RN6 y RN14; NT: RN3 y RN11). La distribución normal de los residuales se analizó mediante Shapiro-Wilk y el análisis visual. Se utilizó la plataforma R versión 3.5.0.

Para evaluar diferencias entre las zonas alta, media y baja del río, se realizaron test de Kruskal-Wallis y pos hoc con Chi cuadrado.

Análisis de componentes principales (ACP)

El análisis de componentes principales (ACP) es un procedimiento que permite sintetizar las variables ambientales en ejes, o componentes ortogonales, que explican la mayor variabilidad posible en un conjunto de datos multidimensionales (Davis, 1986; Harper, 1999). Así, surgen nuevas variables las cuales son combinaciones lineales de las anteriores. El PCA permite que un conjunto de datos muy grande de variables ambientales se reduzca a un conjunto de datos reducido que consiste en variables ortogonales (no colineales) que resumen la varianza de los datos. Los ejes de variación están construidos para optimizar la adaptación de datos o variables ambientales a un modelo estadístico lineal que por ejemplo puede medir la variación de la abundancia de especies a lo largo de un gradiente ambiental (Ter Braak & Prentice, 1988). El grado de importancia de los ejes se expresa por el valor del *eigenvalue*, entre 0 y 1, de modo que cuanto mayor es este valor, más relevante es el eje (o mejor dicho, el gradiente ambiental expresado por él). El primer eje es el que explica la mayor parte de la varianza y los siguientes el resto. Cada eje está más o menos relacionado con las variables originales, así es posible deducir qué variables ambientales explican la mayor parte de la variabilidad de los datos. A partir de esta distribución de las variables en torno a cada eje se interpretan los factores que inciden en esa distribución, o sea, las forzantes.

Análisis de agrupamiento

En estadística, la agrupación o análisis de agrupamiento (cluster analysis) es un conjunto de técnicas de análisis de datos multivariados dirigidos a la selección y agrupación de elementos homogéneos en un conjunto menor de datos. Las técnicas de agrupación se basan en medidas relacionadas con la similitud entre los elementos. En muchos enfoques, esta similitud, o mejor dicho, disimilitud, se concibe en términos de distancia en un espacio multidimensional (Davis, 1986; Harper, 1999). Los algoritmos de agrupamiento reúnen los elementos sobre la base de su distancia mutua. A través de este análisis una gran cantidad de datos ambientales se ordenan en grupos de datos que tienen características comunes. El resultado puede ser representado por dendrogramas que son instrumentos gráficos que muestran la distancia entre los grupos individualizados por agrupación de datos estadísticos. En este estudio fue aplicado el método Ward.

Modelos de regresión linear (correlaciones lineares)

La correlación indica la tendencia que tienen dos variables (X e Y) para variar juntos, es decir, para covariar. Esto no quiere decir que existe una precisa relación causa-efecto pero es más probable que exista al aumentar la fuerza de la correlación. Se utilizó el coeficiente de Correlación linear de Pearson para medir el grado de covariación entre distintas variables relacionadas linealmente (Pearson & Heron 1913). Este coeficiente puede variar entre -1 y +1 donde estos valores representan una relación perfecta positiva y una relación perfecta negativa. Se aplicó para relacionar los parámetros de calidad del agua con indicadores de uso del suelo, con el objetivo de identificar la posible relación entre ellos. Una vez que se identificó una correlación representativa, se utilizó el modelo de regresión lineal para confirmar la asociación entre las variables. Los promedios anuales de las variables de las diversas campañas de monitoreo se usaron para hacer correlaciones con las variables de uso del suelo (tanto para 2011 como para 2015). Para mejorar el dato las correlaciones se hicieron solo con las estaciones de cierre de cuenca hidrográfica (RN1, RN2, RN3, RN7, RN12, RN13, RN15) de modo tal de correlacionar los aportes de cada cuenca a un punto de monitoreo bien definido.

Análisis de la varianza (ANOVA)

Es una técnica de estadística inferencial que permite confrontar dos o más grupos de datos comparando la variabilidad interna en estos grupos con la variabilidad entre los grupos (John Wiley & Sons, 2001). La idea de base es que la hipótesis nula (H_0) indica que los datos tienen la misma distribución estocástica y entonces que las diferencias encontradas en los grupos y entre grupos sean debidas solo a la casualidad. Pero si no es así (no se cumple la H_0), significa que hay forzantes que condicionan la distribución de los datos. Esta técnica es muy útil para identificar condiciones diferentes en las estaciones de monitoreo respecto a los parámetro físico-químicos y entonces optimizar los muestreos para tener informaciones más exhaustivas.

5- Resultados

Los resultados muestran la situación de la calidad del agua desde sus parámetros físicos, químicos y microbiológicos hasta la relación existente entre dicha situación y el entorno de los sitios analizados en el programa de monitoreo. Como entorno se considera el ambiente físico del sistema acuático y la cuenca de drenaje. Por la diversidad y cantidad de información, el análisis y discusión de estos resultados se presenta en el capítulo 6.

5.1- Parámetros Fisicoquímicos

5.1.1- Variables *in situ*

A lo largo del río, se observó un patrón en los valores de algunos parámetros básicos (Figura 11 a Figura 15). La conductividad, amonio, nitratos, nitrógeno total, fosfatos y fósforo total, registraron los valores más altos en las zonas alta y baja de la cuenca y en la estación RN12 (ubicada en la confluencia del río Yí con el embalse Palmar), mientras que los valores más bajos se registraron en la zona media.

La **temperatura** del agua presentó un rango de valores entre 9,3 y 30,4 º C. Los valores promedio fueron relativamente constantes en toda la cuenca (en el entorno de los 19 º C).

La **conductividad** presentó un rango entre 31,9 y 241,8 µS/cm, con mayor amplitud en la zona alta. Los valores promedio más altos se registraron en las zonas alta y baja de la cuenca, en las estaciones RN1 y RN16 de 117,2 µS/cm (rango 38,3 a 241,8 µS/cm) y 112,4 (rango 77,6 a 163,3 µS/cm), respectivamente. En la zona media los valores fueron más homogéneos en el entorno de 82,5 (rango 51,8 a 135,8 µS/cm), a excepción RN12 con un promedio de 124,9 (rango 83,2 a 224,5 µS/cm) (Figura 11).

El **oxígeno disuelto** (OD) presentó valores de concentración entre 4,97 y 15 mg/L, aceptables respecto a la normativa vigente, que indica un mínimo de 5 mg/l (Decreto 253/79). Los promedios más bajos se registraron en la zona alta de la cuenca (7,4 mg/L en la estación RN2), mientras que el mayor valor promedio fue de 8,9 mg/L ubicado en la estación RN5 en la zona media de la cuenca (Figura 11).

Los valores de **alcalinidad** estuvieron entre 16,3 y 110 mg CaCO3/L. Los promedios más altos se registraron en las estaciones de la zona alta (41,9 mg CaCO3 /l en RN1) y baja de la cuenca (52,8 mg CaCO3 /l en RN16), mientras que en la estación RN12, se registró el valor promedio más alto (57,0 mg $CaCO_3$ /L) (Figura 11).

Los niveles de **pH** estuvieron entre 5,8 y 9,3. En las estaciones RN1, RN2, RN3, RN5, RN6 y RN 12, se registraron valores de pH por debajo de 6,5, y en RN3 y RN5 se observaron valores por encima de 8,5 (Figura 11). Dichos valores son los estándares de calidad indicados por la normativa vigente. Las estaciones de la zona alta presentaron los valores más bajos de **pH**, incrementándose a partir de RN3.

Los **sólidos suspendidos totales** presentaron un rango de concentración entre 6 y 180 mg/L, siendo cuantificables el 40% de los datos. Los valores más altos correspondieron a las estaciones de la cuenca alta (con un valor promedio de 32,3 mg/L en RN1), disminuyendo en la zona media para luego aumentar su concentración hacia la zona baja.

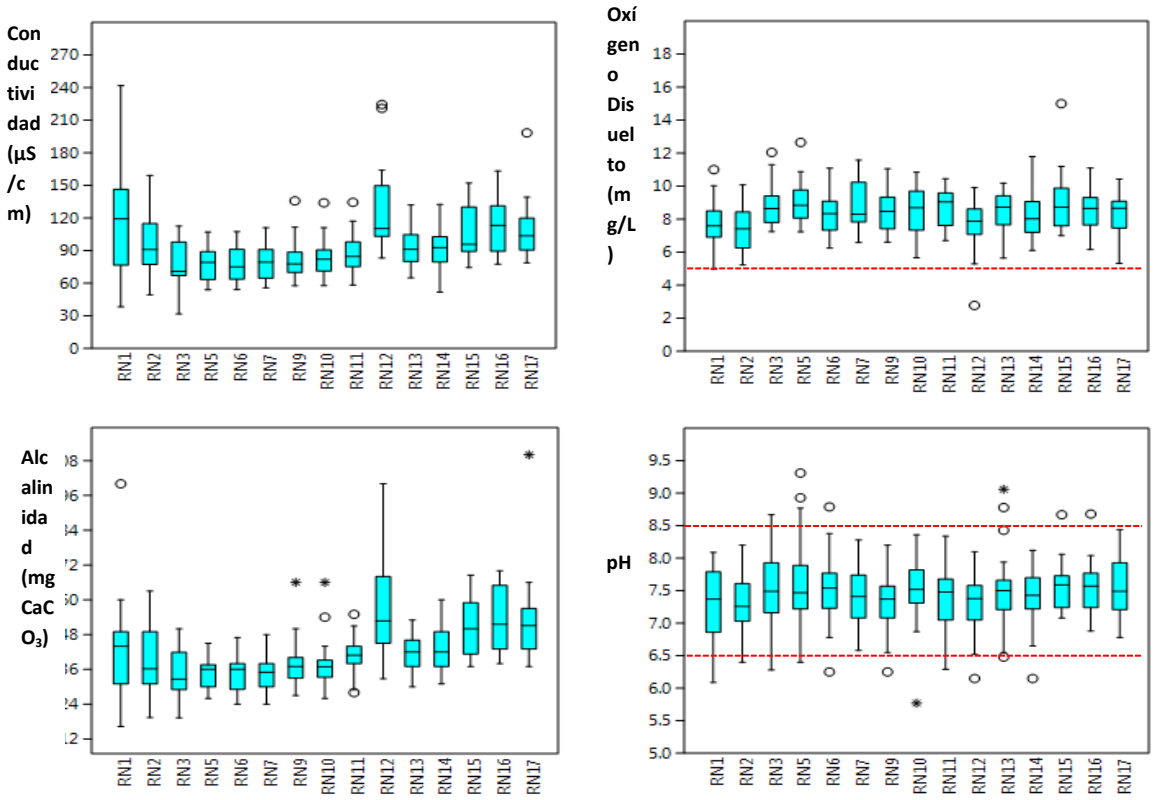


Figura 11: Variación del rango (25-75%) y mediana de conductividad, oxígeno disuelto (OD), alcalinidad y pH para el período 2009-2017. Las estaciones se ordenan de naciente a desembocadura (RN1 a RN17). Los círculos corresponden a valores fuera de rango.

5.1.2- Nutrientes

La concentración de **nitrato (NO_3)** registró un rango entre 0,01 y 1,2 mg N/L. Los valores promedio más altos se registraron en la zona alta (estación RN1) con 0,27 mg N/L (rango 0,01 a 1,2 mg N/L), disminuyendo en la zona media, incrementándose nuevamente hacia la zona baja (Figura 12). El **amonio (NH_4)** presentó un rango de concentración entre 0,004 y 0,24 mg N/L, registrándose el mayor promedio de 0,04 mg N/L (rango 0,004 a 0,17 mg N/L) en RN1, mostrando en el resto del sistema la misma tendencia que el NO_3. El rango de concentración del **nitrógeno total (NT)** fue entre 0,06 y 4,3 mg N/L, con el mayor promedio de 1,3 mg N/L (rango 0,1 a 2,6 mg N/L) también en la estación RN1, y con la misma tendencia que el NO_3 (Figura 12). Para todos los nutrientes nitrogenados la estación RN12 fue la excepción de la zona media, debido a que presentó en todos los casos valores superiores al resto de las estaciones.

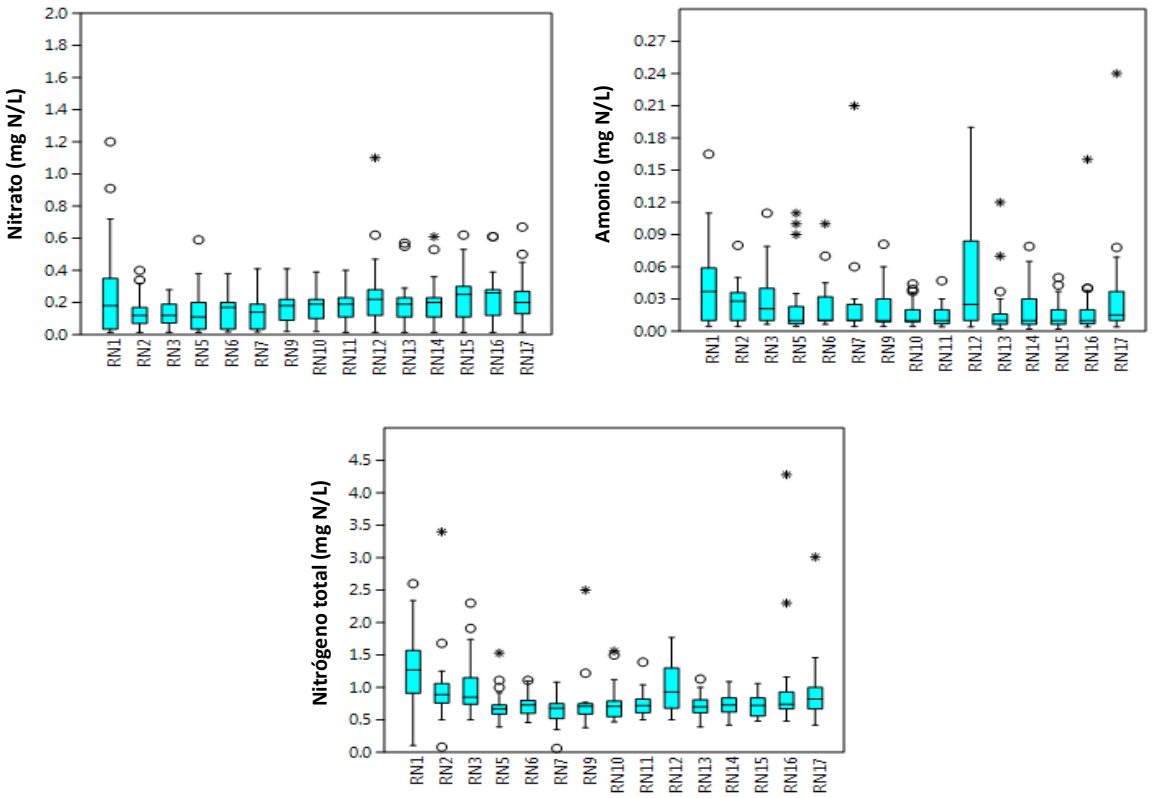


Figura 12: Variación del rango (25-75%) y mediana de amonio, nitratos y nitrógeno total (NT) para el período 2009-2017. Las estaciones se ordenan de naciente a desembocadura (RN1 a RN17). Los círculos corresponden a valores fuera de rango.

La concentración de NT a lo largo del curso principal, mostró rangos de concentraciones similares en las zonas baja y media, que a la vez fueron menores que en la zona alta (Chi-cuadrado = 137.12, gl = 104, p = 0.01638). El alto aporte de nitrógeno desde la zona alta del río se registra principalmente en RN1 y si bien muestra una reducción aguas abajo, el valor medio se mantiene igual. Por otra parte, la zona media que contiene las represas, registra concentraciones similares a la zona baja, de régimen fluvial. La alta concentración registrada en RN12 se refleja en los valores de la zona media, donde contrario a la dilución esperable por el efecto de las represas, su rango y mediana son similares a la zona fluvial y agrícola (Figura 12).

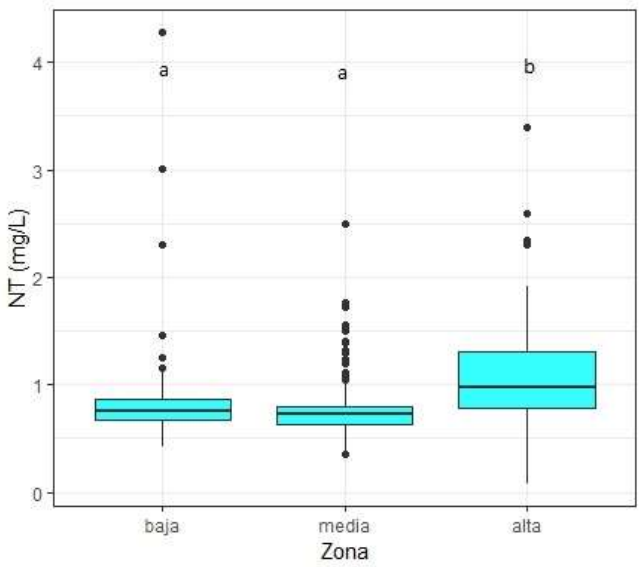


Figura 13. Rango (percentil 25 y 75) y mediana de la concentración de NT en las zonas baja, media y alta del Río Negro entre 2009 y 2017. Los círculos corresponden a valores fuera de rango.

Los **nutrientes fosforados,** Fósforo Total (PT) y Fósforo reactivo soluble (PO_4), presentaron de forma general la misma tendencia que los nitrogenados (Figura 14). Los valores mínimos para el PT y el PO_4 fueron 36 µg P/L y 4 µg P/L, mientras que los máximos fueron 460 µg P/L y 260 µg P/L, respectivamente. En la zona alta se registraron los mayores valores promedio de 154 µg P/L (rango 75 a 246 µg P/L) para el PT, mientras que en la estación próxima al Río Yí se presentaron los mayores valores de PO_4 (promedio: 95 µg P/L; rango: 4-260 µg P/L). La mayoría de los valores de PT registrados superaron el estándar fijado en la normativa ambiental vigente de 25 µg P/L, y los propuestos en la modificación del decreto de 70 µgP/L (GESTA-AGUAS, 2014). Cabe destacar, que tanto los niveles de PO_4 y PT en Palmar fueron superiores a los de Baygorria, dado que recibe un aporte significativo desde el río Yí (RN12) como se observa en la Figura 14.

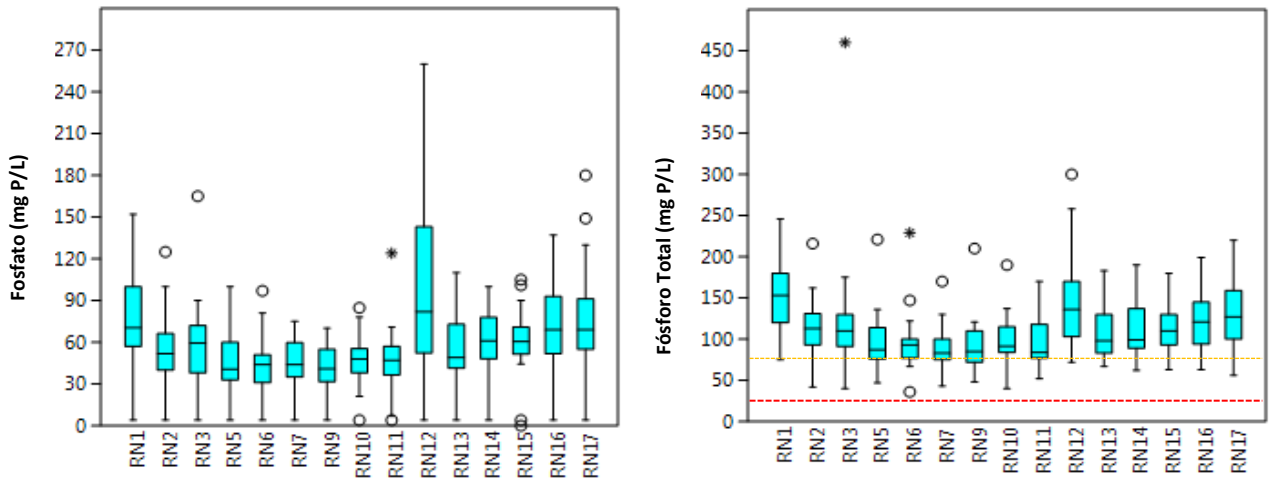


Figura 14: Variación del rango (25-75%) y mediana de fosfatos y fósforo total (PT) para el período 2009-2017. Las estaciones se ordenan de naciente a desembocadura (RN1 a RN17). Los círculos corresponden a valores fuera de rango.

Los niveles de fósforo total en las zonas alta, media y baja de la cuenca, mostraron concentraciones similares entre las zonas alta y baja, a la vez que éstas fueron mayores a la concentración de PT de la zona media (Chi-cuadrado = 36.787, gl = 2, $p < 0.001$). Los altos valores de la zona alta se vinculan con las altas concentraciones registradas en la estación de ingreso RN1, las cuales se reducen aguas abajo; mientras que las altas concentraciones en la cuenca baja se asocian a los aportes de los afluentes que drenan las cuencas agrícolas de la zona baja. El alto valor de la estación RN12, que se destaca en la zona media, se diluye en el embalse de Palmar (Figura 15).

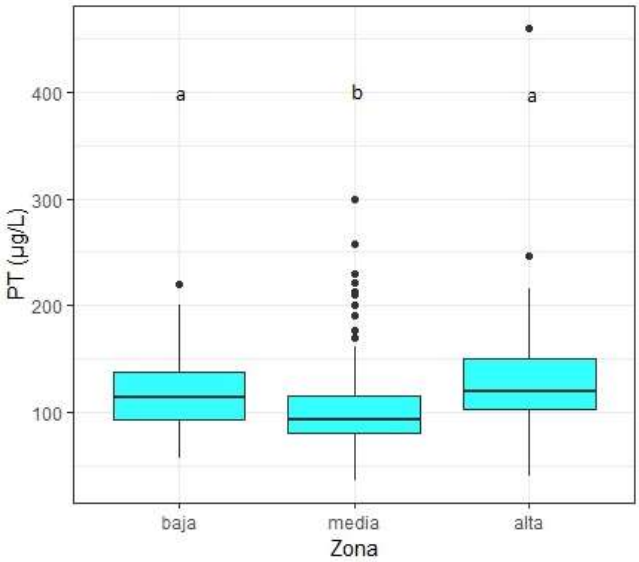


Figura 15. Rango (percentil 25 y 75) y mediana de la concentración de PT en las zonas baja, media y alta del Río Negro entre 2009 y 2017. Los círculos corresponden a valores fuera de rango.

5.2- Parámetros Biológicos

La biomasa fitoplanctónica estimada a través de la clorofila a, presentó un rango de concentración entre 0,05 y 276 µg/L. Los menores valores correspondieron a las estaciones fluviales, mientras que los máximos se dieron en las estaciones del embalse de Rincón del Bonete, con un promedio de 14,6 µg/L (rango 0,1 a 192 µg/L) en la estación RN5 (Figura 16). Aguas abajo de ésta, en RN6 próximo a la ciudad de Paso de los Toros, también se registraron promedios relativamente altos de biomasa fitoplanctónica (Figura 16) posiblemente favorecido por la influencia del embalse y las condiciones locales (como la disponibilidad de nutrientes). Por otro lado, el embalse de Palmar (RN13) registró el valor promedio siguiente de concentración de clorofila a. Si bien el TRH de este sistema fue menor que el del embalse Baygorria, la biomasa fitoplanctónica fue mayor (Figura 16).

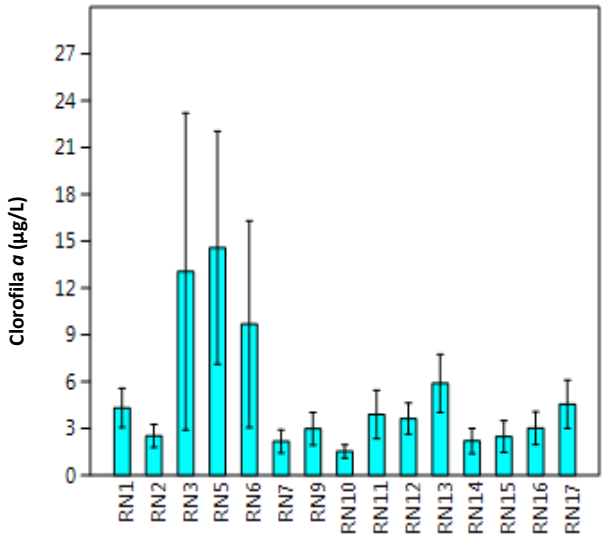


Figura 16: Datos promedio y errores estándar para el período 2009-2017 de clorofila *a*.

Los **coliformes termotolerantes** registraron sus valores más altos en las estaciones RN16 con un promedio de 735,6 ufc/100ml (rango: 6 a 5900 ufc/100ml) (próxima a la cuidad Mercedes), RN14 con promedio de 434,1 ufc/100ml (rango: 1 a 7100 ufc/100ml), RN1 426,5 ufc/100ml (rango: 45 a 2000 ufc/100ml) y RN3 ubicada próxima a San Gregorio de Polanco con 425,2 ufc/100ml (rango: 1 a 8400 ufc/100ml) (Figura 17).

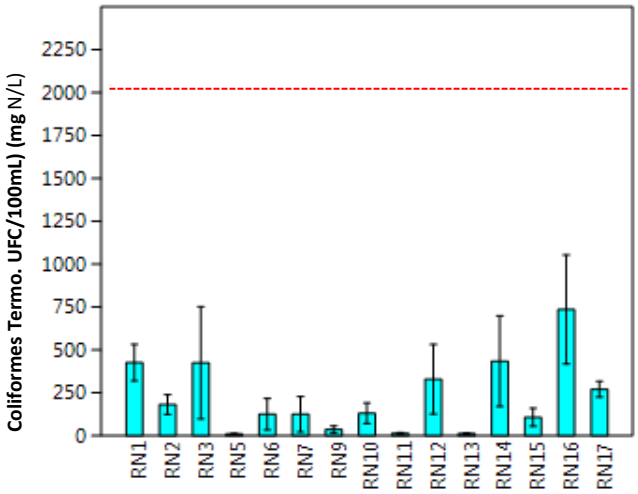


Figura 17: Datos promedio y errores estándar para el período 2009-2017 de coliformes termotolerantes. La línea punteada roja representa el valor de referencia máximo propuesto tanto en el decreto 253/79, como en la propuesta de modificación del mismo.

5.3- Metales y Compuestos orgánicos

Matriz agua

La concentración de **metales pesados** (Cr, Ni, Pb, Cd, Zn) analizados en **agua** presentó valores no detectables en un 87% de los registros, entre todos. La excepción fue el Fe, con todos sus valores cuantificables. Le siguieron: As 13%, Cr 10%, Hg 3%, Ni 1% y Pb 1%. El Cr se cuantificó en el 10 % de los análisis, los cuales sobrepasaron el estándar (0,5 µgCr/l) en cuatro ocasiones en 2009: en mayo en RN10 y en setiembre en RN5, RN10 y RN11. El Zn fue cuantificable en el 18% de los análisis, incumpliendo con el estándar (0,030mg/l) en 7 ocasiones (2% de los registros). La información correspondiente al total de los registros se presenta en el Anexo 1, Tabla 22,Tabla **23**,Tabla **24**,Tabla **26**,Tabla **28**, Tabla **30**, Tabla **32** yTabla **34**.

Las **sustancias fenólicas** presentaron el 11% de los datos cuantificables (65 % fueron no detectables). Todos cumplieron con el estándar vigente (0,2 mg/L en C6H5OH), dado que las concentraciones estuvieron en el rango de 0,0015 a 0,043 mg/l.

Los **AOX (halogenados orgánicos absorbibles)** presentaron 26 % de datos cuantificables, con un rango de concentración entre 8,5 y 104 µg/l. Los valores más altos no presentaron un patrón claro, registrándose cada año en estaciones diferentes (Tabla 14). El total de los registros se presenta en el Anexo 3.

Los **pesticidas** Endosulfan α, Endosulfan β, Endosulfan SO_4, p.p`DDD; p,p'DDE; p,p'DDT; Aldrin; Dieldrin; Lindano; Metoxicloro; Heptacloro; Atrazina; Glifosato y AMPA fueron analizados a partir del año 2011. El 100% de los registros cumplió con los valores establecidos en la normativa vigente, siendo la mayoría de los resultados menores al límite de detección analítico. Los valores cuantificables se asociaron principalmente a estaciones ubicadas en la porción baja y media de la cuenca (Anexo 1, Tabla 25,Tabla **27**,Tabla **29**,Tabla **31**,Tabla **33** y Tabla **35**).

Tabla 14: Valores máximos de AOX registrados cada año.

Año	Estación	Concentración de AOX (µg/L)
2009	RN16	43,0
2010	RN2	52,0
2011	RN1	23,5
2012	RN10	104,0
2014	RN12	18,0
2017	RN12	18,0
	RN15	20,0

Matriz sedimento

En el Anexo 4 se exponen los datos de las sustancias analizadas en los sedimentos del Río Negro para el período 2009-2017.

Las concentraciones de **sustancias fenólicas** cuantificadas en sedimentos (23% del total de las muestras analizadas), van desde 0,02 a 0,35 mg/kg, con una mediana de 0,04 mg/kg. Los valores más altos (por encima de 0,20 mg/kg) se observaron en la estación RN12, ubicada en el embalse de Palmar próxima al río Yí, siguiéndole la RN13 en el embalse propiamente dicho y la estación RN17 llegando a la desembocadura del Río Negro.

Los **haluros orgánicos** totales fueron cuantificables en un 98% de los casos, presentando valores entre 1,9 y 26,0 µg Cl/g con un promedio de 10,5 µg Cl/g en los 9 años de muestreo Los valores más altos fueron registrados en Palmar y próximo a la ciudad de Mercedes (en las estaciones RN12, RN13 y RN16, con valores de 26, 22 y 22 µg Cl/g, respectivamente).

No existe normativa nacional ni internacional que guíe las concentraciones de sustancias fenólicas y haluros orgánicos en sedimentos que puedan ocasionar efectos sobre el medio.

De los 9 **metales pesados** analizados en los sedimentos, 4 fueron cuantificables entre 47 y 100% de los casos (% de datos cuantificables de Ni= 47%, Cr=68%, Zn=92% y Fe=100%). Mientras que el As, Cd, CN, Pb y Hg estuvieron siempre por debajo del límite de cuantificación, a excepción del As con un 2% de los datos cuantificables y el Pb con 6% de valores cuantificables (Tabla 15).

Tabla 15: Arsénico (As) y Plomo (Pb) cuantificados en sedimentos del Río Negro.

Estación de monitoreo	Fecha	As (mg/kg)	Pb (mg/kg)
RN5	Enero 2012	19	15
	Marzo 2012	16	
RN9	Mayo 2009		9.8
	Enero 2012		24
	Marzo 2012	21	
RN12	Agosto 2010		16
RN13	Mayo 2009		8.7
	Enero 2012		19
	Marzo 2012		16
RN17	Mayo 2009		5.9
	Julio2017		21

Las concentraciones de metales pesados se encuentran en concentraciones aceptables según la normativa internacional (dado que no existe normativa nacional para sedimentos), a excepción del Arsénico el cual fue cuantificado en tres oportunidades en Rincón del Bonete, excediendo los valores de referencia (ISQG[1]= 5,9 mg/kg). Mientras que el Cromo y el Níquel excedieron el ISQG (ISQG= 37,7 mg/kg) en el 18% (en Bonete y Palmar) y 17,5% (ISQG= 21 mg/kg) (en Bonete, Baygorria y Palmar) de los casos, respectivamente (MVOTMA-DINAMA, 2018b).

Dentro de los **nutrientes** el fósforo total se encuentra debajo de los valores guía propuestos por la normativa canadiense (600mg/kg), mientras que los valores de nitrógeno Kjeldahl, exceden las concentraciones guía para el efecto menor sobre los organismos bentónicos (550 mg/kg).

El **PT** en los sedimentos del Río Negro varió entre 165 y 469 mg/kg. Con valores promedio de 307,2 mg/kg en 2016 y 272,5 en 2017. Las estaciones RN5 y RN9, fueron las que presentaron los valores más altos, mientras que el más bajo se dio en RN17 en el 2016.

Las concentraciones de **NTK** variaron entre 670 mg/kg y 3350 mg/kg, cuyos promedios son 1396 mg/kg en 2016 y 2100 mg/kg en 2017. Cabe destacar que la estación RN12 ubicada en el río Yí, próxima al embalse del Palmar, presentó las concentraciones más altas de NTK con 3350 mg/kg para el 2016 y 2500 mg/kg para el 2017. Mientras que las estaciones RN9 y RN13 se asemejan a la RN12 en cuanto a su concentración de NTK para el 2016, con 2500 mg/kg y 2000 mg/kg, repectivamente. Las estaciones RN5 (en Rincón del Bonete) y RN17 (en la desembocadura del río) presentan las concentraciones más bajas, variando entre 670 y 1400 mg/kg.

5.4- Zonas comprometidas

De acuerdo a las categorías de calidad de agua establecidas según los rangos de concentración de los principales parámetros analizados (Tabla 16: 6), resulta de forma general que los nutrientes y la conductividad señalan a las estaciones de las zonas alta y baja, incluyendo la estación RN12 (río Yí), como las más comprometidas (Anexo 2).

Los parámetros que presentan categorías comprometidas y muy comprometidas (rojos y naranjas) son: conductividad, NT, fosfatos y PT (Figuras 51, 53, 55 y 56). Por otra parte, los valores de amonio y nitratos son considerados altos para toda la cuenca alcanzando niveles muy comprometidos en la estación RN15 para amonio (zona baja de la cuenca) (Figuras 52 y 53).

La clorofila *a,* presentó categoría aceptable (amarillo) en los embalses, mientras que para el resto de la cuenca registró categoría buena (verde) (Figuras 57).

Por último, según la clasificación realizada los coliformes termotolerantes presentaron valores considerados como buenos en toda la cuenca (Figura 58).

Tabla 16: Determinación de la calidad de agua por estación de monitoreo en el curso del Río Negro, según categorías definidas por rangos de valores de las variables seleccionadas.

	Fósforo t.	Fosfato	Nitr.t.	Nitrato	Amonio	Conduc.	Clorf.a	Colif.tt	OD	pH
RN1										
RN2										
RN3										
RN5										
RN6										
RN7										
RN9										
RN10										
RN11										
RN12										
RN13										
RN14										
RN15										
RN16										
RN17										

5.5- Cuenca del Río Tacuarembó

Entre las diferentes subcuencas de los afluentes del Tacuarembó, se registró un valor medio de **conductividad** de 88 ± 48 µS/cm, con un mínimo de 32 µS/cm en el Río Tacuarembó Grande y un máximo de 239 µS/cm en el Río Tacuarembó Chico. En este sistema se observa la influencia de la cuidad de Tacuarembó sobre la conductividad. La **alcalinidad** mostró el mismo patrón que la conductividad registrándose el valor mínimo de (13 mg CaCo3/L) en el Río Tacuarembó Grande y el máximo (120 mg CaCo3/L) en el Río Tacuarembó Chico, los valores registrados son típicos para cuencas sedimentarias como ésta (Figura 18).

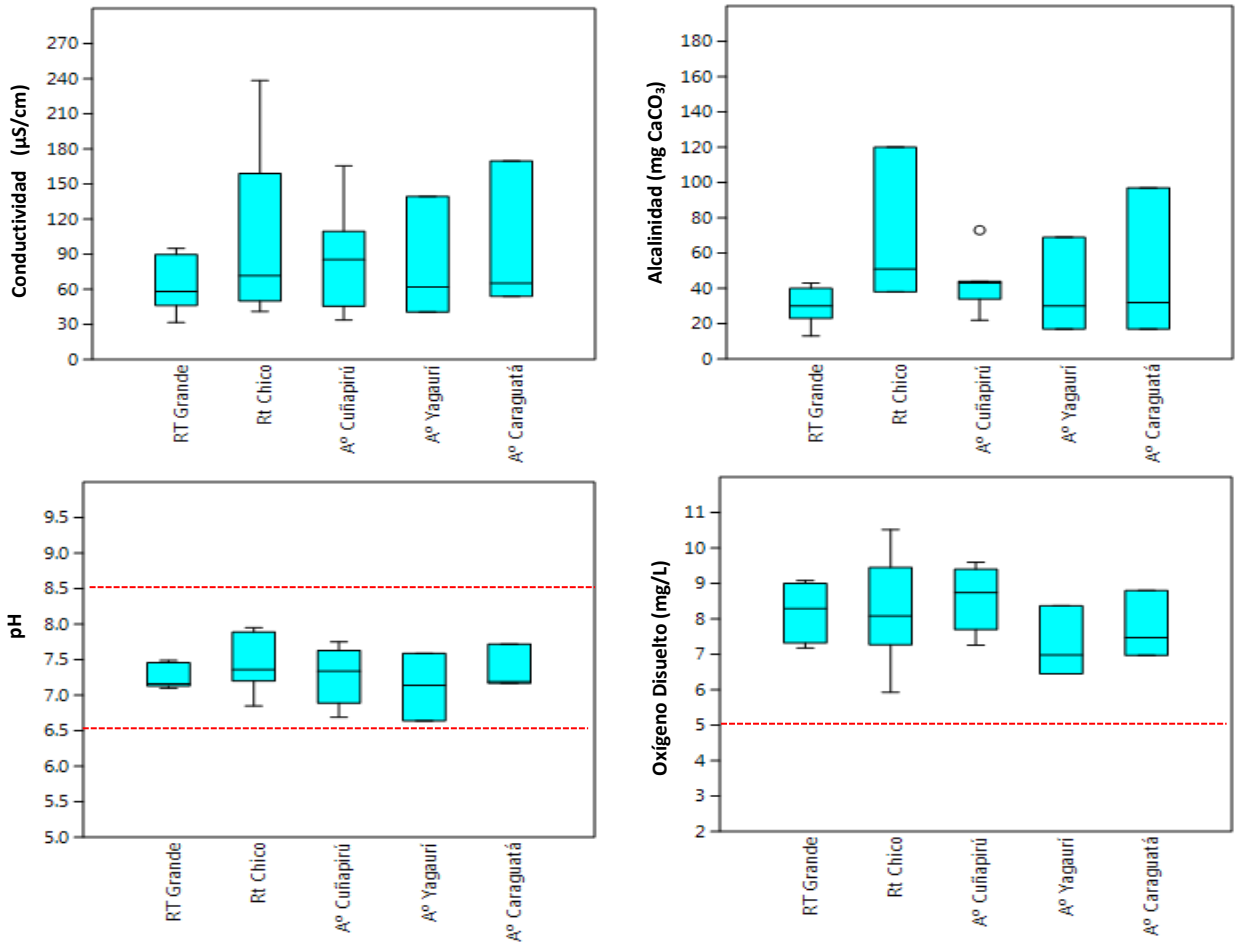


Figura 18. Variación del rango (25-75%) y mediana de la conductividad, oxígeno disuelto (OD), alcalinidad y pH para el año 2017 del Río Tacuarembó y sus principales afluentes.

Los valores de **pH** para todas las subcuencas estuvieron dentro del rango 6,5-8,5 que establece la normativa (Decreto 253/79, clase 3). El promedio registrado entre todas las estaciones es de 7,3 ± 0.3 con un máximo de 7,9 en el Río Tacuarembó Chico y un mínimo de 6,4 en el arroyo Yaguarí. El **oxígeno disuelto** presentó un valor promedio entre todas las estaciones de monitoreo de 8,2 ± 1.0 mg/L, con un máximo de 10,5 mg/l y un mínimo de 5,9 mg/l, ambos registrados en Río Tacuarembó Chico (Figura 18). Todos los valores registrados cumplen con la normativa ambiental (>5,0 mg/L),

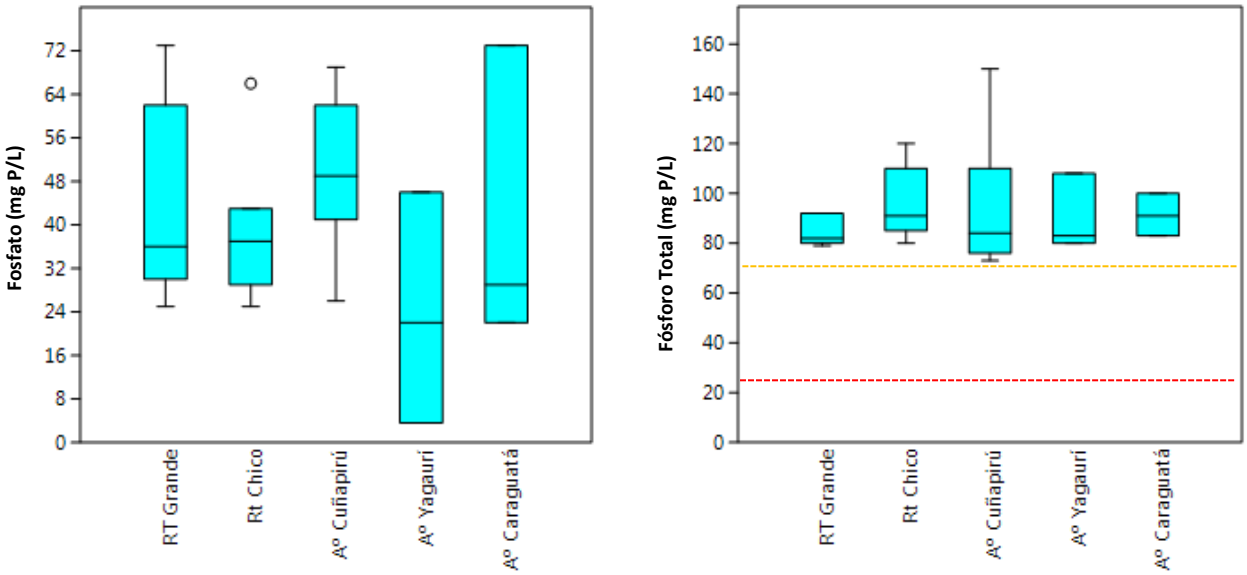


Figura 19. Variación del rango (25-75%) y mediana de la concentración de fosfota y Fósforo Total OD), para el período 2017 del Río Tacuarembó y sus principales afluentes

El **PO_4** presentó un valor promedio de concentración de 40 ± 17 µg P/L entre todas las estaciones de monitoreo, el valor máximo de 73 µg/l se registró en la estación TG4, próxima a la desembocadura con el Río Negro en época de invierno, mientras que el mínimo fue de 3,6 µg/l en el arroyo Yaguarí en verano (Figura 19).

En cuanto al **PT** todos los valores registrados no cumplen con los límites establecidos por el decreto 253/79 y modificativos (máximo de 25 µg P/L), ni con los propuestos en la modificación del decreto máximo de 70 µg P/L (GESTA-AGUAS, 2014). El valor promedio para todas las estaciones fue de 93 ± 16, el máximo fue 150 µg/L y el mínimo 73 µg/L, éstos últimos registrados en la estación de monitoreo CU1 del arroyo Cuñapirú, ubicada aguas abajo de la ciudad de Rivera (Figura 19). En general son valores menores que en el propio Rio Negro.

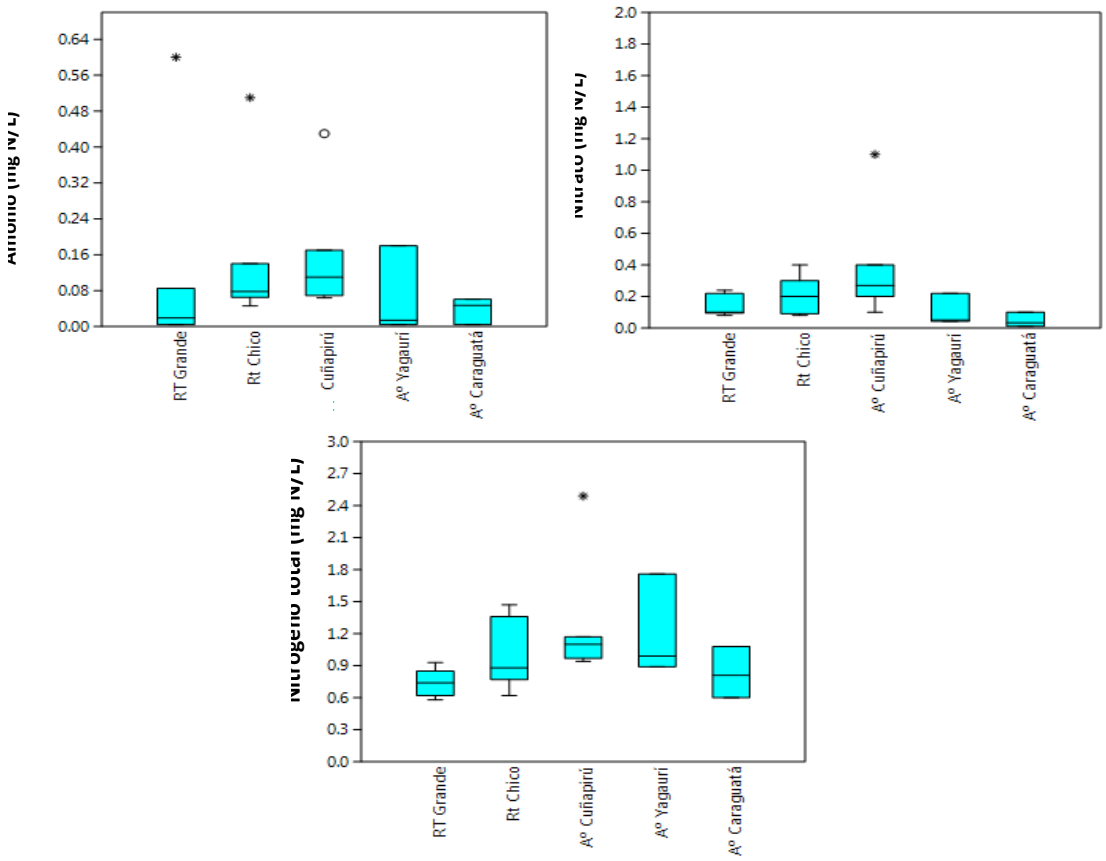


Figura 20. Variación del rango (25-75%) y mediana de la concentración de amonio, nitrato y nitrógeno Total, para el período 2017 del Río Tacuarembó y sus principales afluentes

La concentración de **nitrato** registró un valor promedio de 0,2 mg N/L. AL igual que el PT el valor máximo de 1.1 ± 0.2 mg N/L se registró de en el arroyo Cuñapirú (CU1), mientras que el mínimo se tuvo lugar en el Río Tacuarembó Chico (T4). El **amonio** presentó entre las diferentes subcuencas un valor de concentración promedio de 0.11 ± 0.4 mg N/L, el rango de variación se encontró entre 0,044 y 0,6 mg N/L, ambos valores tuvieron lugar en el Río Tacuarembó en la estación T6 grande, para las estaciones de invierno y primavera, respectivamente (Figura 20).

El rango de concentración del **nitrógeno total** presentó valores entre 0.58 y 2.49 mg N/L, el valor máximo se registró en la estación de monitoreo CU1 del arroyo Cuñapirú, ubicada aguas debajo de la ciudad de Rivera, mientras que el mínimo en el Río Tacuarembó (TG3). Presentó un valor promedio entre todas las estaciones de 1.0 ± 0.4 mg N/L (Figura 20).

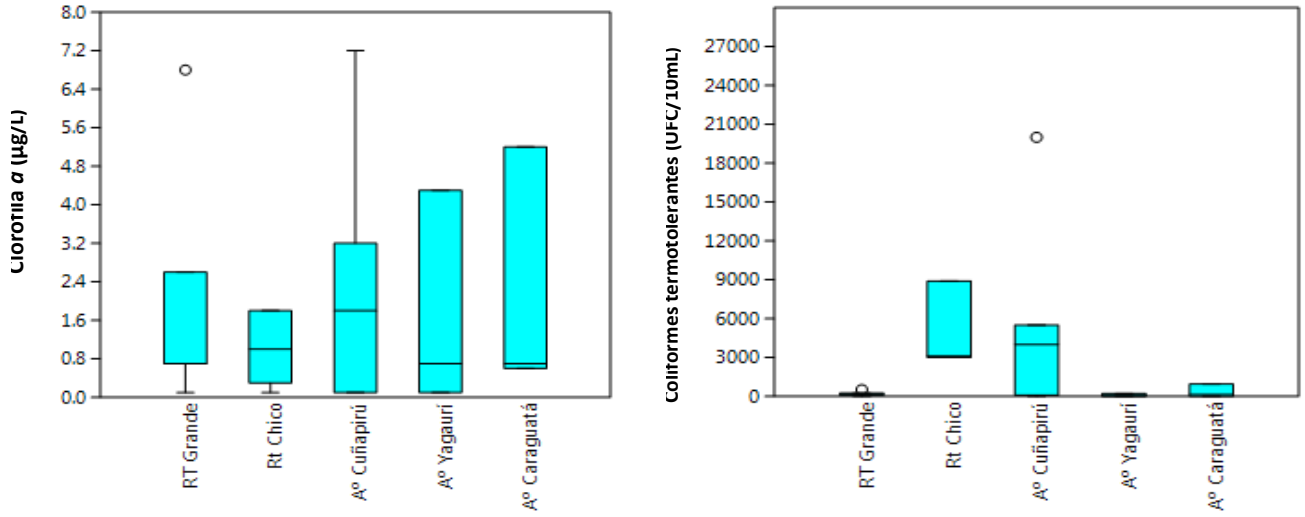


Figura 21. Variación del rango (25-75%) y mediana de la concentración de Clorofila a y coliformes termotolerantes, para el período 2017 del Río Tacuarembó y sus principales afluentes.

La **clorofila *a*** presentó un valor promedio entre todas las subcuencas de 1,7 ± 2.0 µg/L, registrando un rango de valores de entre 0,1 y 7,2 µg/L, tanto el mínimo como el máximo se registraron en la estación de monitoreo CU1 del arroyo Cuñapirú, en otoño y primavera, respectivamente (Figura 21).

Los **coliformes termotolerantes** de las subcuencas del Río Tacuarembó grande, el arroyo Yaguarí y el arroyo Caraguatá no registraron en el período valores por encima de los límites establecidos por el decreto 253/79 y modificativos (máximo de 2000 UFC/100mL).por otro lado, el arroyo Cañapirú presentó en su mayoría valores superiores al límite y mientras que en la subcuenca del Río Tacuarembó Chico todos los valores superaron el límite de la normativa (Figura 21).

Por último, las concentraciones de los contaminantes químicos (**Glifosato, AOX, Sustancias fenólicas**) no superaron la normativa nacional o los valores de referencia utilizados, registrándose en su totalidad por debajo de los límites analíticos. De igual forma el **mercurio** presentó el cien por ciento de los valores por debajo de los límites analíticos.

5.6- Índice de estado trófico (IET) y de calidad de agua (IQA)

Según los índices aplicados, los cursos monitoreados de la cuenca del Río Negro presentan pocas variaciones en el período analizado, con zonas más afectadas en los tramos alto y bajo del sistema. Muestran que la calidad del agua se encuentra afectada principalmente por nutrientes y coliformes, asociados a regiones productivas y ciudades.

En el Río Negro los índices muestran estado mesotrófico y valores de calidad predominantemente buenos (

Tabla **17** y Tabla **18**). El río Yí (RN12) en tanto altera con períodos de estado eutrófico, mientras que el Tacuarembó está más afectado por los centros poblados, ya que el IQA muestra calidad “media” solo en las estaciones aguas abajo de las ciudades.

Tabla 17. Índice de Estado Trófico (IET) del Río Negro de 2009 a 1017 y del río Tacuarembó 2017. M= Mesotrófico; E= Eutrófico; SE= Supereutrófico.

IET	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
RN1	E	E	E	E	E	E	E	M	
RN2	E	M	E	E	E	M	M	M	
RN3	SE	M	E	E	E	M	M	M	
RN6	M	M	M	E	E	M	M	M	
RN7	M	M	M	M	M	M	M	M	
RN10	SE	M	M	M	M	M	M	M	
RN11	SE	M	E	E	E	E	M	M	
RN12	M	M	E	E	E	E	M	M	
RN14	SE	M	M	E	M	E	M	M	
RN15	E	E	M	E	E	E	E	M	
RN16	E	M	M	E	E	E	M	M	
RN17	E	M	M	E	E	E	M	M	
T1									M
T2									M
T3									M
T4									M
T5									M
T6									M
T7									M
T8									M

Durante los primeros años de estudios, el IET mostró que las estaciones de la cuenca alta y baja, así como la estación del río Yi (RN12) registran estado eutrófico, llegando a ser supereutrófico en la zona alta y media (RN3, RN10, RN11 y RN 14), en 2009; mientras que en 2015 y 2016 presenta una recuperación de la calidad (

Tabla **17**). Por su ubicación, se deduce que el estado trófico se relaciona con la actividad productiva en esa zona y en esos años. Debido a que el monitoreo del río Tacuarembó comenzó en el año 2017 solo se cuenta con un año de interpretación del IET. Se observa en todas las estaciones de muestreo un nivel mesotrófico.

La serie temporal del IQA desde el 2009 muestra cambios similares al IET, tanto entre las estaciones como en el tiempo (Tabla 18). En la mayoría de las estaciones, salvo años puntuales, el IQA indica “buena” calidad de agua. No obstante se evidencia el efecto de las zonas alta y baja, asociadas a agricultura, arroz, forestación y centros poblados, que determinan una disminución de la calidad hasta 2015. A partir de 2016 la calidad mejora en todo el sistema, llegando a condiciones de “excelente” en la estación aguas debajo de la ciudad de Paso de los Toros (RN7). Los factores que determinan los cambios en el IQA se asocian con nutrientes, coliformes o material particulado, dado su peso relativo en la ecuación.

Tabla 18. Índice de calidad de agua (IQA) del Río Negro de 2009 a 1017 y del río Tacuarembó 2017.

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
RN1	MEDIA	MEDIA	MEDIA	MEDIA	MEDIA	MEDIA	MEDIA	BUENA	
RN2	MEDIA	MEDIA	MEDIA	BUENA	MEDIA	MEDIA	MEDIA	BUENA	
RN3	MEDIA	MEDIA	BUENA	MEDIA	MEDIA	BUENA	BUENA	BUENA	
RN5	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	
RN6	BUENA	BUENA	MEDIA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	
RN7	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	EXCELENTE	
RN9	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	
RN10	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	
RN11	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	
RN12	BUENA	BUENA	BUENA	MEDIA	MEDIA	BUENA	BUENA	BUENA	
RN13	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	
RN14	BUENA	BUENA	BUENA	MEDIA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	
RN15	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	MEDIA	BUENA	
RN16	MEDIA	MEDIA	BUENA	MEDIA	MEDIA	BUENA	BUENA	BUENA	
RN17	BUENA	MEDIA	BUENA	MEDIA	MEDIA	MEDIA	BUENA	BUENA	
T 1									MEDIA
T 2									BUENA
T 3									BUENA
T 4									MEDIA
T 5									BUENA
T 6									BUENA
T 7									BUENA
T 8									BUENA

5.7.Parámetros hidrológicos

5.7.1- Precipitación

En función de los datos obtenidos (ver Tabla 8) se observa que los años 2009, 2014, 2016 y 2017 corresponden a los años más lluviosos del período, alcanzándose el máximo en 2014 con un acumulado anual promedio en toda la cuenca de 1879 mm. Por otro lado, 2011 fue el menos lluvioso del período con 1051 mm de acumulado anual promedio en la cuenca. En cuanto a la variación de precipitación por subcuenca, si bien no se observan patrones específicos, se puede destacar la cuenca 51 como una zona que cuenta con algunos picos de lluvia acumulada respecto al resto, siendo esta subcuenca la que se ubica más al norte de toda la cuenca (Figura 22).

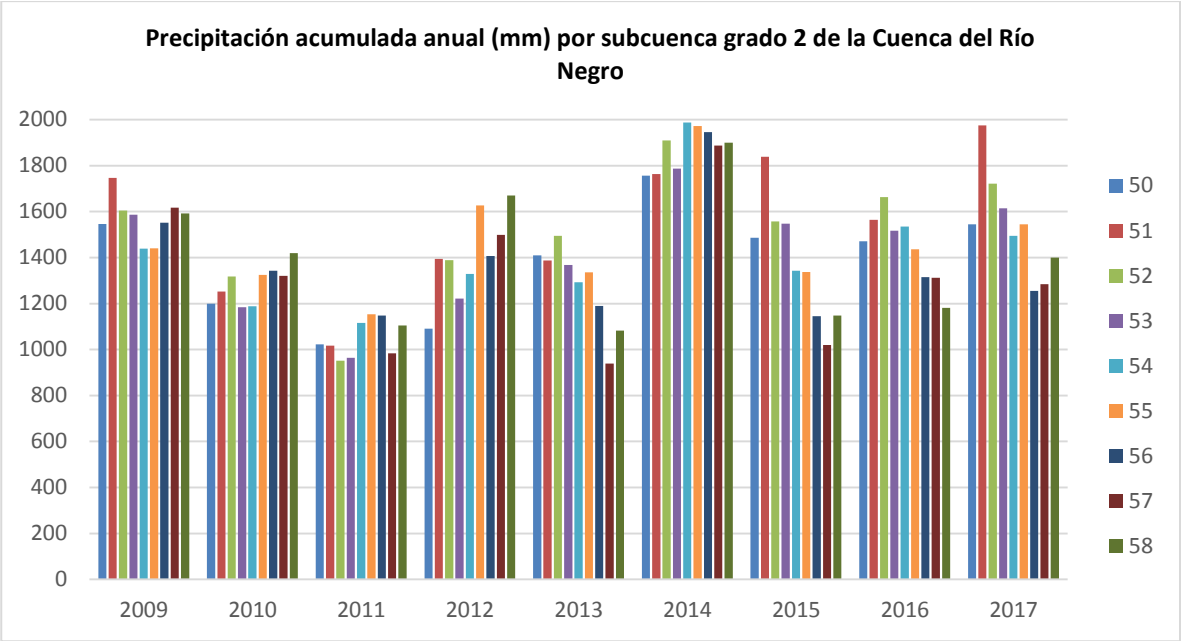


Figura 22. Precipitación acumulada anual por subcuenca de grado 2 de la cuenca del Río Negro, período 2009 – 2017.

La variación mensual promedio de los acumulados por subcuenca (

Figura 23) para el período analizado muestra que el mes de febrero es el más lluvioso en términos relativos, mientras que en junio y marzo se dan los períodos de menos lluvia. Por otro lado, se observa que no existen patrones específicos para cada subcuenca.

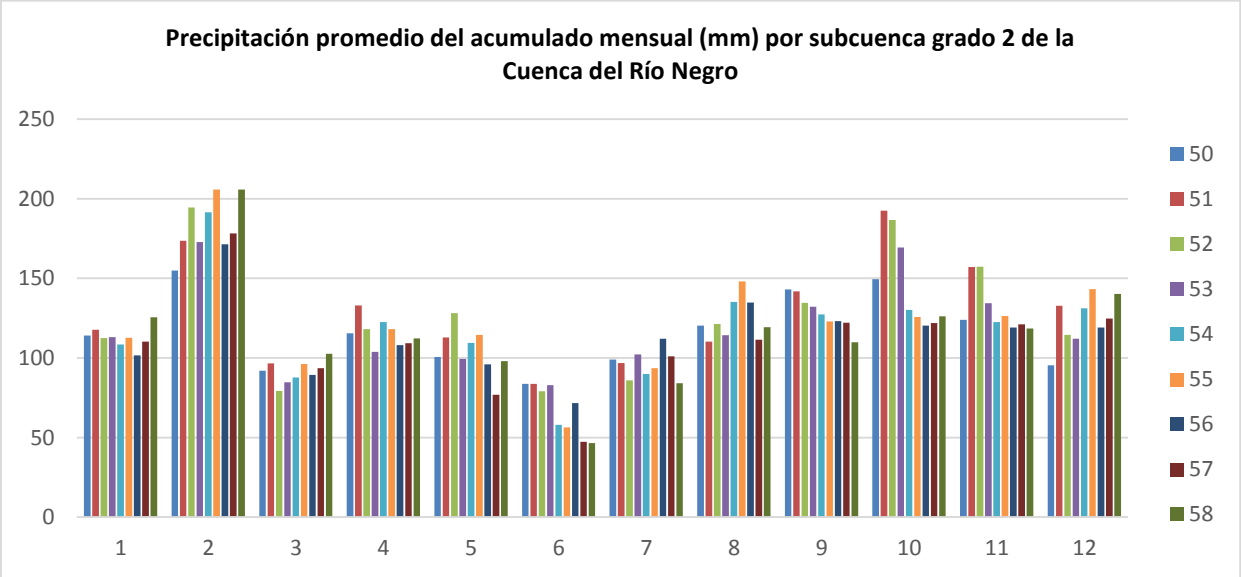


Figura 23. Precipitación promedio del acumulado mensual por subcuenca de grado2 de la cuenca del Río Negro, período 2009 – 2017.

A modo de visualizar la amplitud existente entre el año más y el menos lluvioso, se presenta la Figura 24. La condición de año lluvioso del 2014 se debe a incrementos en meses específicos de ese año (principalmente en enero, febrero, julio y setiembre), mientras que en el año 2011 las precipitaciones fueron mucho menores para algún mes específico (por ejemplo, setiembre y diciembre). Por otro lado, existen meses en los que el año menos lluvioso tuvo mayores precipitaciones que las del año más lluvioso (mayo, junio, y agosto). Esta sencilla interpretación da cuenta de la variabilidad que mantienen los regímenes de lluvias, incluso en años con características distintivas.

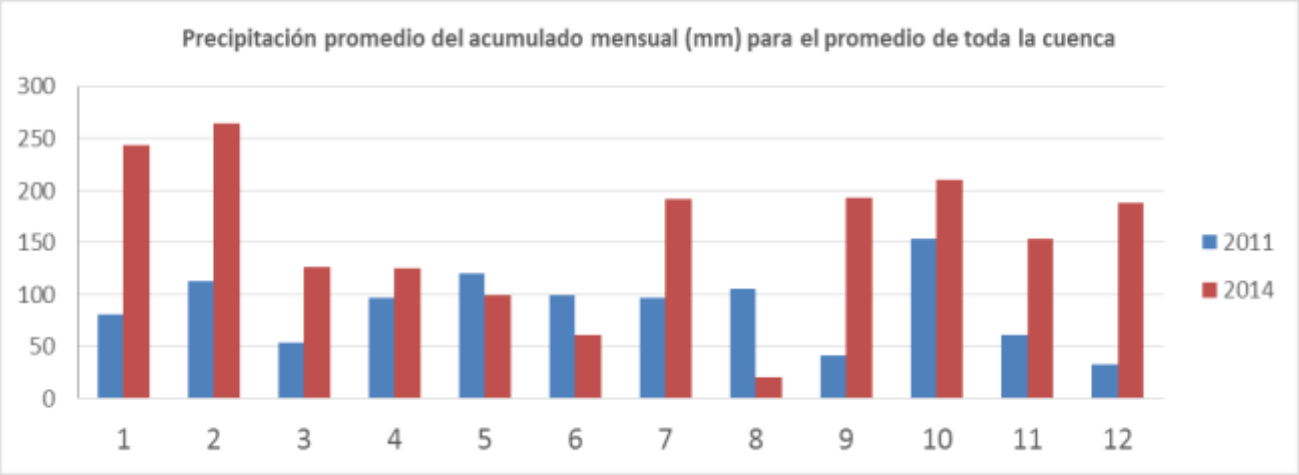


Figura 24. Precipitación promedio del acumulado mensual para toda la cuenca para 2011 y 2014.

Por último, cabe destacar que para la cuenca de estudio, el análisis de las condiciones de precipitación son claves para interpretar las aportaciones en las distintas zonas de la cuenca y su vínculo con las condiciones ambientales en ese momento. Si solamente se observan las condiciones de caudal registradas, éstas pueden estar directamente afectadas por la operativa de los embalses.

5.7.2- Caudales

Se registran los datos de balance hidráulico diarios en los embalses. Utilizando este conjunto de información y en función de lo descrito en la metodología del presente informe, se estiman datos de caudal instantáneo para cada muestreo realizado en los puntos de monitoreo. La Figura 25 muestra el caudal promedio registrado para algunos puntos de monitoreo, en los distintos muestreos de cada año (es decir, solo se consideran los caudales registrados los días de muestreo). Se observa que no existe un incremento continuo de caudal a lo largo del cauce principal. Esto se debe a la dinámica de operación del sistema de embalses de la cuenca. Los resultados puntuales registrados se muestran en el Anexo 7. A modo de ejemplo del tipo de registro en el Anexo 7 se muestran registros de estaciones de aforo.

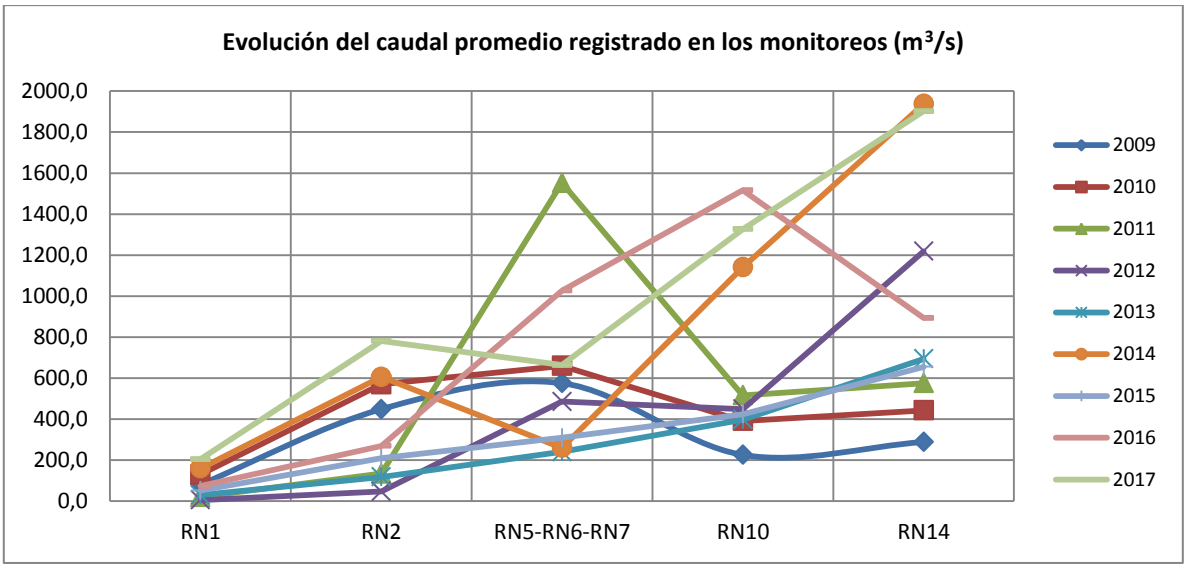


Figura 25. Evolución del caudal promedio registrado en el período 2009-2017.

5.7.3- Tiempo de retención hidráulico (TRH) en embalses

Para cada embalse, y en función de los registros de volumen y caudal, se determina la evolución de los TRH (Tabla 19). La información de base para el análisis de este parámetro surge de una consulta específica que se realiza a UTE para un estudio de antecedentes en la cuenca del Río Negro relacionado con otra temática. Por esta razón la serie finaliza sobre el final del 2016 en este caso.

Tabla 19: Valores del tiempo de retención hidráulico para Rincón del Bonete, Baygorria y Palmar en el período 2009-2016.

	TRH (días)		
	Rincón del Bonete	**Baygorria**	**Palmar**
promedio	196	14	50
máximo	365	30	100
mínimo	65	2	9

Embalse Rincón del Bonete

La evolución de los TRH indica una relación directa con la operativa del embalse, dado que la acumulación o el vertido no se corresponde con los períodos de acumulación de agua (Figura 26), observándose períodos de llenado (ejemplo, año 2011) y períodos de vaciado/generación (ejemplo, primer semestre 2010) (Figura 26). Estas situaciones tienen alta relación con la demanda eléctrica y con el régimen de lluvias.

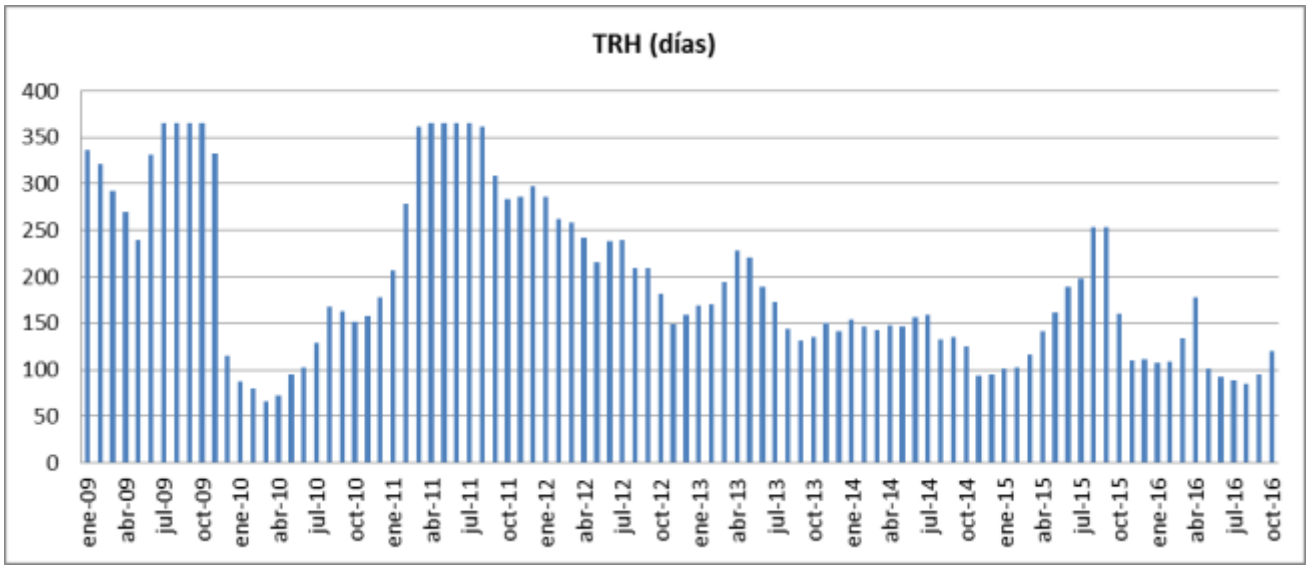


Figura 26. Tiempo de retención hidráulico para el embalse de Rincón del Bonete en el período 2009-2016.

En este embalse se observa que el resultado promedio (195 días) se encuentra en el orden de magnitud del TRH teórico para este embalse (140 días) (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).

Embalse Baygorria

En la Figura **27** se observa que el TRH representa la operativa del embalse. Se puede ver que existe una variación mayor mes a mes respecto al embalse de Rincón del Bonete. Esto es de esperar ya que el embalse de Baygorria es un embalse de paso.

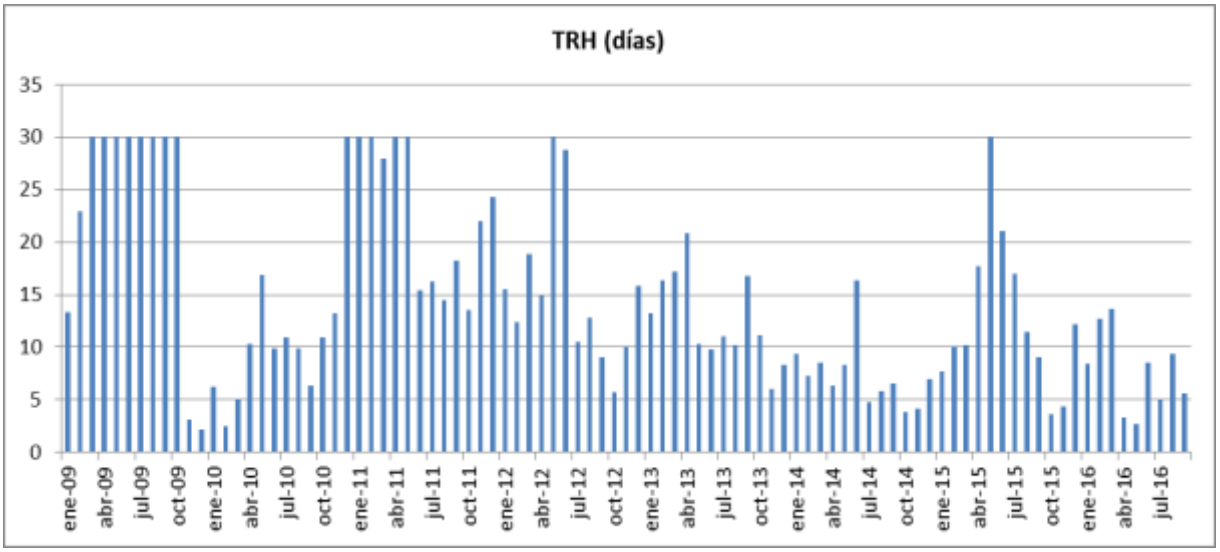


Figura 27. Tiempo de retención hidráulico para el embalse de Baygorria en el período 2009-2016.

En este embalse se observa que el resultado promedio (14 días) es superior al TRH teórico para este embalse (3 días) (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).

Embalse Palmar

En la

Figura 28 se observa que la operativa del embalse es similar al embalse de Baygorria en cuanto a su variación. Por otro lado, es relevante considerar que el TRH promedio es superior al máximo de Baygorria, lo cual indica que tiene una operativa similar pero con un embalse de mayor tamaño. La ausencia de datos durante el año 2010 se debe a una ausencia de registro en el balance hidráulico del embalse.

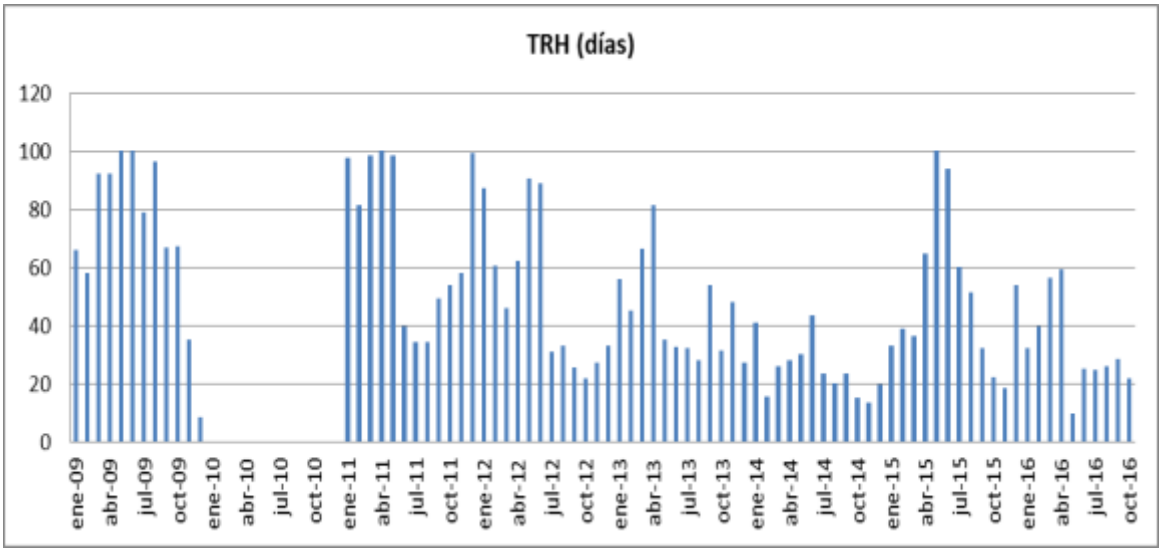


Figura 28. Tiempo de retención hidráulico para el embalse de Palmar en el período 2009-2016

En este embalse se observa que el resultado promedio, 30 días, es generalmente superior al TRH teórico para este embalse (22 días).

5.8- Análisis del uso del suelo

La cuenca del Río Negro de lado brasileño ocupa 2.922,45 km^2 (292.245 ha). En 2017 existían 106.838 ha de cultivos (36% del total) y 26.000 ha de arroz (9% del total). Estos cultivos representan los tipos de uso de suelo con mayores coeficientes de exportación de nutrientes (MVOTMA-DINAMA, 2013).

En la cuenca uruguaya, que ocupa casi 7.071.400 ha, se destacan la ganadería junto con la forestación, los cultivos y la producción de arroz en la cuenca alta. Mientras que, en la cuenca media y baja, se destaca el desarrollo de los cultivos de secano (trigo, sorgo, soja, maíz), además de la ganadería (sobre todo en la zona media) y la forestación. Este patrón se mantuvo entre 2011 y 2015 (Figura 9 y Figura **10**), no obstante se incrementó la superficie de los cultivos, reduciendo la de campo natural (Figura 29).

El análisis de la tasa de cambio de uso del suelo por cuencas de orden 2, indica que las zonas agrícolas ubicadas en la zona baja de la cuenca, aumentaron el uso del suelo hacia la agricultura en aproximadamente un 10% en este lapso de 5 años. Esta zona coincide con la cuenca sedimentaria del oeste y está compuesta por las subcuencas 58 (Arroyo Grande del Norte), y 57 (Arroyo Grande), además del tramo del Río Negro aguas abajo de Palmar. También se observa la expansión de la frontera agrícola en la zona media, con aumentos del 20% en la cuenca del Río Yí (56), casi 50% en la cuenca del Arroyo Salsipuedes y 75% en la cuenca del embalse de Rincón del Bonete. La mayor tasa de cambio se registró por el aumento de la agricultura en la zona alta de la cuenca con aumento de aproximadamente 100% en toda la Cuenca Alta del Río Negro y los Ríos Tacuarembó y Tacuarembó Chico (subcuencas 50 a 53). En todos los casos estas expansiones de áreas cultivadas y forestadas se dan a expensas de las antiguas superficies de campo natural, y en algunos casos, también debido al desmonte del monte natural.

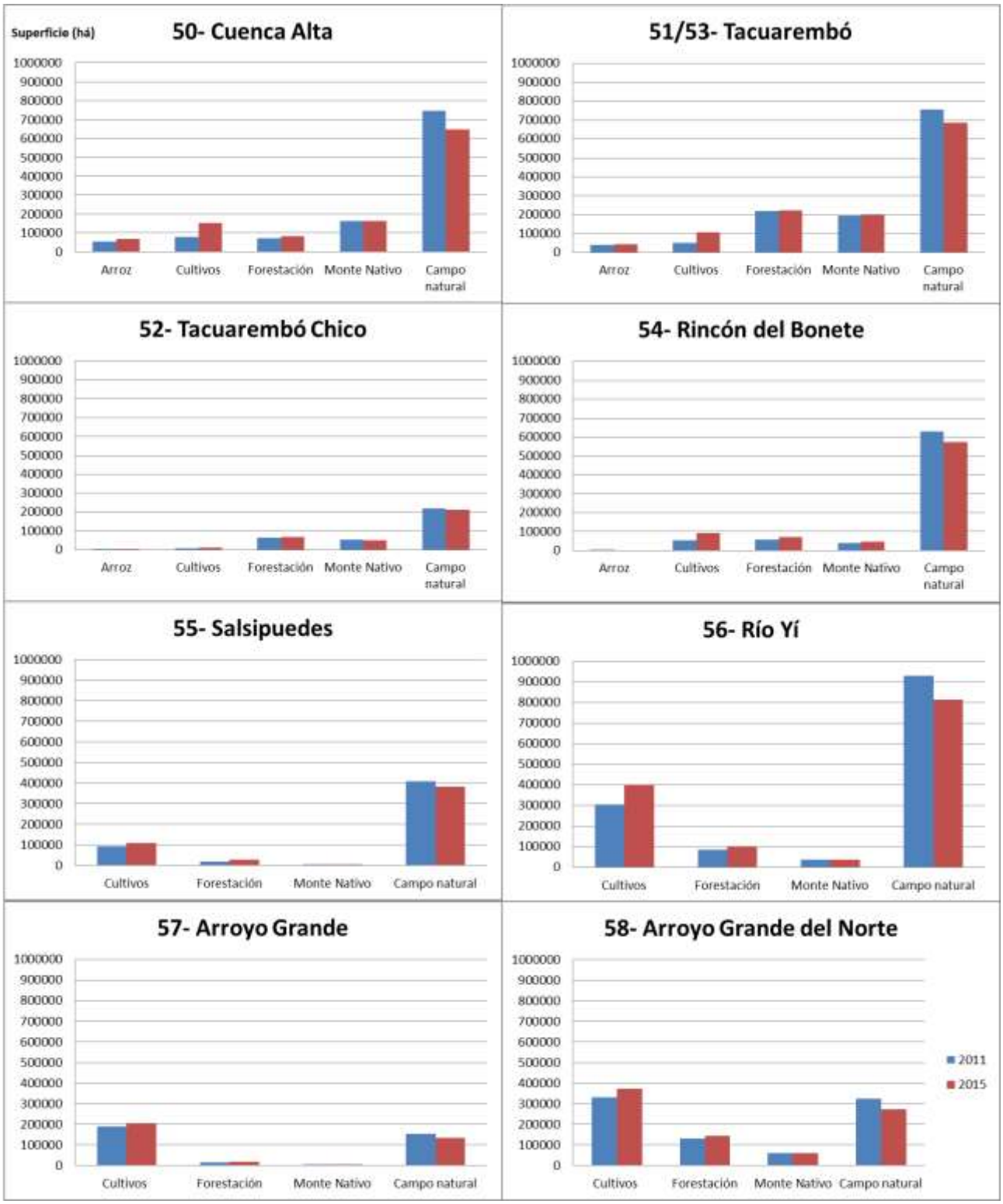


Figura 29. Tasa de cambio en los principales usos de suelo en las cuencas de Orden 2 del Río Negro entre el 2011 y el 2015 (fuente: DIA, DINAMA, 2017).

5.9. Cargas de NT y PT aportadas desde la cuenca

5.9.1- Aportes de origen difuso

La cuenca del Río Negro en territorio uruguayo recibió por fuentes difusas derivadas de la actividad agropecuaria (datos estimados), 5821 ton/año de fósforo total (PT) durante el 2011 y 7114 ton/año de PT durante el 2015. Los aportes difusos del nitrógeno total (NT) también se incrementaron en los dos años y fueron 24.373 ton/año en el 2011 y 30.970 ton/año para el 2015. Mientras que en territorio brasileño durante el 2017, se estimó en 1031,3 ton/año de PT y 1970 ton/año de NT.

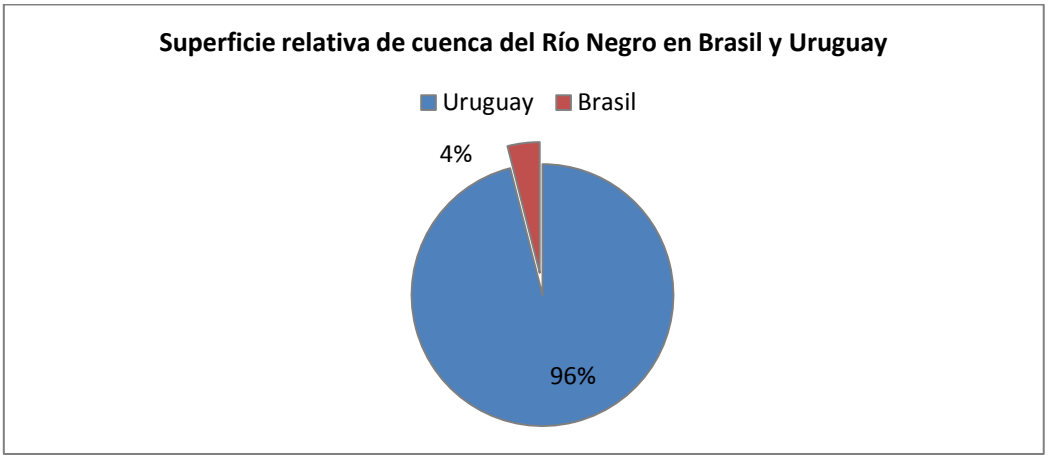


Figura 30. Comparación de las superficies de la cuenca del Río Negro en territorio uruguayo y brasileño

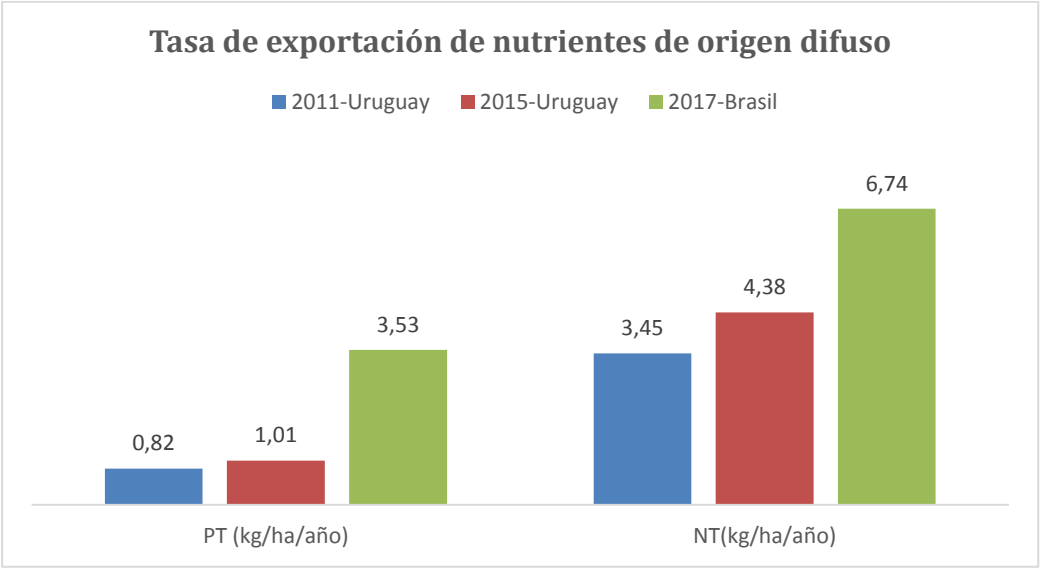


Figura 31. Tasa de exportación de PT y NT de origen agrícola en las regiones de la cuenca del Río Negro en territorio uruguayo y brasileño para los años 2011, 2015 y 2017.

Considerando las diferencias en la superficie de la cuenca en territorio brasileño y uruguayo (Figura 30), se calculó la tasa de exportación de nutrientes por unidad de superficie y el resultado indica que la carga estimada de PT exportado desde la pequeña cuenca brasileña triplica la exportada desde la cuenca uruguaya. Algo similar ocurre con la carga de NT de origen agrícola exportada por ambas regiones de la cuenca (Figura 31).

Discriminando por subcuencas de orden 2 en territorio uruguayo (Figura 6), las cargas de NT y PT aumentaron en todas las subcuencas entre el 2011 y el 2015. Los valores más altos se observaron en las subcuencas del Río Yí y del Arroyo Grande del Norte, ubicados en la zona media y baja del río, respectivamente. Las cargas de NT y PT más bajas se encontraron en la subcuenca del Río Tacuarembó Chico (Figura 32 y Figura 33).

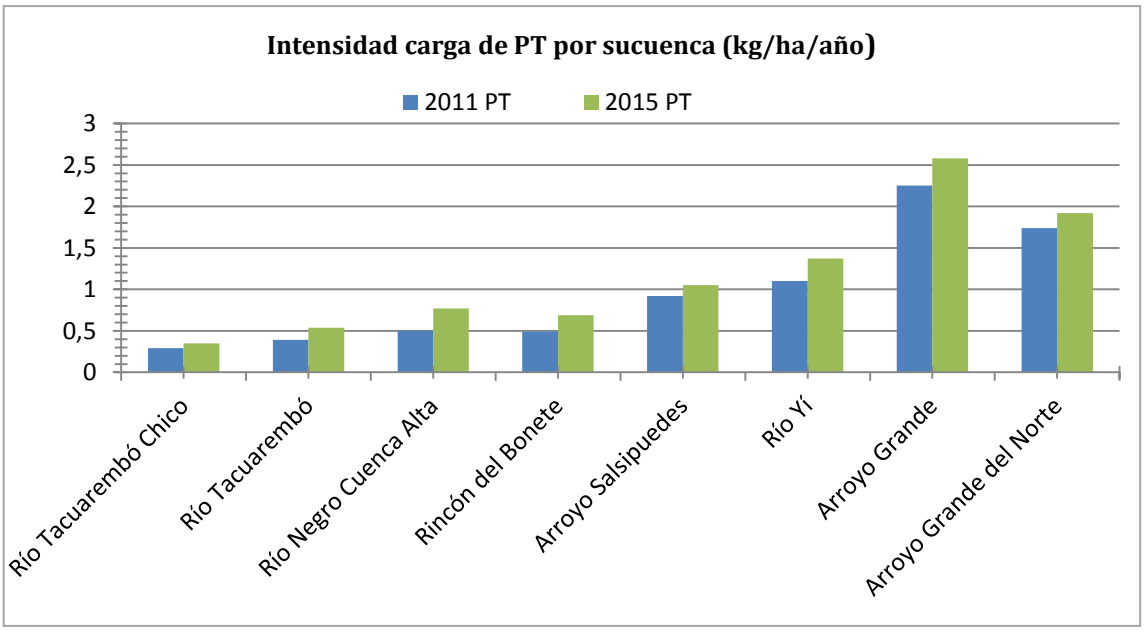


Figura 32. Intensidad de carga de PT para 2011 y 2015 por subcuenca de orden 2 para el Río Negro.

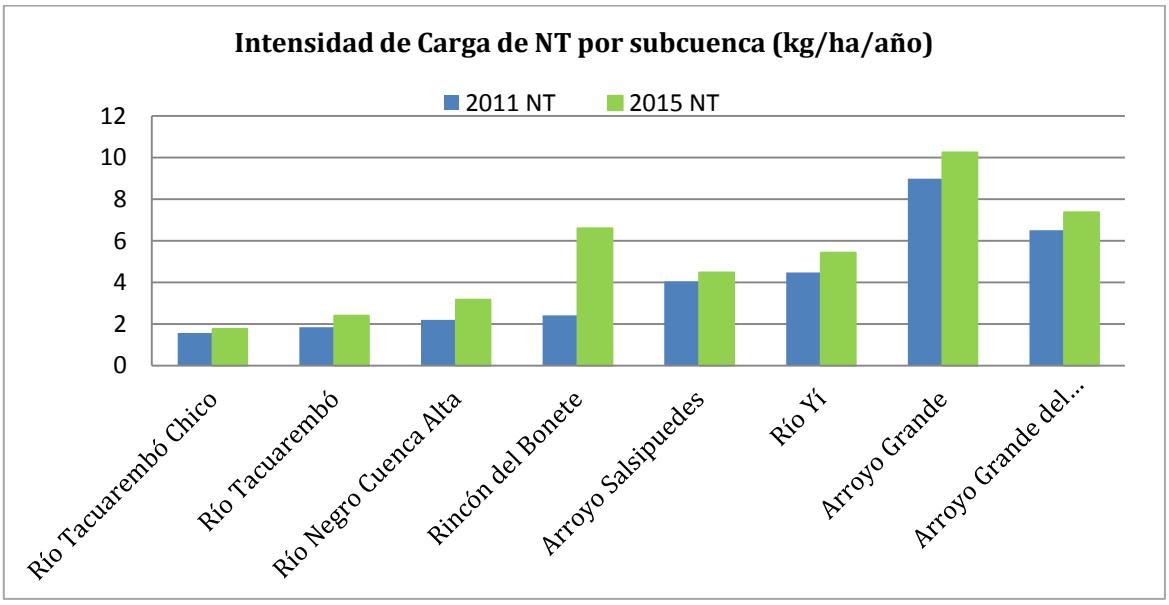


Figura 33. Intensidad de carga de NT para 2011 y 2015 por subcuenca de orden 2 para el Río Negro.

Analizando la intensidad de aportes por ha de NT y PT, resulta mayor aguas abajo en la cuenca, es decir los aportes se intensifican hacia la zona baja del río. La cuenca del Arroyo Grande presentó la mayor intensidad de carga de ambos nutrientes en el 2011 y 2015 (10kg/ha/año de NT y 2,5 kg/ha/año de PT en 2015). El incremento en la tasa de exportación de nutrientes entre 2011 y 2015 fue constante en todo el territorio de la cuenca del Río Negro, siendo significativamente superior en algunas subcuencas como la del embalse Rincón del Bonete (Figura 32 y Figura **33**).

Los aportes totales de origen difuso discriminados por los cinco principales usos del suelo (arroz, cultivos, forestación, herbáceo natural y monte nativo), muestran que el origen de este incremento estuvo asociado principalmente a la extensión de la superficie destinada a cultivo (tanto de secano, como arroz), reduciendo en consecuencia la superficie de campo natural (Figura 34 a Figura **39**). De esta forma entre 2011 y 2015 se incrementaron las superficies de suelo que se fertilizan anualmente y que aportan de nutrientes hacia los cursos de agua.

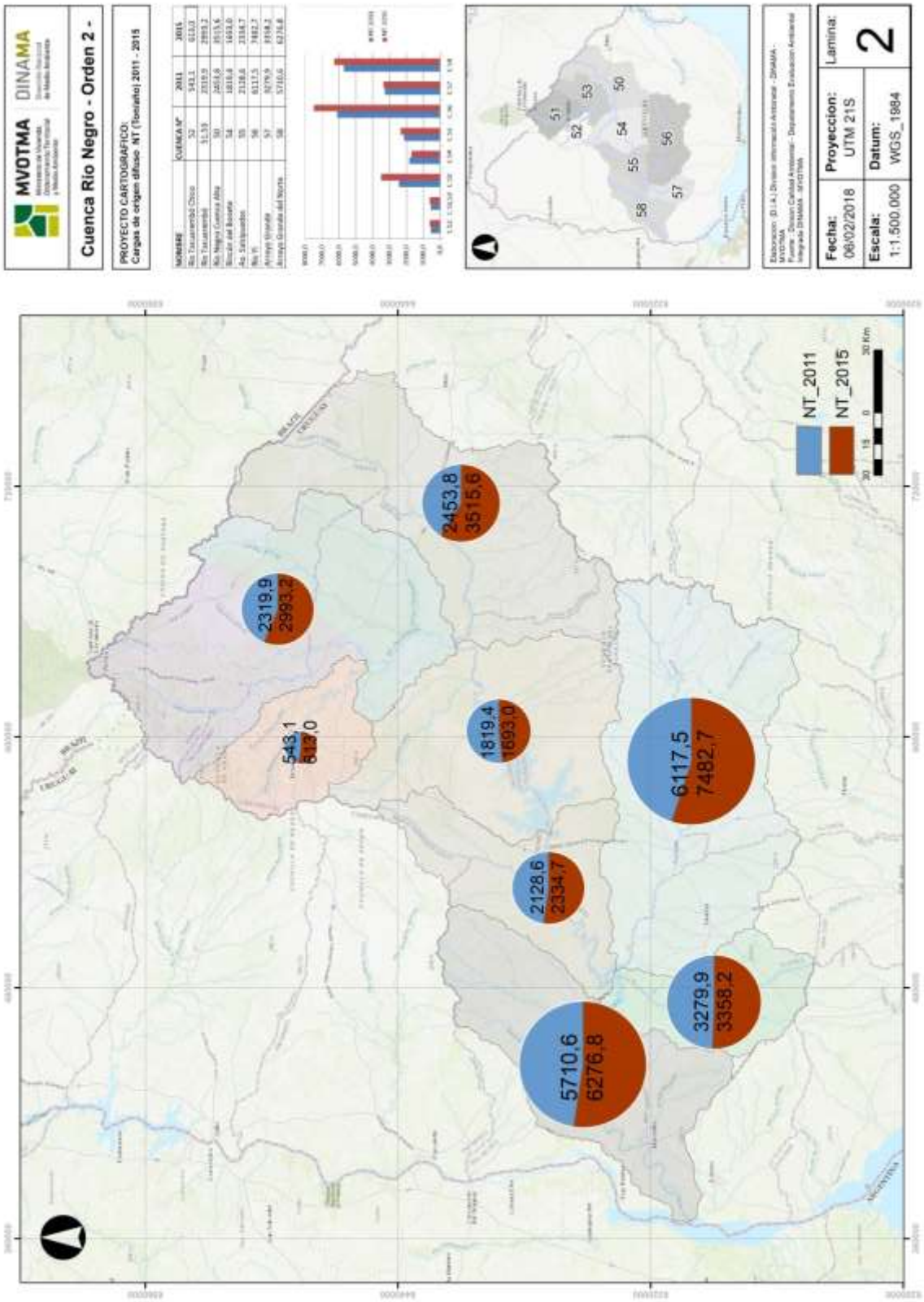


Figura 34. Cargas exportadas totales de NT (ton/año) estimadas para 2011 y 2015 para las subcuencas de orden 2 del Río Negro.

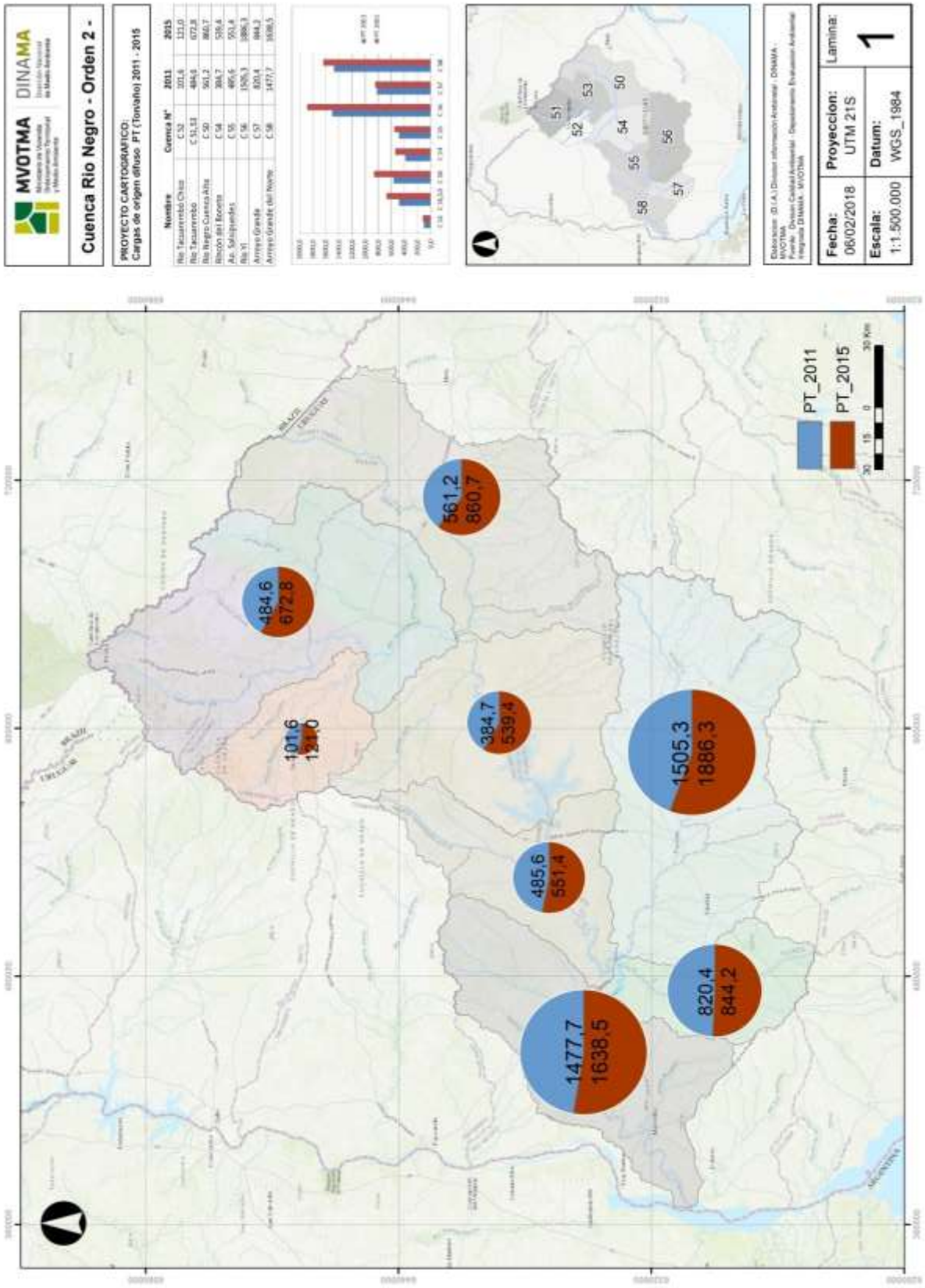


Figura 35. Cargas exportadas totales de PT (ton/año) estimadas para 2011 y 2015 para las subcuencas de orden 2 del Río Negro.

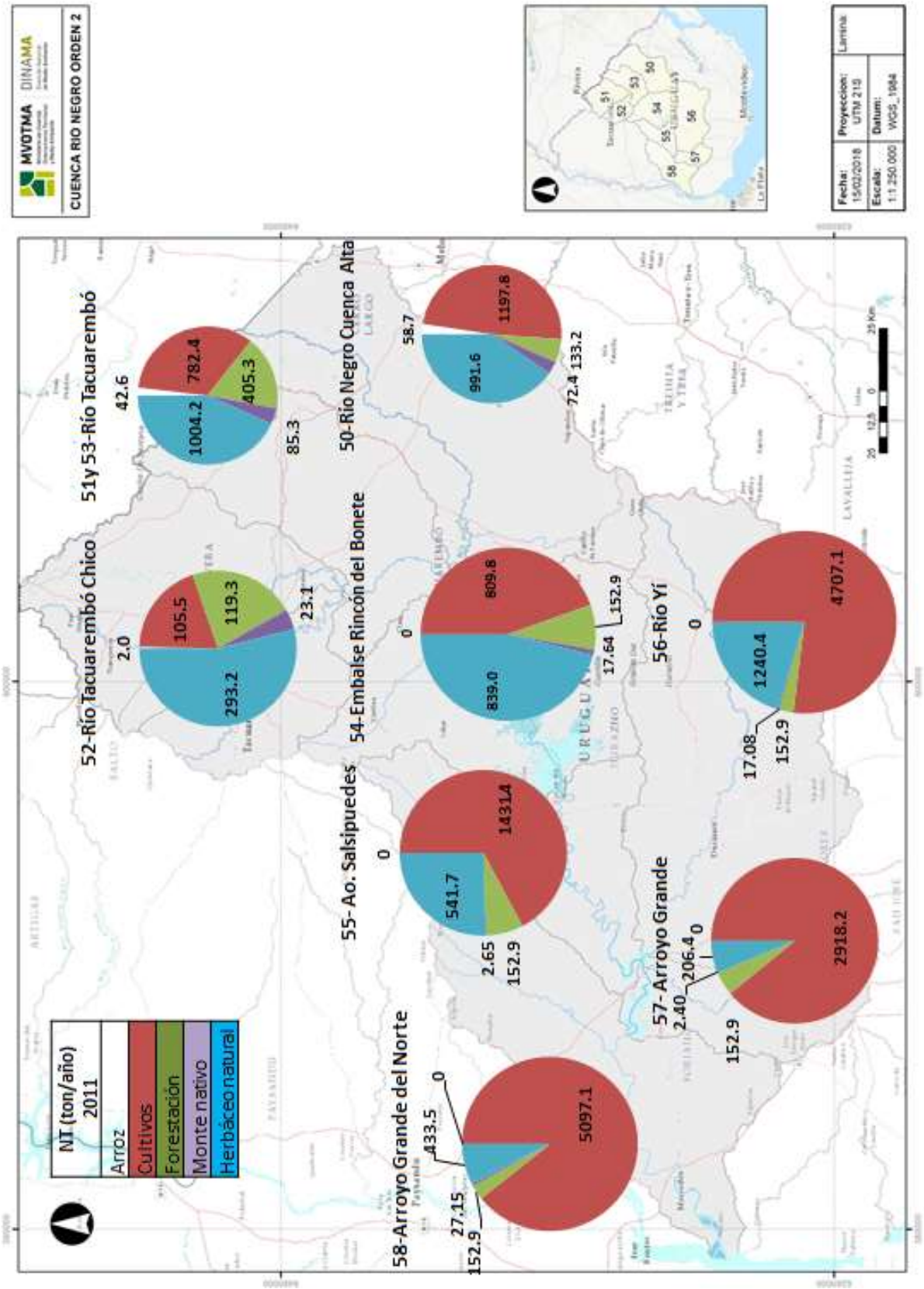


Figura 36. Cargas de NT por uso del suelo en las subcuencas de orden 2 del Río Negro para el 2011.

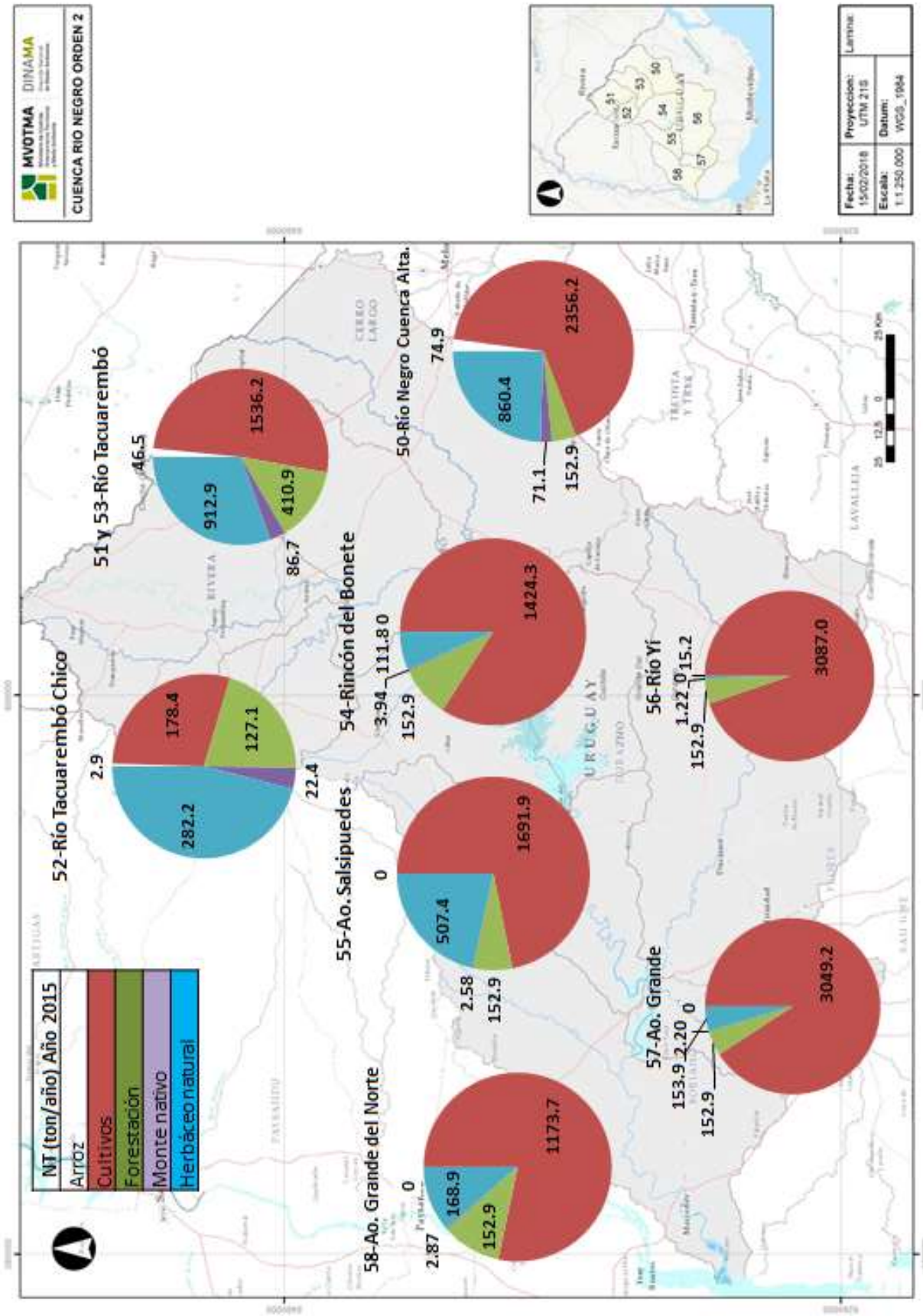


Figura 37. Cargas de NT por uso del suelo en las subcuencas de orden 2 del Río Negro para el 2015.

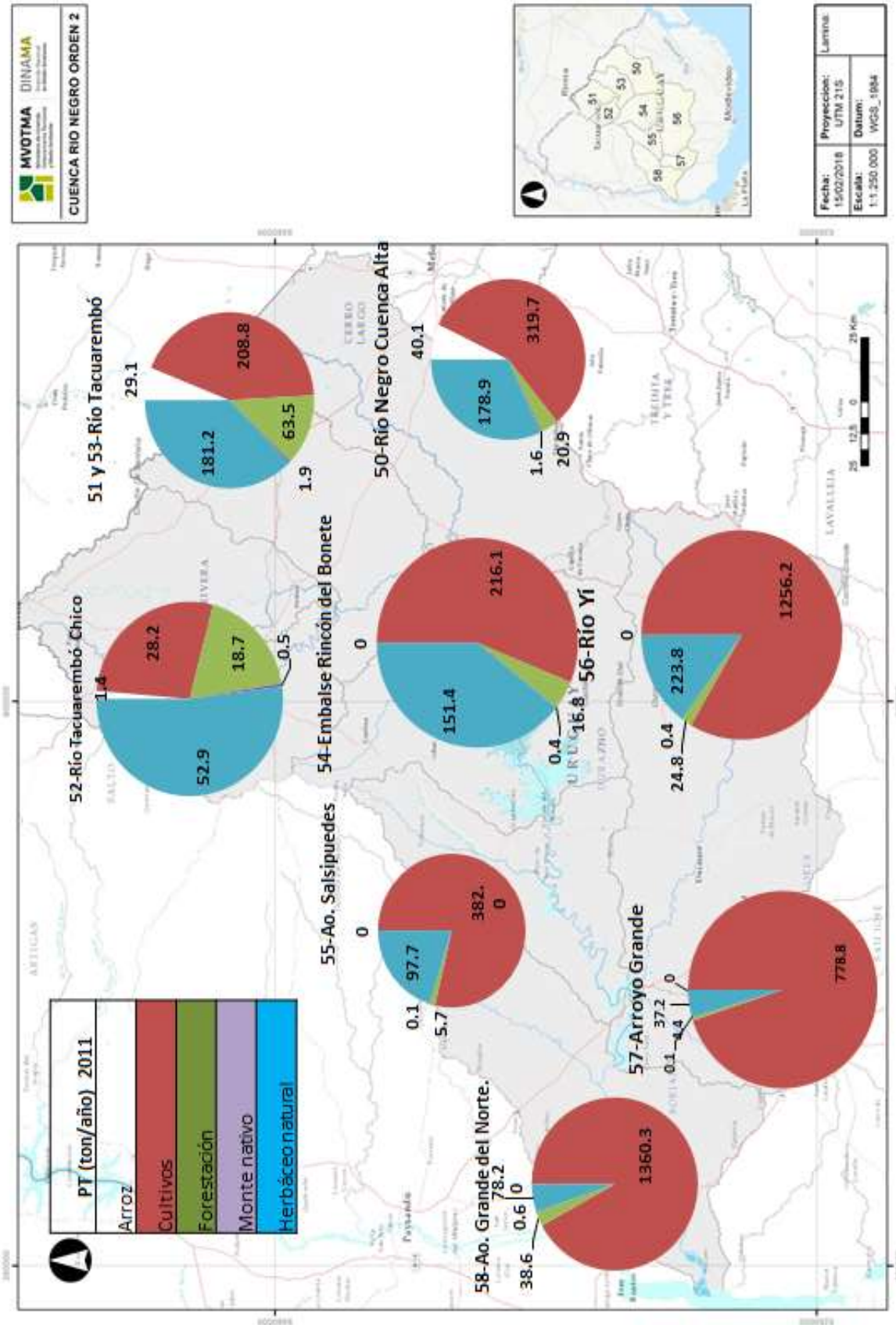


Figura 38. Cargas de PT por uso del suelo en las subcuencas de orden 2 del Río Negro para el 2011.

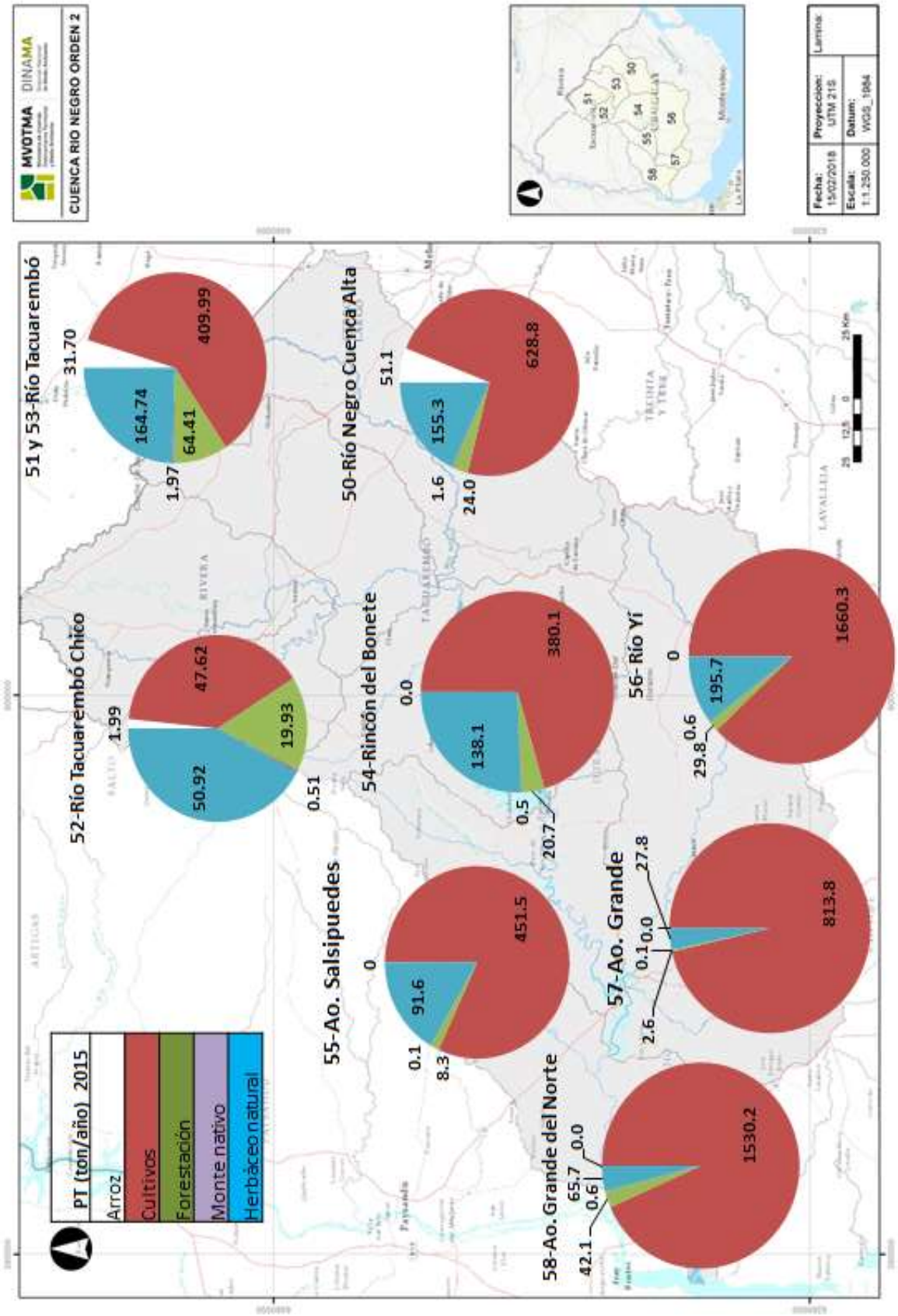


Figura 39. Cargas de PT por uso del suelo en las subcuencas de orden 2 del Río Negro para el 2015.

5.9.2- Cargas de fuentes puntuales.

Según datos provenientes del Área de Control y Desempeño Ambiental, las principales industrias que vierten cargas de NT, PT y DBO_5 en la cuenca del Río Negro pertenecen a los ramos: cárnica, lácteo y madera. Otro origen de fuentes puntuales corresponden a los vertidos domésticos.

En cuanto a las cargas de PT y NT de origen puntual, en las tres zonas del Río Negro resultaron mayores las cargas de PT en la zona media (137,2 ton/año) y baja (118,4 ton/año) con respecto a la zona alta (53,5 ton/año). Por el contrario, para el NT las cargas mayores se dieron en la zona alta (819,5 ton/año), mientras que la zona media y baja de la cuenca presentaron aportes similares (586,5 y 664,0 ton/año, respectivamente) (Figura 40).

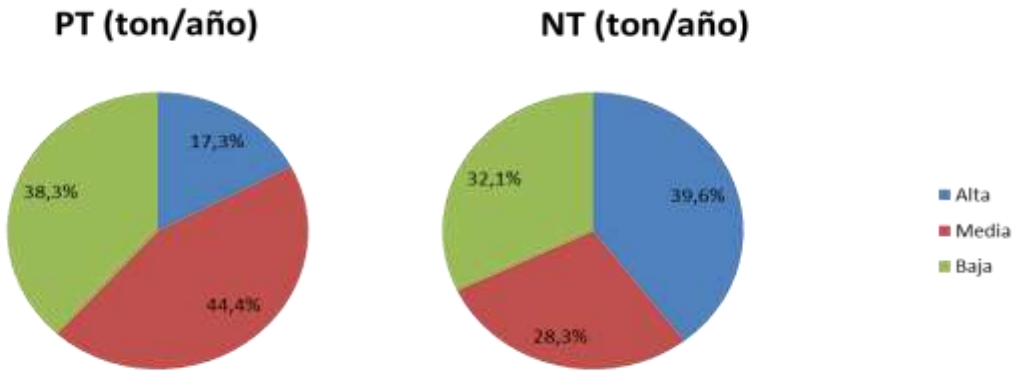


Figura 40. Cargas puntuales de PT y NT para las tres zonas de la cuenca del Río Negro (Alta, Media y Baja) para el período 2015-2016.

5.9.3- Cargas puntuales vs cargas difusas

Para el período 2015-2016 las cargas desde fuentes puntuales de NT se cuantificaron en 2070 ton/año, y las de PT en 310 ton/año. Estas cantidades representaron un porcentaje muy bajo con respecto a las cargas de origen difuso en la cuenca del Rio Negro (Figura 41). Las cargas de PT desde fuentes puntuales, incluidos los vertidos domésticos, representaron el 1,2 %. Mientras que los aportes de origen difuso que se asocian principalmente a la agricultura, se estimaron en 7.200 ton/año y representan el 98,8%. En cuanto a los aportes de NT para toda la cuenca (30.970 ton/año), se integran con 2070 ton/año de fuentes puntuales que representan el 2,2% y 30.971 ton/año desde aportes difusos, que representan el 97,8% (Figura 41).

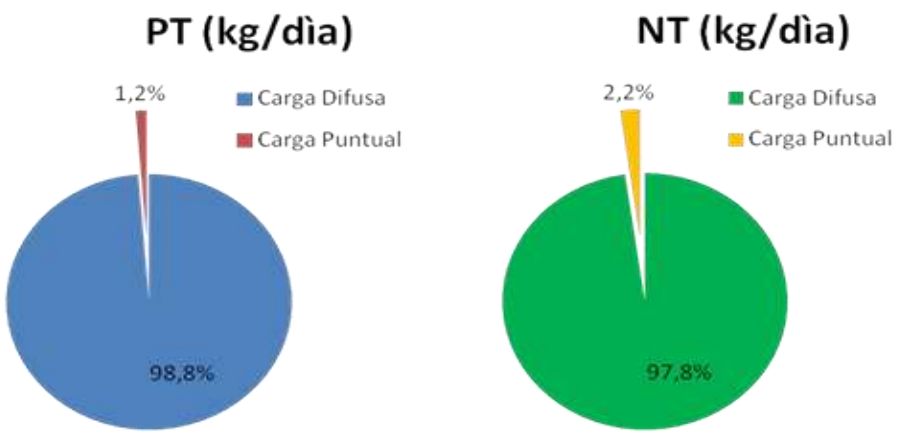


Figura 41. Cargas difusas y puntuales de NT y PT aportadas a la cuenca del Río Negro en los años 2015-2016.

Las cargas puntuales en cada una de las zonas de cuenca para el período 2015-2016, representan entre el 1,2 y el 1,7 % de los aportes de PT, y entre 1,8 y 4,0% de los aportes de NT (Figura 42).

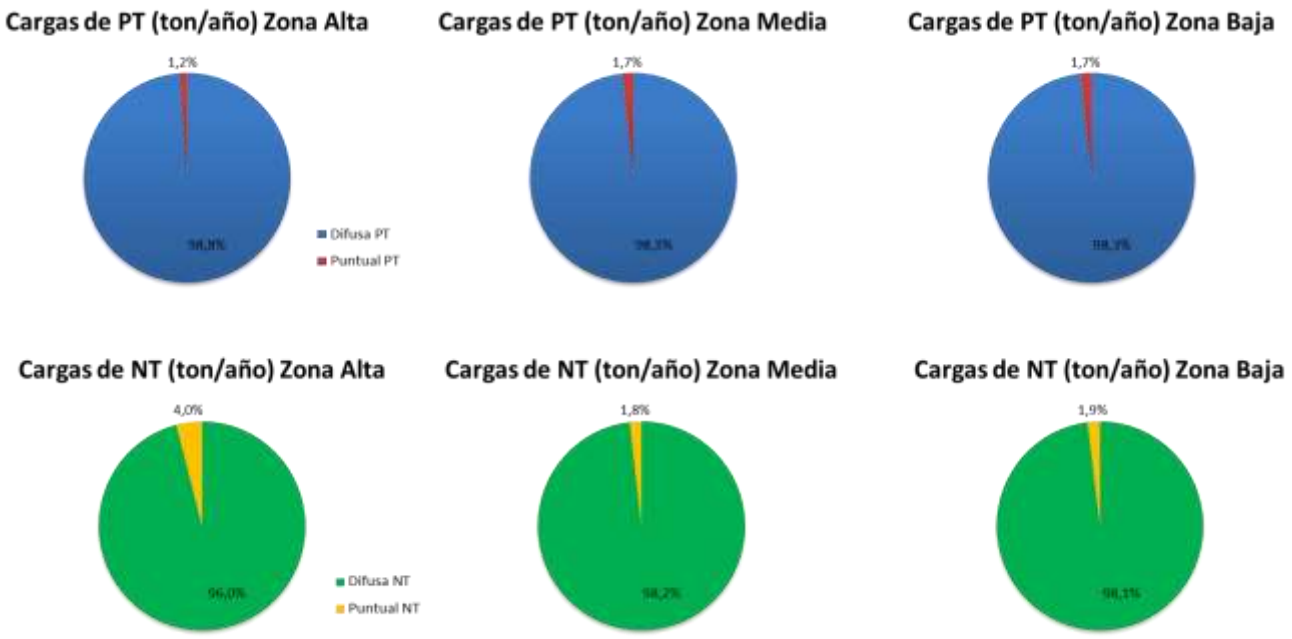


Figura 42. Cargas difusas y puntuales aportadas en las tres zonas del Río Negro (Alta, Media y Baja) en los años 2015-2016.

5.10- Cargas de NT y PT en los embalses.

En este apartado se analizan los resultados de los cálculos de cargas de nutrientes que ingresan y salen de los tres embalses, a fin de identificar de manera preliminar, si los sistemas actúan como trampas (sumidero) o fuente de nutrientes.

Rincón del Bonete

En el embalse Rincón del Bonete, las cargas de NT que ingresaron por el cauce principal (calculada en RN3), fueron similares a las cargas calculadas en la salida durante el período de estudio, destacándose que a partir del año lluvioso 2014, las cargas de salida fueron en general mayores. Sin embargo hubieron excepciones, en los resultados analizados para agosto 2010 y diciembre 2013 las cargas de NT fueron mayores en la entrada del embalse (Figura 43). Por otro lado se observan algunos picos de descarga de NT, directamente relacionados a la operativa del embalse. Las cargas de PT, en general, se alternan en valores mayores o menores en la entrada respecto a la salida del embalse hasta 2014. Existen algunos picos de carga a la salida del embalse también explicados por la operativa del embalse (Figura 43).

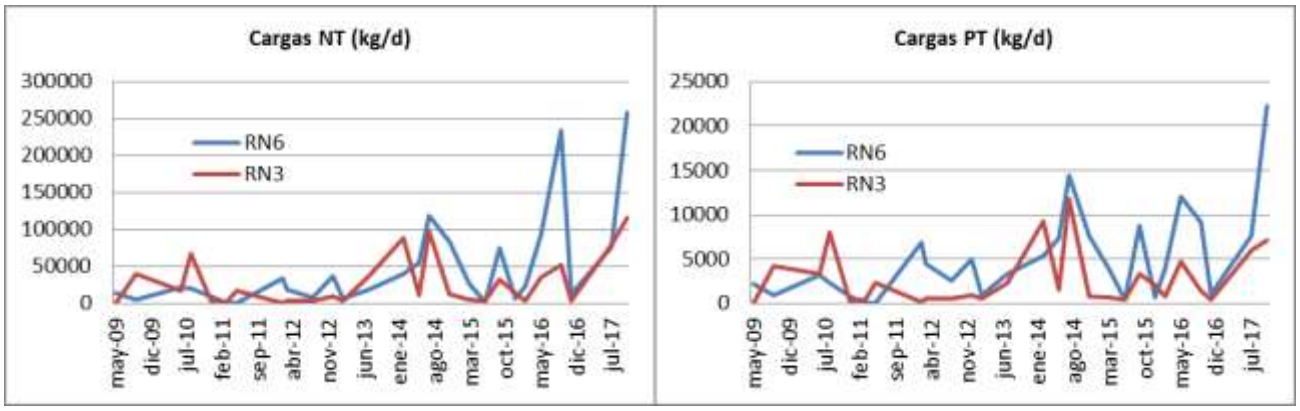


Figura 43. Cargas de nitrógeno total (NT) y fósforo total (PT) para el embalse Rincón del Bonete (2009-2017), donde se identifican las estaciones de entrada (RN3) y salida (RN6) del embalse.

Baygorria

En Baygorria (embalse de paso) tanto las cargas de NT como las de PT resultaron similares en la entrada al embalse (RN7) y la salida (RN10), excepto para el 2011, 2013 y 2017, en que las cargas de la salida fueron mayores que las de entrada (Figura 44).

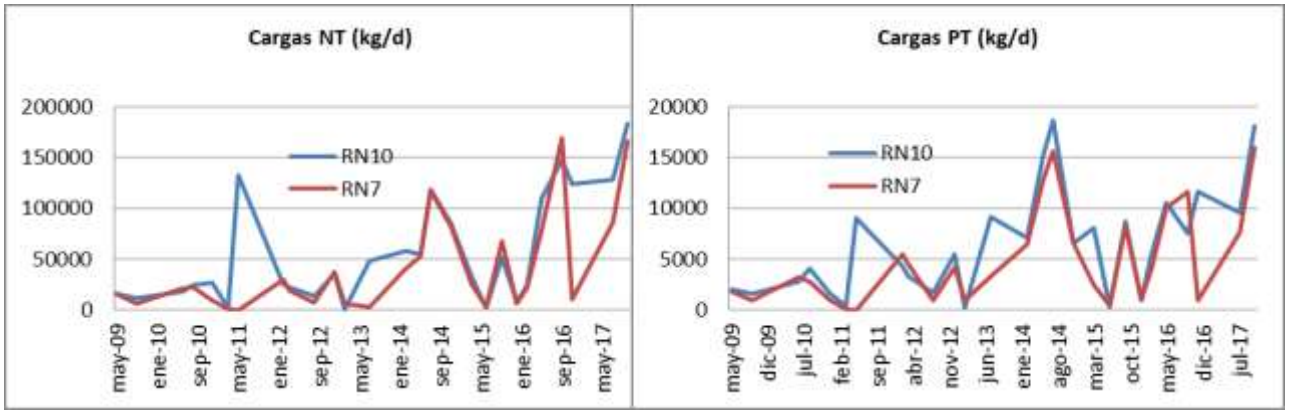


Figura 44. Cargas de nitrógeno total (NT) y fósforo total (PT) para el embalse Baygorria (2009-2017), donde se identifican las estaciones de entrada (RN7) y salida (RN10) del embalse.

Palmar

Las cargas para este embalse se estimaron considerando la entrada desde el cauce principal del Río Negro y del Río Yí y la salida del embalse. Las cargas de NT y PT resultaron mayores en la salida del embalse (RN14) relativo con algunos pulsos de salida que se corresponden con pulsos de entrada menores. Los datos de concentración sobre el Río Yí se estiman desde la estación RN 12, ubicada sobre la desembocadura del río Yí en el embalse, por lo que en los 3 episodios de picos de carga de salida del embalse, la estimación utilizada no permite dar respuesta a estas condiciones (Figura 45).

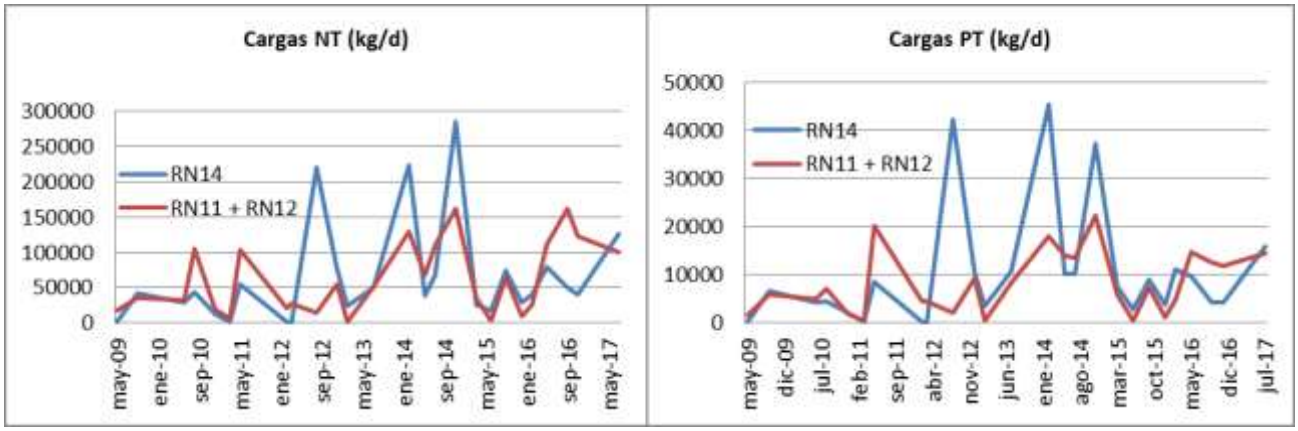


Figura 45. Cargas de nitrógeno total (NT) y fósforo total (PT) para el embalse Palmar (2009-2017), donde se identifican las estaciones de entrada (RN11) y salida (RN14) del embalse.

5.11- Tendencias espaciales y temporales de las características del sistema y calidad del agua

A fin de verificar si pueden establecerse patrones espaciales o regiones en la cuenca, se realizaron análisis de agrupaciones (clusters) en base a los parámetros físicos, químicos e hidrológicos. Los resultados ratifican las tres grandes zonas (Figura 46) cuyos límites varían en función del caudal: a) zona alta (RN1 a RN3), b) zona media (RN5 a RN14) y c) zona baja (RN15 a RN17). La estación RN12 mostró un comportamiento más variable que el resto, ubicándose en la zona media o en la baja, e incluso en la zona alta (año 2012).

Para identificar cuáles fueron los factores que durante el período de estudio determinaron las condiciones del sistema en las tres regiones, se realizó un ACP (Análisis de componentes principales) con los promedios anuales de los parámetros físicos, químicos e hidrológicos de todo el período de estudio (2009-2016) (Figura 47). Este análisis que ordena los datos en torno a ejes o componentes que representan los factores de mayor peso (que deben ser identificados por el investigador), agrupa las estaciones de las tres zonas mencionadas ratificando los resultados del test de agrupamiento. Por otra parte, la ordenación de las variables en torno al componente 1, que explica el 31% de la variabilidad de los datos, lo asocia con los nutrientes, la conductividad y los sólidos suspendidos totales. El componente 2 explica el 16% de la variabilidad de los datos y se asocia principalmente a la clorofila *a* y el oxígeno disuelto, el pH, la alcalinidad y el amonio. Las zonas alta y baja de la cuenca (zonas fluviales del río) se asocian positivamente al componente 1, mientras que la zona media se vincula de manera opuesta. Esto indicaría que el principal componente está determinado por las condiciones lóticas y lénticas, es decir por el factor hidráulico.

A su vez, las estaciones de la cuenca alta se asocian a factores que aportan a la eutrofización (concentración de nutrientes) y arrastre desde la cuenca (sólidos suspendidos totales); mientras que la cuenca baja (desde Palmar hacia aguas abajo) está asociada a factores que indican aportes de compuestos nitrogenados, posiblemente vinculados a

fuentes puntuales (urbanas) y/o a fertilizantes. Por otro lado, la cuenca media (zona embalsada) se asocia positivamente con la biomasa algal (clorofila *a*) y el oxígeno disuelto, lo cual se interpreta como la importancia de las floraciones algales como indicadoras de eutrofización (Figura 47). En síntesis, el segundo componente se vincula positivamente con la biomasa algal y el oxígeno disuelto asociados a los embalses de la zona media; mientras que se vincula negativamente con los compuestos nitrogenados de la zona baja. Esto podría indicar que el segundo componente está determinado por los aportes de nutrientes que ingresan principalmente desde la cuenca alta, promoviendo el desarrollo de biomasa fitoplanctónica (o floraciones algales como expresión de la eutrofización).

A lo largo del período de estudio (Figura 48), no se identificaron patrones ni tendencias temporales claras para las variables analizadas. Existen similitudes entre los valores de conductividad, alcalinidad y nitratos que disminuyeron a partir de sus valores más altos en el 2009. Por otra parte, los nutrientes nitrogenados mostraron similitudes en sus valores promedio, con algunas oscilaciones en los rangos; mientras que los nutrientes fosforados, principalmente el fósforo total, presentaron una leve tendencia al aumento hasta 2013 y 2014, disminuyendo hacia el final del estudio. Los valores de clorofila *a* mostraron un constante incremento hasta 2012, con una progresiva disminución a partir de 2013. Los años de menor biomasa fitoplanctónica fueron 2009 y 2014, en los cuales se registró el mayor caudal del período, principalmente 2014. Los coliformes termotolerantes registraron valores promedio relativamente constantes durante el período, excepto en 2013 y 2015, cuando registraron una importante disminución, presentando valores más altos para el año 2017.

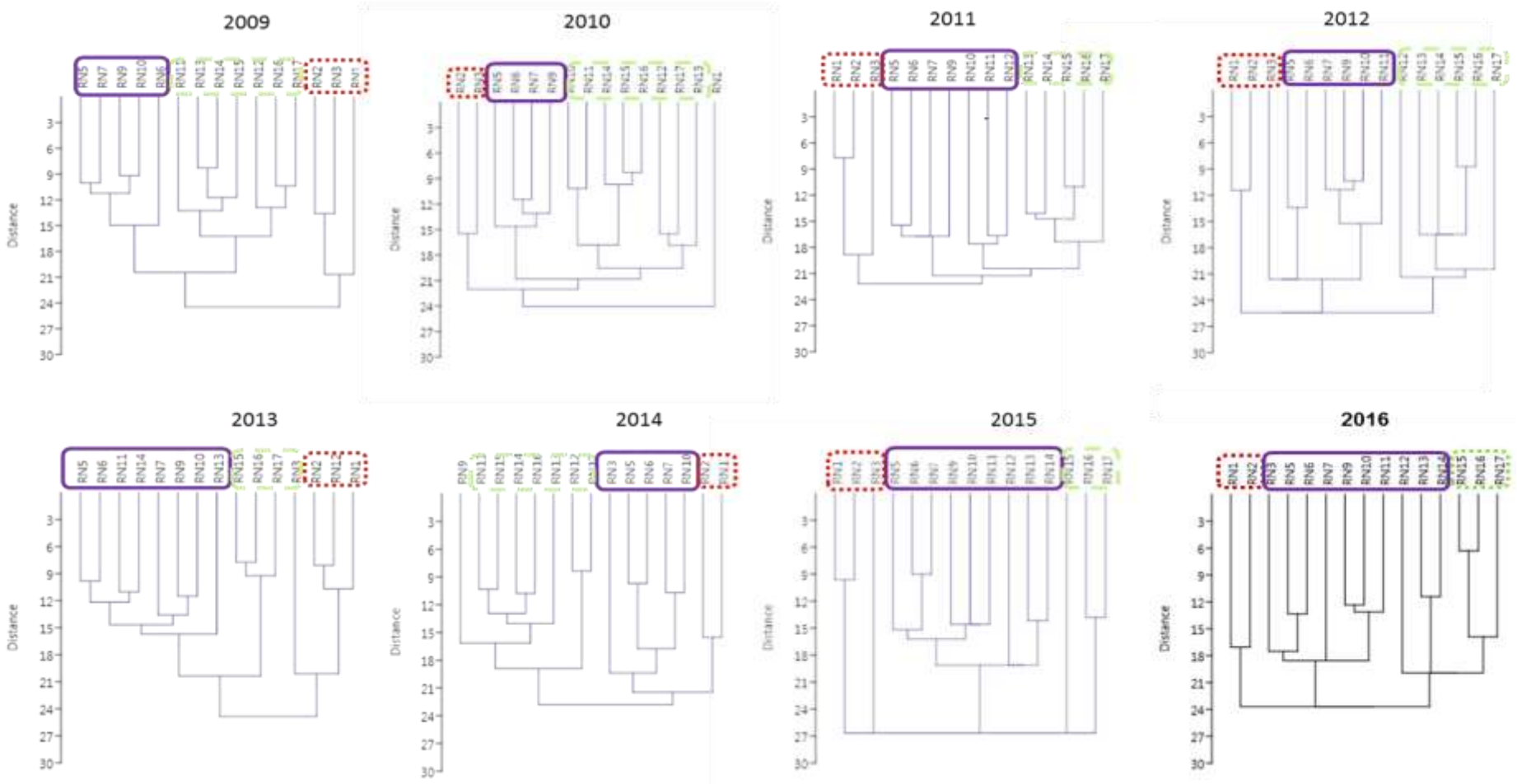


Figura 46. Agrupaciones (clusters) de los sitios de monitoreo en función de las variables fisicoquímicas para el período 2009-2016. Los grupos se forman con estaciones de la cuenca alta (en rojo), media (en violeta) y baja (en verde).

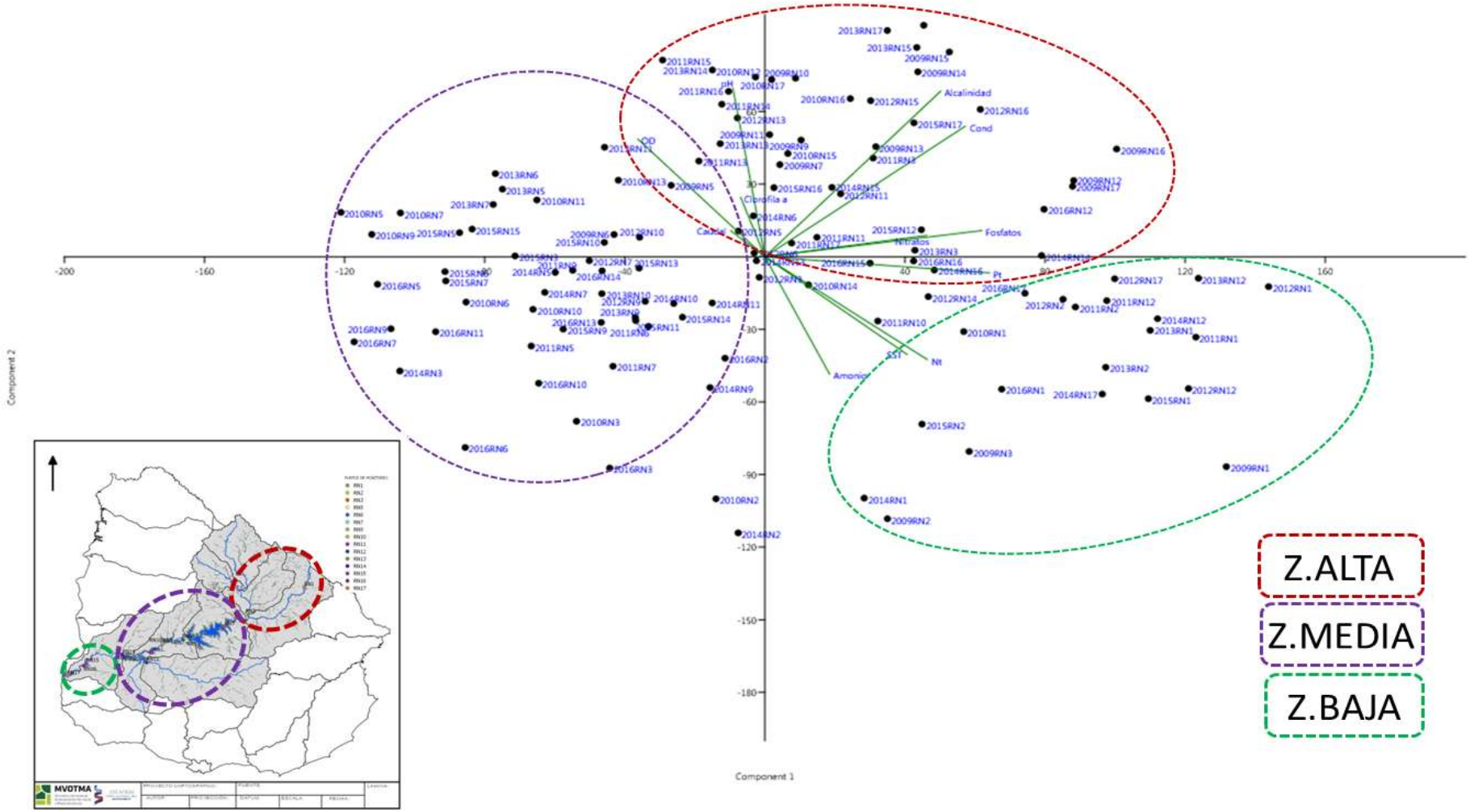


Figura 47. Análisis de componentes principales para los promedios anuales de las variables medidas en el período 2009-2016. Las flechas verdes indican el peso de cada variable con respecto al componente 1 y 2. En el mapa se señalan las estaciones pertenecientes a la zona alta (rojo), zona media (violeta) y zona baja (verde). Componente 1: nutrientes, la conductividad y los sólidos suspendidos totales. Componente 2: clorofila *a* y el oxígeno disuelto, el pH, la alcalinidad y el amonio.

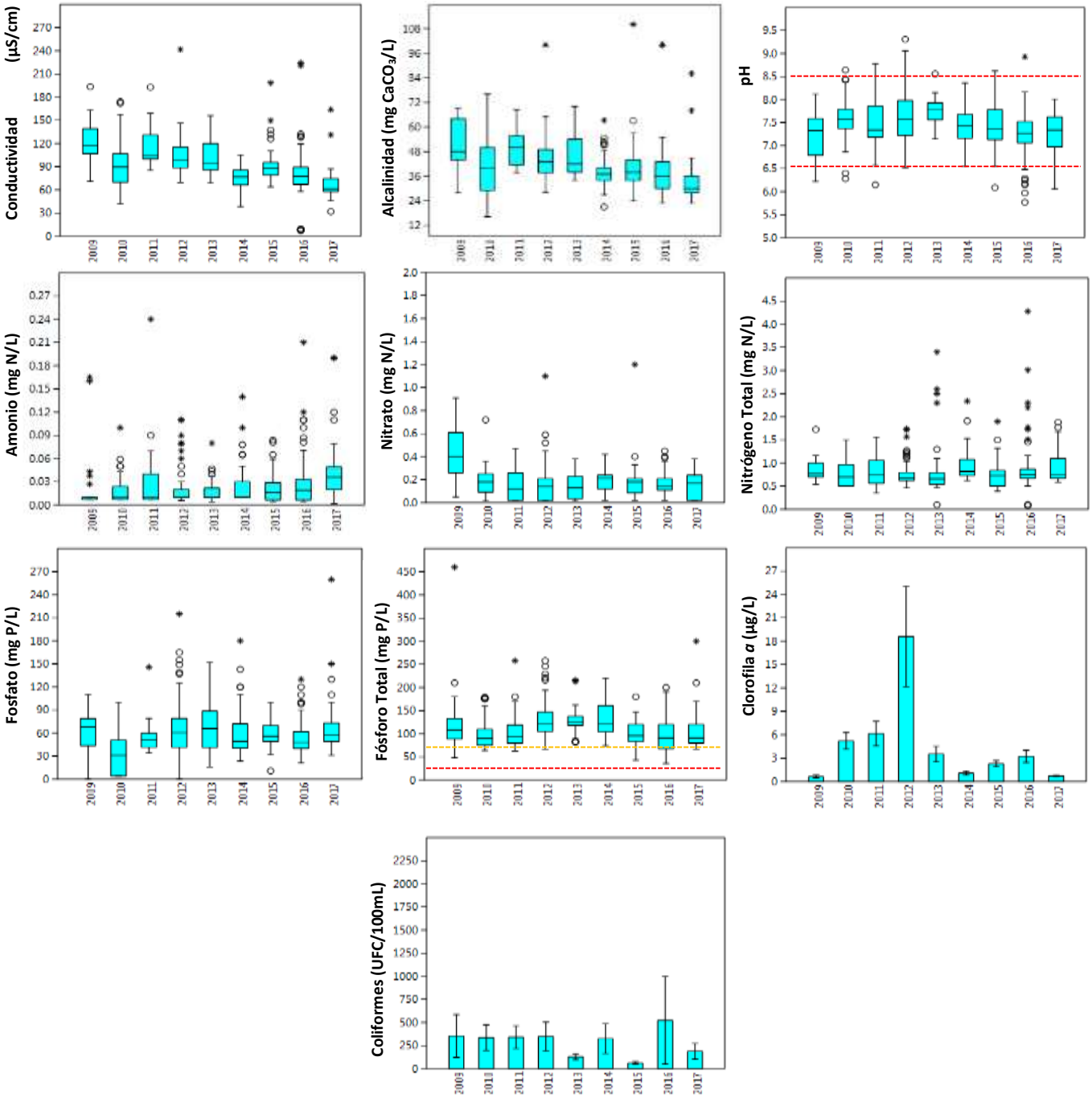


Figura 48. Variación interanual de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos (Se indican rango, percentil 25 y 75, mediana. º indican fuera de rango, * indican outliers)

El análisis de la tendencia de la concentración de PT y NT en las estaciones de monitoreo durante el período de estudio (2009-2017), indica que los valores se mantienen dentro del rango, sin tendencia (Figuras 49 y 50). La tendencia de PT en el tiempo no fue significativamente distinta de cero en ninguna de las estaciones analizadas. Mientras que el NT

presentó una tendencia marginalmente significativa a la baja en RN11 (F = 4.056, gl = 24, p= 0.05536). Esto se interpreta como una leve reducción de la concentración de NT en el tiempo.

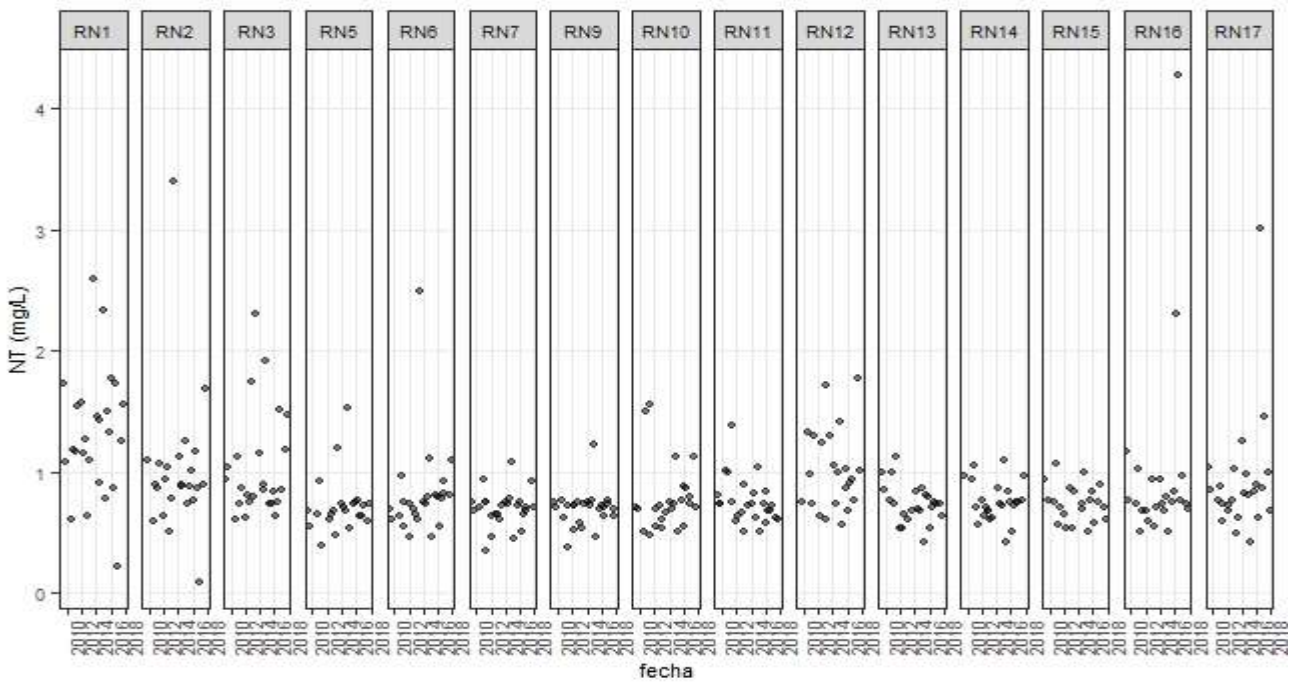


Figura 49. Tendencia general de todos los valores de concentración de NT por estación de monitoreo durante el período de estudio 2009-2017

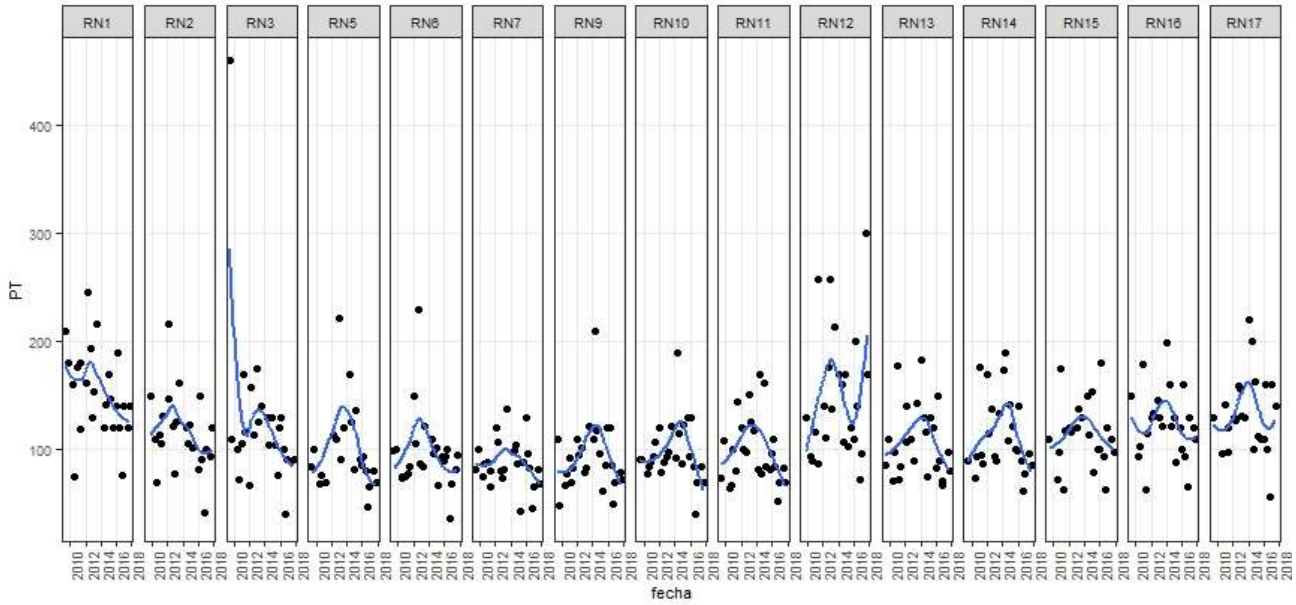


Figura 50. Tendencia general de todos los valores de concentración de PT por estación de monitoreo durante el período de estudio 2009-2017

5.12- Usos del suelo y calidad de agua

En base a los resultados obtenidos del ACP para establecer las variables de mayor peso en la calidad del agua se seleccionó la conductividad para establecer su relación con los usos del suelo. Los resultados mostraron que se correlaciona significativamente de forma positiva con los cultivos, de forma negativa con el campo natural y las superficies forestadas (Tabla 20).

Tabla 20: Correlación entre conductividad y carga de los diferentes usos del suelo (se presentan los datos que resultaron estadísticamente significativos p<0.05)

		Carga Cultivos	Carga monte natural	Carga Forestación
Conductividad	Significancia	0.024259	0.0067938	0.014189
	Correlación	0.57721	-0.66531	-0.61744

La misma tendencia fue encontrada para las correlaciones entre los fosfatos y el fósforo total con los diversos usos del suelo. Ambos parámetros están correlacionados de forma positiva con los cultivos, y negativa con el monte natural y la forestación (Tabla 21 y 22).

Tabla 21: Correlación entre fosfatos y carga de los diferentes usos del suelo (se presentan los datos que resultaron estadísticamente significativos p<0.05)

		Carga Cultivos	Carga monte natural	Carga forestación
fosfato	Significancia	0.0073295	0.034965	0.05557
	Correlación	0.66072	-0.54668	-0.50372

Tabla 22: Correlación entre fosforo total y diferentes usos del suelo (se presentan los datos que resultaron estadísticamente significativos p<0.05)

		Carga Cultivos	Carga monte natural	Carga forestación
Fósforo	Significancia	0.045829	0.022586	0.0094554
	Correlación	0.52222	-0.58286	-0.64477

Las correlaciones entre los compuestos de Nitrógeno y los usos del suelo no fueron determinantes y no confirman una tendencia específica, sin embargo se destacan tres resultados:

- fuerte correlación, significativa positiva entre el nitrógeno total y carga de los cultivos de arroz (0,64558; p <0,0093379)
- correlación significativa positiva entre los nitratos y los cultivos (0,52851; p <0,042828)
- correlación significativa negativa entre los nitratos y el campo natural (-0.56932; p <0.026746)

Se encontró fuerte correlación entre el ganado y los nutrientes en varias estaciones de zonas fluviales (Tabla 23). La mayoría de los puntos de monitoreo presentaron correlaciones positivas significativas con los nutrientes (fósforo total, nitrógeno total y amonio) y con la conductividad, la cual a su vez está directamente relacionada con la presencia de iones (incluidos los nutrientes) en el agua. Asimismo la mayoría de los puntos de monitoreo, presentaron una correlación significativa positiva entre la conductividad del agua y el caudal del río.

Tabla 23: Resultados significativos (p<0,05) de las correlación entre cabezas de ganado y caudal con parámetros de calidad de agua por sitio de muestreo.

		Fosfatos	**Pt**	**Conductividad**
RN1	Cabezas ganado	0,9599 (p=0,0527)	0,9389 (p=0,0069)	-
	Caudal	-	-	-0,96101 (p=0,0005)
RN2	Cabezas ganado	-0,9583 (p=0,0007)	0,8523 (p=0,0145)	-
	Caudal	-	-	-0,8434 (p=0,0171)
RN6	Cabezas ganado			0,8258 (p=0,0221)
	Caudal			-0,7763 (p=0,0401)

RN7		**Amonio**	**SST**	**Cond**
	Cabezas ganado	0,76729 (p=0,044064)	0,74317 (p=0,055 596)	0,78123 (p=0,038064)
	Caudal	-	-	0,82562 (p=0,02215)
RN14			**Pt**	**Cond**
	Cabezas ganado		0,75873 (p=0,047 99)	0,72038 (p=0,067845)
	Caudal		-	-0,77204 (p=0,041964)
RN16			**Pt**	**Cond**
	Cabezas ganado		0,71671 (p=0,047 789)	-
	Caudal		-	-0,58339 (p=0,04913)

En la estación RN7, aguas abajo de la ciudad de Paso de los Toros, se registró una correlación positiva y significativa (0,89; p<0,006), entre los sólidos suspendidos y el fósforo total. Esta relación muestra la presencia de nutrientes asociados al sedimento, indicando que aquellos podrían tener su origen en la erosión y estar adsorbidos a las partículas del suelo o, al menos, haber sido arrastrados juntos.

6- Discusión y Síntesis

6.1- Calidad del agua en la cuenca del Río Negro

La mayoría de los parámetros fisicoquímicos medidos en el Río Negro entre 2009 y 2017 (conductividad, alcalinidad, nutrientes nitrogenados y fosforados) presentaron un patrón espacial que coincide con las tres grandes zonas definidas en la cuenca. En las zonas alta y baja se observaron los valores más altos de estos parámetros, mientras que en la zona media presentaron una gran heterogeneidad. Este patrón, concordante con el índice de calidad agua (IQA) calculado para la cuenca, determina que la calidad del agua fuera buena en su zona media y regular (o "media") en los tramos alto y bajo (Quintans 2017 MVOTMA-DINAMA, 2017c). El IET anual, resultante de la concentración de PT en agua, aplicado en el tramo principal y en los cursos de la cuenca del río Tacuarembó, muestra un estado predominantemente mesotrófico con sitios que reiteradamente son eutróficos (RN12, RN1 y RN2). Esta situación fue frecuente entre 2011 y 2015, presentando una recuperación de la calidad (por un descenso del estado trófico) a partir de 2016. Estudios realizados específicamente en la cadena de embalses del río Negro (Chalar et al., 2012; Chalar et al., 2015; UTE- F.Química, 2015), destacan que la carga de nutrientes existente en los embalses es el factor que desencadena el proceso de eutrofización de los mismos, resultando en floraciones de cianobacterias (potencialmente tóxicas) y el consecuente deterioro de la calidad del agua. La información generada en este estudio a partir de los datos del monitoreo de DINAMA coinciden en que el Río Negro recibe cargas altas de N y P en diversos puntos de la cuenca y que las microalgas presentan mayor concentración en los embalses. El Río Negro cuenta con tres embalses en su recorrido, presentando por tanto tramos con características de sistemas lóticos (zonas alta y baja) y tramos característicos de sistemas lénticos (zona media). Si bien el represamiento del cauce de un río altera la variación hidrológica natural del sistema (Chalar et al., 2014), los embalses continúan manteniendo una gran relación e interdependencia con la cuenca de drenaje; es decir, con la geología, topografía, clima, tipo de suelos y cobertura vegetal de la cuenca.

Los análisis de componentes principales (ACP) realizados en base los parámetros físicos (incluido hidrológicos), químicos y biológicos, permitieron, por un lado, identificar a los principales factores que determinan la distribución de las estaciones en el gráfico de ordenamiento (Figura 41), y por otro lado, inferir cómo actúan dichos factores. Los componentes principales en el Río Negro son la hidrología y los aportes de nutrientes. Asimismo el análisis confirma que el Río Negro se divide en tres grandes zonas: la zona alta formada por las estaciones RN1, RN2 y RN3 (desde Paso Mazangano a San Gregorio de Polanco), la zona media por las estaciones que van de RN5 a RN14 (desde embalse Rincón del Bonete hasta Palmar o incluso aguas abajo), y la zona baja por las estaciones desde RN15 a RN17 (es el último tramo fluvial que va desde aguas arriba de la ciudad de Mercedes hasta la desembocadura). La estación RN12 asociada al Río Yí en su desembocadura en Palmar, fue la excepción de la zona media, presentando diferencias significativas con las estaciones próximas. Esto se debe a la ubicación de este punto de monitoreo que refleja la mezcla de aguas del Río Negro y del río Yí. Asimismo las estaciones RN13 y RN14, ubicadas aguas arriba y aguas abajo del embalse de Palmar respectivamente, no presentaron diferencias significativas entre ellas, para ninguno de los parámetros analizados. Estos grupos de estaciones varían de acuerdo a los cambios en la hidrología, siendo que en años más lluviosos la zona media se expande homogeneizando el río y en años menos lluviosos las zonas se diferencian de forma más marcada. La posición opuesta de estas zonas lénticas por un lado (embalses) y lóticas (zonas alta y baja) en el lado opuesto del diagrama (Figura 41) indica que la principal forzante que diferencia las zonas del Río Negro es la hidrología. Esta tendencia se mantiene en todos los años muestreados (Anexo 3, ACP). Esta zonación, también la corrobora la concentración de PT, en un análisis estadístico independiente, lo cual sugiere la vinculación que existe entre el aporte de este nutriente y la hidrología.

Por otra parte, a través del ACP se observó que las estaciones ubicadas en los embalses, se asocian principalmente a la biomasa fitoplanctónica (clorofila a), como respuesta a la eutrofización mediante floraciones algales. Cuando se analizaron las cargas de entrada y salida de los embalses, se observó que Rincón del Bonete registra menos carga de salida que de ingreso, indicando que puede estar reteniendo nutrientes en el sedimento. En los embalses donde son evidentes los procesos de sedimentación, pueden ocurrir acumulaciones de nutrientes y otros compuestos. En este sentido, Chalar et al., (2012), registraron en los sedimentos de los embalses del Río Negro concentraciones de nutrientes mayores para Nitrógeno total (NT) y Fósforo total (PT) en Bonete, seguido por Palmar y luego Baygorria. En este trabajo además, las tasas de sedimentación calculadas para los tres embalses desde su construcción, presentaron su máximo en Palmar con 1,1 cm/año, seguido por Bonete con 0,7 cm/año y Baygorria con 0,2 cm/año. Esta distribución de las concentraciones de nutrientes, puede relacionarse con los TRH de cada embalse, siendo Baygorria el que presenta el menor TRH.

Las estaciones de la cuenca alta, de características más fluviales, se encuentran asociadas a nutrientes y SST que aportan a la eutrofización por arrastre desde la cuenca, según el ACP. Considerando los resultados de Arocena et al. (2018), los arroyos del margen izquierdo de la alta cuenca, clasificados como eutróficos e hipereutróficos, son una vía de acceso de nutrientes al sistema. Por un lado porque se encuentran en la ecorregión de la Cuenca Sedimentaria Gondwánica que está bajo presión agrícola media a intensa, y por otro porque la integridad ecosistémica de esos arroyos está fuertemente intervenida por acción del ganado. Esto también justifica el ingreso de sólidos suspendidos al sistema.

La cuenca baja (desde Palmar hacia aguas abajo) se asocia a factores que indican aportes de compuestos nitrogenados, vinculados a fuentes puntuales (vertidos domésticos) y/o fertilizantes. Es otro resultado que también se confirma con el estudio de Arocena et al. (2018), que afirma que la superficie de suelo destinada a agricultura intensiva en la cuenca baja, es del 45-55% (corresponde a las ecorregiones Escudo Cristalino donde se asienta la cuenca del rio Yi, y la Cuenca Sedimentaria del Oeste que corresponde al litoral de los Departamentos de Soriano y Rio Negro). La agricultura utiliza fertilizantes nitrogenados que terminan afectando el estado trófico de los cuerpos de agua.

Temporalmente, los parámetros analizados registraron gran variabilidad, tanto intra como inter anual. No se observaron patrones estacionales ni tendencias. Este resultado puede ser una consecuencia de la variabilidad en la frecuencia de monitoreo (como se muestra en la Tabla 5), además de la heterogeneidad intrínseca del sistema. En tal sentido, se recomienda revisar y establecer una frecuencia de muestreo mayor y sostenida. No obstante, en los nueve años de muestreo analizado, los parámetros de calidad de agua no registraron cambios significativos. Este resultado se corrobora también en el índice de calidad de agua (IQA) calculado desde 2009 al 2017 (MVOTMA-DINAMA, 2017c). Todos los parámetros fisicoquímicos analizados cumplieron mayormente con los estándares nacionales, a excepción del PT, única variable que no cumplió con la normativa ambiental durante todo el período de estudio.

El PT es el parámetro más sensible como indicador de estado trófico que determina problemas en la calidad del agua por desarrollo de floraciones de cianobacterias potencialmente tóxicas, si bien no es en sí un contaminante. La afectación de la calidad del agua por la presencia de de floraciones algales, genera sabor y olor del agua, aumenta los costos de depuración y potabilización (Tsegaye et al., 2006), además de crear un impacto negativo en los ecosistemas acuáticos y terrestres (Zhang et al., 2012). La concentración de PT en el sistema presentó un incremento de sus valores promedio entre 2009 y 2014, a partir del cual se redujo constantemente. En 2014 se registró la mayor cantidad de lluvias del período de estudio, pudiendo provocar una dilución de la concentración del nutriente en el río. Sin embargo existe otro factor asociado a la reducción de los años siguientes. Desde 2015 se produjo un desaceleramiento en la productividad agrícola (DIEA|MGAP, 2016), que podría estar asociado a una reducción del uso de fertilizantes y/o de suelo destinado a agricultura.

En cuanto a los sedimentos, según la norma aplicada, los valores de PT son tolerables para la fauna bentónica, en tanto que las concentraciones de NTK (Nitrógeno total Kiehldal), se encuentran comprendidos en el rango entre el

nivel de efecto menor y el severo, según la normativa empleada. Asimismo el NTK en los embalses tiende a aumentar aguas abajo, en tanto que su concentración es máxima en la estación de la desembocadura del río Yí. Los metales pesados monitoreados en general se encuentran dentro en concentraciones aceptables según la normativa internacional. Sin embargo, el arsénico muestra diferentes apreciaciones a la luz de la normativa aplicada. En el caso de la australiana, este elemento no muestra valores que puedan ocasionar efectos en el medio. Sin embargo según la normativa canadiense triplica el valor guía para efectos biológicos no son esperables. En el caso del níquel se registraron valores que según la norma australiana pueden generar efectos sobre el medio. Si bien en ninguna muestra se detectó mercurio, Chalar et al. (2012) menciona que la concentración de mercurio en sedimentos del embalse Rincón del Bonete son elevados. En cuanto a los haluros orgánicos, las mayores concentraciones fueron registradas en la desembocadura del río Yí.

La calidad de agua en el río Tacuarembó en general es buena. A excepción del PT y coliformes termotolerantes los demás parámetros analizados cumplen con los estándares de la normativa nacional (decreto 253/79). El PT fue el único parámetro que presentó todos sus valores por encima del estándar (<25 µg P/L), como ocurre en la mayoría de los cuerpos de agua monitoreados en el país, pero con valores menores que el curso principal del Rio Negro. Por otro lado, es importante destacar que existe gran disponibilidad de PO_4^{2-} en el agua, el cual puede potencialmente promover el crecimiento de plantas y algas. Las estaciones ubicadas aguas abajo a las ciudades de Tacuarembó y Rivera (CH1 del río Tacuarembó chico y CU1 del arroyo Cañapirú, respectivamente), presentaron los mayores valores de NO_3^-, PT, PO_4^{2-} y coliformes termotolerantes, evidenciando el impacto antrópico de las ciudades en dichos tramos.

6.2. Estado trófico y floraciones algales

Dentro de los principales efectos de la eutrofización se encuentran el aumento de la biomasa fitoplanctónica, principalmente de cianobacterias potencialmente tóxicas y la pérdida de biodiversidad. La biomasa fitoplanctónica estimada como clorofila a presentó sus mayores valores en la zona media o más léntica del sistema, con máximos en el embalse de Rincón del Bonete. Este fenómeno se asocia con el aumento del TRH y la presencia de zonas de muy limitada circulación, que propician el desarrollo de fitoplancton, además de la disponibilidad de nutrientes ya demostrada (Wang y Dou 1998; Abell et al., 2011; Quintans 2016). A pesar de que no se registraron altas concentraciones de biomasa algal o clorofila a en todo el sistema, los máximos de clorofila se registraron en los meses cálidos de 2012, cuando el TRH registrado para ese año fue de los más altos para el período, favoreciendo por tanto, las condiciones que propician el desarrollo de floraciones algales (Chalar et al., 2012, 2014; Illarze, 2015). Lo contrario tuvo lugar en el año 2014, donde se registraron los valores más altos de precipitación acumulada anual, los TRH fueron menores y los valores de clorofila a también fueron bajos.

Este resultado evidencia la incidencia del embalse en el desarrollo del fitoplancton y, en consecuencia, de floraciones de cianobacterias que pueden afectar a los usuarios del sistema. El estudio de Chalar et al. (2012 y 2014) así como el realizado por Facultad de Química en convenio con UTE (UTE-F.Química, 2012), detectaron la presencia de floraciones de cianobacterias tóxicas (*Microcystis* y *Dolychospermum*) y de microcistina en una concentración máximade 34000 µg L^{-1} en Palmar (con medianas entre 2,2 y 150 µg L^{-1} entre los tres embalses). Estos niveles se ubican en el rango medio a alto de toxina, en relación a otros sistemas de la región (MVOTMA-DINAMA, 2011).

Los efectos del desarrollo de floraciones de cianobacterias alcanzaron también la estación aguas abajo del embalse Rincón del Bonete (RN6), próximo a la ciudad de Paso de los Toros, cuya permanencia o crecimiento también puede ser favorecida por los vertidos locales de nutrientes (por ejemplo de aguas residuales domésticas o pluviales).

Según el índice de estado trófico (IET) del Río Negro elaborado en función de la concentración de fósforo total (Quintans 2017 MVOTMA-DINAMA, 2017c), el sistema registra un constante estado eutrófico en sus tramos fluviales, volviéndose mesotrófico a partir de 2015. Mientras que en las estaciones del tramo medio (RN6, RN7, RN11, RN10 y RN15) alternaron estados mesotróficos y eutróficos, llegando a supereutróficos en RN3, RN10, RN11 y RN14 en 2009 (Figura 67 a Figura **70**, Anexo 5). Las estaciones próximas a la ciudad de Paso de los Toros, entre el embalse Rincón del

Bonete y Baygorria (RN6 y RN7), presentaron un estado mesotrófico prácticamente en todo el período analizado. Sin embargo, cuando les fue aplicado el índice para embalses tropicales y subtropicales (TSI-tsr) de Fernández-Cunha et al. (2013), basado en las concentraciones de PT y clorofila a, todos los embalses del Río Negro mostraron estado de oligotrófico a eutrófico, dependiendo del año analizado (MVOTMA-DINAMA, 2016a). Las estaciones de monitoreo en los embalses están ubicadas en áreas abiertas, donde generalmente no hay acumulación de algas y por lo tanto la concentración de clorofila no sería representativa de la situación real de todo el embalse. La distribución espacial heterogénea del fitoplancton, y por ende de la clorofila a, que tiende a acumularse hacia áreas cerradas y de menor circulación y exposición al viento, explicaría el resultado dl IET-tsr, contradictorio con otros estudios que evidencian el estado eutrófico de los embalses (Brena y González, 2012; Conde et al, 2002; Chalar et al, 2012, 2014). Por este motivo, este estudio no muestra los resultados del IET para embalses. Por otra parte, la dinámica temporal de las algas puede determinar que existan rápidos incrementos de la concentración de clorofila (picos de clorofila) en una escala temporal de pocos días y por tanto no ser detectadas por la frecuencia trimestral de los monitoreos actuales.

Considerando como valor de referencia para evitar la eutrofización, al estándar de PT que establece el Decreto 253/79 y el caudal promedio que ingresa a los embalses, se estimó que las cargas de nutrientes en cada embalse superaron en un 200 a 300% las cargas máximas deseables (MVOTMA-DINAMA, 2016d). En el mismo sentido fueron determinadas por Chalar et al. (2012) las cargas máximas permitidas para evitar o prevenir la aparición de floraciones algales en los embalses del Río Negro. El embalse Palmar se destaca porque presentó una carga crítica estimada 2 veces menor que la de los otros dos embalses, concordante conel mayor registro de frecuencia, permanencia y toxicidad de floraciones de cianobacterias.

6.3. Incidencia del uso del suelo en la calidad del agua

Las actividades agrícolas intensivas aumentan la erosión de los suelos y exportan su fertilidad natural al ecosistema acuático. Ello sumado a la carga proveniente del uso de fertilizantes inorgánicos y orgánicos conduce a la eutrofización de los cuerpos de agua. El manejo de la tierra de la cuenca para la agricultura, la silvicultura, la horticultura, la ganadería, la conservación, la industria y las áreas urbanas influyen en la calidad del agua que ingresa al sistema acuático (Chalar et al., 2017, Johnes et al. 1996; Moss 1998). Sin embargo, las fuentes de contaminación difusas son difíciles de identificar, debido a la naturaleza compleja y difusa de la interacción entre la escorrentía y el paisaje (Chiwa et al., 2012; Carpenter et al., 1998).

En el caso del Río Negro, las cargas exportadas de NT y PT desde su cuenca se deben en un 92% y 96% respectivamente a fuentes difusas, según estimaciones para este trabajo. Numerosos estudios muestran que la calidad del agua superficial se ve afectada por las características de cobertura de la tierra que se encuentran dentro de las áreas de la cuenca drenaje (Limburg and Schmidt, 1990; Jones et al.1999; Bis et al. 2000; Riva-Murray et al., 2002; Woodcock et al., 2006), lo que hace que los contaminantes se abran camino a través de la interfaz tierra-agua (Zhang et al. 2010; Duan et al. 2015). De acuerdo con los análisis de correlaciones y ACP, las concentraciones de nutrientes están asociadas positivamente con los cultivos, el arroz y el ganado, y negativamente con los montes nativos, la forestación y el campo natural. Por lo tanto, el uso agrícola de la cuenca, más intenso en el tramo brasileño, en la cuenca alta y en la cuenca baja del Uruguay, representan zonas de importantes ingresos de nutrientes al río. Mientras que las zonas forestadas y las más naturales, representadas por el campo natural y los montes nativos, reducen los ingresos. Estos resultados son también comprobados en el estudio de Arocena et al., 2018. Los autores encontraron importante correlación entre los estados eutróficos e hipereutróficos de los arroyos en cuencas con agricultura de intensidad media. Esta clasificación corresponde a cuencas donde la actividad agrícola se combina con la ganadería. El ganado accede a los cursos de agua ocasionando alteraciones físicas y químicas en las riberas y el agua. El pisoteo del ganado en las márgenes fue la variable de mayor peso negativo sobre la integridad del ecosistema y la interrupción del continuo que representa la ribera en la protección de los cursos de agua. Por otra parte, las cuencas forestales o

de campo natural con riberas preservadas o ausencia de pisadas en los cursos de agua, fueron las que registraron la mejor calidad de agua y condición ecológica.

En la cuenca del Río Negro, históricamente, la agricultura se desarrolló en la cuenca baja en mayor medida que en el resto. En el período comprendido entre 2011 y 2015 se observa la expansión de la frontera agrícola hacia el Este del territorio, siendo el área de cultivos duplicada en la cuenca del río Tacuarembó. En contraposición, el campo natural es el uso de suelo que más espacio ha cedido, principalmente en las cuencas que históricamente se asociaron con este uso de suelo. Los resultados mostraron la relevancia de las zonas alta y baja de la cuenca en el aporte de nutrientes, que se corresponde con el intenso uso agrícola del suelo. El porcentaje de cobertura agrícola es casi siempre significativamente correlacionado con la contaminación de las aguas a causa de la fertilización que ingresa nutrientes a las aguas (Tu, 2011). La tasa de cambio de uso del suelo en la cuenca del Río Negro mostró que la zona media y alta presentaron entre 32 y 107% de aumento en los cultivos entre el 2011 y el 2015. La menor tasa de cambio en lo que se refiere a los cultivos (entre 9 y 18%), se registró en la zona baja, debido a la escasa capacidad de ampliación de la frontera agrícola en esta zona, ya fuertemente utilizada.

En menor medida, las plantaciones forestales también aumentaron su extensión en la cuenca. Sin embargo, el aumento de la tasa de forestación genera un impacto menor sobre la calidad del agua. Como consecuencia el aumento de carga de nutrientes sería menor, debido a los bajos coeficientes de exportación de nutrientes de las plantaciones forestales. Incluso en ciertos casos, la forestación funciona como filtro verde protegiendo los cursos del escurrimiento superficial y sub superficial de nutrientes (Comité de Agua de CORMA, Chile, 2015).

En todos los casos, las expansiones de áreas cultivadas y forestadas tuvieron lugar a expensas de antiguas superficies de campo natural, y en algunos casos, también debido al desmonte del monte natural, situación prohibida por ley. Según el método de cálculo de coeficientes de exportación utilizado, la carga de NT que genera una hectárea de cultivo es 30 veces superior a la misma superficie ocupada por campo natural bajo ganadería extensiva; y respecto al PT, una hectárea de cultivo produce la misma carga que 17 ha de campo natural. La reducción de los bosques naturales que actúan como corredores biológicos, donde la biodiversidad de flora y fauna contribuye a la preservación de la calidad ambiental y retienen los nutrientes exportados desde la cuenca, representa un daño a la integridad del ecosistema e incrementa los riesgos de pérdida de calidad y resiliencia del curso de agua (Dirección Nacional de Conservación de Ríos, Ministerio de Medio Ambiente y Bosques, Gobierno de India 2009, Jones et al, 1999, Barling y Moore, 1994; Hashmi F, 2013). Es esencial realizar un buen manejo de las plantaciones forestales y de los cultivos agrícolas, buscando reducir la erosión, así como la llegada de fertilizantes hacia los cursos de agua.

Según un estudio realizado por investigadores de la Facultad de Ciencias para DINAMA (Arocena et al, 2018) en arroyos ampliamente distribuidos dentro de la cuenca del Río Negro, las concentraciones de SST y componentes nitrogenados (NH4, NO3 y NT) presentaron concentraciones aceptables para la normativa, no siendo así el caso del fósforo (PT y PRS). Al comparar los usos de las cuencas de dichos arroyos, las cuencas “naturales” presentaron menos NT, PRS y PT que las agrícolas, en tanto que en las forestales el NT fue menos que en las agrícolas y el PRS mayor. En cuanto al estado trófico, en las cuencas agrícolas dominaron los arroyos eutróficos e hipereutróficos, en tanto que en las “naturales” y forestales dominaron loas cursos oligotróficos y mesotróficos. Finalmente, se encontró que la peor calidad ocurre en los cursos de agua donde el ganado degrada la zona riparia.

Por otra parte, si bien los análisis de pesticidas en agua arrojaron valores sumamente bajos, no se puede concluir que en el ambiente no hay presencia de estas sustancias debido a que en la matriz en que fueron medidos, éstos tienden a desaparecer rápidamente. Normalmente para detectar y medir la presencia de pesticidas así como otras sustancias ajenas al ambiente se utilizan matrices biológicas (tejidos animales), ya que en estas las sustancias tienden a ser acumuladas. En efecto, un trabajo de investigación reciente ha registrado hasta un total de 30 sustancias diferentes en músculo de peces en diferentes localidades de los ríos Uruguay y Negro (Ernst et al, 2018).

En la zona alta de la cuenca donde predomina la ganadería extensiva, las plantaciones forestales y el arroz, la calidad del agua se encuentra afectada por las altas concentraciones de nutrientes, cuyas cargas representan el 17% de la carga de PT y casi 40% de la carga de NT aportadas en toda la cuenca. A su vez, esta zona recibe de las nacientes del río en territorio brasilero unas 1.031 ton/año de PT y unas 1.970 ton/año de NT por usos agropecuarios, a los cuales se suman los aportes urbanos de la ciudad de Bagé. Se destacan también los valores altos de NH4 en relación al resto de la cuenca, posiblemente debido a los factores mencionados (fertilización y aportes urbanos) y también a las plantaciones de arroz, donde debido a las condiciones anóxicas de inundación se producen formas de N más reducidas respecto de los cultivos de secano (Quintero et al., 2011).

En la zona media del río, los usos predominantes como la ganadería extensiva y los cultivos cerealeros y oleaginosos, también presentaron una correlación positiva con las concentraciones de nutrientes, especialmente con los fosfatos y PT, y la conductividad (Anexo 7). Las cargas de nutrientes calculadas para los embalses superaron en un 200 a 300% las cargas máximas deseables (MVOTMA-DINAMA, 2016d). Destacándose el embalse de Palmar, en el cual las cargas cuantificadas en la entrada del embalse son menores que en la salida, presentándolo como un sistema exportador de nutrientes. Esto podría deberse, entre otros factores posibles, a que este embalse se encuentra en una zona donde la agricultura se da de forma muy intensiva y la cuenca le aporta nutrientes por varias otras fuentes no cuantificadas en este estudio (por ejemplo el rio Yi y otros afluentes). Su ubicación en el tramo final de la cadena de embalses, además de sus características propias de transparencia y tiempo de retención hidráulica, favorecen significativamente su proceso de eutrofización. Esta situación está claramente demostrada en otros estudios (por ejemplo Chalar et al., 2014 y 2017; Haakonsson et al., 2017).

La zona baja de la cuenca presenta la mayor cobertura de cultivos con respecto a las demás zonas. Este tramo se caracteriza por presentar concentraciones altas de compuestos nitrogenados, que se asocian a fuentes puntuales y/o fertilizantes. Lo cual concuerda con las correlaciones positivas entre los nitratos y los cultivos. Como fuente puntual se identifican los vertidos domésticos de la ciudad de Mercedes, que mostró correlaciones con la conductividad y alcalinidad, así como altas concentraciones de nutrientes y SST (Anexo 4). Por otra parte, los valores de coliformes termotolerantes más altos fueron registrados en estaciones próximas a centros poblados ubicadas en las márgenes del Río Negro, en relación con el resto de las estaciones monitoreadas (RN3, San Gregorio de Polanco, RN14, Pueblo Palmar y RN16, Mercedes), demostrando así la afectación antropogénica sobre el río.

7. CONCLUSIONES

Considerando los objetivos planteados en este trabajo, se obtienen las siguientes conclusiones:

7.1- Características físicas, químicas e hidrológicas del sistema.

El Río Negro se caracteriza por tener una calidad de agua buena a regular, donde el principal problema está determinado por las condiciones de eutrofización debido a los altos niveles de nutrientes que contiene. Los parámetros de calidad de agua analizados cumplen en su amplia mayoría con los estándares que indica el Decreto 253/79 y modificativos, excepto para el fósforo total. La mayor parte del sistema muestra estado mesotrófico, con tramos alto y bajo propensos a la eutrofización. Por otra parte, los embalses alteran la hidrología del río, lo que a su vez afecta la calidad del agua. Estudios analizados en este trabajo también corroboran el estado eutrófico de los embalses.

7.2- Patrones y tendencias espaciales y temporales de las principales variables de calidad de agua analizadas.

Se identifica un patrón espacial en las variables de calidad de agua que fortalece la estructura de tres zonas en la cuenca. Las estaciones de la cuenca alta y de la cuenca baja, en general mostraron valores más altos de nutrientes y otras variables, que determinan valores de menor calidad de agua. Mientras que las estaciones en la zona media presentaron mayor heterogeneidad en sus valores. Esto se interpreta como una respuesta más directa de la calidad del agua en los tramos fluviales a los aportes desde la cuenca; mientras que hay otras interferencias en el tramo medio, más léntico. La interrupción del régimen fluvial por el sistema de embalses en cadena tiene mucho peso en esta situación.

No se identifican patrones temporales en la calidad del agua, excepto el que se asocia con el régimen hidrológico. Un ejemplo fue el incremento constante de los nutrientes desde el inicio del estudio hasta 2014 y luego una tendencia a su disminución, en coincidencia por el aumento de las precipitaciones promedio anuales y la disminución del área agrícola en la cuenca. Por otra parte, la ausencia de una estacionalidad marcada en todos los años, podría explicarse por la falta de datos que representen todas las estaciones del año en los muestreos analizados.

7.3- Zonas hidrográficas del Río Negro en función de la calidad del agua.

El Río Negro se divide en tres grandes zonas de acuerdo a la relación entre los parámetros físicos y químicos en las estaciones muestreadas. La zona alta se encuentra conformada por las estaciones RN1, RN2 y RN3, mientras que la zona media se compone por las estaciones RN5 a RN14 y la zona baja por las estaciones RN15 a RN17. Estos grupos de estaciones varían de acuerdo a los cambios en la hidrología, ya que en años más lluviosos la zona media se expande homogeneizando el río y en años menos lluviosos las zonas se diferencian más marcadamente. La estación RN12 asociada al Río Yí en su desembocadura en Palmar, fue la excepción de la zona media, presentando diferencias significativas con las estaciones próximas. Esto se debe a la ubicación de este punto de monitoreo, con características diferentes al Río Negro. Por otra parte, el incremento de la actividad agrícola en esta subcuenca entre 2011 y 2015 repercutió en esta separación de la estación RN12. La cuenca del río Yí que merece ser estudiada particularmente, lo cual ocurrirá a partir de 2019 al igual que las cuencas de los arroyos Grande y Grande del Norte. Las zonas más comprometidas del Río Negro respecto a la calidad del agua, son la zona alta y baja. Esto está en concordancia con los índices de calidad y de estado trófico mencionados que denotan el deterioro de la calidad del agua del Río Negro en sus tramos extremos.

7.4- Principales factores ambientales que inciden en la calidad del agua del sistema.

Los factores más influyentes en las características del sistema son el régimen hidrológico y los aportes desde la cuenca. El régimen hidrológico está determinado, principalmente por la operativa de las represas, que determinan los TRH y caudales en diferentes sectores del río. A mayor TRH mayor probabilidad de desarrollar floraciones de cianobacterias. Por otra parte, la distribución espacial de los aportes de nutrientes desde la cuenca es heterogénea y varía según los usos del suelo, siendo más intensos en la zona alta y baja de la cuenca, asociado a la actividad agrícola y ganadera.

7.5- Recomendaciones que ayuden a mantener y/o mejorar la calidad ambiental del Río Negro.

Se desprenden algunas recomendaciones que se relacionan directamente con el diseño del programa de monitoreo, así como también con propuestas para la gestión de la cuenca. Entre las recomendaciones referidas al programa se sugiere:

a. A fin de determinar si la estacionalidad representa variaciones en las condiciones del agua del sistema, es necesario contar con muestreos en todas las estaciones del año, así como considerar el caudal en los sitios de muestreo para calcular las cargas en base a información más realista.

b. Se propone considerar un muestreo de microcuencas en aquellas zonas que se identificaron como posibles hots-spots en el aporte de nutrientes de la cuenca alta y baja, a fin de determinar con mayor exactitud el origen de las fuentes.

c. Se recomienda realizar un balance de masa (cuantificar todas las entradas y salidas de nutrientes) de los embalses para poder definir las condiciones en que funcionan respecto a la dinámica de los nutrientes: como sumidero o como fuente de nutriente.

d. Se recomienda relocalizar la estación RN14 (o establecer una nueva), en otro tramo del río que la diferencie de la estación de la represa Palmar (RN13) y aporte más información aguas abajo.

e. Se recomienda que la estación RN12 ubicada en la confluencia del Río Yí con el embalse, no se tenga en cuenta como estación del Río Negro, dado que presenta características diferentes a éste. Sus resultados deben compararse con estaciones propias del río Yi.

f. A fin de optimizar los esfuerzos para registrar también condiciones de eutrofización en todo el sistema, se sugiere complementar los programas de monitoreo de tendencia que actualmente se desarrollan, con muestreos específicos para vigilar el estado trófico de la cuenca del Río Negro en diferentes tramos, particularmente en los embalses.

g. En coordinación con la anterior recomendación, se sugiere revisar y establecer una frecuencia de muestreo mayor y sostenida.

A fin de revertir las condiciones de eutrofización identificadas en todo el curso del río:

h. Tratándose de una cuenca con una intensa actividad agrícola y ganadera es fundamental tomar medidas de control de los aportes difusos disminuyendo y adecuando el uso de fertilizantes, mediante el control de la erosión y de otras medidas pertinentes.

i. Dada la relevancia de los aportes difusos en la calidad del agua de este sistema se recomienda ampliar la fuente de información aplicando otros métodos de monitoreo de agua y de suelo, así como una mayor frecuencia en el registro de datos.

j. Una cobertura terrestre no perturbada y grandes áreas de paisajes naturales son importantes para estabilizar la hidrología del río. Mientras que las zonas forestadas y las más naturales, representadas por el campo natural y los montes nativos, reducen los ingresos de nutrientes y otros posibles contaminantes.

k. Se recomienda alcanzar, en forma conjunta con productores rurales e instituciones vinculadas, acuerdos para realizar un buen manejo de la actividad ganadera y los cultivos agrícolas, buscando reducir la erosión, evitar el acceso del ganado y de fertilizantes a los cursos de agua.

l. Se recomienda el tratamiento de los residuos domésticos e industriales hasta un nivel terciario en toda la cuenca como medida relevante para la reducción de contaminantes desde fuentes puntuales.

m. Se recomienda diseñar un monitoreo específico para pesticidas y metales pesados ya que la medición de estas sustancias en el agua puede dar lugar a subestimación en el medio. En este sentido, es necesario el muestreo de pesticidas en matrices biológicas como los peces o moluscos, en tanto que los metales pesados deberían ser analizados también en matrices biológicas además del sedimento.

n. Analizar en sedimentos los contaminantes orgánicos tóxicos prioritarios que se proponen en la modificación del decreto 253 (plaguicidas, policlorobifenilos (PCBs), hidrocarburos policíclicos aromáticos (PAHs) y 2,3,7,8-tetraclorodibenzo-p-dioxina (2,3,7,8-TCDD, compuesto orgánico persistente).

o. Estudiar la metodología analítica del mercurio, dado que si bien en los monitoreos de DINAMA este metal no se detecta, se han encontrado concentraciones no despreciables en otros estudios.

-------0000000-------

8. Bibliografía

Abell J.M., Özkundakci D., Hamilton D.P., Miller S.D. 2011. Relationships between land use and nitrogen and phosphorus in New Zealand lakes. Mar Freshw Res 62:162–175

ADME, 2016. Administración del Mercado Eléctrico. Presentación "Divulgación Sector Eléctrico y Pronósticos". Reunión técnica Modelos Hidrológicos para la Gestión (Julio de 2016, Uruguay).

Ahearn D., Sheibley R., Dahlgren R., Anderson M., Johnson J (2005) Land Use And Land Cover Influence On Water Quality In The Last Free-Flowing River Draining The Western Sierra Nevada, California. J Hydrol 313: 234–247.

Allan JD, Erickson DL, Fay J (1997) The influence of catchment land use on stream integrity acrossmultiple spatial scales. Freshw Biol 37(1): 149–161

Amestoy Rosso, Fernando J. 2001. Hacia una cuantificación de estrés ecológico en el embalse de Rincón del Bonete (Uruguay). Tesis de Doctorado en Biología, Opción Zoología. PEDECIBA-Facultad de Ciencias. Montevideo, Uruguay. 166 p.

Arocena R, Chalar G, González I, García P, Piccardo A, Piccini C, Vernassa T, Sandes P, Castro M (2018). Evaluación ecológica de cursos de agua y biomonitoreo. Cuenca del Rio Negro. Convenio MVOTMA (DINAMA) - Universidad de la Republica (Sección Limnología, Facultad de Ciencias). Producto 5: informe final. Marzo 2018. 200 pp.

Aubriot, L; Delbene, L; Haakonsson, S; Somma, A; Hirsch, F; Bonilla, S. (2917). Evolución de la eutrofización en el Río Santa Lucía: influencia de la intensificación productiva y perspectivas. Grupo de Fisiología y Ecología de Fitoplancton, Sección Limnología, Instituto de Ecología y Ciencias Ambientales, Facultad de Ciencias, Universidad de la República. INNOTEC. 14: 7 – 16.

Australia, NWQMS – Australian and New Zealand Guidelines for Fresh and Marine Water Quality. 2000.

Azrina M.Z., Yap C.K., Rahim Ismail A., Ismail A., Tan S.G. 2006. Anthropogenic impacts on the distribution and biodiversity of benthic macroinvertebrates and water quality of the Langat River, Peninsular Malaysia. Ecotoxicology and Environmental Safety 64 (2006) 337–347.

Barling, R.D., Moore, I.D., 1994. Role of buffer strips in management of waterway pollution: a review. Journal of Environmental Management 18 (4), 543–558

Bis, B., Zdanowicz, A., Zalewski, M., 2000. Effects of catchment properties on hydrochemistry, habitat complexity and invertebrate community structure in a Lowland River. Hydrobiology 422 (423), 369–387.

Bolstad, P. V. & Swank, W. T. 1997 Cumulative impacts of land-use on water quality in a southern Appalachian watershed. J. Am. Water Resour. Assoc. 33(3), 519–534.

Bonilla, S. 1997. Composición y abundancia fitoplanctónica de tres embalses en cadena sobre el río Negro, uruguay. Iheringia, Sér. Bot; Porto Alegre, 49: 47-61.

Brasil. Conselho Nacional do Medio Ambiente – Resolução 357/2005: Classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento. 2005.

Brazeiro, A., et al. "Clasificación y delimitación de las eco-regiones de Uruguay. Informe Técnico. Convenio MGAP/PPR—Facultad de Ciencias/Vida Silvestre." Sociedad Zoológica del Uruguay/CIEDUR, Montevideo (2012): 40.

Brena, B.y G. González. 2012. Informe anual del monitoreo de microcistinas mediante ELISA. Convenio UTE-Fac. Química-UdelaR.

Brugnoli, E., J. Clemente, L. Boccardi, L. Borthagaray y F. Scarabino. 2005. Golden mussel Limnoperna fortunei (Bivalvia:Mytilidae) distribution in the main hydrographical basins of Uruguay: update and predictions. Anais da Academia Brasileira de Ciências [en línea] 2005, 77 (jun.).Disponible en:<http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/src/inicio/

Bu, H., Meng, W., Zhang, Y., Wan, J., 2014. Relationships between land use patterns and water quality in the Taizi River basin, China. Ecol. Indic. 41, 187–197.

Canadian Council of Resource and Environment Ministers (CCREM) – Canadian Water Quality Guidelines (CWQG). 2008

Carpenter, S.R., Caraco, N.E., Correll, D.L., Howarth, W., Sharpley, A.N., Smith, V.H., 1998. Nonpoint pollution of surface waters with phosphorus and nitrogen. Ecol. Appl. 8, 559e568.

Cetesb. Companhia ambiental do estado de Sao Paulo. Brasil. 2009. Qualidade das águas interiores no estado de Sao Paulo. 43pp

Chalar G., Fabián D., M González-Piana. & L Delbene. 2010. Limnológía de los Embalses del Río Negro: Noviembre 2000 – Marzo 2009. Sección Limnología, Facultad de Ciencias, Udelar. Montevideo. 63 pp.

Chalar G., Arocena R., Pacheco J. P., Fabián D. 2011. Trophic assessment of streams in Uruguay: A Trophic State Index for Benthic Invertebrates (TSI-BI). Ecological Indicators 11 (2011) 362–369.

Chalar G., Fabián D., M González-Piana. & L Delbene. 2012 informe final. Caracterización Limnológica de los embalses del Río Negro durante el período setiembre 2009-junio 2011. Convenio UTE - Facultad de Ciencias. Sección Limnología, Facultad de Ciencias, Udelar. Montevideo. 103 pp.

Chalar G., Delbene L., González-Bergonzoni I., Arocena R. 2013. Fish assemblage changes along a trophic gradient induced by agricultural activities (Santa Lucía, Uruguay). Ecological Indicators 24 (2013) 582–588.

Chalar, G; M. Gerhard, M. González-Piana y D. Fabian. 2014. Hidroquímica y eutrofización en tres embalses subtropicales en cadena (Uruguay). En: Gallardo-Lancho, J. (Coord.). 2014. Procesos geoquímicos superficiales en Iberoamérica. Red Iberoamericana de Fïsica y Química Ambiental. Soc. Iberoamericana de Física y Química Ambiental.

Chalar G., Fabián D., M González-Piana. & A Piccardo. 2015. Estado y Evolución de la Calidad de Agua de los Tres Embalses del Río Negro (Período 2011-2015). Convenio UTE - Facultad de Ciencias. Sección Limnología, Facultad de Ciencias, Udelar. Montevideo. 56 pp.

Chalar, G; Garcia-Pesentia P., Silva-Pablo M., Perdomo C., Olivero V., Arocena R. 2017. Weighting the impacts to stream water quality in small basins devoted to forage crops, dairy and beef cow production. Limnologica 65 (76-84).

Chang N. 2005. Sustainable Water Resources Management Under Uncertainty. Stoch Environ Res Risk Assess 19: 97–98.

Chang H. 2008. Spatial Analysis Of Water Quality Trends In The Han River Basin, South Korea. Water Res 42: 3285–3304.

Chau K. W., Cheng C. T. y Li C. W. 2002. Knowledge management system on flow and water quality modeling. Expert Syst. Appl. 22(4), 321–330.

Cheng C. T. y Chau K. W. 2001. Fuzzy iteration methodology for reservoir flood control operation. J. Am. Water Resour. Assoc. 37(5), 1381–1388.

Chiwa, M., Onikura, N., Ide, J.K.,A., 2012. Impact of N-saturated upland forests on downstream N pollution in the Tatara River Basin, Japan. Ecosystems 15, 230e241.

Conde, D; J. Gorga; M. Paradiso; J. Clemente; L. De León y G. Lacerot. 1999. Calidad de agua en el Embalse de Rincón del Bonete (Período 1994-1999). Inf. Téc. Fac. Ciencias. Depto. Limnol. 115p.

Conde, D., M. Paradiso, J. Gorga, E. Brugnoli, L. De León y M. Mandiá. 2002. Problemática de la calidad de agua en el sistema de grandes embalses del Río Negro ((Uruguay). Revista CIER, 39: 51-68.

Conforti, V. y M. C. Pérez. 2000. Euglenophyceae of Negro river, Uruguay, South America.

Crossa, M. 1987. Análisis de una pesquería artesanal con puerto base en San Gregorio de Polanco 1986-87 (Depto. De Tacuarembó, Uruguay). Fac. Hum. y Ciencias. Tesis no publicada. 80 p.

Davis, J.C. 1986. Statistics and Data Analysis in Geology. John Wiley & SonsDecreto 253/79 y modificativos – Reglamento del Código de aguas: Normas para prevenir la contaminación ambiental mediante el control de la contaminación de aguas. 1979.

DIEA|MGAP, 2016. Anuario estadístico 2016.

DIPRODE-INAPE. 1993. Evaluación de los recursos pesqueros del embalse de Rincón del Bonete. Doc. Téc. INAPE 110 p.

DIPRODE-INAPE. 1994. Resultados del relevamiento de los recursos pesqueros del embalse de Rincón del Bonete (Uruguay). 160 p

Dinerstein, Eric, et al. A conservation assessment of the terrestrial ecoregions of Latin America and the Caribbean. World Bank, 1995.

Duan W., He B., Takara K., Luo P.P., Nover D., Hu M.C. 2015. Modeling suspended sediment sources and transport in the Ishikari River basin, Japan, using SPARROW. Hydrol Earth Syst Sc 19(3):1293– 1306

Elliott, S. y Sorrell, B. 2002 Lake Managers' Handbook Land–Water Interactions. Ministry for the Environment, Washington, New Zealand.

Endreny, T. y Wood, E., 2003. Watershed Weighting of Export Coefficients to Map Critical Phosphorous Loading Areas. http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1752-1688.2003.tb01569.x/abstract;jsessionid=A9CF723525E7D5B18C7486E530E01FE1.d04t01 Consultado el 29/3/16.

EPA, 2016. http://www.epa.gov/polluted-runoff-nonpoint-source-pollution/nonpoint-source- agriculture. Consultado el 29/3/16.

Ernst F, Alonso B, Colazzo M, Pareja L, Cesio V, Pereira A, Márquez Alejandro, Errico E, Segura A, Heinzen H, Pérez-Parada A. 2018. Occurrence of pesticide residues in fish from south American rainfed agroecosystems. Science of the Total Environment (631:632); 169–179.

Fernandes-Cunha, D.G.; Calijuri, M.C. y Lamparelli, M.C. 2013. A trophic state index for tropical/subtropical reservoirs. Ecological Engineering 60. 123-164.

Fritch, T. G., Mcknight, C. L., Yelderman, J. C., Dworkin, S. L. & Arnold, J. G. 2000 A predictive modeling approach to assessing the groundwater pollution susceptibility of the paluxy aquifer center texas, using a geographic information system. Environ. Geol. 39, 1063–1069.

GESTA Agua– Propuesta de modificación del decreto 253/79: Normas reglamentarias para prevenir la contaminación ambiental mediante el control de las aguas. 2014.

Giri N., Singh O.P. 2013. Urban growth and water quality in Thimphu, Bhutan. J Urban Environ Eng 7(1):82–95

Griffith J.A. 2002. Geographic techniques and recent applications of remote sensing to landscape-water quality studies.Water Air Soil Poll 138(1–4):181–197.

Haakonsson S., Rodríguez-Gallego L., Somma A., Bonilla S. 2017. Temperature and precipitation shape the distribution of harmful cyanobacteria in subtropical lotic and lentic ecosystems. Science of the Total Environment 609 (1132 – 1139).

Harper, D.A.T. (ed.). 1999. Numerical Palaeobiology. John Wiley & Sonshttp://www.daeb.com.br/. Departamento de agua, arroios e esgoto de Bagé. Brasil.

Hashmi F 2013. Correlation between riparian buffers and water quality in North Carolina watersheds. Doctoral dissertation, Duke University.

Huang J, Zhan J, Yan H,Wu F, Deng X 2013. Evaluation of the impacts of land use on water quality: a case study in the Chaohu lake basin. Sci World J 2013:1–7

Huang F, Wang X, Lou L, Zhou Z, Wu J. 2010 Spatial Variation And Source Apportionment Of Water Pollution In Qiantang River (China) Using Statistical Techniques. Water Res 44: 1562–1572.

Ierodiaconou D, Laurenson L, LeblancM, Stagnitti F, Duff G, Salzman S, Versace V. 2005. The consequences of land use change on nutrient exports: a regional scale assessment in south-West Victoria, Australia. J Environ Manag 74(4):305–316.

Illarze, M. 2015. Embalses como incubadores de cianobacterias: efecto de la residencia del agua y de la disponibilidad de nutrientes. Tesina de Licenciatura en Ciencias Biológicas. Facultad de Ciencias. UdelaR.

Jarvie H. P., Oguchi T. y Neal C. 2002. Exploring the linkages between river water chemistry and watershed characteristics using GIS based catchment and locality analyses. Reg.Environ. Change 3, 36–50.

Jeje, Y., 2006. Export Coefficients for Total Phosphorus, Total Nitrogen and Total Suspended Solids in the Southern Alberta Region. http://environment.gov.ab.ca/info/library/7797.pdf Consultado el 29/3/16.

Johnes, P., Moss B., and Phillips G. 1996. The determination of total nitrogen and total phosphorus concentrations in freshwaters from land use, stock headage and population data: testing of a model for use in conservation and water quality management. Freshwater Biology 36.2 (1996): 451-473.

Johnson, L. B., Richards, C., Host, G. & Arthur, J. W. 1997 Landscape influences on water chemistry in midwestern stream ecosystems. Freshwater Biol. 37, 193–208.

Jones, E.B.D., Helfman, G.S., Harper, J.O., Bolstad, P.V., 1999. Effects of riparian forest removal on fish assemblages in Southern Appalachian streams. Conservation Biology 13 (6), 1454–1465.

Kolovos A, Christakos G, Serre Ml, Miller Ct (2002) Computational Bayesian Maximum Entropy Solution Of A Stochastic Advection - Reaction Equation In The Light Of Site - Specific Information. Water Resour Res 38: 51–54.

Krueger T., Quinton J. N., Freer J., Maceleod C. J. A, Bilotta G., Brazier R., Butler P., Haygarth P. 2009. Uncertainties in Data and Models to Describe Event Dynamics of Agricultural Sediment and Phosphorus Transfer. Journal of Environmental Quality. 38(3): 1137-38.

Li S.Y., Gu S., Liu W.Z., Han H.Y., Zhang Q.F .2008. Water quality in relation to land use and land cover in the upper Han River Basin, China. Catena 75:216–222

Lin, J. 2004. Review of Published Export Coefficient and Event Mean Concentration (EMC) Data. http://el.erdc.usace.army.mil/elpubs/pdf/tnwrap04-3.pdf Consultado el 29/3/16.

Limburg, K.E., Schmidt, R.E., 1990. Patterns of fish spawning in Hudson River tributaries: response to an urban gradient? Ecology 71 (4), 1238–1245.

Meador, M.R., Goldstein R.M. 2003 "Assessing water quality at large geographic scales: relations among land use, water physicochemistry, riparian condition, and fish community structure." Environmental Management 31.4 (2003): 0504-0517.

MGAP-DIEA.2011 Anuario Estadístico Agropecuario 2011. Oficina de Estadísticas Agropecuarias.

Montgomery, Douglas C., Cheryl L. Jennings, and Murat Kulahci. Introduction to time series analysis and forecasting. John Wiley & Sons, 2015.

Montuelle B.; Dorigo U.; Be rard A.; Volat B.; Bouchez A.; Tlili A.; Gouy V.; Pesce S.. 2010. The periphyton as a multimetric bioindicator for assessing the impact of land use on rivers: an overview of the Ardie res-Morcille experimental watershed (France). Hydrobiologia (2010) 657:123–141.

Moss, B. 1998 Ecology of Fresh Waters: Man and Medium, Past to Future, 3rd edition. Blackwell Science, Oxford, UK.

MVOTMA –DINAMA. 2005. Manual de monitoreo de calidad de agua. Diseño de una Red de Monitoreo de Calidad de Agua. Cooperación DINAMA-JICA.

MVOTMA –DINAMA. 2011. Monitoreo y evaluación de calidad de agua. Plan para la Definición de una Línea de Base para el Río Negro División Evaluación de la Calidad Ambiental. Informe de Consultoría (Proyecto PNUD-URU/07/01).

MVOTMA-DINAMA, 2012. Programa de monitoreo de calidad de agua del Río Negro. Período 2009-2011. Informe de Consultoría (Proyecto PNUD-URU/07/01). División Evaluación de la Calidad Ambiental.

MVOTMA-DINAMA, 2013. Estimación de Aportes difusos de Nitrógeno y Fósforo a aguas superficiales desde suelos bajo uso agropecuario. Informe de Consultoría. División Evaluación de la Calidad Ambiental.

MVOTMA-DINAMA. 2014a. Plan de monitoreo del rio Negro. Informe de datos de calidad de agua superficial y fondo y de sedimentos (Período 2009-2013) División Calidad Ambiental.

MVOTMA-DINAMA. 2014b. Informe de línea de base sector industrial cuenca del río negro, año 2012 y 2013. Área Control y Desempeño Ambiental. División Calidad Ambiental. Departamento de Control Ambiental de Actividades.

MVOTMA-DINAMA. 2016a. Estado trófico de los embalses del río negro y estimación de cargas de fósforo entre 2012 y 2015. Informe de Consultoría Proyecto URU/14/001. División Calidad Ambiental.

MVOTMA-DINAMA, 2016b. Informe interno sobre aportes difusos en el Río Negro. División Calidad Ambiental.

MVOTMA-DINAMA, 20016c. Determinación de cargas de nitrógeno y fósforo en las cuencas del Santa Lucía, Rio Negro y Cuareim. Informe de Consultoría Proyecto URU/14/001. División Calidad Ambiental.

MVOTMA-DINAMA, 2016d. Evaluación de cargas de nitrógeno total y fósforo total en diferentes tramos del Rio Negro entre 2009 Y 2015. Informe de Consultoría Proyecto URU/14/001. División Calidad Ambiental.

MVOTMA-DINAMA, 2017a. Informe interno sobre hidrología del Río Negro. División Calidad Ambiental-Dpto. Evaluación Ambiental Integrada.

MVOTMA-DINAMA, 2017b. Informe interno sobre aportes difusos en la porción brasilera de la cuenca del Río Negro. División Calidad Ambiental-Dpto. Evaluación Ambiental Integrada.

MVOTMA-DINAMA, 2017c. Informe interno sobre usos del suelo y aportes difusos en la cuenca del Río Negro para el 2011 y el 2015. División Calidad Ambiental-Dpto. Evaluación Ambiental Integrada.

MVOTMA-DINAMA, 2017c. Actualización de los índices de calidad de agua “IQA” e “IET” en las cuencas de los ríos Cuareim, Negro Y Santa Lucía. Incorporación de datos de 2015 Y 2016. Informe de Consultoría Proyecto URU/14/001. División Calidad Ambiental.

MVOTMA-DINAMA 2018a. Monitoreo de la cuenca hidrográfica del río Tacuarembó. Informe de datos de calidad de agua superficial. División Calidad Ambiental. Informe técnico.

MVOTMA-DINAMA 2018b. Sedimentos del Río Negro. Informe interno. División Calidad Ambiental. Informe técnico.

National River Conservation Directorate, Ministry of Environment and Forests, Government of India (2009) Status paper on River Ganga— state of environment and water quality. Report, Alternate Hydro Energy Centre, Indian Institute of Technology, Roorkee 1–31.

Pearson, Karl, and David Heron. "On theories of association." Biometrika 9.1/2 (1913): 159-315.

Pérez, M.C. 2002. Fitoplancton del Río Negro, Uruguay. Limnetica 21(1-2): 81-92.

Pérez, M.C; S. Bonilla y G. Martinez. 1999. Phytoplankton community of a polymictic resorvoir, La Plata river basin, Uruguay. Rev. Brasil. Biol; 59(4): 535-541.

Quinn J. M., Bryce Cooper A., Davies R. J., Colley, J. Christopher Rutherford & R. Bruce Williamson .1997. Land use effects on habitat, water quality, periphyton, and benthic invertebrates in Waikato, New Zealand, hill ‑ country streams, New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research, 31:5, 579-597, DOI: 10.1080/00288330.1997.9516791

Rast, W y Lee, F. 1983. Nutrient Loading Estimates for Lakes. Disponible en http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.523.67&rep=rep1&type=pdf Consultado el 29/3/16.

Richards, C., Johnson L. B., Host G. E. 1996. Landscape-scale influences on stream habitats and biota. Canadian Journal of Fisheries and aquatic sciences 53.S1 (1996): 295-311.

Rimer, A.E., Nissen, J.A., Reynolds, D.E., 1978. Characterization and impact of storm water runoff from various land cover types. J. Water Pollut. Control Fed. 50 (2), 252–264.

Riva-Murray, K., Bode, R.W., Phillips, P.J., Wall, G.L., 2002. Impact source determination with biomonitoring data in New York State: concordance with environmental data. Northeastern Naturalist 9 (2), 127–162.

Rothwell JJ, Dise NB, Taylor KG, Allott TEH, Scholefield P, Davies H, Neal C (2010) Predicting river water quality across north West England using catchment characteristics. J Hydrol 395(3):153–162

Sliva L, Williams DD (2001) Buffer zone versus whole catchment approaches to studying land use impact on river water quality. Water Res 35(14):3462–3472.

Sun, R., Chen, L., Chen,W., Ji, Y., 2013. Effect of land-use patterns on total nitrogen concentration in the upstream regions of the Haihe River Basin, China. Environ. Manag. 51 (1), 45–58.

Ter Braak, C.J.F., Prentice, I.C., 1988. A theory of gradient analysis. Advanced Ecological Research, 18:271- 313.

Tran, Christopher P., et al. "Land-use proximity as a basis for assessing stream water quality in New York State (USA)." Ecological Indicators 10.3 (2010): 727-733.

Tsegaye, T., Sheppardi, D., Islam, K.R., Johnson, A., Tadessei,W., Atalay, A., Marzen, L., 2006. Development of chemical index as a measure of in-stream water quality in response to land use and land cover changes. Water Air Soil Pollut. 174, 161e179.

Tu, J., 2011. Spatially varying relationships between land use and water quality across an urbanization gradient explored by geographically weighted regression. Appl. Geogr. 31 (1), 376–392.

UTE- Facultad de Química (UdelaR). 2015. Informe final del monitoreo de microcistina. Período julio 2012-junio 2015. Brena, B. & G. González (Coordinadores). Informe técnico del Convenio de cooperación UTE-UdelaR-Fac. Química.

Walsh G. y Wepener V. 2006. The influence of land use on water quality and diatom community structures in urban and agriculturally stressed rivers. Water SA Vol. 35 No. 5.

Wang SM, Dou HS (1998) Lakes in China. China Science, Beijing (in Chinese)

Wetzel, R. G. 2001. Limnology. Lake and River Ecosystems. Elsevier Academic Press.Third Edition, 1006pp. Disponible en: www.mvotma.gub.uy/estado-del-ambiente.html

Woodcock, T., Mihuc, T., Romanowicz, E., Allen, E., 2006. Land-use effects on catchment – and patch – scale habitat and macroinvertebrate response in the Adirondack Uplands. American Fisheries Society Symposium 48, 395–411.

Wu, C. L. y Chau, K. W. 2006 Mathematical model of wáter quality rehabilitation with rainwater utilization: a case study at Haigang. Int. J. Environ. Pollut. 28(3–4), 534–545.

Zhang Q., Xu C.Y., Tao H., Jiang T., Chen Y.D. 2010. Climate changes and their impacts on water resources in the arid regions: a case study of the Tarim River basin, China. Stoch Env Res Risk A 24(3):349–358

Zhang, W., Li, H., Sun, D., Zhou, L., 2012. A statistical assessment of the impact of agricultural land use intensity on regional surface water quality at multiple scales. Int. J. Environ. Res. Public Health 9, 4170e4186.

ANEXOS

Anexo 1 – Datos físico-químicos para cada año

Tabla 22: Parámetros fisicoquímicos para la campaña del 2009. Donde T=temperatura; AlcT= alcalinidad total; Conduc= conductividad; OD= oxígeno disuelto; SST= sólidos suspendidos totales. LD= límite de detección y LC=límite de cuantificación.

Punto de muestreo	Fecha	T	pH	Clorofila a	AlcT	Conduc	OD	SST	Ar	Cd	Cr	Fe	Hg	Ni	Pb	Zn	NAmoniacal	PO4	PT	NO3	NT	ColifTMF	AOX	Sust. Fenólicas
		°C	sin unid	µg/L	mg CaCO3/L	µS/cm	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg NH4-N/L	µg PO4-P/L	µg P/L	mg NO3-N/L	mg N/L	ufc/100ml	µg/L	µg/L
RN1	26/05/2009	17,8	6,22	<LC	44	193,6	7,60	22	<LC	<LD	<LD	2,1	<LC	<LD	<LC	<LC	0,17	70,0	210,0	0,91	1,73	1900	19	
RN1	15/09/2009	15,2	6,37	1,4	31	81,4	5,81	12	0,0007	<LC	0,006	2,7	<LC	<LD	0,008		<LC	110,0	180,0	0,17	1,08	150	22	
RN2	15/09/2009	15,3	6,40	1,5	28	76,5	6,26	34	<LD	<LC	0,018	5,4	<LC	<LD	0,007		<LD	55,3	150,0	0,18	1,09	250	21	
RN3	26/05/2009	18,0	6,40	0,3	44	97,0	9,21	10	<LC	<LD	<LC	3,7	<LC	<LD	<LC	0,008	0,04	69,0	460,0	0,27	0,93	680	18	<LD
RN3	15/09/2009	15,5	6,64	0,6	29	71,0	7,25	10	<LD	<LC	0,005	8,4	<LC	<LC	0,011		<LC	59,6	110,5	0,28	1,04	70	<LC	2,1
RN5	27/05/2009	16,4	6,79	<LC	41	106,6	8,69	<LC	<LC	<LD	<LC	4,0	<LD	<LD	<LC	0,008	<LC	14,0	84,0	0,23	0,67	73	14	
RN5	16/09/2009	15,5	7,27	4,8	45	107,2	8,93	<LD	0,0010	<LC	0,245	3,6	<LC	<LD	0,006		<LD	78,9	101,7	0,38	0,54	30	<LC	
RN6	27/05/2009	16,4	6,25	0,3	41	106,4	8,47	<LC	<LC	<LD	<LC	3,6	<LD	<LD	<LC	<LC	<LC	26,0	99,0	0,23	0,69	240	11	
RN6	16/09/2009	16,1	7,47	0,6	47	107,5	8,94	<LD	0,0009	<LD	0,005	2,4	<LC	<LC	<LD	0,066	<LD	81,0	104,1	0,34	0,61	30	<LC	
RN7	27/05/2009	17,0	7,33	0,3	43	111,1	9,07	<LC	<LC	<LD	<LC	3,2	<LC	<LD	<LC	0,006	<LC	60,0	82,0	<LC	0,75	75	14	
RN7	16/09/2009	15,6	7,25	2,1	48	108,5	8,86	<5	0,0008	<LC	0,007		<LD		0,005		<LC	75,3	102,8	0,41	0,68	100	<LC	
RN9	28/05/2009	16,1	7,03	<LC	44	111,6	8,99	<LC	<LC	<LD	<LC	2,6	<LC	<LD	<LC	<LD	<LC	69,5	110,0	0,26	0,75	170	21	
RN9	17/09/2009	15,2	7,59	0,6	66	135,8	8,64	<LD	0,0008	<LD	0,003	1,1	<LC	<LC	<LD		<LD	46,0	48,0	0,41	0,71	27	<LC	
RN10	28/05/2009	16,1	7,10	<LC	44	111,1	9,15	<LC	<LC	<LD	<LC	3,5	1,0	<LD	<LC	<LC	<LC	84,8	913,0	0,26	0,71	30	19	<LD
RN10	17/09/2009	15,2	7,86	1,7	66	134,0	9,49	5	<LD	<LD	0,353	1,7	<LD	<LD	<LD		<LD	43,4	91,1	0,39	0,69	60	<LC	<LC
RN11	02/06/2009	13,7	7,48	0,3	48	117,2	9,85	<LC	<LC	<LD	<LC	2,1	<LD	<LD	<LC	<LD	0,03	18,0	740,0	0,39	0,80	15	19	<LD
RN11	22/09/2009	15,6	7,56	0,1	55	134,5	9,17	<LD	0,0011	<LD	0,110	1,1	<LD	<LD	0,006		<LD	68,4	108,0	0,40	0,74	7	19	9.0
RN12	22/09/2009	16,3	7,38	0,1	63	156,5	8,54	<LD	0,0011	<LC	0,003	1,3	<LD	<LD	<LD		0,04	88,4	128,7	0,62	0,75	50	25	15,8
RN12	09/06/2010	13,5	7,78	7,1	76	150,9	9,24	<LD	<LC	<LD	<LD	0,8	<LD	<LC	<LD	<LD	<LD		93,0	0,12	<LD	37	23	<LC
RN13	02/06/2009	15,4	7,21	<LC	50	106,5	9,15	<LC	<LC	<LD	<LD	2,3	<LD	<LD	<LC	<LC	<LC	41,0	850,0	0,57	1,00	20	24	<LD
RN13	22/09/2009	16,1	7,56	0,4	51	132,1	9,33	<LD	0,0011	<LC	0,002	1,1	<LD	<LD	<LD		<LD	97,4	110,0	0,55	0,85	5	17	34,0
RN14	02/06/2009	15,7	8,12	0,2	51	132,5	10,64	<LC	<LC	<LD	<LC	1,8	<LD	<LD	<LC	<LC	<LC	44,0	890,0	0,53	0,97	35	19	
RN14	22/09/2009	14,8	7,43	0,2	51	131,1	8,28	<LD	0,0011	<LD	0,002	1,8	<LD	<LD	<LD		<LD	95,6	133,0	0,61	0,84	20	26	13,5
RN15	03/06/2009	11,9	7,66	0,2	64	150,7	9,88	<LC	<LC	<LD	<LC	1,6	<LD	<LD	<LC	<LC	<LC	62,0	110,0	0,53	0,93	15000	23	<LD
RN15	23/09/2009	14,7	7,86	0,7	64	152,2	9,32	7	0,0018	<LD	0,008	2,1	<LC	<LD	<LD		<LD			0,62	0,77	120	<LC	2,6
RN16	03/06/2009	12,4	7,59	<LC	66	157,5	9,31	<LC	<LC	<LC	<LC	2,0	<LD	<LD	<LC	<LC	0,16	69,0	150,0	0,61	1,16	35000	43	<LD
RN16	23/09/2009	15,0	7,80	0,4	69	163,3	9,16	7	0,0017	<LD	0,004	1,5	<LD	<LD	<LD		<LD			0,61	0,77	22000	<LC	2,6
RN17	03/06/2009	12,4	7,07	<LC	66	118,3	9,75	15	<LC	<LD	<LC	3,0	<LD	<LD	<LC	<LC	<LC	75,0	130,0	0,50	1,04	410	35	<LD
RN17	23/09/2009	15,8	7,49	0,6	57	139,2	8,41	<LD	0,0012	<LD	0,002	1,9	<LD	<LD	<LD		<LC			0,67	0,85	630	<LD	7,5
	Promedio	15,33	7,24	1,11	51,45	124,20	8,81	13,56	0,00		0,05	2,59	1,00		0,01	0,02	0,09	64,06	241,88	0,43	0,86	2663,24	21,60	11,16
	Mínimo	11,90	6,22	0,10	28,00	71,00	5,81	5,00	0,00	0,00	0,00	0,78	1,00	0,00	0,01	0,01	0,03	14,00	48,00	0,12	0,54	5,00	11,00	2,10
	Máximo	18,00	8,12	7,10	76,00	193,60	10,64	34,00	0,00	0,00	0,35	8,40	1,00	0,00	0,01	0,07	0,17	110,00	913,00	0,91	1,73	35000,00	43,00	34,00
	Desvío Estándar	1,44	0,53	1,70	12,42	27,68	1,01	9,21	0,00		0,11	1,56			0,00	0,03	0,07	24,15	275,22	0,19	0,23	7867,59	7,16	11,48

Tabla 23: Parámetros fisicoquímicos para la campaña del 2010. Donde T=temperatura; AlcT= alcalinidad total; Conduc= conductividad; OD= oxígeno disuelto; SST= sólidos suspendidos totales. LD= límite de detección y LC=límite de cuantificación.

Punto de muestreo	Fecha	T	pH	Clorofila *a*	AlcT	Conduc	OD	SST	Ar	Cd	Cr	Fe	Hg	Ni	Pb	Zn	NAmoniacal	PO4	PT	NO3	NT	ColifTMF	AOX	Sust. Fenólicas
		°C	sin unid	µg/L	mg CaCO3/L	µS/cm	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg NH4-N/L	µg PO4-P/L	µg P/L	mg NO3-N/L	mg N/L	ufc/100ml	µg/L	µg/L
RN1	02/06/2010	13,8	7,79	<LC	47	174,4	7,14	25	<LC	<LD	<LD	1,4	<LD	<LD	<LC	<LD	0,10	89,0	160,0	0,72	<LD	980	50	2,3
RN1	04/08/2010	10,0	6,86	12,7	16	42,0	8,45	10	<LD	<LC	0,005	3,2	<LD	<LD	<LC	<LD	0,03	<LD	75,0	0,09	0,61	340	<LC	<LC
RN1	01/12/2010	20,1	7,57	12,7	60	172,1	7,05	34	0,0021	<LD	<LC	3,6	<LD	<LD	<LD	0,016	<LD	<LC	176,0	< LD	1,18	100	25	<LD
RN2	02/06/2010	14,1	6,40	<LC	24	80,4	7,42	34	<LC	<LD	<LD	1,3	<LD	<LD	<LC	<LD	0,02	32,0	110,0	0,10	<LD	2000	52	10,4
RN2	04/08/2010	10,2	7,05	<LC	19	49,4	8,26	10	<LD	<LC	0,004	2,3	<LD	<LD	<LC	<LD	0,05	<LD	70,0	0,07	0,59	480	18	4,9
RN2	01/12/2010	23,1	7,52	6,4	63	157,8	7,30	30	0,0013	<LD	<LD	1,4	<LD	0,06	<LD	0,008	<LD	<LC	113,0	< LD	0,90	100	<LC	10,2
RN3	02/06/2010	17,5	6,28	0,2	33	101,9	7,42	<LC	<LC	<LD	<LD	1,2	<LD	<LD	<LC	<LD	0,06	46,0	100,0	0,19	<LD	460	40	<LD
RN3	04/08/2010	10,9	8,01	1,8	19	49,5	8,18	21	<LD	<LC	0,004	2,6	<LD	<LD	<LC	<LD	0,04	<LD	72,0	0,08	0,60	8600	<LC	<LC
RN3	01/12/2010	30,4	8,64	5,3	32	73,1	8,39	12	0,0011	<LD	<LC	1,6	<LD	<LD	<LD	0,007	<LD	31,0	105,0	0,19	1,12	42	31	<LC
RN5	03/06/2010	15,6	7,47	4,8	26	59,2	8,32	<LC	<LD	<LD	<LD	0,3	<LD	<LD	<LC	<LD	<LD	50,0	75,0	0,07	<LD	<1	34	2,8
RN5	05/08/2010	9,5	8,37	0,3	29	63,4	10,88	<LC	<LD	<LD	<LC	1,0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	76,0	0,28	0,65	12	<LC	<LC
RN5	02/12/2010	21,2	7,49	1,5	36	85,3	7,63	<LC	0,0005	<LD	<LC	1,2	<LD	<LD	<LD	<LC	<LD	100,0		0,19	0,92	1	43	1,4
RN6	03/06/2010	15,1	7,37	7,8	25	59,4	7,91	<LC	<LD	<LD	<LD	0,5	<LD	<LD	<LC	<LD	<LD	51,0	75,0	<LC	<LD	50	36	<LD
RN6	05/08/2010	9,9	8,38	1,3	29	64,1	10,41	9	<LD	<LD	<LC	2,0	<LD	0,01	<LD	<LD	<LD	<LD	74,0	0,27	0,63	37	<LD	<LC
RN6	02/12/2010	21,5	7,29	11,1	38	87,2	6,25	6	0,0005	<LD	<LC	1,1	<LD	<LD	<LD	0,160	<LC	39,0	75,2	0,19	0,97	140	25	<LD
RN7	03/06/2010	15,3	7,52	5,3	27	62,2	7,86	<LC	<LD	<LD	<LD	0,5	<LD	<LD	<LC	<LD	<LD	69,0	75,0	<LC	<LD	18	38	<LD
RN7	05/08/2010	9,3	8,00	2,1	29	64,5	10,60	<LC	<LD	<LD	<LC	0,9	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	87,0	0,28	0,70	11	<LD	<LC
RN7	02/12/2010	22,4	7,87	19,5	37	88,6	8,20	<LC	0,0007	<LD	<LD	1,2	<LD	<LD	<LD	<LC	<LD	31,0	88,4	0,14	0,93	610	26	<LD
RN9	03/06/2010	15,1	7,46	4,4	28	64,7	7,85	<LC	<LD	<LD	<LD	0,6	<LD	<LD	<LC	<LD	<LD	46,0	67,0	<LC	<LD	23	38	<LD
RN9	06/08/2010	9,4	7,26	<LC	33	69,9	9,93	<LC	<LD	<LC	<LD	1,4	<LD	0,01	<LD	<LD	0,02	<LD	77,0	0,28	0,77	29	<LC	<LC
RN9	03/12/2010	23,5	8,20	5,0	39	89,6	7,84	5	0,0005	<LD	<LD	1,8	<LD	<LD	<LD	0,019	<LD	27,0	92,1	0,09	0,62	10	17	<LD
RN10	03/06/2010	16,0	7,55	8,3	28	65,7	8,70	7	<LC	<LD	<LD	0,8	<LD	<LD	<LC	<LD	<LD	46,0	77,0	<LC	<LD	1000	<LC	<LD
RN10	06/08/2010	10,1	7,80	0,3	33	71,2	9,70	<LC	<LD	<LC	<LD	1,3	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	84,0	0,29	0,50	180	<LD	<LC
RN10	03/12/2010	24,0	7,36	1,9	37	90,7	7,33	10	0,0007	<LD	<LC	1,4	<LD	0,01	<LD	<LC	<LD	38,0	88,0	0,20	1,50	41		12,0
RN11	09/06/2010	14,3	7,48	2,6	40	75,2	9,18	<LC	<LD	<LD	<LD	0,5	<LD	<LC	<LC	<LD	<LD	47,0	64,0	0,09	<LD	16	17	<LC
RN11	11/08/2010	10,0	7,68	<LC	41	82,5	10,08	<LC	<0,0020	<LC	<LD	1,0	<LD	<LD	<LC	<LD	<LD	<LD	67,0	0,28	1,01	8	<LD	3,4
RN11	08/12/2010	21,5	7,57	4,7	45	93,2	7,62	<LC	0,0006	<LD	<LD	1,3	<LD	<LD	<LD	0,007	<LD	41,0	100,0	0,20	1,00	1	30	1,7
RN12	09/06/2010	13,5	7,78	7,1	76	150,9	9,24	<LC	<LC	<LD	<LD	0,8	<LD	<LC	<LC	<LD	<LD		93,0	0,12	<LD	37	23	<LC
RN12	11/08/2010	10,0	7,41	23,8	52	112,0	8,95	<LC	<LC	<LC	<LD	1,8	<LC	<LD	<LC	<LD	<LD	<LD	90,0	0,17	1,32	60	<LD	<LC
RN12	08/12/2010	22,8	7,77	1,5	63	145,1	7,52	<LC	0,0009	<LD	<LC	2,6	<LD	<LD	<LD	0,013	<LC	49,0	116,0	0,23	0,98	2	28	3,8
RN13	09/06/2010	15,2	7,35	2,9	43	82,5	9,65	<LC	<LC	<LD	<LD	0,6	<LD	<LC	<LC	<LD	<LD	62,0	71,0	0,11	<LD	21	18	<LC
RN13	12/08/2010	10,2	7,21	1,2	44	94,5	9,73	<LC	<LC	<LC	<LD	1,3	<LC	<LD	<LC	<LD	0,03	<LD	97,0	0,20	0,76	5	<LC	<LC
RN13	09/12/2010	23,1	8,43	22,8	43	99,7	7,95	6	<LC	<LD	<LD	2,5	<LD	<LD	<LD	0,110	0,04	38,0	178,0	0,10	1,00	20	46	13,0
RN14	09/06/2010	15,8	7,43	3,8	43	82,6	7,28	<LC	<LC	<LD	<LD	0,7	<LD	<LC	<LC	<LD	0,05	67,0	74,0	0,11	<LD	220	20	<LD
RN14	12/08/2010	9,9	7,14	<LC	45	94,4	8,99	<LC	<LC	<LC	<LD	1,3	<LD	<LD	<LC	<LD	<LD	<LD	93,0	0,19	0,93	94	<LC	11,8
RN14	09/12/2010	19,7	7,70	2,5	45	101,7	8,41	<LC	0,0005								0,04	67,0	176,0	0,36	1,05	570	20	<LD
RN15	10/06/2010	14,0	7,59	<LC	50	95,1	9,08	<LC	<LD	<LD	<LD	0,8	<LD	<LC	<LD	<LD	<LD	58,0	72,0	0,12	<LD	160	<LD	<LD
RN15	13/08/2010	10,0	7,53	<LC	51	106,9	9,74	<LC	<LC	<LC	<LD	1,2	<LC	<LD	<LC	<LD	<LD	<LD	98,0	0,25	0,75	160	<17	
RN15	10/12/2010	23,4	7,73	4,7		140,6	7,33	<LC	0,0015	<LD	<LD	1,1	<LD	<LD	<LD	0,013	0,04	52,0	175,0	0,31	1,06	18000	22	3,1
RN16	10/06/2010	13,9	7,60	<LC	69	130,0	8,65	5	<LD	<LD	<LD	0,8	<LD	<LC	<LD	<LD	0,04	79,0	94,0	0,18	<LD	33000	<LD	<LD
RN16	13/08/2010	10,1	7,30	0,6	59	122,0	9,58	<LC	<LC	<LC	<LD	1,1	2,0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	103,0	0,27	0,74	28000	<LC	
RN16	10/12/2010	23,5	8,00	9,6		130,9	7,65	5	0,0013	<LD	<LC	2,0	<LD	<LD	<LD	0,008	<LC	31,0	179,0	0,22	1,03	6700	18	<LD
RN17	10/06/2010	13,9	7,62	<LC	55	106,0	8,91	5	<LD	<LD	<LD	0,8	<LD	<LC	<LD	<LD	<LD	69,0	120,0	0,13	<LD	2500	<LD	<LD
RN17	13/08/2010	10,7	7,57	0,3	56	117,6	9,09	<LC	<LC	<LC	<LD	1,2	<LC	<LC	<LC	<LD	<LD	<LD	96,0	0,26	0,76	1200	<LC	
RN17	10/12/2010	22,7	8,44	32,9		106,5	7,96	15	0,0005	<LD	<LC	1,3	<LD	<LD	<LD	0,007	<LD	<LC	141,0	0,17	0,88	890	<LC	4,4
	Promedio	15,92	7,60	6,68	40,69	94,58	8,48	13,83	0,00		0,00	1,34	2,00	0,02		0,03	0,04	52,12	99,74	0,20	0,88	2430,18	29,79	6,09
	Mínimo	5,57	0,47	7,61	14,07	32,57	1,07	10,30	0,00		0,00	0,72	#¡DIV/0!	0,02		0,05	0,02	18,70	33,98	0,12	0,23	6941,43	10,92	4,32
	Máximo	9,30	6,28	0,20	16,30	42,00	6,25	5,00	0,00	0,00	0,00	0,28	2,00	0,01	0,00	0,01	0,02	27,00	64,00	0,07	0,50	1,00	17,00	1,40
	Desvío Estándar	30,40	8,64	32,90	76,00	174,40	10,88	34,00	0,00	0,00	0,01	3,60	2,00	0,06	0,00	0,16	0,10	100,00	179,00	0,72	1,50	33000,00	52,00	13,00

Tabla 24: Parámetros fisicoquímicos para la campaña del 2011. Donde T=temperatura; AlcT= alcalinidad total; Conduc= conductividad; OD= oxígeno disuelto; SST= lidos suspendidos totales. LD= límite de detección y LC=límite de cuantificación.

Punto de muestreo	Fecha	T	pH	Clorofila a	AlcT	Conduc	OD	SST	Ar	Cd	Cr	Fe	Hg	Ni	Pb	Zn	NAmoniacal	PO4	PT	NO3	NT	ColifTMF	AOX	Sustfenolicas
		°C	sin unid	µg/L	mg CaCO3/L	µS/cm	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg NH4-N/L	µg PO4-P/L	µg P/L	mg NO3-N/L	mg N/L	ufc/100ml	µg/L	µg/L
RN1	30/03/2011	19,3	7,34	4,7	56	154,2	7,00	30	<LC	<LD	<LC	3,2	<LD	<LD	<LD	<LD	0,03	73,9	180,0	<LD	1,16	1700	23	43,4
RN1	25/05/2011	14,9	6,57	0,4	52	192,9	6,92	22	<LC	<LD	<LD	0,8	<LD	<LC	<LD	<LD	<LC	67,0	119,0	0,35	1,54	700	24	<LD
RN2	30/03/2011	19,0	7,26	6,7	63	133,2	6,88	21	<LC	<LD	<LD	1,9	0,0	<LD	<LD	<LD	0,04	48,4	105,0	<LD	0,87	82	21	<LD
RN2	25/05/2011	14,1	7,27	<LC	55	159,1	7,95	16	<LC	<LD	<LD	0,7	<LD	<LC	<LD	<LD	0,03	66,3	131,0	0,34	1,06	20	20	<LD
RN3	30/03/2011	21,4	7,86	9,0	42	108,3	9,90	8	<LC	<LD	<LD	1,8	<LC	<LD	<LD	<LD	<LC	76,5	170,0	<LD	0,74	10	<LC	9,0
RN3	25/05/2011	14,3	7,29	0,1	45	110,3	8,72	9	<LC	<LD	<LD	1,0	<LD	<LD	<LC	<LD	<LD	79,0	116,0	0,27	0,86	270	<LC	1,9
RN5	31/03/2011	20,6	6,64	25,3	38	85,5	8,89	<LC	<LD	<LD	<LD	0,6	<LD	<LD	<LD	<LD	0,09	40,6	69,7	<LD	0,39		19	<LD
RN5	26/05/2011	15,4	7,22	1,6	40	89,7	7,91	5	<LD	<LD	<LD	1,1	<LD	<LD	<LC	<LD	<LD	34,3	81,3	0,09	1,00	54	20	<LD
RN6	31/03/2011	23,8	7,60	30,8	39	93,3	8,43	8	<LD	<LD	<LD	0,6	<LD	<LD	<LD	<LD	0,10	47,6	77,0	<LD	0,55	810	19	<LD
RN6	26/05/2011	15,8	7,12	0,3	41	93,1	6,58	6	<LC	<LD	<LD	0,8	<LD	<LC	<LD	<LD	<LC	39,2	84,6	0,19	0,75	6800	<LC	<LD
RN7	31/03/2011	20,6	6,58	3,1	39	97,2	8,12	<LC	<LD	<LD	<LD	0,6	<LD	<LD	<LD	<LD	0,06	40,6	66,1	<LD	0,35	500	18	<LD
RN7	26/05/2011	15,5	6,67	0,1	47	102,1	8,10	14	<LD	<LD	<LD	1,4	<LD	<LC	<LD	<LD	<LC	43,3	79,6	0,17	0,75	4500	20	1,8
RN9	01/04/2011	21,3	7,42	23,5	41	91,6	8,33	<LC	<LD	<LD	<LC	1,4	<LD	<LD	<LD	<LD	0,06	38,8	70,1	<LD	0,38	160	18	<LC
RN9	27/05/2011	15,1	7,18	<LC	50	86,0	8,18	7	<LC	<LD	<LD	1,9	<LD	<LC	<LD	<LD	<LD	40,9	83,2	0,29	0,72	1400	<LC	3,1
RN10	01/04/2011	23,3	7,33	0,1	42	99,9	8,07	<LC	<LD	<LD	<LC	1,0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LC	55,5	94,0	<LD	0,47	1800	18	<LD
RN10	27/05/2011	15,0	7,36	0,3	54	93,3	7,58	15	<LD	<LD	<LD	1,9	<LD	<LC	<LD	<LD	<LD	47,9	107,0	0,34	1,56	2300	<LC	<LD
RN11	06/04/2011	20,8	7,89	21,5	48	101,6	8,33	<LC	<LC	<LD	<LD	0,6	<LD	<LD	<LD	<LD	0,03	51,6	80,8	<LD	1,39	36	20	<LD
RN11	01/06/2011	14,5	6,93	<LC	51	104,0	8,10	<LC	<LC	<LD	<LD	0,8	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	53,2	144,0	0,26	0,75	280	<LC	<LD
RN12	06/04/2011	20,8	7,86	12,4	50	108,0	8,36	<LC	<LC	<LD	<LD	0,5	<LD	<LD	<LD	<LD	0,02	52,3	87,2	<LD	0,73	110	23	<LD
RN12	01/06/2011	12,7	6,15	0,3	46	102,1	6,36	6	<LC	<LD	<LD	1,0	<LD	<LC	<LD	<LD	0,03	146,0	258,0	0,47	1,30	320	<LC	<LD
RN13	07/04/2011	22,1	8,78	16,7	51	115,1	9,10	5	<LD	<LD	<LD	0,8	<LD	<LD	<LD	<LD	0,07	37,8	72,7	0,16	0,74	730	22	<LD
RN13	02/06/2011	15,5	7,65	0,7	53	122,0	7,66	<LC	<LC	<LD	<LC	0,3	<LD	<LC	<LD	<LC	<LD	43,9	83,7	0,12	1,13	36	<LC	<LD
RN14	07/04/2011	23,1	8,00	20,1	52	116,3	8,10	<LC	<LC	<LD	<LD	0,9	<LD	<LD	<LD	<LD	0,03	59,9	94,2	0,19	0,71	32000	23	1,8
RN14	02/06/2011	15,1	7,59	<LC	57	102,9	7,99	<LC	<LC	<LD	<LD	0,8	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	48,1	86,2	0,12	0,56	140	21	<LD
RN15	08/04/2011	21,6	8,06	4,1	69	142,9	8,26	7	<LC	<LD	<LD	0,5	<LD	<LD	<LD	<LD	0,05	45,7	63,2	<LD	0,56	1900	21	<LD
RN15	03/06/2011	14,9	7,71	3,5	57	129,3	15,00	7	<LC	<LD	<LD	0,7	<LD	<LC	<LD	<LD	<LD	51,4	117,0	0,15	0,70	270	17	<LD
RN16	08/04/2011	21,5	7,75	5,3	66	138,5	7,83	6	<LC	<LD	<LD	0,5	<LD	<LD	<LD	<LD	0,04	51,8	62,8	<LD	0,50	4200	<LC	<LC
RN16	03/06/2011	14,7	7,77	3,8	60	131,3	8,25	7	<LC	<LD	<LD	0,9	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	52,7	115,0	0,16	0,67	3400	19	2,7
RN17	08/04/2011	21,3	7,95	<LC	46	101,4	8,90	8	<LD	<LD	<LD	0,9	<LD	<LD	<LD	<LD	0,24	41,5	97,2	<LD	0,59	700	<LC	1,4
RN17	03/06/2011	14,8	7,20	2,3	58	102,1	7,47	5	<LC	<LD	<LD	0,9	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	58,0	120,0	0,16	0,74	1800	<LC	<LC
	Promedio	18,09	7,40	7,87	50,15	113,57	8,24	10,58				1,03	0,00			#¡DIV/0!	0,06	54,46	103,85	0,23	0,81	2311,31	20,32	8,15
	Mínimo	3,50	0,55	9,42	8,27	24,76	1,48	6,92				0,60					0,06	20,84	41,38	0,10	0,33	5939,62	2,00	14,46
	Máximo	12,70	6,15	0,10	37,90	85,50	6,36	5,00	0,00	0,00	0,00	0,34	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	34,30	62,80	0,09	0,35	10,00	17,00	1,40
	Desvío Estándar	23,80	8,78	30,80	68,50	192,90	15,00	30,00	0,00	0,00	0,00	3,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,24	146,00	258,00	0,47	1,56	32000,00	24,00	43,40

Tabla 25: Pesticidas en agua para la campaña 2011.

Punto de muestreo	Fecha	Glifosato	Aldrin	p,p'DDD	p,p'DDE	p,p'DDT	Dieldrin	Endosulfan Alfa	Endosulfan Beta	Endosulfan sulfato	Lindano	Metoxicloro	Atrazina
		µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L
RN1	30/03/2011												
RN1	25/05/2011	<LD						<LD	<LD				
RN2	30/03/2011												
RN2	25/05/2011	<LD						<LD	<LD				
RN3	30/03/2011												
RN3	25/05/2011	<LD						<LD	<LD				
RN5	31/03/2011												
RN5	26/05/2011	<LD						<LD	<LD				
RN6	31/03/2011												
RN6	26/05/2011	<LD						<LD	<LD				
RN7	31/03/2011												
RN7	26/05/2011	<LD						<LD	<LD				
RN9	01/04/2011												
RN9	27/05/2011	<LD						<LD	<LD				
RN10	01/04/2011												
RN10	27/05/2011	<LD						<LD	<LD				
RN11	06/04/2011												
RN11	01/06/2011	<LD						<LD	<LD				
RN12	06/04/2011												
RN12	01/06/2011	1,20						<LD	<LD				
RN13	07/04/2011												
RN13	02/06/2011	<LD						<LD	<LD				
RN14	07/04/2011												
RN14	02/06/2011	<LD						<LD	<LD				
RN15	08/04/2011												
RN15	03/06/2011	<LD						<LD	<LD				
RN16	08/04/2011												
RN16	03/06/2011	<LD						<LD	<LD				
RN17	08/04/2011												
RN17	03/06/2011	<LD						<LD	<LD				
	Promedio	1,20											
	Mínimo												
	Máximo	1,20											
	Desvío Estándar	1,20											

Tabla 26: Parámetros fisicoquímicos para la campaña del 2012. Donde T=temperatura; AlcT= alcalinidad total; Conduc= conductividad; OD= oxígeno disuelto; SST= sólidos suspendidos totales. LD= límite de detección y LC=límite de cuantificación.

Punto de muestreo	Fecha	T	pH	Clorofila a	AlcT	Conduc	OD	SST	Ar	Cd	Cr	Fe	Hg	Ni	Pb	Zn	NO3	Nitrógeno amoniacal	NT	PO4	PT	Coli/TMF	AOX	Sustfenolicas
		°C	sin unid	µg/L	mg CaCO3/L	K µS cm⁻¹	mg/L	SST (mg/L)	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	NO_3 (µg/L)	NH_4 (µg/L)	NT (µg/L)	PO_4 (µg/L)	PT (µg/L)	ufc/100ml	µg/L	µg/L
RN1	18/01/2012	25,0	7,98	6,5	100	241,8	5,53	24	0,0054	<LC	<LD	1,5	0,00021	<LD	<LD	0,004	0,10	0,11	1,67	53,1	161,0	250	<LD	<LC
RN1	20/03/2012	24,6	6,86	1,3	43	124,8	5,84	18	<LC	<LD	<LD	1,1	<LD	<LD	<LD	<LD	0,07	<LD	1,15	139,0	246,0	200	<LD	<LC
RN1	14/08/2012	15,4	7,37	0,7	45	145,4	8,12	27	<LC	<LD	<LD	1,2	<LD	<LD	<LC	<LD	0,05	0,05	1,27	115,0	194,0	1100	21	2,2
RN1	06/12/2012	27,4	7,80	23,2	44	142,2	4,99	30	<LC	<LD	<LC	1,4	<LD	0,01	<LC	<LD	<LC	<LC	0,64		130,0	230	<LD	<LC
RN2	18/01/2012	27,0	7,75	3,1	53	131,8	6,26	46	<LC	<LC	<LD	2,2	<LC	<LD	<LD	0,008	0,08	0,08	0,64	69,3	147,0	50	<LD	<LC
RN2	20/03/2012	25,3	6,74	0,1	36	94,8	5,23	9	<LC	<LD	<LC	1,3	<LD	<LD	<LD	<LD	0,24	<LD	0,93	125,0	215,0	25	<LD	<LD
RN2	14/08/2012	15,4	7,69	0,7	49	131,6	8,28	180	<LC	<LD	<LD	1,9	<LD	<LD	<LC	<LD	0,32	<LC	1,04	57,1	121,0	1400	<LC	1,6
RN2	06/12/2012	27,4	8,20	16,0	43	108,2	5,91	23	<LC	<LD	<LD	1,3	<LD	0,01	<LC	<LD	<LD	<LD	0,51		77,9	400	<LD	<Lo
RN3	18/01/2012	25,6	8,54	8,9	44	84,4	7,38	<LC	<LC	<LC	<LD	1,2	0,00031	<LD	<LD	<LD	0,10	0,02	0,62	15,9	67,0		<LC	<LC
RN3	20/03/2012	24,3	7,31	16,0	28	69,6	7,80	14	<LC	<LD	<LC	1,0	<LC	<LD	<LD	<LC	0,12	<LD	0,80	79,0	157,0	90	<LC	<LD
RN3	14/08/2012	14,9	7,57	0,4	31	86,9	8,75	<LC	<LC	<LD	<LD	1,2	<LD	<LD	<LC	<LD	0,10	<LC	0,75	70,2	114,0	80	17	2,6
RN3	06/12/2012	28,2	8,67	276,0	30	78,4	9,43	25	<LC	<LD	<LC	0,9	<LD	0,01	<LC	<LD	<LD	<LD	1,74		175,0	30	<LD	<LC
RN5	19/01/2012	25,6	8,77	72,5	40	91,5	7,98	14	<LC	<LC	<LD	0,9	<LC	<LD	<LD	<LC	0,55	0,11	1,11	34,3	136,0	40	<LD	1,3
RN5	21/03/2012	24,6	7,58	10,2	38	89,1	7,24	6	<LC	<LD	<LD	1,0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LC	<LD	0,60	26,6	114,0	27	<LD	<LD
RN5	15/08/2012	13,4	7,38	13,3	37	89,6	9,16	<LC	<LC	<LD	<LD	0,7	<LD	<LD	<LD	<LD	0,08	<LC	0,65	64,1	110,0	20	<LC	<LC
RN5	06/12/2012	27,2	9,31	192,0	36	87,5	12,65	34	<LC	<LD	<LC	1,2	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	0,67		221,0	<LC	<LD	<LC
RN6	21/03/2012	24,7	7,48	1,6	37	88,6	7,14	<LC	<LC	<LD	<LD	1,2	<LD	<LD	<LD	<LD	<LC	<LD	0,46	30,6	106,0	91	<LD	2,5
RN6	15/08/2012	14,7	7,63	179,0	40	95,9	7,77	9	<LC	<LD	<LD	0,7	<LD	<LD	<LD	<LD	0,11	<LC	0,69	78,1	229,0	150	<LC	3,2
RN6	06/12/2012	24,3	7,54	3,0	36	83,0	7,34	<LC	<LC	<LD	<LD	0,9	<LD	<LD	<LD	<LC	0,19	<LC	0,65		86,3	400	<LD	3,4
RN7	19/01/2012	25,1	8,28	6,5	37	91,9	7,15	<LC	<LC	<LC	<LC	1,0	<LC	<LD	<LD	0,004	0,28	0,03	0,63	56,2	115,0	45	<LD	<LD
RN7	21/03/2012	24,5	6,97	0,9	38	88,7	7,42	<LC	<LC	<LD	<LD	1,4	<LD	<LD	<LD	<LD	<LC	<LD	0,46	36,4	107,0	36	<LC	<LD
RN7	15/08/2012	13,3	7,09	1,2	39	94,1	9,27	<LC	<LC	<LD	<LD	0,8	<LD	<LD	<LD	<LD	0,09	<LC	0,65	59,7	80,8	190	<LC	<LD
RN7	06/12/2012	24,2	7,49	1,3	34	85,0	7,83	<LC	<LC	<LD	<LD	1,1	<LD	0,01	>LD	<LD	0,21	<LD	0,65		72,9	27	<LD	<LD
RN9	19/01/2012	25,3	8,07	12,3	42	94,3	7,13	6	<LC	<LC	<LC	1,3	<LC	<LC	<LD	<LC	0,26	0,03	0,72	35,2	106,0	2	<LD	<LD
RN9	22/03/2012	24,5	6,85	0,4	39	88,7	6,61	8	<LC	<LD	<LC	0,8	<LD	<LD	<LD	<LD	0,10	<LD	0,52	44,8	94,8	100	<LD	7,1
RN9	15/08/2012	14,7	7,75	1,6	40	75,0	9,23	<LC	<LC	<LD	<LD	0,9	<LD	<LD	<LD	<LD	0,10	0,06	0,75	31,7	102,0	30	<LC	<LD
RN9	07/12/2012	25,1	7,14	3,7	38	88,2	7,07	5	<LC	<LD	<LD	1,0	<LD	0,01	<LD	<LD	0,18	<LD	0,58		78,2		<LD	<LC
RN10	19/01/2012	26,6	8,31	8,0	42	75,8	6,82	6	<LC	<LC	<LC	1,2	0,00026	<LD	<LD	0,006	0,21	<LC	0,69	43,1	120,0	630	<LD	<1,3
RN10	22/03/2012	24,8	7,09	1,2	39	90,6	7,12	6	<LC	<LD	<LD	0,6	<LD	<LD	<LD	<LC	0,14	<LD	0,54	78,1	79,4	73	104	2,3
RN10	15/08/2012	15,1	7,61	0,9	36	98,0	9,09	<LC	<LC	<LD	<LD	0,7	<LD	<LD	<LD	<LD	0,10	0,02	0,72	22,9	87,5	70	<LC	<LD
RN10	07/12/2012	24,4	7,48	5,8	36	88,1	8,25	7	<LC	<LD	<LD	1,2	<LD	<LD	<LD	<LD	0,21	<LC	0,61		93,6	400	<LC	<LD
RN11	24/01/2012	26,2	8,34	14,9	44	98,0	7,82	5	<LC	<LC	<LC	1,0	<LC	<LD	<LD	0,006	<LD	<LC	0,59	<LC	124,0	15	<LD	<LD
RN11	27/03/2012	22,4	6,68	3,0	44	98,3	7,17	<LC	<LC	<LD	<LD	0,7	<LD	<LD	<LD	<LD	0,18	<LD	0,63	53,6	100,0	15	<LD	<LC
RN11	21/08/2012	15,0	7,57	0,9	42	97,6	9,12	<LC	<LC	<LD	<LD	0,8	<LD	<LD	<LD	<LD	0,19	0,02	0,66	60,6	97,1	270	31	<LD
RN11	12/12/2012	25,5	7,50	36,0	46	114,1	7,57	10	<LD	<LD	<LD	0,8	<LD	<LD	<LD	<LD	0,38	<LC	0,90		151,0	77	<LC	3,6
RN12	25/01/2012	26,3	8,08	6,5	53	118,5	6,99	<LC	<LC	<LC	<LC	1,0	<LC	<LD	<LD	<LC	<LD	0,02		<LC	138,0	20	<LD	<LD
RN12	27/03/2012	22,1	6,86	0,9	47	106,9	7,34	7	<LC	<LD	<LD	0,5	<LD	<LD	<LD	<LD	0,16	<LD	0,64	76,3	111,0	30	<LD	2,1
RN12	21/08/2012	15,9	7,05	0,9	33	83,6	7,08	59	<LC	<LD	<LD	2,0	<LD	<LD	<LD	<LD	0,19	<LC	1,24	166,0	176,0	12000	18	3,6
RN12	12/12/2012	26,1	6,52	5,6	44	121,6	5,29	10	<LD	<LD	<LD	1,1	<LD	<LD	<LD	<LD	1,10	0,09	1,72		258,0	740	<LD	3,6
RN13	25/01/2012	28,5	9,06	40,6	49	111,6	7,75	11	<LC	<LC	<LC	1,2	<LC	<LD	<LD	<LC	<LD	<LC	0,53	34,0	140,0	82	<LD	<LD
RN13	28/03/2012	23,0	7,34	0,3	44	100,9	6,82	<LC	<LC	<LD	<LD	1,1	<LD	<LD	<LD	<LD	0,12	<LD	0,53	41,4	107,0	27	<LC	1,8
RN13	22/08/2012	14,3	7,62	1,0	46	106,5	8,93	<LC	<LC	<LD	<LD	1,2	<LD	<LD	0,004	<LD	0,19	<LD	0,65	68,5	110,0	490	<LD	<LC
RN13	13/12/2012	26,6	7,50	9,3	42	100,7	7,06	6	<LD	<LD	<LD	0,9	<LC	<LD	<LD	<LD	0,14	<LC	0,61		106,0	91	<LC	3,7
RN14	26/01/2012	24,5	7,70	3,8	50	115,4	6,17	<LC	<LC	<LC	<LD	1,0	0,0	<LD	<LD	<LC	<LD	0,08	0,77	<LD	172,0	1600	<LD	<LD
RN14	28/03/2012	22,1	7,22	<LC	46	85,6	6,82	<LC	<LC	<LD	<LD	1,1	<LD	<LD	<LD	<LD	0,21	<LD	0,63	64,1	115,0	82	<LD	<LC
RN14	22/08/2012	15,1	7,69	2,7	49	111,2	8,47	34	<LC	<LD	<LD	2,1	<LD	<LD	0,005	<LD	0,16	<LD	0,71	86,0	137,0	4700	21	<LC
RN14	13/12/2012	24,6	7,40	0,6	42	99,9	6,22	15	<LD	<LD	<LD	0,6	<LC	<LD	<LD	<LD	0,21	<LC	0,68		93,1	17000	<LD	<LD
RN15	27/01/2012	24,9	8,67	25,3	52	112,9	7,83	11	<LC	<LC	<LD	1,2	<LC	<LD	<LD	<LD	<LD	<LC	0,65	52,7	122,0	130	<LD	<LD
RN15	29/03/2012	20,1	7,69	1,2	63	133,6	8,73	7	<LC	<LD	<LD	1,1	<LD	<LD	<LD	<LD	<LC	<LD	0,53	60,6	116,0	32	<LD	<LD
RN15	14/12/2012	24,2	7,24	2,1	54	123,5	7,01	10	<LC	<LD	<LD	0,4	<LD	<LD	<LD	<LD	0,42	<LC	0,86		120,0	350	<LD	2,8
RN15	27/01/2012	25,5	8,68	26,5	52	113,2	8,67	15	<LC	<LC	<LD	1,4	<LC	<LD	<LD	0,008	<LD	<LC	0,69	50,9	131,0	360	<LD	<LD
RN15	29/03/2012	20,2	7,66	4,0	65	139,5	8,50	7	<LC	<LD	<LD	1,2	<LD	<LD	<LD	<LD	<LC	<LD	0,59	72,8	133,0	2600	<LD	6,2
RN15	14/12/2012	24,2	7,18	7,4	59	119,5	6,67	14	<LC	<LD	<LD	0,5	<LD	<LD	<LD	<LD	0,39	<LC	0,94		145,0	510	<LD	3,3
RN17	27/01/2012	26,2	7,97	10,2	57	112,6	6,55	9	<LC	<LC	<LD	1,3	<LD	<LD	<LD	<LC	<LD	0,01	0,67	67,6	127,0	3400	<LD	<LD
RN17	29/03/2012	21,5	7,21	1,8	61	134,0	7,45	9	<LC	<LD	<LD	1,3	<LD	<LD	<LD	<LD	0,11	<LD	0,72	64,1	127,0	130	<LC	<LD
RN17	23/08/2012	15,7	7,24	1,6	43	81,2	8,27	94	<LC	<LD	<LD	2,1	<LD	<LD	<LD	<LD	0,17	0,04	0,76	108,0	159,0	4100	<LC	2,8
RN17	14/12/2012	24,9	7,11	1,0	63	126,3	6,04	12	<LD	<LD	<LD	0,5	0,00120	<LD	<LD	<LD	0,45	0,02	1,03		158,0	980	<LD	3,5
	Promedio	22,88	7,63	19,22	44,77	105,08	7,48	21,26	0,005			1,10	0,00046	0,0070	0,0046	0,0060	0,23	0,05	0,77	63,53	130,08	1037,35	35,33	3,16
	Mínimo	13,80	6,52	0,10	28,00	69,60	4,99	5,00	0,005			0,42	0,00021	0,0053	0,0042	0,0040	0,08	0,01	0,46	15,90	67,00	2,00	17,00	1,80
	Máximo	28,20	9,31	276,00	100,00	241,80	12,65	180,00	0,005			2,20	0,00120	0,0087	0,0049	0,0080	1,10	0,11	1,74	155,00	258,00	12000,00	104,00	7,10
	Desvío Estándar	4,60	0,61	49,79	11,18	36,38	1,92	30,74				0,40	0,00049	0,0015	0,0006	0,0017	0,19	0,03	0,38	30,87	42,94	3885,83	34,00	1,40

Tabla 27: Pesticidas en agua para la campaña 2012

Punto de muestreo	Fecha	Glifosato	Aldrín	p,p'DDD	p,p'DDE	p,p'DDT	Dieldrín	Endosulfan Alfa	Endosulfan Beta	Endosulfan sulfato	Lindano	Metoxicloro	Atrazina
		µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L
RN1	18/01/2012							<LD	<LD				
RN1	20/03/2012							<LD	<LD	<LD			
RN1	14/08/2012							0,01	<LD	<LD			
RN1	05/12/2012							<LC	<LC	<LD			
RN2	18/01/2012							<LD	<LD				
RN2	20/03/2012							<LD	<LD	<LD			
RN2	14/08/2012							<LD	<LD	<LD			
RN2	05/12/2012									<LD			
RN3	18/01/2012							<LD	<LD				
RN3	20/03/2012							<LD	<LD	<LD			
RN3	14/08/2012							<LD	<LD	<LD			
RN3	05/12/2012									<LD			
RN5	19/01/2012							<LD	<LD				
RN5	21/03/2012							<LD	<LD	<LD			
RN5	15/08/2012							<LD	<LD	<LD			
RN5	06/12/2012							<LC	<LC	<LD			
RN6	21/03/2012							<LD	<LD	<LD			
RN6	15/08/2012							<LD	<LD	<LD			
RN6	06/12/2012									<LD			
RN7	19/01/2012							<LD	<LD				
RN7	21/03/2012							<LD	<LD	<LD			
RN7	15/08/2012							<LD	<LD	<LD			
RN7	06/12/2012									<LD			
RN9	19/01/2012							<LD	<LD				
RN9	22/03/2012							<LD	<LD	<LD			
RN9	16/08/2012							<LD	<LD	<LD			
RN9	07/12/2012							<LC	<LC	<LD			
RN10	19/01/2012							<LD	<LD				
RN10	22/03/2012							<LD	<LD	<LD			
RN10	16/08/2012							<LD	<LD	<LD			
RN10	07/12/2012									<LD			
RN11	24/01/2012							<LD	<LD				
RN11	27/03/2012							<LD	<LD	<LD			
RN11	21/08/2012							<LD	<LD	<LD			
RN11	12/12/2012									<LD			
RN12	25/01/2012							0,05	0,01				
RN12	27/03/2012							<LD	<LD	<LD			
RN12	21/08/2012							<LD	<LD	<LD			
RN12	12/12/2012							<LC	<LC	<LD			
RN13	25/01/2012							<LD	<LD				
RN13	28/03/2012							<LD	<LD	<LD			
RN13	22/08/2012							<LD	<LD	<LD			
RN13	13/12/2012							<LC	0,001	<LD			
RN14	26/01/2012							<LD	<LD				
RN14	28/03/2012							<LD	<LD	<LD			
RN14	22/08/2012							<LD	<LD	<LD			
RN14	13/12/2012									<LD			
RN15	27/01/2012							<LD	<LD				
RN15	29/03/2012							<LD	<LD	<LD			
RN15	14/12/2012									<LD			
RN16	27/01/2012							<LD	<LD				
RN16	29/03/2012							<LD	<LD	<LD			
RN16	14/12/2012									<LD			
RN17	27/01/2012							<LD	<LD				
RN17	29/03/2012							<LD	<LD	<LD			
RN17	23/08/2012							<LD	<LD	<LD			
RN17	14/12/2012									<LD			
	Promedio							0,0290	0,0029				
	Mínimo							0,0297	0,0030				
	Máximo							0,0080	0,0007				
	Desvío Estándar							0,0500	0,0050				

Tabla 28: Parámetros fisicoquímicos para la campaña del 2013. Donde T=temperatura; AlcT= alcalinidad total; Conduc= conductividad; OD= oxígeno disuelto; SST= sólidos suspendidos totales. LD= límite de detección y LC=límite de cuantificación.

Punto de muestreo	Fecha	T ºC	pH sin unid	Clorofila *a* µg/L	AlcT mg CaCO3/L	Conduc K (µScm-1)	OD mg/L	SST SST (mgl-1)	NO3 NO3(µgl-1)	NAmoniacal NH4 (µgl-1)	NT NT(µgl-1)	PO4 PO4 (µgl-1)	PT PT (µgl-1)	ColifTMF ufc/100ml	AOX µg/L	Sustfenolicas µg/L	Ar mg/L	Cd mg/L	Cr mg/L	Fe mg/L	Hg mg/L	Ni mg/L	Pb mg/L	Zn mg/L
RN1	19/02/2013	24,7	7,38	2,8	51	124,5	5,81	36	<LC	0,014	1,1	70,5	153	1000	<LC	1,4	<LC	<LD	<LD	1,1	<LD	<LD	<LD	<LD
RN1	03/07/2013	10,9	8,09	0,9	35	115,2	8,5	39	0,28	0,040	2,6	152	216		<LC	4,8	<LC	<LD	<LD	1,5	<LD	<LD	<LD	<LD
RN2	20/02/2013	23,9	7,14	0,7	39	91	5,28	18	0,1	0,037	0,78	56,2	126	290	<LC	1,3	<LC	<LD	<LD	0,79	<LC	<LD	<LD	<LD
RN2	03/07/2013	11,7	8,15	0,6	43	114,5	9,41		0,31	0,020	3,4	100	162		<LC	4,9	<LC	<LD	<LD	1,9	<LD	<LD	<LC	<LD
RN3	20/02/2013	23,5	7,75	0,7	41	68,8	7,69	10	0,13	0,047	0,79	59,4	126	230	<LD	1,8	<LC	<LD	<LD	1,1	<LD	<LD	<LD	<LD
RN3	03/07/2013	17,1	8,56	0,7	48	112,6	11,3	16	0,28	0,030	2,3	46,6	140		<LD	8,3	<LC	<LD	<LD	0,34	<LD	<LD	<LD	<LD
RN5	21/02/2013	23,9	7,57	2,7	37	82,4	7,59	5	<LC	0,022	0,47	24,8	90,8	30	<LC	<LD	<LD	<LD	<LD	0,67	<LD	<LD	<LD	<LD
RN5	05/07/2013	12,6	7,74	0,9	35	81,7	10,24	<LC	0,17	<LD	<1,2	71,1	120		<LD	<LC	<LC	<LD	<LD	1,1	<LD	<LD	<LD	<LD
RN6	21/02/2013	24,3	7,73	5,5	37	82,5	6,58	5	<LC	0,014	0,6	16	83,8	20	<LC	<LD	<LD	<LD	<0,0050	0,7	<LD	<LC	<LD	0,12
RN6	05/07/2013	12,7	7,85	1	34	81,8	10,27	<LC	0,18	<LC	2,5	70,2	121		<LC	<LD	<LC	<LD	<LD	1,2	<LD	<LD	<LD	<LD
RN7	21/02/2013	24,2	7,61	4,1	38	83,2	6,59	5	<LC	0,014	0,6	24,7	82	64	<LC	<LC	<LD	<LD		0,88	<LD	<LC	<LD	0,2
RN7	04/07/2013	12,7	7,93	0,3	36	82,5	10,03	<LC	0,1	0,020	0,72	65,8	137		<LD	<LD	<LC	<LD	<LD	1,1	<LD	<LD	<LD	<LD
RN9	21/02/2013	23,5	7,56	2,2	39	85,8	6,68	6	<LC	0,024	0,53	18,7	82,4	70	<LC	<LD	<LD	<LD	<LD	1,1	<LD	<LD	<LD	<LD
RN9	04/07/2013	12,4	8,03	0,7	37	86,1	10,21	<LC	0,2	<LD	0,73	62,3	121		<LC	<LC	<LC	<LD	<LD	1,1	<LD	<LD	<LD	<LD
RN10	21/02/2013	24,1	7,48	1,2	39	86,11	5,66	<LC	<LC	0,044	0,53	21,1	98,1	460	<LC	<LD	<LD	<LD	<LD	0,91	<LD	<LD	<LD	<LD
RN10	04/07/2013	12,7	7,9	1,3	39	86,8	10,27	<LC	0,2	<LD	0,66	41,3	122		<LD	<LC	<LC	<LD	<LD	0,79	<LD	<LD	<LD	<LD
RN11	26/02/2013	22,8	7,52	2,5	43	86,7	7,18	<LC	<LC	<LD	0,51	36,5	125	11	<LC	<LD	<LC	<LD	<LD	0,8	<LC	<LD	<LD	<LC
RN11	10/07/2013	12,5	7,89	0,1	41	92	10,27	<LC	0,23	<LC	0,72	57,1	118		<LD	2,1	<LC	<LD	<LD	1	<LD	<LD	<LD	<LD
RN12	26/02/2013	22,7	7,5	1,8	50	98,6	6,76	7	0,079	<LD	0,6	44	138	10	<LC	<LD	<LC	<LD	<LD	0,86	<LD	<LD	<LD	<LC
RN12	10/07/2013	13,8	7,51	0,3	68	156	7,88	13	0,38	0,080	1,3	130	213		<LC	2,4	<LC	<LD	<LD	1,3	<LD	<LD	<LD	<LC
RN13	28/02/2013	23,8	7,55	25,3	49	100,9	6,16	8	<LC	<LD	0,61	83,8	89,5	3	<LC	<1,3	<LC	<LD	<LD	0,62	<LD	<LD	<LD	<LD
RN13	11/07/2013	12,7	7,94	3,7	42	94,8	10,08	<LC	0.23	<LC	0,67	35,2	143		<LC	<LC	<LC	<LD	<LD	1,1	<LD	<LD	<LD	<LD
RN14	28/02/2013	24	7,68	9,8	60	101,9	6,94	<LC	<LC	<LD	0,6	88,6	89,3	2000	<LC	<LD	<LC	<LD	<LD	0,7	<LC	<LD	<LD	<LD
RN14	11/07/2013	12,6	7,82	0,3	42	94,9	10,04	<LC	0,23	<LD	0,62	58	133		<LC	3,5	<LC	<LD	<LD	1,1	<LD	<LD	<LD	<LD
RN15	28/02/2013	23,2	7,71	6,5	64	130,1	7,24	7	<LD	<LD	0,53	101	138	30	<LD	2,6	<LC	<LD	<LD	0,59	<LD	<LD	<LD	<LD
RN15	12/07/2013	12,8	7,97	0,6	59	126,9	9,96	9	0,26	<LD	0,83	69,3	130		<LC	2,8	<LD	<LD	<LD	0,99	<LD	<LD	<LD	<LD
RN16	28/02/2013	23,2	7,8	4,3	70	147,6	7	6	<LC	<LD	0,54	93	129	250	<LC	<LC	<LC	<LD	<LD	0,66	<LD	<LD	<LD	<LD
RN16	12/07/2013	12,8	7,86	0,6	62	133,9	9,9	7	0,27	<LD	0,7	113	121		<LC	<LC	<LD	<LD	<LD	0,8	<LD	<LD	<LC	<LD
RN17	28/02/2013	23,1	8,05	18,8	66	126,9	7,22	10	<LC	<LD	0,49	91,2	131	230	<LD	<LC	<LC	<LD	<LD	0,52	<LD	<LD	<LD	<LD
RN17	12/07/2013	13	7,93	4,9	54	119,9	9,63	<LC	0,27	<LC	0,62	74,6	129		<LC	<LD	<LD	<LD	<LD	0,76	<LD	<LD	<LD	<LD
	Promedio	18,26	7,77	3,53	46,60	102,55	8,28	12,18	0,22	0,03	0,95	65,87	126,93	313,20		3,26				0,94				0,16
	Mínimo	10,90	7,14	0,10	34,00	68,80	5,28	5,00	0,08	0,01	0,47	16,00	82,00	3,00		1,30				0,34				0,12
	Máximo	24,70	8,56	25,30	70,00	156,00	11,30	39,00	0,38	0,08	3,40	152,00	216,00	2000,00		8,30				1,90				0,20
	Desvío Estándar	5,58	0,28	5,57	11,14	22,20	1,78	10,26	0,08	0,02	0,75	33,30	31,72	534,79		2,07				0,31				0,06

Tabla 29: Pesticidas en agua para la campaña 2013.

Punto de muestreo	Fecha	Glifosato µg/L	Aldrin µg/L	p,p'DDD µg/L	p,p'DDE µg/L	p,p'DDT µg/L	Dieldrin µg/L	Endosulfan Alfa µg/L	Endosulfan Beta µg/L	Endosulfansulfato µg/L	Lindano µg/L	Metoxicloro µg/L	Atrazina µg/L
RN1	19/02/2013	<LD						<LC	<LC	0,0015			
RN1	03/07/2013	<LD		0,0025				<LC	<LC	<LC			
RN2	20/02/2013												
RN2	03/07/2013												
RN3	20/02/2013												
RN3	03/07/2013												
RN5	21/02/2013	<LD						<LC	0,0003	0,0013			
RN5	05/07/2013	<LD						<LC	<LC				
RN6	21/02/2013												
RN6	05/07/2013												
RN7	21/02/2013												
RN7	04/07/2013												
RN9	21/02/2013												
RN9	04/07/2013												
RN10	21/02/2013	<LD						<LC	<LC	0,0014			
RN10	04/07/2013	<LD		0,002				<LC	<LC	0,012			
RN11	26/02/2013												
RN11	10/07/2013												
RN12	26/02/2013												
RN12	10/07/2013												
RN13	28/02/2013	<LD						<LC	<LC	0,0014			
RN13	11/07/2013	<LC						<LC	<LC	0,022			
RN14	28/02/2013	<LD						<LC	<LC	0,0016			
RN14	11/07/2013	<LD						<LC	<LC	0,016			
RN15	28/02/2013												
RN15	12/07/2013												
RN16	28/02/2013												
RN16	12/07/2013												
RN17	28/02/2013												
RN17	12/07/2013												
	Promedio			0,0023					0,0003	0,0072			
	Mínimo			0,0020					0,0003	0,0013			
	Máximo			0,0025					0,0003	0,022			
	Desvío Estándar			0,0004						0,0083			

Tabla 30: Parámetros fisicoquímicos para la campaña del 2014. Donde T=temperatura; AlcT= alcalinidad total; Conduc= conductividad; OD= oxígeno disuelto; SST= sólidos suspendidos totales. LD= límite de detección y LC=límite de cuantificación.

Punto de muestreo	Fecha	T ºC	pH sin unid	Clorofila α µg/L	AlcT mg CaCO3/L	Conduc K (µScm-1)	OD mg/L	SST SST (mgl-1)	NO3 NO3(µgl-1)	NAmoniacal NH4 (µgl-1)	NT NT(µgl-1)	PO4 PO4 (µgl-1)	PT PT (µgl-1)	ColifTMF ufc/100ml	AOX µg/L	Sustfenolicas µg/L	Ar mg/L	Cd mg/L	Cr mg/L	Fe mg/L	Hg mg/L	Ni mg/L	Pb mg/L	Zn mg/L
RN1	04/02/2014	24,9	7,15	0,7	27	61,5	4,97	39	70	70,00	1460			1900	<LC	3,80	<LD	<LD	<LC	0,67	<LD	<LD	<LD	0,012
RN1	20/05/2014	13,8	7,49	0,4	45,2	76,6	9,29	26	290	14,00	1430	57,00	120	180	<LC	<LC	<LD	<LD	<LD	2,2	<LD	<LD	<LC	<LD
RN1	29/07/2014	11,8	7,87	0,3	21,1	38,3	9,12	20	120	50,00	910	49,30	142	1700	<LC	<LD	<LD	<LD	<LC	2	<LD	<LD	<LD	<LD
RN1	25/11/2014	23,9	7,66	0,1	34,9	95,7	7,95	49	420	14,00	2340	0,08	169	910	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	1,5	<LD	<LC	<LD	<LC
RN2	04/02/2014	23,9	7,04	0,4	30	69,6	6,25	19	70	0,03	1120			760	<LC	19,80	<LD	<LD	<LC	0,85	<LD	<LD	<LD	0,019
RN2	20/05/2014	16,3	7,53	0,1	43,1	81,9	8,44	<LC	170	14,00	890	42,00	120	45	<LC	<LC	<LD	<LD	<LD	1,6	<LD	<LD	<LD	<LD
RN2	29/07/2014	11,7	6,9	0,1	32,5	55,3	8,58	13	130	0,02	880	27,50	105	140	<LC	<LC	<LD	<LD	<LD	1,16	<LD	<LD	<LD	<LD
RN2	25/11/2014	23,7	7,31	0,4	31,3	79,1	6,1	27	140	14,00	1250	0,05	123	160	<LD	<LC	<LD	<LD	<LD	0,96	<LD	<LC	<LD	<LC
RN3	04/02/2014	24,9	7,41	1,2	40	97,9	7,73	18	70	0,04	1150			8400	<LD	20,00	<LD	<LD	<LC	0,86	<LD	<LD	<LD	0,007
RN3	20/05/2014	17,2	7,82	0,3	30,7	61,1	8,14	<LD	120	<LD	900	38,00	130	<LC	<LC	1,60	<LD	<LC	<LD	1,4	<LD	<LD	<LD	<LD
RN3	29/07/2014	15,9	7,16	0,1	32,6	61,5	9,12	<LC	150	0,03	850	27,30	104	45	<LC	2,00	<LD	<LD	<LD	1,4	<LD	<LD	<LD	<LD
RN3	25/11/2014	23,6	7,28	0,1	29,9	64,1	7,92	<LC	160	<LD	1910	0,05	129	15	<LD	1,90	<LD	<LD	<LD	0,96	<LC	<LC	<LD	<LC
RN5	05/02/2014	25,3	7,89	1,6	34	72,8	7,77	<LC	110	0,10	730				<LC	<LD	<LD	<LD	<LC	0,8	<LD	<LD	<LD	0,005
RN5	22/05/2014	16,9	7,52	<LC	31	62,9	9,19	<LD	210	<LD	700	66,00	170	<LC	<LC	<LD	<LD	<LD	<LD	0,68	<LD	<LD	<LD	<LD
RN5	30/07/2014	13,6	8,23	0,3	33,6	59,8	9,81	<LD	230	<LD	680	39,80	126	<LC	<LC	<LD	<LD	<LD	<LD	0,59	<LD	<LD	<LD	<LD
RN5	26/11/2014	22,2	7,6	9,3	36,3	70,6	8,58	<LC	150	<LD	1530	0,04	82,1	<LC	<LC	2,10	<LD	<LD	<LD	0,88	<LD	<LD	<LD	<LC
RN6	05/02/2014	25	7,97	0,6	34	75,1	7,66	<LC	70	0,05	750				<LD	8,00	<LD	<LD	<LC	0,75	<LD	<LD	<LD	0,014
RN6	21/05/2014	17,1	7,29	0,3	34,1	63,7	9,09	<LD	200	<LC	730	61,00	110		<LC	<LD	<LD	<LD	<LD	0,83	<LD	<LD	<LD	<LD
RN6	30/07/2014	13,5	7,77	0,3	34	58,6	10,26	<LC	230	<LD	790	49,90	96	<LC	<LC	<LC	<LD	<LD	<LD	0,87	<LD	<LD	<LD	<LD
RN6	26/11/2014	22,5	7,66	2,5	1630	71,6	8,26	16	0,16	<LD	1110	0,03	101	30	<LC	<LD	<LD	<LD	<LD	0,86	<LD	<LD	<LD	<LC
RN7	05/02/2014	25	7,24	0,2	34	73,7	7,46	<LC	70	0,02	750				<LC	<LC	<LD	<LD	<LC	0,8	<LD	<LD	<LD	0,004
RN7	21/05/2014	17,1	7,27	0,1	34	64,7	9,43	<LD	210	<LC	730	97,00	99	14	<LC	<LD	<LD	<LD	<LD	0,79	<LD	<LD	<LD	<LD
RN7	30/07/2014	12,7	7,72	0,1	34,5	58,3	10,79	<LC	230	<LD	780	44,00	104	<LC	<LC	<LD	<LD	<LD	<LD	0,74	<LD	<LD	<LD	<LD
RN7	26/11/2014	22,3	7,69	0,6	33,7	71,2	8,3	<LC	170	<LD	1080	0,02	87,2	<LC	<LC	<LD	<LD	<LD	<LD	0,75	<LD	<LD	<LD	<LC
RN9	06/02/2014	24,2	6,55	0,6	37	76,3	7,18	<LC	90	31,00	750	40,00	110	18	<LC	4,40	<LD	<LD	<LC	1	<LD	<LD	<LD	0,007
RN9	22/05/2014	16,2	7,32	0,4	38,5	68,4	9,33	<LD	220	<LD	720	69,00	210	45	<LC	<LD	<LD	<LD	<LD	0,83	<LD	<LD	<LD	<LD
RN9	31/07/2014	13,2	7,08	0,1	37,7	58,2	9,25	<LC	230	<LD	760	58,00	118	<LC	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	0,68	<LD	<LD	<LD	<LD
RN9	27/11/2014	22,5	7,57	0,7	34,2	77,8	8	<LD	220	<LD	1220	0,03	96,5		<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	0,43	<LD	<LD	<LD	<LD
RN10	06/02/2014	25,2	6,87	0,4	36	77,9	7,06	12	150	20,00	750	40,00	92	210	<LC	6,10	<LD	<LD	<LC	0,84	<LD	<LD	<LD	0,008
RN10	22/05/2014	16,4	7,67	0,1	37,2	69,4	10,12	<LC	200	<LD	690	62,00	190	<LC	<LC	<LD	<LD	<LD	<LD	0,83	<LD	<LD	<LD	<LD
RN10	31/07/2014	13,7	7,57	0,1	36,9	61,2	10,55	16	220	<LD	730	47,00	115	<LC	<LC	<LD	<LD	<LD	<LD	0,89	<LD	<LD	<LD	<LD
RN10	27/11/2014	22,9	8,36	0,6	35,2	77,8	8,36	13	200	<LD	1120	0,03	86,3		<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	0,77	<LD	<LD	<LD	<LD
RN11	11/02/2014	25,2	7,34	0,1	38	81,4	7,35	4	120	19,00	740	43,00	82	4	<LC	<LC	<LD	<LD	<LC	0,67	<LD	<LD	<LD	0,004
RN11	27/05/2014	16	7,31	2,5	38,3	68,7	9,52	<LC	210	<LD	820	71,00	170	1	<LC	<LD	<LD	<LD	<LD	0,91	<LD	<LD	<LD	<LC
RN11	19/08/2014	14	7,86	0,1	39	66,5	9,94	<LD	240	20,00	620	42,50	77,2	1	<LC	2,80	<LD	<LD	<LD	0,62	<LD	<LD	<LD	<LD
RN11	03/12/2014	22,3	7,38	0,3	38,2	79,1	8,44	5	210	30,00	1040	0,03	161	40	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	0,71	<LC	<LD	<LD	<LD
RN12	11/02/2014	24,6	6,76	0,2	38	83,2	2,78	10	70	65,00	1050	120,00	170	78	18	<LD	<LD	<LD	<LC	0,61	<LD	<LD	<LD	0,005
RN12	27/05/2014	15	6,98	5	63,3	103,1	9,43	<LC	260	<LD	740	83,00	160	3	<LC	<LD	<LD	<LD	<LD	0,82	<LD	<LD	<LD	<LC
RN12	19/08/2014	15,1	8,1	6,5	52,7	105	9,69	<LC	280	140,00	1000	54,80	107	1	<LC	2,90	<LD	<LD	<LD	0,86	<LD	<LD	<LC	<LD
RN12	02/12/2014	21,3	7,17	0,1	711	103,6	6,6	11	390	20,00	1410	0,14	170	490	<LD	<LC	<LD	<LD	<LD	0,82	<LC	<LD	<LD	<LD
RN13	12/02/2014	24,8	7,07	8,4	37	80	5,64	5	90	16,00	840	110,00	183	7	<LC	2,00	<LD	<LD	<LC	0,65	<LD	<LD	<LD	0,007
RN13	29/05/2014	16,1	7,04	2,8	39	72,3	9,42	<LC	230	<LD	690	75,00	130	3	<LC	<LD	<LD	<LD	<LD	0,87	<LD	<LD	<LD	<LC
RN13	20/08/2014	15,7	7,75	0,1	39,3	71,3	9,88	<LC	260	<LD	680	45,00	116	4	<LC	<LC	<LD	<LD	<LD	0,75	<LD	<LD	<LD	<LD
RN13	03/12/2014	22,7	7,44	3,4	37,1	84,8	8,25	<LC	230	20,00	860	0,05	74,3	14	<LC	<LC	<LD	<LD	<LD	0,83	<LD	<LC	<LD	<LD
RN14	12/02/2014	25,5	7,45	1,3	36	79,1	6,11	18	90	16,00	860	100,00	174	160	<LC	<LC	<LD	<LD	<LC	1,1	<LD	<LD	<LD	0,006
RN14	29/05/2014	15,9	7,09	1,2	39,4	88,1	8,99	5	230	<LD	730	74,00	190	36	<LC	<LD	<LD	<LD	<LD	0,92	<LD	<LD	<LD	<LC
RN14	20/08/2014	15,2	7,78	0,1	40,1	714,5	9,07	<LC	300	<LD	720	49,00	108	48	<LC	<LD	<LD	<LD	<LD	0,8	<LD	<LD	<LD	<LD
RN14	03/12/2014	22,7	7,43	0,3	37,6	88,3	7,65	5	250	20,00	1090	0,05	142	53	<LD	1,50	<LD	<LD	<LD	1	<LD	<LC	<LD	<LC
RN15	29/05/2014	15	7,31	0,7	54,6	92,1	9,12	4	250	<LD	730	71,00	150	21	<LC	<LD	<LC	<LD	0,01	0,95	<LD	<LC	<LC	<LD
RN15	21/08/2014	15,1	7,47	0,1	44,6	76,9	9,51	<LC	280	<LD	690	44,40	114	7	<LC	<LD	<LD	<LD	<LD	0,65	<LD	<LD	<LD	<LD
RN15	04/12/2014	22,3	7,67	1,5	41,3	91,8	8,06	9	270	30,00	990	0,07	154	87	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	0,74	<LD	<LD	<LD	<LD
RN16	12/02/2014	24,6	6,88	0,3	41	88,3	6,16	7	110	38,00	930	120,00	199	81	<LC	2,70	<LD	<LD	<LC	0,91	<LD	<LD	<LD	0,004
RN16	29/05/2014	15,2	7,39	0,6	51,6	85,1	9,16	<LC	260	<LD	730	80,00	160	18	<LC	<LD	<LD	<LD	<LD	0,91	<LD	<LD	<LD	<LD
RN16	21/08/2014	14,9	7,38	0,3	46,5	79,2	9,59	<LC	280	<LD	670	38,60	121	6	<LC	<LD	<LD	<LD	<LD	0,81	<LD	<LD	<LD	<LD
RN16	04/12/2014	22,3	7,68	1	41,7	92	7,84	9	280	30,00	790	0,07	130	120	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	0,76	<LD	<LD	<LD	<LD
RN17	12/02/2014	24,8	6,78		44	92,2	5,32	10	150	78,00	1250	180,00	220	630	<LC	1,60	<LD	<LD	<LC	0,9	<LD	<LD	<LD	0,016
RN17	29/05/2014	15	7,96	1,6	51,1	86,6	9,3	19	240	<LD	820	72,00	200	280	<LC	3,20	<LC	<LD	0,01	1,5	<LD	<LC	<LC	<LD
RN17	21/08/2014		7,43	0,1	48,5	85,7	8,86	10	300	30,00	980	43,90	100	310	<LC	<LD	<LD	<LD	<LD	1	<LD	<LD	<LD	<LD
RN17	04/12/2014	22,7	6,97	0,7	39,8	93	7,18	10	160	40,00	800	0,09	163	410	<LD	2,40	<LD	<LD	<LD	0,87	<LD	<LD	<LD	<LD
	Promedio	19,36	7,43	1,09	76,66	87,19	8,29	14,61	192,55	27,07	940,00	45,90	133,22	406,63	18,00	4,93			0,01	0,92				0,01
	Minimo	11,70	6,55	0,10	21,10	38,30	2,78	4,00	0,16	0,02	620,00	0,02	74,30	1,00	18,00	1,50			0,01	0,43				0,00
	Máximo	25,50	8,36	9,30	1630,00	714,50	10,79	49,00	420,00	140,00	2340,00	180,00	220,00	8400,00	18,00	20,00			0,01	2,20				0,02
	Desvio Estándar	4,66	0,40	2,15	294,26	114,61	1,66	11,91	89,81	34,43	359,43	42,42	39,36	1734,24	0,00	6,26			0,00	0,36				0,01

Tabla 31: Pesticidas en agua para la campaña 2014.

Punto de muestreo	Glifosato µg/L	Aldrin µg/L	p,p'DDD µg/L	p,p'DDE µg/L	p,p'DDT µg/L	Dieldrin µg/L	Endosulfan Alfa µg/L	Endosulfan Beta µg/L	Endosulfansulfato µg/L	Lindano µg/L	Metoxicloro µg/L	Atrazina µg/L
RN1												
RN1												
RN1	<LD	<LC	<LC	<LD	<LD	<LC	<LD	<LD	<LC	<LD	<LC	<LD
RN1	<LC	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
RN2	<LC	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
RN2												
RN2												
RN2												
RN3												
RN3												
RN3												
RN3												
RN5												
RN5	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
RN5	<LD	<LC	<LC	<LD	<LD	<LC	<LD	<LD	<LC	<LD	<LC	<LD
RN5	<LC	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
RN6	<LC	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
RN6												
RN6												
RN6												
RN7												
RN7												
RN7												
RN7												
RN9												
RN9	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
RN9	<LD	<LC	<LC	<LD	<LD	<LC	<LD	<LC	<LC	<LD	<LC	<LD
RN9	<LC	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
RN10	<LC	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
RN10												
RN10												
RN10												
RN11												
RN11												
RN11												
RN11												
RN12												
RN12	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
RN12	<LD	<LC	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LC	<LD
RN12	<LC	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
RN13	<LC	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LC
RN13												
RN13	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
RN13	<LD	<LC	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LC	<LD
RN14	<LC	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
RN14	<LC	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
RN14												
RN14												
RN15												
RN15												
RN15												
RN16												
RN16												
RN16												
RN16												
RN17												
RN17												
RN17												
RN17												

Tabla 32: Parámetros fisicoquímicos para la campaña del 2015. Donde T=temperatura; AlcT= alcalinidad total; Conduc= conductividad; OD= oxígeno disuelto; SST= sólidos suspendidos totales. LD= límite de detección y LC=límite de cuantificación.

Punto de muestreo	Fecha	T ºC	pH sin unid	Clorofila α µg/L	AlcT mg CaCO3/L	Conduc K (µScm-1)	OD mg/L	SST SST (mgl-1)	NO3 NO3(µgl-1)	NAmoniacal NH4 (µgl-1)	NT NT(µgl-1)	PO4 PO4 (µgl-1)	PT PT (µgl-1)	ColifTMF ufc/100ml	AOX µg/L	Sustfenolicas µg/L	Ar mg/L	Cd mg/L	Cr mg/L	Fe mg/L	Hg mg/L	Ni mg/L	Pb mg/L	Zn mg/L
RN1	17/03/2015	25,90	7,49	1,50	49,00	126,10	7,82	27,00	0,17	0,06	0,78	100,00	147,00	180,00	8,50	0,65	0,00	0,00	0,01	0,98	0,00	0,01	0,01	0,02
RN1	02/06/2015	13,10	7,37	2,10	57,00	137,40	8,81	19,00	1.2	0,00	1.9	99,00	180,00	110,00	8,50	5,10	0,00			1,30	0,00			0,02
RN1	01/09/2015	16,60	6,09	0,60	34,00	87,90	7,88	35,00	0,18	0,04	1,50	62,00	120,00	410,00	10,00	0,50	0,00	0,00	0,00	2,50	0,00	0,00	0,00	0,02
RN1	01/12/2015	22,50	7,02	6,10	38,00	91,40	7,27	67,00	0,33	0,06	1,32	10,80	140,00	380,00	10,00	0,50	0,00			2,40	0,00			0,01
RN2	17/03/2015	29,70	7,23	0,10	37,00	94,80	6,46	4,60	0,16	0,02	0,74	51,00	102,00	18,00	8,50	0,65	0,00	0,00	0,01	1,00	0,00	0,01	0,01	0,02
RN2	02/06/2015	16,80	7,96	1,20	56,00	131,80	9,20	17,00	0,40	0,05	0,90	70,00	0,12	10,00	10,00	1,30	0,00			0,89	0,00			0,01
RN2	01/09/2015	16,40	6,82	3,10	27,00	68,90	6,98	15,00	0,05	0,03	0,88	40,00	93,00	570,00	10,00	7,70	0,00	0,00	0,00	1,60	0,00	0,00	0,00	0,02
RN2	01/12/2015	24,20	7,13	5,80	34,00	84,60	6,68	13,00	0,16	0,03	1,01	58,00	0,08	64,00	10,00	0,50	0,00			1,20	0,00			0,01
RN3	17/03/2015	29,60	7,93	0,40	43,00	105,60	7,87	3,10	0,18	0,01	0,73	72,00	104,00	10,00	10,00	0,65	0,00	0,00	0,01	1,20	0,00	0,01	0,02	0,01
RN3	02/06/2015	20,00	8,62	8,00	50,00	101,90	12,05	3,10	0,25	0,01	0,70	72,00	0,11	10,00	10,00	4,80	0,00			0,81	0,00			0,02
RN3	01/09/2015	17,00	6,85	1,00	24,00	63,90	9,10	15,00	0,07	0,03	0,74	33,00	76,00	130,00	10,00	0,50	0,00	0,00	0,00	1,20	0,00	0,00	0,00	0,01
RN3	01/12/2015	23,40	7,22	13,00	28,00	67,10	9,41	13,00	0,08	0,01	0,83	54,00	0,12	45,00	10,00	2,40	0,00			1,10	0,00			0,02
RN5	18/03/2015	26,40	7,79	4,30	37,00	79,20	8,07	4,60	0,02	0,00	0,53	34,00	136,00	10,00	8,50	2,30	0,00	0,00	0,01	0,48	0,00	0,01	0,01	0,02
RN5	03/06/2015	17,00	7,34	1,60	38,00	71,20	9,07	3,10	0,07	0,00	0,41	44,00	0,08	3,00	8,50	4,10	0,00			0,13	0,00			0,03
RN5	02/09/2015	15,40	6,84	0,90	37,00	90,80	9,77	6,15	0,18	0,02	0,73	90,00	91,00	27,00	10,00	2,20	0,00	0,00	0,00	0,93	0,00	0,00	0,00	0,02
RN5	02/12/2015	23,00	7,46	2,40	30,00	69,40	8,61	3,10	0,18	0,01	0,75	45,00	0,09	10,00	10,00	0,50	0,00			0,70	0,00			0,02
RN6	18/03/2015	26,50	7,91	2,70	36,00	79,00	8,15	4,60	0,02	0,02	0,46	32,00	67,00	10,00	8,50	1,60	0,00	0,00	0,01	0,33	0,00	0,01	0,01	0,01
RN6	03/06/2015	17,00	7,23	0,30	37,00	72,70	8,82	3,10	0,07	0,03	0,47	48,00	0,08	3,00	10,00	0,50	0,00			0,30	0,00			0,01
RN6	02/09/2015	15,50	7,12	0,05	36,00	91,20	9,77	6,15	0,19	0,02	0,80	69,00	93,00	10,00	10,00	1,70	0,00	0,00	0,00	1,20	0,00	0,00	0,00	0,02
RN6	02/12/2015	22,30	7,54	0,40	29,00	69,80	8,34	3,10	0,19	0,01	0,79	43,00	0,09	54,00	10,00	2,10	0,00			0,71	0,00			0,01
RN7	18/03/2015	26,20	7,81	3,00	36,00	79,40	7,60	4,60	0,02	0,02	0,45	32,00	43,00	55,00	8,50	1,80	0,00	0,00	0,01	0,61	0,00	0,01	0,01	0,01
RN7	03/06/2015	17,00	7,07	0,90	41,00	78,10	8,81	3,10	0,09	0,03	0,52	51,00	0,08	10,00	8,50	0,50	0,00			0,13	0,00			0,03
RN7	02/09/2015	15,50	6,95	0,30	36,00	91,10	10,72	6,15	0,19	0,02	0,72	62,00	88,00	10,00	10,00	0,65	0,00	0,00	0,00	0,84	0,00	0,00	0,00	0,02
RN7	02/12/2015	21,70	7,41	0,70	30,00	68,80	8,15	3,10	0,19	0,01	0,75	44,00	0,13	10,00	10,00	0,50	0,00			0,95	0,00			0,00
RN9	19/03/2015	25,90	7,44	5,30	36,00	81,10	7,42	12,00	0,02	0,08	0,46	33,00	62,00	27,00	10,00	3,20	0,00	0,00	0,01	0,61	0,00	0,01	0,01	0,01
RN9	04/06/2015	17,10	7,76		41,00	76,30	8,94	6,15	0,19	0,01	0,59	52,00	0,08	3,00	8,50	1,90	0,00			0,80	0,00			0,01
RN9	03/09/2015	15,50	6,68	0,60	37,00	91,90	9,93	3,10	0,18	0,03	0,69	60,00	86,00	10,00	10,00	0,50	0,00	0,00	0,00	0,80	0,00	0,00	0,00	0,02
RN9	03/12/2015	22,00	7,37	0,90	30,00	70,30	8,47	3,10	0,21	0,02	0,72	64,00	0,12	45,00	10,00	1,40	0,00			0,51	0,00			0,01
RN10	19/03/2015	26,50	7,82	1,30	36,00	82,90	7,90	12,00	0,02	0,02	0,50	51,00	123,00	10,00	10,00	2,40	0,00	0,00	0,01	0,61	0,00	0,01	0,01	0,02
RN10	04/06/2015	18,20	8,12	1,80	42,00	80,50	9,35	6,15	0,17	0,01	0,59	51,00	0,07	10,00	8,50	1,70	0,00			0,79	0,00			0,01
RN10	03/09/2015	16,20	7,31	0,90	37,00	92,90	10,20	23,00	0,17	0,01	0,77	56,00	130,00	86,00	10,00	0,50	0,00	0,00	0,00	1,10	0,00	0,00	0,00	0,02
RN10	03/12/2015	23,20	7,52	0,60	31,00	73,20	8,46	3,10	0,20	0,02	0,88	49,00	0,09	10,00	10,00	0,65	0,00			0,84	0,00			0,01
RN11	24/03/2015	24,00	6,81	2,10	41,00	84,70	7,32	9,00	0,02	0,03	0,50	41,00	84,00	1,00	8,50	1,60	0,00	0,00	0,01	0,99	0,00	0,01	0,01	0,01
RN11	09/06/2015	17,20	7,72	1,00	43,00	80,80	9,26	6,15	0,18	0,00	0,57	56,00	0,08	3,00	8,50	1,50	0,00			0,54	0,00			0,02
RN11	08/09/2015	16,10	7,85	0,40	40,00	85,20	9,05	6,15	0,20	0,02	0,73	57,00	81,00	7,00	10,00	0,50	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,02
RN11	08/12/2015	22,60	7,05	0,60	34,00	76,90	7,70	6,15	0,21	0,01	0,84	50,00	0,10	2,00	10,00	0,50	0,00			1,20	0,00			0,00
RN12	24/03/2015	23,80	7,16	3,30	53,00	110,40	7,57	6,00	0,11	0,03	0,56	71,00	103,00	1,00	8,50	2,40	0,00	0,00	0,01	1,20	0,00	0,01	0,01	0,01
RN12	09/06/2015	17,10	7,41	1,30	50,00	95,60	9,25	3,00	0,21	0,01	0,58	51,00	0,09	3,00	8,50	0,50	0,00			0,51	0,00			0,01
RN12	08/09/2015	16,60	7,78	0,40	63,00	149,80	8,62	6,15	0,22	0,08	1,03	82,00	120,00	14,00	8,50	0,50	0,00	0,00	0,00	0,85	0,00	0,00	0,00	0,02
RN12	08/12/2015	23,50	7,31	3,80	45,00	103,30	7,87	6,15	0,24	0,02	0,87	66,00	0,11	1,00	10,00	0,50	0,00			1,30	0,00			0,01
RN13	25/03/2015	23,90	6,55	0,10	41,00	91,20	7,19	5,00	0,06	0,02	0,42	64,00	130,00	5,00	8,50	2,50	0,00	0,00	0,01	0,73	0,00	0,01	0,01	0,01
RN13	10/06/2015	17,70	7,21	2,20	43,00	81,90	9,24	6,00	0,08	0,00	0,39	52,00	0,08	2,00	8,50	2,50	0,00			0,43	0,00			0,01
RN13	09/09/2015	16,10	7,53	0,70	34,00	84,50	8,59	6,15	0,20	0,03	0,81	95,00	120,00	3,00	10,00	2,80	0,00	0,00	0,00	0,72	0,00	0,00	0,00	0,02
RN13	09/12/2015	24,60	7,66	6,20	34,00	81,80	8,73	6,15	0,19	0,02	0,79	43,00	0,08	10,00	8,50	0,50	0,00			0,82	0,00			0,00
RN14	25/03/2015	24,10	6,65	1,90	42,00	92,80	7,21	5,00	0,07	0,03	0,42	72,00	122,00	9,00	8,50	1,60	0,00	0,00	0,01	0,77	0,00	0,01	0,01	0,01
RN14	10/06/2015	17,90	7,42	0,50	44,00	82,40	9,43	3,00	0,09	0,00	0,44	58,00	0,07	35,00	8,50	0,65	0,00			0,46	0,00			0,00
RN14	09/09/2015	15,90	7,99	0,30	33,00	84,30	8,40	6,15	0,20	0,07	0,83	82,00	100,00	120,00	8,50	2,30	0,00	0,00	0,00	0,74	0,00	0,00	0,00	0,02
RN14	09/12/2015	22,90	7,22	1,00	33,00	79,40	7,78	6,15	0,24	0,01	0,75	53,00	0,10	120,00	8,50	0,50	0,00			0,90	0,00			0,01
RN15	26/03/2015	23,00	7,54	1,30	44,00	95,90	7,87	2,50	0,11	0,01	0,50	66,00	79,00	4,00	10,00	0,65	0,00	0,00	0,01	1,10	0,00	0,01	0,01	0,02
RN15	11/06/2015	16,70	7,12	1,90	48,00	87,60	9,90	6,00	0,12	0,01	0,48	53,00	0,09	29,00	8,50	0,50	0,00			0,61	0,00			0,02
RN15	10/09/2015	15,20	7,92	0,05	40,00	94,90	9,17	6,15	0,21	0,04	0,76	77,00	100,00	12,00	8,50	0,65	0,00	0,00	0,00	0,79	0,00	0,00	0,00	0,01
RN15	10/12/2015	24,20	7,20	1,30	37,00	89,30	7,60	6,15	0,30	0,01	0,84	56,00	0,10	12,00	10,00	0,50	0,00			0,80	0,00			0,01
RN16	26/03/2015	23,00	7,27	1,60	44,00	96,40	7,52	5,00	0,12	0,02	0,50	82,00	88,00	290,00	10,00	0,65	0,00	0,00	0,01	1,30	0,00	0,01	0,01	0,01
RN16	11/06/2015	16,80	7,18	1,90	51,00	93,70	9,66	5,00	0,12	0,01	0,48	60,00	0,09	59,00	8,50	0,65	0,00			0,66	0,00			0,02
RN16	10/09/2015	15,20	8,04	0,60	40,00	94,10	8,86	6,15	0,22	0,02	0,75	79,00	120,00	21,00	8,50	4,10	0,00	0,00	0,00	0,71	0,00	0,00	0,00	0,00
RN16	10/12/2015	24,00	7,24	2,20	43,00	99,10	7,75	6,15	0,27	0,01	0,84	62,00	0,10	40,00	10,00	0,65	0,00			0,90	0,00			
RN17	26/03/2015	22,80	7,25	0,70	46,00	101,90	7,82	5,00	0,09	0,01	0,42	65,00	112,00	280,00	8,50	0,65	0,00	0,00	0,01	1,20	0,00	0,01	0,01	0,01
RN17	11/06/2015	16,90	7,79	12,70	110,00	198,40	9,16	7,00	0,23	0,04	1,23	63,00	0,10	55,00	8,50	0,50	0,00			0,26	0,00			0,03
RN17	10/09/2015	15,50	8,08	0,30	37,00	93,30	8,69	6,15	0,22	0,02	0,84	81,00	110,00	190,00	10,00	9,60	0,00	0,00	0,00	0,78	0,00	0,00	0,00	0,02
RN17	10/12/2015	25,60	7,59	13,00	43,00	103,70	8,66	6,15	0,20	0,02	0,89	55,00	0,11	30,00	10,00	0,65	0,00			0,80	0,00			0,01
	Promedio	21,80	7,60	5,80	43,79	94,75	8,23	9,97	34,99	9,53	229,94	57,80	66,42		9,41	1,59	0,00	0,00	0,00	0,84	0,00	0,00	0,01	0,01
	Mínimo	13,10	6,09	0,05	24,00	45,00	5,62	2,50	0,02	0,00	0,37	10,80	0,07	0,00	8,50	0,50	0,00	0,00	0,00	0,13	0,00	0,00	0,00	0,00
	Máximo	29,70	9,27	66,93	110,00	274,00	12,05	67,00	264,84	62,01	1279,00	117,47	180,00	0,00	17,00	9,60	0,00	0,00	0,01	2,50	0,00	0,01	0,02	0,03
	Desvío Estándar	4,52	0,57	9,29	18,07	35,19	1,17	11,04	62,33	16,53	356,64	20,47	51,64		1,18	1,63	0,00	0,00	0,00	0,40	0,00	0,00	0,00	0,01

Tabla 33: Pesticidas en agua para la campaña 2015.

Punto de muestreo	Fecha	Glifosato µg/L	AMPA	Aldrin µg/L	p,p'DDD µg/L	p,p'DDE µg/L	p,p'DDT µg/L	Dieldrin µg/L	Endosulfan Alfa µg/L	Endosulfan Beta µg/L	Endosulfan sulfato µg/L	Lindano µg/L	Metoxicloro µg/L	HEPTACL	Atrazina µg/L
RN1	17/03/2015	10,00	10,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02
RN1	02/06/2015	10,00	10,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,10
RN1	01/09/2015	10,00	10,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20
RN1	01/12/2015	0,20	0,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20
RN2	17/03/2015														
RN2	02/06/2015														
RN2	01/09/2015														
RN2	01/12/2015														
RN3	17/03/2015													0,02	
RN3	02/06/2015													0,01	
RN3	01/09/2015													0,02	
RN3	01/12/2015													<LC	
RN5	18/03/2015	10,00	10,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,02
RN5	03/06/2015	10,00	10,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	<LC	0,10
RN5	02/09/2015	10,00	10,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,20
RN5	02/12/2015	0,20	0,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,20
RN6	18/03/2015													0,01	
RN6	03/06/2015													0,01	
RN6	02/09/2015													0,02	
RN6	02/12/2015													0,01	
RN7	18/03/2015													0,01	
RN7	03/06/2015													0,03	
RN7	02/09/2015													0,02	
RN7	02/12/2015													0,00	
RN9	19/03/2015	10,00	10,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02
RN9	04/06/2015	10,00	10,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,10
RN9	03/09/2015	10,00	10,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,20
RN9	03/12/2015	0,20	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,20
RN10	19/03/2015													<LC	
RN10	04/06/2015													0,01	
RN10	03/09/2015													0,02	
RN10	03/12/2015													0,01	
RN11	24/03/2015													0,01	
RN11	09/06/2015													0,02	
RN11	08/09/2015													0,02	
RN11	08/12/2015													0,00	
RN12	24/03/2015	10,00	10,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02
RN12	09/06/2015	10,00	10,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,20
RN12	08/09/2015	10,00	10,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,20
RN12	08/12/2015	0,20	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,20
RN13	25/03/2015	10,00	10,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02
RN13	10/06/2015	10,00	10,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,10
RN13	09/09/2015	10,00	10,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,20
RN13	09/12/2015	0,20	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20
RN14	25/03/2015													0,01	
RN14	10/06/2015													0,00	
RN14	09/09/2015													0,02	
RN14	09/12/2015													0,01	
RN15	26/03/2015													0,01	
RN15	11/06/2015													<LC	
RN15	10/09/2015													0,02	
RN15	10/12/2015													0,01	
RN16	26/03/2015													0,01	
RN16	11/06/2015													0,01	
RN16	10/09/2015													0,02	
RN16	10/12/2015													0,00	
RN17	26/03/2015													0,01	
RN17	11/06/2015													0,03	
RN17	10/09/2015													0,02	
RN17	10/12/2015													0,01	
	Promedio	7,55	7,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,14
	Mínimo	0,20	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02
	Máximo	10,00	10,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,03	0,20
	Desvío Estándar	4,35	4,27	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,08

Tabla 34: Parámetros fisicoquímicos para la campaña del 2017. Donde T=temperatura; AlcT= alcalinidad total; Conduc= conductividad; OD= oxígeno disuelto; SST= sólidos suspendidos totales. LD= límite de detección y LC=límite de cuantificación.

Punto de muestreo	Fecha	T	pH	ClorofilaA	AlcT	Conduc	OD	SST	Ar	Cd	Ca	Cr	Fe	Mg	Hg	Ni	Pb	Zn	Namoniacal	PO4	PT	NO3	NT	TermoTMF	AOX	Sustfenolicas
		°C		µg/L	mg CaCO3/L	µS/cm	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg NH4-N/L	µg PO4-P/L	µg P/L	mg NO3-N/L	mg N/L	ufc/100ml	µg/L	µg/L
RN1	04/07/2017	12,2	8	0,75	23	46	8,48	29	<LD	<LD	9,3	<LD	1,4	3,3	<LD	<LD	<LC	<LD	0,037	63	120	0,02	1,25	370	<LD	5,0
RN2	04/07/2017	13,8	7,26	0,75	31	60,5	10,08	21	<LD	<LD	8,5	<LD	0,6	3,1	<LD	<LD	<LC	<LD	0,028	51	93	0,02	0,89	250	<LD	5,30
RN3	04/07/2017	14,6	7,66	0,75	34	67,2	9,8	LD<x<LC	<LD	<LD	6,6	<LD	1,3	2,3	<LD	<LD	<LC	<LD	0,056	47	89	0,02	1,18	10	<LD	5,0
RN5	05/07/2017	13,9	7,24	0,6	28	54	9,95	<LD	<LD	<LD	7,8	<LD	<LC	3,0	<LD	<LD	0,01	<LD	0,023	60	80	0,02	0,59	70	<LD	6,80
RN6	05/07/2017	14,1	6,9	0,6	28	54,1	11,09	<LD	<LD	<LD	8	<LD	<LD	3,0	<LD	<LD	<LC	<LD	0,02	49	81	0,02	0,81	10	<LD	3,4
RN7	05/07/2017	14,6	7,77	0,75	29	55,8	11,55	LD<x<LC	<LD	<LD	7,8	<LD	<LD	3,0	<LD	<LD	<LC	<LD	0,025	55	82	0,02	0,92	30	<LD	5,10
RN9	06/07/2017	14,2	7,22	0,75	31	57,7	10,17	<LD	<LD	<LD	8,2	<LD	<LD	3,2	<LD	<LD	<LD	<LD	0,024	55	79	0,12	0,63	10	<LD	4,0
RN10	06/07/2017	14,2	7,14	0,75	30	57,8	10,38	15	<LD	<LD	8,2	<LD	0,65	3,2	<LD	<LD	<LD	<LD	0,037	52	84	0,02	1,12	10	<LD	<LD
RN11	11/07/2017	14,2	7,62	0,6	31	58,3	10,45	LD<X<LC	<LD	<LD	9,2	<LD	1,0	3,5	<LD	<LD	<LD	<LD	0,013	57	83	0,19	0,62	8	<LD	5,50
RN12	11/07/2017	13,9	7,58	0,6	68	131,3	7,98	14	<LD	<LD	19	<LD	1,3	5,7	<LD	<LD	<LD	<LD	0,19	260	300	0,17	1,77	2000,00	18	4,0
RN13	11/07/2017	14,1	7,89	0,6	36	67,7	10,19	LD<X<LC	<LD	<LD	10	<LD	1,2	3,7	<LD	<LD	<LD	<LD	0,002	73	98	0,29	0,74	7	<LD	<LC
RN14	11/07/2017	14,3	7,81	0,6	35	51,8	10,02	12	<LD	<LD	10	<LD	1,1	3,6	<LD	<LD	<LD	<LD	0,002	78	96	0,02	0,77	110,00	<LD	4,6
RN15	12/07/2017	14,3	7,62	0,6	40	74,5	10,54	7	<LD	<LD	8,8	<LD	0,5	2,5	<LD	<LD	<LD	<LC	0,002	80	110	0,27	0,71	81	20	<LD
RN16	12/07/2017	14,4	7,57	0,6	42	77,6	10,36	6	<LD	<LD	7,1	<LD	0,7	1,9	<LD	<LD	<LD	<LD	0,014	98	120	0,3	0,74	88	<LD	<LC
RN17	12/07/2017	15	7,49	0,6	45	86,8	9,63	9	<LD	<LD	9,9	<LD	0,87	2,7	<LD	<LD	<LC	<LC	0,037	110	140	0,36	1	320,00	<LC	<LC
RN1	03/10/2017	17,1	6,83	0,75	30	72,6	10,03	42							<LD				0,049	73	140	0,27	1,55	2000	<LC	2,6
RN2	03/10/2017	17,6	6,75	2,6	31	78	7,43	30							<LD				0,047	65	120	0,08	1,68	130	<LC	2,20
RN3	03/10/2017	20	7,49	0,75	25	31,9	8,64	10							<LD				0,079	50	91	0,082	1,47	10	<LC	1,50
RN5	04/10/2017	17,2	6,4	0,6	26	57	8,85	<LD							<LD				0,035	33	69	0,18	0,73	10	<LC	<LD
RN6	04/10/2017	17,6	8,01	0,6	26	60,4	8,99	<LD							<LD				0,039	44	95	0,17	1,1	10	<LD	2,5
RN7	04/10/2017	17,3	6,98	0,6	26	58,1	11,09	<LD							<LD				0,03	38	68	0,12	0,71	10	<LC	2,5
RN9	05/10/2017	17,6	7,06	0,6	27	59,4	9,73	<LD							<LD				0,058	39	72	0,12	0,69	10	<LD	<LD
RN10	05/10/2017	19	7,38	0,75	27	64,3	8,87	9,4							<LD				0,036	51	69	0,23	0,7	10	<LD	<LD
RN11	10/10/2017	18,2	6,4	0,6	28	61,4	9,59	<LD							<LD				0,047	34	70	0,18	0,61	10	<LD	1,8
RN12	10/10/2017	18,1	7,03	0,75	86	164	8,03	LD<x<LC							<LD				0,12	150	170	0,38	1,01	10	<LD	1,40
RN13	11/10/2017	17,8	6,97	0,6	31	65	9,08	LD<X<LC							<LD				0,015	49	80	0,24	0,63	2	<LD	<LC
RN14	11/10/2017	18,1	7,63	0,6	31	66,6	8,03	LD<X<LC							<LD				0,047	58	86	0,21	0,96	49	<LD	1,50
RN15	12/10/2017	17,2	7,09	0,6	40	80,1	8,73	9							<LD				0,02	61	98	0,21	0,61	20	<LD	<LC
RN17	12/10/2017	17,2	6,89	0,6	39	87	9,04	LD<X<LC							<LD				0,069			0,27	0,67	21	<LD	2,50
RN16	12/10/2017	17,3	7,26	0,6	44	78,8	8,86	7							<LD				0,037	68	110	0,28	0,69	16	<LD	1,70
	promedio	16,0	7,3	0,7	34,9	69,5	9,5	15,7			9,2								0,0	69,0	103,2	0,2	0,9	189,7	19,0	3,4
	mínimo	12,2	6,4	0,6	23	31,9	7,43	6			6,6								0,002	33	68	0,02	0,59	2	18	1,4
	máximo	20	8,01	2,6	86	164	11,55	42			19								0,19	260	300	0,38	1,77	2000	20	6,8
	Desvío estándar	2,0	0,4	0,4	13,0	24,7	1,0	10,8			2,9								0,0	44,0	45,0	0,1	0,3	500,9	1,4	1,6

Tabla 35: Pesticidas en agua para la campaña 2017.

Punto de muestreo	Fecha	Glifosato	Aldrin	p,p'DDD	p,p'DDE	p,p'DDT	Dieldrin	EndosulfanAlfa	EndosulfanBeta	Endosulfansulfato	Heptacloro	Lindano	Metoxicloro	Atrazina	AMPA
		µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L
RN1	04/07/2017	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LC
RN2	04/07/2017														
RN3	04/07/2017														
RN5	05/07/2017	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
RN6	05/07/2017														
RN7	05/07/2017														
RN9	06/07/2017	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
RN10	06/07/2017														
RN11	11/07/2017														
RN12	11/07/2017	0,75	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	0,99
RN13	11/07/2017	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
RN14	11/07/2017														
RN15	12/07/2017														
RN16	12/07/2017														
RN17	12/07/2017														
RN1	03/10/2017	0,59	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	0,55
RN2	03/10/2017														
RN3	03/10/2017														
RN5	04/10/2017	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
RN6	04/10/2017														
RN7	04/10/2017														
RN9	05/10/2017	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
RN10	05/10/2017														
RN11	10/10/2017														
RN12	10/10/2017	0,64	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LC
RN13	11/10/2017	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
RN14	11/10/2017														
RN15	12/10/2017														
RN17	12/10/2017														
RN16	12/10/2017														
	promedio	0,66													0,77
	mínimo	0,59													0,55
	máximo	0,75													0,99
	desvío estandar	0,08													0,31

Anexo 2 – Mapas de categorías de calidad de agua según rangos de concentración de algunos parámetros de referencia

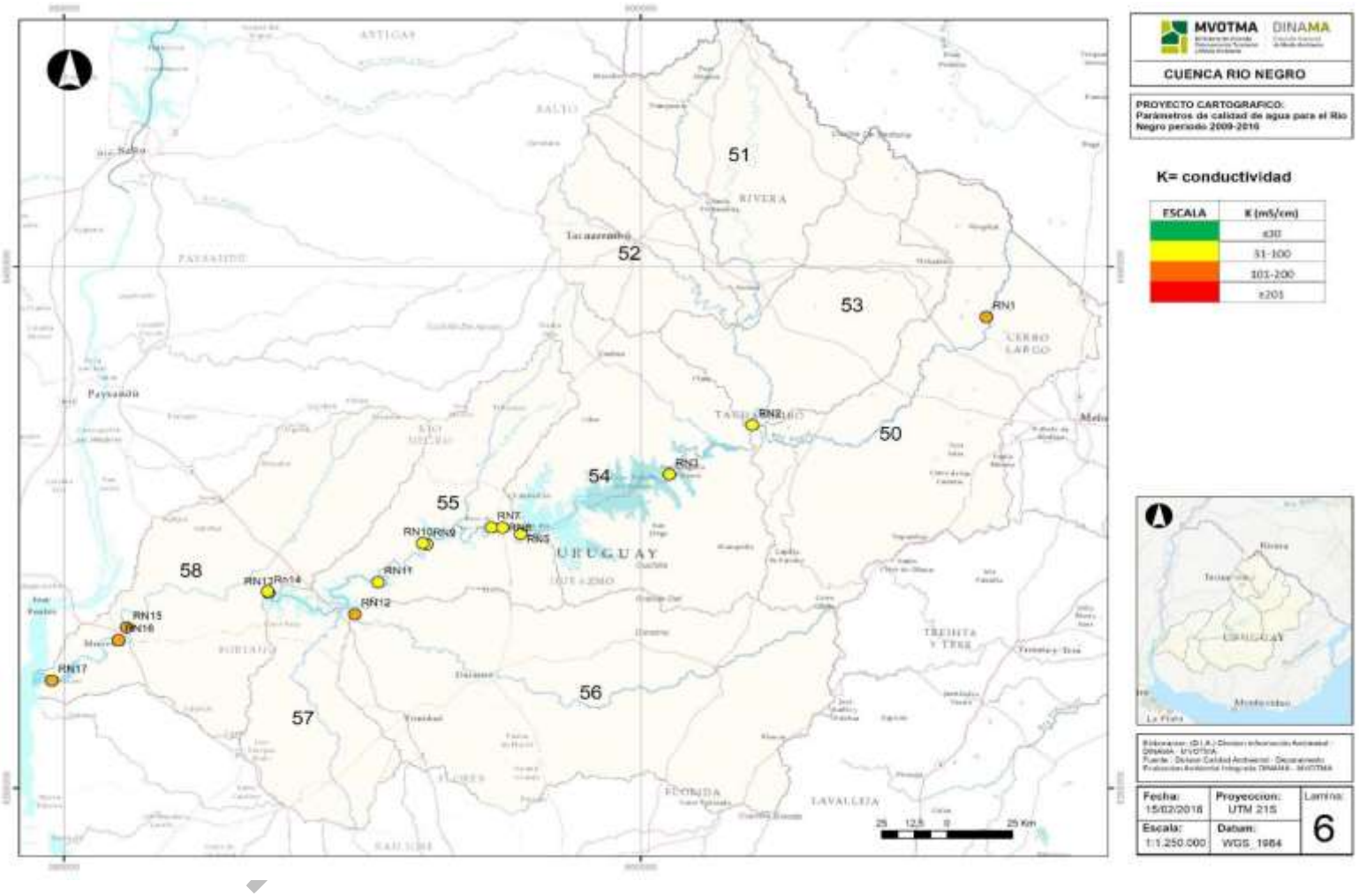


Figura 51 Categorías de conductividad en la cuenca del Río Negro. Verde: bueno; Amarillo: aceptable; Naranja: comprometido; Rojo: muy comprometido.

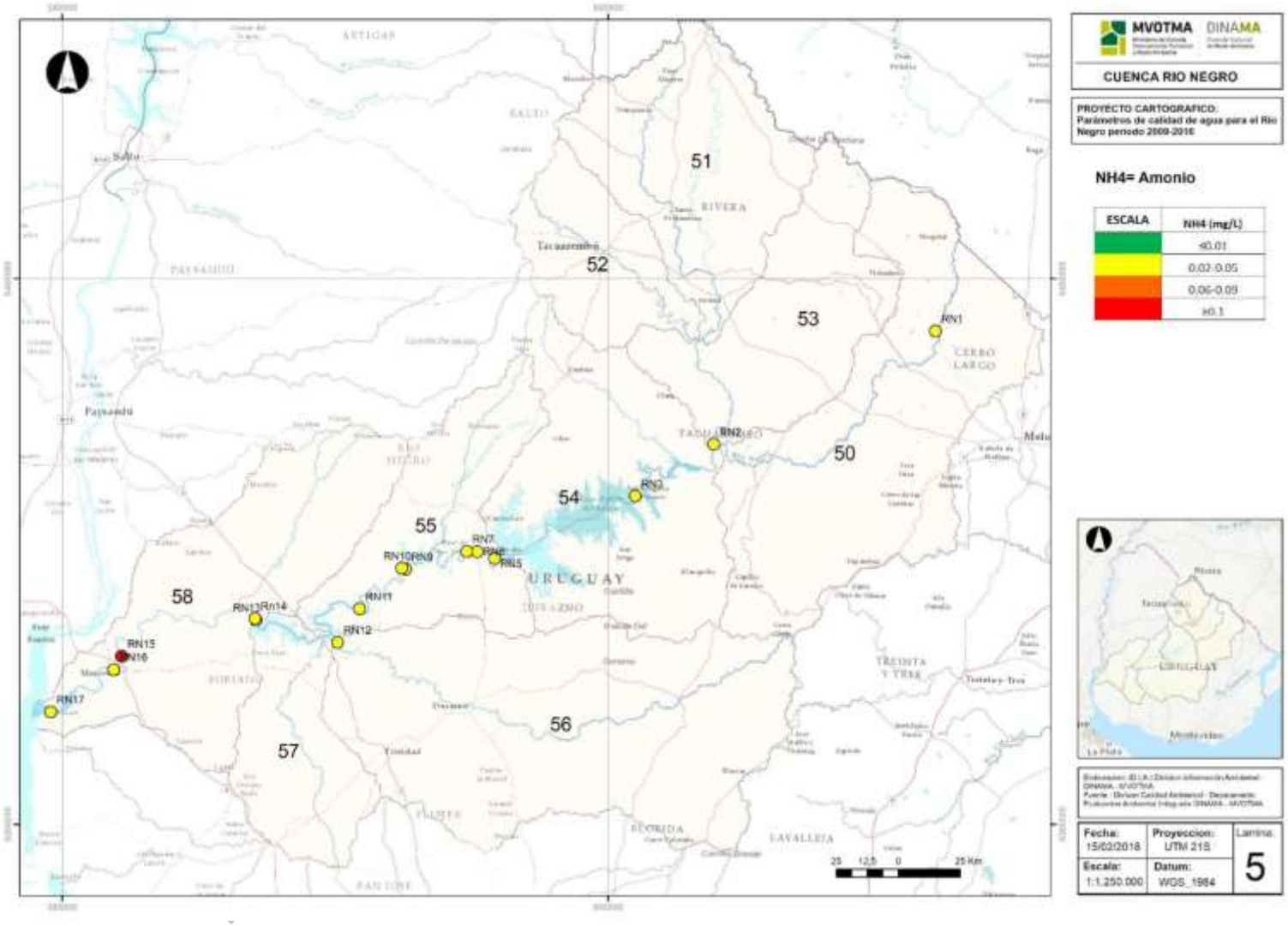


Figura 52: Categorías de amonio en la cuenca del Río Negro. Verde: bueno; Amarillo: aceptable; Naranja: comprometido; Rojo: muy comprometido.

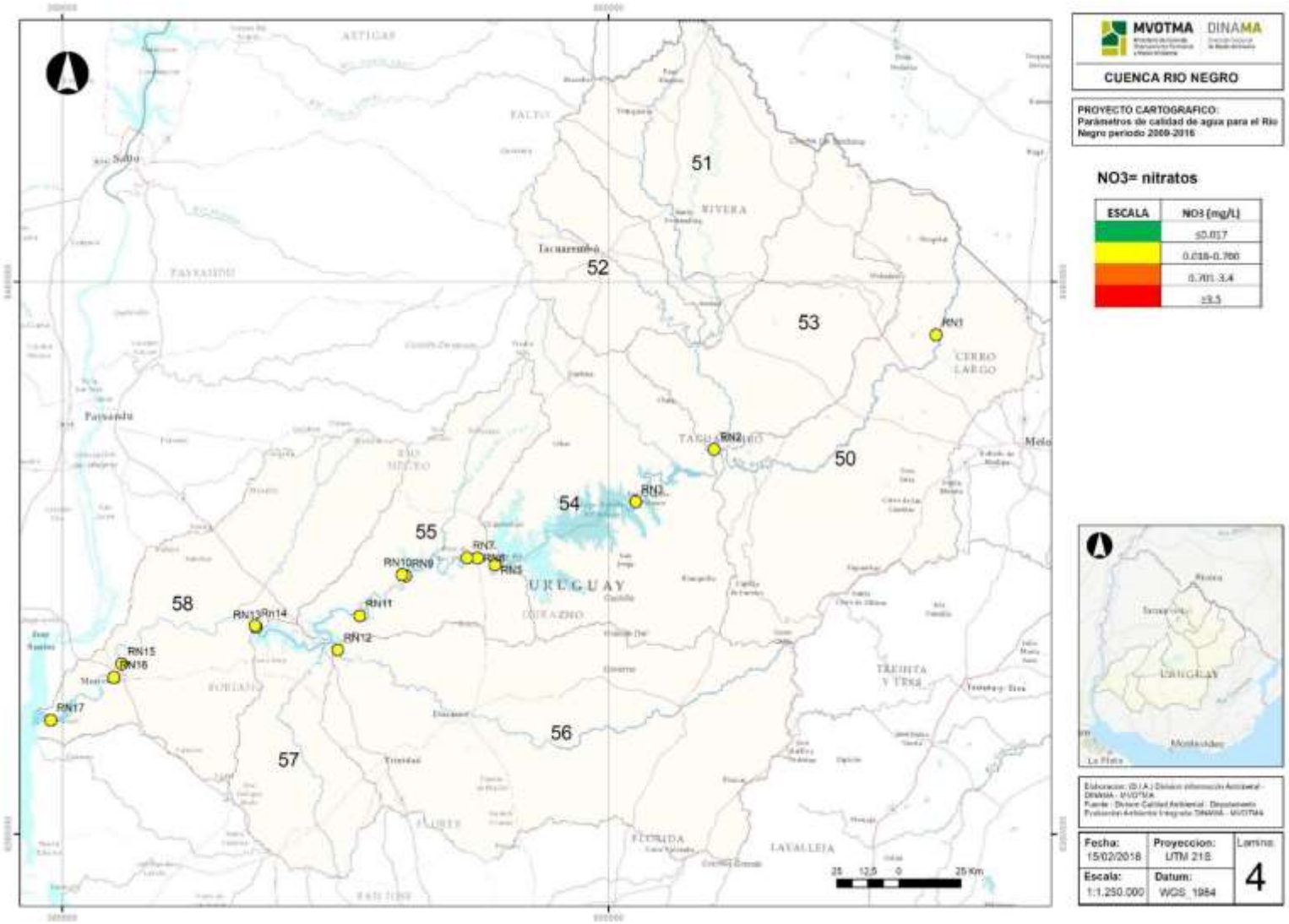


Figura 53: Categorías de nitratos en la cuenca del Río Negro. Verde: bueno; Amarillo: aceptable; Naranja: comprometido; Rojo: muy comprometido.

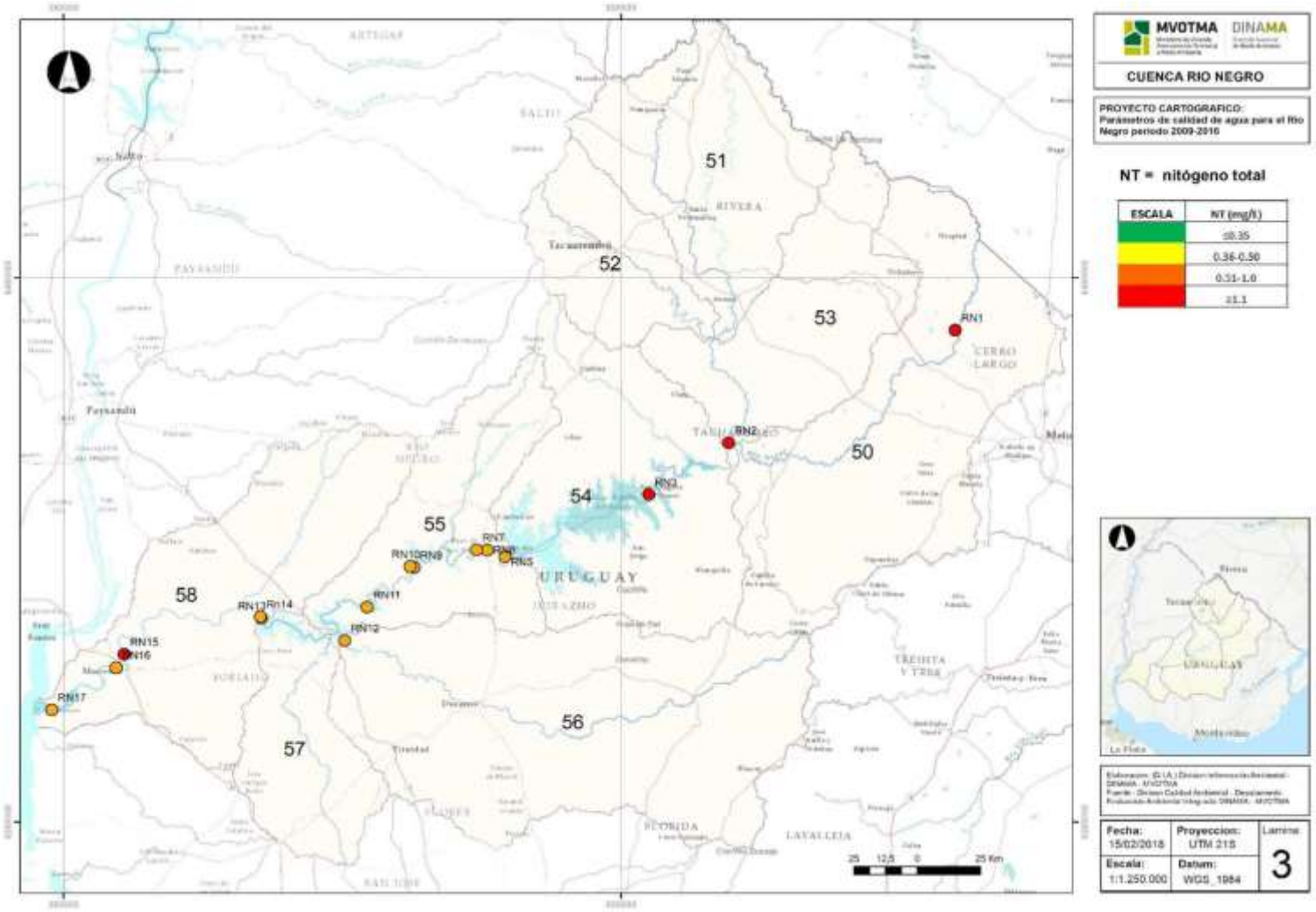


Figura 54: Categorías de nitrógeno total en la cuenca del Río Negro. Verde: bueno; Amarillo: aceptable; Naranja: comprometido; Rojo: muy comprometido

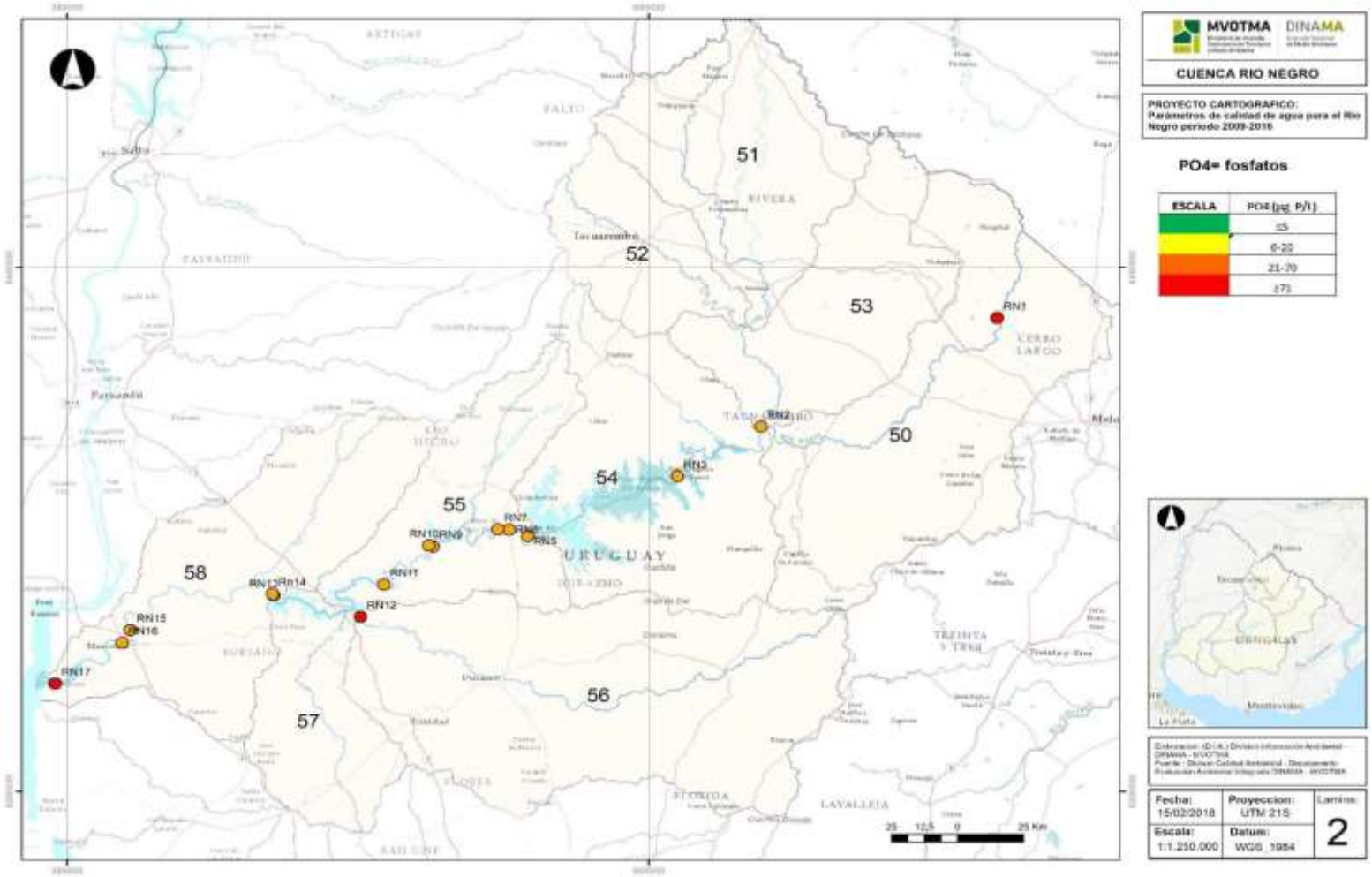


Figura 55: Categorías de fosfatos en la cuenca del Río Negro. Verde: bueno; Amarillo: aceptable; Naranja: comprometido; Rojo: muy comprometido.

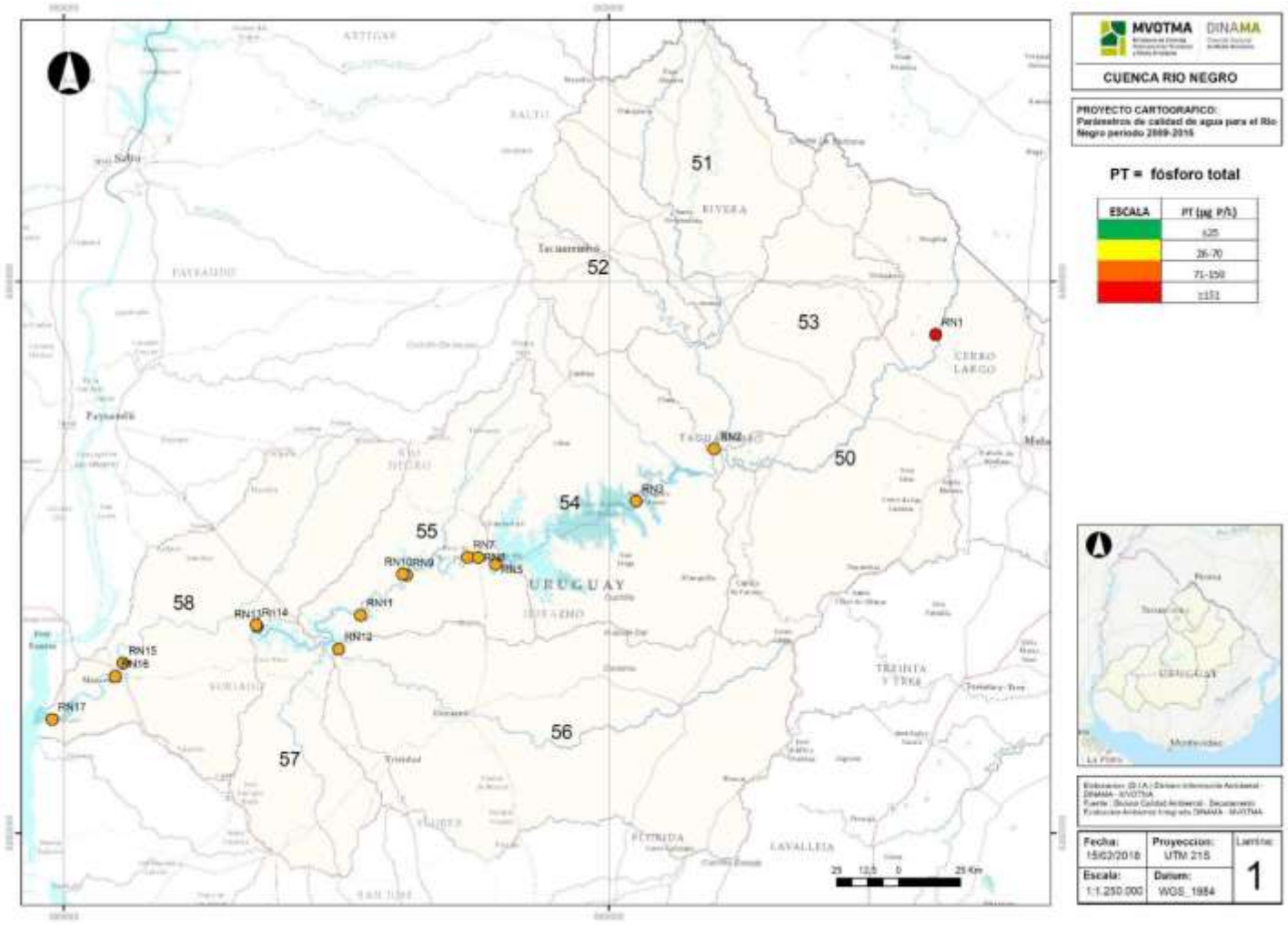


Figura 56: Categorías de fósforo total en la cuenca del Río Negro. Verde: bueno; Amarillo: aceptable; Naranja: comprometido; Rojo: muy comprometido.

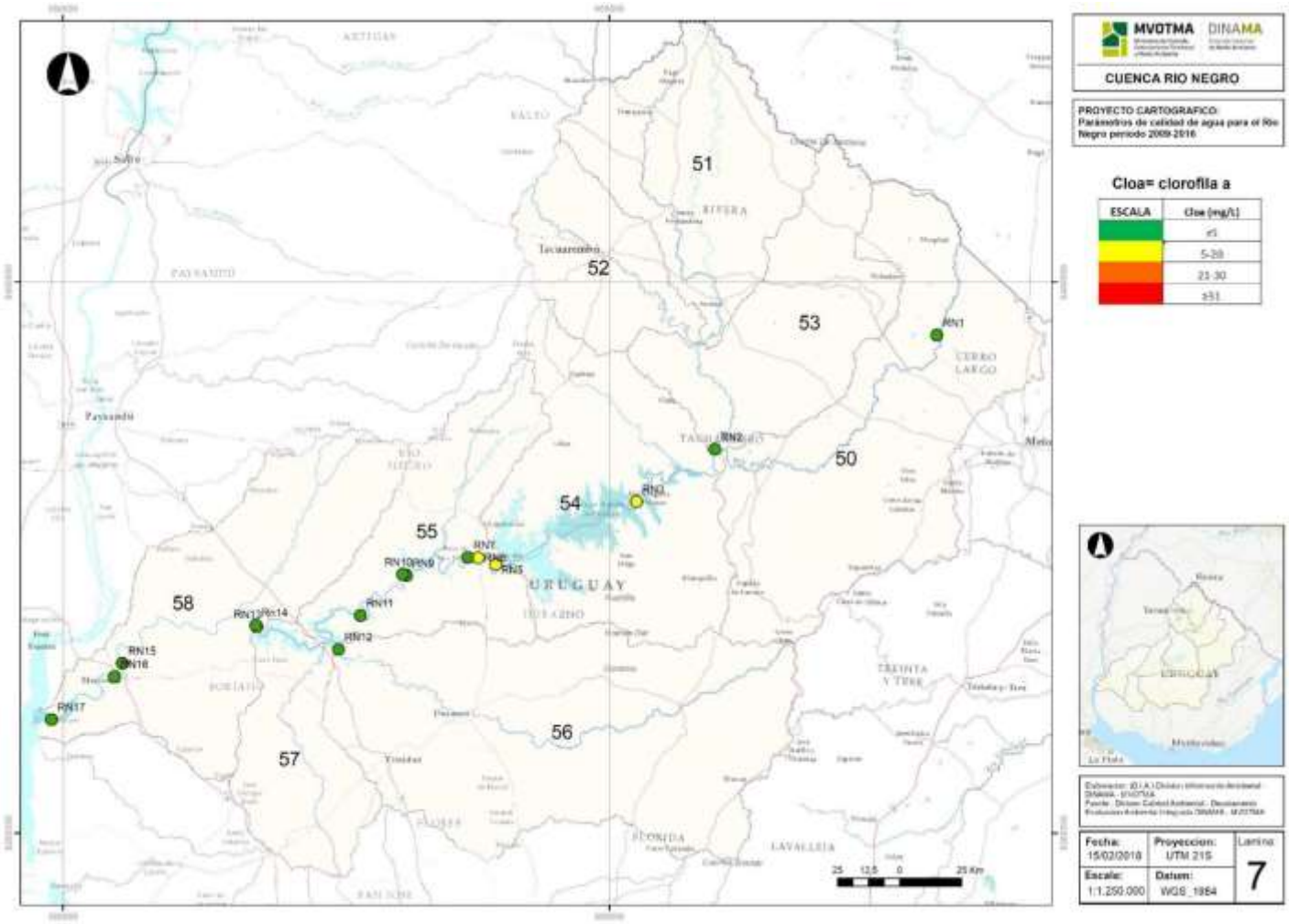


Figura 57: Categorías de clorofila *a* en la cuenca del Río Negro. Verde: bueno; Amarillo: aceptable; Naranja: comprometido; Rojo: muy comprometido.

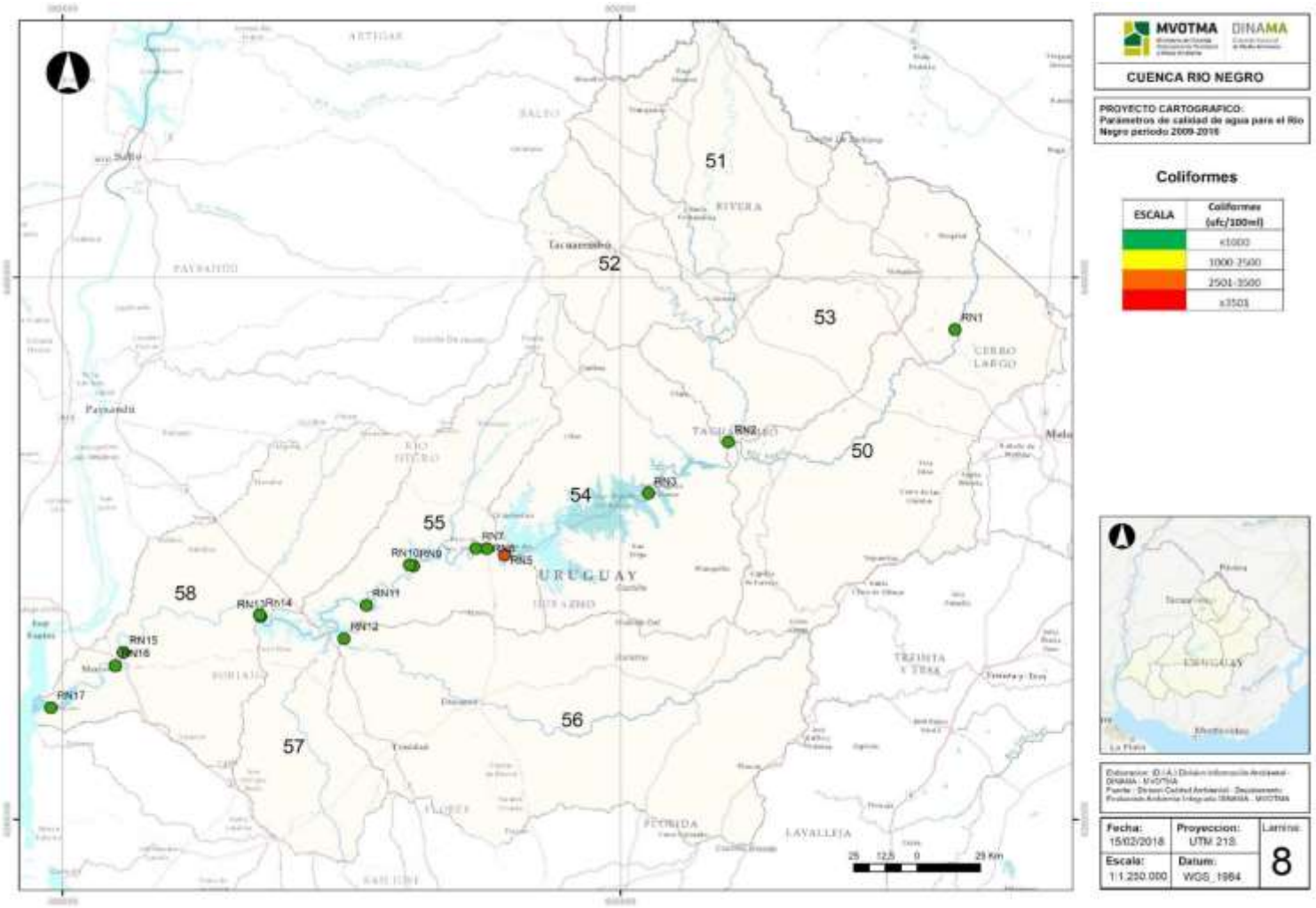


Figura 58: Categorías de coliformes termotolerantes en la cuenca del Río Negro. Verde: bueno; Amarillo: aceptable; Naranja: comprometido; Rojo: muy comprometido.

Anexo 3 – Análisis de componentes principales (PCA) para cada año

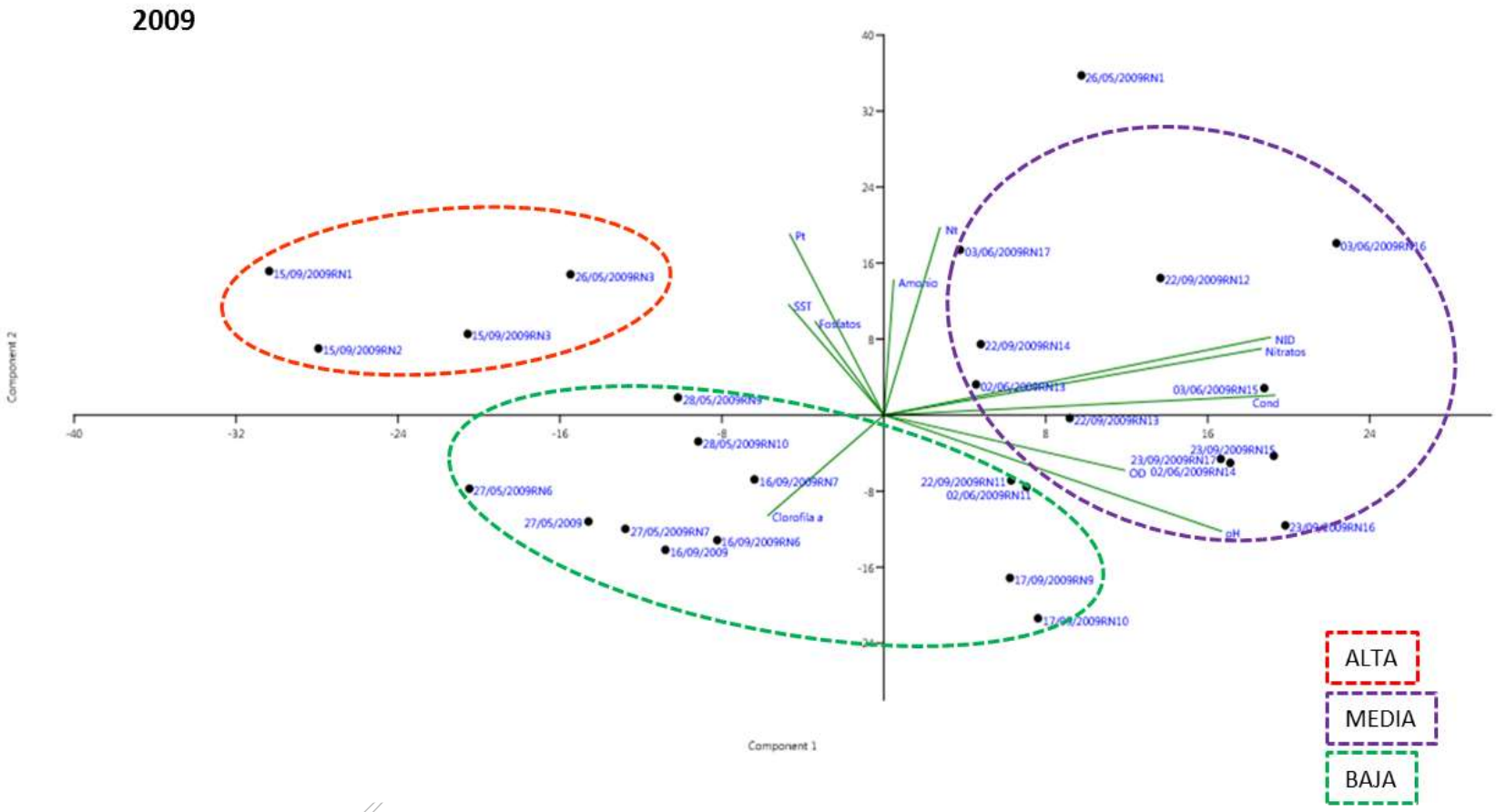


Figura 59. Análisis de componentes principales para los promedios anuales de las variables medidas en la campaña 2009. Las flechas verdes indican el peso de cada variable con respecto al componente 1 y 2.

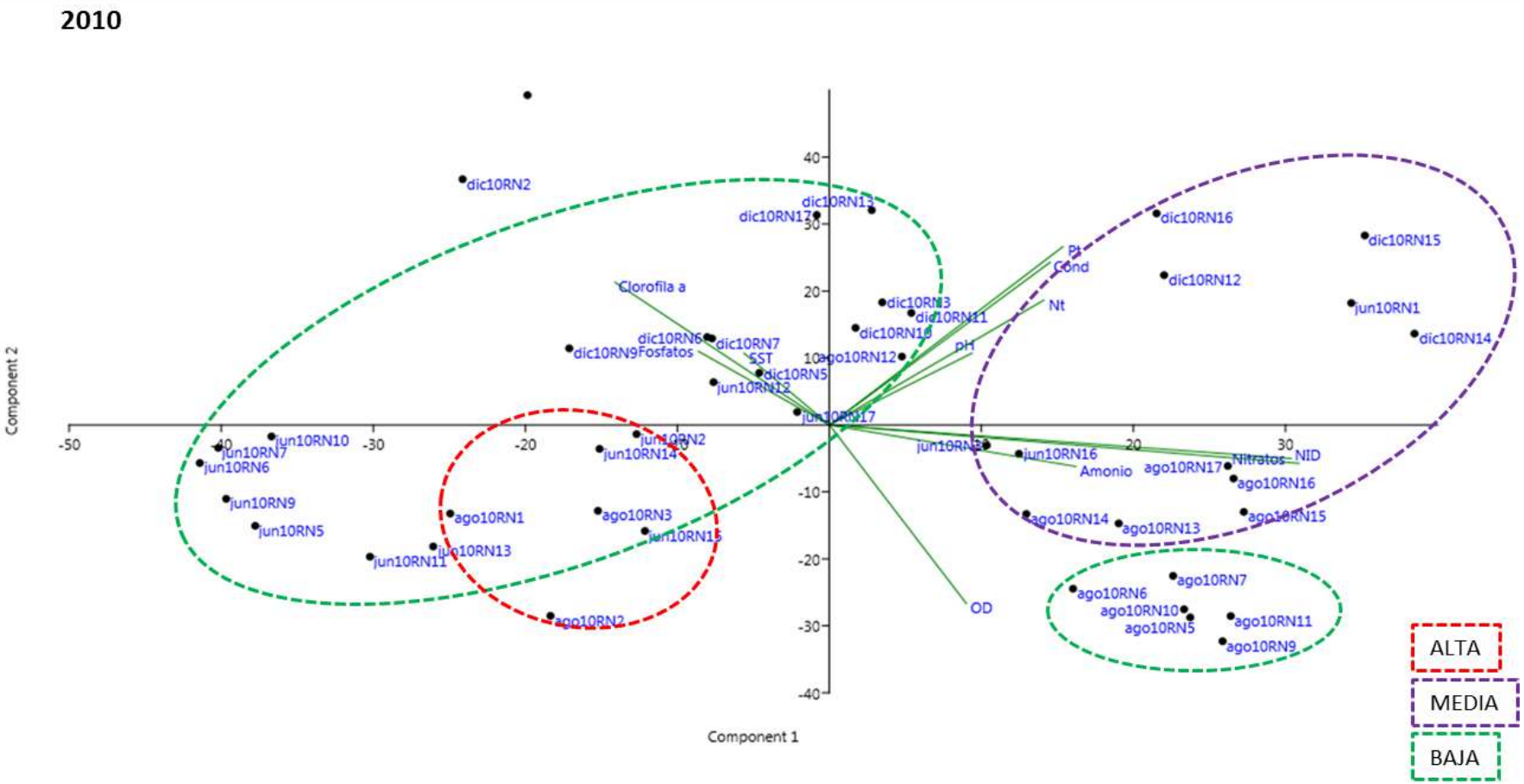


Figura 60. Análisis de componentes principales para los promedios anuales de las variables medidas en la campaña 2010. Las flechas verdes indican el peso de cada variable con respecto al componente 1 y 2

2011

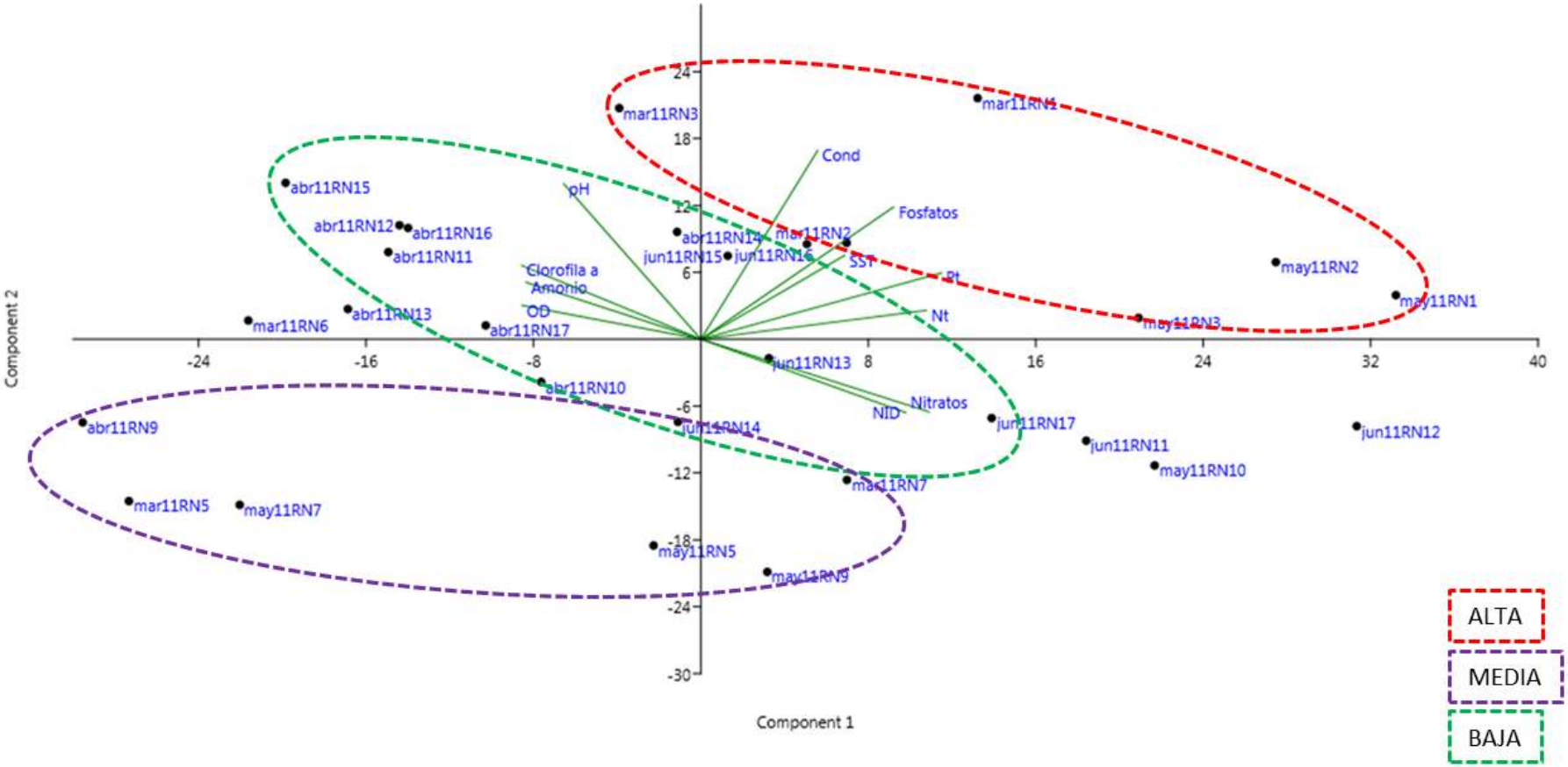


Figura 61. Análisis de componentes principales para los promedios anuales de las variables medidas en la campaña 2011. Las flechas verdes indican el peso de cada variable con respecto al componente 1 y 2.

2012

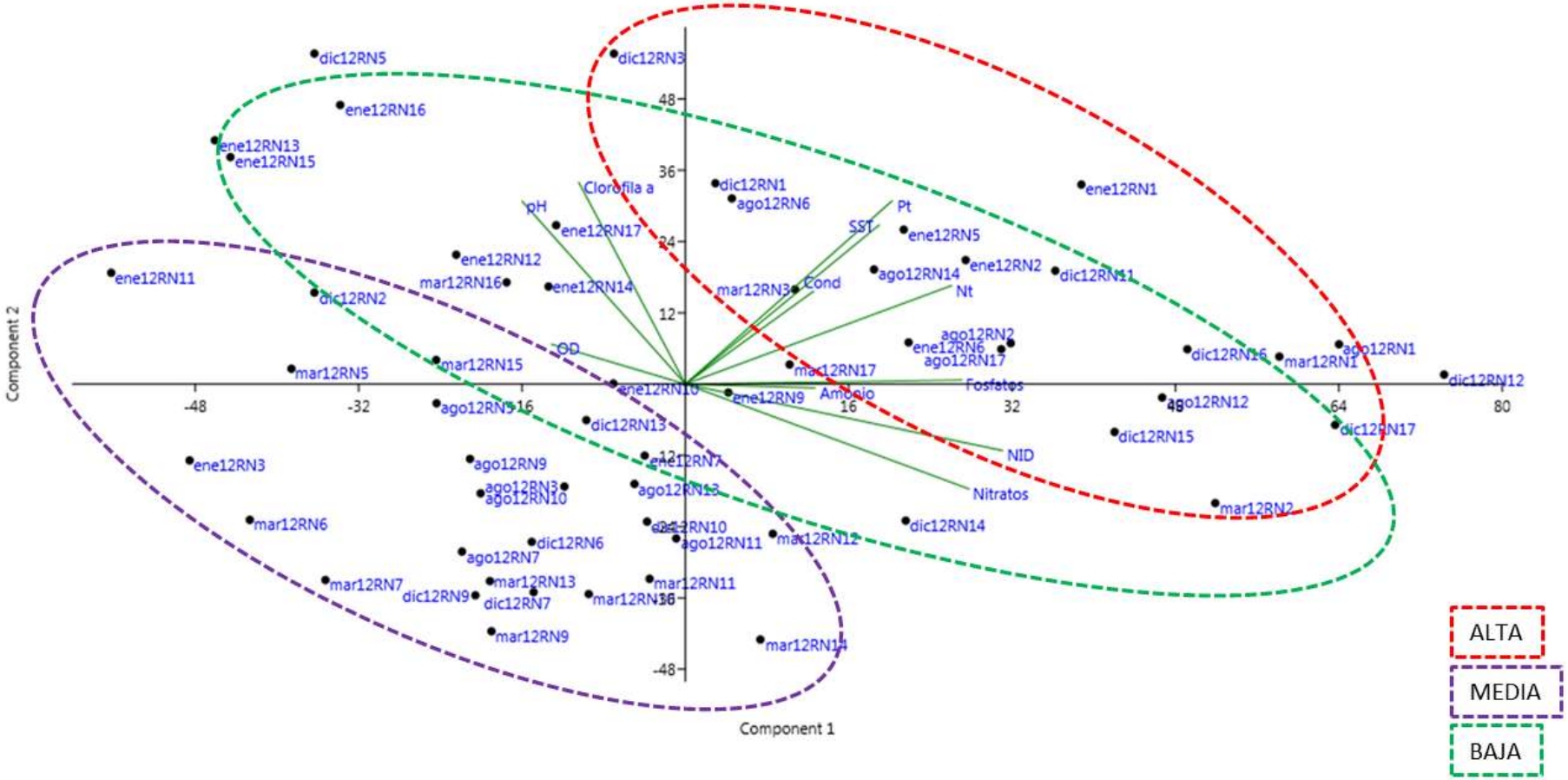


Figura 62. Análisis de componentes principales para los promedios anuales de las variables medidas en la campaña 2012. Las flechas verdes indican el peso de cada variable con respecto al componente 1 y 2.

2013

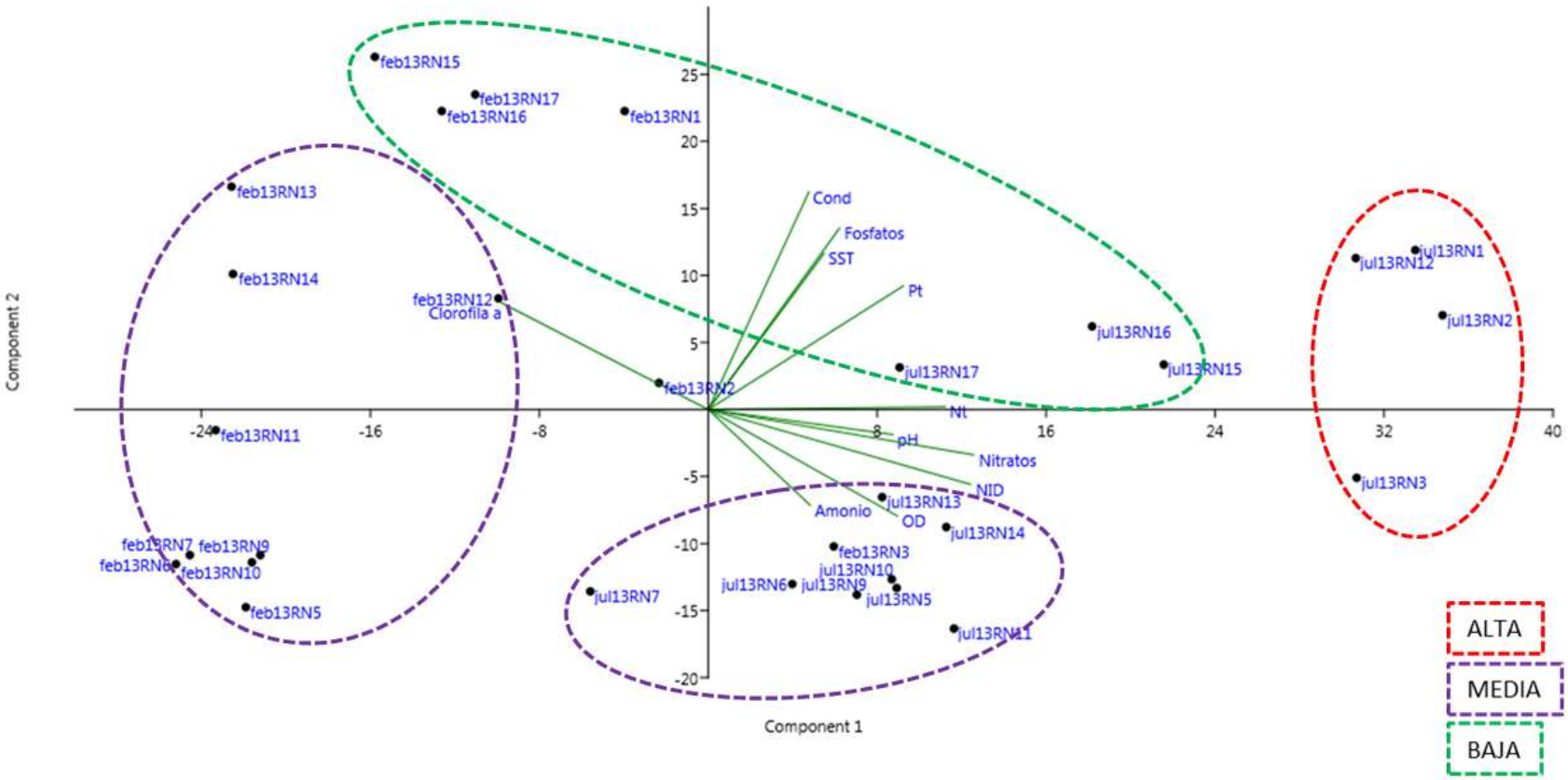


Figura 63. Análisis de componentes principales para los promedios anuales de las variables medidas en la campaña 2013. Las flechas verdes indican el peso de cada variable con respecto al componente 1 y 2.

2014

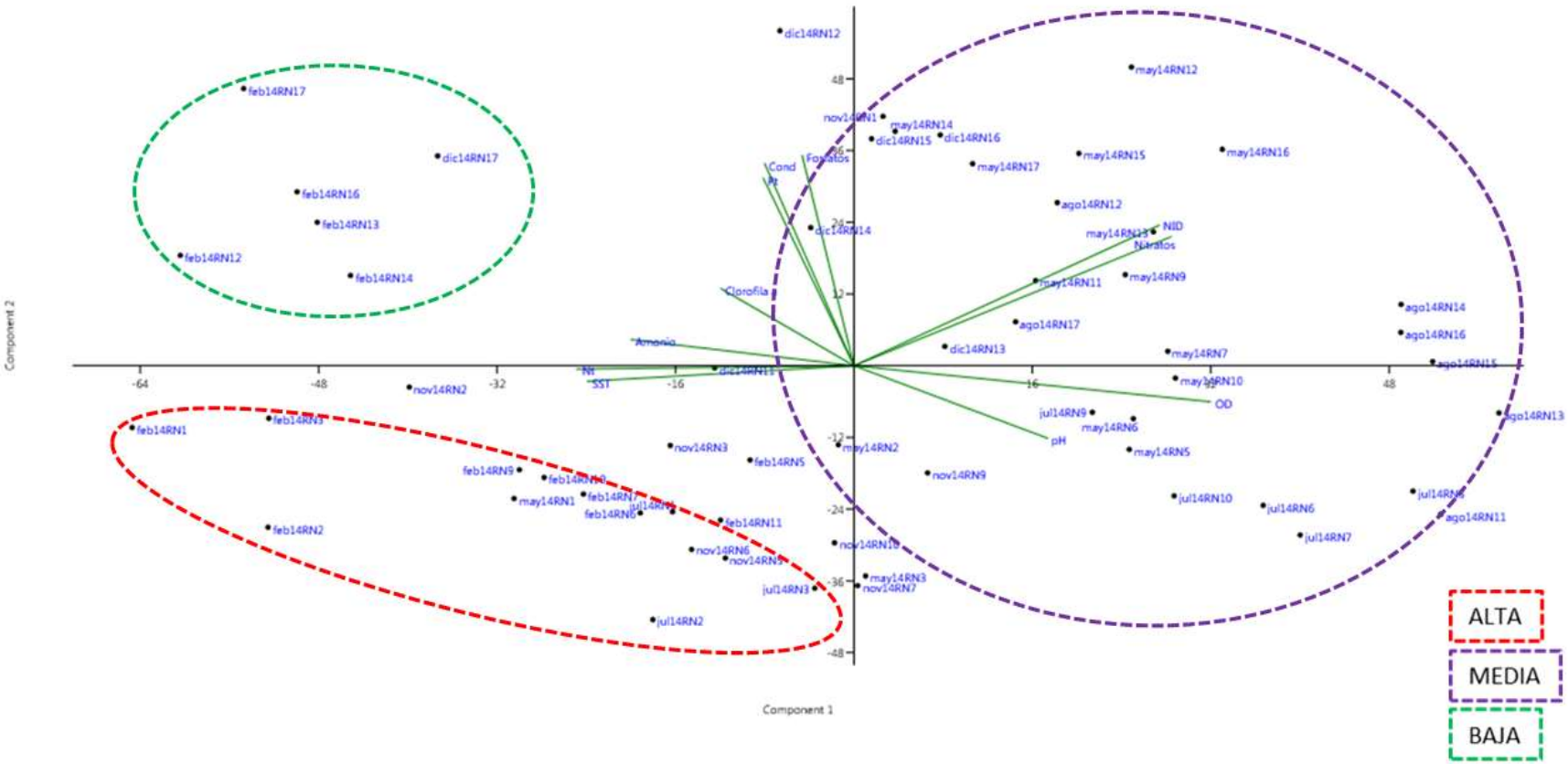


Figura 64. Análisis de componentes principales para los promedios anuales de las variables medidas en la campaña 2014. Las flechas verdes indican el peso de cada variable con respecto al componente 1 y 2.

2015

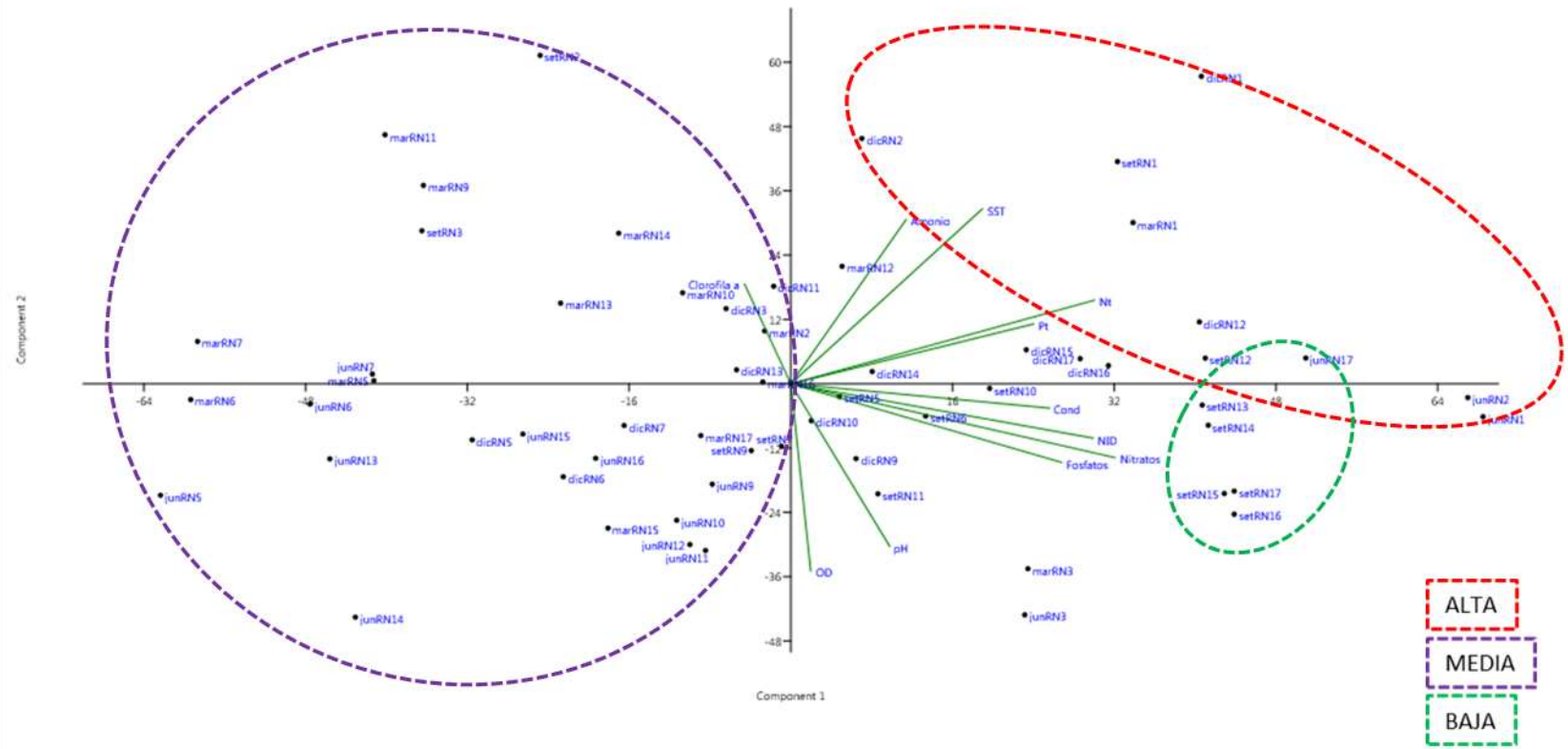


Figura 65. Análisis de componentes principales para los promedios anuales de las variables medidas en la campaña 2015. Las flechas verdes indican el peso de cada variable con respecto al componente 1 y 2.

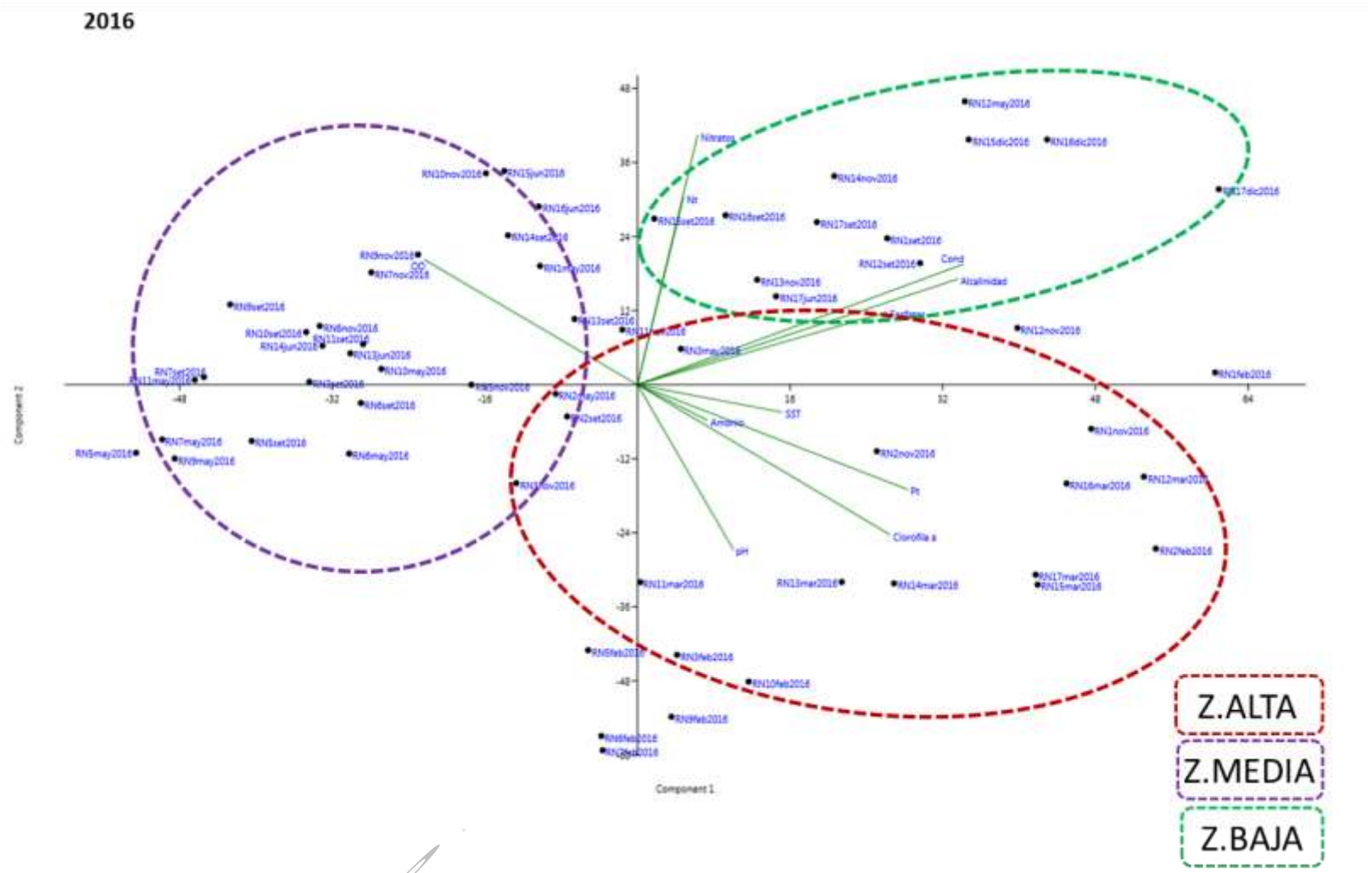


Figura 66. Análisis de componentes principales para los promedios anuales de las variables medidas en la campaña 2016. Las flechas verdes indican el peso de cada variable con respecto al componente 1 y 2

Anexo 4 – Tabla de valores cuantificados de metales pesados, sustancias fenólicas, AOX, pesticidas y TX, en agua y sedimento.

Tabla 36: Metales pesados, sustancias fenólicas, AOX y TX, en sedimento, entre los años 2009-2017.

	Río Negro	% datos mayores a LC	% cumplimiento normativa Canadiense	Observaciones
Período de monitoreo	2009-2017			
Cantidad de estaciones	6			Rincón del Bonete (RN5), Baygorria (RN9), Río Yí/Palmar (RN12), Palmar (RN13), Río Negro sobre Mercedes (RN16- aquí no se analizan nutrientes), desembocadura del Río Negro sobre Villa Soriano (RN17)
Cantidad de muestras	154			Menos Cianuro, fósforo total y nitrógeno Kjeldahl
Sustancias fenólicas rango y mediana (mg/kg)	0,02 a 0,35 (0,04)	23%	No fue encontrada normativa nacional ni internacional que guíe las concentraciones de sustancias fenólicas y haluros orgánicos en sedimentos	Valores cuantificables en las estaciones RN12 (desembocadura del Yí), RN13 (Palmar) y RN5 (Bonete), a partir del 2011
Haluros orgánicos extraíbles (EOX) rango y mediana (µg/g)	15	1%	No fue encontrada normativa nacional ni internacional que guíe las concentraciones de sustancias fenólicas y haluros orgánicos en sedimentos	En las estaciones RN5 (Bonete) y RN12 (desembocadura del Yí) en noviembre 2014
Haluros orgánicos totales (TX) rango y mediana (µg Cl/g)	1,9 a 26,0 (10,5)	98%	No fue encontrada normativa nacional ni internacional que guíe las concentraciones de sustancias fenólicas y haluros orgánicos en sedimentos	Los valores más altos fueron registrados en las estaciones RN12, RN13 y RN16
Arsénico rango y mediana (mg/Kg)	16 a 21 (19)	2%	98%	Valor guía umbral donde los efectos biológicos no son esperables (ISQG= 5,9 mg/kg)
Cadmio rango y mediana (mg/Kg)		0%	100%	

Cromo rango y mediana (mg/Kg)	5 a 81 (22,7)	68%	82%	Valor guía umbral donde los efectos biológicos no son esperables (ISQG de 37,3 mg/kg) | El 18% de los valores están por encima del ISQG, siendo que las concentraciones mayores a 37,7 mg/kg se encontraron principalmente en las estaciones RN5 y RN13
Mercurio rango y mediana (mg/Kg)		0%	100%	
Níquel rango y mediana (mg/Kg)	2,7 a 38 (12)	47%	82,5%	Valor guía de la normativa australiana que propone un umbral de 21 mg/kg (no existe ISQG canadiense para este metal) | El 17,5% de los valores cuantificados estuvieron por encima del valor guía. En las estaciones RN5, RN9 y RN13
Plomo rango y mediana (mg/Kg)	5,9 a 24 (16)	6%	100%	ISQG canadiense (35 mg/kg)
Zinc rango y mediana (mg/Kg)	2 a 100 (33)	92%	100%	ISQG canadiense (123 mg/kg)
Hierro rango y mediana (mg/Kg)	1900 a 87000 (18759)	100%	----	no existe valor guía
Cianuro rango y mediana (µg/g)		0%	100%	111 datos, a partir del 2012
Fósforo total rango y mediana (mg/Kg)	165 a 469 (307,2)	100%	100%	10 datos, 2016/2017 | nivel de efecto menor, el cual indica un nivel de PT que puede ser tolerado por la mayoría de los organismos bentónicos, valores guías propuestos en Canadá (Persaud et al., 1993) (600mg/kg)
Nitrógeno Kjeldahl rango y mediana (mg/Kg)	670 a 3350 (1396)	100%	0% (respecto al efecto menor)	10 datos, 2016/2017| exceden los valores guía propuestos en la normativa canadiense como nivel de efecto menor (550 mg/kg), estando siempre por debajo del valor indicado como nivel de efecto severo (4800 mg/kg) (Persaud et al., 1993) | La estación RN12 ubicada en el río Yí, próxima al embalse del Palmar, presento las concentraciones más altas de NTK con 3350 mg/kg para el 2016 y 2500 mg/kg para el 2017. Mientras que las estaciones RN9 y RN13 se asemejan a la RN12 en cuanto a su concentración de NTK para el 2016, con 2500 mg/kg y 2000 mg/kg, respectivamente

Anexo 5 – Índice de estado trófico para el Río Negro

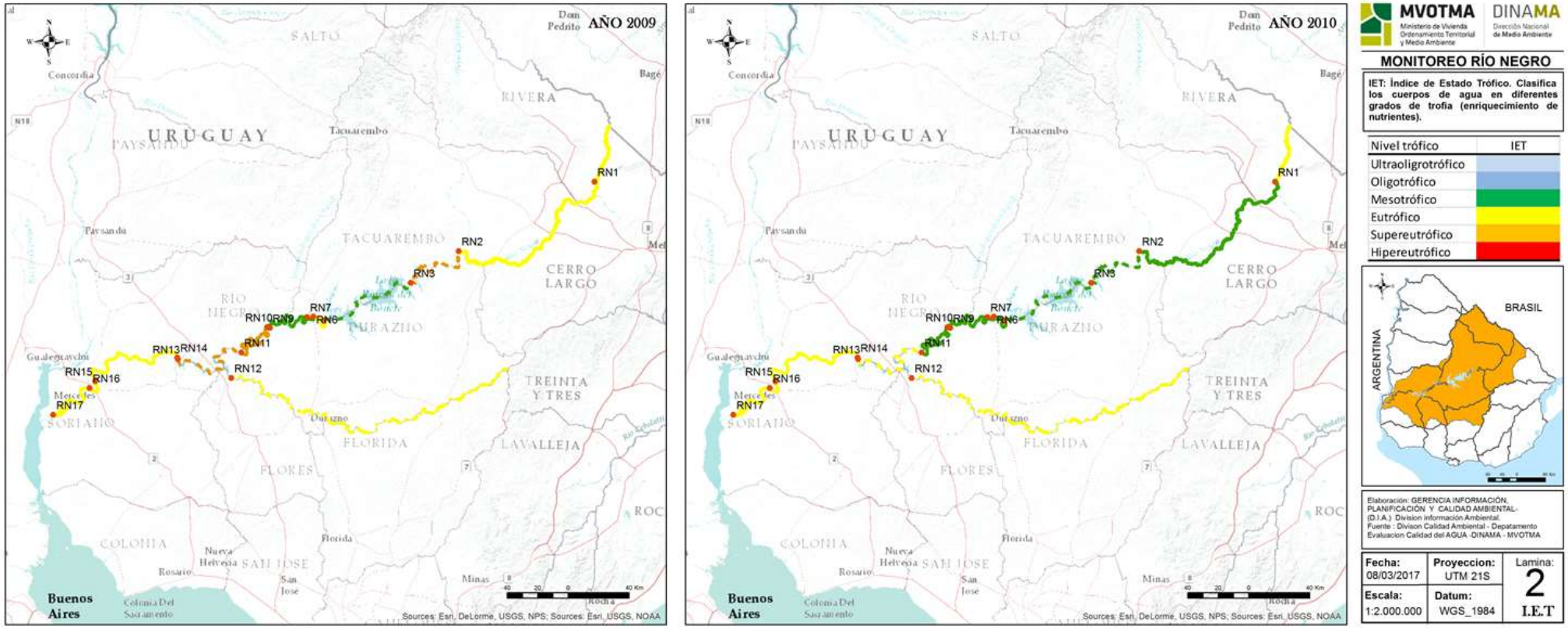


Figura 67. Mapa de calidad de agua del Río Negro según el índice de estado trófico IET para los años 2009-2010.

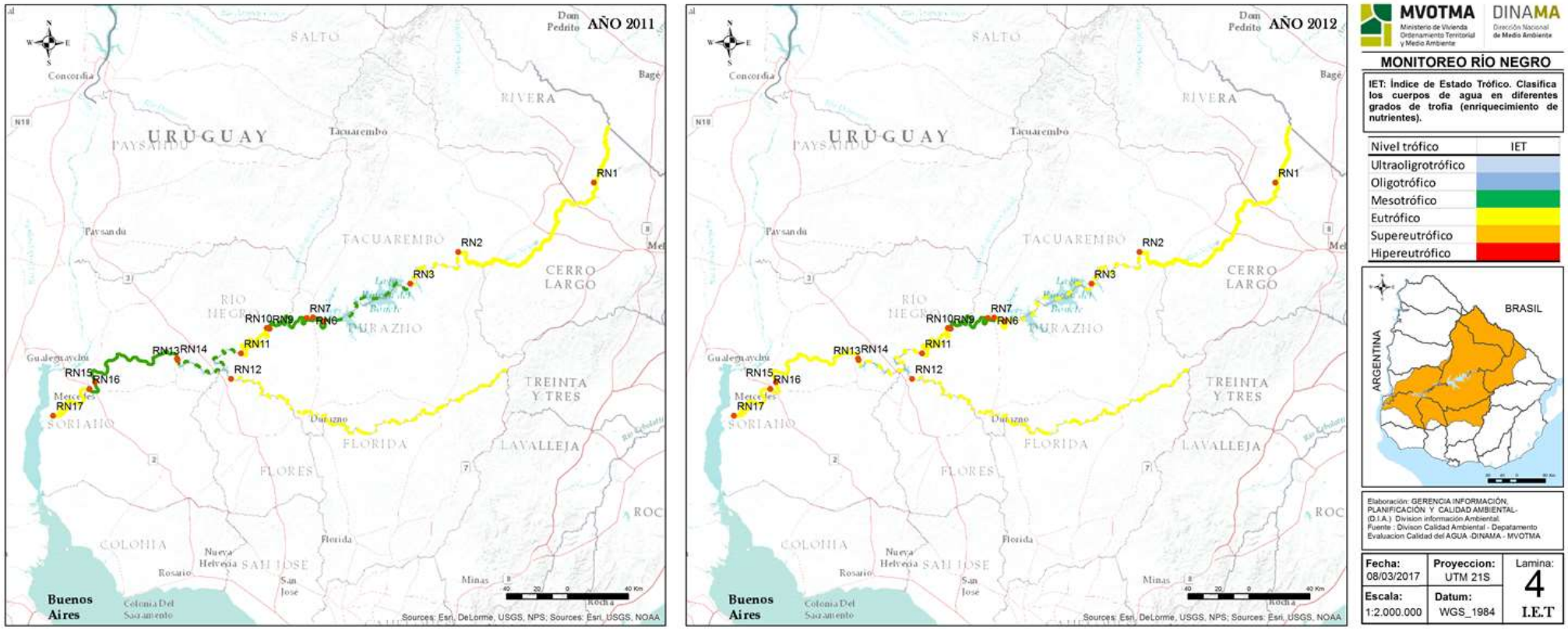


Figura 68: Mapa de calidad de agua del Río Negro según el índice de estado trófico IET para los años 2011-2012.

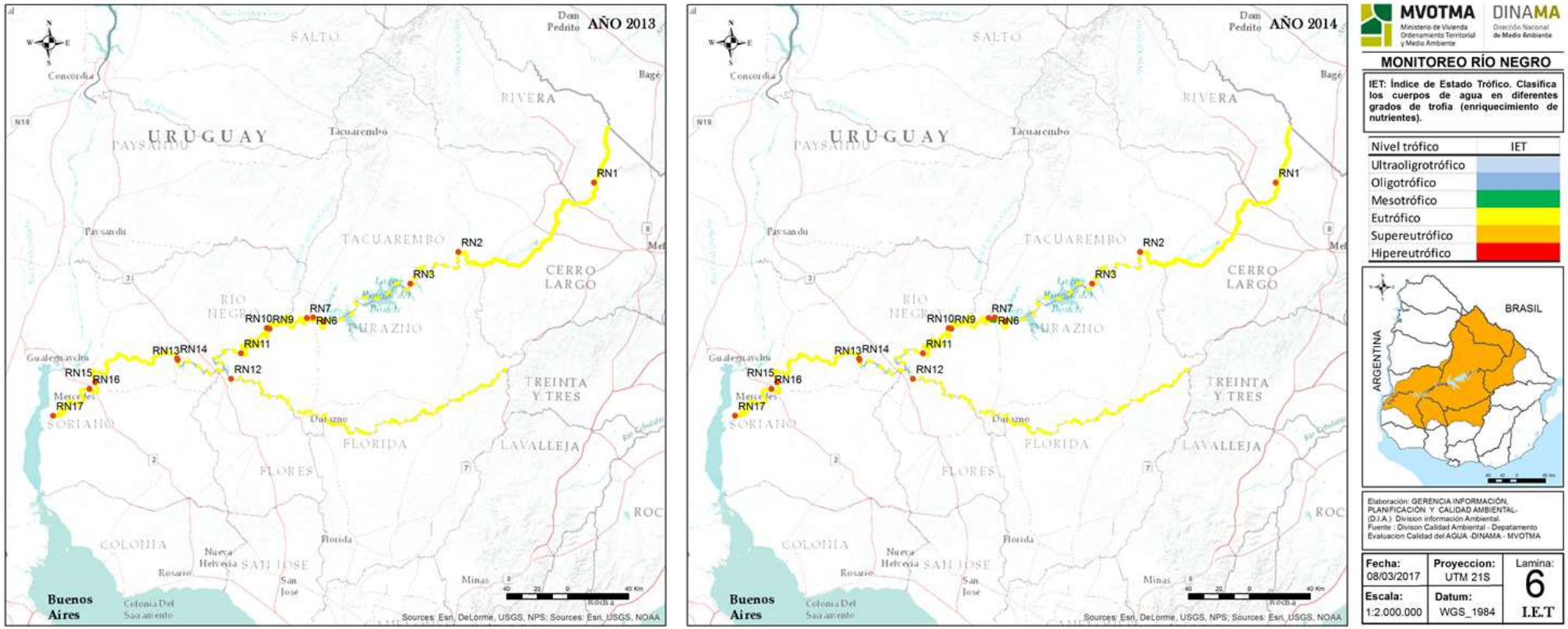


Figura 69: Mapa de calidad de agua del Río Negro según el índice de estado trófico IET para los años 2013-2014.

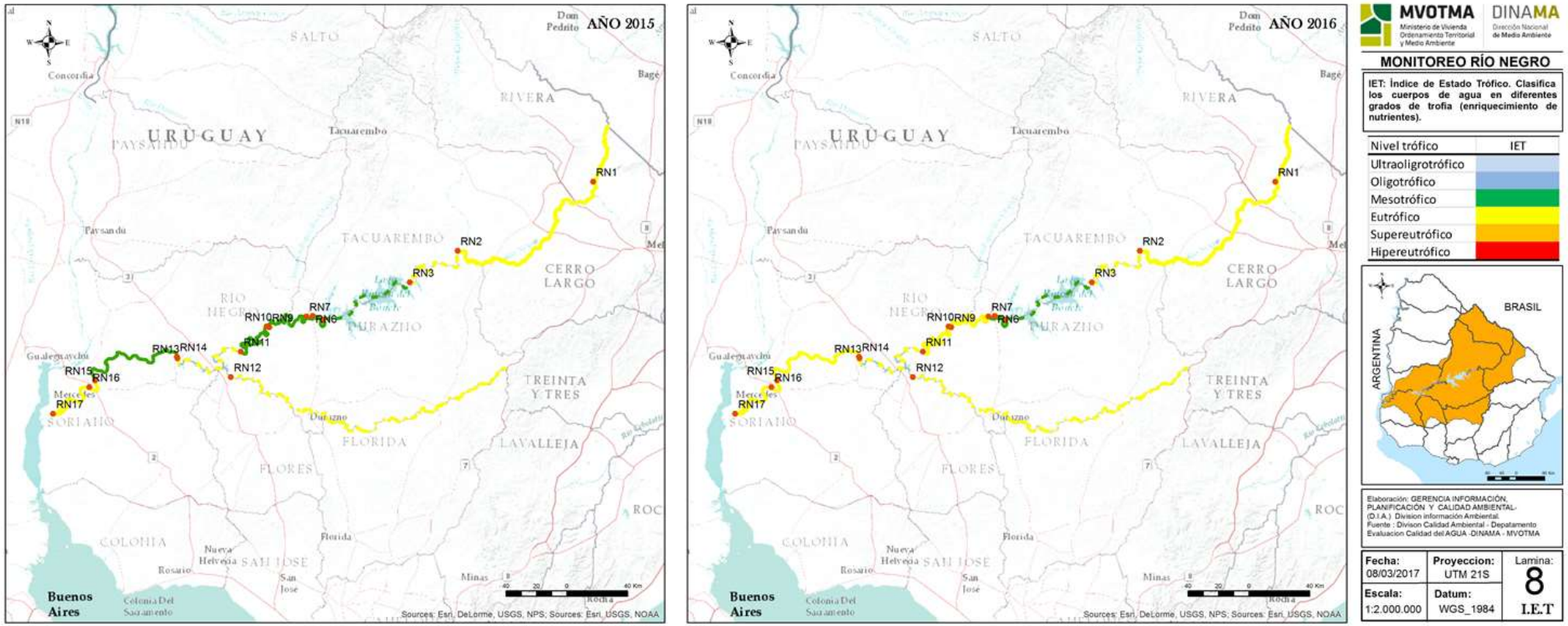


Figura 70: Mapa de calidad de agua del Río Negro según el índice de estado trófico IET para los años 2015-2016.

Anexo 6. Caudales y niveles del Río Negro

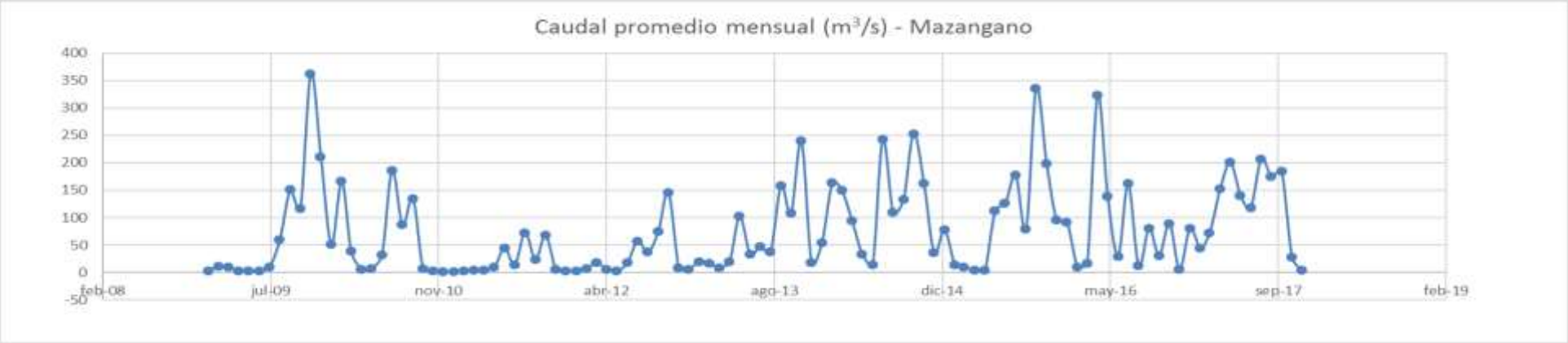


Figura 71: Ejemplo de evolución en el tiempo de caudal (m3/s), estación da aforo Mazangano.

Figura 72: Ejemplo de evolución en el tiempo del nivel en el embalse de Rincón del Bonete.

Tabla 37: Registro de caudales según punto de monitoreo de calidad de agua, para la serie temporal analizada.

Q (m^3/s)					
FECHA	**RN1**	**RN2**	**RN5-RN6-RN7**	**RN10**	**RN14**
may-09	6.0	S/D	250.5	252.9	13.4
sep-09	156.0	448.3	107.9	198.0	563.5
jun-10	10.0	388.6	496.4	409.8	653.4
ago-10	378.0	1288.7	364.7	556.1	538.5
dic-10	1.5	31.2	116.4	207.9	135.7
mar-11	4.0	31.8	7.9	46.9	23.3
may-11	37.0	236.3	3.6	984.5	1127.0
ene-12	3.0	25.3	543.5	416.1	10.3
mar-12	6.0	44.8	486.1	485.3	0.8
ago-12	7.0	54.9	128.1	220.0	3575.9
dic-12	4.0	60.9	659.8	674.9	1287.6
feb-13	10.9	45.7	128.2	21.6	463.2
jul-13	49.0	189.3	320.7	772.5	925.2
feb-14	169.0	889.2	621.5	889.7	3010.8
may-14	17.1	143.8	867.6	920.1	615.6
jul-14	442.0	1318.2	1743.4	1876.7	1095.5
nov-14	13.0	72.9	873.6	876.6	3025.8
mar-15	7.2	77.8	663.9	761.5	716.8
jun-15	4.0	50.0	60.0	45.8	444.1
sep-15	176.7	514.2	1090.4	775.6	1025.2
dic-15	18.0	195.0	94.6	112.9	432.2
feb-16	10.7	73.7	492.6	490.1	922.0
may-16	164.0	548.2	1390.6	1459.3	1257.2
sep-16	112.2	401.3	2933.7	2169.6	764.5
nov-16	6.0	52.6	171.2	1944.7	628.6
jul-17	204.6	781.7	1086.7	1326.3	1902.1

Anexo 7. Correlaciones

Tabla 38: Correlaciones lineares de Pearson entre los parámetros fisicoquímcos y biológicos y las cargas de los distintos usos del suelo en toda la cuenca.

	Arroz-carga	Cultivos-carga	Forestación-carga	Monte Nativo-carga	Campo Natural-carga	Conductividad	Oxígeno Disuelto	pH	Coliformes fecales	Nitratos	Amonio	NID	Nitrógeno total	Fosfatos	Fósforo total	Sólidos Suspendidos Totales	Clorofila a
Arroz-carga		0,189	0,224	0,298	0,257	0,121	0,032	0,046	0,079	0,976	0,710	0,617	0,009	0,259	0,306	0,092	0,269
Cultivos-carga	-0,359		0,751	0,270	0,110	0,024	0,048	0,044	0,444	0,043	0,321	0,506	0,340	0,007	0,046	0,806	0,120
Forestación-carga	0,334	0,090		0,002	0,468	0,014	0,010	0,009	0,665	0,549	0,180	0,862	0,020	0,056	0,009	0,086	0,624
Monte Nativo-carga	0,866	-0,305	0,726		0,494	0,007	0,001	0,002	0,223	0,485	0,811	0,993	0,001	0,035	0,023	0,921	0,549
Campo Natural-carga	0,312	-0,886	-0,203	0,192		0,174	0,254	0,271	0,186	0,027	0,163	0,923	0,106	0,112	0,263	0,923	0,041
Conductividad	-0,418	0,577	-0,617	-0,665	-0,371		0,000	0,003	0,486	0,224	0,224	0,392	0,090	0,010	0,000	0,180	0,449
Oxígeno Disuelto	-0,554	0,517	-0,640	-0,759	-0,314	0,895		0,000	0,794	0,070	0,961	0,793	0,063	0,000	0,179	0,404	0,360
pH	-0,521	0,525	-0,649	-0,743	-0,304	0,936	0,992		0,949	0,107	0,693	0,621	0,084	0,146	0,013	0,341	0,476
Coliformes fecales	0,468	0,214	0,122	0,334	-0,361	0,195	-0,074	-0,018		0,300	0,433	0,666	0,919	0,499	0,468	0,027	0,900
Nitratos	-0,008	0,529	-0,168	-0,196	-0,569	0,334	0,480	0,433	0,287		0,013	0,930	0,136	0,144	0,177	0,105	0,187
Amonio	-0,105	0,275	0,366	0,068	-0,380	-0,334	-0,014	-0,111	-0,219	0,624		0,368	0,794	0,416	0,230	0,329	0,172
NID	-0,141	-0,186	0,049	0,003	0,027	-0,239	-0,074	-0,139	-0,121	0,025	0,251		0,757	0,053	0,177	0,679	0,066
Nitrógeno total	0,646	-0,265	0,591	0,782	0,434	-0,453	-0,490	-0,461	-0,029	-0,403	-0,074	-0,087		0,219	0,152	0,454	0,294
Fosfatos	-0,311	0,661	-0,504	-0,547	-0,427	0,923	0,835	0,881	0,190	0,396	-0,227	-0,509	-0,337		0,000	0,259	0,947
Fósforo total	-0,283	0,522	-0,645	-0,583	-0,309	0,963	0,877	0,919	0,203	0,368	-0,330	-0,368	-0,389	0,958		0,075	0,815
Sólidos Suspendidos Totales	0,450	-0,069	-0,459	0,028	0,027	0,366	0,233	0,264	0,569	0,435	-0,271	-0,117	-0,209	0,311	0,473		0,823
Clorofila a	-0,305	0,419	0,138	-0,168	-0,532	0,211	0,254	0,199	0,036	0,360	0,372	0,486	-0,290	0,019	0,066	-0,063	