Monitoreo de las Aguas en Cursos Superficiales y sus Tributarios

Arroyo Ludueña

Agosto 2025

Secretaría de Ambiente y Espacio Público
Dirección General de Acción Climática y Calidad Ambiental
Dirección de Fiscalización Ambiental
Contacto: cambiental@rosario.gob.ar

Municipalidad de Rosario

Autoras

Cascé, Mariela
Kovalevski, Laura
Krimer, Lucila

Revisión

Di Nucci, Silvina

AUTORIDADES SECRETARÍA DE AMBIENTE Y ESPACIO PÚBLICO

Secretario de Ambiente y Espacio Público

CP. Luciano Marelli

Subsecretaria de Cambio Climático y Transición Ecológica Justa

Dra. Maria del Pilar Bueno

Directora General de Acción Climática y Calidad Ambiental

Lic. Andrea Paoloni

Subdirector General de Acción Climática y Calidad Ambiental

Arq. Fernando Bertoni

Directora de Fiscalización Ambiental

Ing. Silvina Di Nucci

Jefa del Departamento de Asistencia Técnica

Ing. Mariela Cascé

Índice

Introducción 4
1. Cuenca Arroyo Ludueña 4
2. Alcance y Metodología 6
3. Muestreo sobre Arroyo Ludueña y sus Tributarios 7
4. Evidencias en Campo 13
5. Análisis de los Resultados 16
6. Análisis de resultados del arroyo 18
pH 18
Análisis por Sitio de Muestreo 18
Análisis por Zona 21
Temperatura 26
Análisis por Sitio de Muestreo 26
Análisis por Zona 28
Sustancias Solubles en Éter Etílico 33
Análisis por Sitio de Muestreo 33
Análisis por Zona 36
Sólidos en Suspensión 39
Análisis por Sitio de Muestreo 39
Análisis por Zona 43
Demanda Biológica de Oxígeno (DBO) 46
Análisis por Sitio de Muestreo 46
Análisis por Zona 48
Demanda Química de Oxígeno (DQO) 52
Análisis por Sitio de Muestreo 53
Análisis por Zona 55
Oxígeno Disuelto (OD) 59
Análisis por Sitio de Muestreo 60
Análisis por Zona 63
Conductividad Eléctrica (CE) 66
Análisis por Sitio de Muestreo 67
Análisis por Zona 70
Turbidez 73
Análisis por Sitio de Muestreo 74
Análisis por Zona 75
Coliformes Totales y Fecales (CT y CF) 79
Análisis por Sitio de Muestreo 80
7. Evolución Espacio - Temporal de los Parámetros por Zona 83
8. Análisis de resultados en Aliviadores 85
9. Análisis de los resultados del Canal Ibarlucea y Salvat 86

10. Consideraciones Finales 87
Bibliografía 90
Anexos 94
Anexo I: Fotografías de Puntos de Muestreo en el Arroyo, su infraestructura asociada y tributarios 94
Anexo II: 104
A. Parámetros Analizados en cada Punto de Muestreo del Arroyo 104
B. Parámetros Analizados en cada Punto de Muestreo de Aliviadores 111
C. Parámetros Analizados en cada Punto de Muestreo de los Tributarios 111
Anexo III: Límites establecidos por Resolución 283/2019 113
Anexo IV: Medidas de Tendencia Central, de Posición y de Dispersión 116
Cuadro 13. pH por Punto 116
Cuadro 14. Temperatura por punto 117
Cuadro 15. SSEE por punto 118
Cuadro 16. SST por punto 119
Cuadro 17. DBO por punto 120
Cuadro 18. DQO por punto 121
Cuadro 19. OD por punto 122
Cuadro 20. CE por punto 123
Cuadro 21. Turbidez por punto 124

Rosario, agosto de 2025.

Introducción

En este informe se presentan los principales resultados obtenidos de muestras recolectadas a lo largo del recorrido del arroyo Ludueña en la ciudad de Rosario, su infraestructura asociada y sus tributarios con el objetivo de evaluar su estado ambiental y elaborar series históricas que permitan un seguimiento comparativo de las variables analizadas a lo largo del tiempo.

Los puntos de muestreo fueron seleccionados conforme a necesidades específicas de información, buscando proporcionar una imagen representativa del estado del curso hídrico, considerando fenómenos y procesos meteorológicos, climáticos, hidráulicos, fisicoquímicos, naturales o antrópicos.

La Municipalidad de Rosario ha mantenido un programa de mediciones continuas. Las muestras analizadas corresponden al período comprendido entre octubre de 2022 y mayo de 2025. Cabe destacar que las campañas de toma de muestras se realizan de forma puntual y manual, con frecuencia mensual (exceptuando los meses de enero), en el marco del Convenio suscripto con la Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura (FCEIA) de la Universidad Nacional de Rosario (UNR), conforme al Decreto N° 1224.

1. Cuenca Arroyo Ludueña

La cuenca del arroyo Ludueña se localiza en el sur de la provincia de Santa Fe, Argentina y abarca aproximadamente 80000 hectáreas, atravesando parcialmente 15 localidades de los departamentos Rosario y San Lorenzo. Se trata de una de las principales cuencas hidrográficas con cuerpo de agua lótico (de aguas corrientes) de la ecorregión pampeana que fluye en dirección oeste–este hasta desembocar en el río Paraná y presenta humedales asociados (Biasatti et al., 2016, p. 16).

Este sistema ha experimentado múltiples intervenciones antrópicas, entre ellas terraplenes viales y ferroviarios, alcantarillas, puentes y una presa de retención de crecidas, que se extienden principalmente al sur de la Ruta Nacional 9 (RN 9). Al norte de esta ruta, se desarrolla el sistema conformado por los canales Ibarlucea (principal tributario del arroyo) y Salvat. El arroyo Ludueña y el canal Ibarlucea atraviesan el Bosque de los Constituyentes, que funciona como zona de amortiguación de crecidas y conserva aún sectores con condiciones naturales en sus márgenes (Municipalidad de Rosario - Plan Local de Acción Climática Rosario 2030 [PLAC Rosario], 2020, p.20).

El canal Ibarlucea tiene un área de aporte de 163 km^2 que comprende zonas urbanas y rurales de Ibarlucea, Ricardone, Granadero Baigorria y Capitán Bermúdez. En sus márgenes se ubica el Barrio Nuevo Alberdi (Rosario) a aproximadamente 1000 m aguas arriba de su desembocadura en el arroyo Ludueña, consolidándose como su principal tributario[1] ((Ministerio de Asuntos Hídricos de Santa Fe [MAH], s.f.). El canal Salvat, en tanto, nace en el área urbana de Funes y se extiende 2214 m (Ministerio de Infraestructura y Transporte de Santa Fe, [MIyT], 2016) donde atraviesa la RP S 34 e ingresa a la ciudad de Rosario (al norte del Aeropuerto Internacional Malvinas Argentinas) para finalizar en el canal Ibarlucea. Ambos canales constituyen vías clave de

[1] Se entiende por tributario o afluente a un curso de agua que desemboca en otro que suele ser más importante.

aporte potencial de contaminantes al arroyo Ludueña. En este marco, desde abril de 2024 se incorporaron tres nuevos puntos de muestreo al programa de monitoreo periódico, con el fin de evaluar su influencia en la calidad del agua.

Aguas abajo de la Av. de Circunvalación, el arroyo Ludueña atraviesa sectores densamente urbanizados de la ciudad de Rosario hasta su desembocadura en el río Paraná (PLAC Rosario, 2020, p. 20). En un segmento de aproximadamente 1500 metros, el cauce se encuentra entubado (Ministerio de Aguas, Servicios Públicos y Medio Ambiente de Santa Fe, [MASPyMA], 2013). Este entubamiento comienza en el barrio Empalme Graneros, en la intersección de las calles Labardén y Olivé, y se prolonga por Juan B. Justo hasta Portugal, finalizando en la Av. de los Trabajadores y Salvador Allende.

Con el objetivo de mitigar el riesgo de inundaciones, a lo largo del tiempo se ejecutaron diversas obras hidráulicas de derivación y descarga, conocidas como aliviadores. El primero, el Aliviador I, fue proyectado en la década de 1940 tras lluvias extraordinarias que afectaron áreas pobladas. Está conformado por dos conductos circulares de 3,80 m de diámetro, con una sección neta de escurrimiento de 22,7 m^2 y capacidad para evacuar hasta 100 m^3/s (Stenta et al., 2010, p. 898). En la década de 1960, se sumó el conducto Olivé, de 4,10 m de diámetro, conectado al inicio del entubamiento. Esta ampliación incrementó la sección a 35,8 m^2 y la capacidad de evacuación a 150 m^3/s. El conducto recorre la calle Olivé hasta su unión con el entubamiento principal, donde también confluye el Aliviador II. Este último, construido en la década de 1980 tras una inundación severa en Empalme Graneros que anegó viviendas con hasta 2 m de agua, está compuesto por dos conductos rectangulares de 4,30 m de ancho por 5,05 m de alto y la rehabilitación de los conductos circulares originales, cuyo diámetro se redujo a 3,30 m. Gracias a estas mejoras, la sección total se elevó a 73,7 m^2 y la capacidad de evacuación a 285 m^3/s, duplicando la disponible en la década anterior (Stenta et al., 2010, p. 898).

Estas obras se complementan con una represa de retención de crecidas, situada en el suroeste de la cuenca, con un área de aporte de 390 km^2, destinada a regular el escurrimiento superficial ante precipitaciones intensas.

En 2012 se inició la construcción del Aliviador III, con el objetivo de controlar crecidas y mitigar inundaciones en barrios del norte rosarino, principalmente en Empalme Graneros, históricamente uno de los más afectados. Este conducto se extiende por Avenida Sorrento hasta su desembocadura en el río Paraná (MASPyMA, 2013).

El acelerado crecimiento urbano e industrial ha transformado al arroyo Ludueña en un receptor significativo de residuos. Las principales fuentes de contaminación incluyen descargas ilegales de líquidos pluvio-cloacales, efluentes industriales sin tratamiento y residuos sólidos arrojados en el cauce o sus márgenes. A ello se suman canalizaciones clandestinas, disminución de la capacidad de infiltración de los suelos y el aumento de precipitaciones (PLAC Rosario, 2020, p. 20).

En Rosario existen más de 30 emisarios pluviales, aunque los más relevantes son los emisarios 9, 10 y 1. De estos últimos, el único que descarga en el arroyo Ludueña es el Emisario 10, a la altura de la calle Lavardén. Fue diseñado para la evacuación de pluviales y aguas servidas, aunque en diversas oportunidades se han detectado también descargas cloacales. Estos conductos fueron proyectados en el marco de un plan integral de la década de 1960, destinado a reducir el riesgo hídrico frente a lluvias intensas (PLAC, 2020, p. 23).

La ciudad conserva asimismo un sistema de desagües pluviales a cielo abierto (zanjas), que totaliza 1.261.400 m lineales. Aunque cumplen la función de canalizar y evacuar agua de lluvia, en muchos casos también reciben aguas grises, generadas por el uso doméstico, el lavado de utensilios y de ropa así como el baño. La planificación urbana prevé su reemplazo progresivo por infraestructura pluvial más adecuada (PLAC, 2020, p. 140).

Cabe señalar que, al instalarse los sistemas de recolección de aguas servidas, se adoptaron cañerías unificadas para transportar tanto escorrentía pluvial como aguas residuales domésticas[2], comerciales e industriales. Estos sistemas combinados presentan inconvenientes, entre ellos la dificultad en el tratamiento de efluentes y la necesidad de sifonamientos para mitigar olores (PLAC, 2020, p. 140).

Dada la existencia de conexiones formales e informales de industrias, comercios, servicios y viviendas a los emisarios, se reconoce la importancia de identificar cuáles descargan en el arroyo Ludueña y evaluar la calidad de sus efluentes. Con este propósito, desde marzo de 2023 se inició la identificación de sus recorridos y se incorporaron a la toma de muestras y análisis en el marco de un convenio con la Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura (FCEIA) de la Universidad Nacional de Rosario (UNR). Los resultados obtenidos en estos emisarios se presentan y discuten en un informe específico elaborado de manera complementaria.

En este contexto, y considerando la creciente preocupación por el impacto de las poblaciones sobre los sistemas ecológicos que pone de manifiesto la estrecha relación entre los niveles de contaminación ambiental y sus efectos sobre la salud de la población expuesta (Bofill-Mas et al., 2005), se torna indispensable disponer de información técnica confiable que permita evaluar el estado ambiental del arroyo y su vínculo con variables físicas, químicas, ecológicas y socioculturales. Con este objetivo, se llevó a cabo un monitoreo integral del arroyo Ludueña, con especial foco en su tramo urbano y en las principales fuentes de presión antrópica.

2. Alcance y Metodología

Durante el período analizado, se realizaron campañas de muestreo con frecuencia mensual, excepto en enero. Los muestreos fueron puntuales y manuales, o mediante bomba sumergible de 12V con un caudal máximo de 12 litros por minuto, según las condiciones del sitio.

Las muestras recolectadas fueron envasadas, rotuladas e ingresadas al laboratorio del Centro de Ingeniería Sanitaria (CIS) de la Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura de la Universidad Nacional de Rosario (FCEIA-UNR), donde se efectuaron los análisis correspondientes conforme a los métodos establecidos en el manual *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 22ª Ed., 2012 (AWWA)* y protocolos propios del CIS. Finalizado el proceso analítico, los resultados fueron informados a la Dirección de Fiscalización Ambiental (DFA) de la Secretaría de Ambiente y Espacio Público (SAyEP) de la Municipalidad de Rosario.

En cada campaña se tomaron hasta nueve muestras por mes, distribuidas de acuerdo con lo establecido en el marco del convenio entre la FCEIA y la Municipalidad. De ellas, tres

[2] También conocidas como aguas negras domésticas o residuales de áreas residenciales que junto a los líquidos provenientes de comercios e industrias, se suelen denominar aguas residuales urbanas o municipales (Henry y Heinke, 1999). Las aguas negras domésticas o residuales domésticas son una mezcla compleja de aproximadamente el 99,9% de agua con contaminantes orgánicos e inorgánicos, tanto en suspensión como disueltos. Estas aguas negras incluyen excretas eliminadas por la población (heces y orina), residuos provenientes de actividades culinarias, residuos de lavado de ropa y drenaje de pisos. Información adicional de elaboración propia.

corresponden al curso superficial del arroyo, y las restantes se destinaron al análisis de aliviadores, entubamientos, tributarios y emisarios. Durante el período comprendido entre octubre de 2022 y mayo de 2025 se tomaron un total de 99 muestras en el curso de agua (parte superficial y entubado), 12 en aliviadores, 3 en la descarga del canal Salvat y 8 en el canal Ibarlucea.

Además de la recolección de muestras, se realizó un relevamiento de campo en cada sitio, con observaciones cualitativas, tales como presencia de residuos, organismos vivos, cobertura vegetal sobre el cuerpo de agua y condiciones generales del entorno, acompañadas por registros fotográficos.

En cuanto a los análisis de laboratorio, se evaluaron 11 parámetros fisicoquímicos: pH, temperatura, sólidos solubles en éter etílico (SSEE), sólidos suspendidos totales (SST), demanda biológica de oxígeno (DBO), demanda química de oxígeno (DQO), turbidez (TUR), conductividad eléctrica (CE), oxígeno disuelto (OD), sólidos sedimentables (SS) en 10 minutos y en 2 horas. Adicionalmente, en algunas muestras se incorporaron determinaciones bacteriológicas de coliformes totales (CT) y coliformes fecales (CF).

3. Muestreo sobre Arroyo Ludueña y sus Tributarios

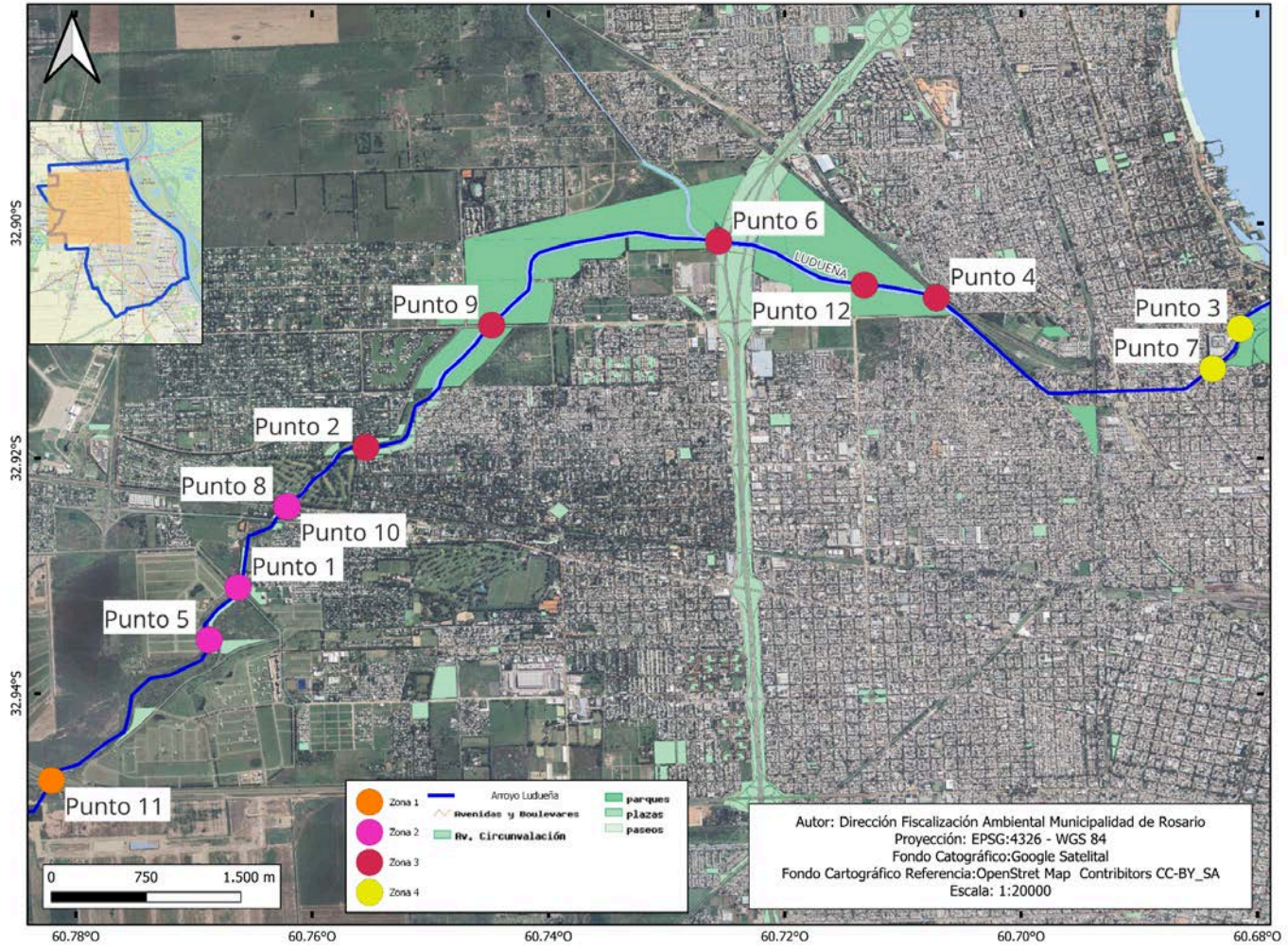
En el marco del monitoreo ambiental de la cuenca del arroyo Ludueña, se realizaron muestreos sistemáticos a lo largo de distintos tramos del curso superficial y de su infraestructura asociada, como el tramo entubado y los aliviadores. El objetivo principal fue evaluar el estado ambiental del arroyo tanto en condiciones naturales como en sus secciones confinadas, e identificar posibles fuentes de impacto en distintos puntos del recorrido, con especial atención a lo que ocurre en los puntos próximos a su desembocadura.

Para facilitar el análisis espacial, el curso del arroyo fue dividido en cuatro zonas (Zona 1, Zona 2, Zona 3 y Zona 4), en las cuales se distribuyeron los puntos de muestreo seleccionados según criterios técnicos y características locales. El Mapa 1 presenta la ubicación general de los puntos sobre el cauce principal, y detalla su distribución por zonas. El Mapa 2, por su parte, incorpora los tramos entubados y los aliviadores, señalando los puntos de toma de muestra realizados en estas estructuras hidráulicas que complementan el escurrimiento del arroyo en sectores urbanos. Las muestras obtenidas en estos conductos permitieron evaluar el estado del agua en condiciones de encierro y escasa oxigenación, así como detectar potenciales focos de contaminación que influyen aguas abajo.

El Aliviador III, se visitó durante las campañas de monitoreo, pero no fue posible efectuar tomas de muestra. En el inicio no se observó rebalse hacia el conducto debido al bajo nivel del arroyo y en la descarga no se logró acceder.

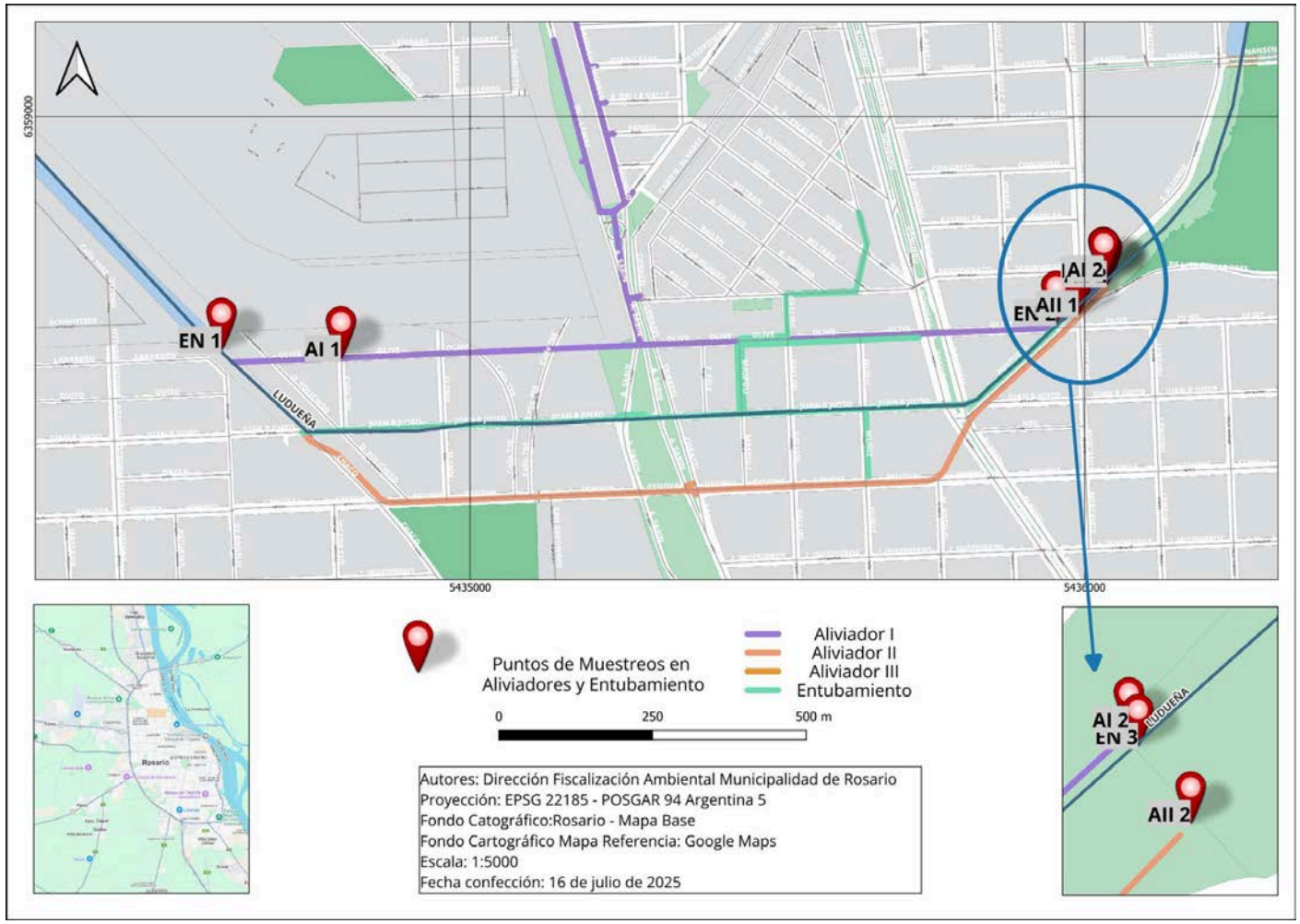
En cuanto a los canales tributarios, los puntos de muestreo se presentan en el Mapa 3.

Mapa 1. Puntos de Muestreo por zona del arroyo



Fuente: DFA.

Mapa 2. Puntos de Muestreo sobre Entubamiento y Aliviadores del Arroyo Ludueña



Fuente: DFA.

En el Cuadro 1 y 2 se indican las direcciones de los puntos mencionados en los mapas anteriores y en Anexo I se presentan fotografías de cada uno de los sitios de muestreo.

Cuadro 1. Referencia de cada Punto de Muestreo sobre el Arroyo y su infraestructura hídrica

Punto de Muestreo	Ubicación del Punto	Observaciones	Muestras tomadas en el período analizado
1	Intersección Ing. Miglierini y arroyo Ludueña	La muestra se toma en el centro del cauce desde el puente sobre arroyo Ludueña ubicado en Ing. Miglierini.	13
2	Intersección Alvarez Condarco y arroyo Ludueña	La muestra se toma en el centro del cauce desde el puente sobre el arroyo Ludueña ubicado en Alvarez Condarco 946 bis.	10
3	Intersección Nansen y arroyo Ludueña	La muestra se toma en el centro del cauce desde el puente sobre el arroyo Ludueña ubicado en Nansen 164.	7
3 bis	Intersección Nansen y arroyo Ludueña	La muestra se toma en el centro del cauce desde el puente sobre el arroyo Ludueña ubicado en Nansen 163 enfrente del Punto 3.	1[3]
4	Intersección Puente Negro y arroyo Ludueña	La muestra se toma en el centro del cauce desde el puente sobre el arroyo Ludueña ubicado sobre Puente Negro 6135. A unos pocos metros de aquí comienza el entubamiento del arroyo.	5
5[4]	Ribera del arroyo entre Jacobacci y Miglierini	La muestra se toma sobre la margen derecha del arroyo Ludueña a la altura de la desembocadura de estación de bombeo de Aguas Santafesinas, previo al Punto 1 Miglierini	2
6	Intersección José María Rosa y arroyo Ludueña	La muestra se toma en el centro del cauce desde el puente sobre el arroyo Ludueña, ubicado sobre Jose Maria Rosa 2003 bis. Metros arriba de este punto el arroyo recibe el aporte del canal Salvat e Ibarlucea	8
7	De los Trabajadores y Allende	La muestra se toma en el centro del cauce desde la vereda ubicada sobre Av. de Los Trabajadores 1482. En este punto el arroyo deja de estar entubado y por ello se observan los conductos del Entubamiento, y los Aliviadores I y II.	17
8	Intersección Azcuénaga y arroyo Ludueña	La muestra se toma en el centro del cauce desde el puente sobre el arroyo Ludueña, ubicado en Azcuénaga 9194.	10

[3] Esta muestra se tomó debido a la discrepancia ocular que se observaba aguas arriba y aguas abajo del puente de calle Nansen que cruza el arroyo. Para ampliar ir a sitio oficial del Municipio de Rosario, en el apartado *"Registros de Campo - Arroyo Ludueña"* del portal de Rosario daros: https://datos.rosario.gob.ar/territorio/ambiente/calidad-ambiental/agua/cuerpos-de-aguas-superficiales/arroyo-luduena.

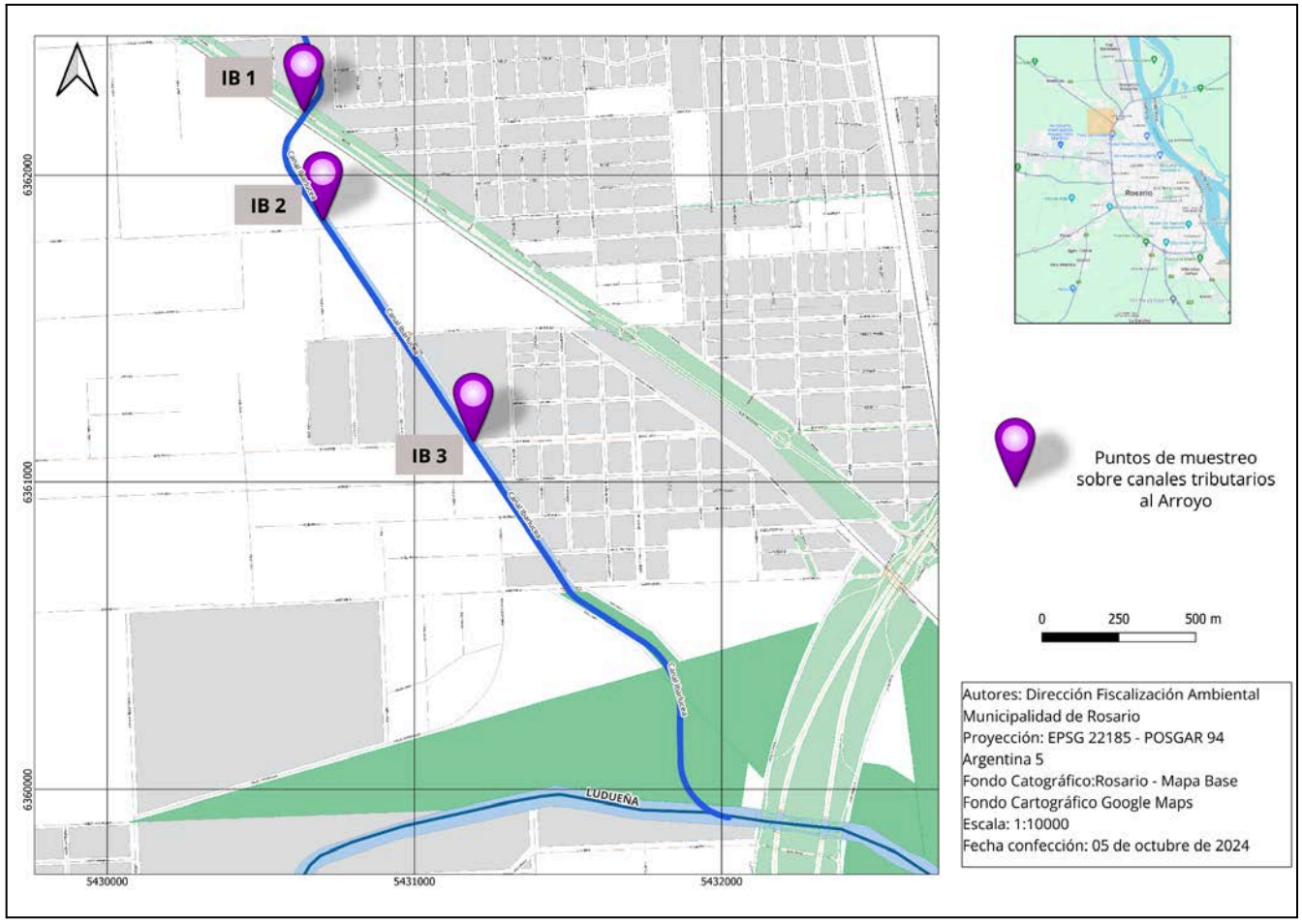
[4] Debido a la proximidad con el Punto 1 no se continuó con el muestreo en el sitio.

Punto de Muestreo	Ubicación del Punto	Observaciones	Muestras tomadas en el período analizado
9	Intersección Newbery y Arroyo Ludueña	La muestra se toma en el centro del cauce desde el puente sobre el arroyo Ludueña, ubicado sobre Newbery 8421.	4
10	Arroyo Ludueña a metros de Azcuénaga	La muestra se toma en la orilla derecha al norte de vías del ferrocarril.	1[5]
11	Intersección Autopista Che Guevara y Arroyo Ludueña	La muestra se toma en la orilla derecha del arroyo Ludueña, debajo del puente de la autopista Che Guevara.	10
12	Puente ubicado en sector Este del Bosque de los Constituyentes	La muestra se toma en el centro del cauce desde el puente sobre el arroyo Ludueña, ubicado al este de la prolongación de Provincias Unidas.	2
EN 1	Confluencia Labarden - Olive	La muestra se toma en el centro del cauce desde el comienzo del entubamiento.	3
EN 2	Portugal 1564	La muestra se toma en boca de inspección existente en calle Portugal.	1
EN 3	Av. de los Trabajadores y Allende	La muestra se realiza sobre desembocadura del entubamiento al arroyo, que se encuentra a la derecha de la descarga del AI.	5
AI 1	Olive y Calle 706	La muestra se toma en boca de inspección existente en la intersección de las calles Olive y 706 lado norte.	3
AI 2	Av. de los Trabajadores y Allende	La muestra se realiza sobre desembocadura del conducto del Aliviador I al arroyo, margen izquierda u oeste	5
AII 1	Portugal y Víctor Mercante	La muestra se lleva a cabo sobre boca de inspección existente en la intersección del lado este del cantero de calle Portugal	2
AII 2	Av. de los Trabajadores y Allende	La muestra se extrae en la desembocadura del conducto del Aliviador II al arroyo, margen derecha o lado este.	2

Fuente: DFA.

[5] Debido a la proximidad con el Punto 8 y a la poca accesibilidad que tiene este sitio no se continuó con el muestreo en el mismo.

Mapa 3. Puntos de Muestreo sobre Tributarios al Arroyo Ludueña



Fuente: DFA.

Cuadro 2. Referencia de cada Punto de Muestreo sobre los Tributarios al Arroyo

Punto de Muestreo	Ubicación del Punto	Observaciones	Muestras tomadas en el período analizado
IB 1	Canal Ibarlucea y Ruta 34	La muestra se toma en el centro del cauce desde el puente, sobre canal, ubicado en Ruta 34	4
IB 2	Descarga Canal Salvat	La muestra se toma sobre margen derecha (este) en un punto cercano a la descarga de este sobre el Canal Ibarlucea	3
IB 3	Canal Ibarlucea y Bouchard	La muestra se toma en el centro del cauce desde el puente, sobre canal, ubicado en calle Bouchard	4

Fuente: DFA

4. Evidencias en Campo

Durante el trabajo de campo se registraron diversas características visuales y organolépticas de las muestras y su entorno, tales como color, olor, textura y presencia de residuos. Estas observaciones cualitativas fueron documentadas sistemáticamente para cada sitio, complementando la información analítica y permitiendo interpretar mejor las condiciones ambientales locales. El detalle completo de los registros de campo se encuentra disponible en el sitio oficial del Municipio de Rosario, en el apartado *"Registros de Campo - Arroyo Ludueña"* del portal Rosario Datos:
https://datos.rosario.gob.ar/territorio/ambiente/calidad-ambiental/agua/cuerpos-de-aguas-superficiales/arroyo-luduena.
A continuación, se presentan algunas conclusiones destacadas a partir de los registros obtenidos durante la serie de monitoreos:

- **Punto 1**: Se observaron residuos acumulados de forma regular sobre las orillas, así como descargas frecuentes del Emisario 4 en la margen derecha. Las muestras presentaron coloración marrón durante 2023, tornándose más claras en 2024. Ocasionalmente, se percibieron olores en el sitio.
- **Punto 2**: Fue común detectar una película oleosa y blanquecina en la superficie del agua, acompañada por olores perceptibles en varias campañas.
- **Punto 3:** En este punto fue usual hallar residuos en las márgenes y debajo del puente. En varias oportunidades se observaron camalotes, peces y tortugas. En cuanto al olor y la coloración las muestras obtenidas presentaron las características propias del río, debido a su retroceso.
- **Punto 4**: Se destacó la presencia de una pluma blanquecina proveniente del Emisario 11, visible desde Puente Negro. Esta pluma tendía a disgregarse rápidamente en el curso de agua.

- **Punto 6:** Fue recurrente la presencia de residuos en las márgenes. En octubre de 2023 se observaron aves en la confluencia del canal Ibarlucea y el arroyo. A partir de septiembre de 2024 la cantidad de residuos sobre las márgenes fue disminuyendo. En noviembre del mismo año se detectó aceite mineral en la superficie cubriendo una gran parte del curso de agua. Finalmente, en junio de 2025 no se registraron residuos ni otras anomalías.
- **Punto 7**: Se registró de manera constante la presencia de residuos sólidos y olores intensos a lo largo del período analizado. En la superficie se observaron capas de material graso y, en varias ocasiones, una densa proliferación de vegetación acuática. A partir de mayo de 2024 se identificó una pluma blanquecina, emergiendo desde la finalización del entubado, en torno a la cual se concentraba una gran cantidad de peces, aparentemente alimentándose del material descargado. Durante todo el período de muestreo se advirtió que el mayor flujo provenía del Aliviador I, mientras que el Aliviador II permanecía prácticamente estancado. No obstante, en los muestreos de 2025 la coloración del curso en este punto se observó más homogénea, no se registraron grandes concentraciones de peces y la cantidad de residuos fue disminuyendo.
- **Punto 8**: Se constató regularmente la descarga de un conducto pluvial abierto, que colecta efluentes provenientes del entorno, incluyendo los del establecimiento Fisherton Plaza Mall y posiblemente del Aeropuerto Internacional Rosario, aunque esto último no pudo confirmarse. De forma esporádica, se detectó espuma en este vertido.
- **Punto 9:** Se observó de manera recurrente la presencia de residuos sobre las márgenes. No obstante, el curso de agua fue cristalino y no se percibieron olores. A partir del mes de agosto de 2024 y hasta la fecha del presente informe, el sector donde está ubicado el punto se encuentra en obra, por lo que no se pudo continuar el muestreo.
- **Punto 11**: Frecuentemente se observaron cristales blanquecinos en la margen derecha y presencia de algas en el curso de agua. La proliferación algal disminuyó durante los períodos de mayor precipitación, como se registró en octubre de 2023. En contraste, en agosto de 2024 se evidenció un marcado descenso en el nivel del arroyo, lo que provocó estancamiento en sus márgenes y la generación de olores desagradables. Esta situación se revirtió en octubre de ese mismo año, cuando las precipitaciones incrementaron el caudal del arroyo. A partir de esta fecha se registraron descargas de dos pluviales paralelos a la autopista; uno de ellos, proveniente de la ciudad de Funes con un caudal más abundante. Finalmente, a partir de marzo de 2025 se observaron bloques blancos y compactos de espuma, algunos de gran tamaño, desplazándose por el centro del curso de agua o acumulándose en sus márgenes.
- **Punto EN1**: Ocasionalmente se han registrado residuos dentro del entubamiento. En general, las muestras fueron incoloras, salvo en mayo de 2025, cuando la muestra presentó una coloración muy oscura. Sobre la estructura del entubamiento se encuentra un basural y, en el entorno, un criadero de cerdos. Los olores percibidos no provienen del agua, sino del ambiente circundante.
- **Punto EN2**: La muestra de diciembre de 2024 presentó turbidez y coloración blanquecina. Asimismo, se percibió olor.
- **Punto AI1**: En este punto las muestras fueron incoloras, exceptuando el mes de agosto de 2023 donde la coloración fue levemente amarillenta. No se percibió olor durante los monitoreos realizados.

- **Punto AII1**: El punto se caracteriza por un bajo caudal y agua inodora.
- **Puntos AI2, AII2 y EN3**: las observaciones fueron las citadas en el **Punto 7**, por ser coincidente el sitio de la toma de muestras.
- **Punto IB1**: En todos los muestreos realizados se observaron residuos en las márgenes del canal. Sin embargo, en octubre de 2024 lo más destacado fue la presencia de vegetación, algas y camalotes, acompañada por una reducción en la cantidad de residuos acumulados. Posteriormente, en febrero de 2025 se registró un bajo caudal y la presencia de agua estancada con tonalidad verdosa en el centro del canal.
- **Punto IB2**: Durante el muestreo de abril de 2024 no fue posible acceder al punto, ya que la zona presentaba acumulación de lodo debido a las precipitaciones previas. Posteriormente, en mayo y octubre del mismo año, los muestreos pudieron realizarse y no se observaron residuos ni se percibieron olores. Finalmente, en febrero de 2025 tampoco se advirtieron anomalías.
- **Punto IB3**: En este punto se registró de manera recurrente la presencia de residuos en las márgenes del canal y, a partir de octubre de 2024, se detectaron dos descargas laterales, uno de los cuales presentó la formación de una pluma grisácea. Posteriormente se corroboró que dichas descargas corresponden a los emisarios Bouchard Este y Oeste.

5. Análisis de los Resultados

La calidad del agua fue evaluada mediante el análisis de parámetros físico-químicos y bacteriológicos a partir de muestras obtenidas en el arroyo Ludueña, su infraestructura hidráulica asociada y sus tributarios. Los resultados correspondientes a cada uno de estos sistemas se presentan detalladamente en el Anexo II.

El procesamiento de los datos[6] incluyó un análisis por punto de muestreo y por zonas, conforme a la segmentación espacial adoptada en el monitoreo. Para caracterizar el comportamiento de los parámetros analizados, se emplearon herramientas estadísticas que comprenden:

- **Medidas de tendencia central**: mediana[7] y media[8], que indican el valor representativo en torno al cual se agrupan los datos.
- **Medidas de posición**: como los cuartiles[9], que permiten dividir los datos en partes iguales y observar su distribución.
- **Medidas de dispersión**: rango[10], el desvío estándar[11] y coeficiente de variación[12], que dan cuenta del grado de variabilidad o dispersión de los valores.

También se evaluó la presencia de valores atípicos, definidos como observaciones que difieren significativamente del resto del conjunto de datos, tanto a nivel de puntos individuales como por zonas.

Los resultados obtenidos para cada analito fueron evaluados mediante una comparación con los valores guía establecidos en normativas nacionales, provinciales o locales de referencia, así como en bibliografía técnica reconocida. Cabe destacar que la provincia de Santa Fe no cuenta con una normativa específica que determine niveles guía de calidad para cursos de agua superficial en su jurisdicción. Esta carencia refuerza la importancia de contar con monitoreos sistemáticos y estudios técnicos que respalden la toma de decisiones en materia ambiental.

Como referencia adicional, se consideró la Ley Nacional N.º 24.051 y su decreto reglamentario (Decreto 831/93, Anexo II – Tabla 2), que establece niveles guía de calidad de agua para la protección de la vida acuática en aguas dulces superficiales. No obstante, dicha normativa no contempla los analitos evaluados en el presente estudio.

En consecuencia, para los parámetros incluidos en la Resolución ACUMAR N.º 283/2019, se adoptaron los valores guía definidos en dicha normativa como umbrales de aceptabilidad. Esta resolución establece límites admisibles para distintas categorías de uso del agua (Anexo III) dentro de la Cuenca Matanza Riachuelo, y fue tomada como criterio normativo principal por su aplicabilidad y carácter regulatorio.

[6] Para el procesamiento de datos se utilizó el software RStudio. Se consideraron como cero (0) todos los valores que resultaron inferiores a los límites de detección de las técnicas analíticas empleadas.
[7] La mediana señala el centro de los datos ordenados, es decir al 50% de los datos.
[8] La media o promedio es el valor que se obtiene al sumar todos los datos de un conjunto de valores para posteriormente dividir la cifra obtenida entre la cantidad de valores analizados. Dado que considera todos los valores asumidos por las variables, cuando hay valores extremos no ofrece una visión real de las observaciones.
[9] Los cuartiles dividen el conjunto de observaciones en cuatro partes iguales. El primer cuartil, Q1, es el valor bajo el cual se presenta el 25% de las observaciones, y el tercer cuartil, Q3, es el valor bajo el cual se presenta el 75% de las observaciones. El segundo cuartil ,Q2, es igual al valor que representa el 50%, es decir igual a la mediana.
[10] El rango indica la diferencia entre el valor máximo y mínimo de las observaciones. Siendo el máximo el valor más alto que alcanza la variable dentro del conjunto de datos y el mínimo el valor más bajo observado en el conjunto de datos de una variable.
[11] El desvío estándar ofrece información de la dispersión de los datos respecto a la media.
[12] El coeficiente de variación es el cociente entre el desvío estándar y la media.

Por otra parte, dado que la resolución mencionada no establece límites cuantitativos para ciertos parámetros relevantes en el diagnóstico ambiental como: Demanda Química de Oxígeno (DQO), Conductividad Eléctrica (CE), Sustancias Solubles en Éter Etílico (SSEE), Turbidez y Sólidos Suspendidos Totales (SST), se recurrió a fuentes bibliográficas complementarias y a normativa internacional especializada para completar el análisis.

A partir de la información recabada de las fuentes mencionadas y teniendo en cuenta los límites de detección de los métodos utilizados por el CIS se estableció un criterio de clasificación para los resultados en tres categorías:

- **Aceptable:** dentro del rango establecido por normativa o los adoptados como referencia según las fuentes indicadas anteriormente.
- **Medianamente aceptable:** valores próximos al umbral superior o inferior, que pueden indicar alteraciones incipientes.
- **No aceptable:** valores que exceden los límites de referencia, sugiriendo condiciones de riesgo ambiental o degradación.

Esta clasificación fue aplicada de forma homogénea para todos los parámetros. La comparación entre las medianas anuales de cada variable y los criterios adoptados permitió resumir y visualizar rápidamente la variación espacio - temporal de la calidad del agua.

Asimismo, se incorporó un enfoque estacional con el propósito de detectar variaciones asociadas a los ciclos climáticos. Para ello, se aplicó una clasificación de las estaciones basada en criterios climatológicos e hidrológicos, garantizando coherencia en el análisis. Bajo este esquema, la época estival se consideró como un bloque climático continuo.

Así, las estaciones abarcan los siguientes meses:

- Verano: diciembre del año anterior, enero y febrero.
- Otoño: marzo, abril y mayo.
- Invierno: junio, julio y agosto.
- Primavera: septiembre, octubre y noviembre.

6. Análisis de resultados del arroyo

A continuación, se desarrolla el análisis interpretativo de los resultados sobre el arroyo correspondientes a cada uno de los parámetros evaluados, cuyos valores se detallan en el Anexo II.

pH

El pH es una variable clave en la evaluación de la calidad del agua, ya que influye directamente en la biodiversidad acuática. En ambientes de agua dulce, la mayoría de los organismos requieren un rango relativamente estrecho, entre 6,5 y 8,5, para desarrollarse adecuadamente. Fuera de este intervalo, pueden verse afectadas funciones fisiológicas críticas, lo que compromete la estructura y funcionamiento del ecosistema. Así, variaciones importantes de este parámetro pueden generar efectos adversos sobre la biocenosis, debido a que el intervalo de variabilidad para la adecuada proliferación y desarrollo de la mayor parte de la vida biológica es bastante estrecho y crítico. Diversos factores pueden alterar el equilibrio del pH en un cuerpo de agua. Según lo señalado por Chapman (1996) y otros autores, el aumento de la temperatura del agua puede provocar una disminución del pH; sin embargo, también reduce la solubilidad del dióxido de carbono (CO_2), lo cual tiende a elevarlo durante el día. A su vez, temperaturas más altas favorecen la proliferación de algas, que a través de la fotosíntesis consumen CO_2, generando un aumento del pH (alcalinización) en horas diurnas. Este efecto se revierte por la noche, cuando cesa la fotosíntesis y se incrementa la respiración, dando lugar a una disminución del pH. Como resultado, se producen oscilaciones diarias del pH asociadas al equilibrio entre fotosíntesis y respiración en la masa de agua.
Por otro lado, el ingreso de efluentes industriales o urbanos, puede modificar bruscamente el pH, provocando descensos o aumentos según su composición química. En particular, residuos industriales con presencia de metales o solventes sintéticos suelen acidificar el medio, mientras que algunos detergentes o vertidos con amoníaco pueden elevar su alcalinidad. Finalmente, los nutrientes como nitrógeno y fósforo, al estimular el crecimiento algal, actúan indirectamente sobre esta variable.

Análisis por Sitio de Muestreo

Los valores de pH registrados durante el período de estudio fluctuaron entre 6,7 y 8,7, con un valor mínimo en el Punto 8 (abril de 2023) y un valor máximo en el Punto 11 (noviembre 2023). La mediana global del período estudiado fue de 7,8, con cuartiles de 7,5 y 8,2.
En el (Medidas de Tendencia Central, de Posición y de Dispersión por Puntos) se plasman las medidas estadísticas por sitio de muestreo. La mayoría de los puntos presentan una baja dispersión, con coeficientes de variación menores a 0,07, lo cual indica una alta estabilidad de los valores de pH a lo largo del tiempo.
Los Puntos 3 y 7 presentan las medianas más bajas dentro del curso superficial, mientras que el Punto 11 exhibe la más alta. En el tramo entubado del arroyo, las medianas oscilaron entre 7,2 y 7,8. El análisis confirma una cierta homogeneidad espacial, reflejada tanto en la consistencia de las medianas como en la reducida dispersión en la mayoría de los sitios. Se advierte además un

leve descenso del pH hacia la desembocadura del arroyo, en comparación con los valores registrados en el ingreso a la ciudad de Rosario.

El Gráfico 1 muestra las medianas anuales de pH por punto de muestreo, permitiendo visualizar con claridad las variaciones espaciales a lo largo del arroyo. Esta representación gráfica refuerza lo observado en las estadísticas descriptivas, destacando los valores más bajos en los Puntos 3 y 7, y el más elevado en el Punto 11.

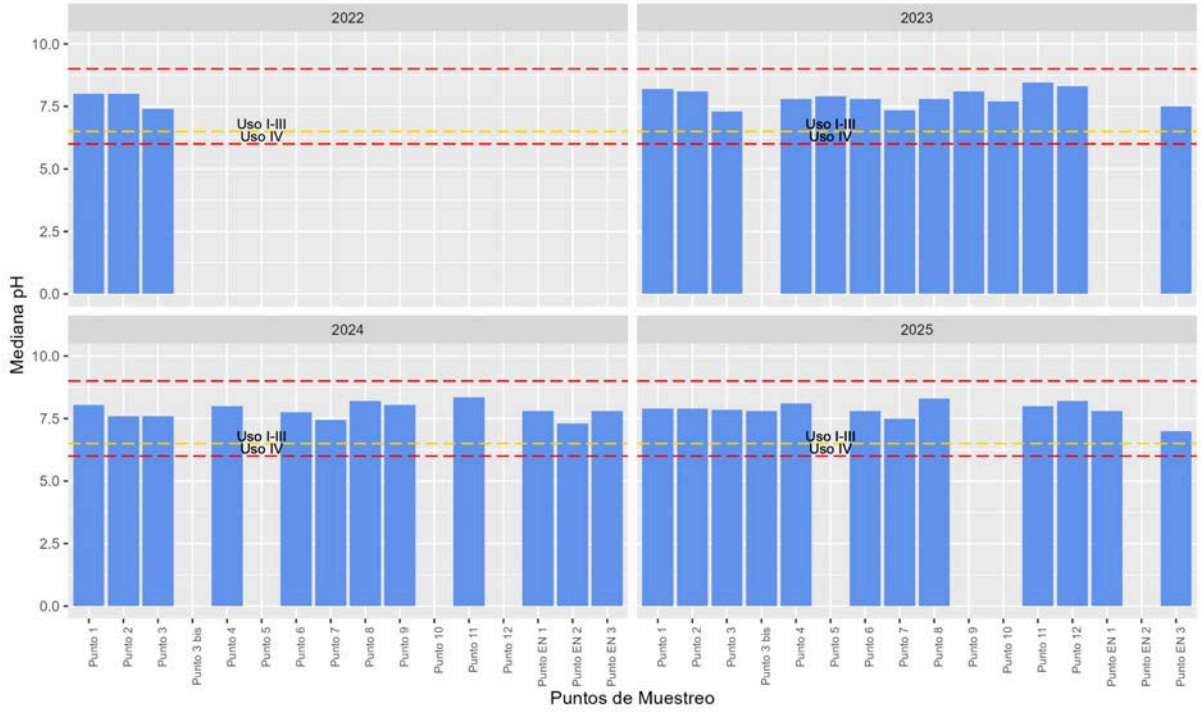
Cabe destacar que en marzo de 2025, tanto el Punto 3 como el 3 bis presentaron valores idénticos de pH (7,8). La inclusión del Punto 3 bis se justifica por diferencias visuales observadas en el sitio, ya explicadas en el apartado de muestras y evidencias.

El Gráfico 2 muestra diagramas de caja que ilustran la distribución de los valores de pH registrados en cada punto de muestreo a lo largo de todo el período evaluado. Esta visualización permite identificar la dispersión de los datos y la presencia de valores atípicos, facilitando la comparación entre sitios.

En general, se observa una baja dispersión en la mayoría de los puntos, evidenciada por rangos intercuartílicos estrechos y escasos valores extremos, lo que indica una cierta estabilidad del pH en el tiempo. Sin embargo, algunos puntos presentan mayor variabilidad: puntos 1, 7 y 8 registran valores atípicos por debajo del cuartil inferior, lo que podría indicar episodios puntuales de alteración en el equilibrio ácido-base, posiblemente asociados a descargas o eventos localizados; sitios 10 y 11 muestran una mayor amplitud intercuartílica, lo cual sugiere fluctuaciones más marcadas en los registros a lo largo de los años.

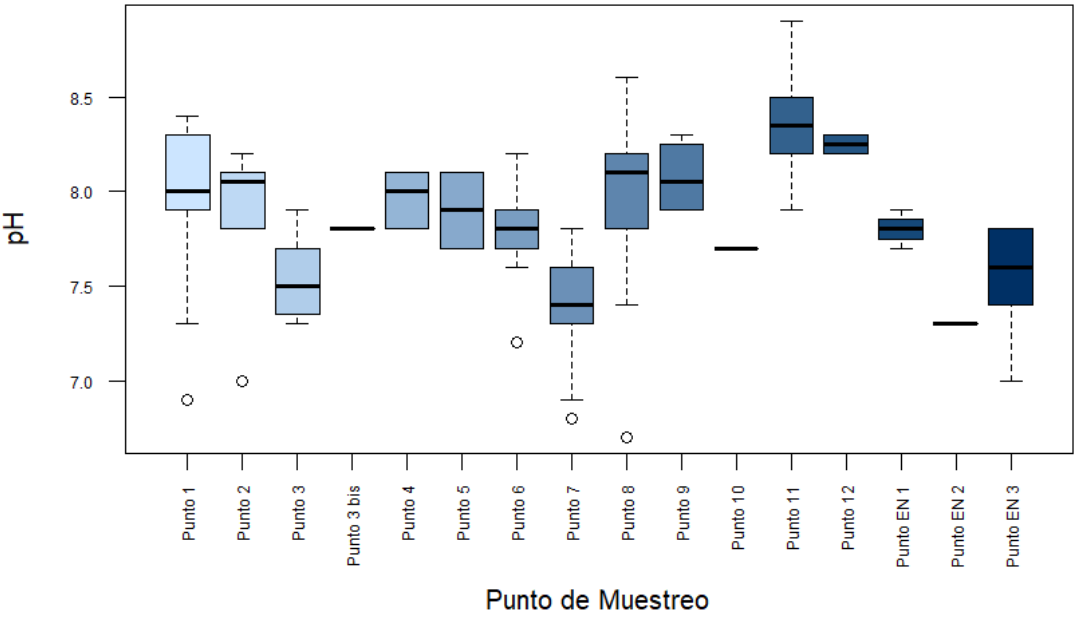
En conjunto, el gráfico refuerza las conclusiones extraídas del análisis estadístico: si bien el pH tiende a mantenerse dentro de un rango relativamente estrecho, existen diferencias locales en la variabilidad, que merecen atención particular en futuros monitoreos.

Gráfico 1. Medianas anuales de pH para los Puntos de Muestreos



Fuente: DFA. Elaboración propia a partir de informes de resultados emitidos por CIS - FCEIA UNR.
Referencia: Líneas punteadas establecen los límites indicados por la Resolución 283/2019 para los distintos usos del arroyo.

Gráfico 2. Diagrama de Caja pH para los Puntos de Muestreo



Fuente: DFA. Elaboración propia a partir de informes de resultados emitidos por CIS - FCEIA UNR.

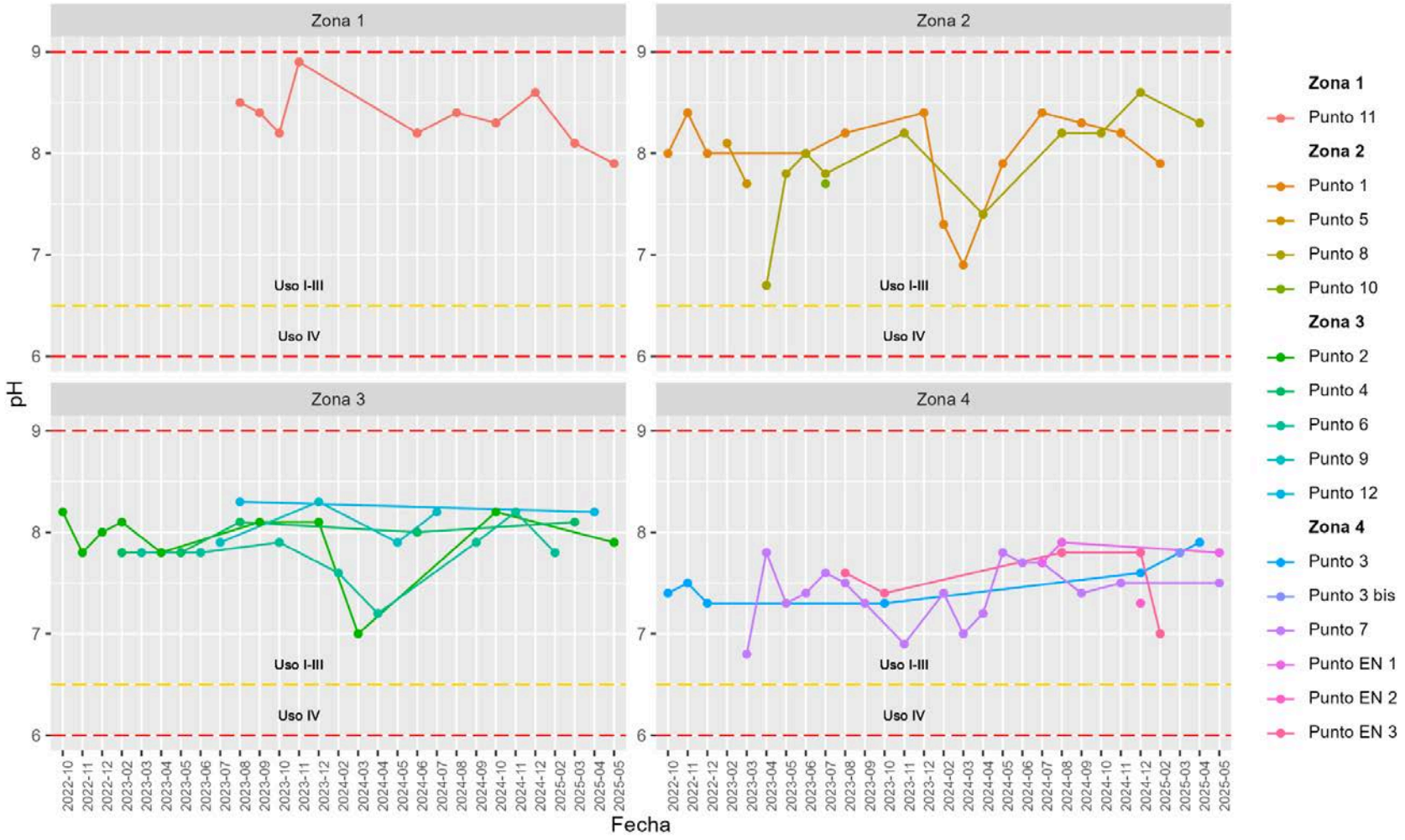
Análisis por Zona

El Gráfico 3 permite vincular el análisis por punto de muestreo con la evaluación por zonas, al mostrar cómo se distribuyen los valores de pH según la segmentación territorial del arroyo. Esta visualización facilita el paso de un enfoque puntual a uno regional, permitiendo identificar patrones en la dinámica espacial del pH.

Del análisis se desprende que todos los valores obtenidos se encuentran dentro de los límites establecidos por la Resolución ACUMAR N° 283/2019 para el Uso I, correspondiente a aguas aptas para la protección de la biota y uso recreativo en contacto directo.

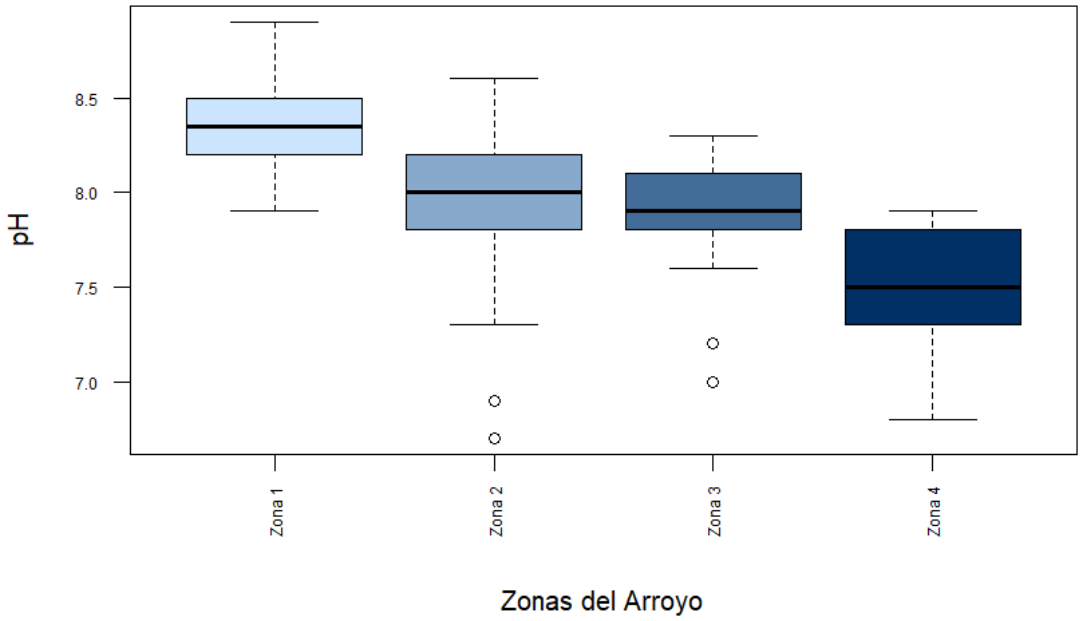
El Gráfico 4, correspondiente a diagramas de caja por zona, complementa el análisis anterior. Se observa que, aunque en general los valores se encuentran dentro de rangos aceptables, las zonas 2 y 3 presentan valores atípicos inferiores, lo que podría estar relacionado con eventos puntuales que afectan el equilibrio ácido-base del agua.

Gráfico 3. Variación pH en Zonas de Estudio



Fuente: DFA. Elaboración propia a partir de informes de resultados emitidos por CIS - FCEIA UNR.
Referencia: Líneas punteadas establecen los límites indicados por la Resolución 283/2019 para los distintos usos del arroyo.

Gráfico 4. Diagrama de Caja pH para las Zonas del Arroyo



Fuente: DFA. Elaboración propia a partir de informes de resultados emitidos por CIS - FCEIA UNR.

En el Cuadro 2 se exponen las medidas de tendencia central, posición y dispersión del pH en cada zona del arroyo. Se destaca que los coeficientes de variación son bajos (≤ 0,06) en todas las zonas, lo que indica una alta estabilidad temporal del parámetro. Sin embargo, tal como ilustra el Gráfico 6 las zonas 2 y 3 presentan valores anómalos inferiores. A su vez, la comparación de las medianas por zona confirma la disminución gradual del pH en dirección a la desembocadura, patrón claramente visualizado en el Gráfico 5, que representa la evolución anual de la mediana de pH por zona entre 2022 y 2025.

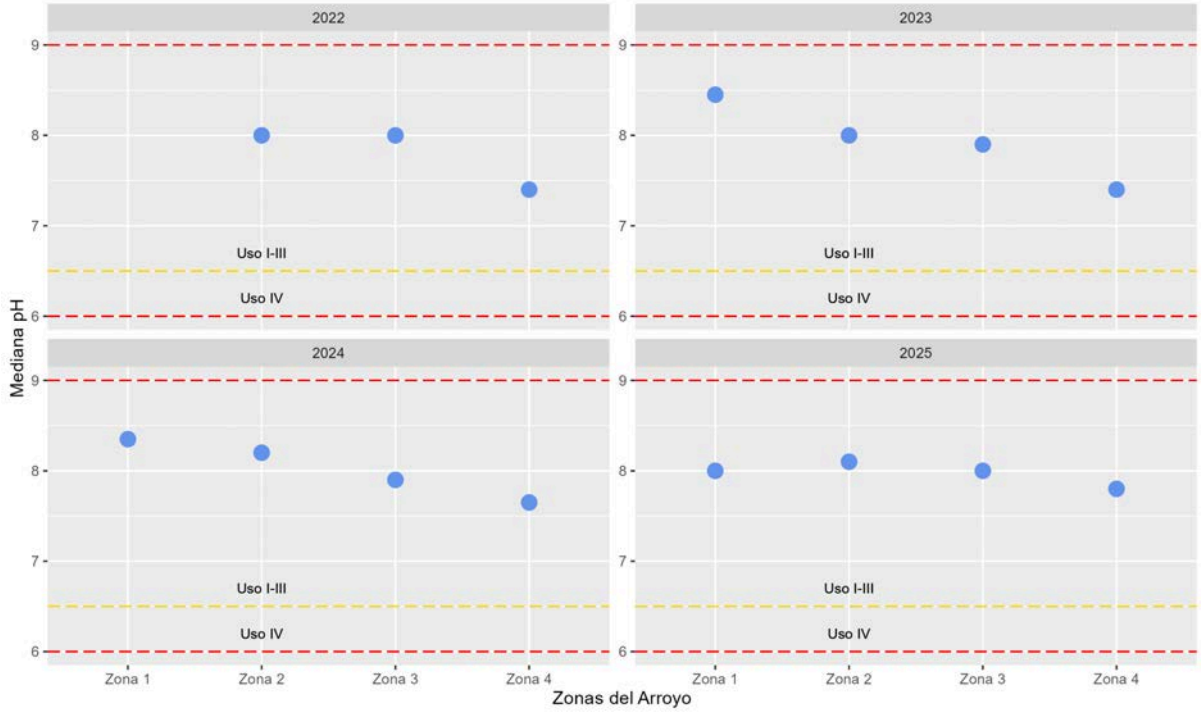
La tendencia sostenida de descenso del pH hacia la desembocadura del arroyo (Zona 4) es especialmente marcada en 2022 y 2023, años en los que se registra un mayor contraste entre las zonas altas (1 y 2) y las zonas bajas (3 y 4). Este comportamiento podría estar asociado a condiciones hidrológicas particulares, diferencias en las cargas recibidas o mayor influencia de fuentes locales en los tramos inferiores del arroyo. En cambio, en 2024 y 2025, la pendiente entre zonas se suaviza, lo que sugiere una mayor homogeneidad espacial en esos períodos.

Cuadro 2. Medidas de Tendencia Central, de Posición y de Dispersión de pH por Zona del Arroyo

Zona	Media	Mediana	Máximo	Mínimo	Rango	1° Cuartil	2° Cuartil	Desvío Estándar	Coeficiente Variación
Zona 1	8,3	8,3	8,9	7,9	1,0	8,2	8,5	0,3	0,03
Zona 2	7,9	8,0	8,4	6,7	1,7	7,8	8,2	0,4	0,06
Zona 3	7,9	7,9	8,3	7,0	1,3	7,8	8,1	0,3	0,04
Zona 4	7,5	7,5	7,9	6,8	1,1	7,3	7,8	0,3	0,04

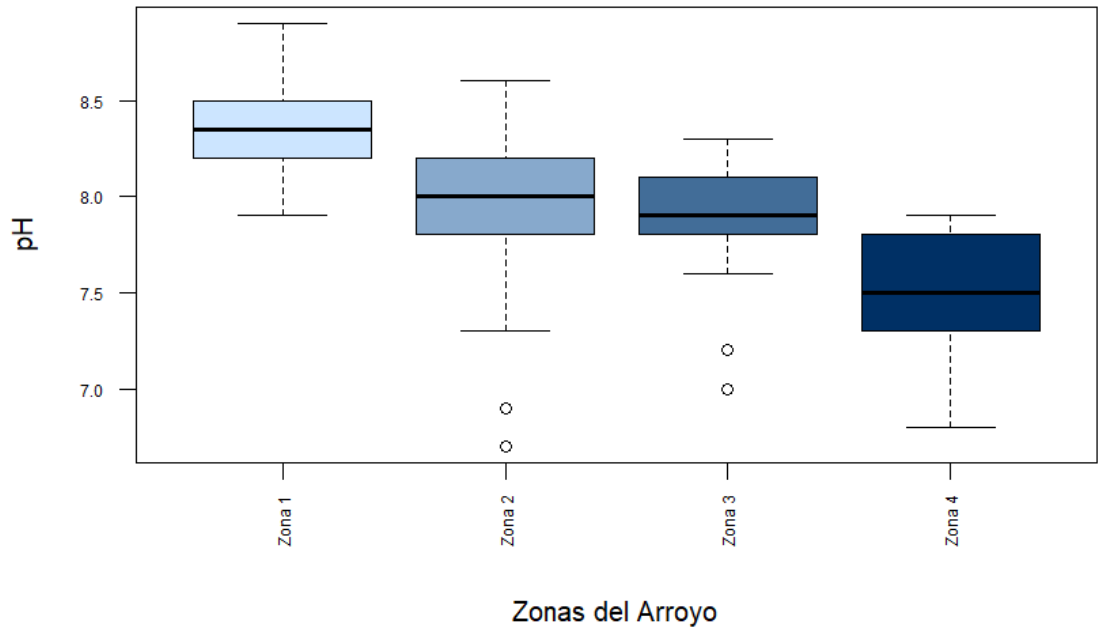
Fuente: DFA. Elaboración propia a partir de informes de resultados emitidos por CIS - FCEIA UNR.

Gráfico 5. Variación Mediana pH en las Zonas del Arroyo



Fuente: DFA. Elaboración propia a partir de informes de resultados emitidos por CIS - FCEIA UNR.
Referencia: Líneas punteadas establecen los límites indicados por la Resolución 283/2019 para los distintos usos del arroyo.

Gráfico 6. Diagrama de Caja de pH para las Zonas del Arroyo



Fuente: DFA. Elaboración propia a partir de informes de resultados emitidos por CIS - FCEIA UNR.

El Gráfico 7 muestra la evolución estacional de la mediana de pH por zona entre los años 2022 y 2025 lo que permite identificar variaciones estacionales a lo largo del arroyo. Cabe aclarar que para el año 2022 sólo se monitoreó en primavera. En la Zona 1, la falta de datos impide analizar con confianza un patrón anual completo o la variabilidad estacional, lo que resalta la necesidad

de reforzar el muestreo en las estaciones faltantes para completar la serie temporal. Asimismo, en 2025 se advierte un comportamiento diferente entre verano y otoño (mayor en época estival) al compararlo con las demás zonas y las medias son algo superiores a las registradas para igual año y estaciones en otros sectores del arroyo.

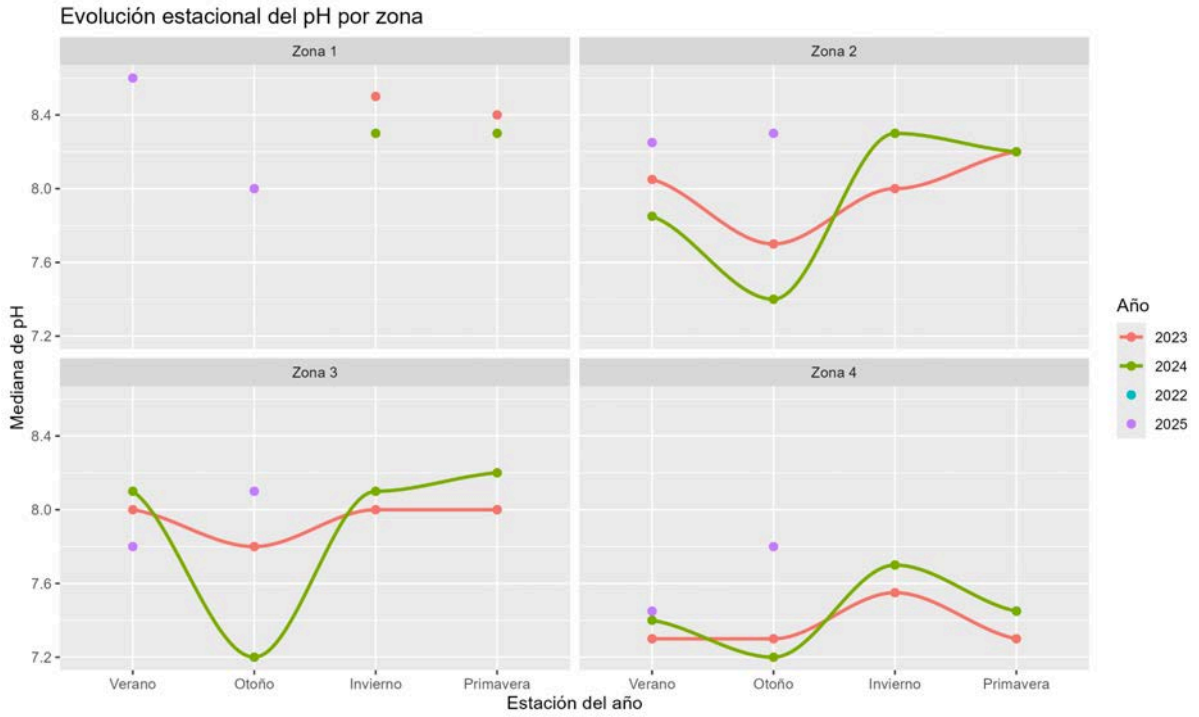
En las otras tres zonas, se observa una marcada estacionalidad, con mayor variabilidad durante 2024, año en que las curvas presentan fluctuaciones más pronunciadas. En particular, en la Zona 2, se evidencia una clara variación estacional: en otoño de 2024 el pH desciende considerablemente, alcanzando cerca de 7,4, mientras que en primavera asciende aproximadamente a 8,3. En 2023 muestra un patrón algo similar pero con menores fluctuaciones.

En Zona 3, durante 2024, también se registra una caída significativa del pH en otoño (alrededor de 7.2), seguida de una recuperación posterior. En cambio, en 2023 y 2025 los valores se mantienen estables entre 7,9 y 8,1, lo que podría indicar que en 2024 ocurrió un evento puntual que afectó el pH, como una descarga de efluentes ácidos o una variación de temperatura.

La Zona 4 presenta, en general, valores más bajos de pH, coherentes con los resultados mostrados en gráficos y cuadros anteriores, alcanzando niveles próximos a 7. Destaca el aumento en el otoño de 2025, coincidente con lo que ocurre en las zonas medias del arroyo. Aunque la estacionalidad está presente, sus valores se mantienen consistentemente por debajo de las otras zonas, lo que podría reflejar una mayor carga orgánica y/o vertidos de efluentes en este sector.

Estas variaciones evidencian no solo la influencia de factores climáticos como temperatura y precipitaciones, sino también la posible interacción con descargas estacionales, cambios en la vegetación acuática y eventos antropogénicos puntuales.

Gráfico 7.



Fuente: DFA. Elaboración propia a partir de informes de resultados emitidos por CIS - FCEIA UNR.

Por último, el análisis por puntos y zonas muestra un sistema con valores de pH relativamente estables, aunque con variabilidad localizada y patrones estacionales evidentes. Se recomienda reforzar el muestreo en la Zona 1 para completar la serie estacional y considerar un seguimiento especial en las zonas 3 y 4 donde el descenso de pH puede comprometer la calidad para ciertos usos.

Temperatura

La temperatura del agua es un parámetro fundamental en el análisis de calidad, ya que influye directamente en el desarrollo de la vida acuática, en la velocidad de las reacciones químicas y en la aptitud del recurso para distintos usos. Alteraciones bruscas de temperatura pueden provocar un aumento en la mortalidad de organismos acuáticos o favorecer la proliferación de algas, hongos y bacterias. Particularmente, se considera que la temperatura óptima para la actividad bacteriana se sitúa entre 25 °C y 35 °C.

Análisis por Sitio de Muestreo

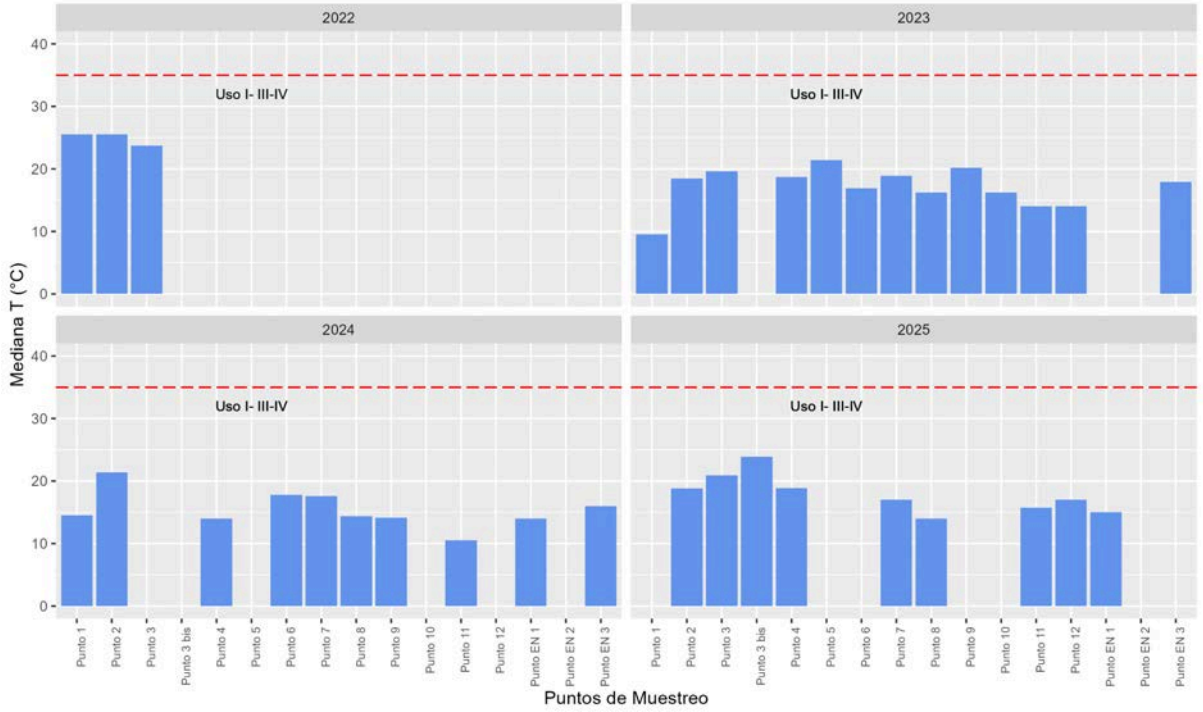
Durante el período estudiado, la temperatura del agua osciló entre un mínimo de 8,9 °C (junio de 2023, Punto 1) y un máximo de 30 °C (diciembre de 2022, Punto 3). En el Anexo IV se presenta la estadística descriptiva completa por sitio de muestreo, lo cual permite caracterizar el comportamiento térmico local y detectar posibles particularidades influenciadas por condiciones ambientales o antrópicas.

El Gráfico 9 muestra la evolución de la mediana anual de temperatura por punto de muestreo. En las as medidas estadísticas se observa una marcada homogeneidad espacial a lo largo del arroyo, sin excedencias del umbral de 35 °C establecido por la Resolución ACUMAR N° 283/2019 para los usos I, III y IV. Este comportamiento indica condiciones térmicas compatibles con la protección de la biota y usos recreativos de contacto directo.

En el Gráfico 10, que representa diagramas de caja por punto, puede observarse, en la mayoría de los sitios, una distribución aproximadamente simétrica, coincidente con los valores similares de la media y la mediana (Anexo IV). No obstante, en algunos casos se evidencian valores atípicos, como en el Punto 4 (con extremos tanto superiores como inferiores) y en el Punto 8 (solo superiores), lo que podría estar asociado a variaciones estacionales intensas o condiciones locales particulares.

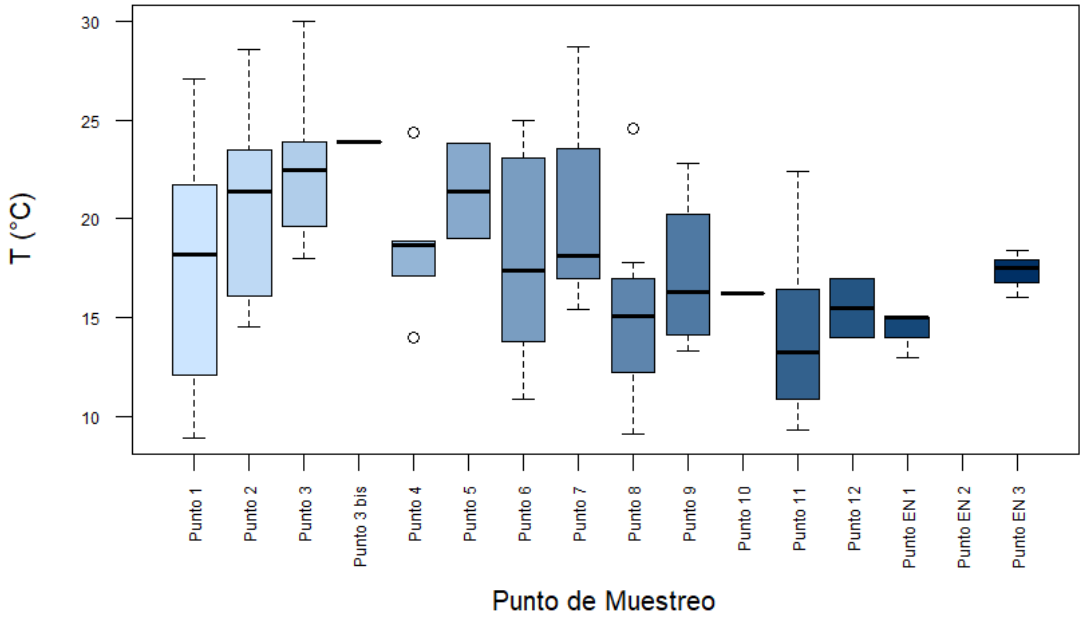
La dispersión térmica varía entre sitios. Algunos puntos presentan rangos amplios, lo que podría reflejar una mayor exposición a las fluctuaciones ambientales (posiblemente por menor cobertura vegetal o mayor influencia antrópica) o variaciones propias de la estacionalidad de las mediciones. Otros sitios, en cambio, muestran menor variabilidad térmica a lo largo del período.

Gráfico 9. Medianas anuales de temperatura por Puntos de Muestreos



Fuente: DFA. Elaboración propia a partir de informes de resultados emitidos por CIS - FCEIA UNR.
Referencia: Líneas punteadas establecen los límites indicados por la Resolución 283/2019 para los distintos usos del arroyo

Gráfico 10. Diagrama de Caja Temperatura (°C)



Fuente: DFA. Elaboración propia a partir de informes de resultados emitidos por CIS - FCEIA UNR.

Análisis por Zona

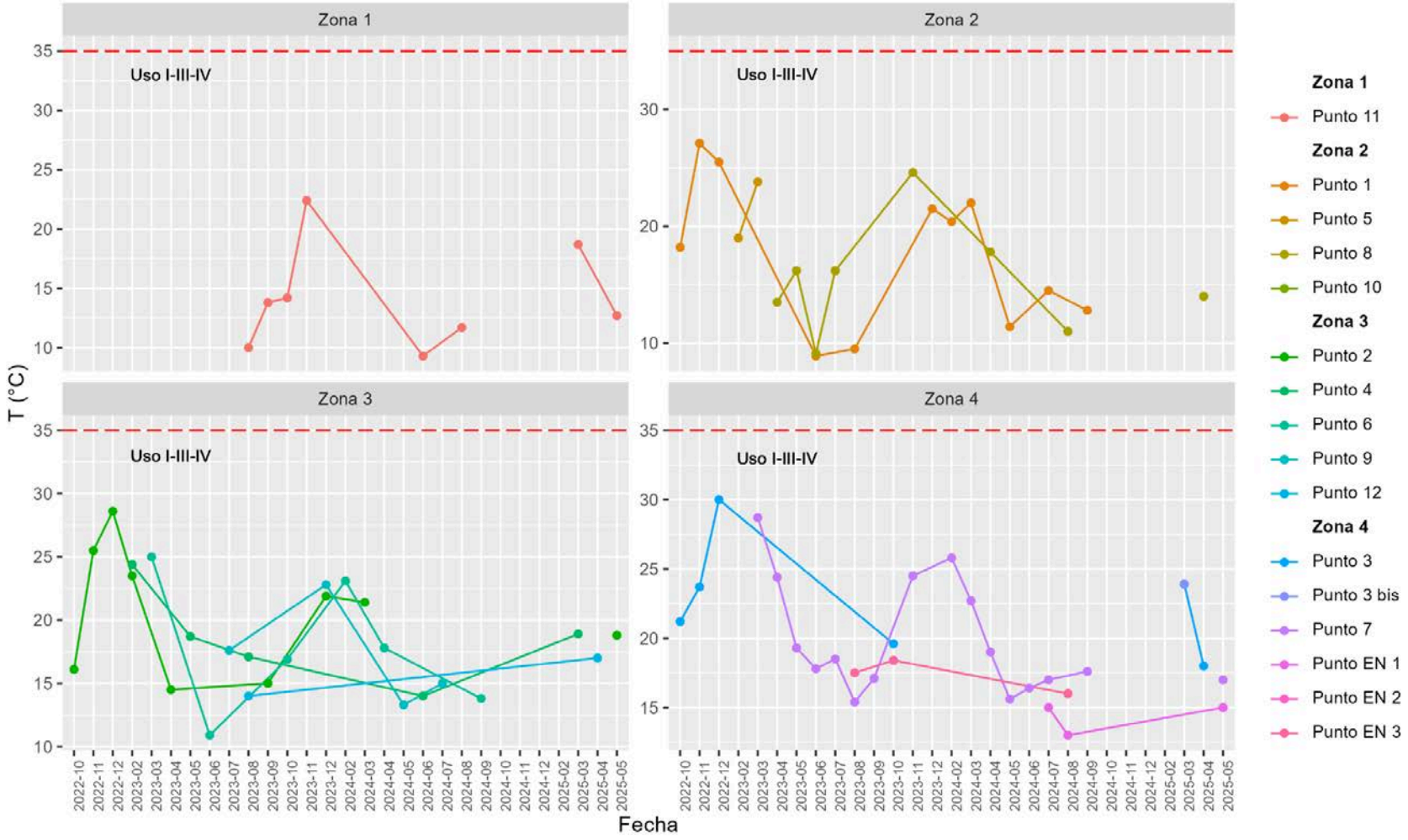
El Gráfico 11 permite analizar la variación temporal y espacial por zonas del arroyo. Se identifican patrones esperables de estacionalidad, con temperaturas más bajas en los meses fríos y más elevadas en verano. Es importante destacar que las campañas de muestreo se realizan siguiendo una lógica territorial (comienzo en zonas 1 o 2 por la mañana y finalización en la desembocadura, Zona 4, al mediodía), lo que también puede incidir levemente en los valores registrados por zona.

Por su parte, el Gráfico 12 refuerza esta observación al mostrar las medianas anuales por zona, donde se evidencia una notoria homogeneidad interanual e interzonal. Las temperaturas medianas se mantienen dentro del rango de 15 °C a 20 °C, sin presentar anomalías.

De forma complementaria, el Gráfico 13 presenta un diagrama de caja por zona, donde se observa una progresiva elevación de las temperaturas hacia la desembocadura (Zona 4). Esta tendencia podría deberse a factores como la menor cobertura vegetal, o mayor incidencia solar hacia el mediodía, momento en que generalmente se realiza el muestreo en dicha zona.

En términos estadísticos, el Cuadro 3 presenta las medidas de tendencia central, dispersión y posición por zona. Se observa que la Zona 1 presenta la menor mediana (13,3 °C) y menor rango térmico (13,1 °C), mientras que la Zona 4 exhibe la mediana más alta (18,4 °C) y el mayor valor máximo (30 °C). El coeficiente de variación en todas las zonas se mantiene entre 0,2 y 0,3, indicando una dispersión moderada.

Gráfico 11. Variación Temperatura en Zonas de Estudio



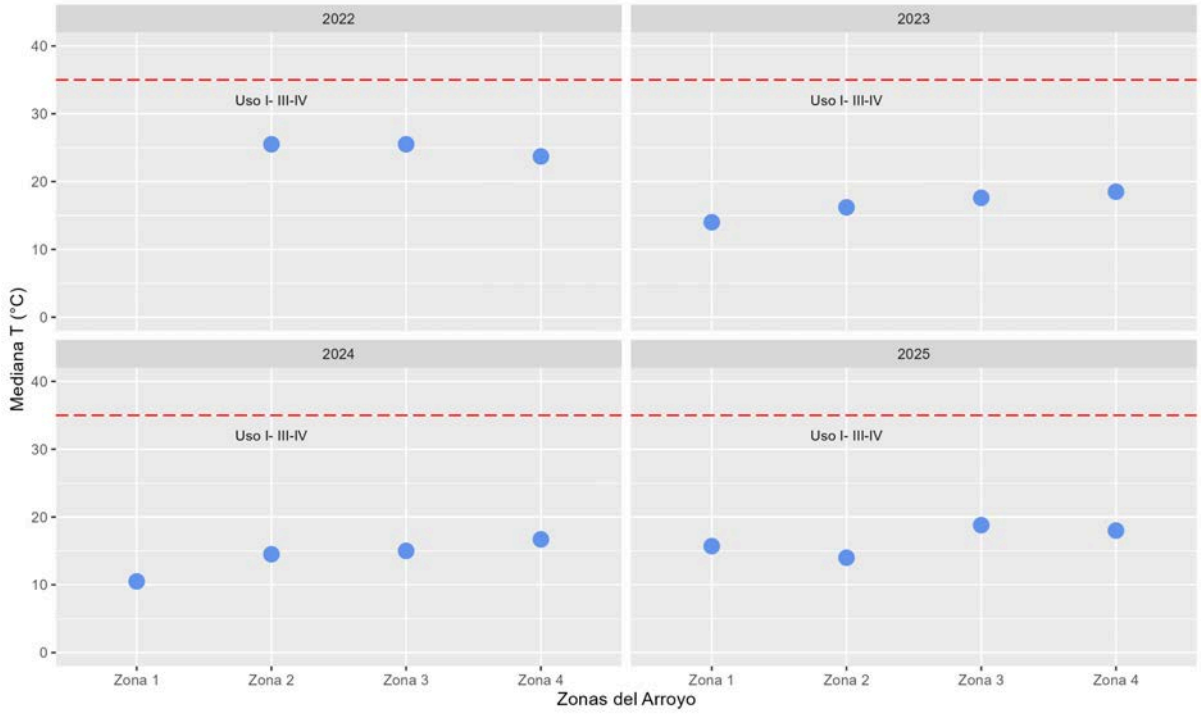
Fuente: DFA. Elaboración propia a partir de informes de resultados emitidos por CIS - FCEIA UNR.
Referencia: Líneas punteadas establecen los límites indicados por la Resolución 283/2019 para los distintos usos del arroyo.

Cuadro 3. Medidas de Tendencia Central, de Posición y de Dispersión de la Temperatura en °C por Zona del Arroyo

Zona	Media	Mediana	Máximo	Mínimo	Rango	1° Cuartil	2° Cuartil	Desvío Estándar	Coeficiente Variación
Zona 1	14,1	13,3	22,4	9,3	13,1	11,3	15,3	4,4	0,3
Zona 2	17,0	16,2	27,1	8,9	18,2	13,0	21,2	5,5	0,3
Zona 3	18,7	17,7	28,6	10,9	17,7	15,0	22,6	4,5	0,2
Zona 4	19,7	18,4	30,0	13,0	17,0	17,0	23,7	4,3	0,2

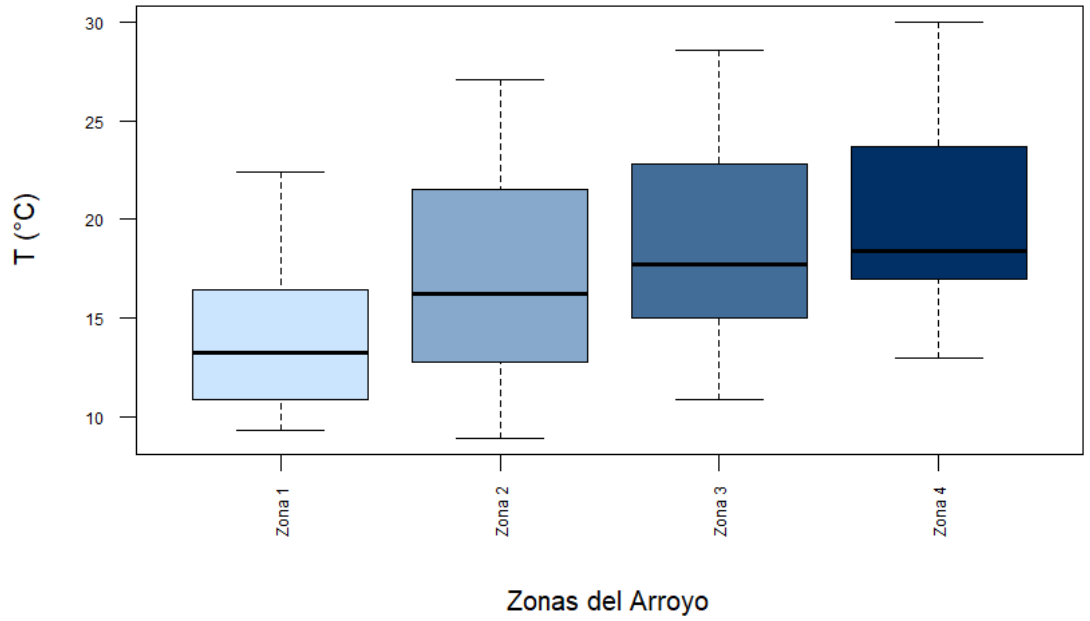
Fuente: DFA. Elaboración propia a partir de informes de resultados emitidos por CIS - FCEIA UNR.

Gráfico 12. Variación Mediana de Temperatura en las Zonas del Arroyo



Fuente: DFA. Elaboración propia a partir de informes de resultados emitidos por CIS - FCEIA UNR.
Referencia: Líneas punteadas establecen los límites indicados por la Resolución 283/2019 para los distintos usos del arroyo.

Gráfico 13. Diagrama de Caja Temperatura para las Zonas del Arroyo



Fuente: DFA. Elaboración propia a partir de informes de resultados emitidos por CIS - FCEIA UNR.

Finalmente, el Gráfico 14 muestra la evolución estacional de la mediana de la temperatura del agua entre los años 2022 (sólo primavera) y 2025 en las cuatro zonas del arroyo. El análisis permite identificar patrones de comportamiento térmico y diferencias interanuales relevantes.

En Zona 1, los datos disponibles son escasos y limitados a algunas estaciones del año, lo que dificulta una evaluación completa. Sin embargo, se observa que la temperatura mínima se registra en invierno (alrededor de 10 °C), mientras que en primavera asciende a valores cercanos a los 14–15 °C. La falta de datos en verano y otoño impide caracterizar adecuadamente la amplitud térmica anual en esta zona.

En Zona 2, se observa un patrón estacional bien definido. Sin embargo, en 2023 se advierte una mayor amplitud térmica estacional entre invierno y primavera, con mayor temperatura en esta última que en verano del mismo año y del siguiente. En 2025 sólo se dispone del dato correspondiente al otoño, que se encuentra por debajo del promedio de los otros años para sectores 3 y 4.

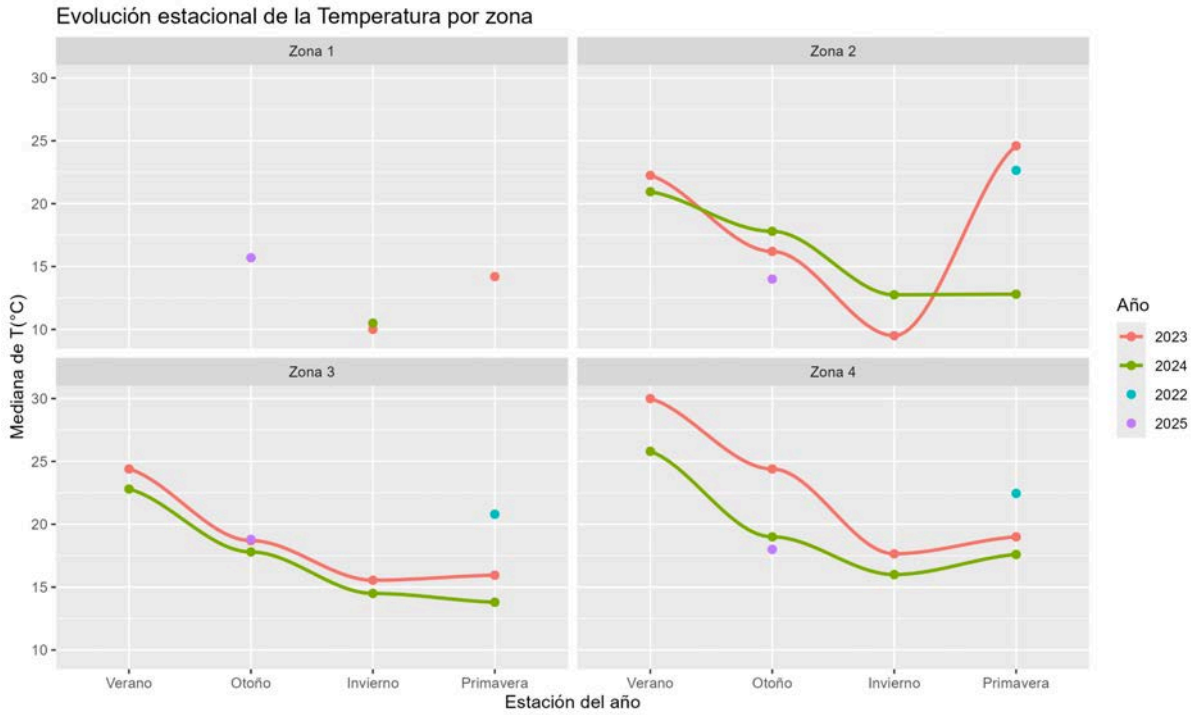
La Zona 3 presenta una menor variabilidad térmica entre años. La evolución estacional es regular: las temperaturas descienden progresivamente desde verano (~23–30 °C) hasta invierno (~14–16 °C), con una leve recuperación en primavera.

En Zona 4, también se observa una estacionalidad clara, con máximas en verano (~25–30 °C) y mínimas en invierno (~15 °C). En todos los años considerados, se advierte una marcada disminución térmica desde verano al invierno y una recuperación moderada en primavera. Se destacan algunas diferencias interanuales: por ejemplo, en 2023 las temperaturas fueron superiores a las registradas en 2024.

En términos generales, todas las zonas presentan un patrón estacional típico, con temperaturas más elevadas en verano y más bajas en invierno. Se manifiesta una variabilidad interanual con temperaturas mayores en 2023 para las Zonas 3 y 4. Excepto la Zona 1 que muestra importantes

limitaciones por ausencia de registros en varias estaciones, los demás sectores presentan buena cobertura de datos, lo que permite una interpretación más completa.

Gráfico 14.



Fuente: DFA. Elaboración propia a partir de informes de resultados emitidos por CIS - FCEIA UNR.

En síntesis, el comportamiento térmico del arroyo durante el período 2022–2025 evidenció una marcada estacionalidad, con temperaturas más elevadas en verano y más bajas en invierno, manteniéndose siempre dentro de los límites establecidos por la Resolución ACUMAR 283/2019 para los usos I, III y IV.

Si bien se observaron diferencias térmicas entre puntos y zonas, en general, las temperaturas fueron relativamente homogéneas tanto espacial como temporalmente. Las variaciones más notorias se registraron en los sectores aguas abajo y durante los meses más cálidos, aunque sin valores extremos que indiquen situaciones de riesgo térmico para la biota acuática.

La estadística descriptiva y los gráficos por punto y por zona permitieron identificar sectores con mayor estabilidad térmica y otros con mayor amplitud, posiblemente vinculados a condiciones ambientales locales o al horario de muestreo. Estos hallazgos aportan información relevante para comprender la dinámica térmica del sistema y su influencia sobre otros parámetros de calidad del agua.

Sustancias Solubles en Éter Etílico

Para evaluar la presencia de aceites, grasas polares y compuestos no polares en agua se utiliza el parámetro de SSEE[13] (Sustancias Solubles en Éter Etílico). Estos compuestos, comúnmente utilizados en diversas actividades humanas, pueden provenir de descargas industriales, efluentes domiciliarios y/o derrames de hidrocarburos. Su presencia en cursos de agua puede provocar la formación de películas superficiales que interfieren con el intercambio gaseoso entre el aire y el agua, alterando la oxigenación y generando efectos adversos sobre los organismos presentes.

Se adoptó un umbral de referencia < 5 mg/l, fundamentado en el limite de detección del método SS 5520 B que utiliza el CIS y en la exigencia de la Resolución ACUMAR 283/2019 de que no debe detectarse aceites minerales, vegetales ni grasas para ninguno de los usos previstos. Este criterio coincide con normativas internacionales (Brasil, República Dominicana, Texas, Alaska). Se asume que valores superiores pueden generar películas oleosas visibles, interferir en la oxigenación y afectar la biota acuática.

Análisis por Sitio de Muestreo

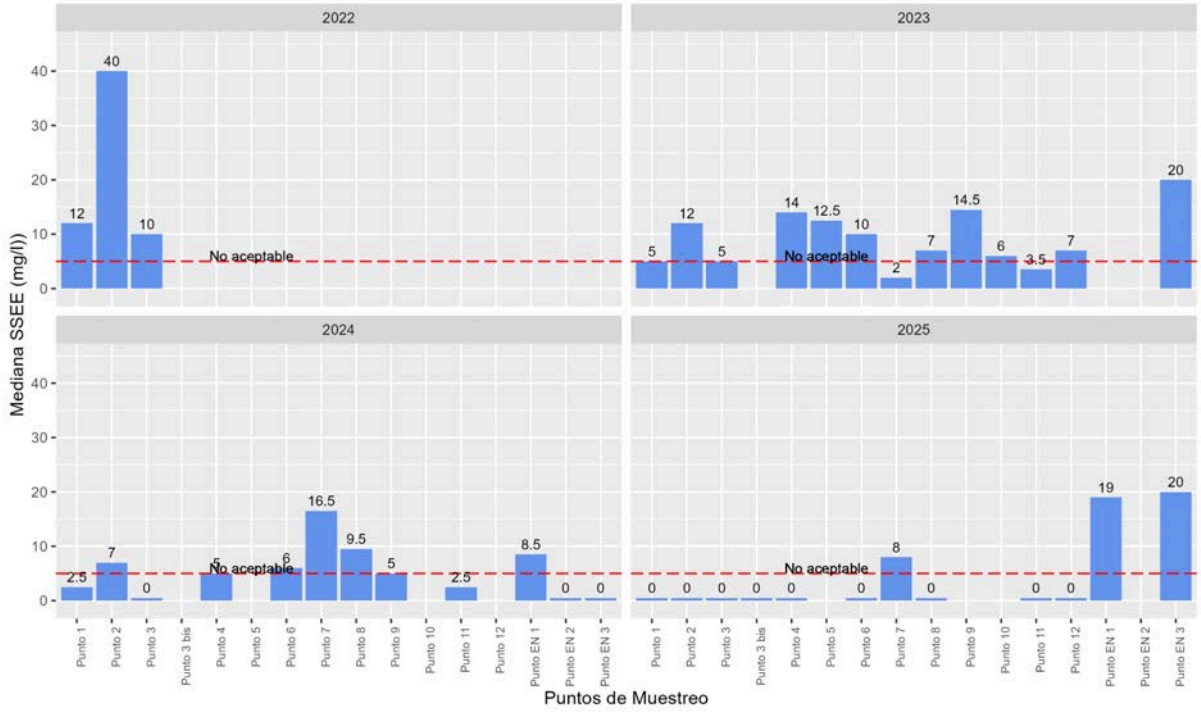
En el total de las muestras del período en estudio, la mediana alcanza los 5 mg/l, el primer cuartil indica que el 25% de los valores se ubican por debajo del límite de detección y el tercer cuartil que el 75% se encuentran por debajo de 14,7 mg/l. Los valores fluctúan entre menores al límite de detección y 210 mg/l (Anexo II). El valor mínimo se registró en los puntos 7 (marzo, julio y agosto 2023) y 3 (octubre 2022), cercanos a la desembocadura en el río Paraná. El máximo, en los puntos 4 y 8 (mayo 2023), se considera un valor atípico (Gráfico 16).

El análisis por punto de muestreo (Anexo IV, Gráficos 15 y 16) revela alta dispersión de concentraciones, con varios sitios muy por encima del límite adoptado, lo que indica que en esos sectores las comunidades acuáticas podrían verse afectadas.

Puntos como el 2, 7 y EN 3 muestran medianas y máximos elevados, sugiriendo aportes localizados de origen industrial y/o domiciliario. En cambio, puntos como EN 1, 10 y 3 bis presentan bajas medianas y escasa dispersión, probablemente debido a un número reducido de mediciones.

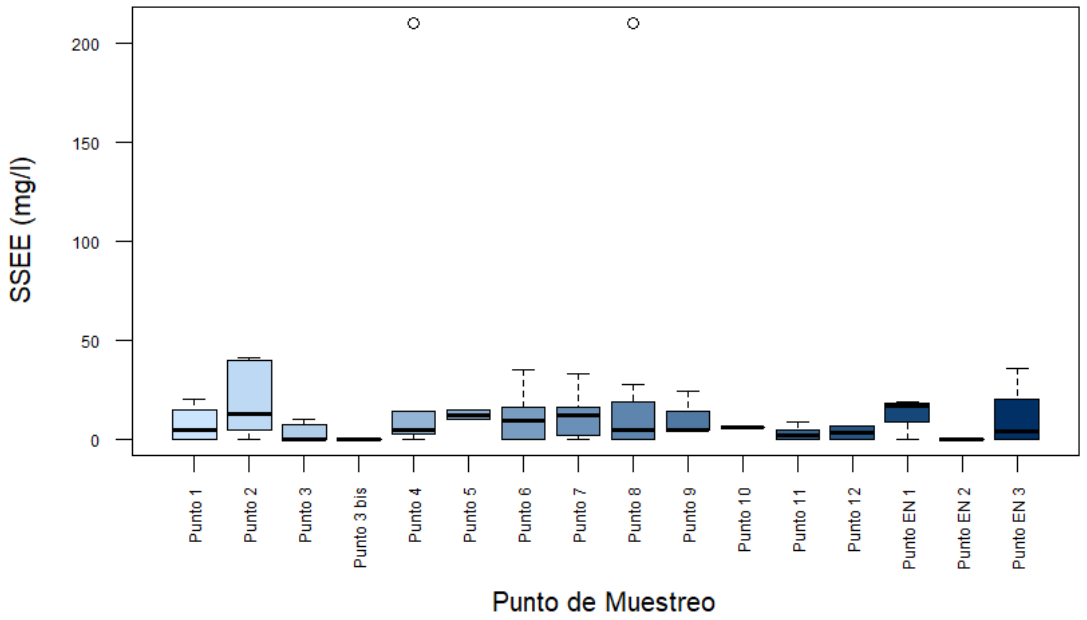
[13] El éter etílico es un solvente orgánico apolar ampliamente utilizado por su capacidad para disolver una variedad de sustancias no polares y levemente polares, tales como: lípidos y grasas (aceites, fosfolípidos, ceras de origen vegetal y animal), hidrocarburos (como ciclohexano, benceno y tolueno), y otros compuestos orgánicos no polares (aceites esenciales, compuestos aromáticos, alcoholes grasos, aldehídos y cetonas). Esta propiedad lo convierte en el solvente de referencia para la determinación de SSEE, ya que permite extraer y cuantificar dichos compuestos presentes en muestras de agua. (APHA (2017), *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, método 5520 B; IRAM 29002)

Gráfico 15. Medianas anuales de SSEE por Puntos de Muestreos



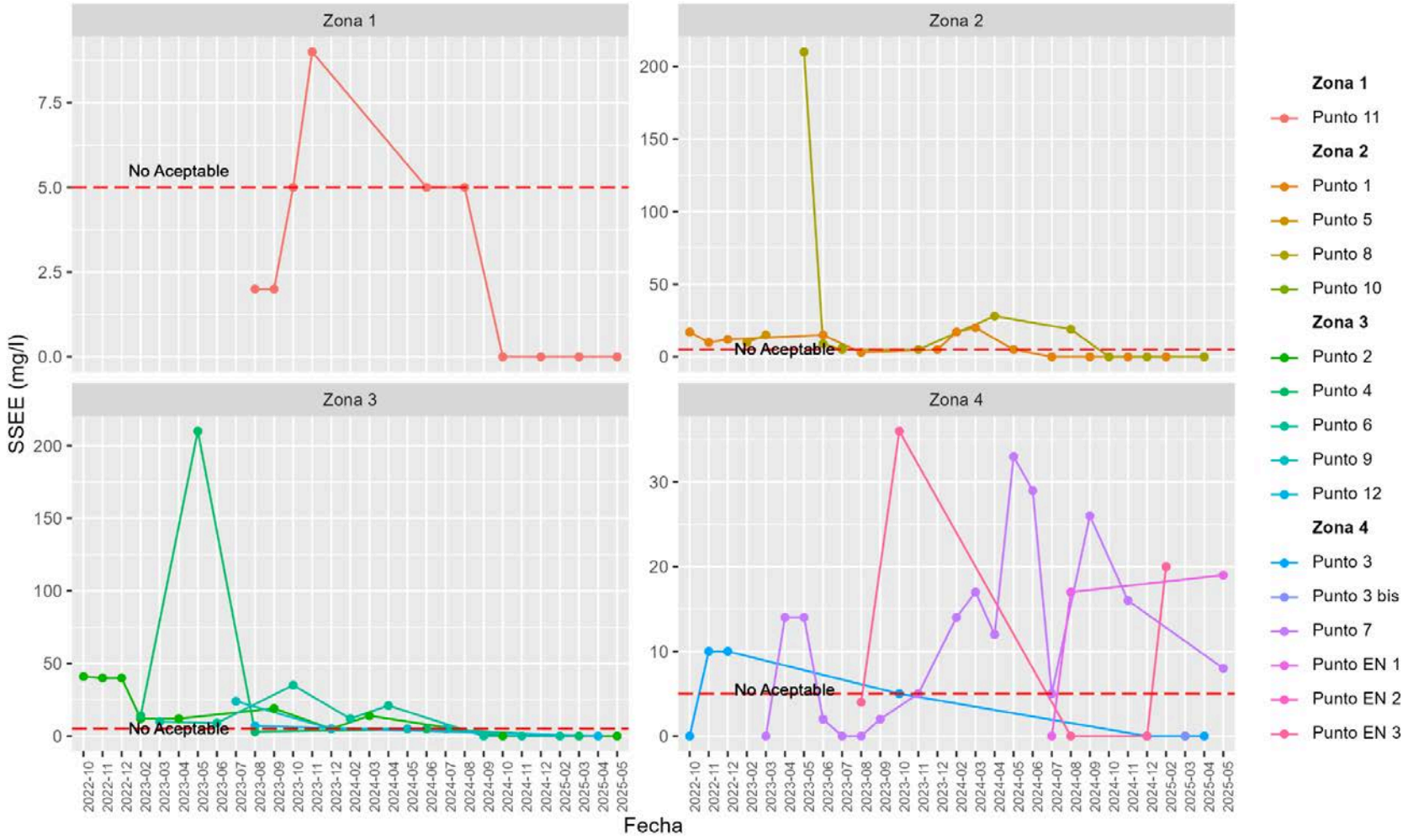
Fuente: DFA. Elaboración propia a partir de informes de resultados emitidos por CIS - FCEIA UNR.
Referencia: Líneas punteadas establecen el límite adoptado.

Gráfico 16. Diagrama de Caja SSEE min (mg/l)



Fuente: DFA. Elaboración propia a partir de informes de resultados emitidos por CIS - FCEIA UNR

Gráfico 17. Variación SSEE en Zonas de Estudio



Fuente: DFA. Elaboración propia a partir de informes de resultados emitidos por CIS - FCEIA UNR.
Referencia: Líneas punteadas establecen el límite adoptado.

Análisis por Zona

El Gráfico 17 muestra la evolución temporal por zonas teniendo en cuenta los sitios de muestreo de cada una. Se observa un incremento de SSEE desde la Zona 1 hacia las zonas 2 y 3, con mayor variabilidad en estas últimas y un leve descenso hacia la desembocadura (Zona 4). Esto sugiere episodios críticos en zonas intermedias, con arrastre aguas abajo pese a la atenuación natural. La Zona 1 mantiene valores bajos y estables salvo un pico en 2023 (Punto 11). En las zonas 2, 3 y 4, las fluctuaciones son marcadas, indicando fuentes de contaminación intermitentes o eventuales.

De acuerdo al Cuadro 4, todas las zonas presentan elevada heterogeneidad en los datos, siendo más alta en las zonas 2 y 3, donde también se observan los máximos históricos.

El Gráfico 18, con las medianas anuales por zona, indica que en 2022 las zonas 2, 3 y 4 excedieron el límite adoptado, en 2023 sólo las zonas medias lo superaron, y en 2024–2025 se aprecia una tendencia a la baja, con muchas zonas por debajo del límite, aunque la Zona 4 continúa con valores levemente superiores, (13 mg/l, y 6,5 mg/l respectivamente).

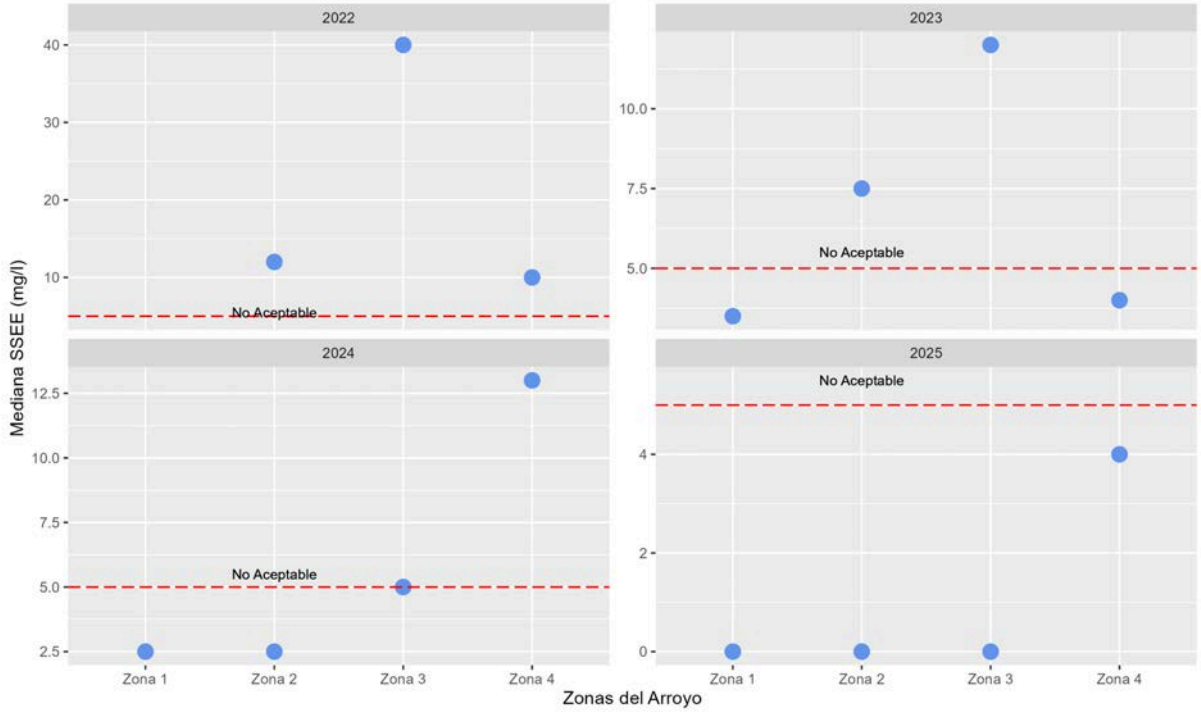
En el Gráfico 19, el diagrama de caja por zona confirma una distribución asimétrica y la presencia de valores atípicos marcados (>200 mg/l en zonas 2 y 3). Las zonas 2, 3 y 4 muestran concentraciones más altas y dispersas que la zona 1, que mantiene valores consistentemente bajos, lo que podría indicar menor impacto antrópico.

Cuadro 4. Medidas de Tendencia Central, de Posición y de Dispersión de SSEE por Zona

Zona	Media	Mediana	Máximo	Mínimo	Rango	1° Cuartil	2° Cuartil	Desvío Estándar	Coeficiente Variación
Zona 1	2,8	2,0	9,0	< LD	–	< LD	5,0	3,1	1,1
Zona 2	16,4	6,0	210,0	< LD	–	< LD	15,0	41,1	2,5
Zona 3	18,9	9,0	210,0	< LD	–	3,0	19,0	38,9	2,1
Zona 4	9,4	5,0	36,0	< LD	–	< LD	15,5	10,5	1,1

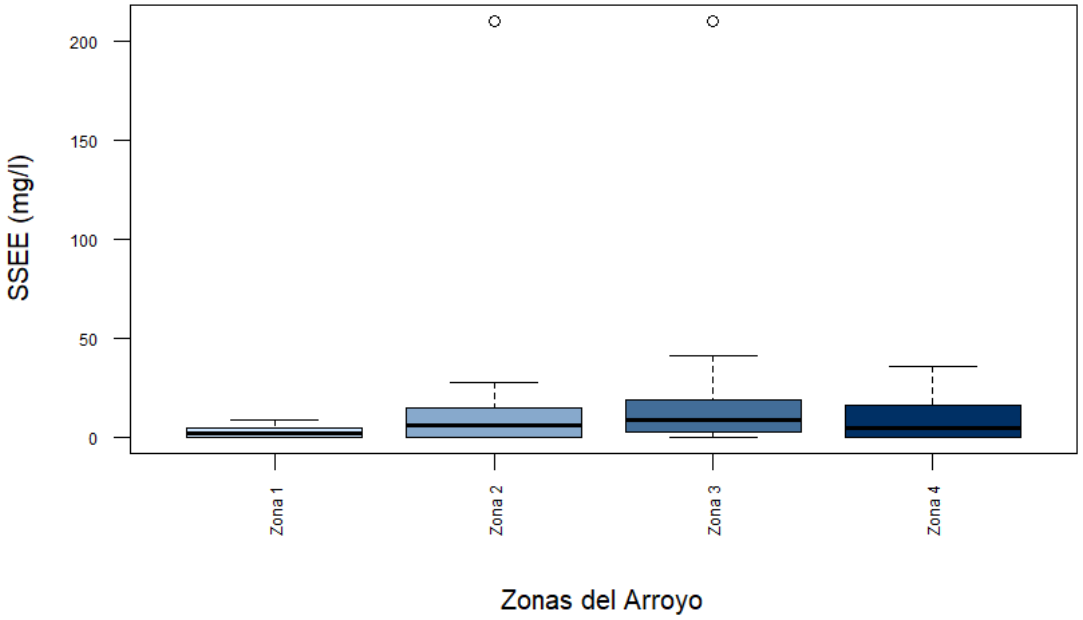
Fuente: DFA. Elaboración propia a partir de informes de resultados emitidos por CIS - FCEIA UNR.
Referencia: < LD, indica que el valor es menor al límite de detección.

Gráfico 18. Variación mediana de SSEE en las Zonas del Arroyo



Fuente: DFA. Elaboración propia a partir de informes de resultados emitidos por CIS - FCEIA UNR.
Referencia: Líneas punteadas establecen el límite adoptado.

Gráfico 19. Diagrama de Caja SSEE para las Zonas del Arroyo



Fuente: DFA. Elaboración propia a partir de informes de resultados emitidos por CIS - FCEIA UNR.

El Gráfico 20 expone la evolución estacional de la mediana de las concentraciones de SSEE en el curso de agua entre los años 2022 (sólo primavera) y 2025 en las cuatro zonas del arroyo. En

Zona 1, los datos disponibles son escasos y limitados a algunas estaciones del año, lo que dificulta una evaluación completa.

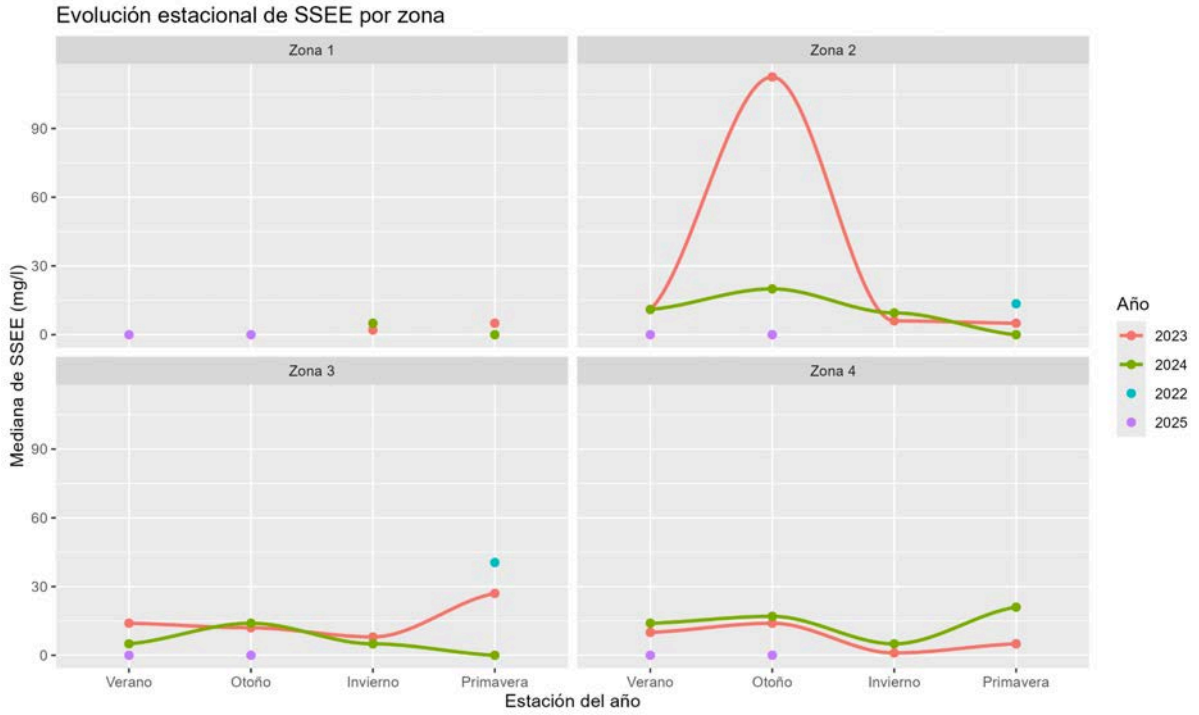
Se destaca el otoño de 2023 en Zona 2, con una mediana cercana a 100 mg/l, muy por encima del valor adoptado como guía (<5 mg/l). Se observa, un pico anómalo (Punto 8) respecto al resto de los años y estaciones. En 2024, las concentraciones también son elevadas, pero dentro de un rango más estable (20 mg/l en otoño).

La Zona 3 presenta incrementos en otoño y primavera de 2023, aunque sin alcanzar los valores extremos de la Zona 2. En 2024, la estación estival presenta valores más bajos que en 2023, mientras que en otoño las concentraciones apenas superan las del año anterior y se reducen significativamente en la estación invernal y durante la primavera. Esta reducción se mantiene en 2025.

En la Zona 4, se advierte un comportamiento estacional más heterogéneo con valores elevados en primavera de 2024 (21 mg/l) y descendiendo en las estaciones analizadas en 2025.

Por lo anterior, se evidencia una influencia estacional clara en algunas zonas, que podrían coincidir con posibles incrementos en descargas o escorrentía urbana. El año 2023 se destaca como el más crítico, especialmente en la Zona 2. Se observan mejoras en 2024–2025.

Gráfico 20.



Fuente: DFA. Elaboración propia a partir de informes de resultados emitidos por CIS - FCEIA UNR.

En síntesis, aunque entre enero 2024 y mayo 2025 se observa una mejora del parámetro en la calidad del agua, persisten eventos puntuales de alta contaminación, lo que hace necesario mantener el monitoreo y aplicar controles focalizados en los puntos y zonas críticas detectadas.

Sólidos en Suspensión

Los sólidos en suspensión son partículas presentes en el agua que no están disueltas y están asociados a arcillas, limos, materia orgánica finamente dividida, plancton y otros microorganismos. Se clasifican en sedimentables y no sedimentables. Los sólidos sedimentables son aquellos que decantan cuando el agua se deja reposar y permiten estimar la cantidad de sedimento que se depositaría en procesos de decantación.

Dado que las partículas en suspensión presentan diferentes tamaños y velocidades de sedimentación se emplean tiempos de referencia que permiten distinguir entre fracciones de sólidos de distinta naturaleza. En el monitoreo se utilizan principalmente los parámetros sólidos sedimentables en 10 minutos (SS 10 minutos) y en 2 horas (SS 2 horas) y sólidos suspendidos totales (SST) que representan la suma de sólidos presentes en el agua. Valores elevados de SST indican una mayor presencia de sólidos en suspensión que pueden sedimentarse en el fondo de los cuerpos de agua, disminuyendo la transferencia de oxígeno y pudiendo provocar la muerte de organismos enterrados bajo esta capa.

Bilotta & Brazier (2008), en su revisión sobre los efectos de los sólidos suspendidos en organismos acuáticos, señalan que las concentraciones de SST pueden variar entre 10 y 1700 mg/l dependiendo del nivel de perturbación ambiental. Así, advierten efectos adversos de SST en organismos acuáticos y destacan que la mayoría de cuerpos de agua naturales saludables presentan niveles muy por debajo de 100 mg/l. Dado que no proponen un umbral único y teniendo en cuenta lo descrito por Chapman (1996), que indica que valores entre 1–25 mg/l implican aguas no contaminadas; entre 25–80 mg/l condiciones intermedias y, a partir de 100 mg/l contaminación alta o escorrentía intensa, a los efectos del análisis de esta variable, se adoptan los siguientes criterios de aceptabilidad:

- ≤ 25 mg/l: Aceptable
- > 25 y ≤ 100 mg/l: Medianamente aceptable
- > 100 mg/l: No aceptable

Análisis por Sitio de Muestreo

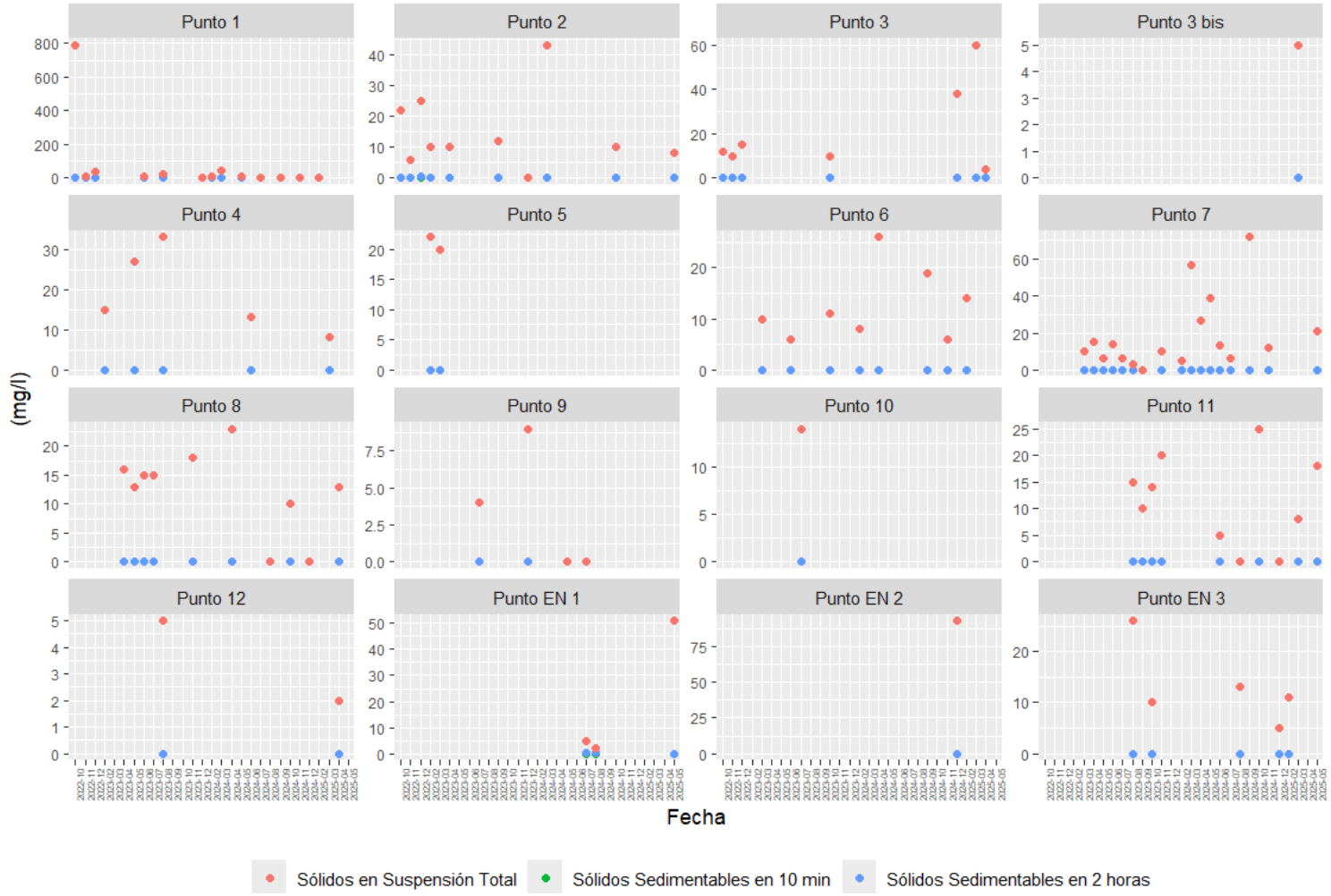
En el conjunto total de muestras, la mediana de SST alcanza los 11 mg/l.El primer cuartil implica que el 25% son inferiores a 6 mg/l y mientras que el tercer cuartil muestra que el 75% de los registros se ubican por debajo de 19,5 mg/l.

Del Anexo II y del Gráfico 21 se observa que tanto los valores de SS 10 minutos como los de SS 2 resultan en la mayoría de los casos ≤ 1 mg/l, lo que genera superposición entre ambas variables. En cuanto a los SST, los valores fluctúan entre valores menores a 2 y 790 mg/l, siendo el máximo registrado en Punto 1[14], octubre de 2022, considerado un valor atípico. El mínimo se encuentra en Punto 2 (diciembre 2023), Punto 9 (mayo 2024) y Punto 8 (agosto 2024).

Del análisis de las medidas de tendencia central por sitio analizado (Anexo IV) se deduce que las concentraciones de SST presentan, en general, una alta dispersión, siendo el Punto 1 el de mayor variabilidad. Los gráficos 22 y 23 muestran que las medianas anuales por puntos se mantienen mayormente por debajo de 25 mg/l, aunque se registran concentraciones atípicas en Puntos 1, 3, 7, 8 y EN 3, con valores que sobresalen respecto al resto.

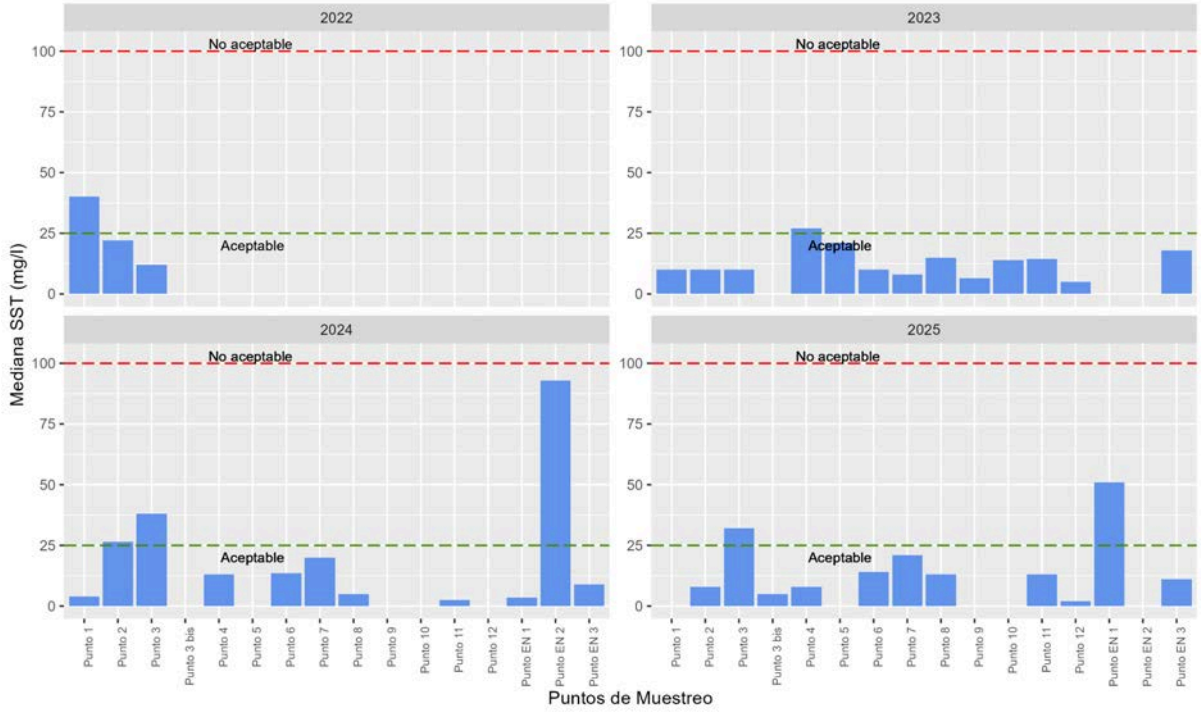
[14] Ver fotografías en registro de campo para esa fecha en sitio oficial del Municipio de Rosario, en el apartado *"Registros de Campo - Arroyo Ludueña"* del portal de Rosario daros: https://datos.rosario.gob.ar/territorio/ambiente/calidad-ambiental/agua/cuerpos-de-aguas-superficiales/arroyo-luduena.

Gráfico 21. Variación de Sólidos en Suspensión para los Puntos de Muestreo



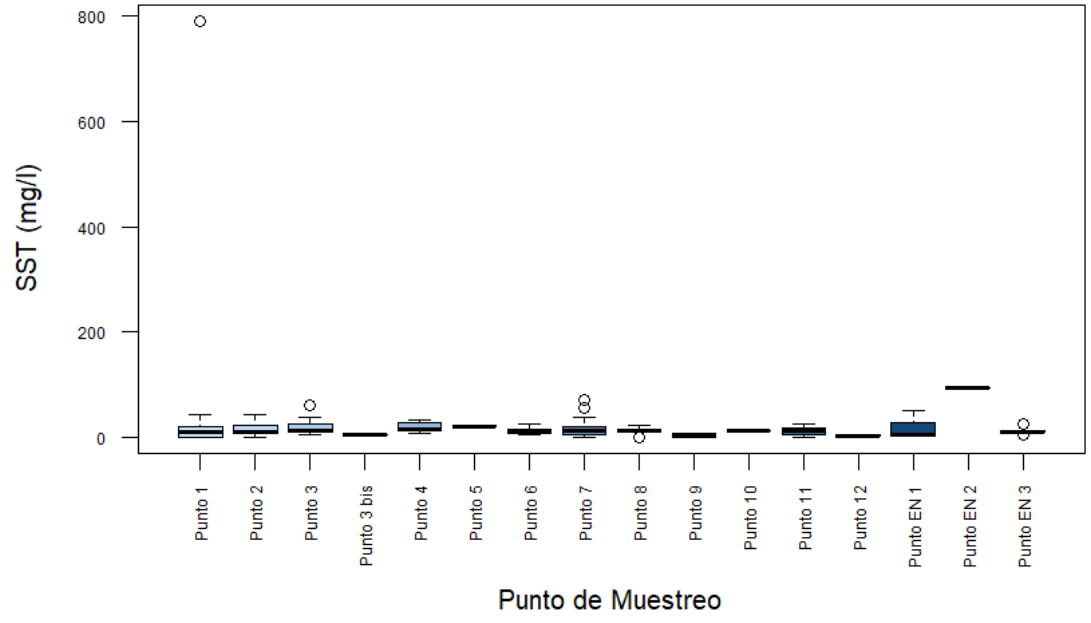
Fuente: DFA. Elaboración propia a partir de informes de resultados emitidos por CIS - FCEIA UNR
Observación: dado que los valores de SS 10 min y SS 2 horas son coincidentes, en la mayoría de los casos, los primeros no se visualizan al encontrarse superpuestos.

Gráfico 22. Medianas anuales de SST por Puntos de Muestreos



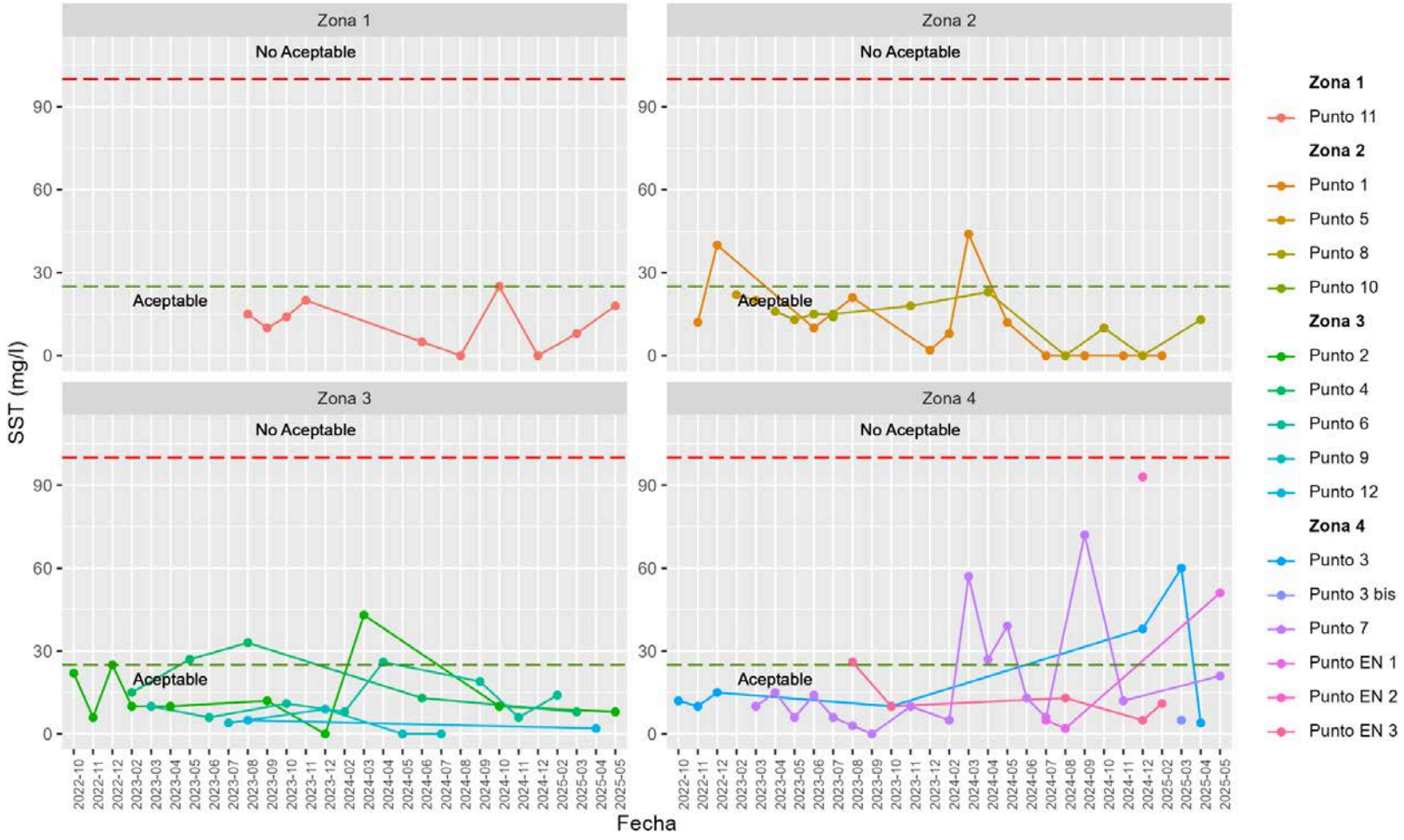
Fuente: DFA. Elaboración propia a partir de informes de resultados emitidos por CIS - FCEIA UNR.
Referencia: Líneas punteadas establecen los Límites adoptados.

Gráfico 23. Diagrama de Caja SST (mg/l)



Fuente: DFA. Elaboración propia a partir de informes de resultados emitidos por CIS - FCEIA UNR

Gráfico 24. Variación SST en Zonas de Estudio



Fuente: DFA. Elaboración propia a partir de informes de resultados emitidos por CIS - FCEIA UNR.
Observación: Para que pueda apreciarse mejor la gráfica, se eliminó el valor máximo de 790 mg/l arrojado en el Punto 1 (Zona 2) en octubre de 2022).
Referencia: Líneas punteadas establecen el límite adoptado.

Análisis por Zona

Al considerar la evolución temporal por zonas (Gráfico 24 y Cuadro 5) se destaca que la Zona 1 presenta una dispersión moderada con valores consistentes menores o iguales a 25 mg/l, lo que sugiere una calidad de agua aceptable. La Zona 2 es la más variable, con resultado extremo y anómalo como el de octubre de 2022 en el Punto 1 Zona 2[15]. Las zonas 3 y 4, también presentan alta dispersión pero en menor cuantía que la Zona 2, con valores intermedios (25–100 mg/l) durante ciertos períodos, especialmente en 2024–2025.

Cuadro 5. Medidas de Tendencia Central, de Posición y de Dispersión de SST por Zona

Zona	Media	Mediana	Máximo	Mínimo	Rango	1° Cuartil	2° Cuartil	Desvío Estándar	Coeficiente Variación
Zona 1	11,5	12,0	20,0	< LD	–	6,2	14,7	6,0	0,5
Zona 2	43,0	13,0	790,0	< LD	–	3,5	19,5	152,8	3,6
Zona 3	12,5	10,0	43,0	< LD	–	6,0	15,0	10,3	0,8
Zona 4	20,2	11,5	93,0	< LD	–	6,0	24,8	22,3	1,1

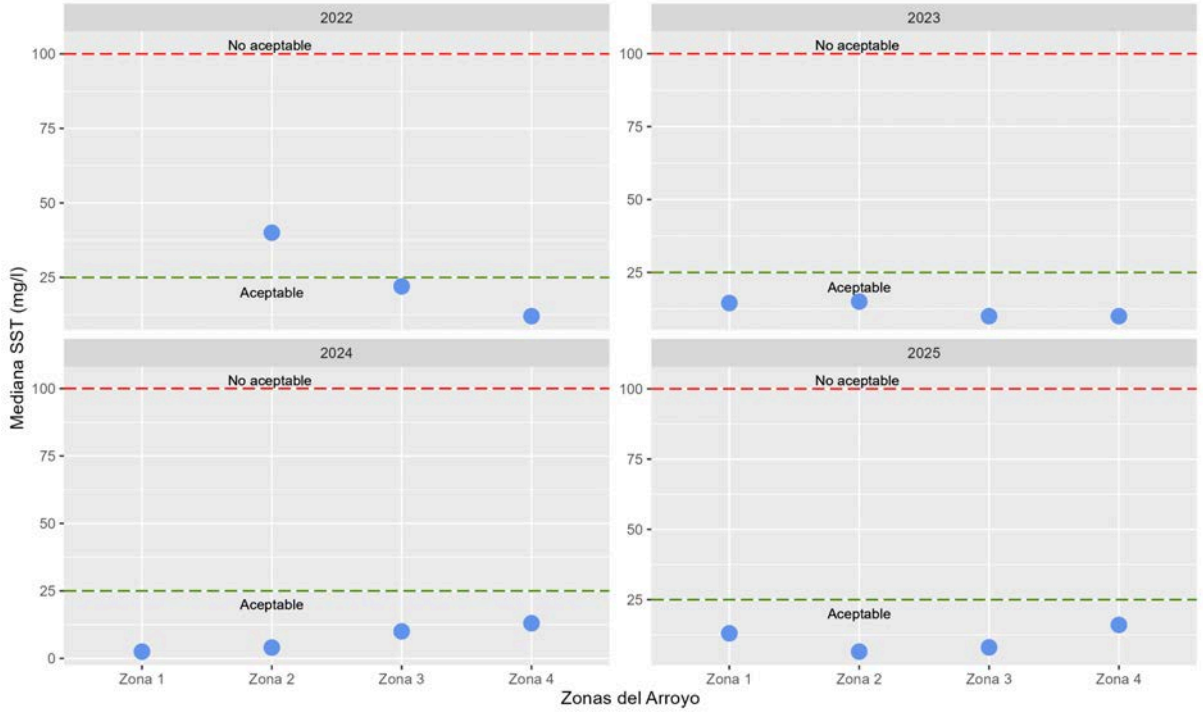
Fuente: DFA. Elaboración propia a partir de informes de resultados emitidos por CIS - FCEIA UNR.
Referencia: < LD, indica que el valor es menor al límite de detección.

Respecto de las medianas por sector del arroyo (Gráfico 25), en 2022 y 2023 fueron más altas en los tramos iniciales y disminuyeron hacia la desembocadura en el Paraná. En 2024 se observó un un aumento progresivo de SST hacia la desembocadura, lo que podría indicar un aporte de efluentes. En 2025, las medianas se incrementaron en la Zona 1, mientras que en las zonas 2 y 3 se mantuvieron más homogéneas, con un nuevo aumento en la Zona 4.

En síntesis, todas las zonas presentan concentraciones por debajo del límite de aceptabilidad adoptado, con excepción de la Zona 2, Punto 1, octubre 2022, que representa un evento excepcional si se compara con el resto de los registros en ese punto. No obstante, las zonas 2, 3 y 4, según el Gráfico 26, muestran algunos valores atípicos que reflejan alta dispersión temporal, lo que refuerza la necesidad de un seguimiento constante.

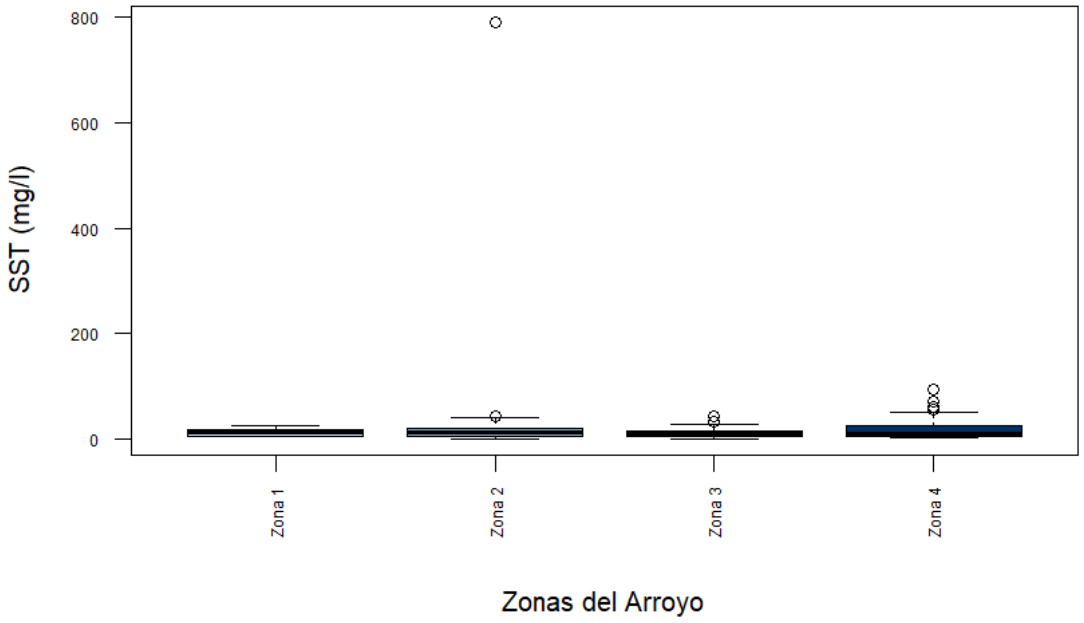
[15] Este punto se eliminó del gráfico para una mejor visualización del mismo.

Gráfico 25. Variación mediana de SST en las Zonas del Arroyo



Fuente: DFA. Elaboración propia a partir de informes de resultados emitidos por CIS - FCEIA UNR.
Referencia: Líneas punteadas establecen el límite adoptado.

Gráfico 26. Diagrama de Caja SST para las Zonas del Arroyo

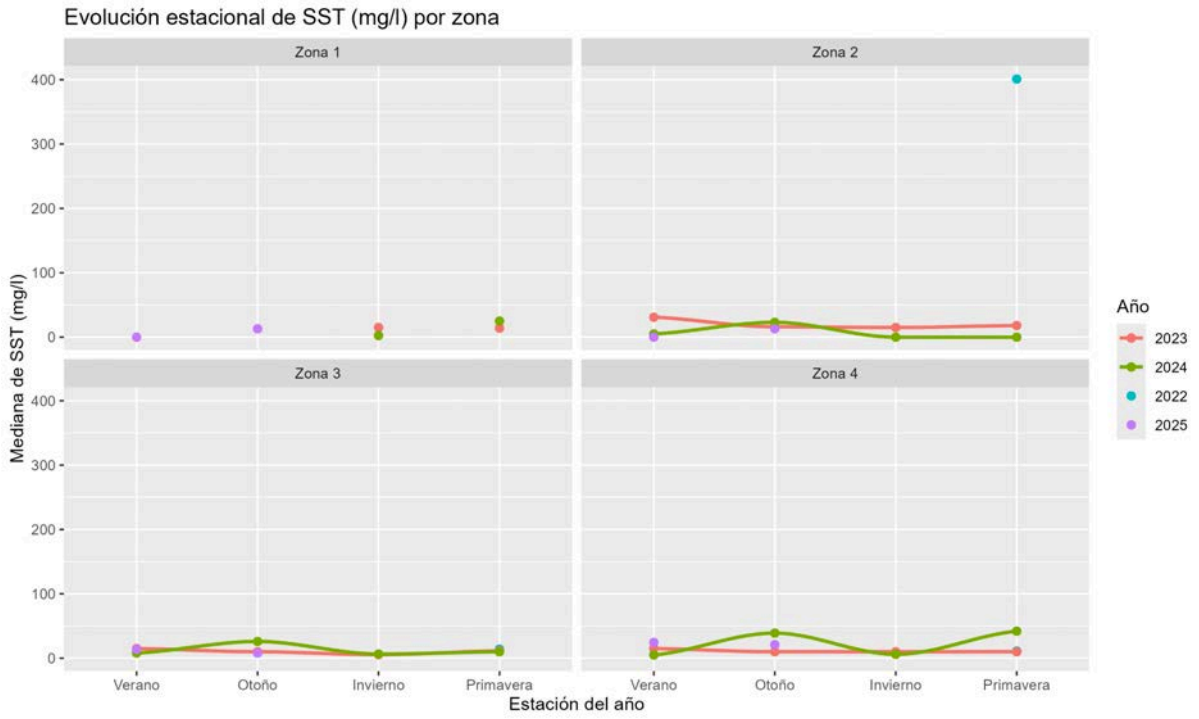


Fuente: DFA. Elaoración propia a partir de informes de resultados emitidos por CIS - FCEIA UNR.

En el Gráfico 27 se exhibe la evolución estacional de la mediana de las concentraciones de SST en el arroyo entre los años 2022 (sólo primavera) y 2025, considerando las cuatro zonas de muestreo.

En Zona 1, la información es limitada a algunas estaciones, lo que dificulta una evaluación completa.
La Zona 2 presenta la mayor dispersión, con un valor atípico muy elevado en 2022 (posible evento puntual o excepcional), seguido de una mayor estabilidad en los años posteriores.
La Zona 3 se caracteriza por una tendencia estable, aunque con un incremento estacional en otoño de 2024.
En la Zona 4, las medianas de SST se mantienen relativamente bajas, similares a las de las zonas 1 y 3, mostrando valores consistentes entre 2023 y 2025, con algunos picos registrados en otoño y primavera de 2024.
En términos generales, se observa cierta estabilidad en todas las zonas, con concentraciones más altas en otoño y primavera, y valores más bajos en verano e invierno. El año 2024 se destaca por mostrar registros más consistentes en casi todas las zonas evaluadas.

Gráfico 27.



Fuente: DFA. Elaboración propia a partir de informes de resultados emitidos por CIS - FCEIA UNR.

Para resumir, la mayoría de los puntos y zonas del arroyo presentan concentraciones de SST dentro del rango aceptable (< 25 mg/l), lo que indica una buena calidad de agua. El único registro extremadamente alto se observó en la Zona 2, durante octubre de 2022 en el Punto 1, lo que sugiere un episodio puntual asociado a contaminación temporal o a un evento natural excepcional. Esta zona, además, evidencia la mayor dispersión de valores, por lo que requiere un seguimiento más detallado. En contraste, las zonas 1, 3 y 4 exhiben un comportamiento más estable, con medianas anuales consistentemente por debajo del límite de aceptabilidad

adoptado, lo que refleja menor influencia de aportes externos y una calidad de agua en general adecuada.
Finalmente, la variabilidad estacional y temporal detectada parece responder principalmente a factores ambientales (lluvias, escorrentías, cambios de temperatura) y, en menor medida, a posibles descargas de efluentes. No obstante, no se advierten tendencias de contaminación sostenida en la mayoría de las zonas del arroyo.

Demanda Biológica de Oxígeno (DBO)

La medida de la DBO (demanda biológica o bioquímica de oxígeno) constituye un indicador indirecto de la cantidad de oxígeno disuelto que los microorganismos requieren para degradar la materia orgánica presente en una muestra. Este parámetro no discrimina la composición de dicha materia, la cual es heterogénea y se encuentra conformada principalmente por proteínas, carbohidratos y lípidos, así como por sus productos de degradación: aminoácidos, monosacáridos, hidrocarburos, ácidos grasos, alcoholes y pigmentos de origen vegetal, entre otros.
En consecuencia, permite evaluar el grado de contaminación por compuestos orgánicos biodegradables: a mayor concentración de este parámetro, mayor es la demanda de oxígeno necesaria para la descomposición de la carga orgánica.
De acuerdo con Elia Dazat (2017), se definen tres rangos de concentración de DBO: bajo (0–3 mg/l), medio (3–10 mg/l) y alto (más de 10 mg/l). En paralelo, la Resolución ACUMAR 283/2019, adoptada como criterio de aceptabilidad, establece umbrales de aptitud según uso: menos de 5 mg/l para la protección de la biota acuática y actividades recreativas con contacto directo (Uso I), y menos de 15 mg/l para actividades recreativas sin contacto directo (Uso III) y/o actividades pasivas (Uso IV).

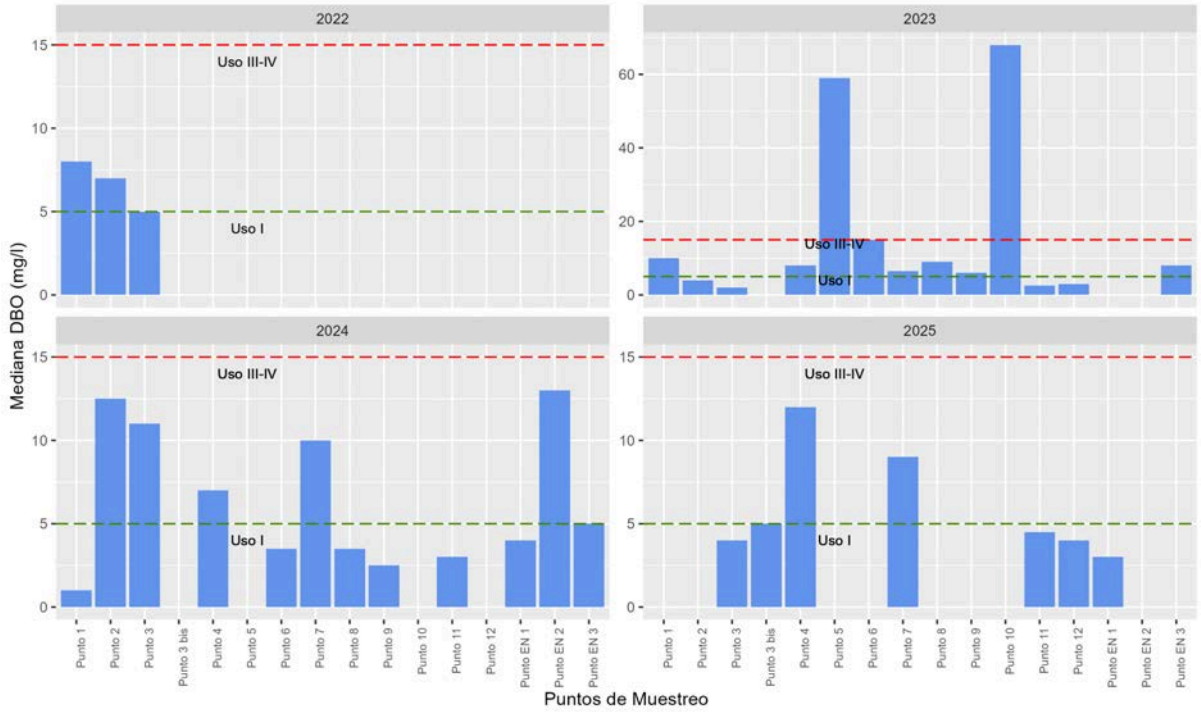
Análisis por Sitio de Muestreo

Durante el período analizado, los valores de DBO presentaron una notable dispersión. La mediana general alcanzó los 5 mg/l, con un primer cuartil de 3 mg/l y un tercer cuartil de 9 mg/l. Los registros oscilaron entre valores mínimos inferiores a 2 mg/l y un máximo de 95 mg/l. Los mínimos se detectaron en distintos puntos entre 2023 y 2024 (Puntos 1, 6, 7, 9 y EN 1), mientras que el máximo se registró en marzo de 2023 en el Punto 5, con un incremento respecto al mes previo (Anexo IV y Gráfico 29). Asimismo, en julio de 2023 los Puntos 8 y 10 mostraron diferencias marcadas: 24 y 68 mg/l respectivamente, lo que representa un aumento superior al 150%. Cabe destacar que el monitoreo en el Punto 10 no pudo sostenerse por dificultades de acceso y condiciones de seguridad.
El análisis de dispersión (Anexo IV) evidencia que, salvo en el Punto 12, los sitios de muestreo presentan heterogeneidad moderada a alta, reflejada en la presencia de valores atípicos (Gráfico 29). Al comparar las medianas anuales (Gráfico 28), se observa que 2023 fue el año más crítico, con elevada variabilidad y valores extremos, destacándose los Puntos 6 y 10 con medianas superiores a 60 mg/l, muy por encima del umbral de Uso III–IV. En contraste, en 2022 las concentraciones fueron relativamente bajas (2–7 mg/l), todas por debajo del límite de 15 mg/l, aunque algunos puntos superaron el umbral de Uso I. En 2024 se evidencia cierta mejora

respecto a 2023, aunque persistieron focos problemáticos en los puntos 2, 3, 7 y EN 2 cuyas medianas se ubican próximas al límite de Uso III - IV, aunque considerablemente menores a los picos de 2023. Asimismo, los puntos 4 y EN 3 registran concentraciones alrededor del umbral establecido para Uso I.

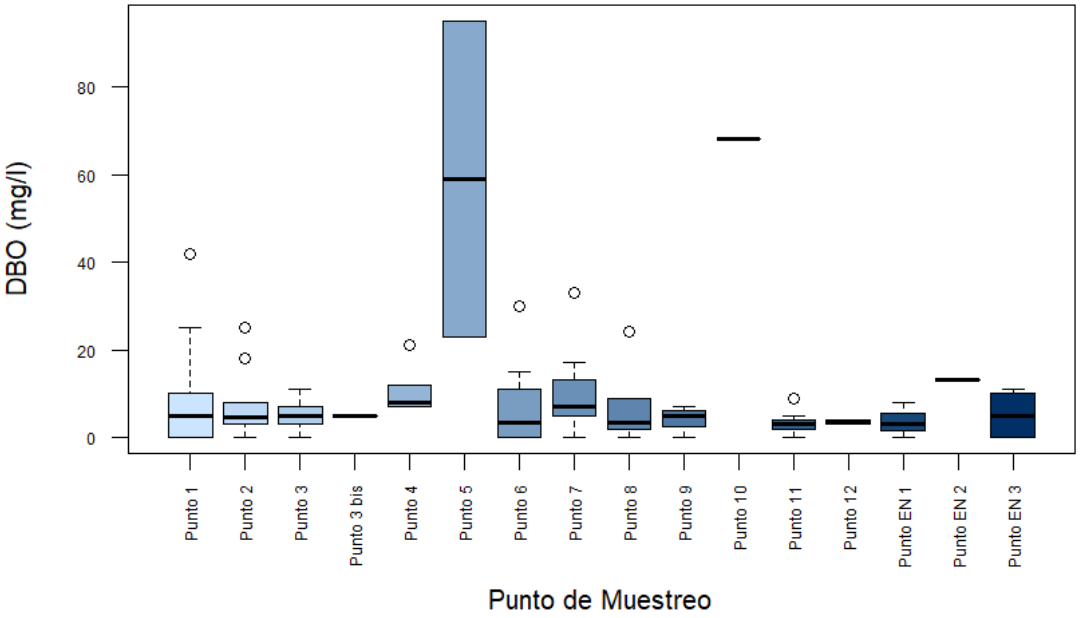
Finalmente, en 2025 las concentraciones muestran una tendencia descendente y más homogénea, aunque aún se registran medianas superiores al límite de Uso I en los Puntos 4 y 7; debe señalarse que los datos de este año sólo abarcan hasta mayo.

Gráfico 28. Medianas anuales de DBO por Puntos de Muestreos



Fuente: DFA. Elaboración propia a partir de informes de resultados emitidos por CIS - FCEIA UNR.
Referencia: Líneas punteadas establecen los límites indicados por la Resolución 283/2019 para los distintos usos del arroyo

Gráfico 29. Diagrama de Caja DBO (mg/l)

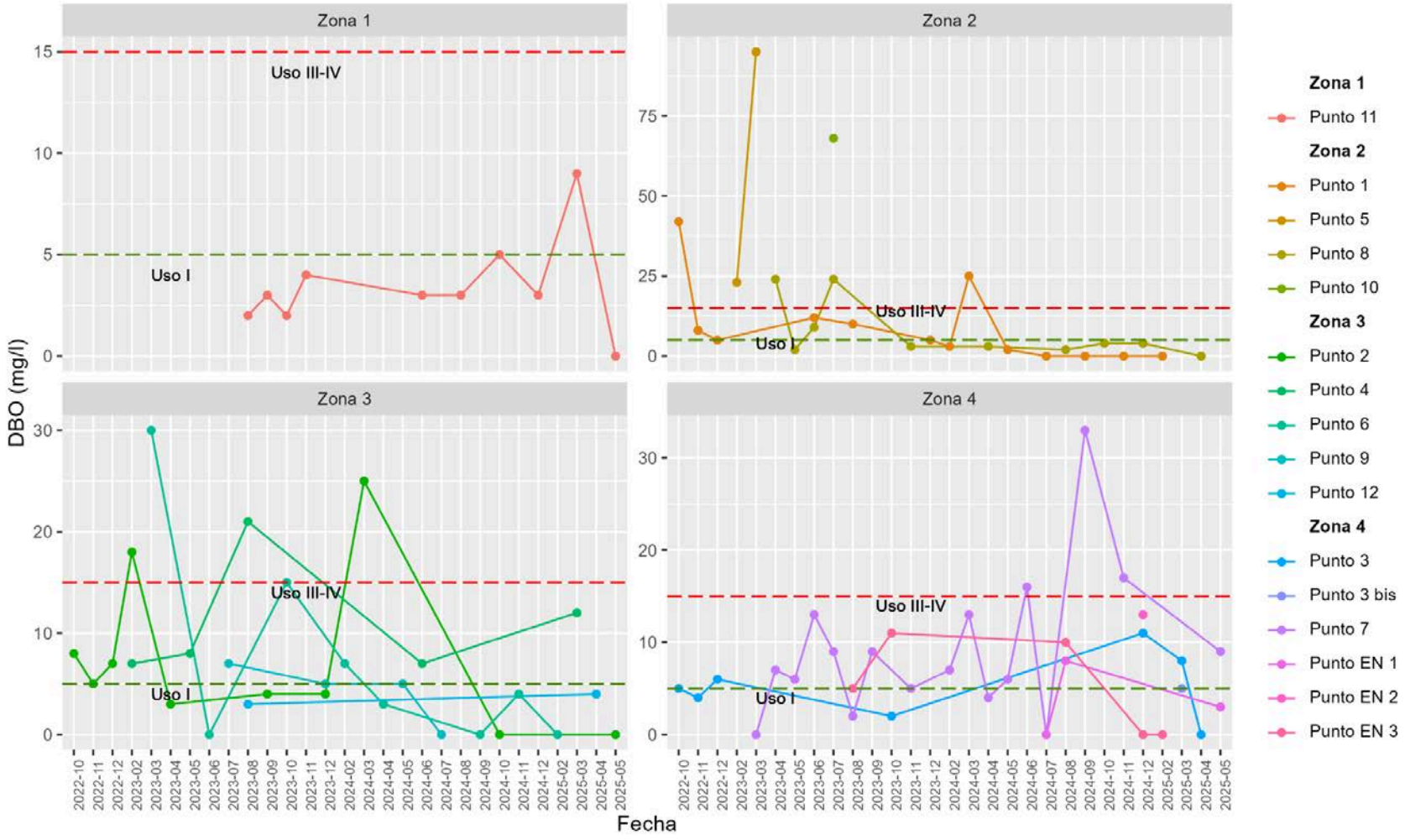


Fuente: DFA. Elaboración propia a partir de informes de resultados emitidos por CIS - FCEIA UNR

Análisis por Zona

El análisis por zonas (Cuadro 6 y Gráficos 31 y 32) muestra un patrón espacial general de incremento de la DBO desde la entrada del arroyo a la ciudad hacia su desembocadura. Las zonas medias (Zonas 2 y 3) concentran la mayor heterogeneidad y número de valores atípicos, mientras que los tramos iniciales y finales presentan mayor estabilidad. Sin embargo, esta tendencia no se replica de manera uniforme en todos los años. En 2022, se distingue un patrón inverso al señalado en el análisis global, ya que las medianas tienden a descender hacia la desembocadura, manteniéndose en niveles compatibles con Usos III–IV, salvo la Zona 1 que no se cuenta con datos. El año 2023 presentó un comportamiento similar a 2022 partiendo de una mediana en la Zona 1 compatible con el Uso I y con concentraciones de DBO más elevadas en el resto de las zonas respecto al año anterior. En 2024 se retoma el patrón creciente hacia la desembocadura: las Zonas 1, 2 y 3 se mantuvieron en niveles de Uso I, mientras que la Zona 4 alcanzó valores propios de Usos III–IV. Durante 2025 se observa una mejora generalizada, con disminución de las medianas en todas las zonas, aunque la Zona 1 muestra un leve aumento respecto de años previos.

Gráfico 30. Variación DBO en Zonas de Estudio



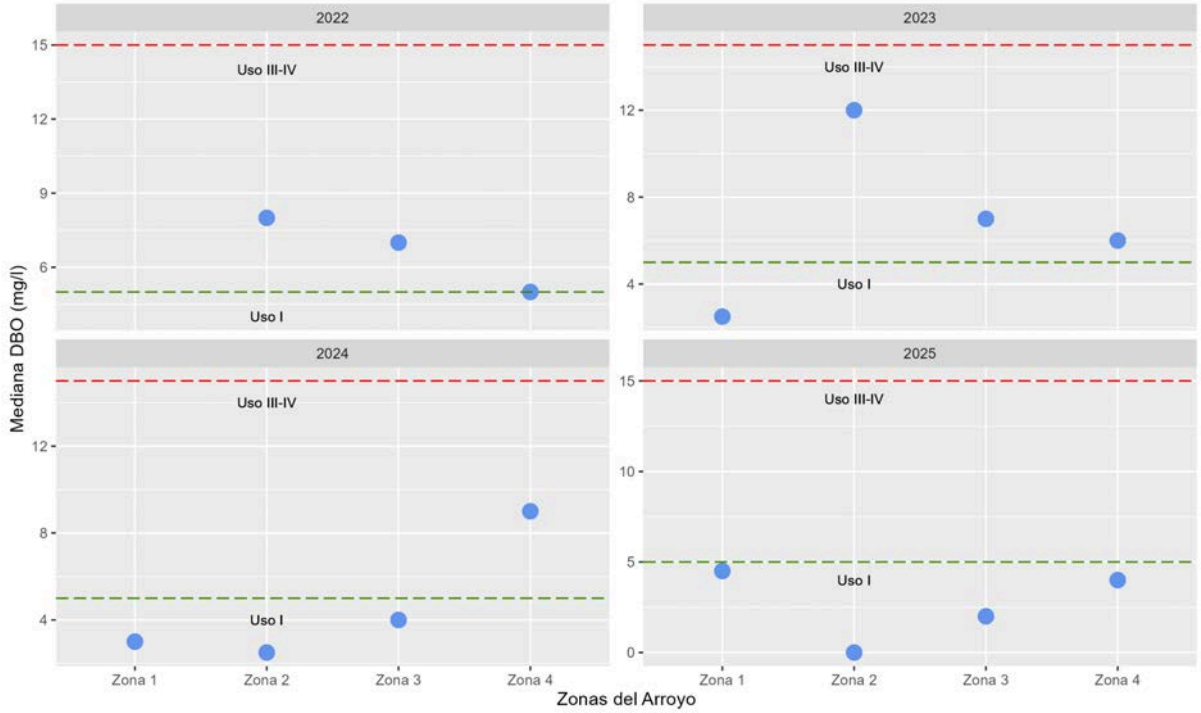
Fuente: DFA. Elaboración propia a partir de informes de resultados emitidos por CIS - FCEIA UNR .
Referencia: Líneas punteadas establecen los límites indicados por la Resolución 283/2019 para los distintos usos del arroyo.

Cuadro 6. Medidas de Tendencia Central, de Posición y de Dispersión de DBO por Zona

Zona	Media	Mediana	Máximo	Mínimo	Rango	1° Cuartil	2° Cuartil	Desvío Estándar	Coeficiente Variación
Zona 1	3,4	3,0	9,0	< LD	–	2,3	3,8	2,4	0,7
Zona 2	14,3	4,5	95,0	< LD	–	2,0	20,3	22,7	1,6
Zona 3	7,3	5,0	30,0	< LD	–	3,0	8,0	7,7	1,0
Zona 4	7,3	6,0	33,0	< LD	–	3,3	9,8	6,5	0,9

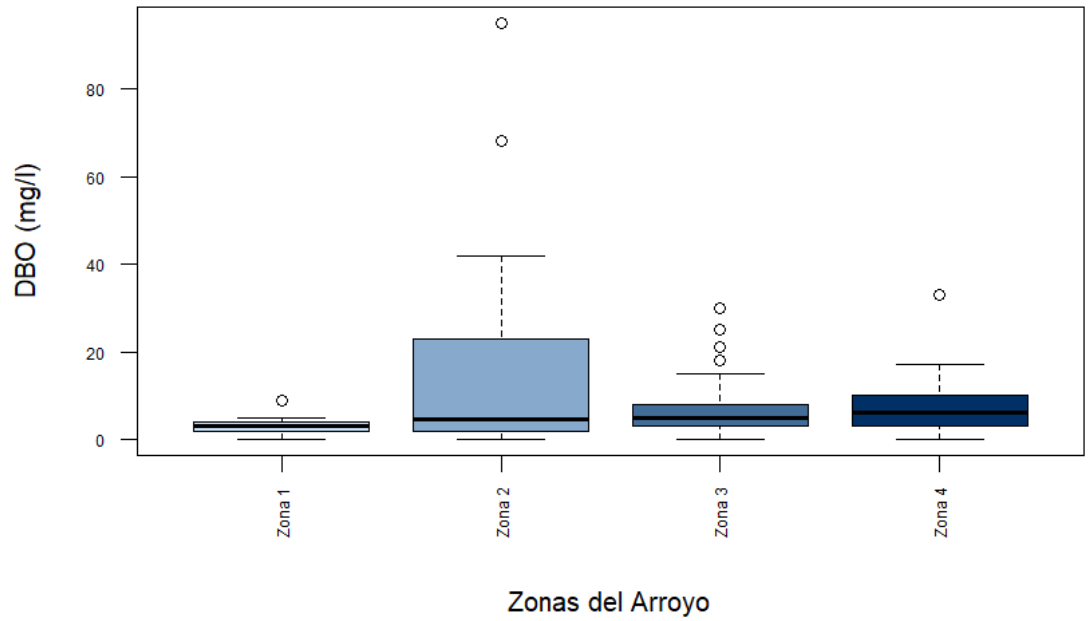
Fuente: DFA. Elaboración propia a partir de informes de resultados emitidos por CIS - FCEIA UNR.
Referencia: < LD, indica que el valor es menor al límite de detección.

Gráfico 31. Variación medianas de DBO en las Zonas del Arroyo



Fuente: DFA. Elaboración propia a partir de informes de resultados emitidos por CIS - FCEIA UNR.
Referencia: Líneas punteadas establecen los límites indicados por la Resolución 283/2019 para los distintos usos del arroyo

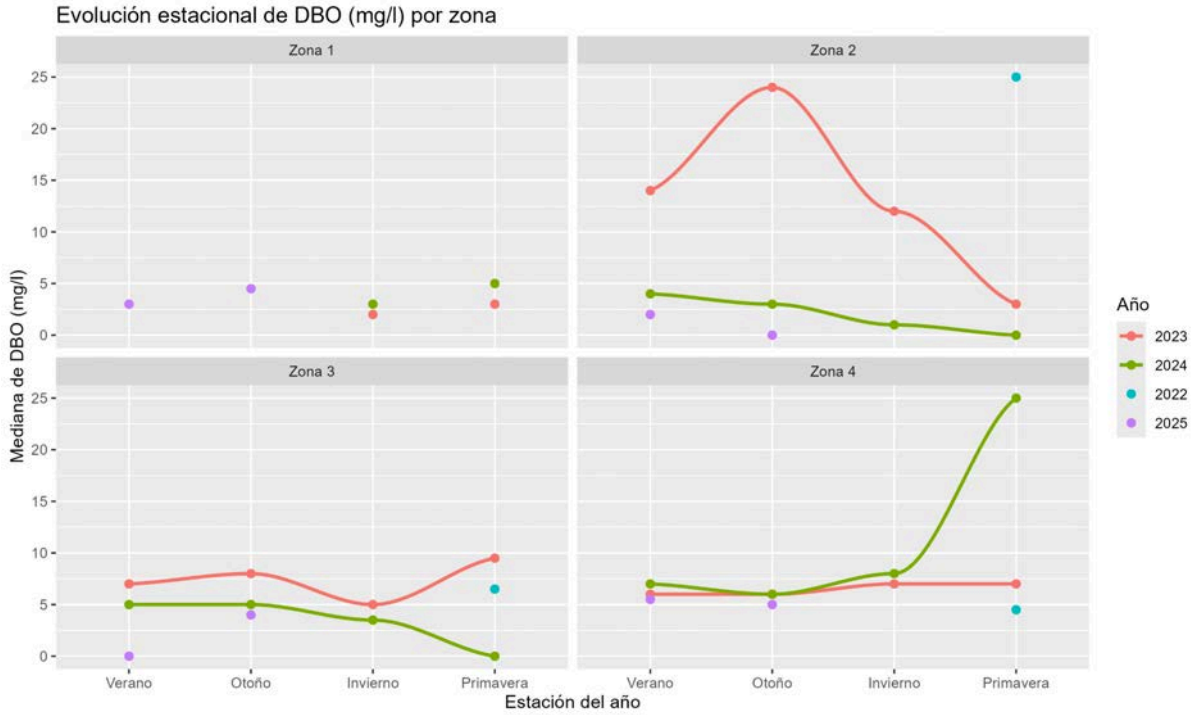
Gráfico 32. Diagrama de Caja DBO para las Zonas del Arroyo



Fuente: DFA. Elaboración propia a partir de informes de resultados emitidos por CIS - FCEIA UNR.

Desde la perspectiva estacional (Gráfico 33), no se identifican patrones uniformes. La Zona 1, pese a la limitada información disponible, mantuvo en 2023 valores bajos y estables, siempre dentro del umbral de Uso I. La Zona 2 presentó la mayor variabilidad, con un pico crítico en otoño 2023 que superó ampliamente el umbral de Usos III–IV, mientras que en el resto de los años se mantuvo dentro de rangos aceptables, decreciendo significativamente en los años posteriores. La Zona 3 registró valores más estables, con pico alrededor de 10 mg/l en primavera de 2023 y con una tendencia descendente entre verano 2024 y verano 2025. La Zona 4, en cambio, evidenció fluctuaciones marcadas, sobresaliendo la primavera 2024, cuando superó el límite de Usos III–IV.

Gráfico 33.



Fuente: DFA. Elaboración propia a partir de informes de resultados emitidos por CIS - FCEIA UNR.

En conjunto, el análisis estadístico y temporal confirma que, aunque existe una tendencia a mayores concentraciones de DBO hacia la desembocadura, el comportamiento no es constante entre años, estaciones ni zonas. Las zonas intermedias concentran la mayor variabilidad, mientras que los extremos del arroyo presentan condiciones relativamente más estables. No obstante, los sectores 2 y 4 destacan por registrar los episodios críticos más relevantes.

Demanda Química de Oxígeno (DQO)

La DQO (Demanda Química de Oxígeno) expresa la cantidad de oxígeno necesaria para oxidar, mediante un agente químico, la materia orgánica presente en una muestra, incluyendo tanto los compuestos biodegradables como los no biodegradables. A diferencia de la DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno), la DQO refleja el total de la materia orgánica (biodegradable y no biodegradable). Por esta razón, sus valores suelen ser superiores a los de DBO para una misma muestra.

Dado que la Resolución ACUMAR 283/2019 no contempla valores de referencia para la DQO, se recurrió a otras fuentes de referencia. Tomando los criterios de CONAGUA, (2016), Chávez et al. mencionan que una DQO ≤ 10 mg/l refiere a aguas superficiales no contaminadas; entre 10 y 20 mg/l aguas superficiales de buena calidad con bajo contenido de materia orgánica biodegradable y no biodegradable; entre 20 y 40 mg/l aceptable con indicio de contaminación, aguas superficiales con capacidad de autodepuración o con descargas de aguas residuales tratadas biológicamente; entre 40 y 200 mg/l contaminada, con descargas aguas residuales crudas, principalmente de origen urbano; y para valores mayores o iguales a 200 mg/l las aguas

residuales se encuentran fuertemente contaminadas con fuerte impacto de descargas de aguas residuales crudas, urbano e industrial. (pp. 8 -9)

De manera coincidente Chapman (1996, p. 98), manifiesta que las concentraciones de DQO observadas en aguas superficiales varían desde 20 mg/l o menos en aguas no contaminadas hasta más de 200 mg/l en aguas que reciben efluentes.

En función de lo anterior y adoptando criterios protectores del ambiente, en este estudio se definen los siguientes rangos de calidad:

- ≤ 20 mg/l: Aceptable
- > 20 y ≤ 40 mg/l: Medianamente aceptable
- > 40 mg/l: No aceptable

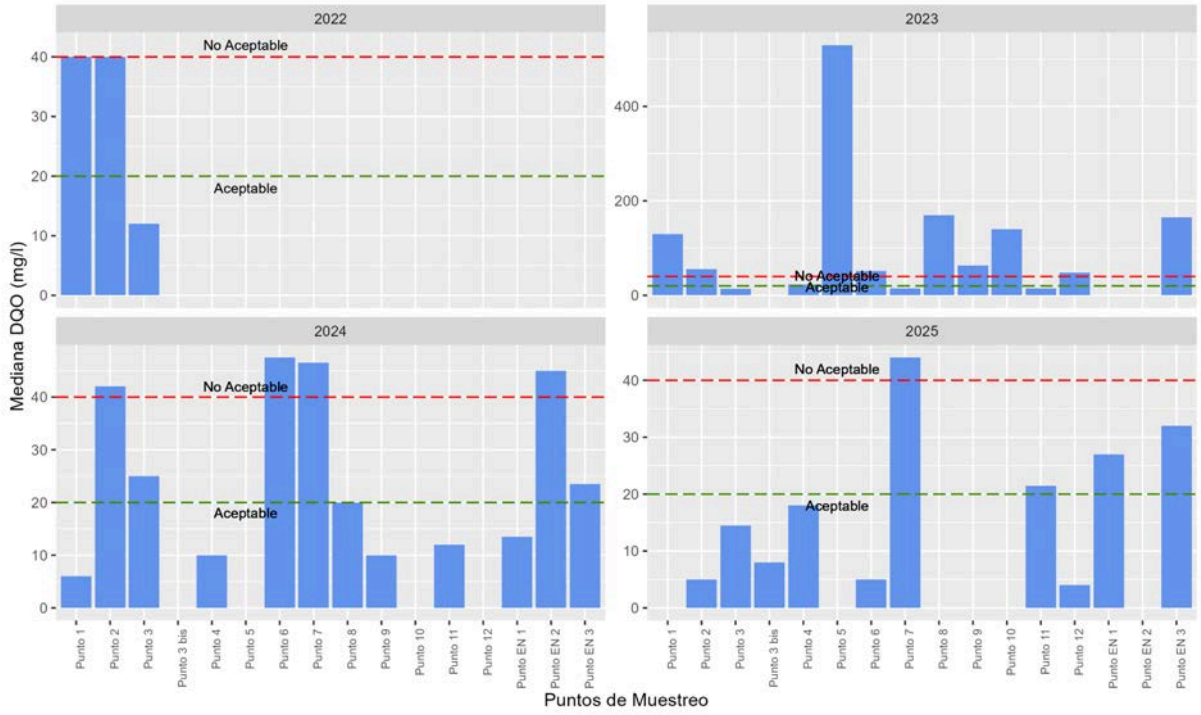
Análisis por Sitio de Muestreo

En el conjunto de datos analizados, la mediana general de la DQO fue de 25 mg/l, con un primer cuartil de 12 mg/l y un tercer cuartil en 59 mg/l. Los valores, según Anexo II, oscilaron entre registros inferiores al límite de detección (5 mg/l), observados en varios meses de 2024 en las cuatro zonas del arroyo, así como en febrero y abril de 2025 en los puntos 1 y 8 de la Zona 2, y un máximo de 930 mg/l en marzo de 2023 en el Punto 5, coincidente con el pico máximo de la DBO.

En julio de 2023, los puntos 8 y 10 presentaron concentraciones elevadas, con 170 mg/l y 140 mg/l respectivamente. Sin embargo, el comportamiento frente a la DBO fue diferente: en este último parámetro el Punto 10 superó al 8, lo que sugiere una mayor proporción de fracción biodegradable, con riesgo de agotamiento de oxígeno disuelto y eutrofización. En cambio, en el Punto 8 la relación DBO/DQO indicó predominio de materia orgánica no biodegradable o de difícil degradación. Cabe destacar que en este sector (sitio 8 y 10) descargan conductos pluviales que drenan efluentes con potencial carga orgánica, incluyendo aportes del Aeropuerto Islas Malvinas y un centro comercial cercano. La ubicación del Punto 10 aguas abajo del Punto 8 refuerza la hipótesis de que los conductos pluviales mencionados aportan carga orgánica significativa al arroyo.

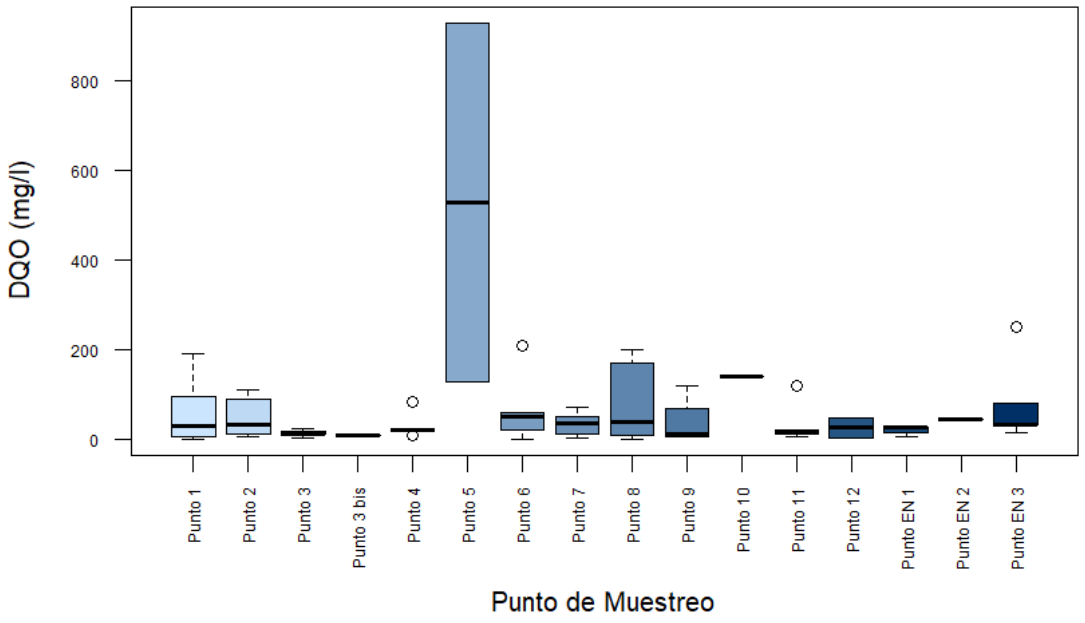
El análisis de dispersión (Anexo IV y Gráfico 35) evidencia una alta heterogeneidad espacial en la mayoría de los sitios, con presencia de valores atípicos. Al comparar las medianas anuales (Gráfico 34), se observa que 2023 fue el año más crítico, con elevada variabilidad y valores que superan ampliamente los límites adoptados de no aceptabilidad (>40 mg/l), destacándose principalmente el Punto 5 y en menor medida los puntos 1, 5, 8, 10 y EN 3. En contraste, en 2024 se observa una mejora relativa, aunque persisten focos problemáticos en los Puntos 2, 6, 7 y EN 2. Finalmente, en 2025 las concentraciones fueron más homogéneas y mayormente aceptables, salvo el Punto 7.

Gráfico 34. Medianas anuales de DQO por Puntos de Muestreos



Fuente: DFA. Elaboración propia a partir de informes de resultados emitidos por CIS - FCEIA UNR.
Referencia: Líneas punteadas establecen los límites adoptados.

Gráfico 35. Diagrama de Caja DQO (mg/l)



Fuente: DFA. Elaboración propia a partir de informes de resultados emitidos por CIS - FCEIA UNR.

Análisis por Zona

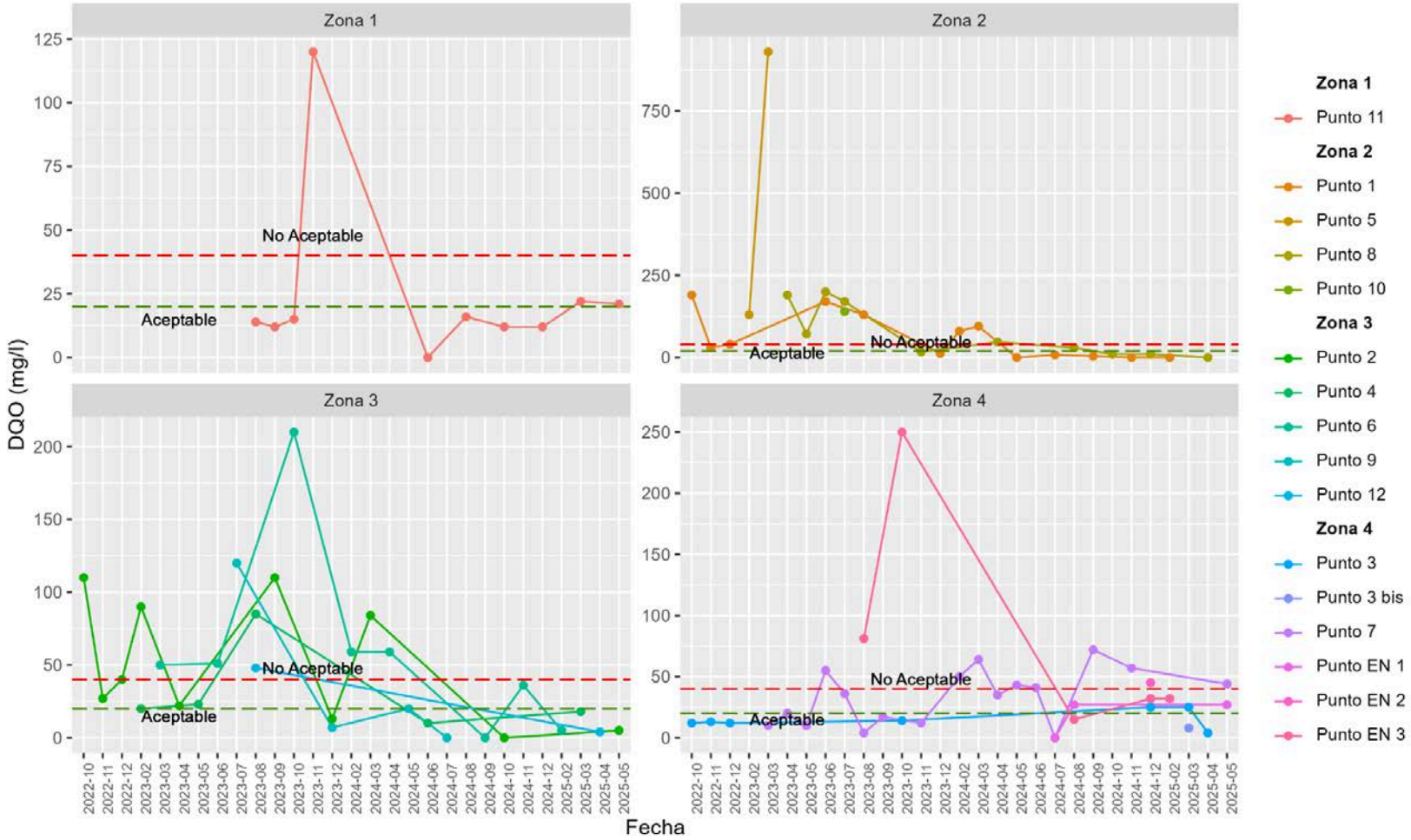
La variación espacial de la DQO a lo largo del arroyo (Gráfico 36) muestra un patrón semejante al de la DBO. El agua ingresa a la ciudad, Zona 1, con baja DQO, aunque en noviembre de 2023 se detectó un pico de 120 mg/l acompañado de baja DBO (4 mg/l), lo que indica descargas con materia orgánica poco biodegradable, posiblemente (en función de las características de la zona) provenientes de áreas agrícolas o industriales aguas arriba. La presencia de pesticidas, herbicidas e insecticidas, de lenta degradación biológica, puede explicar altos valores de DQO sin un aumento equivalente en la DBO.

La Zona 2 presenta el mayor deterioro en 2023, con un máximo de 930 mg/l en el Punto 5. En 2024 y 2025 se observa una disminución significativa, alcanzando incluso valores bajo el límite de detección en varios muestreos. Mientras que la Zona 3 exhibe fuertes fluctuaciones, con episodios críticos de hasta 210 mg/l en 2023, seguidos de una mejora en 2024-2025. Por su parte, la Zona 4 muestra un comportamiento intermedio, con eventos puntuales críticos (250 mg/l), aunque en general con valores más estables.

Las medidas de tendencia central, de posición y de dispersión (Cuadro 7), evidencian una marcada heterogeneidad en todas las zonas, siendo la Zona 2 la más variable y crítica. El análisis de las medianas anuales (Gráfico 37) revela que en 2022 y 2023 se mantuvo un patrón de descenso hacia la desembocadura, con la Zona 2 como sector más afectado. Sin embargo, en 2024 y 2025 el patrón cambió, con aumento hacia la desembocadura, destacando a la Zona 4 con valores moderadamente aceptables. Asimismo, en 2025 se advierten algunas peculiaridades tales como la DQO de la Zona 1 es más elevada en comparación con las demás medianas anuales para la misma zona; la Zona 2 continúa arrojando resultados por debajo del límite de detección; y en las Zonas 3 y 4 descienden levemente en comparación con 2024.

El análisis de cajas por zonas (Gráfico 38) confirma que la mayor dispersión y valores extremos corresponden a la Zona 2, mientras que la Zona 1 presenta menor variabilidad. En conjunto, los datos sugieren una tendencia a la mejora en 2024 y 2025, aunque la Zona 1 muestra un aumento progresivo desde 2023, lo que requiere especial atención.

Gráfico 36. Variación DQO en Zonas de Estudio



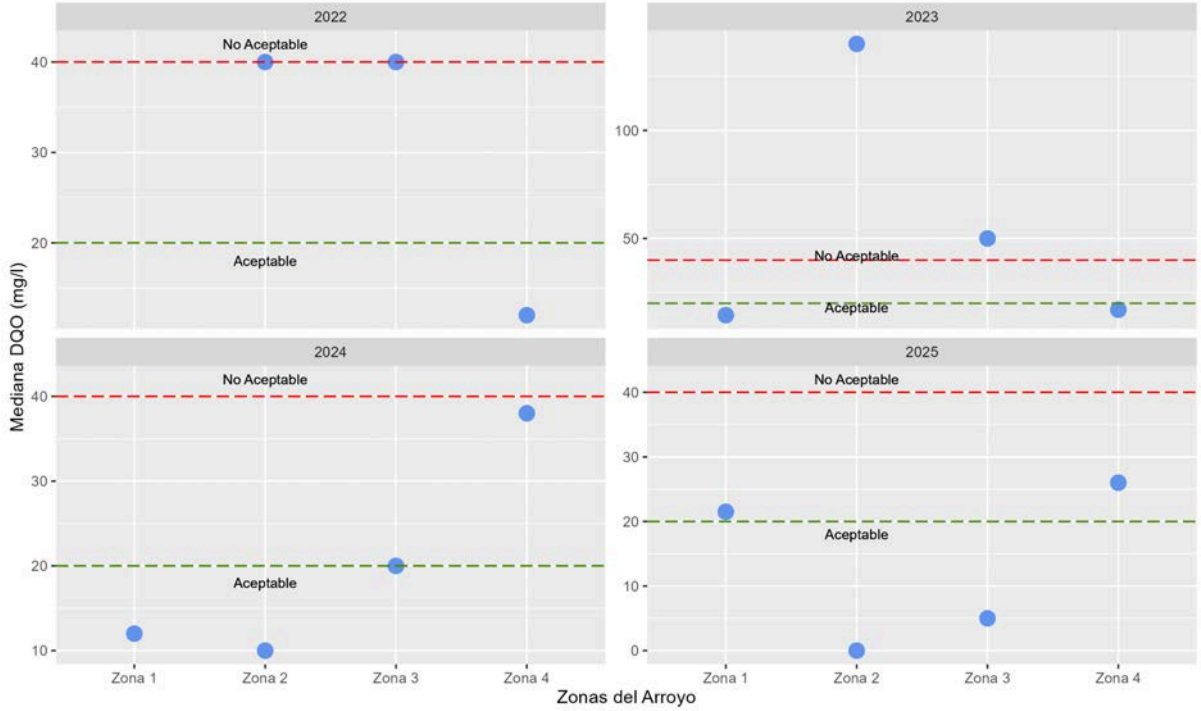
Fuente: DFA. Elaboración propia a partir de informes de resultados emitidos por CIS - FCEIA UNR
Referencia: Líneas punteadas establecen los límites adoptados.

Cuadro 7. Medidas de Tendencia Central, de Posición y de Dispersión de DQO por Zona

Zona	Media	Mediana	Máximo	Mínimo	Rango	1° Cuartil	2° Cuartil	Desvío Estándar	Coeficiente Variación
Zona 1	24,4	14,5	120,0	< LD	–	12,0	19,8	34,1	1,4
Zona 2	104,0	43,5	930,0	< LD	–	10,0	137,5	182,6	1,8
Zona 3	45,7	27,0	210,0	< LD	–	10,0	59,0	48,2	1,1
Zona 4	35,1	26,0	250,0	< LD	–	12,0	43,8	43,4	1,2

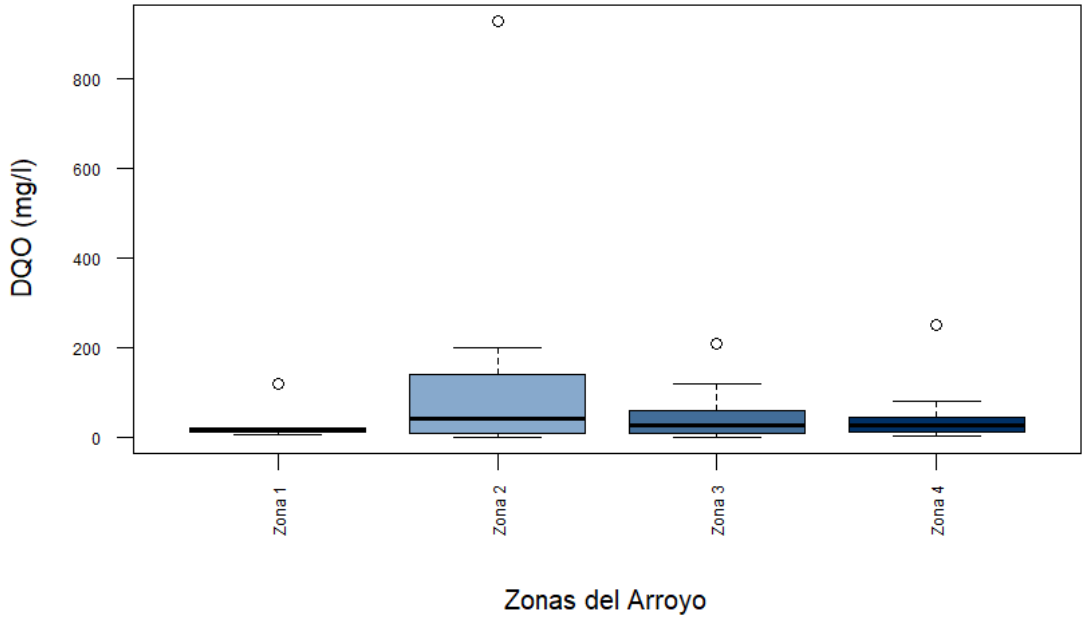
Fuente: DFA. Elaboración propia a partir de informes de resultados emitidos por CIS - FCEIA UNR.
Referencia: < LD, indica que el valor es menor al límite de detección.

Gráfico 37. Variación medianas de DQO en las Zonas del Arroyo



Fuente: DFA. Elaboración propia a partir de informes de resultados emitidos por CIS - FCEIA UNR.
Referencia: Líneas punteadas son los límites adoptados.

Gráfico 38. Diagrama de Caja DQO para las Zonas del Arroyo



Fuente: DFA. Elaboración propia a partir de informes de resultados emitidos por CIS - FCEIA UNR.

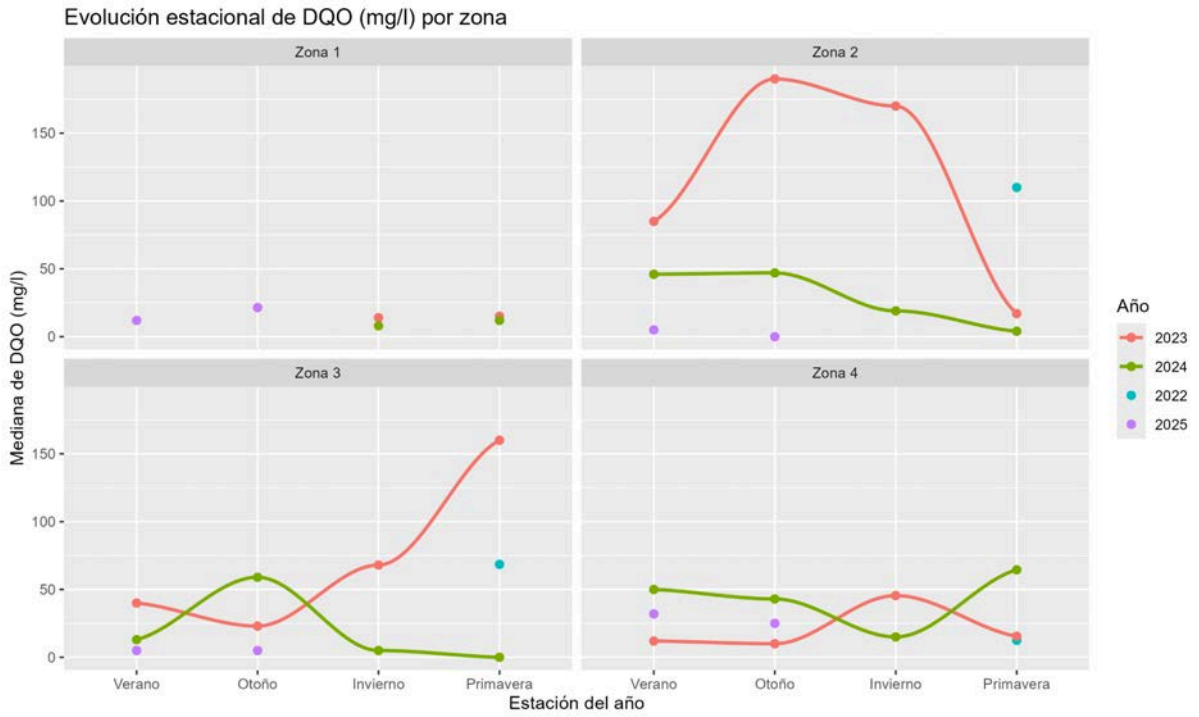
El Gráfico 39 permite un análisis en función de las estaciones climáticas. Del mismo se destaca que la Zona 1, pese a la limitada información, los valores permanecen bajos y estables en invierno y primavera de 2023-2024, similar a lo observado en la DBO. La Zona 2 concentra los episodios más críticos, con picos (>150 mg/l) en otoño e invierno de 2023. En 2024 se reducen, aunque persiste una brecha entre DQO y DBO, lo que indica materia orgánica poco biodegradable (efluentes industriales, agroquímicos). En 2025 se observa una marcada disminución, aunque con escasos datos.

La Zona 3 presenta fluctuaciones interanuales notables y también muestra episodios de alta DQO con baja DBO. En 2023, la DQO presenta picos de hasta 160 mg/l en primavera con DBO baja, señal de materia orgánica poco biodegradable. A partir de 2024 se observa una fuerte reducción (<60 mg/l), manteniéndose la tendencia en 2025.

La Zona 4 en 2023 mostró un equilibrio relativo entre DQO y DBO. En 2024, la DQO se mantuvo baja, pero la DBO aumentó en primavera, indicando un aporte puntual de material fácilmente degradable (posible descarga puntual de origen cloacal). En 2025 ambas variables se mantuvieron bajas.

En síntesis, la dinámica de la DQO refleja tanto variaciones espaciales como estacionales e interanuales, estrechamente asociadas a descargas puntuales y difusas, y a las condiciones hidrológicas del arroyo. La coherencia con los resultados de la DBO respalda la interpretación conjunta de ambas variables, permitiendo diferenciar aportes domésticos, industriales y agrícolas en distintos tramos del curso de agua.

Gráfico 39.



Fuente: DFA. Elaboración propia a partir de informes de resultados emitidos por CIS - FCEIA UNR.

A modo de resumen el análisis de la DQO muestra una marcada heterogeneidad espacial y temporal, con valores críticos en 2023, principalmente en la Zona 2, donde se registraron las máximas concentraciones asociadas a descargas orgánicas de difícil biodegradación. En contraste, 2024 y 2025 evidencian una tendencia a la mejora, con concentraciones más bajas y homogéneas, aunque la Zona 1 presenta un aumento progresivo desde 2023 que requiere seguimiento.

Oxígeno Disuelto (OD)

El oxígeno disuelto (OD) es esencial para la vida acuática, dado que constituye la principal fuente de oxígeno para la respiración celular de organismos acuáticos. Una mayor disponibilidad de OD suele reflejar un mejor estado ecológico de los cuerpos de agua, mientras que niveles bajos pueden generar estrés biológico o incluso condiciones incompatibles con la vida.

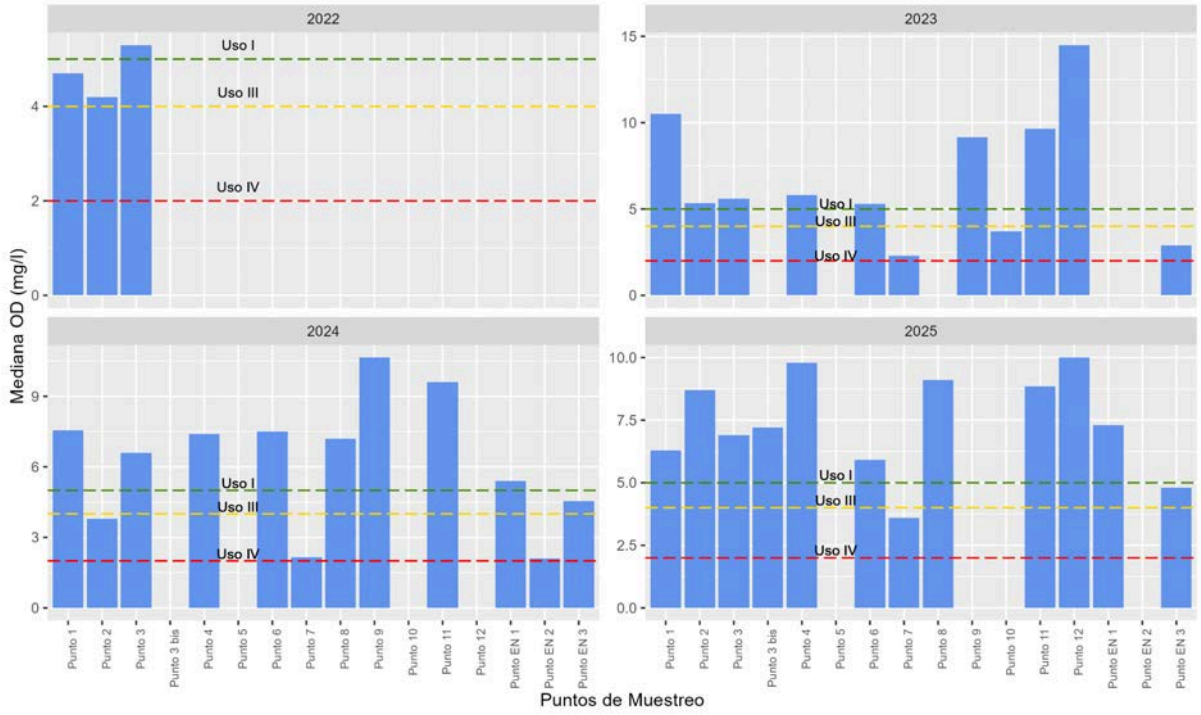
La concentración de oxígeno en el agua resulta de un balance dinámico entre procesos de aporte (difusión atmosférica, fotosíntesis de macrófitas y algas, turbulencia y mezcla) y de consumo (respiración de organismos, descomposición de materia orgánica, oxidación de compuestos). Diversos factores físico-químicos y ambientales condicionan este equilibrio: la temperatura, la salinidad y la presión atmosférica regulan la solubilidad del oxígeno; la turbidez y los sólidos suspendidos influyen en la penetración lumínica y en la disponibilidad para la fotosíntesis; mientras que la DBO y la DQO reflejan la magnitud de la carga orgánica y el potencial de consumo de oxígeno. Asimismo, sustancias como aceites y grasas pueden ejercer un doble efecto: forman películas superficiales que limitan el intercambio gaseoso con la atmósfera y aumentan la DBO y el consumo de oxígeno durante su degradación. Así, la descarga

de líquidos residuales domésticos y/o industriales con alto contenido de materia orgánica produce una marcada disminución de la concentración de oxígeno (Chapman, 1996).
La Resolución ACUMAR 283/2019 establece valores guía de OD para diferentes usos del recurso: Uso I (protección de biota y recreación con contacto directo) con valores >5 mg/l; Uso III (recreación sin contacto directo) para concentraciones entre 4 y 5 mg/l; y Uso IV (recreación pasiva) entre 2 y 4 mg/l. En este sentido, si bien cada organismo tiene su propio rango de tolerancia al OD, generalmente, niveles inferiores a 5 mg/l se consideran estresantes para los peces e inferiores a 3 mg/l son demasiado bajos para su sustento. Los niveles de OD inferiores a 1 mg/l implican condiciones de hipoxia (déficit de oxígeno) y, por lo general, carencia de vida (US EPA, 2025).

Análisis por Sitio de Muestreo

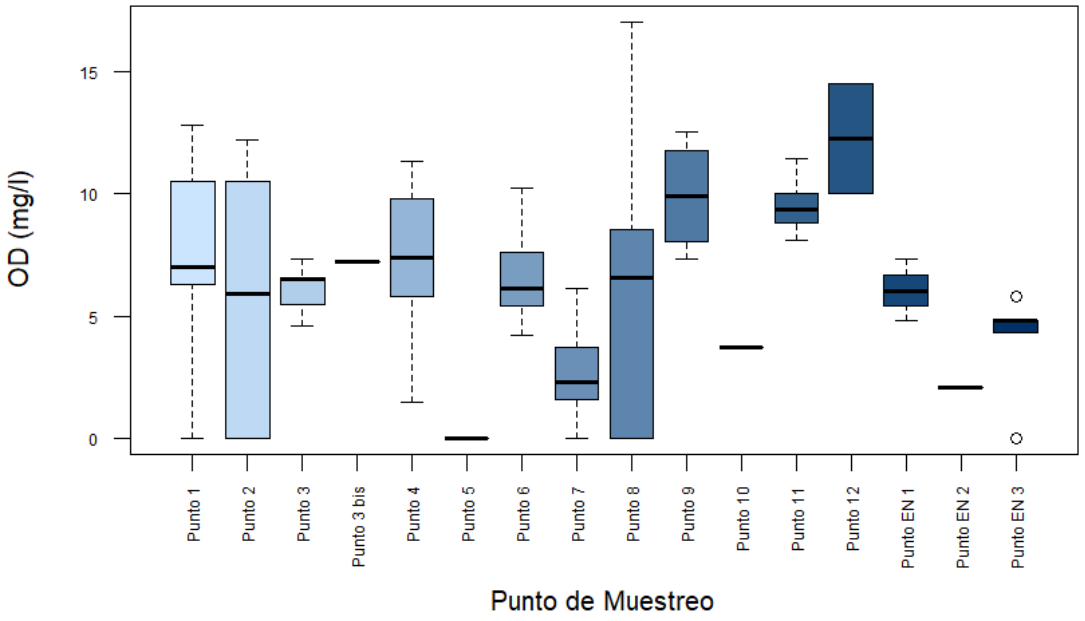
El análisis del conjunto de datos muestra una mediana de OD de 6,2 mg/l con un primer cuartil de 3,4 mg/l y un tercer cuartil de 8,8 mg/l. Asimismo, presenta un rango amplio entre registros menores a 1 y 17 mg/l. Esto podría estar reflejando tanto períodos de oxigenación adecuada como episodios críticos.
Los valores mínimos, según Anexo II, se registraron en varios sitios y fechas específicas: Punto 1 (marzo de 2024), Punto 2 (febrero y abril de 2023 y marzo de 2024), Punto 5 (febrero y marzo de 2023), Punto 7 (junio de 2023), Punto 8 (abril, mayo y julio de 2023) y Punto EN 3 (octubre de 2023). El máximo se observó en el Punto 8 (diciembre de 2024).
El Anexo IV evidencia comportamientos diferenciados entre los sitios de muestreo. Los puntos 3, 6, 9, 11, 12 y EN 1 presentan homogeneidad en los datos resultantes, mientras que los demás exhiben alta variabilidad, destacándose los puntos 2 y 8 donde se verifican los rangos más amplios de valores. Asimismo, del Gráfico 41 se desprende que sólo el Punto EN 3 presenta valores atípicos.
En términos de tendencias, el Gráfico 40 muestra que hacia 2025 la mayoría de los sitios alcanzan valores compatibles con Uso I, salvo excepciones puntuales en los Puntos 7 y EN 3, que si bien mejoraron respecto de años previos, aún presentan situaciones críticas en ciertos registros.

Gráfico 40. Medianas anuales de OD por Puntos de Muestreos



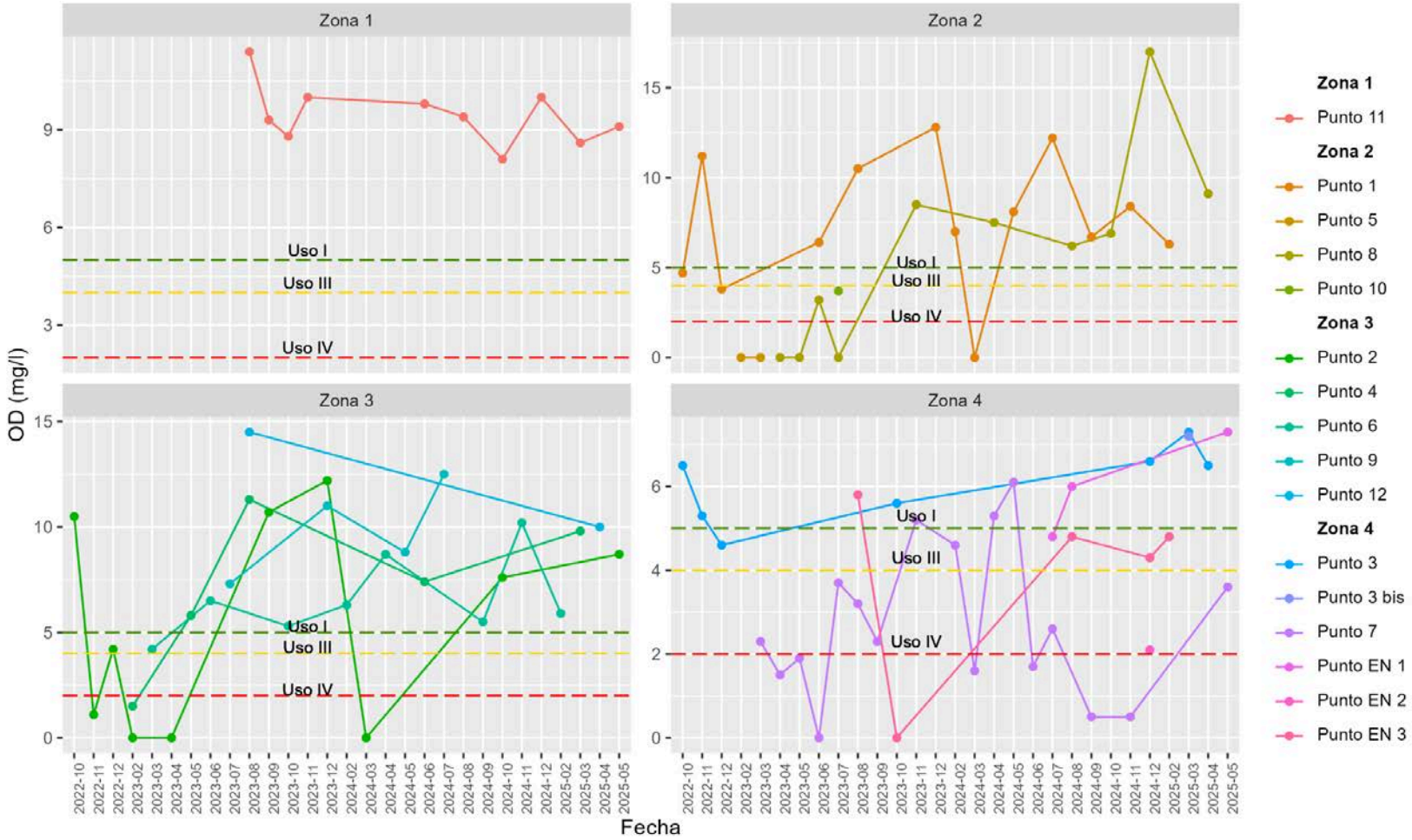
Fuente: DFA. Elaboración propia a partir de informes de resultados emitidos por CIS - FCEIA UNR.
Referencia: Líneas punteadas establecen los límites para cada uso del arroyo según Resolución Acumar 283/2019.

Gráfico 41. Diagrama de Caja OD (mg/)



Fuente: DFA. Elaboración propia a partir de informes de resultados emitidos por CIS - FCEIA UNR.

Gráfico 42. Variación OD en Zonas de Estudio



Fuente: DFA. Elaboración propia a partir de informes de resultados emitidos por CIS - FCEIA UNR
Referencia: Líneas punteadas establecen los límites indicados por la Resolución 283/2019 para los distintos usos del arroyo.

Análisis por Zona

La variabilidad espacial y temporal se observa claramente al comparar las zonas (Gráfico 42 y Cuadro 8), aunque sin un patrón determinado. Se destaca la Zona 1 que presenta valores altos y estables. A diferencia del resto de los sectores, cumple consistentemente con los criterios de la Resolución ACUMAR N° 283/2019, evidenciando condiciones favorables para la biota (Gráficos 43 y 44). Mientras que la Zona 2 exhibe la mayor heterogeneidad con valores atípicos (Gráfico 44). En 2023 se observó el escenario más crítico, probablemente asociado a los altos niveles de DBO en ese período, lo que impactó negativamente en el OD.

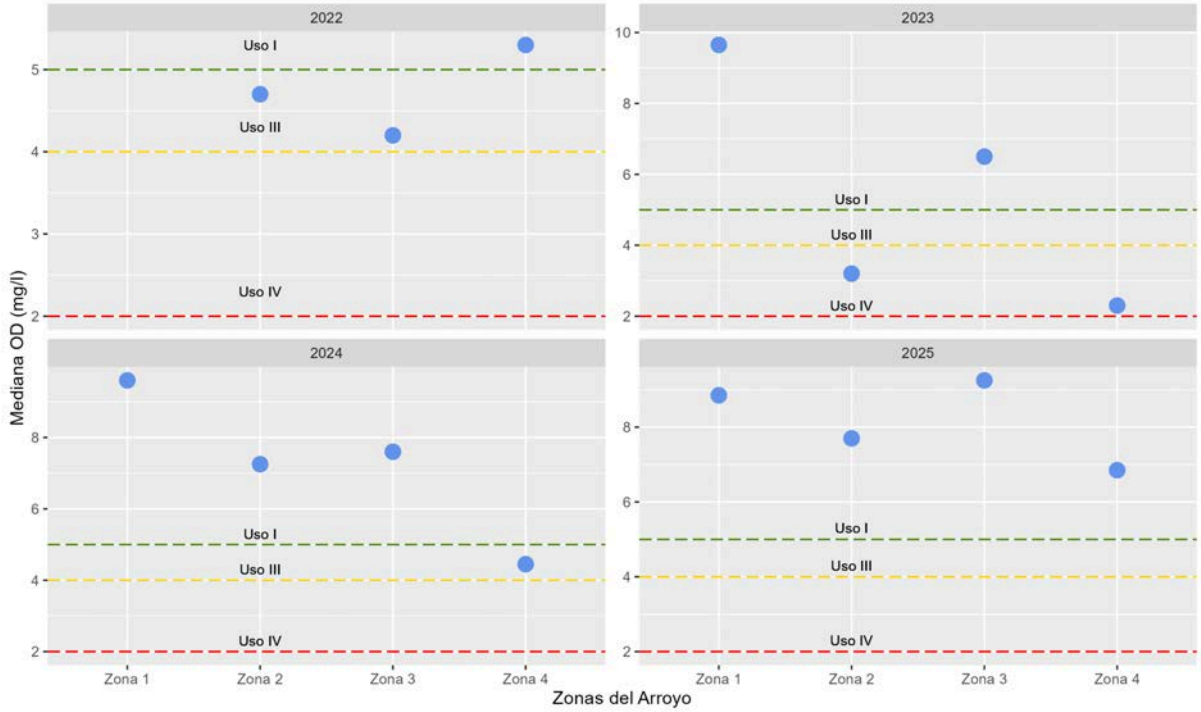
Además, la mediana zonal presenta un fuerte descenso en la desembocadura al río Paraná. La variación anual de estas medianas (Gráfico 43), además de la estabilidad de la Zona 1, exhibe una tendencia a la mejora en las demás zonas.

Cuadro 8. Medidas de Tendencia Central, de Posición y de Dispersión de OD por Zona

Zona	Media	Mediana	Máximo	Mínimo	Rango	1° Cuartil	2° Cuartil	Desvío Estándar	Coeficiente Variación
Zona 1	9,5	9,4	11,4	8,1	3,3	8,9	10,0	0,9	0,1
Zona 2	6,2	6,6	17,0	< LD	–	3,3	8,5	4,6	0,7
Zona 3	7,2	7,4	14,5	< LD	–	5,3	10,2	4,0	0,6
Zona 4	4,0	4,6	7,3	< LD	–	2,2	5,8	2,2	0,6

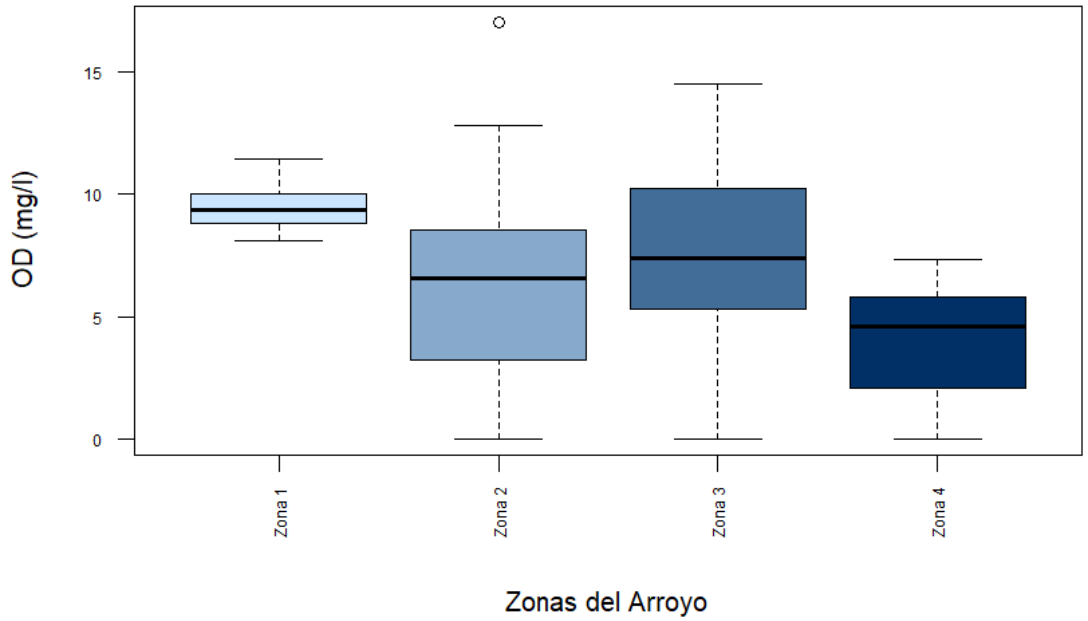
Fuente: DFA. Elaboración propia a partir de informes de resultados emitidos por CIS - FCEIA UNR.
Referencia: < LD, indica que el valor es menor al límite de detección.

Gráfico 43. Variación medianas de OD en las Zonas del Arroyo.



Fuente: DFA. Elaboración propia a partir de informes de resultados emitidos por CIS - FCEIA UNR.
Referencia: Líneas punteadas establecen los límites indicados por la Resolución 283/2019 para los distintos usos del arroyo.

Gráfico 44. Diagrama de Caja OD para las Zonas del Arroyo



Fuente: DFA. Elaboración propia a partir de informes de resultados emitidos por CIS - FCEIA UNR.

El Gráfico 45 confirma la variación estacional, aunque muestra marcadas diferencias interzonales e interanuales. Tal como señalan Allan, J. D. & Castillo, M. M. (2007, p. 58), las concentraciones pueden variar estacionalmente y diariamente en respuesta a las variaciones de

temperatura. Así, en general, los valores tienden a descender en primavera - verano, en concordancia con el efecto de la temperatura sobre la solubilidad y la mayor actividad biológica. No obstante, en varias zonas se observaron desvíos de este patrón (por ejemplo en otoño 2023 de la Zona 2), pudiendo estar asociados a incrementos en la DBO o a descargas puntuales dado que el consumo de oxígeno aumenta con el aumento de la carga de materia orgánica debido a las reacciones químicas directas y a la respiración aeróbica Allan, J. D., & Castillo, M. M. (2007, p. 58).

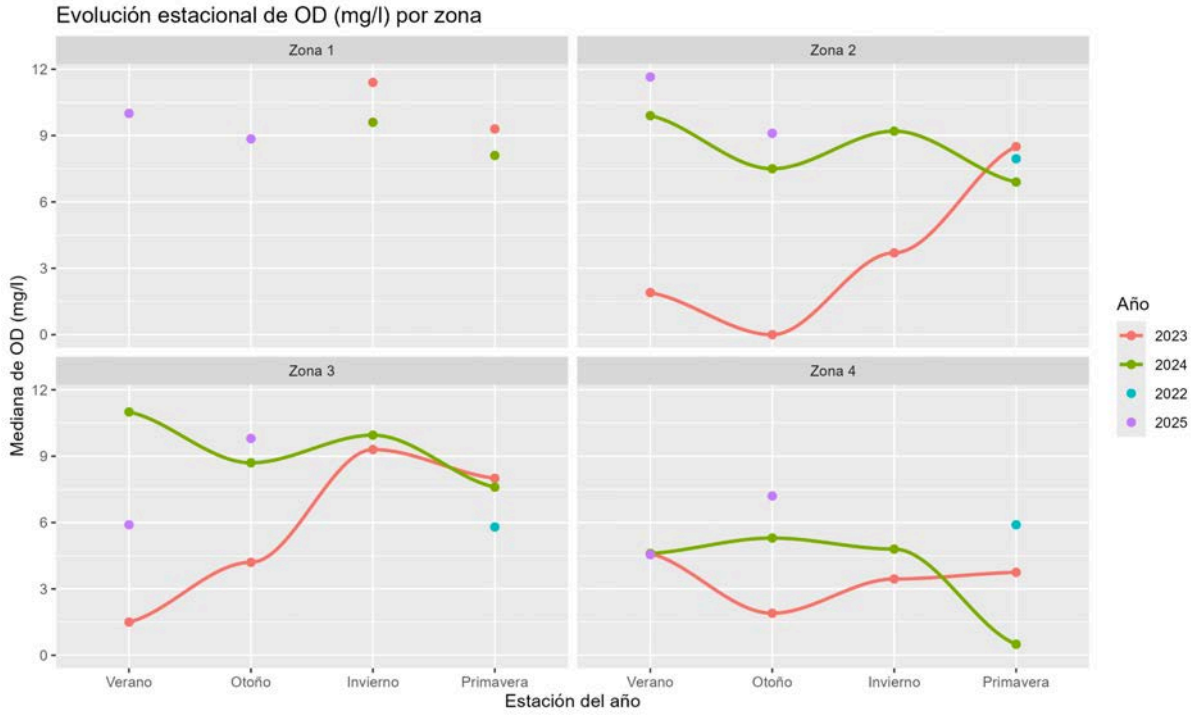
Se destaca que la Zona 1, a pesar de poca información disponible, presenta buena oxigenación con leve descenso entre 2023 y 2024 para las épocas invernales y primaverales. Pareciera observarse un patrón estacional con descenso de invierno a primavera.

La Zona 2, presenta durante 2023 descensos pronunciados en verano y otoño y una recuperación hacia invierno y primavera, cuando se alcanzan niveles cercanos a 9 mg/l. Se señala que en otoño de 2023 en este sector se advierte una mediana elevada de DBO, y la concentración de esta última presenta un descenso progresivo hacia la primavera. Esta situación puede permitir entender el desvío en cuanto al comportamiento en función de las temperaturas. En 2024 los valores son más estables a lo largo de las estaciones, siempre en el rango de 7–9 mg/l. En 2025, con datos en verano y otoño, se observa que las concentraciones se mantienen en niveles altos, superiores a los de los años anteriores para las mismas estaciones en concordancia con lo que ocurre con la DBO para la misma zona.

La Zona 3 evidencia contrastes interanuales. En 2023 se verificaron valores muy bajos en verano y un patrón estacional claro; mientras que en 2024 los niveles fueron más estables y elevados. En 2025 se observan valores intermedios, sin alcanzar la estabilidad de 2024 pero superando los mínimos de 2023.

En la Zona 4, las concentraciones son las más bajas de todo el arroyo. En 2023, los valores son menores que 2024 y puede deberse a que las temperaturas fueron apenas más elevadas para este año en comparación con 2024. En 2024 desde el verano hasta el invierno se mantiene relativamente estable y se registra un mínimo crítico en primavera coincidente con aumento de la DBO. Los primeros datos de 2025 sugieren cierta recuperación, aunque aún es prematuro definir una tendencia clara.

Gráfico 45.



Fuente: DFA. Elaboración propia a partir de informes de resultados emitidos por CIS - FCEIA UNR.

A modo de resumen, el análisis del oxígeno disuelto (OD) en el arroyo refleja una heterogeneidad espacio-temporal significativa, condicionada tanto por factores naturales (temperatura, caudal, turbulencia) como antrópicos (cargas orgánicas, descargas industriales y domésticas). La Zona 1 se mantiene como el sector con mejores condiciones de oxigenación, acordes al Uso I. Las zonas 2 y 3 mostraron episodios críticos en 2023, pero alcanzaron una recuperación notable en 2024, evidenciando resiliencia del sistema. En cambio, la Zona 4, persiste como el área más vulnerable, presentando episodios de hipoxia y medianas bajas, aunque con una leve mejoría en 2025.

Así, los resultados evidencian que, si bien el arroyo mantiene sectores con buena calidad ambiental, subsisten tramos con déficit de oxígeno que limitan la aptitud para la vida acuática y los usos recreativos. El seguimiento continuo permitirá verificar si la mejora observada en 2025 constituye una tendencia sostenida o una variabilidad interanual coyuntural.

Conductividad Eléctrica (CE)

La conductividad eléctrica (CE) es una medida de la capacidad del agua para transmitir corriente eléctrica y está directamente relacionada con la presencia de sólidos disueltos, principalmente sales minerales. Entre los principales contribuyentes se encuentran los aniones cloruro, nitrato, sulfato y fosfato, junto con cationes como de sodio, magnesio, calcio, hierro y aluminio (Chapman, 1996, pp. 83–84; U.S. Environmental Protection Agency [US EPA], 2012). En general, las sales minerales elevan la CE, mientras que la materia orgánica presenta baja conductividad. Debido a ello, variaciones repentinas en la CE de un curso de agua suelen constituir un indicador temprano de procesos de contaminación. La escorrentía agrícola y/o los vertidos cloacales

incrementan la conductividad por aporte de iones inorgánicos, mientras que derrames de hidrocarburos o compuestos orgánicos tienden a reducirla, ya que no se disocian en iones.
Además, factores ambientales también condicionan la CE, a mayor temperatura del agua, mayor es la conductividad (US EPA, 2012), ya que la movilidad iónica aumenta con el calor. La geología de la cuenca juega un papel determinante: cursos que atraviesan suelos graníticos suelen presentar valores bajos, mientras que aquellos en suelos arcillosos evidencian CE más elevadas (US EPA, 2012). En el caso particular del arroyo Ludueña, Scudiri et al. (2025) describen un relieve plano, con suelos arcillo-limosos de permeabilidad moderada a moderadamente lenta, lo que favorece la concentración de sales y la elevación de la conductividad. Asimismo, cada arroyo tiende a presentar un rango de conductividad relativamente estable en el tiempo. Una vez determinado este valor de referencia, las mediciones periódicas permiten identificar variaciones relevantes y, por lo tanto, posibles ingresos de contaminantes o cambios en la dinámica del ecosistema acuático (US EPA, 2012).
En términos de referencia, Chapman (1996, pp. 83–84) señala que la mayoría de las aguas dulces presentan conductividades entre 10 y 1000 µS/cm, aunque pueden superar estos valores en ambientes contaminados o con fuerte aporte de escorrentía. De forma complementaria, el agua destilada tiene valores entre 0,5 y 3 µS/cm, el agua potable entre 50 y 500 µS/cm, las aguas industriales hasta 10.000 µS/cm (US EPA, 2012) y el agua de mar alrededor de 50.000 µS/cm. En la misma línea, Mary River Catchment Coordinating Committee (2013) establece que el agua dulce suele encontrarse entre 0 y 1500 µS/cm, mientras que el agua de mar alcanza aproximadamente 50.000 µS/cm.
Con base en estos rangos, se adoptaron las siguientes categorías de interpretación para el curso superficial en estudio:

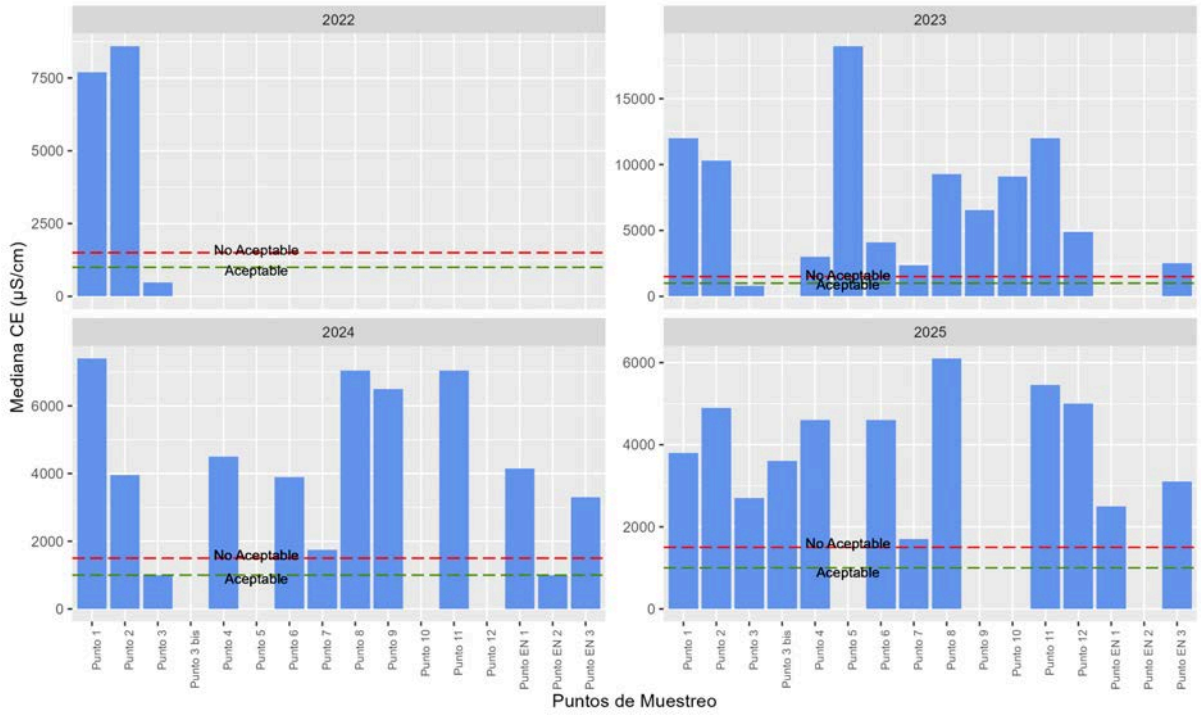
- 0 – 1000 µS/cm: aceptable, en general asociado a condiciones ecológicas buenas en agua dulce no impactada.
- 1000 – 1500 µS/cm: medianamente aceptable, dentro del rango para arroyos, posible influencia de sales naturales y/o leve alteración antrópica.
- >1500 µS/cm: no aceptable, fuera del rango típico de agua dulce; sugiere procesos de salinización, descargas de efluentes o presiones antropogénicas significativas.

Análisis por Sitio de Muestreo

Según los datos del Anexo II y del Anexo IV la CE varió entre 330 y 23000 µS/cm en los sitios de muestreo. El valor mínimo se registró en el Punto 7 (noviembre de 2023), y el máximo en el Punto 5 (marzo de 2023). Para el total de muestras, la mediana general fue de 4600 µS/cm, con un primer cuartil en 2650 µS/cm y un tercer cuartil en 7750 µS/cm.
La distribución anual de las medianas (Gráfico 46) muestra que la mayoría de los puntos superan los umbrales de aceptabilidad, indicando una afectación persistente de la calidad del agua. En términos de dispersión, el Punto 3 presenta elevada variabilidad, mientras que el Punto 12 evidencia gran homogeneidad (Anexo IV). Asimismo, los diagramas de caja (Gráfico 47) revelan valores atípicos inferiores en los puntos 1 y 3, y superiores en los puntos 1, 8 y EN 3, confirmando la heterogeneidad espacial del parámetro.

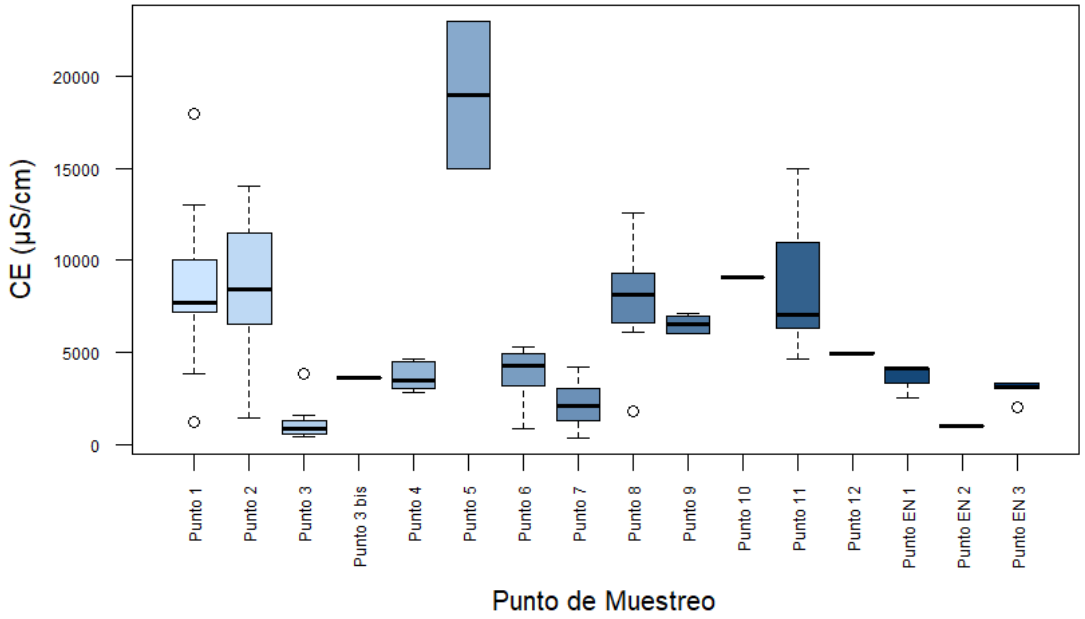
En la serie temporal (Gráfico 48), la mayoría de los sitios presentan conductividades persistentemente por encima de los criterios de aceptabilidad, lo que sugiere la presencia de focos de contaminación puntuales y difusos.

Gráfico 46. Medianas anuales de CE por Puntos de Muestreos



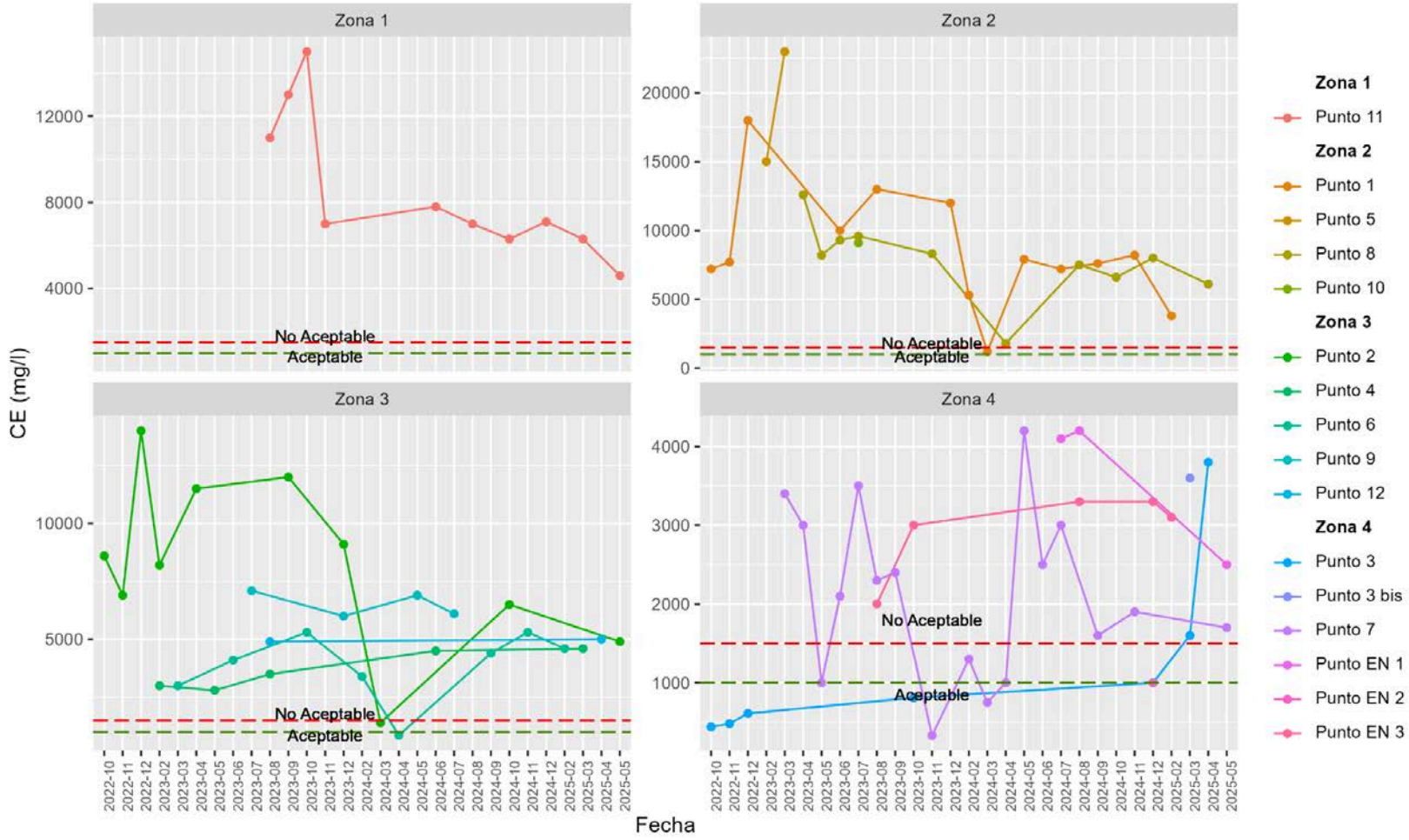
Fuente: DFA. Elaboración propia a partir de informes de resultados emitidos por CIS - FCEIA UNR.
Referencia: Líneas punteadas establecen los límites adoptados.

Gráfico 47. Diagrama de Caja Conductividad Eléctrica (µS/cm)



Fuente: DFA. Elaboración propia a partir de informes de resultados emitidos por CIS - FCEIA UNR.

Gráfico 48. Variación CE en Zonas de Estudio



Fuente: DFA. Elaboración propia a partir de informes de resultados emitidos por CIS - FCEIA UNR.
Referencia: Líneas punteadas establecen los límites adoptados.

Análisis por Zona

La evaluación espacio-temporal (Gráfico 48 y Cuadro 9) evidencia una marcada diferencia entre los tramos superiores (zonas 1 y 2) del arroyo, con CE elevadas, y las zonas medias e inferiores (zonas 3 y 4), donde se observa un descenso paulatino hacia la desembocadura.

En la Zona 1 (Punto 11), hasta octubre de 2023 se observaron bajos niveles hídricos y depósitos de cristales blanquecinos[16] (lo que sugiere acumulación de sales) en las márgenes, por lo que se podría explicar los valores muy altos registrados. Posteriormente, en agosto de 2024, si bien se advierte un descenso del nivel del arroyo no se advierten los cristales blanquecinos y la CE comienza a descender hasta octubre de 2024. A partir de esta fecha, aumenta nuevamente el nivel y se comienza a observar la descarga de dos conductos pluviales abiertos (uno de ellos proveniente de la ciudad de Funes), lo que puede inducir el incremento del valor de la CE en diciembre de 2024. Desde marzo de 2025, se advierte la presencia de bloques blancos y compactos de espuma (posiblemente grasas) lo que explicaría la reducción de la CE.

La Zona 2 presentó conductividades muy elevadas al principio de la serie, coincidiendo con valores extremos (en Punto 1) de sólidos suspendidos totales (SST) y el registro máximo de CE (Punto 5). Luego se observó un descenso sostenido, semejante al registrado en la entrada a la ciudad.

En la comparación zonal (Gráficos 49 y 50), la dispersión de datos es de moderada a alta en todas las zonas, aunque con una tendencia decreciente de la CE hacia la desembocadura. Sin embargo, incluso en los tramos bajos del arroyo, los valores permanecen en rangos no aceptables para agua dulce. Las zonas 2 y 3 se destacan por la presencia de valores anómalos superiores.

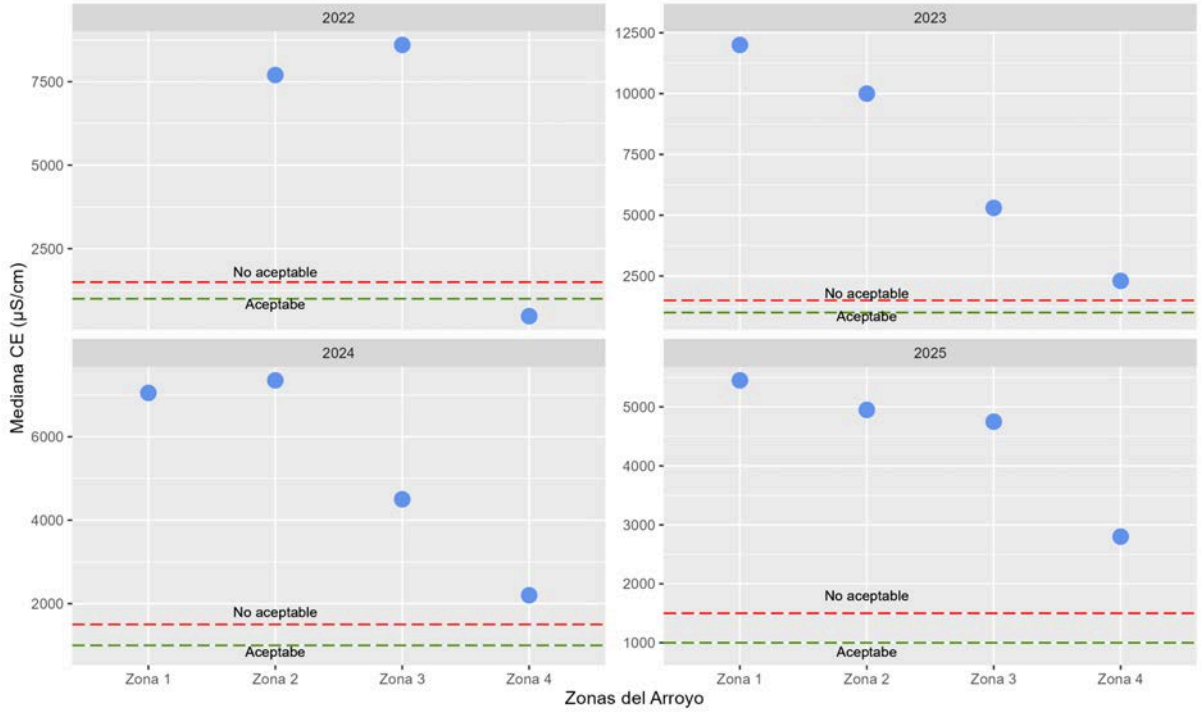
Cuadro 9. Medidas de Tendencia Central, de Posición y de Dispersión de CE por Zona

Zona	Media	Mediana	Máximo	Mínimo	Rango	1° Cuartil	2° Cuartil	Desvío Estándar	Coeficiente Variación
Zona 1	8510,0	7050,0	15000,0	4600,0	10400,0	6475,0	10200,0	3343,1	0,4
Zona 2	9007,7	8100,0	23000,0	1200,0	21800,0	7200,0	9900,0	4631,9	0,5
Zona 3	5809,0	5000,0	14000,0	860,0	13140,0	4100,0	6900,0	3041,7	0,5
Zona 4	2200,6	2200,0	4200,0	330,0	3870,0	1000,0	3250,0	1211,5	0,6

Fuente: DFA. Elaboración propia a partir de informes de resultados emitidos por CIS - FCEIA UNR.

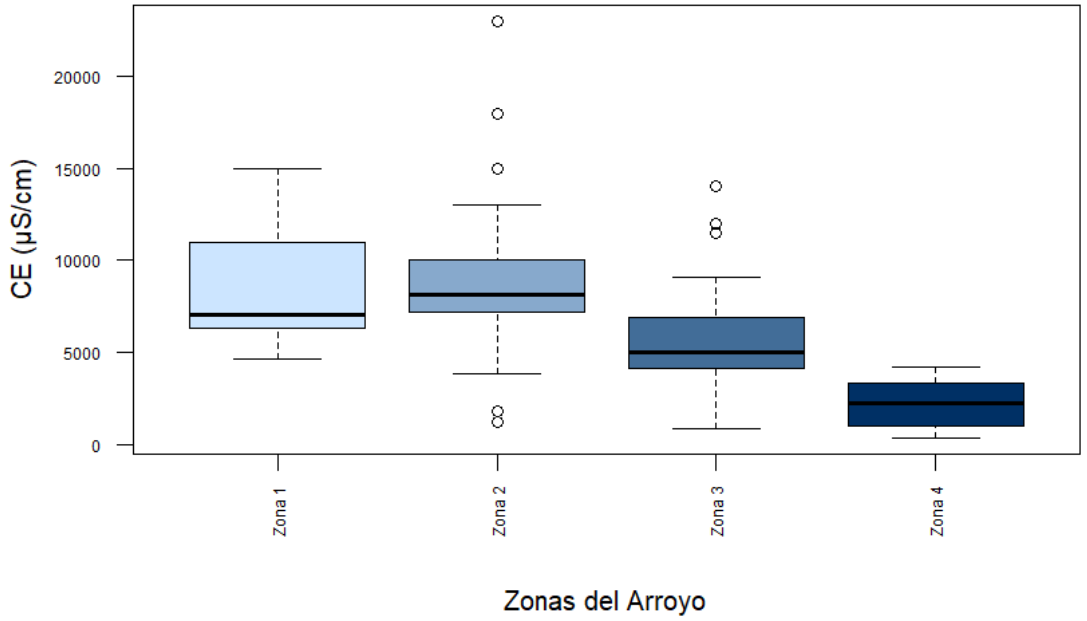
[16] Ver imagen 11 del Anexo I del presente informe, y Registro de campo para esa fecha en sitio oficial del Municipio de Rosario, en el apartado *"Registros de Campo - Arroyo Ludueña"* del portal de Rosario daros: https://datos.rosario.gob.ar/territorio/ambiente/calidad-ambiental/agua/cuerpos-de-aguas-superficiales/arroyo-luduena.

Gráfico 49. Variación Medianas de CE en las Zonas del Arroyo



Fuente: DFA. Elaboración propia a partir de informes de resultados emitidos por CIS - FCEIA UNR.
Referencia: Líneas punteadas establecen los límites adoptados.

Gráfico 50. Diagrama de Caja CE para las Zonas del Arroyo

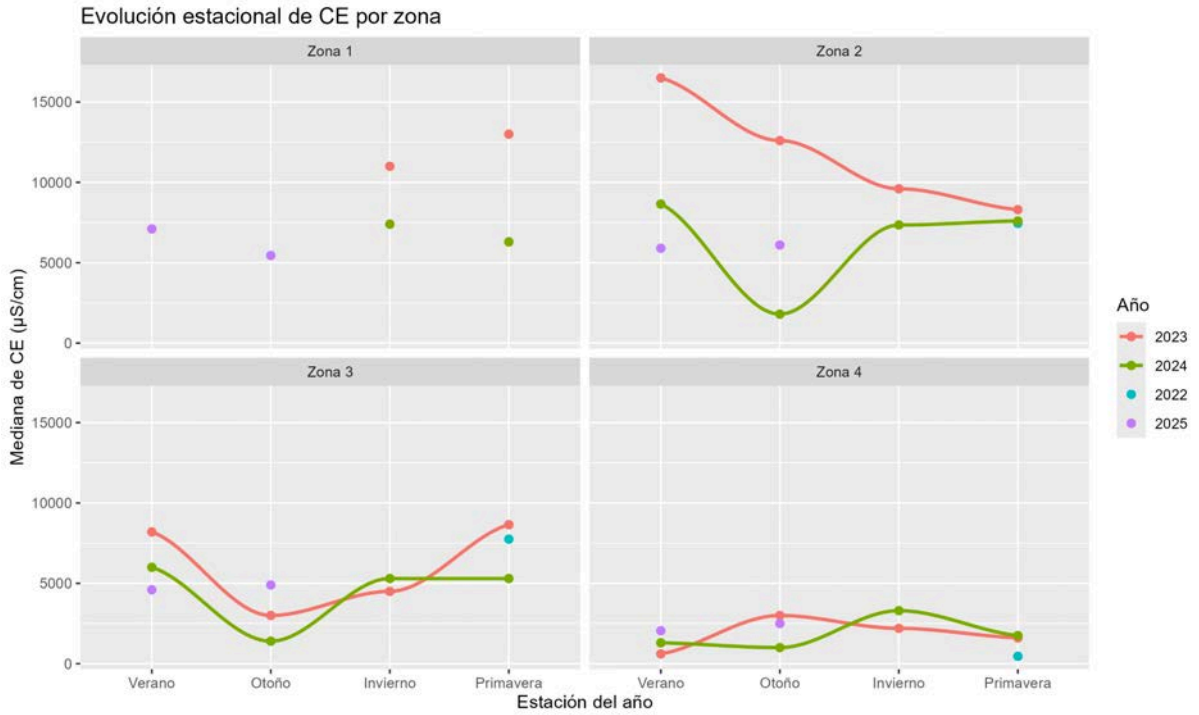


Fuente: DFA. Elaboración propia a partir de informes de resultados emitidos por CIS - FCEIA UNR.

La distribución estacional (Gráfico 51) muestra que en la Zona 1, a pesar de la poca cantidad de datos, en 2023 se registró un leve aumento de invierno a primavera, mientras que en 2024, con conductividades menores, el comportamiento fue inverso, con descenso primaveral. En la Zona 2, en 2023 se observó un fuerte descenso desde verano a primavera, con CE muy elevadas al

inicio. En 2024 se repitió el patrón, con un mínimo en otoño y leve recuperación en invierno-primavera. Los valles en otoño se repiten en la Zona 3 con un ciclo estacional similar para 2023 y 2024, seguidos de incrementos progresivos en invierno y primavera, con un aumento más marcado en la primavera de 2023. La Zona 4, muestra menores valores de CE, con variaciones estacionales más suaves. En 2023 se observó un pequeño pico en otoño y un valor mínimo en verano, mientras que en 2024 el patrón (otoño - invierno) fue similar al de los tramos anteriores del arroyo para el mismo año.
En general, estos patrones sugieren una respuesta de la CE a pulsos hídricos estacionales con procesos de dilución otoñal y concentración en las otras estaciones.

Gráfico 51.



Fuente: DFA. Elaboración propia a partir de informes de resultados emitidos por CIS - FCEIA UNR.

Resumiendo, la conductividad eléctrica en el arroyo Ludueña se caracteriza por valores persistentemente elevados y en general no aceptables para aguas dulces, lo que evidencia una marcada presión antrópica sobre el sistema. Se observa una clara diferenciación espacial, en los tramos superiores (zonas 1 y 2) alcanzando las conductividades más altas, mientras que en los sectores inferiores (zonas 3 y 4) los valores son relativamente menores, aunque aún por encima de los rangos de referencia. Asimismo, se registra una elevada variabilidad temporal, con picos máximos asociados a condiciones de bajo caudal y a la incorporación de efluentes o aportes pluviales, y descensos relacionados con aumentos del nivel hídrico, procesos de dilución y la presencia de grasas y/o aceites. A ello se suma un patrón estacional consistente, caracterizado

por valores mínimos en otoño y concentraciones más elevadas durante invierno y primavera, lo que refleja la influencia de la dinámica hidrológica regional.

Los resultados permiten afirmar que la CE constituye un indicador robusto del impacto antrópico en el arroyo Ludueña, y su comportamiento temporal y espacial respalda la hipótesis de aportes continuos de contaminantes inorgánicos, que exceden con creces los valores de aceptabilidad para cursos de agua dulce.

Turbidez

La turbidez es un parámetro que mide la capacidad del agua para transmitir la luz, utilizada como indicador indirecto de la presencia de sólidos en suspensión que dispersan y absorben la radiación. Si bien suele asociarse principalmente con sedimentos minerales, también puede estar influenciada por otros componentes como algas, bacterias y materia coloidal, lo que le otorga un carácter más complejo que la simple medición de partículas en suspensión (Allan & Castillo, 2007, p. 45). Entre sus principales orígenes se encuentran los procesos erosivos y de transporte de materiales coloidales (arcillas, fragmentos de roca, sedimentos del lecho), los aportes de fibras vegetales y los vertidos de aguas residuales domésticas e industriales (Domínguez et al., 2020, p. 29).

La turbidez presenta una marcada variabilidad temporal, asociada a la actividad biológica en la columna de agua y a la escorrentía superficial que incorpora partículas del suelo. Las fuertes lluvias también pueden resultar en variaciones horarias en la turbidez. En una estación fluvial dada, la turbidez a menudo puede estar relacionada con los SST, especialmente donde hay grandes fluctuaciones en la materia en suspensión (Chapman, 1996, p. 82). En este sentido, eventos de lluvia intensa pueden provocar aumentos bruscos en cuestión de horas, mientras que precipitaciones leves en sistemas con buena cobertura vegetal pueden tener efectos atenuados o incluso de dilución.

En relación con valores de referencia, Chapman (1996, p. 83) indica que en cursos de agua los valores habituales oscilan entre 1 y 1000 UNT, pudiendo verse incrementados por aportes de materia orgánica, efluentes y escorrentía agrícola. Por su parte, la Resolución 357/2005 del CONAMA (Brasil) fija un umbral de hasta 40 UNT para aguas destinadas a consumo humano con tratamiento simple y para la protección de comunidades acuáticas, ampliando hasta 100 UNT para aguas con tratamiento convencional o avanzado, recreación de contacto secundario, riego agrícola y acuicultura.

El marco regulatorio francés establece cinco categorías de indicadores y umbrales para clasificar el estado ecológico de los cuerpos superficiales.Así, a la turbidez se le establecen los siguientes umbrales: calidad de agua muy buena para valores menores o iguales a 15 UNT, calidad de agua buena para valores hasta 35 UNT, calidad de agua media para valores hasta 70 UNT y calidad de agua inadecuada para valores mayores o iguales a 100 UNT (Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, Agences de l'Eau, Office International de l'Eau, & DIREN, 1999).

Por lo anterior, y siendo restrictivo con el cuidado ecológico del arroyo , se adoptó el siguiente criterio de aceptabilidad:

- valores menores a 35 UNT: aceptable

- entre 35 y 70 UNT: medianamente aceptable
- mayores o iguales a 70 UNT: no aceptable

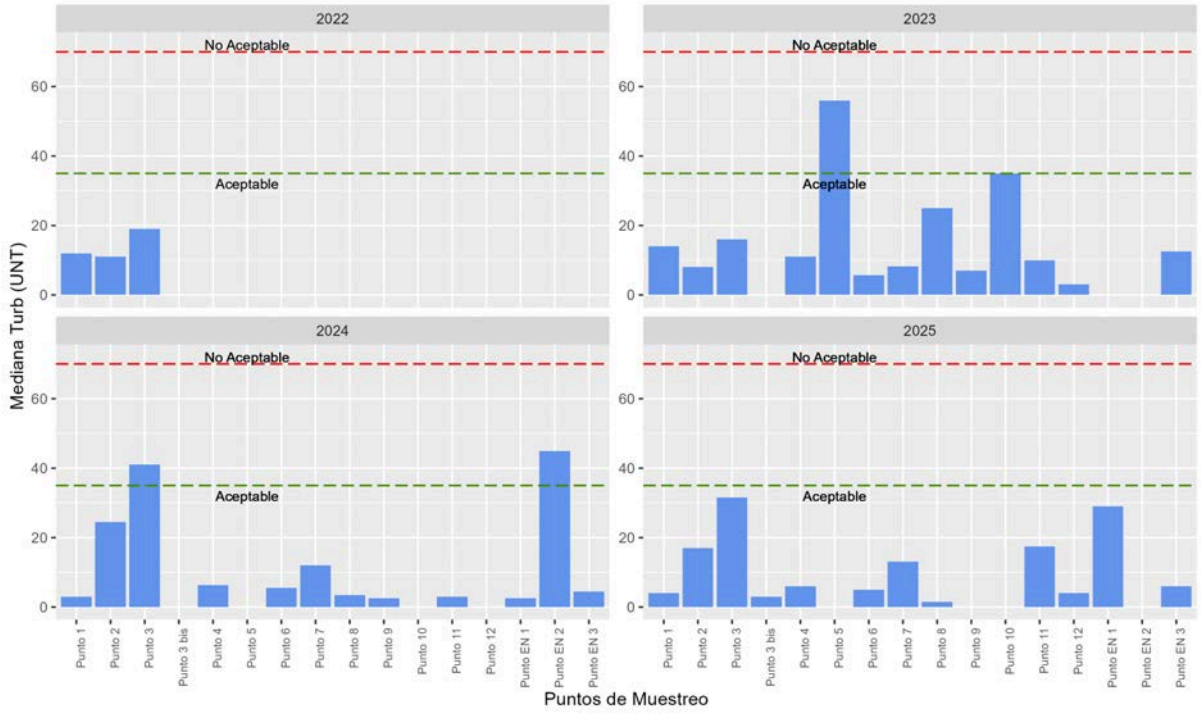
Análisis por Sitio de Muestreo

El análisis de los puntos de muestreo (Anexo II y IV) mostró una mediana global de 9 UNT, con un rango intercuartílico entre 4 y 18,5 UNT y valores extremos entre 1 y 975 UNT. El máximo se registró en el Punto 1 (octubre 2022), coincidente con el mayor pico de SST, mientras que el mínimo también se observó en este mismo sitio (noviembre 2024). Esto refleja la alta dispersión de sus resultados, lo que incrementa notablemente la heterogeneidad general.

En términos de medianas anuales (Gráfico 51), la mayoría de los sitios se mantuvieron en la categoría de aguas aceptables con excepción de: Punto 5 en 2023 y los puntos 3 y EN 2 en 2024 que se mantuvieron en el rango de medianamente aceptables. La dispersión fue elevada en los sitios 1, 2, 3, 4, 6, 7 y 11, que registraron numerosos valores atípicos (Gráfico 52).

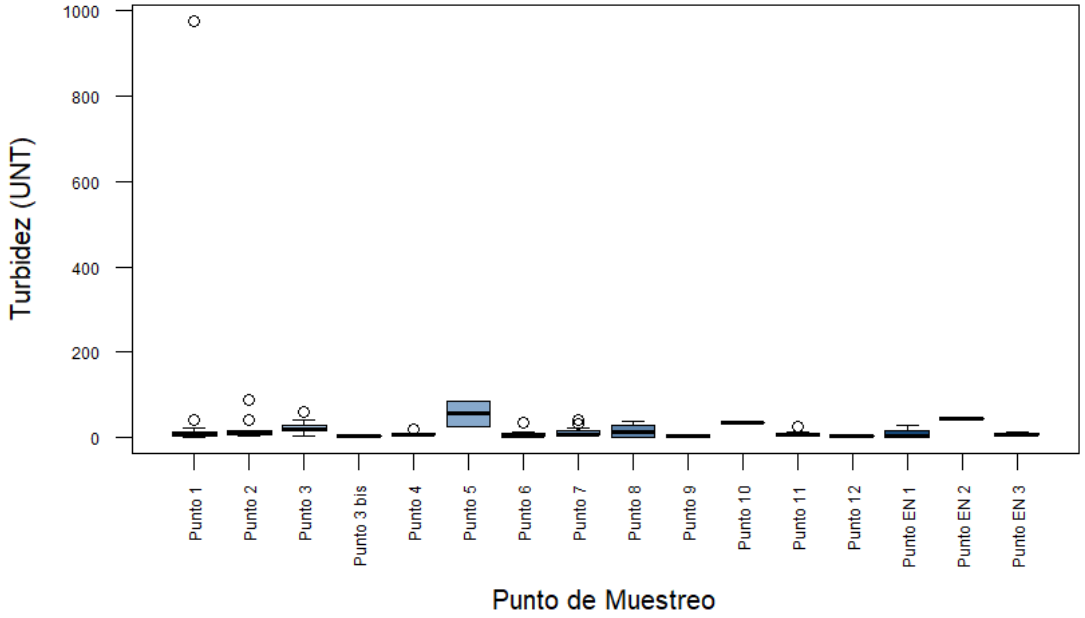
El seguimiento temporal confirma que los picos más significativos se dieron en el Punto 1 (octubre 2022) y en el Punto 2 (febrero 2023), pudiendo estar asociados a condiciones hidrológicas particulares y a los aportes diferenciales de cada sector (Gráfico 53).

Gráfico 51. Medianas anuales de Turbidez por Puntos de Muestreos



Fuente: DFA. Elaboración propia a partir de informes de resultados emitidos por CIS - FCEIA UNR.
Referencia: Líneas punteadas establecen los límites adoptados

Gráfico 52. Diagrama de Caja Turbidez (UNT)



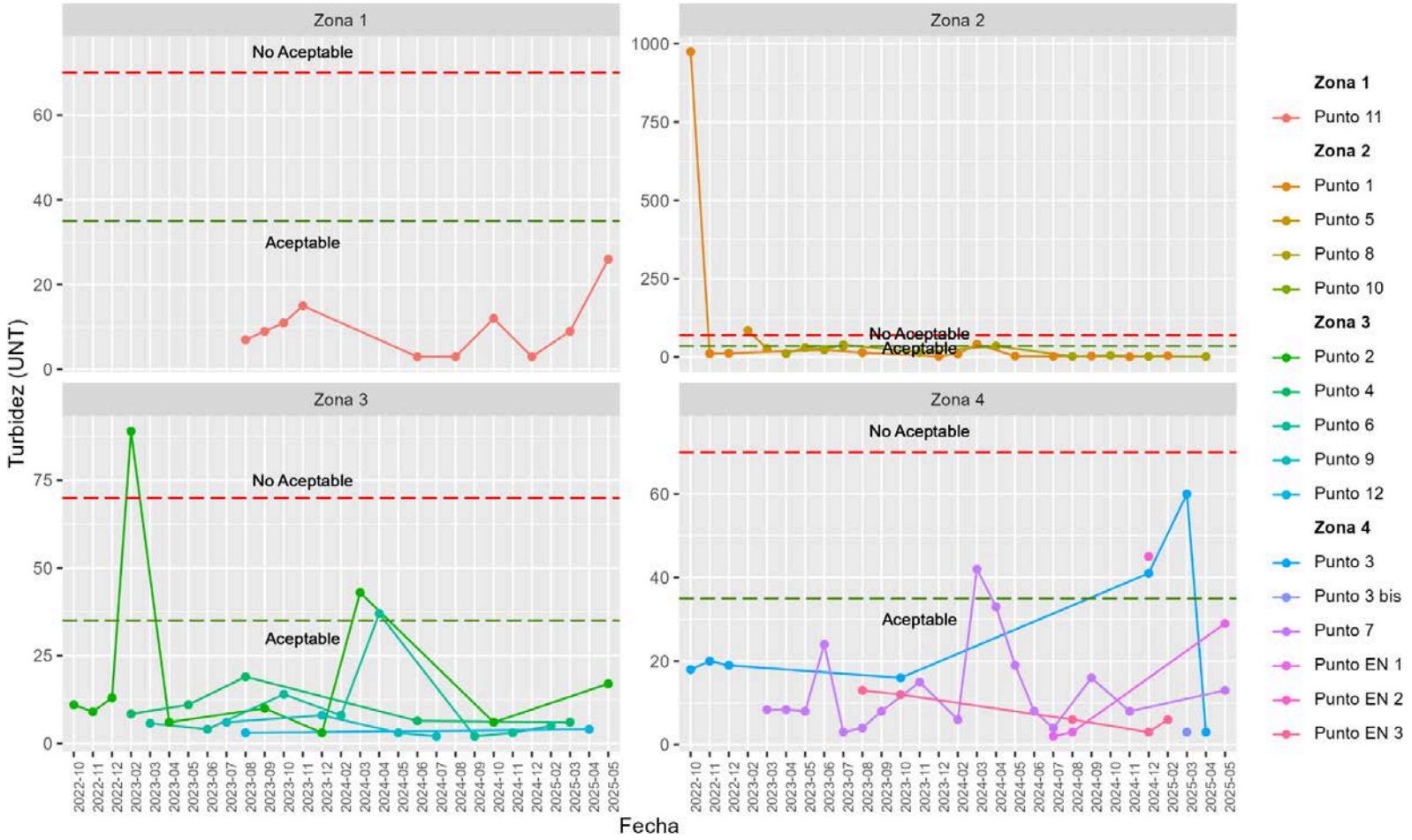
Fuente: DFA. Elaboración propia a partir de informes de resultados emitidos por CIS - FCEIA UNR.

Análisis por Zona

A nivel zonal, se evidencian diferencias marcadas. El Cuadro 10 muestra que la Zona 2 presenta los valores más críticos, con una mediana de 11,5 UNT pero un valor máximo de 975 UNT y el coeficiente de variación más alto (3,5), reflejando la influencia directa del Punto 1. Las zonas 3 y 4 muestran mayor estabilidad, aunque con episodios puntuales de turbidez elevada. La Zona 1 mantiene valores bajos y más homogéneos.

En cuanto a las medianas anuales (Gráfico 54), todas las zonas se ubicaron dentro de rangos aceptables, aunque con registros anómalos en todas ellas (Gráfico 55).

Gráfico 53. Variación Turbidez en Zonas de Estudio



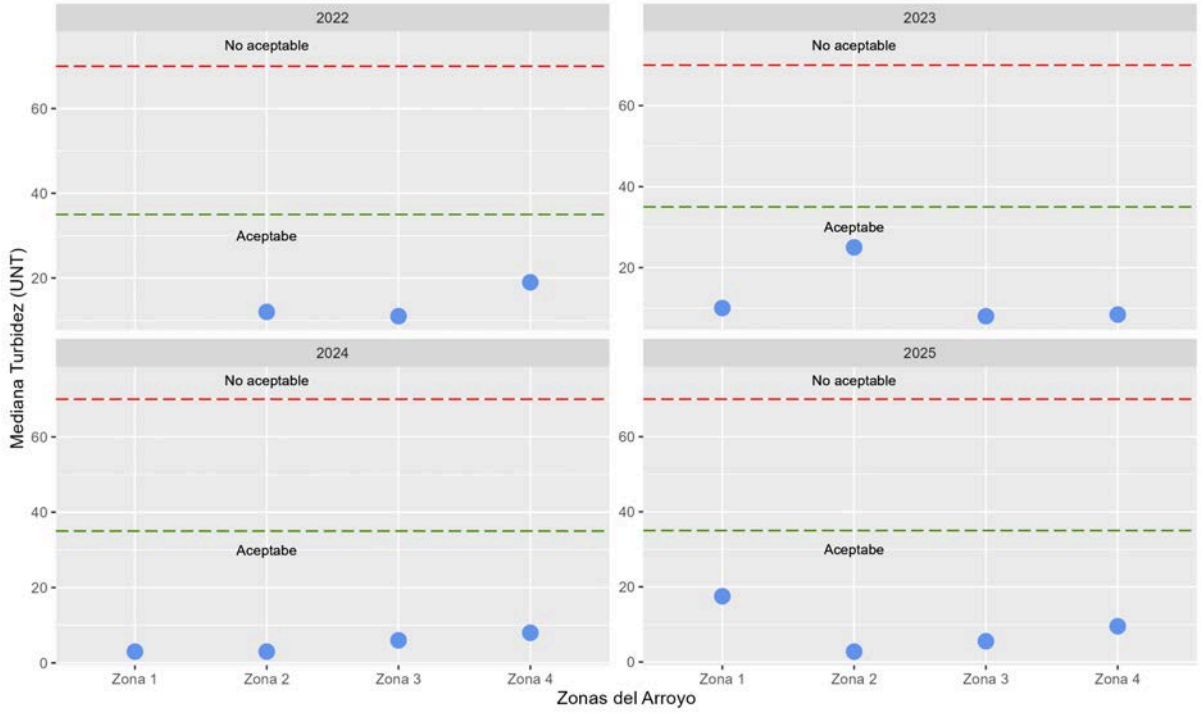
Fuente: DFA. Elaboración propia a partir de informes de resultados emitidos por CIS - FCEIA UNR.
Referencia: Líneas punteadas establecen los límites adoptados.

Cuadro 10. Medidas de Tendencia Central, de Posición y de Dispersión de Turbidez por Zona

Zona	Media	Mediana	Máximo	Mínimo	Rango	1° Cuartil	2° Cuartil	Desvío Estándar	Coeficiente Variación
Zona 1	9,8	9,0	26,0	3,0	23,0	4,0	11,8	7,0	0,7
Zona 2	54,4	11,5	975,0	1,0	974,0	3,0	29,3	188,7	3,5
Zona 3	12,5	6,4	89,0	2,0	87,0	4,0	11,0	17,5	1,4
Zona 4	15,5	10,2	60,0	2,0	58,0	6,0	19,0	14,2	0,9

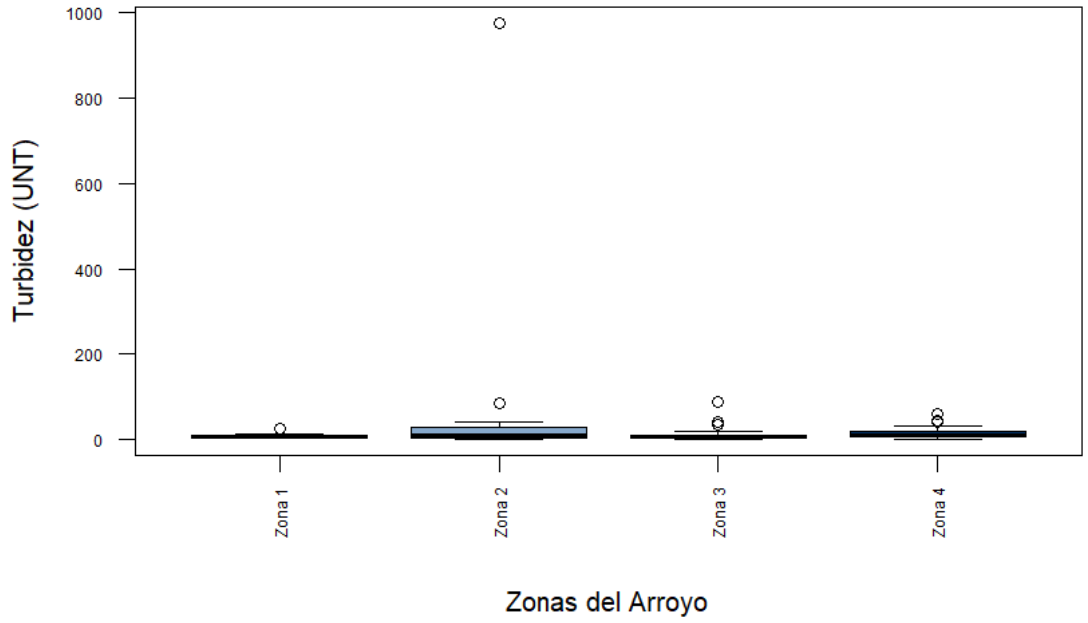
Fuente: DFA. Elaboración propia a partir de informes de resultados emitidos por CIS - FCEIA UNR.

Gráfico 54. Variación Medianas de Turbidez en las Zonas del Arroyo



Fuente: DFA. Elaboración propia a partir de informes de resultados emitidos por CIS - FCEIA UNR.
Referencia: Líneas punteadas establecen los límites adoptados.

Gráfico 55. Diagrama de Caja Turbidez para las Zonas del Arroyo



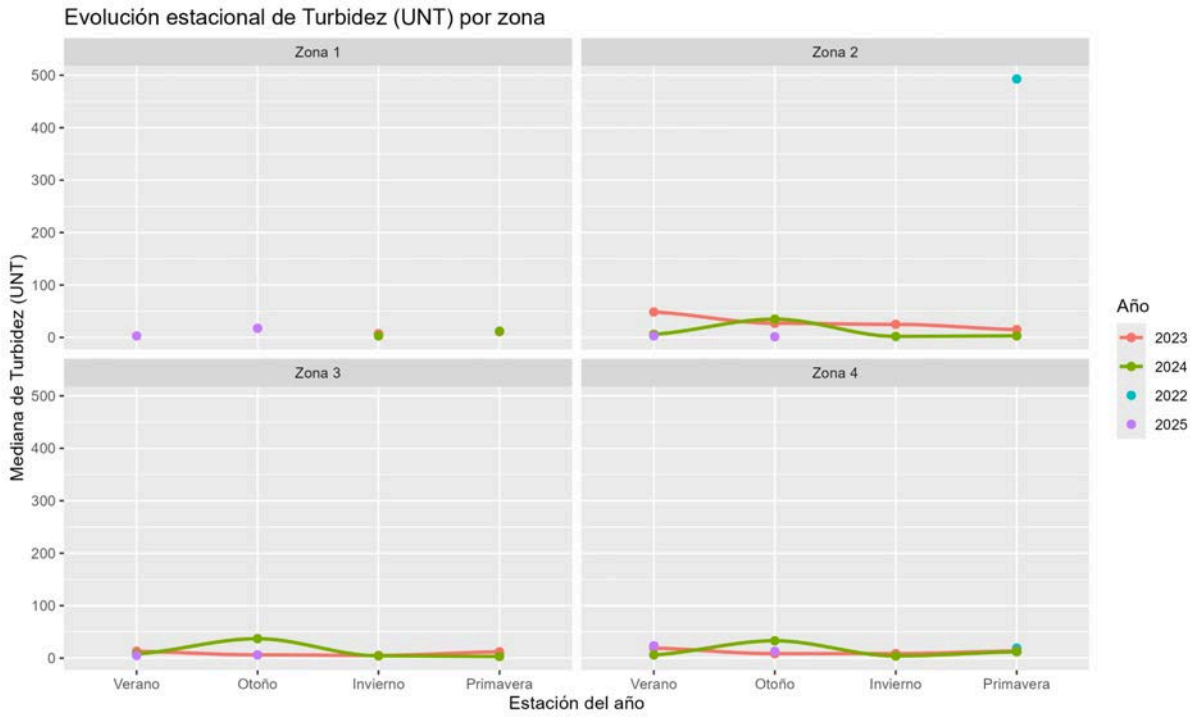
Fuente: DFA. Elaboración propia a partir de informes de resultados emitidos por CIS - FCEIA UNR.

En la evolución estacional (Gráfico 56) se identifican patrones diferenciales. Se evidenció un pico en primavera de 2022 en Zona 2, coincidente con el evento extremo del Punto 1. Mientras que durante 2023 hubo una tendencia descendente de verano a primavera, salvo en Zona 4 con aumentos puntuales. Durante 2024 se incrementó en otoño, en todas las zonas, en concordancia con lluvias intensas[17] asociadas al evento El Niño. En 2025 se advierten niveles más moderados, sin picos relevantes hasta el momento.

La dinámica interanual observada coincide con la variabilidad climática regional. En 2023, la sequía generalizada (Skansi & Poggi, 2024, p. 3) redujo el aporte de escorrentía, resultando en valores relativamente bajos de turbidez, salvo en eventos aislados. En contraste, en el otoño de 2024, el efecto de El Niño generó lluvias intensas y persistentes (Skansi & Poggi, 2025, p. 15). , lo que se podría estar reflejando en aumentos abruptos de turbidez en varias zonas del arroyo. Este comportamiento reafirma lo señalado por Chapman (1996, p. 82): la turbidez responde tanto a la dinámica hidrológica de lluvias y caudales como a procesos biológicos internos.

[17] En el otoño de 2024, la influencia de El Niño tomó relevancia y los excesos estuvieron condicionados por numerosos e intensos eventos de lluvia que, acompañados de viento y actividad eléctrica, afectaron entre otras a la provincia de Santa Fe. Durante marzo y abril, generaron serios impactos en la población y sus bienes. (Skansi & Poggi, 2025, p. 15).

Gráfico 56.



Fuente: DFA. Elaboración propia a partir de informes de resultados emitidos por CIS - FCEIA UNR.

En conjunto, el análisis de la turbidez del arroyo evidencia una condición general aceptable, aunque con episodios críticos localizados que se concentran en la Zona 2 (Punto 1), donde se registraron los valores más extremos y la mayor heterogeneidad. Las demás zonas muestran una mayor estabilidad, aunque no exentas de anomalías puntuales.

La variabilidad estacional e interanual refleja la influencia directa de los pulsos de lluvia y sequía, modulados por fenómenos climáticos regionales como El Niño. En términos ecológicos, si bien los valores medianos se mantienen dentro de los rangos de aceptabilidad, la ocurrencia de picos extremos puede generar impactos negativos temporales en la biota acuática y en los usos potenciales del recurso. Por lo tanto, la turbidez se presenta como un indicador sensible de presiones antrópicas e hidrológicas, clave para la protección ecológica del arroyo.

Coliformes Totales y Fecales (CT y CF)

Las coliformes son una familia de bacterias que se encuentran comúnmente en las plantas, el suelo y los animales, incluyendo los humanos. La presencia de bacterias coliformes es un indicio de que el agua puede estar contaminada con aguas negras o urbanas u otro tipo de desechos en descomposición. La contaminación fecal implica riesgo sanitario en el agua, ya que supone la incorporación de microorganismos patógenos que pueden provocar enfermedades en la salud humana (Ramos - Ortega et al., 2008, p. 88) . Muchos de estos microorganismos provienen de agua contaminada con excrementos humanos. Las heces humanas pueden contener diversos patógenos intestinales que causan distintas enfermedades. Por lo tanto, la contaminación de cursos de agua con excrementos animales o humanos presenta un riesgo de infección para quienes utilizan el agua para beber, preparar alimentos, para la higiene personal e incluso para

fines recreativos (Chapman, 1996, p. 117). La contaminación de las aguas superficiales suele deberse a vertidos de líquidos residuales domésticos y/o industriales, escorrentías agrícolas y lixiviados de sitios de acumulación de residuos que contienen materia fecal de animales y humanos. La utilización de cursos de agua por parte del ganado y la fauna silvestre también es una fuente potencial de patógenos. Estos patógenos representan un riesgo aguas abajo ya que su supervivencia en el agua es muy variable, dependiendo de la calidad de las aguas receptoras, en particular la turbidez, los niveles de oxígeno, los nutrientes y la temperatura (Chapman, 1996, p. 117).

Para darnos una idea de las cantidades típicas de coliformes totales y fecales que pueden encontrarse, retomamos a Chapman (1996) ya que indica que las aguas residuales urbanas sin tratar pueden contener de 10 a 100 millones de bacterias coliformes (bacterias de origen intestinal) por 100 ml (p. 117), En cuanto a las bacterias de origen fecal, señala, que en ríos y lagos de todo el mundo con poco impacto antrópico varían de <1 a 3000 organismos por 100 ml. Sin embargo, en zonas de alta densidad de población pueden tener recuentos de hasta 10 millones de organismos por 100 ml (p. 118).

En cuanto a rangos de referencia en cuerpos o cursos de aguas superficiales, la Resolución ACUMAR N° 283/2029 indica para los diferentes usos del curso de agua solo para coliformes fecales (CF). En cuanto a los coliformes totales (CT) se adopta como referencia la Resolución 357/2005 del CONAMA (Brasil) que establece que no se deberá exceder 200 NMP por 100 ml para aguas destinadas a consumo humano con tratamiento simple, para la protección de comunidades acuáticas y riego de hortalizas que sean consumidas crudas; hasta 1000 NMP por 100 ml para aguas para consumo humano con tratamiento convencional, actividades de pesca desportiva y lo amplía hasta 2500 NMP por 100 ml para recreación de contacto secundario, llegando al límite de 4000 NMP por 100 ml para otros usos.

Teniendo en cuenta los criterios de referencia mencionados en el párrafo anterior, para este trabajo se toma los establecido por la resolución de Acumar para coliformes fecales mientras que para los coliformes totales se adopta el siguiente criterio:

- Aceptables: menores a 200 NMP/100 ml, que protegen la vida acuática y pueden utilizarse para riego de verduras que pueden ser consumidas crudas.
- Medianamente aceptables: entre 200 y 1000 NMP/100 ml rango donde pueden utilizarse para pesca deportiva.
- No aceptable: valores mayores a 1000 NMP/100 ml.

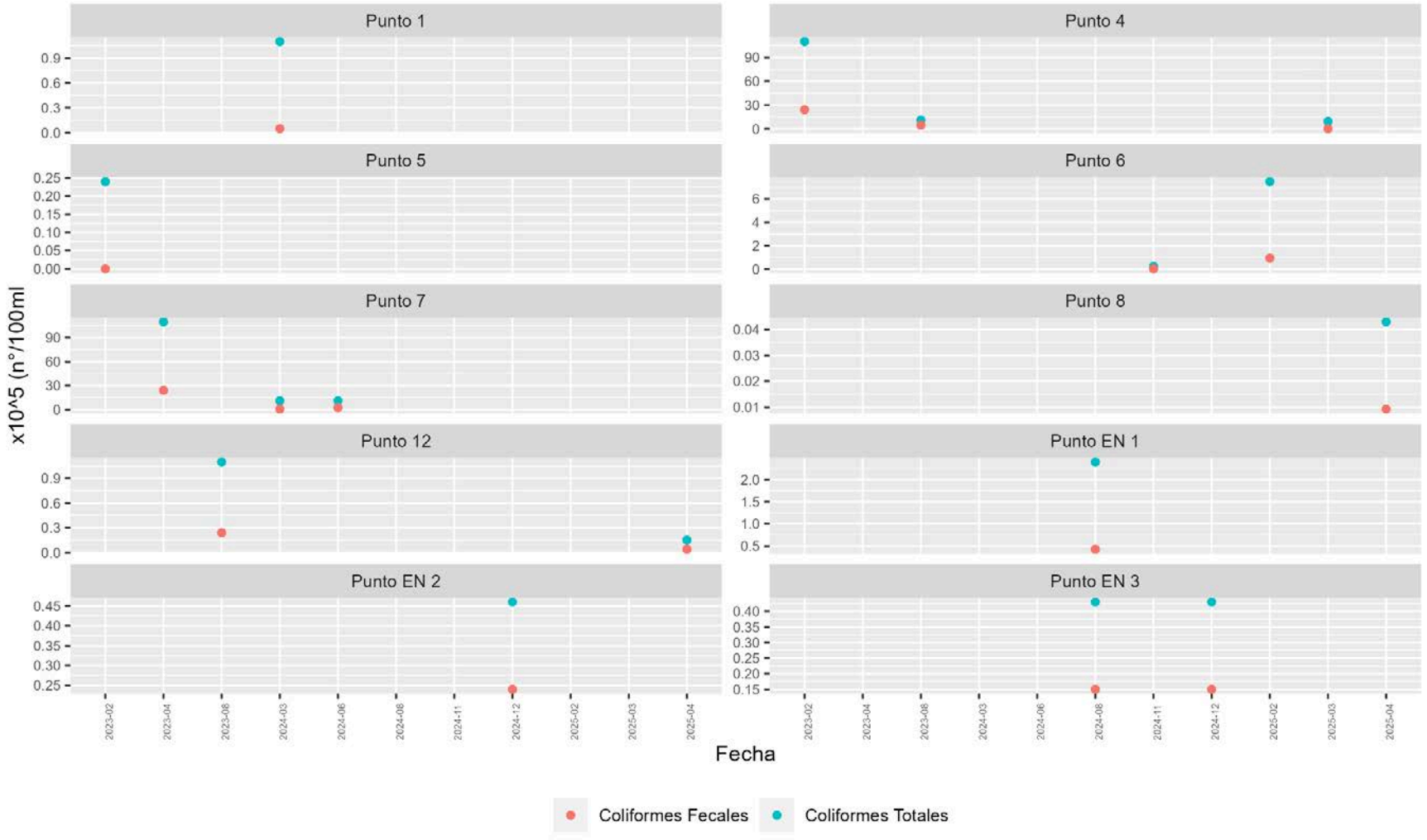
Análisis por Sitio de Muestreo

Durante el período en estudio se han analizado CT y CF en 17 muestras en 10 sitios de muestreo (Gráfico 57) arrojando los resultados plasmados en Anexo II. Los CT varían entre 0,04 $x10^5$ (n°/100ml) para el Punto 8 en abril de 2025 y 110 $x10^5$ (n°/100ml) en los puntos 4 (febrero de 2023) y 7 (abril de 2023).

En cuanto a los CF, oscilan entre valores menores a 30 (n°/100ml) para el Punto 5 en febrero de 2023 y 24 $x10^5$ (n°/100ml) en los sitios que se advierte los valores máximos de CT.

Del total de muestras, sólo la de abril de 2025 en el Punto 8 arroja valores aceptables para CT. Para CF, la muestra anterior y la del Punto 5, tomada en febrero de 2023, resultaron aptas para todos los usos establecidos por la normativa de referencia.
Se advierten que los sitios más comprometidos según esta variable son los puntos 4 y 7 seguidos del 6 y EN 1. Estos resultados, hacen inferir que el arroyo recibe vertidos de aguas domésticas y cloacales.

Gráfico 57. Variación de Coliformes para los Puntos de Muestreo



Fuente: DFA. Elaboración propia a partir de informes de resultados emitidos por CIS - FCEIA UNR

7. Evolución Espacio - Temporal de los Parámetros por Zona

A modo de síntesis, y con el fin de visualizar de manera rápida la evolución espacio-temporal de los parámetros analizados, se elaboró el Cuadro 11, en el que se presentan las medianas anuales por zona de cada variable, considerando los criterios definidos previamente.

En términos generales, se observa una tendencia de mejora en la calidad del agua desde el inicio del período de estudio hasta mayo de 2025. No obstante, se destacan algunas excepciones: la conductividad eléctrica se mantuvo en niveles elevados a lo largo de toda la serie temporal, mientras que los coliformes mostraron una reducción en la Zona 2 entre 2024 y 2025, pero permanecieron altos en la Zona 3, donde además se registró un incremento de coliformes fecales.

Estas variaciones pueden estar vinculadas a la dinámica de las precipitaciones, que fueron más abundantes durante 2024 y 2025 en comparación con los años previos, marcados por episodios de sequía (2022–2023). El aumento del caudal del arroyo, constatado en las observaciones de campo durante 2024, favoreció la dilución de contaminantes, lo que explicaría parte de las mejoras observadas en algunos parámetros.

Cuadro 11. Comportamiento Espacio - Temporal de las Medianas de las Variables Monitoreadas

Variable Monitoreada	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4
pH		🟢 2022	🟢 2022	🟢 2022
	🟢 2023	🟢 2023	🟢 2023	🟢 2023
	🟢 2024	🟢 2024	🟢 2024	🟢 2024
	🟢 2025	🟢 2025	🟢 2025	🟢 2025
Temperatura		🟢 2022	🟢 2022	🟢 2022
	🟢 2023	🟢 2023	🟢 2023	🟢 2023
	🟢 2024	🟢 2024	🟢 2024	🟢 2024
	🟢 2025	🟢 2025	🟢 2025	🟢 2025
Sustancia Soluble en Éter Etílico		🔴 2022	🔴 2022	🔴 2022
	🟢 2023	🔴 2023	🔴 2023	🟢 2023
	🟢 2024	🟢 2024	🔴 2024	🔴 2024
	🟢 2025	🟢 2025	🟢 2025	🟢 2025
Sólidos Suspendidos Totales		🟡 2022	🟢 2022	🟢 2022
	🟢 2023	🟢 2023	🟢 2023	🟢 2023
	🟢 2024	🟢 2024	🟢 2024	🟢 2024
	🟢 2025	🟢 2025	🟢 2025	🟢 2025
Demanda Biológica de Oxígeno		🟡 2022	🟡 2022	🟢 2022
	🟢 2023	🟡 2023	🟡 2023	🟡 2023
	🟢 2024	🟢 2024	🟢 2024	🟡 2024
	🟢 2025	🟢 2025	🟢 2025	🟢 2025
Demanda Química de Oxígeno		🟡 2022	🟡 2022	🟢 2022
	🟢 2023	🔴 2023	🔴 2023	🟢 2023
	🟢 2024	🟢 2024	🟢 2024	🟡 2024
	🟡 2025	🟢 2025	🟢 2025	🟡 2025
Oxígeno Disuelto		🟡 2022	🟡 2022	🟢 2022
	🟢 2023	🔴 2023	🟢 2023	🔴 2023
	🟢 2024	🟢 2024	🟢 2024	🟡 2024
	🟢 2025	🟢 2025	🟢 2025	🟢 2025
Conductividad Eléctrica		🔴 2022	🔴 2022	🟢 2022
	🔴 2023	🔴 2023	🔴 2023	🔴 2023
	🔴 2024	🔴 2024	🔴 2024	🔴 2024
	🔴 2025	🔴 2025	🔴 2025	🔴 2025
Turbidez		🟢 2022	🟢 2022	🟢 2022
	🟢 2023	🟢 2023	🟢 2023	🟢 2023
	🟢 2024	🟢 2024	🟢 2024	🟢 2024
	🟢 2025	🟢 2025	🟢 2025	🟢 2025
Coliformes Totales		🔴 2023	🔴 2023	🔴 2023
		🔴 2024	🔴 2024	🔴 2024
		🟡 2024	🔴 2025	
Coliformes Fecales		🟢 2023	🔴 2023	🔴 2023
		🟡 2024	🟡 2024	🔴 2024
		🟢 2025	🔴 2025	

Fuente: DFA. Elaboración propia a partir de informes de resultados emitidos por CIS - FCEIA UNR.
Referencia: 🟢 Aceptable - 🟡 Medianamente Aceptable - 🔴 No Aceptable - Celdas vacías: no hay datos.

8. Análisis de resultados en Aliviadores

Los resultados presentados en el Anexo II se contrastaron con los valores establecidos en la Resolución de ACUMAR N° 283/2019 para los distintos usos previstos, y con criterios de aceptabilidad específicos[18] para aquellas variables que no cuentan con límites en dicha normativa. Si bien el agua en los aliviadores circula por conductos cerrados, lo que impide los usos contemplados en la resolución, la comparación resulta pertinente para evaluar la variación espacial de los parámetros en el arroyo y contribuir a la identificación de las causas de contaminación.

En el Aliviador I, los parámetros de pH, temperatura y turbidez se ubicaron dentro de rangos aceptables. En cambio, los valores de SSEE resultaron elevados tanto en el inicio (AI1) como en la salida (AI2). Los SST se mantuvieron generalmente en niveles aceptables, salvo en septiembre de 2023 en AI1. La DBO presentó resultados entre aceptables y medianamente aceptables, mientras que la DQO mostró valores elevados en 2023, lo que sugiere la posible presencia de descargas industriales. El OD arrojó valores entre aceptables y medianamente aceptables, excepto en octubre de 2023. Cabe señalar que en AI1 no se realizaron estudios bacteriológicos, mientras que en AI2 se registraron concentraciones elevadas de CT y CF.

En el Aliviador II los resultados se analizaron de manera conjunta debido a la cercanía entre sus puntos de muestreo. Los parámetros de pH, temperatura, turbidez y SST (con excepción de la muestra de agosto de 2023) se mantuvieron dentro de los rangos aceptables. En contraste, los indicadores de SSEE, DQO, CE y OD resultaron no aceptables. La DBO se clasificó como medianamente aceptable, salvo en la muestra de octubre de 2023, que superó los valores establecidos por la resolución.

En términos generales, el pH en ambos aliviadores se mantuvo en valores ligeramente alcalinos, cercanos a la neutralidad (pH 7). Las temperaturas acompañaron las variaciones estacionales esperadas. En lo que respecta a los sólidos, no se detectaron sólidos sedimentables, dado que todos los registros fueron inferiores al límite de detección. Los valores de SSEE mostraron una alta variabilidad en ambos aliviadores, con concentraciones máximas que permiten inferir un aporte significativo de aceites y/o grasas. Sin embargo, en función de los resultados, se identifican eventos puntuales, por lo tanto es necesario ampliar la serie de datos para determinar si se trata de vertidos esporádicos o frecuentes.

En cuanto a la CE, los valores observados, al igual que a lo largo del arroyo, en los dos aliviadores sugieren la presencia de sólidos disueltos y/o iones probablemente asociados a descargas urbanas y/o industriales. Por último, los resultados de OD mostraron una marcada variabilidad, lo que dificulta extraer conclusiones firmes acerca de su comportamiento.

[18] Definidos en cada uno de los parámetros desarrollados en el apartado "Análisis de Resultados del Arroyo"

9. Análisis de los resultados del Canal Ibarlucea y Salvat

Al igual que en el caso de los aliviadores, los resultados presentados en el Anexo II fueron contrastados con la Resolución ACUMAR N° 283/2019 y, para aquellas variables no contempladas en dicha normativa, con los criterios de aceptabilidad adoptados[19].

En lo que respecta al pH, en abril de 2024 las aguas resultaron ligeramente ácidas, próximas a la neutralidad (pH 7). A partir de mayo de ese mismo año se observa una tendencia hacia valores levemente alcalinos, siendo más marcados en el canal Salvat, que alcanzó valores superiores a pH 8. No obstante, todos los registros se mantuvieron dentro de los rangos aceptables establecidos por la normativa.

La temperatura de las aguas respondió a las variaciones estacionales, registrándose, en general, valores más bajos en el canal Salvat que en el Ibarlucea. Cabe señalar que en las campañas de octubre de 2024 y mayo de 2025 no se registraron datos de este parámetro.

En cuanto a los sólidos en suspensión, no se detectaron sólidos sedimentables. Sin embargo, en abril de 2024 los SST alcanzaron concentraciones cercanas a 20 mg/l, lo que evidencia una presencia moderada de partículas sólidas, aunque dentro de rangos aceptables. En mayo de 2024 se produjo un brusco descenso de este parámetro, seguido de un nuevo incremento en los muestreos posteriores, aunque sin alcanzar los valores iniciales. Estas oscilaciones se reflejan en la turbidez, que en abril de 2024 presentó una aceptabilidad media, mientras que en el resto de las campañas se mantuvo en niveles aceptables.

Respecto a los SSEE, todas las muestras de abril de 2024 y la obtenida en el Punto IB1 en mayo de ese mismo año registraron concentraciones considerables de grasas, aceites y/o compuestos orgánicos no polares, mientras que el resto de los resultados se mantuvieron por debajo del límite de aceptabilidad.

La relación entre DBO y DQO refuerza las observaciones anteriores. En abril y mayo de 2024, en el inicio del canal Ibarlucea (IB1), se verificó baja DBO acompañada de alta DQO, lo que denota escasa biodegradabilidad y sugiere la presencia de compuestos de difícil degradación, como sustancias químicas industriales, detergentes o residuos oleosos. Situación similar se observó en IB3 durante abril de 2024, aunque en mayo la DQO descendió a valores aceptables. En octubre de 2024, la DQO se aproximó al límite de no aceptabilidad, acompañada por una DBO de aceptabilidad media.

En relación con la CE, las muestras de abril de 2024 presentaron valores bajos, acordes a lo esperado en ambientes lóticos naturales. Sin embargo, en los muestreos posteriores se verificó un incremento significativo, indicador de un mayor contenido de iones disueltos, lo que permite inferir aportes vinculados al vertido de aguas residuales.

El OD mostró valores adecuados en ambos tributarios, con mejores condiciones en el canal Salvat.

Finalmente, el análisis bacteriológico (CT y CF) reveló en octubre de 2024 concentraciones muy elevadas en el ingreso a la ciudad del canal Ibarlucea (IB1), que descendieron hacia valores medianamente aceptables para CT y aceptables para CF en IB3. En febrero de 2025, las determinaciones realizadas en IB1 mostraron que la totalidad de los coliformes detectados eran

[19] Idem anterior

fecales (CF = CT), con valores aún más elevados que en 2024 y muy por encima de los límites de aceptabilidad, lo que evidencia un fuerte impacto por contaminación de origen cloacal.
En síntesis, los resultados permiten identificar episodios puntuales de deterioro de la calidad en ambos canales, particularmente en el Ibarlucea. Los registros elevados de DQO y SSEE sugieren aportes de contaminantes de origen industrial o doméstico, mientras que los resultados bacteriológicos evidencian un aporte sostenido de contaminación fecal. En contraste, el canal Salvat muestra condiciones más estables y favorables, especialmente en términos de oxigenación, aunque no exento de alteraciones puntuales.

10. Consideraciones Finales

A partir de los resultados obtenidos durante el período de estudio, que incluyó 122 monitoreos (99 muestras en el curso de agua, 12 en aliviadores, 3 en la descarga del canal Salvat y 8 en el canal Ibarlucea), se conformó una base de información integral sobre el arroyo Ludueña, su infraestructura asociada y sus tributarios, considerando parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos. La serie histórica alcanzada permitió identificar variaciones estacionales, temporales y espaciales significativas, aportando evidencias valiosas para comprender la dinámica del curso de agua y constituyendo un insumo fundamental para orientar estrategias de gestión ambiental, reforzar la continuidad del monitoreo y mejorar la detección de posibles fuentes de contaminación.
El análisis individual de cada parámetro permitió establecer conclusiones específicas en relación con la calidad del agua.
A lo largo del recorrido del arroyo en la ciudad, el **pH** presentó valores levemente alcalinos, con una tendencia a disminuir hacia la desembocadura. En general se mantuvo dentro del rango establecido por la Resolución ACUMAR Nº 283/2019 (pH 6,5 – 9) para los distintos usos, mostrando relativa estabilidad, aunque con variabilidad localizada y patrones estacionales definidos. En función de descensos localizados en las Zonas 3 y 4 que requieren seguimiento.
En cuanto a la **temperatura**, está influenciada por las estaciones del año y los horarios de toma de muestras. Los valores hallados para este parámetro se encuentran por debajo de lo establecido (menor a 35 °C) por la Resolución ACUMAR Nº 283/2019, siendo adecuada para los usos mencionados.
En relación con la concentración de **SSEE**, la Zona 2 resultó la más afectada, lo que sugiere que las altas concentraciones estarían vinculadas a vertidos puntuales de establecimientos comerciales, industriales o de servicios localizados en el área. Asimismo, se evidenció una influencia estacional marcada en algunos sectores, posiblemente asociada a incrementos en las descargas o en la escorrentía urbana. El año 2023 se destacó como el más crítico, en particular en la Zona 2, mientras que en el período 2024–2025 se observaron mejoras.
Además, el análisis estadístico y temporal de la **DBO** muestra que, aunque existe una tendencia a mayores concentraciones hacia el tramo final, el comportamiento no es uniforme entre años, estaciones ni zonas. Las áreas intermedias concentran la mayor variabilidad, mientras que los extremos presentan condiciones relativamente más estables. Sin embargo, las Zonas 2 y 4 se destacan por registrar los episodios críticos más relevantes.

La dinámica de la **DQO**, por su parte, refleja variaciones espaciales, estacionales e interanuales asociadas tanto a descargas puntuales como difusas, además de las condiciones hidrológicas del arroyo. La coherencia con los resultados de la DBO respalda su interpretación conjunta, permitiendo distinguir la influencia de aportes domésticos, industriales y agrícolas en distintos tramos del curso de agua. En conjunto, los datos evidencian una tendencia a la mejora en 2024 y 2025, aunque la Zona 1 muestra un aumento progresivo desde 2023 que requiere especial atención, por lo que resultaría pertinente incorporar análisis específicos de los productos utilizados en las prácticas agropecuarias de la zona, a fin de identificar posibles aportes vinculados a la actividad agrícola.

Respecto a los **SST** y la **turbidez**, la mayoría de los puntos y zonas del arroyo presentan concentraciones dentro del rango adoptado como aceptable. El único registro extremadamente alto se observó en la Zona 2, durante octubre de 2022. Se destaca que la variabilidad estacional y temporal parece responder principalmente a factores ambientales (lluvias, escorrentías, cambios de temperatura) y, en menor medida, a posibles descargas de efluentes. No obstante, no se advierten tendencias de contaminación sostenida en la mayoría de las zonas del arroyo.

Al mismo tiempo, el **oxígeno disuelto** varía tanto espacial como temporalmente y si bien el arroyo mantiene sectores con buena calidad ambiental, subsisten tramos con déficit de oxígeno que limitan la aptitud para la vida acuática y los usos recreativos. La Zona 1 se mantiene como el sector con mejores condiciones de oxigenación y en cambio, la Zona 4, persiste como el área más vulnerable, presentando episodios de hipoxia y medianas bajas, aunque con una leve mejoría en 2025.

También se observa que la **conductividad eléctrica** decrece a medida que las aguas fluyen hacia la desembocadura y superan ampliamente los valores de aceptabilidad para cursos de agua dulce en todas las zonas. Cabe señalar que cada arroyo tiende a presentar un rango de conductividad relativamente estable en el tiempo; por ello, resulta necesario profundizar en el análisis de este parámetro a fin de establecer un valor de referencia propio. Una vez definido dicho valor, las mediciones periódicas permitirán identificar variaciones relevantes y, en consecuencia, posibles ingresos de contaminantes o cambios en la dinámica del ecosistema acuático.

Sobre los **coliformes totales y fecales** los resultados permiten deducir que, excepto en la Zona 1, donde no se realizaron análisis de estos parámetros, en todas los demás sectores se evidencian descargas de aguas domésticas y cloacales, siendo los más afectados los 3 y 4. Es necesario la realización del análisis de estas variables en todos los puntos de muestreos para una mejor interpretación de los resultados.

A modo de resumen en el Cuadro 11, se observa la evolución espacio-temporal de los parámetros antes mencionados.

En términos generales, se observa una tendencia de mejora en la calidad del agua desde el inicio del período de estudio hasta mayo de 2025. Estas variaciones pueden estar vinculadas a la dinámica de las precipitaciones, que fueron más abundantes durante 2024 y 2025 en comparación con los años previos, marcados por episodios de sequía (2022–2023). El aumento del caudal del arroyo, constatado en las observaciones de campo durante 2024, favoreció la

dilución de contaminantes, lo que explicaría parte de las mejoras observadas en algunos parámetros.

Considerando la dinámica del sistema, los aliviadores son conductos que derivan caudales desde el arroyo y luego vuelven a descargar en él, mientras que el canal Salvat desagua en el Ibarlucea y este, a su vez, finaliza en el arroyo Ludueña. En este marco, los resultados obtenidos en los aliviadores muestran que, en el Aliviador I, el estudio bacteriológico en su punto de descarga evidenció concentraciones elevadas de coliformes totales y fecales, lo que permite inferir aportes cloacales aunque sin confirmación de conexiones directas. La variabilidad observada en SSEE en ambos aliviadores señala posibles ingresos de aceites y grasas; la DBO se mantuvo en rangos aceptables a medianamente aceptables, salvo en octubre de 2023, cuando en el Aliviador II superó los valores de referencia de la Resolución ACUMAR Nº 213/2019. La DQO presentó niveles elevados en 2023, lo que sugiere la posible presencia de descargas industriales, mientras que los valores de CE, en línea con los registrados en el arroyo, indican la presencia de sólidos disueltos y/o iones de origen urbano e industrial. El oxígeno disuelto, por su parte, mostró gran variabilidad, dificultando la obtención de conclusiones firmes. En los canales, los resultados reflejan situaciones diferenciadas: en el Ibarlucea se registraron episodios de deterioro de la calidad, con valores elevados de DQO y SSEE que sugieren aportes industriales y/o domésticos, además de un aporte sostenido de contaminación fecal; en contraste, el canal Salvat mostró condiciones más estables y con mejor oxigenación, aunque no exento de alteraciones puntuales. En conjunto, estos hallazgos permiten comprender cómo estas estructuras inciden en la calidad del agua del arroyo Ludueña y constituyen un antecedente clave para analizar con mayor detalle sus parámetros y estado general.

En conjunto, los hallazgos permiten dimensionar cómo los aliviadores y canales asociados inciden en la calidad del agua del arroyo Ludueña y constituyen un antecedente clave para comprender su dinámica y estado general. Los resultados obtenidos representan un avance significativo en la caracterización del curso de agua y ponen en evidencia tanto mejoras recientes como episodios puntuales de contaminación. En este sentido, las acciones tendientes a mejorar la calidad del agua en el sistema debe orientarse a reforzar la frecuencia de monitoreo en puntos críticos, adicionar el análisis bacteriológico en todos los puntos de muestreos, incorporar análisis específicos de los productos utilizados en las prácticas agropecuarias en puntos que pueden estar influenciados por estas actividades y fortalecer los controles focalizados sobre zonas de mayor vulnerabilidad. El seguimiento continuo será determinante para confirmar si la mejora observada en los últimos años (2024 - 2025) responde a una tendencia sostenida o a variaciones coyunturales de carácter interanual. Asimismo, se recomienda completar la serie estacional en la Zona 1 y dar un seguimiento especial a las zonas 3 y 4.

Bibliografía

Alaska Department of Environmental Conservation Division of Water. (2015). Listing Methodology for Determining Water Quality Impairments from Petroleum Hydrocarbons, Oils and Grease. https://dec.alaska.gov/media/16351/petro-hydro-listing-methologyfinal.pdf

Atlas Scientific. (2025, Julio 30). What Is The Typical Water Conductivity Range? Atlas Scientific. https://atlas-scientific.com/blog/water-conductivity-range

Biasatti, N. R., Rozzatti, J. C., Pautaso, B., Pautaso, A., Mosso, E., Marteleur, G., Algarañaz, N., Giraudi, A., Chiarulli, C., Romano, M., Ramírez Llorens, P., & Vallejos, L. (2016). Las ecorregiones, su conservación y las Áreas Naturales Protegidas de la provincia de Santa Fe (1st ed.). Ministerio de Medio Ambiente. https://www.santafe.gob.ar/index.php/web/content/download/229660/1202209/file/LIBRO%20ECOREGIONES_web.pdf

Bilotta, G. S., & Braziera, R. E. (2008). Review understanding the influence of suspended solids on water quality and aquatic biota. Water Research, 42(12), 2849–2861. doi:10.https://doi.org/10.1016/j.watres.2008.03.018.

Bofill-Mas, S., Clemente-Casares, P., Albiñana-Giménez, N., Maluquer de Motes Porta, C., Hundesa Gonfa, A., & Girones Llop, R. (2005). Efectos sobre la salud de la contaminación de agua y alimentos por virus emergentes humanos. Revista Española de Salud Pública, 79(2), 213 - 222. https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1135-57272005000200012

Chapman, D. V. (1996). Water Quality Assessments: A Guide to the Use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring, Second Edition. Taylor & Francis. https://iris.who.int/handle/10665/41850

Chávez, E. N., Leverón, S. F., & Valencia, J. (n.d.). Revisión de Parámetros Fisicoquímicos y Bacteriológicos como Indicadores de Calidad y Contaminación del Agua. Agua de Honduras. aguadehonduras.gob.hn/catalogoinformacion.view/19

Cifuentes, O., & Labollita, H. (1996). Propuesta de Niveles Guías de Calidad para las Cuencas de los Ríos Limay, Neuquén y Negro. Autoridad Interjurisdiccional de las Cuencas de los Ríos Limay, Neuquén y Negro (AIC) Secretaría de Gestión Ambiental (SGA). www.aic.gob.ar/sitio/archivos/201508/propuesta%20de%20niveles%20guía%201996.pdf

Collins, J., & Abendaño, G. (2016). Estudio de alternativas de medidas de regulación en las cuencas media y alta de los arroyos Ludueña y San Lorenzo. In IFRH 2016: 3er Encuentro de Investigadores en Formación en Recursos Hídricos. (1st ed., p. 87). Martín Sabarots Gerbec [et.al.]. Instituto Nacional del Agua. https://www.ina.gob.ar/ifrh-2016/RESUMENES_IRFH2016.pdf

Conselho Nacional do Meio Ambiente - Conama. (2005). Resolución 357/2005. https://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=450

Ecociencia. (2020). Curso Sistemas de Tratamiento de Efluentes Líquidos.

Eliat Dazat, R. (2017). Evaluación química del efecto de la actividad ganadera en la reducción de arsénico en el agua freática del NE de Mendoza (Seminario de Investigación). Universidad

Nacional de Cuyo - Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Mendoza, Argentina. https://bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitales/14058/elia-dazat-ricardo-tesina.pdf

Escandón Guachichullca, C. G., & Cáceres Vintimilla, M. E. (2022). Análisis de la calidad del agua mediante parámetros físicos químicos y macroinvertebrados bentónico, presentes en la microcuenca del río San Francisco - Gualaceot. Universidad Politécnica Salesiana - Sede Cuenca. https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/21649/1/UPS-CT009509.pdf?

Fernandez Cirelli, A., & Volpedo, A. V. (2020). Indicadores físico-químicos: ¿qué, cómo y cuánto reflejan la calidad del agua? In La bioindicación en el monitoreo y evaluación de los sistemas fluviales de la Argentina: Bases para el análisis de la integridad ecológica. Eudeba. https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/142626

Galeano Molinas, M. G. (2018). Determinación de calidad de agua del Arroyo Guasú mediante parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y macroinvertebrados (Tesis de Licenciatura). Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Asunción, San Lorenzo, Paraguay. https://www.aacademica.org/maria.gregoria.galeano.molinas/2.pdf

Gobierno de Santa Fe. (n.d.). Aliviador III - Cuenca Ludueña. Gobierno de Santa Fe. https://www.santafe.gov.ar/index.php/web/content/view/full/209427/(subtema)/206664

Henry, J. G., & Heinke, G. W. (1999). Ingeniería ambiental (H. J. Escalona y García, Trans.). Pearson Educación.

Kiely, G. (1999). Ingeniería Ambiental: fundamentos, entornos, tecnologías y sistemas de gestión (J. M. Veza, Trans.). MCGRAW HILL BOOK Company.

Lintern, A., Webb, J.A., Ryu, D., Liu, S., Bende-Michl, U., Waters, D., Leahy, P., Wilson, P. and Western, A.W. (2018, Enero - Febrero). Key factors influencing differences in stream water quality across space. WIREs Water, 5. https://doi.org/10.1002/wat2.1260

Mary River Catchment Coordinating Committee. (2013, Octubre 13). Water Quality Salinity Standards. https://mrccc.org.au/fact-sheets/

Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, Agences de l'Eau, Office International de l'Eau, & DIREN. (1999). Grilles d'évaluation SEQ-Eau: Guide technique relatif à l'évaluation de l'état des eaux de surface continentales (cours d'eau, canaux, plans d'eau) (versión 2 ed.). Paris, Francia. https://www.grandparissud.fr/app/uploads/2023/04/Assainissement-3-Grilles-seq-eau-v2.pdf

Ministerio de Aguas, Servicios Públicos y Medio Ambiente de Santa Fe. (2013). Informe final para la ejecución de la obra: Reacondicionamiento de presa de retención de crecidas del arroyo Ludueña. Ministerio de Aguas, Servicios Públicos y Medio Ambiente de Santa Fe. https://www.santafe.gob.ar/var/plain/storage/original/application/ca853030283b4f0c5a550b01ea0aa8b7.pdf

Ministerio de Asuntos Hídricos de Santa Fe. (n.d.). Control de crecidas del sistema hídrico arroyo Ludueña: Ejecución de la embocadura del Aº Ludueña y obras de arte sobre el Aº Ludueña, Ibarlucea y Salvat, y ejecución de canalizaciones parciales. Ministerio de Asuntos Hídricos de Santa Fe. https://www.santafe.gov.ar/index.php/web/content/download/12198/61367/file/decargar

Ministerio de Infraestructura y Transporte de Santa Fe. (2016). Licitación pública para contratar la ejecución de la obra: Revestimiento canal Salvat. Localidad de Funes - Departamento Rosario, provincia de Santa Fe. Gobierno de Santa Fe. https://www.santafe.gob.ar/documentos/PLIEGOS_REVESTIMIENTO_CANAL_SALVAT.pdf

Municipalidad de Rosario - Plan Local de Acción Climática Rosario 2030. (2020). Plan local de acción climática Rosario 2030. Municipalidad de Rosario. https://www.rosario.gob.ar/inicio/sites/default/files/2022-06/Plan%20Local%20de%20Acci%C3%B3n%20Clima%CC%81tica%20Rosario%202030.pdf

Ramos - Ortega, L. M., Vidal, L. A., Vilardy, S., & Saavedra - Díaz, L. (2008). Análisis de la Contaminación Microbiológica (Coliformes Totales y Fecales) En la Bahía de Santa Marta, Caribe Colombiano. Acta Biológica Colombiana, 13(3), 87 - 98. www.scielo.org.co/pdf/abc/v13n3/v13n3a7.pdf

Resolución ACUMAR N° 283/2019. https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/resoluci%C3%B3n-283-2019-334281/texto

Secretaría de Estado de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Republica Dominicana. (2003). Norma Ambiental sobre Calidad del Agua y Control de Descargas. https://es.scribd.com/document/318283898/Norma-Ambiental-Para-La-Calidad-Del-Agua-y-Control-de-Descargas#content=query%3Aagua+superficial%2CpageNum%3A12%2CindexOnPage%3A0%2CbestMatch%3Afalse&page=18

Skansi, M. d. l. M., & Poggi, M. M. (2024). Estado del Clima en Argentina 2023. Servicio Meteorológico Nacional (SMN) - Ministerio de Defensa República Argentina. http://repositorio.smn.gob.ar/handle/20.500.12160/2740

State of California. (n.d.). Folleto Informativo Oxígeno Disuelto (OD). California Water Boards. https://www.waterboards.ca.gov/water_issues/programs/swamp/docs/cwt/guidance/3110sp.pdf

Stenta, H., Riccardi, G., Navarro, R., Zimmermann, E., Postiglione, R., Basile, P., & Méndez Zacarías, S. (2010). Estudio de alternativas de obra orientadas a la protección urbana contra inundaciones en la Cuenca del Aº Ludueña utilizando un modelo matemático distribuido. In I Congreso Internacional de Hidrología de Llanuras Azul, Buenos Aires, Argentina (pp. 897 - 904). Instituto de Hidrología de Llanuras. Dr. Eduardo Jorge Usunoff. https://www.fceia.unr.edu.ar/curiham/es/wp-content/uploads/2018/11/HRS_CIHLLA_2010_02.pdf

Texas Commission on Environmental Quality. (2022). Chapter 307. In Texas Surface Water Quality Standards. https://www.tceq.texas.gov/downloads/water-quality/standards/2021/printer-friendly-2022-standards.pdf

U.S. Environmental Protection Agency (US EPA). (2012, marzo 12). Water: Monitoring & Assessment /5.9 Conductivity. https://archive.epa.gov/water/archive/web/html/vms59.html

U.S. Environmental Protection Agency (US EPA). (2022). List of State-Specific Water Quality Standards for Turbidity.

https://www.epa.gov/system/files/documents/2022-01/list-of-state-specific-water-quality-standards.pdf

U.S. Environmental Protection Agency (US EPA). (2025, February 7). pH | US EPA. Sistema de información para la toma de decisiones de análisis causal/diagnóstico (CADDIS). https://www.epa.gov/caddis/ph

US EPA Office of Water Office of Science and Technology. (2003). Developing Water Quality Criteria for Suspended and Bedded Sediments (Sabs). http://archive.epa.gov/epa/sites/production/files/2015-10/documents/sediment-report.pdf

US EPA (US Environmental Protection Agency). (2025). Indicators: Dissolved Oxygen. https://www.epa.gov/national-aquatic-resource-surveys/indicators-dissolved-oxygen?

Anexos

Anexo I: Fotografías[20] de Puntos de Muestreo en el Arroyo, su infraestructura asociada y tributarios

Imagen 1. Punto de Muestreo 1

a- Foto tomada el 31/10/ 2022

b- Foto tomada el 14/08/2023

c- Foto tomada el 14/08/2023

Imagen 2. Punto de Muestreo 2

a- Foto tomada el 31/10/ 2022

b- Foto tomada el 14/09/2023

c- Foto tomada el 14/09/2023

[20] Todas las fotografías fueron tomadas por personal de la DFA a menos que se indique otra fuente.

Imagen 3. Punto de Muestreo 3

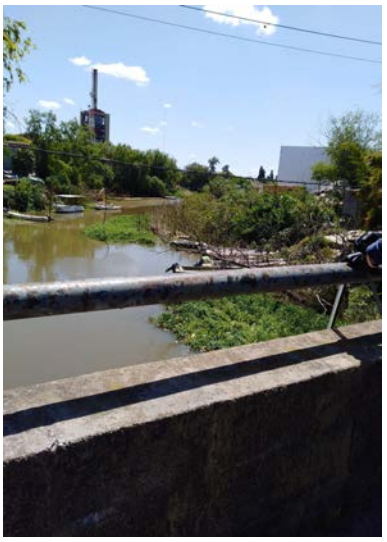


Foto tomada el 07/12/ 2022

Imagen 4. Punto de Muestreo 4

a- Vista hacia Sorrento.
Foto tomada el 11/05/2023

b- Vista hacia el Bosque de los Constituyentes.
Foto tomada el 11/05/2023

Imagen 5. Punto de Muestreo 5

a- Foto tomada el 13/02/2023

b- Foto tomada el 16/03/2023

c- Foto tomada el 16/03/2023

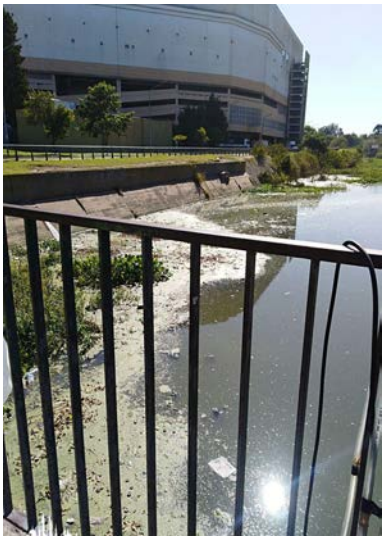
Imagen 6. Punto de Muestreo 6

a- Vista al Este. Foto el tomada 16/03/2023

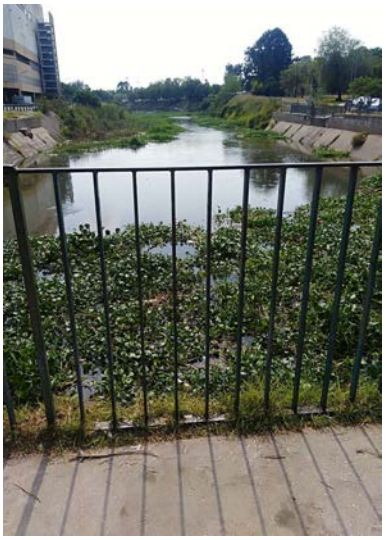
b- Foto tomada el 16/03/2023

c- Vista al Oeste. Foto tomada el 16/03/2023

Imagen 7. Punto de Muestreo 7



a- Foto tomada el 20/04/2023



b- Foto tomada el 16/03/2023

c- Foto tomada el 15/08/2024

Imagen 8. Punto de Muestreo 8

a- Foto tomada el 11/05/2023

b- Vista al Norte. Foto tomada el 11/05/2023

Imagen 9. Punto de Muestreo 9

a-Foto tomada el 07/12/2023

Imagen 10. Punto de Muestreo 10

a- Foto tomada el 03/07/2023

b- Foto tomada el 03/07/2023

Imagen 11. Punto de Muestreo 11

a- Foto tomada el 14/08/2023

b- Foto tomada el 14/08/2023

c- Foto tomada el 14/08/2023

Imagen 12. Punto de Muestreo 12

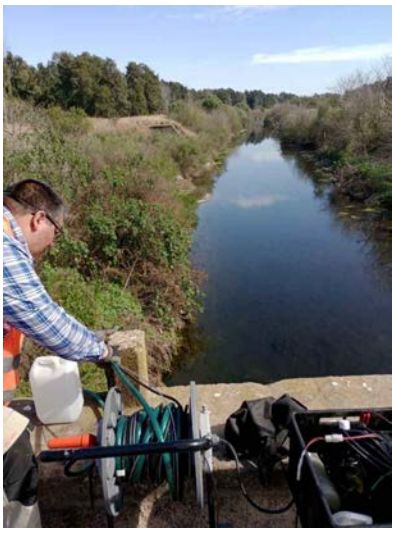


Foto tomada el 14/08/2023

Imagen 13. Punto de muestreo EN 1

a-Punto EN 1. Vista hacia el Noroeste.
Foto tomada el 25/07/2024

b- Punto EN 1. Foto tomada el 15/08/2024

Imagen 14. Punto de muestreo EN 2

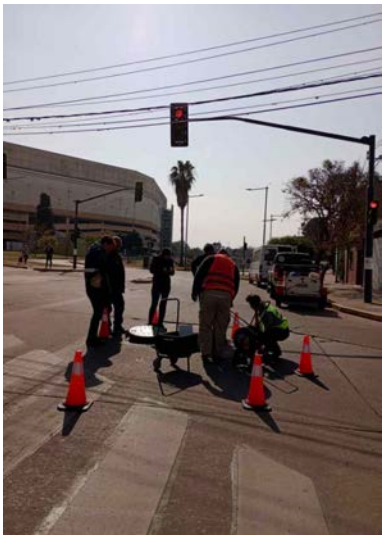
Foto tomada el 03/12/2024

Imagen 15. Punto de muestreo EN 3, AI 2, AII 2

Punto EN3 AI 2 y AII 2. Foto tomada el 14/08/2023

Imagen 16. Punto de muestreo AII 1

a-Punto AII 1. Foto tomada el 21/06/2023

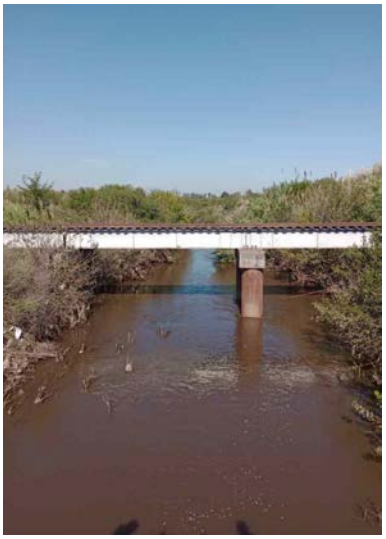


b- Punto AII 1. Foto tomada el 15/08/2024

Imagen 17. Punto de muestreo Al 1

Punto Al 1. Foto tomada el 20/09/2023

Imagen 18. Punto de Muestreo IB1



a- Punto IB1. Foto tomada el 18/04/2024

b- Punto IB1. Foto tomada el 30/05/2024

Imagen 19. Punto de Muestreo IB2

a- Punto IB2. Foto tomada el 30/05/2024

b-Confluencia del canal Salvat con el canal Ibarlucea
Foto tomada el 30/05/2024

Imagen 20. Punto de Muestreo IB3

a- Punto IB3. Foto tomada el 18/04/2024

b- Punto IB3. Foto tomada el 30/05/2024

Anexo II:
A. Parámetros Analizados en cada Punto de Muestreo del Arroyo[21]

Punto de Muestreo	Fecha Muestreo	Parámetros analizados												
		ph	T (°C)	SSEE (mg/l)	SS 10 min (mg/l)	SS 2 h (mg/l)	SST (mg/l)	DBO (mg/l)	DQO (mg/l)	Tur (UNT)	CE (µS/cm)	OD (mg/l)	CT (n°/100ml) x 10^5	CF (n°/100ml) x 10^5
Punto 1	oct-22	8,0	18,2	17,0	0,2	4,0	790,0	42,0	190,0	975,0	7200,0	4,7	(*)	(*)
Punto 2	oct-22	8,2	16,1	41,0	<1,0	<1,0	22,0	8,0	110,0	11,0	8600,0	10,5	(*)	(*)
Punto 3	oct-22	7,4	21,2	10,0	<1,0	<1,0	12,0	5,0	12,0	18,0	440,0	6,5	(*)	(*)
Punto 1	nov-22	8,4	27,1	10,0	<0,1	<0,1	12,0	8,0	30,0	11,0	7700,0	11,2	(*)	(*)
Punto 2	nov-22	7,8	25,5	40,0	<1,0	<1,0	6,0	5,0	27,0	9,0	6900,0	1,1	(*)	(*)
Punto 3	nov-22	7,5	23,7	10,0	<1,0	<1,0	10,0	4,0	13,0	20,0	480,0	5,3	(*)	(*)
Punto 1	dic-22	8,0	25,5	12,0	0,1	0,1	40,0	5,0	40,0	12,0	18000,0	3,8	(*)	(*)
Punto 2	dic-22	8,0	28,6	40,0	<0,1	0,4	25,0	7,0	40,0	13,0	14000,0	4,2	(*)	(*)
Punto 3	dic-22	7,3	30,0	10,0	<0,1	<0,1	15,0	6,0	12,0	19,0	610,0	4,6	(*)	(*)
Punto 2	feb-23	8,1	23,5	12,0	<0,1	<0,1	10,0	18,0	90,0	89,0	8200,0	<1,0	(*)	(*)
Punto 4	feb-23	7,8	24,4	14,0	<0,1	<0,1	15,0	7,0	20,0	8,4	3000,0	1,5	110	24
Punto 5	feb-23	8,1	19,0	10,0	<0,1	<0,1	22,0	23,0	130,0	85,0	15000,0	<1,0	0,2	<0.0003
Punto 5	mar-23	7,7	23,8	15,0	<0,1	<0,1	20,0	95,0	930,0	27,0	23000,0	<1,0	(*)	(*)

[21] Las diferencias en los limites de detección en cada parámetro, se deben a cambios en la metodología utilizada por personal del CIS.

Punto de Muestreo	Fecha Muestreo	Parámetros analizados												
		ph	T (°C)	SSEE (mg/l)	SS 10 min (mg/l)	SS 2 h (mg/l)	SST (mg/l)	DBO (mg/l)	DQO (mg/l)	Tur (UNT)	CE (µS/cm)	OD (mg/l)	CT (n°/100ml) x 10^5	CF (n°/100ml) x 10^5
Punto 6	mar-23	7,8	25,0	10,0	<0,1	<0,1	10,0	30,0	50,0	5,7	3000,0	4,2	(*)	(*)
Punto 7	mar-23	6,8	28,7	10,0	<0,1	<0,1	10,0	<2,0	10,0	8,4	3400,0	2,3	(*)	(*)
Punto 2	abr-23	7,8	14,5	12,0	<0,1	<0,1	10,0	3,0	22,0	6,0	11500,0	<1,0	(*)	(*)
Punto 7	abr-23	7,8	24,4	14,0	<0,1	<0,1	15,0	7,0	20,0	8,4	3000,0	1,5	110	24
Punto 8	abr-23	6,7	13,5		<0,1	<0,1	16,0	24,0	190,0	11,0	12600,0	1,0	(*)	(*)
Punto 4	may-23	7,8	18,7	210,0	<0,1	<0,1	27,0	8,0	23,0	11,0	2800,0	5,8	(*)	(*)
Punto 7	may-23	7,3	19,3	14,0	<0,1	<0,1	6,0	6,0	10,0	8,0	1000,0	1,9	(*)	(*)
Punto 8	may-23	7,8	16,2	210,0	<0,1	<0,1	13,0	2,0	72,0	30,0	8200,0	<1,0	(*)	(*)
Punto 1	jun-23	8,0	8,9	15,0	<0,1	<0,1	10,0	12,0	170,0	23,0	10000,0	6,4	(*)	(*)
Punto 6	jun-23	7,8	10,9	9,0	<0,1	<0,1	6,0	<2,0	51,0	4,0	4100,0	6,5	(*)	(*)
Punto 7	jun-23	7,4	17,8	2,0	<0,1	<0,1	14,0	13,0	55,0	24,0	2100,0	<1,0	(*)	(*)
Punto 8	jun-23	8,0	9,1	9,0	<0,1	<0,1	15,0	9,0	200,0	25,0	9300,0	3,2	(*)	(*)
Punto 10	jul-23	7,7	16,2	6,0	<0,1	<0,1	14,0	68,0	140,0	35,0	9100,0	3,7	(*)	(*)
Punto 7	jul-23	7,6	18,5	5,0	<0,1	<0,1	6,0	9,0	36,0	3,0	3500,0	3,7	(*)	(*)
Punto 8	jul-23	7,8	16,2	5,0	<0,1	<0,1	15,0	24,0	170,0	39,0	9600,0	<1,0	(*)	(*)

Punto de Muestreo	Fecha Muestreo	Parámetros analizados												
		ph	T (°C)	SSEE (mg/l)	SS 10 min (mg/l)	SS 2 h (mg/l)	SST (mg/l)	DBO (mg/l)	DQO (mg/l)	Tur (UNT)	CE (µS/cm)	OD (mg/l)	CT (n°/100ml) x 10^5	CF (n°/100ml) x 10^5
Punto 9	jul-23	7,9	17,6	24,0	<0,1	<0,1	4,0	7,0	120,0	6,0	7100,0	7,3	(*)	(*)
Punto 1	ago-23	8,2	9,5	3,0	<0,1	<0,1	21,0	10,0	130,0	14,0	13000,0	10,5	(*)	(*)
Punto 11	ago-23	8,5	10,0	2,0	<0,1	<0,1	15,0	2,0	14,0	7,0	11000,0	11,4	(*)	(*)
Punto 12	ago-23	8,3	14,0	7,0	<0,1	<0,1	5,0	3,0	48,0	3,0	4900,0	14,5	1,1	0,2
Punto 4	ago-23	8,1	17,1	3,0	<0,1	<0,1	33,0	21,0	85,0	19,0	3500,0	11,3	11	4,6
Punto 7	ago-23	7,5	15,4	<2,0	<0,1	<0,1	3,0	2,0	4,0	4,0	2300,0	3,2	(*)	(*)
Punto EN 3	ago-23	7,6	17,5	<4,0	<0,1	<0,1	26,0	5,0	81,0	13,0	2000,0	5,8	(*)	(*)
Punto 2	sep-23	8,1	15,0	19,0	<0,1	<0,1	12,0	4,0	110,0	10,0	12000,0	10,7	(*)	(*)
Punto 11	sep-23	8,4	13,8	2,0	<0,1	<0,1	10,0	3,0	12,0	9,0	13000,0	9,3	(*)	(*)
Punto 7	sep-23	7,3	17,1	2,0	<0,1	<0,1	<5,0	9,0	17,0	8,0	2400,0	2,3	(*)	(*)
Punto EN 3	oct-23	7,4	18,4	36,0	<0,1	<0,1	10,0	11,0	250,0	12,0	3000,0	<1,0	(*)	(*)
Punto 11	oct-23	8,2	14,2	5,0	<0,1	<0,1	14,0	2,0	15,0	11,0	15000,0	8,8	(*)	(*)
Punto 6	oct-23	7,9	16,9	35,0	<0,1	<0,1	11,0	15,0	210,0	14,0	5300,0	5,3	(*)	(*)
Punto 3	oct-23	7,3	19,6	5,0	<0,1	<0,1	10,0	2,0	14,0	16,0	810,0	5,6	(*)	(*)
Punto 11	nov-23	8,9	22,4	9,0	<0,1	<0,1	20,0	4,0	120,0	15,0	7000,0	10,0	(*)	(*)
Punto 8	nov-23	8,2	24,6	5,0	<0,1	<0,1	18,0	3,0	17,0	15,0	8300,0	8,5	(*)	(*)

Punto de Muestreo	Fecha Muestreo	Parámetros analizados												
		ph	T (°C)	SSEE (mg/l)	SS 10 min (mg/l)	SS 2 h (mg/l)	SST (mg/l)	DBO (mg/l)	DQO (mg/l)	Tur (UNT)	CE (µS/cm)	OD (mg/l)	CT (n°/100ml) x 10^5	CF (n°/100ml) x 10^5
Punto 7	nov-23	6,9	24,5	5,0	0,1	0,1	10,0	5,0	12,0	15,0	330,0	5,2	(*)	(*)
Punto 1	dic-23	8,4	21,5	5,0	<0,1	<0,1	2,0	5,0	12,0	2,0	12000,0	12,8	(*)	(*)
Punto 2	dic-23	8,1	21,9	5,0	<0,1	<0,1	<2,0	4,0	13,0	3,0	9100,0	12,2	(*)	(*)
Punto 9	dic-23	8,3	22,8	5,0	<0,1	<0,1	9,0	5,0	7,0	8,0	6000,0	11,0	(*)	(*)
Punto 1	feb-24	7,3	20,4	17,0	<0,1	<0,1	8,0	3,0	80,0	10,0	5300,0	7,0	(*)	(*)
Punto 6	feb-24	7,6	23,1	12,0	<0,1	<0,1	8,0	7,0	59,0	8,0	3400,0	6,3	(*)	(*)
Punto 7	feb-24	7,4	25,8	14,0	<0,1	<0,1	5,0	7,0	50,0	6,0	1300,0	4,6	(*)	(*)
Punto 1	mar-24	6,9	22,0	20,0	<0,1	<0,1	44,0	25,0	95,0	41,0	1200,0	<1,0	1.1	0.05
Punto 2	mar-24	7,0	21,4	14,0	<0,1	<0,1	43,0	25,0	84,0	43,0	1400,0	<10	(*)	(*)
Punto 7	mar-24	7,0	22,7	17,0	<0,1	<0.1	57,0	13,0	64,0	42,0	750,0	1,6	11	0,7
Punto 8	abr-24	7,4	17,8	28,0	<0,1	<0,1	23,0	3,0	47,0	35,0	1800,0	7,5	(*)	(*)
Punto 6	abr-24	7,2	17,8	21,0	<0,1	<0,1	26,0	3,0	59,0	37,0	860,0	8,7	(*)	(*)
Punto 7	abr-24	7,2	19,0	12,0	<0,1	<0,1	27,0	4,0	35,0	33,0	1000,0	5,3	(*)	(*)
Punto 1	may-24	7,9	11,4	5,0	<0,1	<0,1	12,0	2,0	<5,0	3,0	7900,0	8,1	(*)	(*)
Punto 9	may-24	7,9	13,3	5,0	<0,1	<0,1	<2,0	5,0	20,0	3,0	6900,0	8,8	(*)	(*)
Punto 7	may-24	7,8	15,6	33,0	<0,1	<0,1	39,0	6,0	43,0	19,0	4200,0	6,1	(*)	(*)

Punto de Muestreo	Fecha Muestreo	Parámetros analizados												
		ph	T (°C)	SSEE (mg/l)	SS 10 min (mg/l)	SS 2 h (mg/l)	SST (mg/l)	DBO (mg/l)	DQO (mg/l)	Tur (UNT)	CE (µS/cm)	OD (mg/l)	CT (n°/100ml) x 10^5	CF (n°/100ml) x 10^5
Punto 11	jun-24	8,2	9,3	5,0	<0,1	<0,1	5,0	3,0	<5,0	3,0	7800,0	9,8	(*)	(*)
Punto 4	jun-24	8,0	14,0	5,0	<0,1	<0,1	13,0	7,0	10,0	6,4	4500,0	7,4	(*)	(*)
Punto 7	jun-24	7,7	16,4	29,0	<0,1	<0,1	13,0	16,0	41,0	8,0	2500,0	1,7	11	0,2
Punto 1	jul-24	8,4	14,5	5,0	<0,1	<0,1	5,0	<2,0	8,0	2,0	7200,0	12,2	(*)	(*)
Punto 9	jul-24	8,2	15,0	5,0	<0,1	<0,1	5,0	<2,0	<5,0	2,0	6100,0	12,5	(*)	(*)
Punto 7	jul-24	7,7	17,0	5,0	<0,1	<0,1	6,0	<2,0	<5,0	4,0	3000,0	2,6	(*)	(*)
Punto EN 1	jul-24	7,7	15,0	<5,0	<0,1	0,1	5,0	<2,0	<5,0	2,0	4100,0	4,8	(*)	(*)
Punto EN 1	ago-24	7,9	13,0	17,0	<0,1	0,1	2,0	8,0	27,0	3,0	4200,0	6,0	2,40	0,43
Punto EN 3	ago-24	7,8	16,0	<5,0	<0,1	<0,1	13,0	10,0	15,0	6,0	3300,0	4,8	0,43	0,15
Punto 11	ago-24	8,4	11,7	5,0	<0,1	<0,1	5,0	3,0	16,0	3,0	7000,0	9,4	(*)	(*)
Punto 8	ago-24	8,2	11	19,0	<0,1	<0,1	<2,0	2,0	30,0	2,0	7500,0	6,2	(*)	(*)
Punto 1	sep-24	8,3	12,8	<5,0	<0,1	<0,1	<5,0	<3,0	4,0	3,0	7600,0	6,7	(*)	(*)
Punto 6	sep-24	7,9	13,8	<5,0	<0,1	<0,1	19,0	<3,0	<5,0	2,0	4400,0	5,5	(*)	(*)
Punto 7	sep-24	7,4	17,6	26,0	<0,1	0,1	72,0	33,0	72,0	16,0	1600,0	0,5	(*)	(*)
Punto 11	oct-24	8,3	(*)	<5,0	<0,1	<0,1	25,0	5,0	12,0	12,0	6300,0	8,1	(*)	(*)

Punto de Muestreo	Fecha Muestreo	Parámetros analizados												
		ph	T (°C)	SSEE (mg/l)	SS 10 min (mg/l)	SS 2 h (mg/l)	SST (mg/l)	DBO (mg/l)	DQO (mg/l)	Tur (UNT)	CE (µS/cm)	OD (mg/l)	CT (n°/100ml) x 10^5	CF (n°/100ml) x 10^5
Punto 2	oct-24	8,2	(*)	<5,0	<0,1	<0,1	10,0	<3,0	<5,0	6,0	6500,0	7,6	(*)	(*)
Punto 8	oct-24	8,2	(*)	<5,0	<0,1	<0,1	10,0	4,0	10,0	5,0	6600,0	6,9	(*)	(*)
Punto 1	nov-24	8,2	(*)	<5,0	<0,1	<0,1	<5,0	<3,0	<5,0	1,0	8200,0	8,4	(*)	(*)
Punto 6	nov-24	8,2	(*)	<5,0	<0,1	<0,1	6,0	4,0	36,0	3,0	5300,0	10,2	0,24	0,02
Punto 7	nov-24	7,5	(*)	16,0	<0,1	<0,1	12,0	17,0	57,0	8,0	1900,0	0,5	(*)	(*)
Punto 11	dic-24	8,6		<5,0	<0,1	<0,1	<5,0	3,0	12,0	3,0	7100,0	10,0	(*)	(*)
Punto 3	dic-24	7,6	(*)	<5,0	<0,1	<0,1	38,0	11,0	25,0	41,0	1000,0	6,6	(*)	(*)
Punto 8	dic-24	8,6	(*)	<5,0	<0,1	<0,1	<5,0	4,0	10,0	2,0	8000,0	17,0	(*)	(*)
unto EN 2	dic-24	7,3	(*)	<5,0	0,10	0,1	93,0	13,0	45,0	45,0	1000,0	2,1	0,46	0,24
Punto EN 3	dic-24	7,8	(*)	<5,0	<0,1	<0,1	5,0	<3,0	32,0	3,0	3300,0	4,3	0,43	0,15
Punto 1	feb-25	7,9	(*)	<5,0	<0,1	<0,1	<5,0	<3,0	<5,0	4,0	3800,0	6,3	(*)	(*)
Punto 6	feb-25	7,8	(*)	<5,0	<0,1	<0,1	14,0	<3,0	5,0	5,0	4600,0	5,9	7,50	0,93
Punto EN 3	feb-25	7,0	(*)	20,0	<0,1	<0,1	11,0	<3,0	32,0	6,0	3100,0	4,8	(*)	(*)

Punto de Muestreo	Fecha Muestreo	Parámetros analizados												
		ph	T (°C)	SSEE (mg/l)	SS 10 min (mg/l)	SS 2 h (mg/l)	SST (mg/l)	DBO (mg/l)	DQO (mg/l)	Tur (UNT)	CE (µS/cm)	OD (mg/l)	CT (n°/100ml) x 10^5	CF (n°/100ml) x 10^5
Punto 11	mar-25	8,1	18,7	<5,0	<0,1	<0,1	8,0	9,0	22,0	9,0	6300,0	8,6	(*)	(*)
Punto 3	mar-25	7,8	23,9	<5,0	<0,1	<0,1	60,0	8,0	25,0	60,0	1600,0	7,3	(*)	(*)
Punto 3 bis	mar-25	7,8	23,9	<5,0	<0,1	<0,1	5,0	5,0	8,0	3,0	3600,0	7,2	(*)	(*)
Punto 4	mar-25	8,1	18,9	<5,0	<0,1	<0,1	8,0	12,0	18,0	6,0	4600,0	9,8	9,30	0,28
Punto 12	abr-25	8,2	17,0	<5,0	<0,1	<0,1	2,0	4,0	4,0	4,0	5000,0	10,0	0,15	0,04
Punto 3	abr-25	7,9	18,0	<5,0	<0,1	<0,1	4,0	<3,0	4,0	3,0	3800,0	6,5	(*)	(*)
Punto 8	abr-25	8,3	14,0	<5,0	<0,1	<0,1	13,0	<3,0	<5,0	1,5	6100,0	9,1	0,04	0,01
Punto 11	may-25	7,9	12,7	<5,0	<0,1	<0,1	18,0	<3,0	21,0	26,0	4600,0	9,1	(*)	(*)
Punto 2	may-25	7,9	18,8	<5,0	<0,1	<0,1	8,0	<3,0	5,0	17,0	4900,0	8,7	(*)	(*)
Punto 7	may-25	7,5	17,0	8,0	<0,1	<0,1	21,0	9,0	44,0	13,0	1700,0	3,6	(*)	(*)
Punto EN 1	may-25	7,8	15,0	19,0	<0,1	<0,1	51,0	3,0	27,0	29,0	2500,0	7,3	(*)	(*)

Fuente: DFA. Elaboración propia a partir de informes de resultados emitidos por CIS - FCEIA UNR.
Refencia: (*) no se realizó evaluación del parámetro.

B. Parámetros Analizados en cada Punto de Muestreo de Aliviadores[22]

Punto de Muestreo	Fecha Muestreo	Parámetros analizados												
		ph	T (°C)	SSEE (mg/l)	SS 10 min (mg/l)	SS 2 h (mg/l)	SST (mg/l)	DBO (mg/l)	DQO (mg/l)	Tur (UNT)	CE (µS/cm)	OD (mg/l)	CT (n°/100ml)	CF (n°/100ml)
All 1	jun-23	7,6	18,6	5,0	<0,1	0,1	10,0	7,0	10,0	4,0	2150,0	2,7	(*)	(*)
Al 2	ago-23	7,6	17,5	4,0	<0,1	0,1	26,0	5,0	81,0	13,0	2000,0	5,8	(*)	(*)
Al 1	sep-23	7,7	18,8	37,0	<0,1	0,1	29,0	12,0	80,0	17,0	3100,0	8,9	(*)	(*)
Al 2	oct-23	7,4	18,4	36,0	0,1	0,1	10,0	11,0	250,0	12,0	3000,0	1,0	(*)	(*)
All 2	oct-23	7,4	16,0	25,0	<0,1	0,1	8,0	15,0	82,0	9,00	3000,0	1,0	(*)	(*)
Al I	jul-24	7,80	16,50	5,0	<0,1	0,10	5,00	<2	<5	3,00	3300,00	9,40	(*)	(*)
Al 1	ago-24	7,9	16,3	5,0	<0,1	0,1	15,0	12,0	13,0	5,0	3500,0	9,2	(*)	(*)
Al 2	ago-24	7,8	16,0	<5,0	<0,1	0,1	13,0	11,0	15,0	6,0	3300,0	4,8	$0,43x10^5$	$0,15x10^5$
All 1	ago-24	7,5	17,3	5,0	<0,1	0,1	3,0	8,0	15,0	3,0	1700,0	2,8	(*)	(*)
Al 2	dic-24	7,80	(*)	<5,0	<0,1	<0,1	5,00	<3,0	32,00	3,00	3300,00	4,30	$0,43x10^5$	$0,15x10^5$
Al 2	feb-25	7,70	(*)	20,0	<0,1	<0,1	11,00	<3,0	32,00	6,00	3100,00	4,80	(*)	(*)
All 2	feb-25	7,3	(*)	14,0	<0,1	<0,1	20,0	<3	64,0	15,0	1800,0	0,5	(*)	(*)

Fuente: DFA. Elaboración propia a partir de informes de resultados emitidos por CIS - FCEIA UNR.
Referencia : (*) no se realizó evaluación del parámetro. Verde apto para cualquiera de los usos o aceptable; amarillo, apto para uso III y/o IV o medianamente aceptable; y rojo no se encuentra apto para ninguno de los usos o no aceptable.

[22]Las diferencias en los limites de detección en cada parámetro, se deben a cambios en la metodología utilizada por personal del CIS.

C. Parámetros Analizados en cada Punto de Muestreo de los Tributarios[23]

Punto de Muestreo	Fecha Muestreo	Parámetros analizados												
		ph	T (°C)	SSEE (mg/l)	SS 10 min (mg/l)	SS 2 h (mg/l)	SST (mg/l)	DBO (mg/l)	DQO (mg/l)	Tur (UNT)	CE (µS/cm)	OD (mg/l)	CT (n°/100ml)	CF (n°/100ml)
IB 1	abr-24	6,9	18,3	19,0	<0,10	<0,10	22.0	3,0	49,0	38,0	260,0	6,8	(*)	(*)
IB 3	abr-24	6,8	18,4	20,0	< 0,1	< 0,1	23,0	3,0	47,0	38,0	260,0	6,8	(*)	(*)
IB 1	may-24	7,7	15,5	21,0	< 0,1	< 0,1	5,0	6,0	45,0	4,0	2100,0	6,8	(*)	(*)
IB 2	may-24	8,4	11,3	< 5,0	< 0,1	< 0,1	< 2,0	3,0	5,0	4,0	2900,0	11,2	(*)	(*)
IB 3	may-24	7,8	14,6	< 5,0	< 0,1	< 0,1	< 2,0	4,0	15,0	3,0	2500,0	6,7	(*)	(*)
IB 1	oct-24	7,60	(*)	< 5,0	< 0,1	< 0,1	6,00	11,00	44,00	7,00	1600,0	5.3	$1,1 \times 10^5$	$0,04 \times 10^5$
IB 2	oct-24	8,4	(*)	< 5,0	< 0,1	< 0,1	12,0	10,0	35,0	13,0	2800,0	8,8	$0,1 \times 10^5$	$0,02 \times 10^5$
IB 3	oct-24	7,8	(*)	< 5,0	< 0,1	< 0,1	6,0	11,0	35,0	7,0	2200,0	6,2	$0,1 \times 10^5$	$0,004 \times 10^5$
IB 1	feb-25	7,8	(*)	< 5,0	< 0,1	< 0,1	16,0	< 2,0	3,0	7,0	2000,0	7,6	$0,46 \times 10^5$	$0,46 \times 10^5$
IB 2	feb-25	8,2	(*)	< 5,0	< 0,1	< 0,1	12,0	3,0	14,0	9,0	3600,0	6,6	(*)	(*)
IB 3	feb-25	7,8	(*)	< 5,0	< 0,1	< 0,1	7,0	< 2,0	< 3,0	7,0	2400,0	6,7	(*)	(*)

Fuente: DFA. Elaboración propia a partir de informes de resultados emitidos por CIS - FCEIA UNR.
Referencia : (*) no se realizó evaluación del parámetro. Verde apto para cualquiera de los usos o aceptable; amarillo, apto para uso III y/o IV o medianamente aceptable; y rojo no se encuentra apto para ninguno de los usos o no aceptable.

[23] Las diferencias en los limites de detección en cada parámetro, se deben a cambios en la metodología utilizada por personal del CIS.

Anexo III: Límites establecidos por Resolución 283/2019

La Resolución 283/2019 presenta los siguientes usos:

- **Categoría I.a**: Apta para la protección de la biota y uso recreativo con contacto directo.
- **Categoría I.b**: Apta para la protección de la biota[24].
- **Categoría II**: Apta para actividades recreativas con contacto directo[25].
- **Categoría III**: Apta para actividades recreativas sin contacto directo.
- **Categoría IV**: Apta para actividades recreativas pasivas.

De los usos detallados anteriormente sólo se tendrán en cuenta los siguientes.
I. Apta para protección de biota y uso recreativo con contacto directo;
III. Apta para actividades recreativas sin contacto directo;
IV. Apta para actividades recreativas pasivas.

En el siguiente cuadro se definen los parámetros y límites para los usos mencionados anteriormente:

Cuadro 12. Límites Resolución 283/2019

Parámetro	Unidad	Usos		
		I	III	IV
Clorofila a	ug/l	<30	*	*
DBO5 (sobre muestra bruta)	mg O2/l	<5	<15	<15
Detergente (SAAM)	mg SAAM/l	<0.5	<5	<5
Fósforo Total	ug P/l	<10	<5000	<5000
Nitrógeno Amoniacal	mg N-NH4+/l	<0.6	*	*
Nitrógeno como Nitratos	mg N-NO3-/l	<10	<10	*
Oxígeno Disuelto (OD)	mg O2/l	>5	>4	>2
pH	UpH	6.5 - 9	6.5 - 9	6 - 9
Temperatura	°C	<35	<35	<35
Arsénico total	ug As/l	<50	*	*
Cadmio total	ug Cd/l	<0.25	*	*
Cinc total	ug Zn/l	<120	*	*
Cianuro total	ug CN-/l	<11.2	<100	<100

[24] Para el presente trabajo este uso no se utilizará para comparar con los resultados.
[25] Idem anterior.

Cromo total	ug Cr/l	<2	*	*
Cromo hexavalente	ug Cr6+/l	<2	*	*
Níquel total	ug Ni/l	<25	*	*
Plomo total	ug Pb/l	<2	*	*
Sulfuros	ug S2-/l	<2	<50	<1000
Sustancias Fenólicas	ug/l	<4	<100	<1000
Hidrocarburos totales **	ug /l	<50	<200	<10000
Coliformes fecales	UFC/100 ml	<150	<1000	*
Escherichia Coli	UFC/100 ml	<126	*	*
Aldrín ***	ug /l	<0.01	*	*
Clordano ***	ug/l	<0.1	*	*
DDT (Total Isómeros)***	ug /l	<1	*	*
Dieldrín ***	ug/l	<0.01	*	*
Endosulfán***	ug /l	<0.02	*	*
Endrín ***	ug/l	<0.04	*	*
Heptacloro epóxido ***	ug /l	<0.04	*	*
Heptacloro benceno ***	ug/l	<0.01	*	*
Lindano ***	ug /l	<3	*	*
Metoxicloro ***	ug/l	<3	*	*
Paration ***	ug /l	<0.65	*	*
Malation ***	ug/l	<0.65	*	*
2.4 D ***	ug /l	<4	*	*

Abreviaturas:
DBO5: Demanda Biológica de Oxígeno (a cinco días y 20°C). SAAM: Sustancias Activas al Azul de Metileno.
Referencias:
* Parámetros no utilizados para caracterizar el uso regulado.
** Para la determinación se utilizará la técnica EPA 418.1 modificada, donde el Freón CFC-113 ha sido reemplazado por Percloroetileno.

*** Sustancias Prohibidas. En todos los casos deberá cumplirse la Ley Nacional 26.011 sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes, que obliga a fijar medidas para reducir o eliminar la producción y uso de los distintos productos químicos que se citan en sus ANEXOS. Asimismo, deberá cumplirse con toda la normativa vigente en la materia, que prohíba el uso de estos productos.

Anexo IV: Medidas de Tendencia Central, de Posición y de Dispersión

Cuadro 13. pH por Punto

Punto de Muestreo	Media	Mediana	Máximo	Mínimo	Rango	1° Cuartil	2° Cuartil	Desvío Estándar	Coeficiente Variación
Punto 1	8,0	8,0	8,4	6,9	1,5	7,9	8,4	0,5	0,06
Punto 2	7,9	8,1	8,2	7,0	1,2	7,8	8,1	0,4	0,04
Punto 3	7,5	7,5	7,9	7,3	0,6	7,4	7,7	0,2	0,03
Punto 3 bis	7,8	7,8	7,8	7,8	0,0	7,8	7,8	(*)	(*)
Punto 4	8,0	8,0	8,1	7,8	0,3	7,8	8,1	0,2	0,02
Punto 5	7,9	7,9	8,1	7,7	0,4	7,8	8,0	0,3	0,04
Punto 6	7,8	7,8	8,2	7,2	1,0	7,8	7,9	0,3	0,04
Punto 7	7,4	7,4	7,8	6,8	1,0	7,3	7,6	0,3	0,04
Punto 8	7,9	8,1	8,6	6,7	1,9	7,8	8,2	0,5	0,07
Punto 9	8,1	8,1	8,3	7,9	0,4	7,9	8,2	0,2	0,03
Punto 10	7,7	7,7	7,7	7,7	0,0	7,7	7,7	(*)	(*)
Punto 11	8,4	8,4	8,9	7,9	1,0	8,2	8,5	0,3	0,03
Punto 12	8,3	8,3	8,3	8,2	0,1	8,2	8,3	0,1	0,01
Punto EN 1	7,8	7,8	7,9	7,7	0,2	7,8	7,9	0,1	0,01
Punto EN 2	7,3	7,3	7,3	7,3	0,0	7,3	7,3	(*)	(*)
Punto EN 3	7,5	7,5	7,8	7,0	0,8	7,4	7,8	0,3	0,04

Fuente: DFA. Elaboración propia a partir de informes de resultados emitidos por CIS - FCEIA UNR.
(*) no se expresa dado que hay una sóla medición.

Cuadro 14. Temperatura por punto

Punto de Muestreo	Media	Mediana	Máximo	Mínimo	Rango	1° Cuartil	2° Cuartil	Desvío Estándar	Coeficiente Variación
Punto 1	17,4	18,2	27,1	8,9	18,2	12,1	21,8	6,4	0,4
Punto 2	20,6	21,4	28,6	14,5	14,1	16,1	23,5	4,9	0,2
Punto 3	22,7	22,5	30,0	18,0	12,0	20,0	23,9	4,2	0,2
Punto 3 bis	23,9	23,9	23,9	23,9	0,0	23,9	23,9	(*)	(*)
Punto 4	18,6	18,7	24,4	14,0	10,4	17,1	18,9	3,8	0,2
Punto 5	21,4	21,4	23,8	19,0	4,8	20,2	22,6	3,4	0,2
Punto 6	17,9	17,4	25,0	10,9	14,1	14,6	21,8	5,4	0,3
Punto 7	19,8	18,2	28,7	15,4	13,3	17,0	23,1	4,1	0,2
Punto 8	15,3	15,1	24,6	9,1	15,5	12,9	16,6	4,7	0,3
Punto 9	17,2	16,3	22,8	13,3	9,5	14,6	18,9	4,1	0,2
Punto 10	16,2	16,2	16,2	16,2	0,0	16,2	16,2	(*)	(*)
Punto 11	14,1	13,3	22,4	9,3	13,1	11,3	15,3	4,4	0,3
Punto 12	15,5	15,5	17,0	14,0	3,0	14,8	16,3	2,1	0,1
Punto EN 1	14,3	15,0	15,0	13,0	2,0	14,0	15,0	1,2	0,08
Punto EN 3	17,3	17,5	18,4	16,0	2,4	16,8	18,0	1,2	0,07

Fuente: DFA. Elaboración propia a partir de informes de resultados emitidos por CIS - FCEIA UNR.
(*) no se expresa el desvío estándar dado que se presenta sólo una medición.

Cuadro 15. SSEE por punto

Punto de Muestreo	Media	Mediana	Máximo	Mínimo	Rango	1° Cuartil	2° Cuartil	Desvío Estándar	Coeficiente Variación
Punto 1	8,0	5,0	20,0	< LD	—	0,0	15,0	7,5	0,9
Punto 2	18,3	13,0	41,0	<LD	—	6,8	34,8	16,3	0,9
Punto 3	3,6	< LD	10,0	< LD	—	0,0	7,5	4,8	1,30
Punto 3 bis	0,0	<LD	0,0	<LD	—	0,0	0,0	(*)	(*)
Punto 4	46,4	5,0	210,0	< LD	—-	3,0	14,,0	91,6	2,0
Punto 5	12,5	12,5	15,0	10,0	5,0	11,3	13,8	3,5	0,3
Punto 6	10,9	9,5	35,0	< LD	—	0,0	14,3	12,2	1,1
Punto 7	11,6	12,0	33,0	<LD	—	2,0	16,0	10,4	0,9
Punto 8	30,7	5,0	210,0	0,0	210,0	0,0	19,0	67,9	2,2
Punto 9	9,8	5,0	24,0	5,0	19,0	5,0	9,8	9,5	0,97
Punto 10	6,0	6,0	6,0	6,0	0,0	6,0	6,0	(*)	(*)
Punto 11	2,8	2,0	9,0	<LD	—	0,0	5,0	3,1	1,1
Punto 12	3,5	3,5	7,0	< LD	—	1,8	5,3	4,9	1,4
Punto EN 1	12,0	17,0	19,0	<LD	—	8,5	18,0	10,4	0,9
Punto En 2	< LD	< LD	< LD	< LD	—	< LD	< LD	(*)	(*)
Punto EN 3	12,0	4,0	36,0	<LD	—	< LD	20,0	15,7	1,3

Fuente: DFA. Elaboración propia a partir de informes de resultados emitidos por CIS - FCEIA UNR.
(*) no se expresa el desvío estándar dado que hay una sóla medición.
LD: límite de detección.

Cuadro 16. SST por punto

Punto de Muestreo	Media	Mediana	Máximo	Mínimo	Rango	1° Cuartil	2° Cuartil	Desvío Estándar	Coeficiente Variación
Punto 1	72,2	10,0	790,0	0,0	790	0,0	21,0	216,2	3,0
Punto 2	14,6	10,0	43,0	0,0	43,0	8,5	19,5	12,3	0,8
Punto 3	21,3	12,0	60,0	4,0	56,0	10,0	26,5	20,2	0,9
Punto 3 bis	5,0	5,0	5,0	5,0	0,0	5,0	5,0	(*)	(*)
Punto 4	19,2	15,0	33,0	8,0	25,0	13,0	27,0	10,4	0,5
Punto 5	21,0	21,0	22,0	20,0	2,0	20,5	21,5	1,4	0,1
Punto 6	12,5	10,5	26,0	6,0	20,0	7,5	15,3	7,0	0,6
Punto 7	18,6	12,0	72,0	< LD	—	6,0	21,0	19,9	1,0
Punto 8	12,3	14,0	23,0	< LD	—	10,8	15,8	7,3	0,6
Punto 9	3,3	2,0	9,0	< LD	—	0,0	5,3	4,3	1,3
Punto 10	14,0	14,0	14,0	14,0	0,0	14,0	14,0	(*)	(*)
Punto 11	11,5	12,0	25,0	< LD	—	5,8	17,3	8,4	0,7
Punto 12	3,5	3,5	5,0	2,0	3,0	2,8	4,3	2,1	0,6
Punto EN 1	19,3	5,0	51,0	2,0	49,0	3,5	28,0	27,5	1,4
Punto EN 2	93,0	93,0	93,0	93,0	0,0	93,0	93,0	(*)	(*)
Punto EN 3	13,0	11,0	26,0	5,0	21,0	10,0	13,0	7,8	0,6

Fuente: DFA. Elaboración propia a partir de informes de resultados emitidos por CIS - FCEIA UNR.
(*) no se expresa dado que hay una sóla medición.
LD: límite de detección.

Cuadro 17. DBO por punto

Punto de Muestreo	Media	Mediana	Máximo	Mínimo	Rango	1° Cuartil	2° Cuartil	Desvío Estándar	Coeficiente Variación
Punto 1	8,6	5,0	42,0	< LD	—-	<LD	10,0	12,2	1,4
Punto 2	8,4	4,5	25,0	<LD	—-	3,3	7,8	8,0	1,1
Punto 3	5,1	5,0	11,0	< LD	—-	3,0	7,0	3,6	0,7
Punto 3 bis	5,0	5,0	5,0	5,0	0,0	5,0	5,0	(*)	(*)
Punto 4	11,0	8,0	21,0	7,0	14,0	7,0	12,0	6,0	0,5
Punto 5	59,0	59,0	95,0	23,0	72,0	41,0	77,0	50,9	0,9
Punto 6	7,8	3,5	30,0	<LD	—-	0,0,	9,0	10,2	1,3
Punto 7	9,2	7,0	33,0	< LD	—-	5,0	13,0	7,9	0,9
Punto 8	7,5	3,5	24,0	< LD	—-	2,3	7,8	9,0	1,2
Punto 9	4,3	5,0	7,0	< LD	—-	3,8	5,5	3,0	0,7
Punto 10	68,0	68,0	68,0	68,0	0,0	68,0	68,0	(*)	(*)
Punto 11	3,4	3,0	9,0	< LD	—-	2,3	3,8	2,4	0,7
Punto 12	3,5	3,5	4,0	3,0	1,0	3,3	3,8	0,7	0,2
Punto EN 1	3,7	3,0	8,0	0,0	8,0	1,5	5,5	4,0	1,1
Punto EN 2	13,0	13,0	13,0	13,0	0,0	13,0	13,0	(*)	(*)
Punto EN 3	5,2	5,0	11,0	< LD	—-	0,0	10,0	5,3	1,0

Fuente: DFA. Elaboración propia a partir de informes de resultados emitidos por CIS - FCEIA UNR.
(*) no se expresa dado que hay una sóla medición.
LD: límite de detección.

Cuadro 18. DQO por punto

Punto de Muestreo	Media	Mediana	Máximo	Mínimo	Rango	1° Cuartil	2° Cuartil	Desvío Estándar	Coeficiente Variación
Punto 1	58,4	30,0	190,0	< LD	-	4,0	95,0	68,2	1,2
Punto 2	50,1	33,5	110,0	< LD	-	15,3	88,5	43,8	0,9
Punto 3	15,0	13,0	25,0	4,0	21,0	12,0	19,5	7,6	0,5
Punto 3 bis	8,0	8,0	8,0	8,0	0,0	8,0	8,0	(*)	(*)
Punto 4	31,2	20,0	85,0	10,0	75,0	18,0	23,0	30,5	1,0
Punto 5	530,0	530,0	930,0	130,0	800,0	330,0	730,0	565,7	1,1
Punto 6	58,8	50,5	210,0	< LD	-	28,3	59,0	65,3	1,1
Punto 7	33,5	36,0	72,0	< LD	-	12,0	50,0	22,3	0,7
Punto 8	74,6	38,5	200,0	< LD	-	11,8	145,5	80,4	1,1
Punto 9	36,8	13,5	120,0	< LD	-	5,3	45,0	56,1	1,5
Punto 10	140,0	140,0	140,0	1400	0,0	140,0	140,0	(*)	(*)
Punto 11	24,4	14,5	120,0	< LD	-	12,0	19,8	34,1	1,4
Punto 12	26,0	26,0	48,0	4,0	44,0	15,0	37,0	31,1	1,2
Punto EN 1	18,0	27,0	27,0	< LD	-	13,5	27,0	15,6	0,9
Punto EN 2	45,0	45,0	45,0	45,0	0,0	45,0	45,0	(*)	(*)
Punto EN 3	82,0	32,0	250,0	15,0	235,0	32,0	81,0	97,1	1,2

Fuente: DFA. Elaboración propia a partir de informes de resultados emitidos por CIS - FCEIA UNR.
(*) no se expresa dado que hay una sóla medición.
LD: límite de detección.

Cuadro 19. OD por punto

Punto de Muestreo	Media	Mediana	Máximo	Mínimo	Rango	1° Cuartil	2° Cuartil	Desvío Estándar	Coeficiente Variación
Punto 1	7,5	7,0	12,8	< LD	-	6,3	10,5	3,6	0,5
Punto 2	5,5	5,9	12,2	< LD	-	0,3	10,1	5,0	0,9
Punto 3	6,1	6,5	7,3	4,6	2,7	5,5	6,6	0,9	0,2
Punto 3 bis	7,2	7,2	7,2	7,2	0,0	7,2	7,2	(*)	(*)
Punto 4	7,2	7,4	11,3	1,5	9,8	5,8	9,8	3,8	0,5
Punto 5	< LD	< LD	< LD	< LD	-	< LD	< LD	(**)	(**)
Punto 6	6,6	6,1	10,2	4,2	6,0	5,5	7,1	1,9	0,3
Punto 7	2,7	2,3	6,1	0,0	6,1	1,6	3,7	1,8	0,7
Punto 8	5,8	6,6	17,0	0,0	17,0	0,8	8,3	5,3	0,9
Punto 9	9,9	9,9	12,5	7,3	5,2	8,4	11,4	2,3	0,2
Punto 12	14,5	14,5	14,5	14,5	0,0	14,5	14,5	(*)	(*)
Punto 10	3,7	3,7	3,7	3,7	0,0	3,7	3,7	(*)	(*)
Punto 11	9,5	9,4	11,4	8,1	3,3	8,9	10,0	0,9	0,1
Punto 12	12,3	12,3	14,5	10,0	4,5	11,1	13,4	3,2	0,3
Punto EN 1	6,0	6,0	7,3	4,8	2,5	5,4	6,7	1,3	0,2
Punto EN 2	2,1	2,1	2,1	2,1	0,0	2,1	2,1	(*)	(*)
Punto EN 3	3,9	4,8	5,8	0,0	5,8	4,3	4,8	2,3	0,6

Fuente: DFA. Elaboración propia a partir de informes de resultados emitidos por CIS - FCEIA UNR.
(*) no se expresa dado que hay una sóla medición.
(**) los resultados fueron menores al límite de detección por lo que no se obtienen el desvío estándar ni el coeficiente de variación.
LD: límite de detección.

Cuadro 20. CE por punto

Punto de Muestreo	Media	Mediana	Máximo	Mínimo	Rango	1° Cuartil	2° Cuartil	Desvío Estándar	Coeficiente Variación
Punto 1	8392,3	7700,0	18000,0	1200,0	16800,0	7200,0	10000,0	4240,2	0,5
Punto 2	8310,0	8400,0	14000,0	1400,0	12600,0	6600,0	10900,0	3674,7	0,4
Punto 3	1248,6	810,0	3800,0	440,0	3360,0	545,0	1300,0	1193,0	1,0
Punto 3 bis	3600,0	3600,0	3600,0	3600,0	0,0	3600,0	3600,0	(*)	(*)
Punto 4	3680,0	3500,0	4600,0	2800,0	1800,0	3000,0	4500,0	834,9	0,2
Punto 5	19000	19000	23000	15000	8000	17000	21000	5656,9	0,3
Punto 6	3870,0	4250,0	5300,0	860,0	4440,0	3300,0	4775,0	1463,6	0,4
Punto 7	2116,5	2100,0	4200,0	330,0	3870,0	1300,0	3000,0	1073,3	0,5
Punto 8	7800,0	8100,0	12600,0	1800,0	10800,0	6825,0	9050,0	2776,9	0,4
Punto 9	6525,0	6500,0	7100,0	6000,0	1100,0	6075,0	6950,0	556,0	0,1
Punto 10	9100,0	9100,0	9100,0	9100,0	0,0	9100,0	9100,0	(*)	(*)
Punto 11	8510,0	7050,0	15000,0	4600,0	10400,0	6475,0	10200,0	3343,1	0,4
Punto 12	4950,0	4950,0	5000,0	4900,0	100,0	4925,0	4975,0	70,7	0,01
Punto EN 1	3600,0	4100,0	4200,0	2500,0	1700,0	3300,0	4150,0	953,9	0,3
Punto EN 2	1000,0	1000,0	1000,0	1000,0	0,0	1000,0	1000,0	(*)	(*)
Punto EN 3	2950,0	3100,0	3300,0	2000,0	1300,0	3000,0	3300,0	541,3	0,2

Fuente: DFA. Elaboración propia a partir de informes de resultados emitidos por CIS - FCEIA UNR.
(*) no se expresa dado que hay una sóla medición.

Cuadro 21. Turbidez por punto

Punto de Muestreo	Media	Mediana	Máximo	Mínimo	Rango	1° Cuartil	2° Cuartil	Desvío Estándar	Coeficiente Variación
Punto 1	84,7	10,0	975,0	1,0	974,0	3,0	14,0	267,7	3,2
Punto 2	20,7	10,5	89,0	3,0	86,0	6,8	16,0	26,5	1,3
Punto 3	25,3	19,0	60,0	3,0	57,0	17,0	30,5	19,0	0,7
Punto 3 bis	3,0	3,0	3,0	3,0	0,0	3,0	3,0	(*)	(*)
Punto 4	10,2	8,4	19,0	6,0	13,0	6,4	11,0	5,3	0,5
Punto 5	56,0	56,0	85,0	27,0	58,0	41,5	70,5	41,0	0,7
Punto 6	9,8	5,4	37,0	2,0	35,0	3,8	9,5	11,6	1,2
Punto 7	13,4	8,4	42,0	3,0	39,0	8,0	16,0	10,8	0,8
Punto 8	16,6	13,0	39,0	1,5	37,5	2,8	28,8	14,6	0,9
Punto 9	4,8	4,5	8,0	2,0	6,0	2,8	6,5	2,8	0,6
Punto 10	35,0	35,0	35,0	35,0	0,0	35,0	35,0	(*)	(*)
Punto 11	9,8	9,0	26,0	3,0	23,0	4,0	11,8	7,0	0,7
Punto 12	3,5	3,5	4,0	3,0	1,0	3,3	3,8	0,7	0,2
Punto EN 1	11,3	3,0	29,0	2,0	27,0	2,5	16,0	15,3	1,4
Punto EN 2	45,0	45,0	45,0	45,0	0,0	45,0	45,0	(*)	(*)
Punto EN 3	8,0	6,0	13,0	3,0	10,0	6,0	12,0	4,3	0,5

Fuente: DFA. Elaboración propia a partir de informes de resultados emitidos por CIS - FCEIA UNR.
(*) no se expresa dado que hay una sóla medición.