



Universidad de Concepción del Uruguay
Facultad de Ciencias Médicas
Centro Regional Rosario

**PESTICIDAS Y CALIDAD SANITARIA DEL AGUA
DEL ARROYO RAMALLO**

CAMILA COMOLLI

Tesis presentada para completar los requisitos del plan de
estudios de la Licenciatura en Bromatología

Directora de Tesis: Dra. Patricia Blanes.

Rosario – Septiembre 2020.

Agradecimientos

Quiero agradecer a todas las personas que, de alguna manera u otra, me ayudaron a concretar esta Tesina.

A todos los directores y profesores de la carrera por el apoyo, motivación y por haberme formado profesionalmente.

Al Ing. Tomás Avetta, por el aporte desinteresado de su vehículo náutico personal, para la recolección de las muestras, por su tiempo, y por dejarme a disposición todas las instalaciones del Laboratorio de Estudios Ambientales (LEA), de la Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional San Nicolás, para su posterior procesamiento.

A la directora de la Tesina, Dra. Patricia Blanes, a la Lic. Gabriela Bessone y a todos mis compañeros de trabajo del LEA, por su ayuda y asesoramiento continuo, ya que sin su colaboración no hubiese podido concretar este trabajo.

A mis padres, Ricardo Comolli y Sandra Rodríguez, quienes me brindaron todo su apoyo a lo largo de la carrera.

A mi compañero de vida, Sebastián Sosa, por su ayuda incondicional durante el cursado de la carrera y finalización de la misma.

Y por último a toda mi familia y amigos por su aliento, comprensión y paciencia.

Muchas gracias a todos.

ÍNDICE GENERAL

INDICE DE IMÁGENES	IV
INDICE DE TABLAS	V
INDICE DE GRÁFICOS	VI
RESUMEN	VII
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Planteamiento del problema.....	2
1.2 Justificación.....	2
1.3 Antecedentes	3
1.4 Objetivos	9
1.5 Hipótesis	9
2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	10
2.1 Muestra	10
2.2 Tipo de investigación y diseño metodológico	10
2.3 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	10
2.4 Variables de estudio e indicadores.....	12
2.5 Procedimientos	15
2.5.1 Localización de los puntos de muestreo.....	15
2.5.2 Puntos de muestreo.....	16
2.5.3 Parámetros fisicoquímicos.....	20
2.5.4 Parámetros bacteriológicos	25
2.5.5 Metales pesados.....	29
2.5.6 Pesticidas organoclorados y organofosforados	30
3. RESULTADOS	31
3.1 Fisicoquímicos	31

3.1.1	<i>Temperatura</i>	32
3.1.2	<i>pH</i>	32
3.1.3	<i>Conductividad</i>	33
3.1.4	<i>Color</i>	34
3.1.5	<i>Olor</i>	34
3.1.6	<i>Turbidez</i>	34
3.1.7	<i>Dureza Total</i>	35
3.1.8	<i>Cloruros</i>	35
3.1.9	<i>Alcalinidad Total</i>	36
3.1.10	<i>Nitritos</i>	37
3.1.11	<i>Sulfatos</i>	38
3.1.12	<i>Fluoruros</i>	38
3.1.13	<i>Demanda Química de Oxígeno (DQO)</i>	38
3.1.14	<i>Demanda Biológica de Oxígeno (DBO5)</i>	39
3.1.15	<i>Sólidos Sedimentables a los diez minutos y dos horas</i>	40
3.2	<i>Bacteriológicos</i>	41
3.2.1	<i>Coliformes Totales</i>	41
3.2.2	<i>Coliformes Fecales</i>	42
3.2.3	<i>Escherichia coli</i>	42
3.2.4	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	43
3.3	<i>Metales pesados</i>	44
3.3.1	<i>Arsénico</i>	44
3.3.2	<i>Hierro</i>	45
3.4	<i>Pesticidas organoclorados y organofosforados</i>	46
4.	<i>DISCUSIÓN</i>	47
5.	<i>CONCLUSIÓN</i>	55

6. BIBLIOGRAFÍA.....	57
7. ANEXOS.....	64
7.1 Informes de Ensayo	64
7.1.1 Punto N° 1	64
7.1.2 Punto N° 2	66
7.1.3 Punto N° 3	70
7.1.4 Punto N° 4	73

INDICE DE IMÁGENES

Imagen Nº 1 – Imagen del Punto Nº 2 del muestreo.	15
Imagen Nº 2 – Puntos de muestreo.	17
Imagen Nº 3 – Punto Nº 1 de la campaña de muestreo.	18
Imagen Nº 4 – Punto Nº 2 de la campaña de muestreo.	18
Imagen Nº 5 – Punto Nº 3 de la campaña de muestreo.	19
Imagen Nº 6 – Punto Nº 4 de la campaña de muestreo.	19

INDICE DE TABLAS

Tabla I. Variables de estudio e indicadores.	12
Tabla II. Listado de Pesticidas determinados por método U.S.E.P.A 8270D.....	30
Tabla III. Resultados de parámetros fisicoquímicos del Arroyo Ramallo.	31
Tabla IV. Resultados bacteriológicos en Número Más Probable (NMP)/100 mL de agua del Arroyo Ramallo.....	41
Tabla V. Metales pesados en el Arroyo Ramallo.	44

INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico N° 1.- pH en aguas del Arroyo Ramallo.	33
Gráfico N° 2.- Conductividad en aguas del Arroyo Ramallo.	33
Gráfico N° 3.- Turbidez en aguas del Arroyo Ramallo.....	35
Gráfico N° 4.- Dureza Total en aguas del Arroyo Ramallo.	35
Gráfico N° 5.- Alcalinidad Total en aguas del Arroyo Ramallo.	37
Gráfico N° 6.- Nitritos en aguas del Arroyo Ramallo	38
Gráfico N° 7.- Demanda Química de Oxígeno en aguas del Arroyo Ramallo	39
Gráfico N° 8.- Demanda Biológica de Oxígeno en aguas del Arroyo Ramallo.	40
Gráfico N° 9.- Bacteriológicos en aguas del Arroyo Ramallo.	42
Gráfico N° 10.- Arsénico en aguas del Arroyo Ramallo.....	45
Gráfico N° 11.- Hierro en aguas del Arroyo Ramallo.....	46

RESUMEN

En el presente trabajo se determinaron los parámetros físicos, químicos y bacteriológicos, como también el análisis de residuos de pesticidas orgánicos sintéticos y trazas de metales pesados en el agua dulce superficial, para evaluar la calidad sanitaria en un tramo del Arroyo Ramallo, limitante geográfico entre los partidos de San Nicolás de los Arroyos y Ramallo, Provincia de Buenos Aires, Argentina. Los resultados expuestos derivan de una campaña de investigación, compuesta de cuatro puntos de muestreo ubicados sobre el cauce del Arroyo, realizada en el mes de diciembre del año 2018. De acuerdo a las determinaciones que se llevaron a cabo, no se detectaron trazas de pesticidas organoclorados ni organofosforados pero se registraron altos niveles de bacterias coliformes de origen fecal y *Escherichia coli*. Los resultados de este estudio, permiten inferir que, las aguas analizadas no serían aptas para uso recreativo con contacto directo. Sin embargo, para profundizar el estudio se propone la ejecución de monitoreos estacionales a fin de evaluar el riesgo para la salud de quienes utilizan el arroyo con fines recreativos para sustento propio, como es el caso de los asentamientos informales sobre su orilla, como así también, para la protección de la vida acuática y el ecosistema circundante.

1. INTRODUCCIÓN

Históricamente, las franjas costeras fluviales han constituido áreas propicias para el asentamiento y la actividad humana. Hoy en día incluyen, también, variados espacios de recreación, como balnearios, centros de prácticas náuticas, pesca deportiva, etc., que además de favorecer su poblamiento permanente, provocan el desarrollo del turismo. Sin embargo, el crecimiento de la población y de las actividades agrícolas e industriales, generalmente conlleva a un incremento en los niveles de contaminación, que puede implicar un riesgo para la salud humana y la diversidad de la biota.

En este contexto, se planteó una investigación con el objetivo de determinar los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos, como también el análisis de residuos de pesticidas orgánicos sintéticos y trazas de metales pesados en el agua dulce superficial, para evaluar la calidad sanitaria en un tramo del Arroyo Ramallo.

El Arroyo Ramallo se origina por la confluencia de sus dos principales afluentes: los arroyos Manantiales Grande y Manantiales Chico, que nacen en una serie de pequeñas lagunas y cañadas alimentadas por manantiales producto del surgimiento de aguas subterráneas, en el partido de Pergamino. Luego de recorrer 80 km, desemboca en el río Paraná Guazú, al sur de la ciudad de San Nicolás de los Arroyos, Provincia de Buenos Aires. Tiene un régimen subterráneo pluvial, y registra crecidas luego de lluvias en su cuenca de drenaje. No existen estaciones de aforo ni registros de la altura hidrométrica a lo largo de su cauce.

Las aguas de uso recreativo son definidas por la Ley N° 12.257 Artículo 72 de la Prov. de Buenos Aires, como “aquellas que hallándose en tramos de cursos o en

riberas de playas fluviales, marinas, lagunares, de embalse o en lugares adyacentes, se la emplea o usa para fines turísticos, deportivos, recreación, y esparcimiento público”. El arroyo es utilizado por la población básicamente con fines recreativos. La presencia de entero patógenos (patógenos primarios y patógenos oportunistas) - bacterias y virus- y microorganismos oportunistas de vida libre representa un riesgo a la salud humana por la exposición a aguas recreativas y a las arenas de playa.

Sobre sus márgenes se ubican: el camping de la UOM, el club de Cazadores y Pescadores, y la finca “Los Nogales” en el partido de Ramallo; el parque Recreativo Municipal del Barrio Somisa, el Club Somisa, y el Golf Club en la margen nicoleña. Además, funciona como cuerpo de agua receptor de efluentes industriales y establecimientos de la zona. La mayor parte de la superficie de su cuenca es utilizada para actividades agrícolas, fundamentalmente para la siembra de soja.

1.1 Planteamiento del problema

¿Se encuentran valores que generen riesgo sanitario y contaminación con pesticidas orgánicos sintéticos y trazas de metales pesados en el agua del Arroyo Ramallo?

1.2 Justificación

A raíz del crecimiento de la población y de las actividades agrícolas e industriales cercanas al Arroyo Ramallo, se considera imprescindible determinar la calidad fisicoquímica y bacteriológica del Arroyo, debido a que las personas lo utilizan con fines recreativos con contacto directo, la pesca y actividades deportivas. Considerando el hecho de que el cauce del Arroyo es depositario de los pesticidas

que drenan de los campos cercanos y de las descargas de industrias de la zona, este fenómeno se convierte en un serio problema a la salud de la población que lo aprovecha.

1.3 Antecedentes

Los conceptos de pesticidas o plaguicidas, pueden entenderse como sinónimos, ya que según la Organización Mundial para la Salud (OMS), los pesticidas son “compuestos químicos que se usan para matar plagas, incluidos insectos, roedores, hongos y plantas no deseadas (malezas). Los pesticidas se usan en la salud pública para matar vectores de enfermedades, como los mosquitos, y en la agricultura, para matar las plagas que dañan los cultivos. Por su naturaleza, los pesticidas son potencialmente tóxicos para otros organismos, incluidos los humanos, y deben usarse de manera segura y eliminarse adecuadamente”. Mientras que en el artículo 2° del *Código Internacional de Conducta para la Distribución y Utilización de Plaguicidas* (FAO, 1990) se define a los plaguicidas como “cualquier sustancia o mezcla de sustancias destinadas a prevenir, destruir o controlar cualquier plaga, incluyendo los vectores de enfermedades humanas o de los animales, las especies no deseadas de plantas o animales que causan perjuicio o que interfieren de cualquier otra forma en la producción, elaboración, almacenamiento, transporte o comercialización de alimentos, productos agrícolas, madera y productos de madera o alimentos para animales, o que pueden administrarse a los animales para combatir insectos, arácnidos u otras plagas en o sobre sus cuerpos”.

La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) describe que los efectos de los plaguicidas en la calidad del agua están asociados a los siguientes factores:

- Ingrediente activo en la formulación de los plaguicidas.
- Contaminantes que existen como impurezas en el ingrediente activo.
- Aditivos que se mezclan con el ingrediente activo (humectantes, diluyentes o solventes, aprestos, adhesivos, soluciones reguladoras, conservantes y emulsionantes).
- Producto degradado que se forma durante la degradación química, microbiana o fotoquímica del ingrediente activo.

Además, señala que los efectos ecológicos de los plaguicidas en el agua están determinados por los siguientes criterios:

Toxicidad: Toxicidad para mamíferos y no mamíferos, expresada en forma de DL₅₀ ("Dosis letal media": concentración del plaguicida que provoca la muerte de la mitad de los organismos de prueba durante un período especificado de prueba). Cuanto más baja es la DL₅₀, mayor es la toxicidad; **los valores de 0 a 10 son extremamente tóxicos** (OMAF, 1991).

Las directrices sobre los alimentos y el agua potable se determinan utilizando una evaluación basada en el riesgo. Por lo general, riesgo = exposición (cantidad y/o duración) x toxicidad.

La respuesta tóxica (efecto) puede ser **aguda** (muerte) o **crónica** (efecto que quizá no provoque la muerte durante el período de prueba pero cause en el organismo

sometido a prueba efectos observables, como cánceres y tumores, deficiencias reproductivas, inhibición del crecimiento, efectos teratogénicos, etc.).

Persistencia: Medida en términos de vida-mitad (tiempo necesario para que la concentración ambiental disminuya un 50 por ciento). La persistencia está determinada por procesos bióticos y abióticos de degradación. Los procesos bióticos son la biodegradación y el metabolismo; los procesos abióticos son fundamentalmente la hidrólisis, fotólisis y oxidación (Calamari y Barg, 1993). Los plaguicidas modernos suelen tener vida-mitad breve, que reflejan el período durante el cual la plaga debe ser controlada.

Productos degradados: El proceso de degradación puede llevar a la formación de "productos degradados", cuya toxicidad puede ser mayor, igual o menor que la del compuesto original. Por ejemplo, el DDT (diclorodifeniltricloroetano) se degrada en DDD (diclorodifenildicloroetano) y DDE (diclorodifenildicloroetileno).

Destino (ambiental): El destino ambiental (comportamiento) de un plaguicida depende de la afinidad natural del producto químico con respecto de uno de los cuatro compartimentos ambientales (Calamari y Barg, 1993): materia sólida (materia mineral y carbono orgánico en partículas), líquido (solubilidad en aguas superficiales y aguas del suelo), forma gaseosa (volatilización) y biota. Este comportamiento recibe con frecuencia el nombre de "compartimentación" y comprende, respectivamente, la determinación de los siguientes aspectos: coeficiente de absorción del suelo (K_{oc}); solubilidad; Constante de Henry (H), y el coeficiente de partición n-octanol/agua (K_w). Estos parámetros son bien conocidos en el caso de los plaguicidas y se utilizan para prever su evolución ambiental.

En cuanto a la situación provincial y local respecto de la utilización de pesticidas, en el año 2015, la defensoría del Pueblo de la Provincia de Buenos Aires publicó un informe con el objetivo de elaborar un diagnóstico de base que permita conocer el uso de agroquímicos en la provincia de Buenos Aires a fin de:

- a) Caracterizar y cuantificar el uso de pesticidas (insecticidas, herbicidas, fungicidas) por las siguientes actividades:
 - cultivos extensivos: trigo, maíz, girasol, soja y otros
 - cultivos intensivos: horticultura, floricultura
 - actividades ganaderas.
- b) Analizar su uso según cultivos y modelos productivos en diferentes regiones y épocas del año.

Las actividades agropecuarias se clasificaron en:

- Extensivas: agricultura y ganadería bovina: tienen un alto impacto e importancia por la gran superficie que ocupan o representan.
- Intensivas: horticultura, floricultura y fruticultura: uso de agroquímicos y cercanía a los centros poblados.

Con el fin de poder visualizar el potencial impacto del uso de agroquímicos, construyeron los siguientes índices de riesgo: I) *índice de riesgo ambiental por cultivo (IAc)*, II) *índice de riesgo ambiental agrícola (IAa)*, III) *índice de riesgo ambiental ganadero (IAg)*, IV) *índice de riesgo ambiental agropecuario (IAag)*. Estos índices se basan en la cantidad y la toxicidad intrínseca del agroquímico aplicado, tomando en

consideración la peligrosidad estimada a partir de la DL_{50} (dosis letal 50) aguda oral o dermal.

Los resultados confirmaron que el modelo de agricultura predominante en la Prov. de Buenos Aires., está basado en un importante uso de pesticidas. Las cantidades, época del año, la toxicidad de sus productos, y su peligro potencial, están influenciadas, tanto por la actividad realizada (ganadería, agricultura extensiva, horticultura, floricultura) como por el modo de producción (planteo técnico de cada cultivo o actividad) elegido.

Particularmente, en la ciudad de San Nicolás de los Arroyos, hay un predominio de los cultivos de soja y maíz con liberación de pesticidas durante la época primavera-verano, la cual abarca los meses de agosto a diciembre (Defensoría del Pueblo, 2015), meses en los cuales aumentan las actividades recreativas en el Arroyo.

Por consiguiente, con el fin de evaluar la calidad física, química y bacteriológica del agua y determinar el grado de contaminación con residuos de pesticidas orgánicos sintéticos y trazas de metales pesados, se indagó la bibliografía científica existente sobre el tema estudiado.

En el año 2016, A. E. Ronco et al., publicó la investigación donde se analizaron y discutieron los principales parámetros de calidad, la composición de los sedimentos, el contenido del herbicida glifosato y su metabolito ácido aminometilfósónico (AMPA) en agua y sedimentos. Las muestras se obtuvieron de distintos puntos de los principales afluentes del río Paraná y del principal curso de agua durante los años 2011-2012. Uno de los puntos de muestreo fue el (S19) Corriente Ramallo (afluente del Río Paraná), cercano a la ciudad de San Nicolás de los Arroyos, que cuenta con un considerable complejo industrial y a su vez coincide con la vegetación típica de la

Pampa Ondulada, con la agricultura extensiva, y una pequeña zona de playa turística. En él, se analizaron algunos parámetros fisicoquímicos in situ, como pH, conductividad, sólidos suspendidos totales, sólidos disueltos totales, encontrándose los siguientes resultados: 7,8 Unidades de pH, 914 microSiemens por centímetros ($\mu\text{S}/\text{cm}$) de conductividad, 140 miligramos por litro (mg/L) de sólidos suspendidos totales y 566 miligramos por litro (mg/L) de sólidos disueltos totales.

Otro estudio de interés (Ariel D. Bidaure, 2016), en el período de noviembre de 2013 a noviembre de 2014 tuvo como objetivo realizar un diagnóstico ambiental del uso recreativo del Arroyo Chapaleofú con el propósito de contribuir a su gestión sustentable. Se llevó a cabo un análisis integral de la calidad de las aguas de dicho arroyo mediante los usos de descriptores fisicoquímicos, de hábitat, bióticos y bacteriológicos con el fin de aportar metodológicamente en la evaluación y gestión de este espacio.

En esta investigación también se tomaron como antecedentes valores publicados en el estudio “Monitoreo de calidad de agua de las cuencas del partido de San Nicolás”, realizado por la Municipalidad de San Nicolás de los Arroyos entre agosto de 2001 y julio 2002.

1.4 Objetivos

- **Objetivo general**

Evaluar la calidad física, química y bacteriológica del agua y determinar el grado de contaminación con residuos de pesticidas orgánicos sintéticos y trazas de metales pesados en un tramo del Arroyo Ramallo, Prov. de Buenos Aires.

- **Objetivos específicos**

- ✓ Delimitar área y momento de toma de muestras.
- ✓ Definir tipo de muestreo.
- ✓ Tomar las muestras de agua.
- ✓ Realizar análisis fisicoquímicos y bacteriológicos para determinar la calidad sanitaria del agua.
- ✓ Determinar presencia de residuos de pesticidas orgánicos sintéticos y trazas de metales pesados.
- ✓ Comparar valores hallados con valores de referencia.
- ✓ Evaluar si existe correlación entre los analitos estudiados.
- ✓ Analizar si existe contaminación con los compuestos estudiados.

1.5 Hipótesis

Existe contaminación del Arroyo Ramallo bacteriológica y fisicoquímica con pesticidas organofosforados, organoclorados y metales pesados producto de las actividades agrícolas e industriales, lo que implica un alto riesgo para la salud de la población.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Muestra

Muestras de agua dulce superficial obtenidas de un tramo del Arroyo Ramallo, San Nicolás de los Arroyos, Provincia de Buenos Aires, Argentina.

2.2 Tipo de investigación y diseño metodológico

La investigación propuesta es cuantitativa descriptiva, ya que el objeto de estudio es un ente pasivo en el cual se intenta especificar características o propiedades del agua superficial que se van a medir y analizar, con la utilización de un diseño de campo post-facto y transversal porque se va a evaluar una respuesta a posteriori que un suceso ocurra naturalmente una única vez durante la investigación.

2.3 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La recolección de datos se realizó a partir de la observación en primera instancia y posteriormente la experimentación analítica cuantitativa.

El estudio ambiental se realizó a través del análisis de muestras de agua dulce superficial utilizadas, principalmente, para el uso recreativo con contacto directo, recolectadas en los lugares previamente seleccionados para el presente estudio. El muestreo consideró el procedimiento del Manual de Muestreo Ambiental publicado por IRAM 29012/1-6,9-11,15.

Las muestras de agua fueron recolectadas en recipientes plásticos y de vidrio según los requisitos de toma de muestra de los análisis a determinar. Las mismas fueron rotuladas, acondicionadas, refrigeradas y trasladadas al Laboratorio de

Estudios Ambientales (LEA) de la Universidad Tecnológica Nacional (UTN) - Facultad Regional San Nicolás (FRSN), para su posterior análisis.

Al arribar al laboratorio, se tomaron alícuotas de las mismas y se ajustó el pH de acuerdo con el parámetro a analizar. Posteriormente fueron conservadas en ambiente refrigerado a 4^o C. Todas las muestras fueron analizadas dentro del mes de su recolección, a excepción de los exámenes bacteriológicos que fueron realizados dentro de las 24 horas de recolectada la muestra.

Además de los análisis bacteriológicos, en las muestras de agua se determinaron otros parámetros de calidad del agua para recreación y consumo humano, por considerar que los mismos, permiten efectuar una caracterización más completa de las muestras. Entre ellos se destacan: pH, conductividad (efectuados inmediatamente al momento de la toma de muestra), fluoruros, generalmente asociados con el arsénico, sólidos sedimentables, cloruros, dureza total, DBO₅ (Demanda Bioquímica de Oxígeno a los 5 días) y DQO (Demanda Química de Oxígeno), y metales que pueden encontrarse en aguas superficiales que reciben descargas industriales, tales como, Arsénico, Hierro, Zinc, Cromo Total y Manganeseo.

Los Pesticidas Organoclorados que se estudiaron fueron: alfa-BHC, beta-BHC, delta BHC, Heptacloro, Aldrin, Transclordano, DDE, Endrin, beta-Endosulfan, DDD, DDT, Metoxicloro. Los Pesticidas Organofosforados que se analizaron fueron Demeton S, Diazinon, Metilparation, Malation, Etion.

El análisis estadístico de los datos se realizó mediante planilla de cálculo de Office Microsoft y los programas asociados.

2.4 Variables de estudio e indicadores

La Tabla I resume las variables de estudio, métodos analíticos, límites de detección y cuantificación, abreviaturas y valores de referencia.

Tabla I. Variables de estudio e indicadores.

Parámetros	Método Analítico	LD	LC	Valores de Referencia
Temperatura	SM Ed. 23 2550 B	0,1 °C	0,1 °C	≤ 35° C
Turbiedad	SM Ed. 23 2130 B	0,10 NTU	0,35 NTU	100 NTU (e)
Color	SM Ed. 23 2120 B	...	...	Ausente (e)
Olor	SM Ed. 23 2150 B	...	...	No perceptible (e)
pH	SM Ed. 23 4500 H ⁺ B	0,1 u pH	0,1 u pH	6,5 – 8,5 UpH (e)
Conductividad	SM Ed. 23 2510 B	0,5 uS/cm	1,6 uS/cm	...
Dureza	SM Ed. 23 2340 C	6,2 mg/L CaCO ₃	19,7 mg/L CaCO ₃	400 mg/L (a)
Cloruro	SM Ed. 23 4500 Cl ⁻ C	0,6 mg/L Cl ⁻	1,9 mg/L Cl ⁻	250 mg/L (e)
Sólidos sedimentables 10 min	SM Ed. 23 2540 F	...	...	≤ 0,1 mL/L (b)
Sólidos sedimentables 2 hs	SM Ed. 23 2540 F	...	...	≤ 1,0 mL/L(b)
Alcalinidad Total	SM Ed. 23 2320 B	2,3 mg/L CaCO ₃	7,3 mg/L CaCO ₃	...

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	SM Ed. 23 5210 D	...	...	≤ 10 mg/L (e)
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	SM Ed. 23 5220-D Método HACH	...	...	≤ 250 mg/L (b)
Sulfato	SM Ed. 23 4500 SO ₄ ²⁻ E	2,2 mg/L SO ₄	7,01 mg/L SO ₄ ²⁻	250 mg/L (e)
Nitrito	SM Ed. 23 4500-NO ₂ B.	...	...	0,06 mg/L (c)
Arsénico	SM Ed. 23 3114 C	0,5 mg/L	1 mg/L	≤ 0,05 mg/L (c)
Fluoruro	SM Ed. 23 4500 F ⁻ C	...	...	...
Hierro	SM Ed. 23 3111 B	0,04 mg/L	0,12 mg/L	≤ 1,73 mg/L (d)
Zinc	SM Ed. 23 3111 B	0,01 mg/L	0,035 mg/L	≤ 2,0 mg/L (b) 0,3 mg/L (c)
Cromo Total	SM Ed. 23 3111 B	0,02 mg/L	0,06 mg/L	≤ 0,2 mg/L (b) 0,05 mg/L (a)
Manganeso	SM Ed. 23 3111 B	...	...	≤ 0,5 mg/L (b) 0,10 mg/L (a)
Pesticidas organoclorados	EPA 3510 C /8270 D	...	...	≤ 0,05 mg/L (b)
Pesticidas organofosforados	EPA 3510 C/8270 D	...	...	≤ 0,1 mg/L (b)
Coliformes totales NMP/100mL*	SM 23 Ed., 9221 B	3 NMP/100 mL	10 NMP/100 mL	...
Coliformes fecales NMP/100mL*	SM 23 Ed., 9221 E	3 NMP/100 mL	10 NMP/100 mL	≤ 2.000 (b)
Escherichia Coli NMP/100mL*	SM 23 Ed., 9221 F	3 NMP/100 mL	10 NMP/100 mL	...

Pseudomona aeruginosa NMP/100mL*	SM 23 Ed., 9213 F	3 NMP/100 mL	10 NMP/100 mL	...
Bacterias sulfito reductoras	ISO 6461-1:1986	...	...	...

LD: Límite de Detección, **LC:** Límite de Cuantificación. *NMP/100 mL: Número más probable de bacterias en cien mililitros de muestra.

(a) Código Alimentario Argentino. Agua potable de suministro público y Agua potable de uso domiciliario.

(b) Autoridad del Agua de la Provincia de Buenos Aires, Res 336/2003 Anexo II. Parámetros de calidad de las descargas límites admisibles para cuerpo de agua superficial.

(c) Ley 24.051 Dec. 831/93 - Niveles guía de calidad de agua para protección de vida acuática. Agua dulce superficial.

(d) Subsecretaria de Recursos Hídricos de la Nación (SRHN). Niveles Guía Nacionales de Calidad de Agua Ambiente correspondiente a Hierro.

(e) Autoridad del Agua de la Provincia de Buenos Aires, Resolución N° 42/06.

2.5 Procedimientos

2.5.1 Localización de los puntos de muestreo

La campaña de muestreo se realizó durante una jornada con una temperatura de 25° C, presión de 1013 hPa y un flujo normal del caudal, en el mes de diciembre del año 2018, (Imagen N° 1).



Imagen N° 1 – Imagen del Punto N° 2 del muestreo.

2.5.2 Puntos de muestreo

Los puntos de muestreo (Imagen N° 2) fueron ubicados en un tramo del Arroyo Ramallo a la altura de la Ruta Nacional N° 9, kilómetro 223 y la desembocadura del mismo al Río Paraná. El criterio de selección de los puntos se realizó de acuerdo con la localización geográfica de balnearios, descargas de efluentes industriales, de efluentes de tratamientos cloacales y el agua que drena de los campos cultivados. Estos son los principales factores que influyen en las características del cuerpo de agua. A continuación, se detalla la ubicación de cada punto y las coordenadas geográficas correspondientes:

Punto N° 1, sobre el balneario del Club de Cazadores y Pescadores, a dos metros de la costa. Las coordenadas del punto de muestreo son: 33°24'26.2"S 60°11'20.1" O (Imagen N° 3).

Punto N° 2, a unos veinte kilómetros del punto 1 frente a una zona donde se observa un desagüe pluvial por el cual drena parte del agua proveniente de los campos aledaños. Las coordenadas del punto de muestreo son: 33° 23'34,7" S 60° 10'35,7" O Arroyo Ramallo (Imagen N° 4).

Punto N° 3, cinco metros al sur (aguas abajo) de una descarga de efluente proveniente de un parque industrial, en el centro del cauce del arroyo. Las coordenadas del punto de muestreo son: 33°22'46.8"S 60°10'11.0"O (Imagen N° 5).

Punto N° 4, cinco metros al sur (aguas abajo) de una descarga de efluente de la planta municipal de tratamiento de efluente cloacales, en el centro del cauce del

arroyo. Las coordenadas del punto de muestreo son: 33°21'40.5"S 60°09'59.1"O (Imagen N° 6).

En las siguientes imágenes satelitales se observa la ubicación de los puntos de muestreo.



Imagen N° 2 – Puntos de muestreo sobre Arroyo Ramallo.



Imagen N° 3 – Punto N° 1 de la campaña de muestreo.



Imagen N° 4 – Punto N° 2 de la campaña de muestreo.



Imagen N° 5 – Punto N° 3 de la campaña de muestreo.



Imagen N° 6 – Punto N° 4 de la campaña de muestreo.

2.5.3 Parámetros fisicoquímicos

Se recorrió el Arroyo con un vehículo náutico desde el cual se extrajeron las muestras del centro del cauce con un muestreador de agua de tipo Van Dorn. In situ se obtuvieron datos de temperatura, pH y conductividad con una sonda multiparamétrica (equipo Multiparamétrico Professional Serie). Las muestras se recolectaron en envases de plástico y/o vidrio, y de acuerdo con la cantidad de volumen necesario para las determinaciones, conservándolos en cajas aislantes y refrigeradas hasta la llegada al Laboratorio.

Una vez allí, se analizaron los demás parámetros, tales como, color, olor, turbiedad, cloruros, dureza total, sólidos sedimentables a los diez minutos y sólidos sedimentables a las dos horas, alcalinidad total, sulfatos, nitritos, fluoruros, como así también, DBO₅ (Demanda Biológica de Oxígeno) y DQO (Demanda Química de Oxígeno).

Para determinar el aspecto organoléptico del agua, se analizó el olor mediante examen organoléptico, basado en el método de umbral de olor 2150 B del Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23rd Edition. Para la determinación de color, se utilizó el colorímetro marca HACH, modelo DR900.

La medición de la turbidez, se realizó utilizando el método nefelométrico, que está basado en la comparación de la intensidad de la luz dispersada por la muestra en condiciones definidas, con la intensidad de la luz dispersada por una suspensión estándar de referencia bajo las mismas condiciones. Cuanto mayor sea la intensidad de la luz dispersada, mayor será la turbiedad. Para ello se utilizó el turbidímetro marca HACH, modelo 2100Q.

Para la determinación del contenido de cloruros, se utilizó el método argentométrico, el cual se basa en una valoración con nitrato de plata en medio neutro o ligeramente alcalino, utilizando como indicador cromato de potasio. La plata reacciona con los cloruros para formar un precipitado de cloruro de plata de color blanco. En las inmediaciones del punto de equivalencia al agotarse el ión cloruro, empieza la precipitación del cromato. La formación de cromato de plata puede identificarse por el cambio de color de la disolución a anaranjado-rojizo así como en la forma del precipitado.

La dureza se define como la suma de las concentraciones de calcio y magnesio, ambos expresados como carbonato de calcio (CaCO_3), en miligramos por litro (mg/L). Para la determinación de la dureza total del agua, se utilizó el método titulométrico usando como titulante la sal disódica del ácido etilendiaminotetraacético (EDTA) y como indicador Negro de Eriocromo T (NET). El ácido etilendiamino tetracético y su sal sódica (EDTA) forman complejos solubles estables con cationes metálicos divalentes. Si una pequeña cantidad de indicador se adiciona a una solución acuosa que contiene iones calcio y magnesio a $\text{pH} 10 \pm 0,1$, la solución vira al rojo vino. Ante el agregado de EDTA como titulante, los iones calcio y magnesio serán acomplejados paulatinamente. Ante un exceso de EDTA, la solución virará al azul que es el punto final de la titulación.

Para los sólidos sedimentables se empleó un método volumétrico según la normativa de la Autoridad del Agua Resolución 336/03, utilizando conos Imhoff, dejando reposar las muestras y registrando el volumen del material sedimentable a los diez minutos y a las dos horas.

La alcalinidad total, expresada como CaCO_3 se determinó por titulación ácido-base, con ácido sulfúrico (H_2SO_4). EL punto final se alcanza cuando el indicador verde de bromocresol vira de azul a verde por descomposición de los carbonatos y bicarbonatos en CO_2 y H_2O .

Asimismo, para examinar los sulfatos de las muestras, se utilizó el método turbidimétrico, que consistió en precipitar los iones sulfato en medio de ácido acético con cloruro de bario, formando cristales de sulfato de bario de tamaño uniforme mediante agitación. Luego, la luz absorbida por la suspensión de sulfato de bario, se midió usando un espectrofotómetro en el rango visible a 420 nm. La concentración de sulfatos, se determinó por comparación de la lectura con una curva de calibración estándar.

De manera similar, para la determinación de nitritos en las muestras de agua, se utilizó un espectrofotómetro operando a 543 nm., pero basado en el método colorimétrico 4500- NO_2 -B del Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23rd Edition. El ion nitrito se determinó a través de la formación de un complejo purpura rojizo producido a pH 2,0 –2,5 por acoplamiento de la sulfanilamida diazotada con N-(1-naftil) etilendiamina diclorhidrato (NED diclorhidrato). Luego de leer la muestra en el espectrofotómetro, se calculó la concentración de nitritos interpolando el valor de absorbancia obtenido en la curva de calibración realizada previamente.

Los fluoruros se determinaron potenciométricamente usando un electrodo de ión selectivo específico para fluoruro, en conjunción con un electrodo de referencia de calomel y un potenciómetro que cuenta con una escala expandida en miliVoltios. El

electrodo de fluoruro mide la actividad de los iones fluoruro en solución en lugar de concentración, por esa razón es que se graficó el potencial del electrodo en cada estándar versus el logaritmo de la concentración de fluoruros en miligramos por litro, para calcular la concentración de la muestra por interpolación de la lectura en la curva de calibración.

El examen de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) es una prueba que mide la cantidad de oxígeno consumido en la degradación bioquímica de la materia orgánica mediante procesos biológicos aerobios en una muestra de agua. Su aplicación permite calcular los efectos de las descargas de los efluentes domésticos e industriales sobre la calidad de las aguas de los cuerpos receptores. Para realizar este ensayo, se utilizó el equipo BODTrak™ II, marca HACH a una temperatura de veinte grados centígrados (20° C) en un ambiente controlado durante un periodo de cinco (5) días. La muestra es agitada constantemente y mantenida en condiciones naturales. Los cambios de la presión dentro del sistema cerrado BODTrack II, se muestran gráficamente en miligramos por litro (mg/L) en una pantalla de LCD.

La Demanda Química de Oxígeno (DQO) es la cantidad de un oxidante específico que reacciona con una muestra bajo condiciones controladas. La cantidad de oxidante consumida se expresa en términos de su equivalencia de oxígeno. Debido a sus propiedades químicas únicas, el ion dicromato ($\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$) es el oxidante; reduciéndose al ion crómico (Cr^{3+}) en estas pruebas. La DQO a menudo se utiliza como medida de contaminantes en aguas residuales y aguas naturales. Este ensayo se desarrolló utilizando el equipo Reactor de bloque DRN 200 marca HACH para realizar la digestión de la muestra usando viales de digestión comerciales marca HACH, a una temperatura de ciento cincuenta grados centígrados (150° C) durante

dos horas. Luego, una vez que la muestra llegó a temperatura ambiente, se realizó una determinación colorimétrica empleando el colorímetro marca HACH, modelo DR900 para medir la absorbancia a una longitud de onda de 420 nm, arrojando los resultados en mg O₂/L.

2.5.4 Parámetros bacteriológicos

Durante la campaña, se recolectaron las muestras de agua superficial de cada punto de muestreo en envases de vidrio estériles, las mismas se tomaron en el centro del cauce, con un vehículo náutico.

Las muestras fueron acondicionadas en cajas aislantes y refrigeradas hasta su llegada al laboratorio (LEA), donde inmediatamente se realizaron los primeros aislamientos.

Allí, se procedió a cuantificar y detectar las bacterias en agua. Para la determinación de Coliformes Totales (CT), se realizó el método de fermentación en tubo múltiple estableciendo como índice el número más probable (NMP), que es un registro del número de bacterias coliformes que, con mayor probabilidad, podría dar los resultados arrojados en el análisis efectuado.

El método constó de tres etapas: prueba presuntiva, prueba confirmativa y prueba complementaria.

En la prueba presuntiva se incubó, en la incubadora Peet Lab Instrumentalia Mod. DHP- 9082 A, volúmenes determinados de muestra en una serie de tubos conteniendo caldo Mac Conkey a $35 \pm 0,5^\circ$ C durante 24 ± 2 horas. Éstos permiten una selección inicial de organismos que son capaces de utilizar lactosa como fuente de carbono con producción de gas como resultado de su fermentación. Además, el caldo Mac Conkey contiene púrpura de bromocresol como indicador de pH, el cual vira de púrpura a amarillo en medio ácido favoreciendo la visualización de las

muestras positivas. La formación de gas constituye una prueba presuntiva positiva para la presencia de bacterias del grupo Coliforme.

Luego, para la prueba confirmativa se transfirieron todos los tubos positivos de la prueba presuntiva a tubos conteniendo caldo lactosado verde brillante bilis 2%. Este caldo contiene agentes selectivos e inhibidores que suprimen el desarrollo de todos los organismos no coliformes, reduciendo la posibilidad de resultados falsos positivos por estos organismos. La producción de gas en estos medios constituye una prueba confirmativa positiva. Se incubo a $35 \pm 0,5$ °C durante 48 ± 3 horas.

Finalmente, para la prueba complementaria se transfirieron por inoculación en estrías, las bacterias a partir de los tubos de caldo lactosado verde brillante bilis positivos, a placas de Agar Endo incubando las placas invertidas a $35 \pm 0,5$ °C durante 24 ± 2 horas. Se consideran positivas las colonias típicas que son nucleadas con o sin brillo metálico y las colonias atípicas que son opacas, anucleadas y de color rosado.

La prueba confirmativa de Coliformes Termotolerantes (Fecales), se hace referencia como (CF), y *Escherichia coli* (*E. coli*) consiste en inocular aquellos tubos provenientes del ensayo presuntivo que mostraron formación de gas y acidez del medio, en caldo EC-MUG provisto de una campana Durham e incubar a $44,5^{\circ}\text{C}$ durante 24 ± 2 hs.

Según este método, se define *E. coli* como aquellas especies de bacterias coliformes que producen la enzima beta-glucuronidasa (GUD), la cual rompe el sustrato específico 4-metilumbeliferil-beta-D-glucurónido (MUG) en 4-metilumbeliferona (MU), compuesto fluorógeno que al ser expuesto a una fuente de luz ultravioleta (UV) de onda larga (365 nm) produce una fluorescencia azul fácil de

observar. De esta manera es posible identificar *E. coli* incorporando el MUG al caldo EC. Simultáneamente podrán determinarse CF, observando el desarrollo del microorganismo evidenciado por turbidez del medio y producción de gas en la campana Durham en todos los tubos que exhiben crecimiento bajo una lámpara UV de longitud de onda de 365 a 366 nm de 6 W. El crecimiento microbiano evidenciado por turbidez y producción de gas sin fluorescencia indicará un resultado positivo para coliformes fecales y negativo para *E. coli*. La presencia de fluorescencia azul brillante se considera un resultado positivo para *E. coli*.

Tubos con crecimiento, gas y fluorescencia son considerados positivos para CF y *E. coli*.

El crecimiento en ausencia de gas y fluorescencia azul brillante es considerado un resultado negativo para ambos grupos.

La densidad bacteriana, en términos del número más probable (NMP), se calculó por medio de las tablas que utilizan el número de tubos positivos y negativos en las diluciones múltiples.

En la determinación de *Pseudomonas aeruginosa* (*Pa*), se utilizó el método de fermentación en múltiples tubos, estableciendo como índice el número más probable (NMP), del mismo modo que se usó para calcular las bacterias CT, CF y *E. coli*. Este método, consta de dos etapas: la prueba presuntiva y la prueba confirmativa.

Para la prueba presuntiva, se incubaron volúmenes determinados de muestra en una serie de tubos conteniendo caldo asparagina a 35 – 37 °C durante 24 horas. Se examinaron los tubos bajo luz ultravioleta de longitud de onda larga en una habitación a oscuras, con lo que una producción de un pigmento verdoso fluorescente

indica positividad del análisis. Luego, se re-incubaron los tubos que no evidenciaron cambios a 35 – 37 °C durante 24 horas más y se volvieron a examinar.

Posteriormente, los tubos que resultaron positivos se les realizó la prueba confirmativa, que consistió en tomar una alícuota de cada tubo positivo e inocularlos en tubos de caldo acetamida, incubándolos durante 24 – 36 horas a 35 -37°C. La aparición de un color púrpura en el medio de cultivo debido a un aumento de pH, indica la positividad de la reacción. Para calcular el NMP de *Pa* en los tubos con medio acetamida, se procedió del mismo modo que se usó para calcular las bacterias CT, CF y *E. coli*.

Por último, se realizó la determinación de bacterias anaerobias sulfitos reductores, como una manera más de caracterizar la calidad sanitaria del agua superficial del Arroyo Ramallo. Para ello, debido a las características que poseen los anaerobios sulfito-reductores es que se han propuesto como indicadores de contaminación de alto riesgo del agua. La ventaja más importante es que sus esporas sobreviven en el agua mucho más tiempo que los organismos del grupo coliforme y son resistentes a la desinfección, al punto que pueden ser detectados en algunas muestras de agua después de haber recibido predesinfección, floculación, sedimentación, filtración y la desinfección terminal. Por las razones expuestas, el aislamiento de anaerobios sulfito-reductores se propone para indicar el riesgo de sobrevivencia de agentes patógenos en ciertos ecosistemas expuestos a contaminación fecal remota, como también que, por sus características de tamaño y resistencia a la desinfección, logren escapar a los tratamientos habitualmente aplicados al agua.

2.5.5 Metales pesados

Para la determinación de metales pesados, tales como, hierro, cromo total, manganeso, arsénico y zinc, se sometieron las muestras de agua a un pre-tratamiento que consistió en una digestión ácida asistida por un digestor microondas, marca CEM, modelo MARS6, con sonda de temperatura MTS-300 y sensor de presión ESP-1500, para reducir interferencias por presencia de materia orgánica y para liberar todo el metal presente que puede estar formando parte de la materia suspendida o coloidal, transformándolo a una forma química para que posteriormente se les pueda realizar el análisis de metales totales por espectrometría de absorción atómica de llama mediante el uso del Espectrofotómetro de Absorción Atómica SHIMADZU AA-7000.

Este ensayo se basa en aspirar la muestra dentro de una llama y atomizarla. Simultáneamente un haz de luz se hace pasar a través de la llama hacia un monocromador y finalmente a un detector que mide la cantidad de luz absorbida por el elemento atomizado. Debido a que cada elemento posee un espectro de absorción característico, se utiliza como fuente una lámpara de cátodo hueco del mismo elemento a determinar, lo cual hace que el método este relativamente libre de interferencias espectrales. La cantidad de energía absorbida en la llama, a la longitud de onda característica, es proporcional a la concentración del elemento en la muestra dentro de un rango de concentración determinado.

2.5.6 Pesticidas organoclorados y organofosforados

Los pesticidas se detectan usualmente en aguas que fueron afectadas por descargas de la agricultura. Dichos compuestos son cancerígenos, relativamente estables y bioacumulables; de ahí la importancia de su control. El método que se utilizó para su detección consistió en una extracción líquido-líquido seguida de la determinación por cromatografía gaseosa con detección de masas, utilizando el cromatógrafo gaseoso GC-MS/MS, con espectrómetro de masas de triple cuádruplo modelo GCMS-TQ8040 marca Shimadzu equipado con inyector automático modelo AOC-20i marca Shimadzu. El procedimiento general de análisis de pesticidas se puede resumir en tres fases: Una primera fase de preparación de muestra y extracción, que permite aislar y concentrar los analitos de interés. Una segunda fase de purificación con Florisil y finalmente el análisis instrumental que permite la identificación, confirmación y cuantificación de los analitos por cromatografía de gases acoplada con espectrometría de masas CG-MS/MS. A continuación, se detallan los pesticidas organoclorados y organofosforados que se determinaron:

Tabla II. Listado de Pesticidas determinados por método USEPA 8270D.

Trifluralin	Heptachlor	trans-Chlordane
alpha- BHC	Heptachloro epoxide	alpha-Endosulfan
beta- BHC	Malathion	Dieldrin
delta- BHC	Aldrin	beta-Endosulfan
gamma- BHC (Lindano)	Chlorpyrifos	cis-Chlordane
p,p'-DDT	Endrin	Methoxychlor
p,p'-DDD	Demeton-S	Diazinon
p,p'-DDE	Azinphos-methyl	Parathion-methyl
Hexachlorobenzene	Ethion	

3. RESULTADOS

3.1 Fisicoquímicos

En la Tabla III, se presentan los resultados de los análisis fisicoquímicos hallados en los cuatro puntos de muestreo correspondientes al tramo estudiado del Arroyo Ramallo.

Tabla III. Resultados de parámetros fisicoquímicos del Arroyo Ramallo.

Parámetros	Punto N° 1	Punto N° 2	Punto N° 3	Punto N° 4	Unidades
Temperatura in situ	20,5	22,7	24,4	24,1	°C
pH	7,7	8,7	8,8	7,4	UpH
Conductividad	966	1030	819	258	μS/cm
Color	394	227	280	285	U Pt-Co
Olor	ND	1	1,4	1,4	TON
Turbidez	52	27	26	33	NTU
Dureza Total	108	106	96	38,8	mg/L CaCO ₃
Cloruros	35	37	32	22	mg/L
Alcalinidad Total	413	401	302	61	mg/L CaCO ₃
Nitritos	0,07	0,07	0,06	0,03	mg/L NO ₂ ⁻
Sulfatos	48,3	39,6	49,9	44,5	mg/L SO ₄ ²⁻
Fluoruros	1,0	1,0	1,0	0,2	mg/L
DQO	9	8	19	5	mg O ₂ /L
DBO ₅	66	56	30	20	mg/L
Sólidos sedimentables 10 min.	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	mL/L
Sólidos sedimentables 2 hs.	0,1	<0,1	<0,1	0,1	mL/L

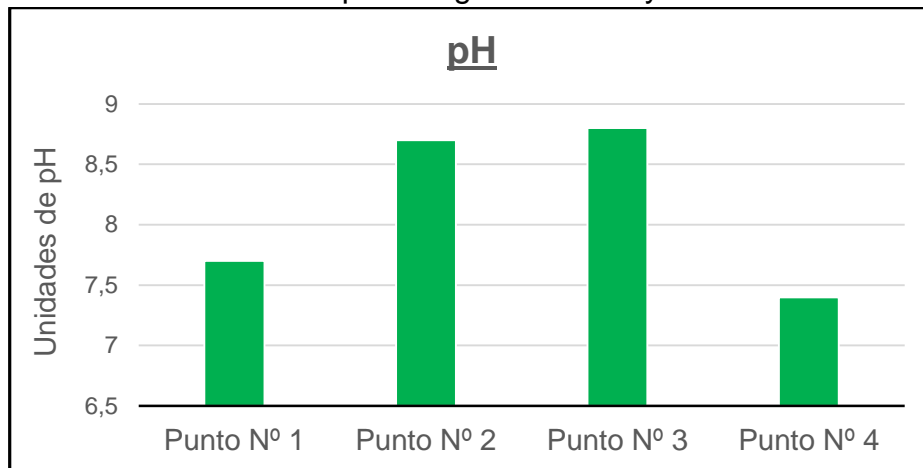
3.1.1 *Temperatura*

Los valores medidos in situ se encontraron entre los 20° C y 24° C. Se observa un leve aumento de la temperatura en los Puntos N° 3 y 4.

3.1.2 *pH*

El intervalo de pH en los cuerpos de agua naturales generalmente es de 4-9, y la mayoría tienen ligero carácter básico debido a la presencia de bicarbonatos y carbonatos (APHA, AWWA, WEF, 2017). En aguas superficiales su determinación es importante, ya que tiene una gran influencia en muchos sistemas biológicos. Valores superiores o inferiores a este ámbito producen limitaciones en el desarrollo y fisiología de los organismos acuáticos en general y en la biota del lugar.

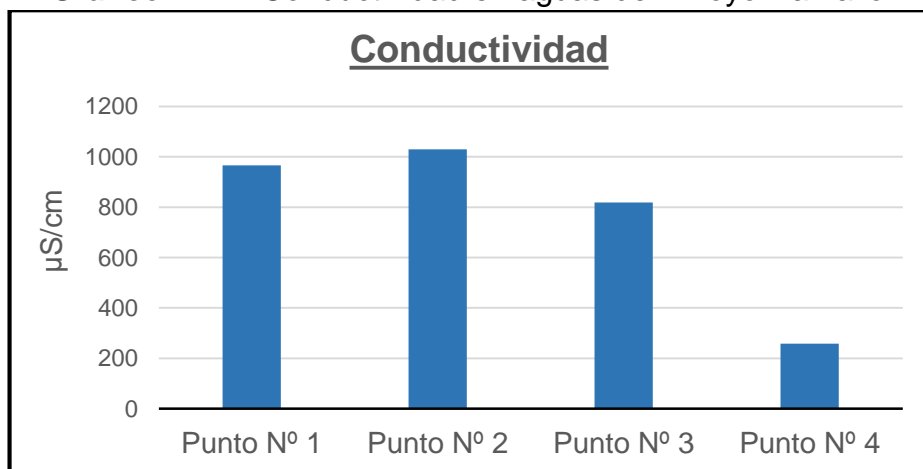
El rango de pH hallado a lo largo del muestreo se mantuvo cercano a la neutralidad o levemente alcalino (Gráfico N° 1). Los valores registrados fueron variando entre el valor más bajo de 7,4 en el Punto N° 4 cercano a la confluencia del arroyo y el río Paraná y el valor más alto de 8,8 en el Punto N° 3 cercano a la zona más industrializada donde se producen algunas descargas de empresas de la zona.

Gráfico N° 1.- pH en aguas del Arroyo Ramallo.

3.1.3 Conductividad

La conductividad es una medida de la presencia de sólidos disueltos. Es un parámetro sencillo de determinar y nos da cuenta de la dinámica del recurso respecto a la cantidad de precipitaciones ocurridas.

El agua del Arroyo Ramallo presentó valores de conductividad (Gráfico N° 2) similares a lo largo de todos los puntos de muestreo (media= 768,2 uS/cm y mediana= 892.5 uS/cm) exceptuando el Punto N° 4 que mostró una marcada disminución de la misma, posiblemente a causa de un efecto de dilución por aumento de caudal.

Gráfico N° 2.- Conductividad en aguas del Arroyo Ramallo.

3.1.4 *Color*

Los valores de color fueron homogéneos en todos los puntos de muestreo con una pequeña variación en el Punto N° 1 presentando el valor más alto, correspondiente a la zona del balneario del Club Cazadores y Pescadores.

3.1.5 *Olor*

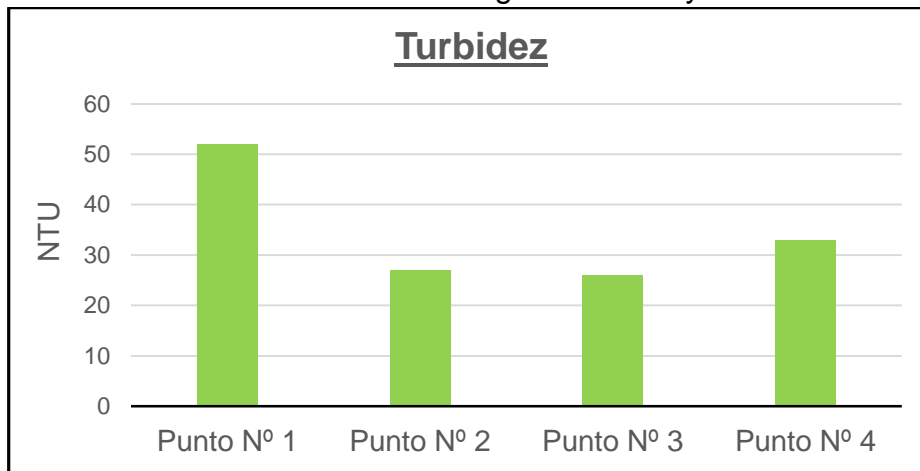
Los valores de olor que se registraron fueron semejantes en todos los puntos de muestreo, exceptuando el Punto N° 1 que no se detectaron.

3.1.6 *Turbidez*

En niveles altos de turbidez el agua pierde la capacidad de sustentar la diversidad de organismos acuáticos, aumenta la temperatura al sostener partículas que absorben el calor de la luz solar, y el agua caliente conserva menos oxígeno, así al entrar menos luz disminuye la fotosíntesis necesaria para producir oxígeno (Arce y Leiva, 2009).

El comportamiento de los valores de turbidez (Gráfico N° 3) fue variando a lo largo del muestreo, presentando un valor superior el Punto N° 1 con respecto a los demás.

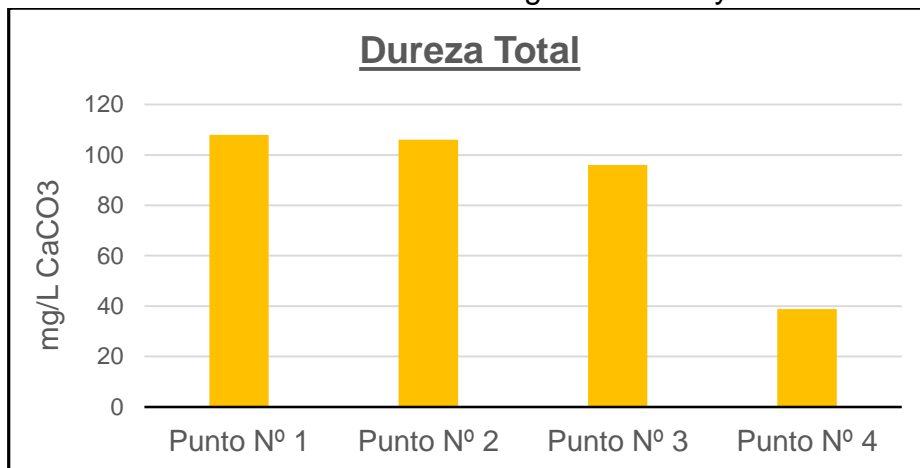
Gráfico N° 3.- Turbidez en aguas del Arroyo Ramallo.



3.1.7 Dureza Total

Los valores de dureza total (Gráfico N° 4) fueron bastante similares entre los primeros puntos del muestreo pero con una evidente disminución en el Punto N° 4, aguas debajo de una descarga de efluente de tratamientos cloacales.

Gráfico N° 4.- Dureza Total en aguas del Arroyo Ramallo.



3.1.8 Cloruros

En aguas naturales, las concentraciones típicas de cloruro están en el orden de 1 mg/L a 100 mg/L. El cloruro es un elemento esencial para la biota terrestre y acuática y debido a su alta solubilidad presenta pocas reacciones de precipitación y

solubilización, por los que su patrón de distribución está relacionado con el movimiento del agua (Osorio y Céspedes 2000). Su alta movilidad también le permite atravesar las membranas celulares y estar involucrado en el mantenimiento de la presión osmótica y el balance iónico del agua. La presencia de concentraciones elevadas o fluctuantes puede tener un efecto adverso en las funciones fisiológicas normales de los organismos acuáticos, lo que causa disruptivas en la regulación de la presión osmótica, y eventualmente interfiere con el crecimiento y la reproducción. No obstante, debido a que la mayoría del cloruro es excretado del tejido animal por medio de los riñones u órganos renales equivalentes, los potenciales efectos por bioacumulación son muy bajos (Nagpal et al. 2003).

Los valores de cloruro fueron similares a lo largo de todos los puntos de la campaña de muestreo con un pequeño descenso en el Punto N° 4. EL valor medio hallado fue de 31,5 mg/L.

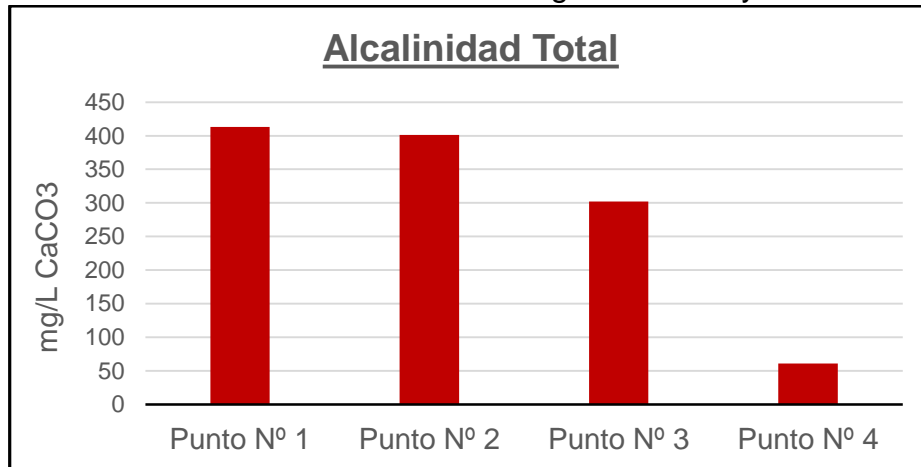
3.1.9 Alcalinidad Total

La alcalinidad de las aguas naturales se debe principalmente a la presencia de carbonatos, bicarbonatos y bases fuertes. Su presencia en las aguas naturales es importante ya que contribuye a mantener el balance iónico y a evitar variaciones drásticas en un mismo curso de agua para proteger la vida acuática.

El comportamiento de los valores de alcalinidad total (Gráfico N° 5) fue parecido a los registrados con la dureza total, con un promedio de 294 mg/L, mediana de 351,5 mg/L. Los primeros puntos no sufrieron grandes variaciones, pero en el último punto

del muestreo, Punto N° 4, se observó una marcada disminución casi cinco veces menor que el promedio, alcanzando un valor de 61 mg/L.

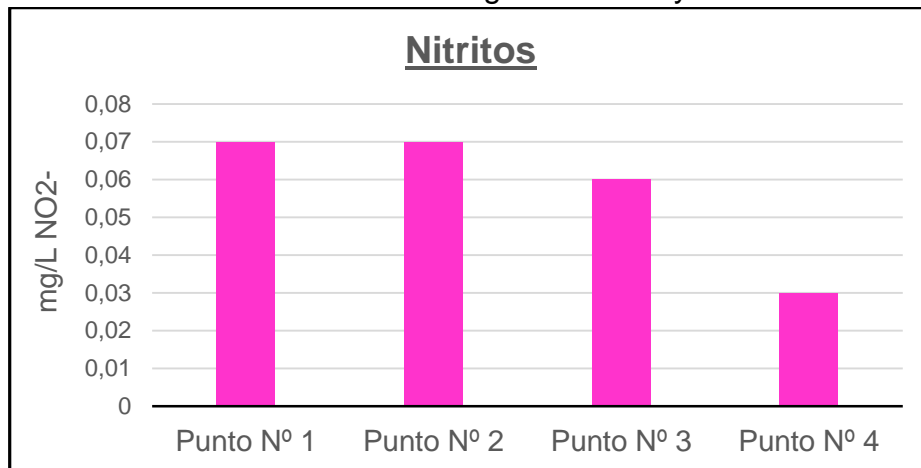
Gráfico N° 5.- Alcalinidad Total en aguas del Arroyo Ramallo.



3.1.10 Nitritos

En general, la concentración de nitritos en el agua superficial es muy baja, pero puede aparecer ocasionalmente en concentraciones inesperadamente altas debido a la contaminación industrial y de aguas residuales domésticas. Cabe resaltar que el nitrito se halla en un estado de oxidación intermedio entre el amonio y el nitrato. Los nitritos en concentraciones elevadas reaccionan dentro el organismo con aminas y amidas secundarias y terciarias formando nitrosaminas de alto poder cancerígeno y tóxico (OMS, 1998).

Los valores de nitritos (Gráfico N° 6) registrados fueron similares en todos los puntos de muestreo con excepción al Punto N° 4 que presento una leve disminución. La media hallada fue de 0,06 mg/L.

Gráfico N° 6.- Nitritos en aguas del Arroyo Ramallo.

3.1.11 Sulfatos

Los valores de sulfatos no mostraron variaciones considerables y su valor osciló entre 39,6 y 48,3 mg/L.

3.1.12 Fluoruros

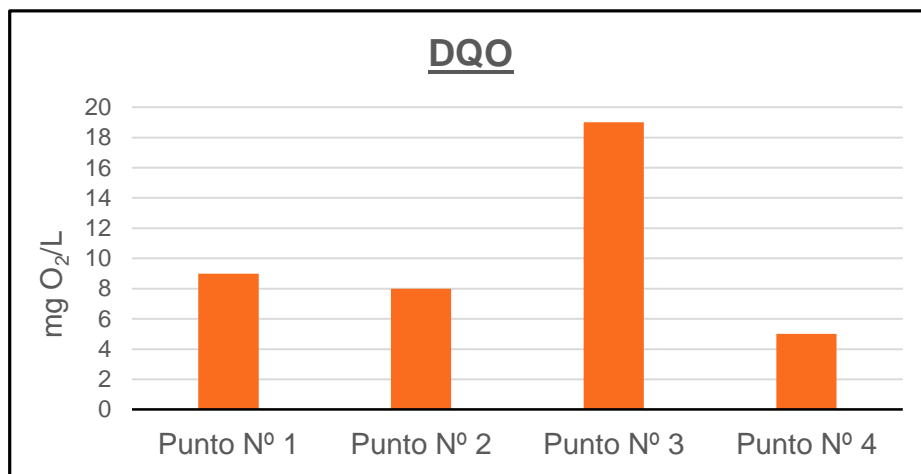
Los valores de fluoruros fueron uniformes en todos los puntos del muestreo pero con una marcada caída en el Punto N° 4.

3.1.13 Demanda Química de Oxígeno (DQO)

La DQO es uno de los parámetros más efectivos en el control de la calidad del agua; cuantifica la cantidad de materia orgánica total susceptible de oxidación química (biodegradable y no biodegradable) que hay en una muestra líquida y se utiliza para establecer un nivel de contaminación.

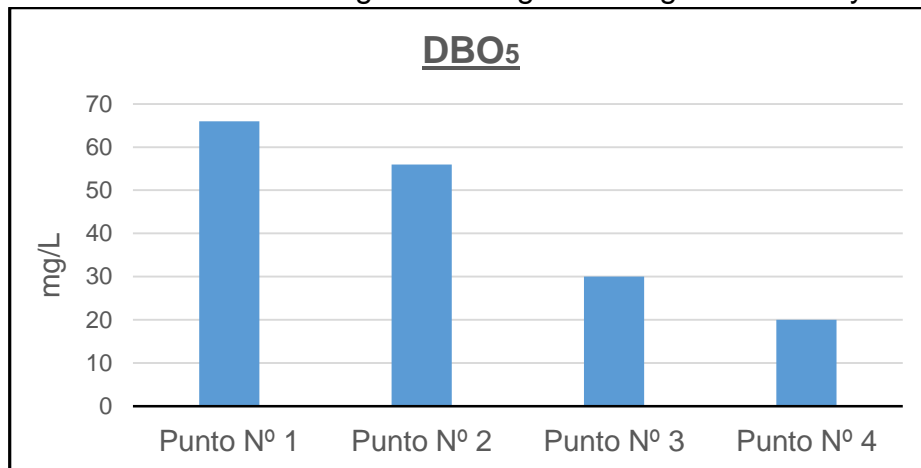
Los resultados del análisis de DQO (Gráfico N° 8) revelaron variaciones a lo largo de los cuatro puntos de muestreo. El valor más alto se registró en el Punto N° 3, muestra tomada luego de una descarga de efluente proveniente de un parque industrial, con un valor de 19 mg/L. Los Puntos N° 1 y 2 presentaron valores de 9 y 8 mg/L, mientras que los valores más bajos se presentaron en el Punto N° 4, con 5 mg/L.

Gráfico N° 7.- Demanda Química de Oxígeno en aguas del Arroyo Ramallo.



3.1.14 Demanda Biológica de Oxígeno (DBO₅)

El comportamiento de los valores de DBO₅ (Gráfico N° 7) fue heterogéneo durante toda la campaña de muestreo. Se puede apreciar el valor máximo en el Punto N° 1, siendo de 66 mg/L y luego van variando de una manera decreciente en los demás puntos, observándose el menor valor, de 20 mg/L, en el Punto N° 4. Este fenómeno posiblemente se deba a la capacidad de depuración del curso de agua y el efecto de dilución del propio cauce.

Gráfico N° 8.- Demanda Biológica de Oxígeno en aguas del Arroyo Ramallo.

3.1.15 Sólidos Sedimentables a los diez minutos y dos horas

Los valores de los sólidos sedimentables a los 10 minutos no mostraron variación en los cuatro puntos, manteniéndose con el mismo valor de menor a 0,1 mL/L. En cambio, con respecto a los sólidos sedimentables a las 2 horas, en los Puntos N° 1 y 4 se registraron los valores de 0,1 mL/L, mientras que en el resto se mantuvieron estables los valores que se obtuvieron a los 10 minutos. De todas maneras, se trata de valores bajos y esperables para aguas superficiales con poca corriente.

3.2 Bacteriológicos

En la Tabla IV, se detallan los resultados de los análisis bacteriológicos por el Número Más Probable (NMP) en 100 mL con un 95% de confianza, correspondientes a las muestras analizadas.

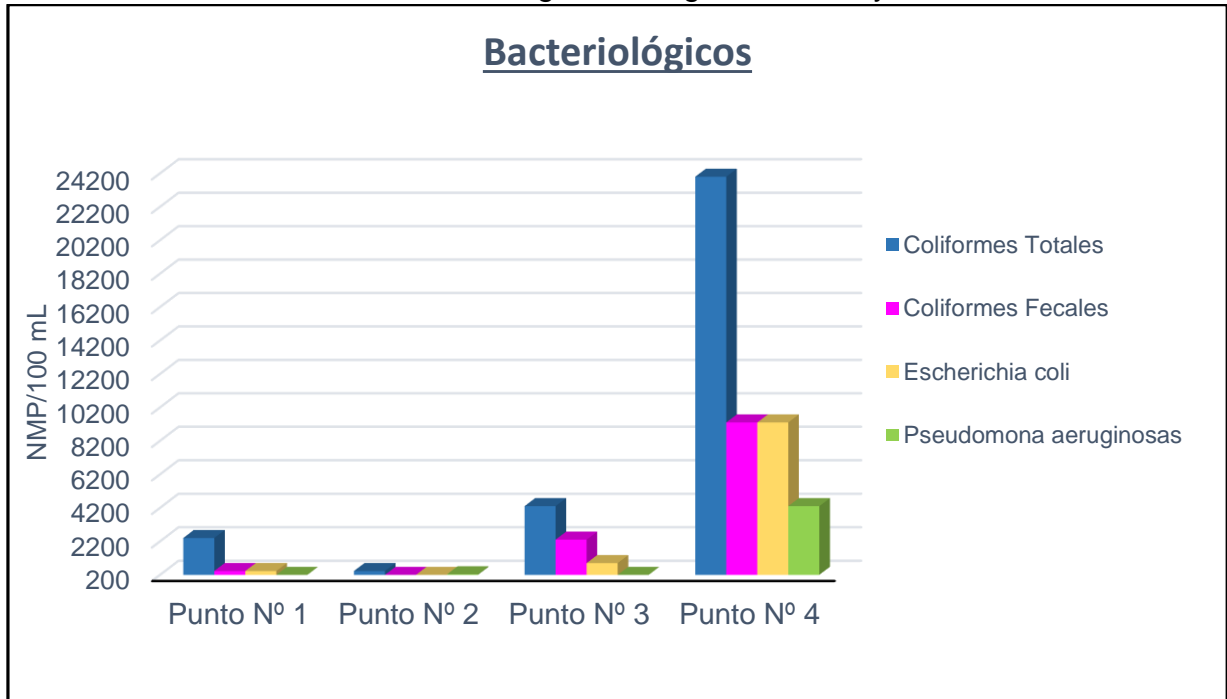
Tabla IV. Resultados bacteriológicos en Número Más Probable (NMP)/100 mL de agua del Arroyo Ramallo.

Parámetros Bacteriológicos	Punto N° 1	Punto N° 2	Punto N° 3	Punto N° 4
Coliformes Totales	2400	430	4300	24000
Coliformes Fecales	430	90	2300	9300
<i>Escherichia coli</i>	430	90	900	9300
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	200	230	15	4300

En tanto, a la identificación de las bacterias sulfito reductoras mostro ausencia en cien mililitros de muestra en todos los puntos de muestreo.

3.2.1 *Coliformes Totales*

Los valores que se registraron de CT (Gráfico N° 9) fueron muy dispares entre las cuatro muestras, obteniéndose valores entre 430 y 24.000 NMP/100 mL de muestra. En el Punto N° 2, se encontró la menor cantidad de bacterias, siguiéndole el Punto N° 1, cercano al camping, con 2.400 NMP/100 mL. En el Punto N° 3 se detectaron alrededor del doble de bacterias que en el Punto N° 2, mientras que en el Punto N° 4, cercano a la planta de tratamiento de efluentes cloacales y de asentamientos informales, se registraron los valores máximos de las mismas.

Gráfico Nº 9.- Bacteriológicos en aguas del Arroyo Ramallo.

3.2.2 *Coliformes Fecales*

En concordancia con los valores de los CT, se registró el mismo comportamiento de los CF con respecto a cada punto de muestreo. Los valores variaron entre 90 y 9.300 NMP/100 mL. En el Punto Nº 2 se encontró la menor cantidad de bacterias, siguiéndole el Punto Nº 1 con 430 NMP/100 mL. Luego, en el Punto Nº 3 se registró un elevado ascenso de la densidad bacteriana en 2.300 NMP/100 mL, mientras que el último punto de muestreo, presento el máximo valor registrado.

3.2.3 *Escherichia coli*

En cuanto a la cuantificación de *E. coli*, se encontraron los mismos valores que los CF, exceptuando el Punto Nº 3 que de los CF q se registraron, alrededor del 40% corresponde a *E. coli*, presentando un valor de 900 NMP/100 mL.

3.2.4 *Pseudomonas aeruginosa*

Los valores fueron muy dispares entre los puntos muestreados, variando entre 15 a 4.300 NMP/100 mL. Los primeros dos puntos de muestreo, Punto N° 1 y 2, registraron valores similares de 200 y 230 NMP/100 mL, mientras que el Punto N° 3, fue en el que se halló la menor cantidad. En tanto, el Punto N° 4, fue en el que se encontró la mayor cantidad de *Pseudomonas aeruginosa*.

3.3 Metales pesados

En la Tabla V, se exponen los resultados de los metales pesados en miligramos por litro (mg/L) analizados en los diferentes puntos de muestreo. En cuanto al cromo total, no se detectaron trazas de dicho metal; el cinc se detectó en los últimos tres puntos de muestreo, registrando los mismos valores y con respecto al manganeso se mantuvo uniforme a lo largo de todos los puntos con un valor menor a 0,10 mg/L.

Tabla V. Metales pesados en el Arroyo Ramallo.

Metales Pesados	Punto N° 1	Punto N° 2	Punto N° 3	Punto N° 4	Unidades
Arsénico	0,039	0,039	0,028	ND	mg/L
Hierro	2,53	1,81	1,51	1,89	mg/L
Zinc	ND	< 0,04	< 0,04	< 0,04	mg/L

3.3.1 Arsénico

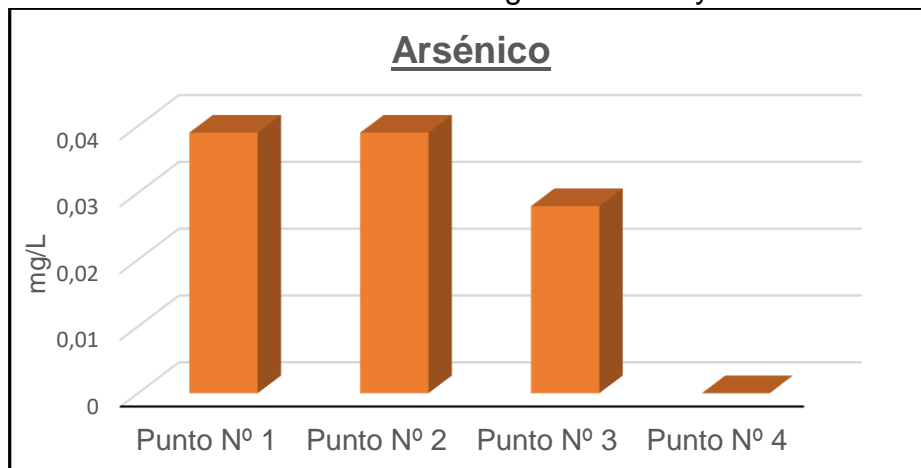
El arsénico es un elemento natural de la corteza terrestre; ampliamente distribuido en todo el medio ambiente, está presente en el aire, el agua y la tierra. En su forma inorgánica es muy tóxico. La exposición prolongada al arsénico inorgánico, principalmente a través del consumo de agua contaminada o comida preparada con esta y cultivos alimentarios regados con agua rica en arsénico puede causar intoxicación crónica. Los efectos más característicos son la aparición de lesiones cutáneas y cáncer de piel (OMS, 1998).

Las aguas superficiales no suelen contener altas concentraciones de arsénico como ocurre con aguas subterráneas, sin embargo, el control de este parámetro se

consideró importante dado que muchos asentamientos utilizan agua del arroyo para consumo, se alimentan de peces que se sabe por la bibliografía existente acumulan arsénico en sus tejidos.

En el Gráfico N° 10 se pueden visualizar los resultados de la determinación de arsénico. En los Puntos N° 1 y 2 se registraron los mismos valores de 0,039 mg/L mientras que en el Punto N° 3 hubo una leve disminución de 0,01 mg/L. En tanto, en el Punto N° 4 no se detectaron trazas de dicho metal.

Gráfico N° 10.- Arsénico en aguas del Arroyo Ramallo.



3.3.2 Hierro

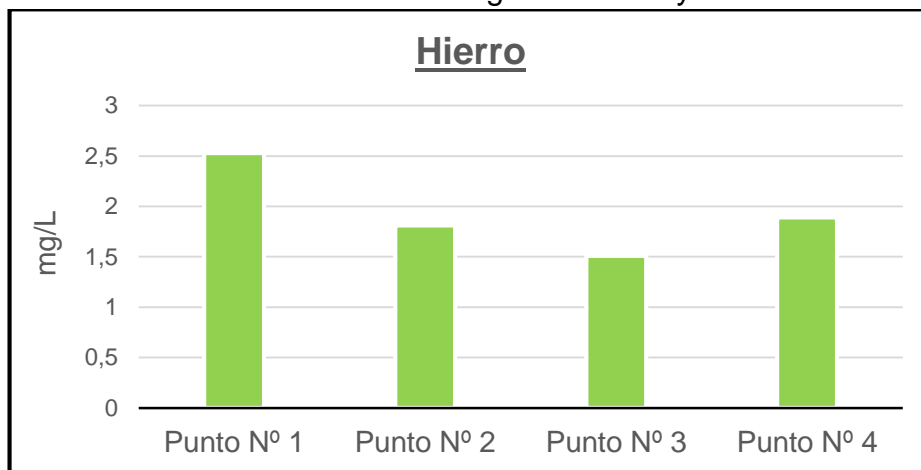
En aguas superficiales características de la región, el contenido de Fe suele incrementarse porque son muy utilizadas en las industrias y hay posibilidad de vertidos industriales ferrosos.

El hierro al estado ferroso no se encuentra normalmente en este tipo de aguas y es más común encontrarlo en condiciones anaeróbicas, ya que la presencia de

oxígeno provoca su rápida oxidación. A su vez, el ión hierro (III) es prácticamente insoluble.

El comportamiento de los valores de hierro (Gráfico N° 11) fue variando a lo largo de todos los puntos de muestreo, presentando el valor máximo el Punto N° 1 de 2,5 mg/L. El resto no presentó una elevada variación entre sí, manteniendo valores entre 1,9 y 1,5 mg/L. No se observa correlación positiva con manganeso como suele ocurrir para aguas naturales subterráneas.

Gráfico N° 11.- Hierro en aguas del Arroyo Ramallo.



3.4 Pesticidas organoclorados y organofosforados

Al evaluar los pesticidas organoclorados y organofosforados en los cuatro puntos de muestreo, no se detectaron concentraciones de los mismos en ninguno de ellos.

4. DISCUSIÓN

Los valores hallados de los parámetros analizados en el agua superficial del Arroyo Ramallo, se contrastaron con distintas reglamentaciones consultadas y se interpretó si los primeros se encontraban dentro de los límites permitidos/recomendados por las legislaciones mencionadas.

En cuanto a los aspectos fisicoquímicos, se detallan:

Temperatura: Todos los valores muestreados se encontraron por debajo del límite de 35° C definido por la Resolución 3/2009 de ACUMAR.

pH: Los valores se encontraron entre 7,4 y 8,8 unidades de pH. Los Puntos N° 2 y 3 fueron los sitios que superaron los valores de referencia para agua dulce superficial con uso recreativo, definido entre 6,5 – 8,5 unidades de pH establecidos en la Resolución ADA 42/06. Esta resolución aplica para agua de uso recreativo en la zona de uso exclusivo del Río de la Plata y su frente marítimo que, si bien no presenta las mismas características del Río Paraná y sus afluentes, se tomó en consideración porque en la provincia se carece de legislación específica para aguas de uso recreativo.

Conductividad: A nivel nacional y/o provincial no se encontraron valores de referencia para este parámetro. Considerando otras fuentes de referencia, los valores encontrados en los Puntos N° 1, 3 y 4 no superaron los valores límites entre 10 - 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ descriptos por Chapman (1996). La única excepción fue el Punto N° 2, con 1030 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Color y Olor: Los valores de color y olor en conjunto con la turbidez y el pH pueden dar una idea de la calidad general del agua. La Resolución ADA 42/06 establece que el olor no debe ser perceptible y el color no natural ausente. En los análisis realizados se percibieron olores en todos los puntos de muestreo exceptuando el Punto N° 1 donde no se detectaron. El color natural fue uniforme a lo largo de todos los puntos de muestreo.

Turbidez: Los valores de turbidez variaron entre 33 a 52 NTU, encontrándose por debajo del valor de referencia de 100 NTU para agua dulce superficial con uso recreativo de la Resolución ADA 42/06 en su Tabla 3 correspondiente a la Ley N° 11.820.

Dureza Total: Los valores variaron entre 38,8 y 108 mg/L, no pudiéndose comparar con valores de referencia ya que no existe normativa que regule dicho analito para aguas de uso recreativo.

Cloruros: Todos los puntos que se muestrearon, se encontraron por debajo del nivel guía de 250 mg/L requerido en la Resolución ADA 42/06 en su Tabla tres (3) correspondiente a la Ley N° 11.820.

Alcalinidad Total: Los valores de las muestras variaron entre 61 y 413 mg/L., no pudiéndose comparar con valores de referencia ya que no existe normativa que regule dicho analito.

Nitritos: Los valores fueron similares en todos los puntos de muestreo aunque el último punto presento una disminución de los mismos, encontrándose un rango entre 0,03 a 0,07 mg/L. Es así, que el Punto N° 4, fue el único que se encontró dentro

del valor máximo establecido de 0,06 mg/L. para vida acuática en agua dulce superficial (Decreto 831/93, Ley N° 24.051).

Sulfatos: En todos los sitios de muestreo, los valores obtenidos se encontraron por debajo del nivel guía de 250 mg/L, fijados en la Resolución ADA 42/06 en su Tabla tres (3) correspondiente a la Ley N° 11.820.

Fluoruros: Los valores de todos los puntos de muestreo se encontraron por debajo del nivel guía de 1,5 mg/L de calidad de agua para fuentes de agua de bebida humana con tratamiento convencional (Decreto 831/93, Ley N° 24051). Se comparó con ese valor dado que las aguas superficiales no suelen contener naturalmente cantidades elevadas de fluoruros pero que el Arroyo recibe efluentes industriales que podrían aportar este compuesto a las aguas. Muchos de los asentamientos que se encuentran en su ribera toman agua para consumo propio y de sus animales.

Demanda Química de Oxígeno (DQO): Todos los valores obtenidos de los puntos de muestreo se encontraron por debajo del valor máximo de 250 mg/L estipulado para descargas a cuerpos de agua superficial en la Resolución 336/2003 en su Anexo II. Se tomó como referencia el valor permitido para descarga de efluentes a cursos superficiales de agua, ya que la reglamentación nacional no menciona valores límites para aguas superficiales.

Demanda Biológica de Oxígeno (DBO₅): En todos los puntos de muestreo, los valores hallados superaron el valor establecido de 10 mg/L para agua dulce con uso recreativo de la Resolución ADA 42/06. Así mismo, si se compara con los valores de vuelco permitidos para cursos de agua superficial de la Res 336/03 que aplica a la prov. de Buenos Aires, los puntos N° 1 y 2 superan dicho valor de DBO₅ de 50 mg/L.

Esto da cuenta que los efluentes cercanos a la confluencia del Arroyo y el Paraná no estarían recibiendo un tratamiento adecuado, o bien que existe algún contaminante que está elevando ese parámetro por encima de la propia capacidad depurativa del curso de agua.

Sólidos Sedimentables a los 10 min. y 2 hs.: En todos los sitios de muestreo, los valores obtenidos se encontraron por debajo de los niveles guía de $\leq 0,1$ mL/L para los sólidos sedimentables a los 10 min. y $\leq 1,0$ mL/L a las 2 hs., requeridos para descargas a cuerpos de agua superficial en la Resolución 336/2003 en su Anexo II.

En cuanto a los parámetros bacteriológicos en aguas de uso recreativo, en nuestro país existe una reglamentación que fija límites de concentración solamente para las bacterias *E. coli* y *Enterococos*, por ello se utilizan los niveles de calidad de acuerdo a los estándares internacionales.

La Subsecretaria de Recursos Hídricos de la Nación, según Res. 125/216 (SSRH, 2003) sugiere adoptar lo establecido por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (U.S. EPA, 1986) en lo que respecta a *E. coli* y *Enterococos* como indicadores del posible deterioro bacteriológico de las aguas. Dicha normativa fija en 126 colonias/100 mL el valor de la densidad media geométrica para *E. coli* y 36 colonias/100 mL para *Enterococos*. Si se compara con la legislación internacional, por ejemplo, en el caso de las bacterias coliformes totales, el Decreto Supremo N° 002-2008 de Perú establece como límite un valor de 1.000 NMP/100 mL para aguas superficiales destinadas para recreación con contacto primario. Para coliformes termotolerantes fija el límite de 200 NMP/100 mL y ausencia para *Escherichia coli*. En el Decreto N° 144 de Chile, se establece como valor máximo 1.000 NMP/100 mL para

coliformes fecales, como así también es el caso de Costa Rica que, mediante el “Reglamento para la evaluación y la clasificación de la calidad de cuerpos de agua superficiales”, decreta el mismo valor de coliformes fecales en el agua para actividades recreativas de contacto primario.

En relación con los coliformes totales, si se toma como referencia el Decreto de Perú como valor límite de 1.000 NMP/100 mL de agua, en todos los puntos de muestreo se encontraron valores superiores a este, exceptuando el Punto N° 2 donde se hallaron valores inferiores.

Por otra parte, en nuestro país, específicamente en la Resolución N° 42/06 de la Autoridad del Agua de la Prov. de Buenos Aires (ADA), para uso recreativo en la zona de uso exclusivo del Río de la Plata y su frente marítimo y aguas dulces como fuente de agua potable, expresa los límites en colonias/100 mL (técnica de filtro por membrana) y, dado que la técnica usada en este trabajo es NMP/100 mL (fermentación en tubos múltiples), los resultados no son comparables entre sí, por lo que se determinó adoptar como límite 1.000 NMP/100 mL para uso recreativo, por ser el más utilizado en otros países y ajustarse al método de medida utilizado. Es así, que se puede visualizar en la Tabla IV que el número promedio de bacterias de coliformes fecales por cada 100 mililitros de agua oscila entre 90 y 9.300. Siendo, los puntos de muestreo N° 1 y 2, los que presentaron valores inferiores al valor máximo permisible, mientras que los puntos N° 3 y 4, superan en dos punto tres (2.3) y nueve punto tres (9.3) veces respectivamente al mismo.

Asimismo, se puede decir que los valores de CF corresponden a *E. coli*, ya que se encontraron las mismas cantidades en todos los puntos de muestreo exceptuando el Punto N° 3 donde se presentaron valores inferiores, siendo 900 NMP/100 mL.

Por otra parte, en cuanto a las *Pseudomonas aeruginosa*, pese a que no se encuentra una legislación o referencia para agua superficial recreacional con contacto directo, si se encuentra especificado en el Decreto 3181/2007 de la Prov. de Buenos Aires para aguas termales y/o de natatorios determinando ausencia para la misma. Como se puede observar en la Tabla IV, los valores de los sitios de muestreo oscilaron entre 15 a 4.300 NMP/100 mL.

Por último, con respecto a las bacterias anaerobias sulfito reductores, aunque no es frecuente que se realice su determinación en aguas superficiales naturales, según el estudio realizado por E. Gesche et al., (2003) son una alternativa de indicadores de calidad sanitaria del agua. En todos los sitios de muestreo, se encontraron ausentes para 100 mL de agua.

Por otro lado, los metales pesados, si bien no abundan en estado natural, su presencia por sí sola no se considera contaminante hasta que supera ciertos niveles, los cuales se especifican a continuación:

Arsénico: Los valores de los dos primeros puntos de muestreo fueron de 0,04 mg/L, en el Punto N° 3 de 0,03 mg/L y en el último no se detectaron trazas del mismo. Esto indica que ningún punto de muestreo superó el límite de 0,05 mg/L especificados en los Niveles Guía de la Ley N° 24051 de la Resolución 831/93 para la protección de la vida acuática del agua dulce superficial.

Hierro: Los valores de las muestras variaron entre 1,51 y 2,53 mg/L, siendo el Punto N° 3 el único que se encontró dentro del límite menor igual a 1,73 mg/L, estipulado por la SSRH como nivel guía de calidad para hierro correspondiente a protección de la biota acuática. El resto de los puntos de muestreo superaron dicho límite.

Zinc: En el Punto N° 1 no se detectaron trazas de dicho metal mientras que en el resto se obtuvieron los mismos valores menores de 0,04 mg/L, los cuales no superaron los niveles guía de 0,3 mg/L que se detallan en la Res. 831/93 de la Ley N° 24.051.

Cromo Total: En todos los sitios de muestreo no se detectaron trazas de dicho metal y esto da cuenta de que no se registran descargas indebidas de efluentes industriales que contengan esta especie metálica dado que en aguas superficiales no se halla naturalmente y solo se puede hallar por actividades antropogénicas.

Manganeso: Los valores registrados en todos los puntos de muestreo fueron menores a 0,5 mg/L, valor permitido para vuelcos de efluentes en cursos de agua superficial por la Res 336/03 y aún menor a 0,10 mg/L que es el límite dispuesto en los Niveles Guía de la Ley N° 24.585 de Protección Ambiental para la Actividad Minera en el Anexo IV, Protección de la Vida Acuática en Agua Dulce Superficial.

Por último, en referencia a los pesticidas organoclorados y organofosforados, no se detectaron concentraciones de estos en ningún punto de muestreo.

Este hecho resulta positivo para la protección de la biota, la protección de la salud de las personas que consumen agua del arroyo o practican actividades recreativas de contacto directo. De todas maneras, se recomienda realizar nuevos

estudios en otras estaciones del año para asegurar que el arroyo no se ve afectado por este tipo de compuestos e incluso correlacionarlo con efecto de biodegradación de los pesticidas o a la capacidad depurativa del arroyo.

5. CONCLUSIÓN

Este trabajo tuvo como objetivo evaluar la calidad física, química y bacteriológica del agua y determinar el grado de contaminación con residuos de pesticidas orgánicos sintéticos y trazas de metales pesados en un tramo del Arroyo Ramallo, Prov. de Buenos Aires. Los resultados demostraron que no se detectaron concentraciones de los pesticidas organoclorados y organofosforados estudiados en esta investigación. Respecto de los metales analizados, la mayoría se encontró por debajo de los niveles guía recomendados, siendo el hierro el único metal que, en determinados puntos de muestreo, superó los niveles guía de calidad para la protección de la biota acuática.

En relación con los análisis fisicoquímicos, los resultados obtenidos para los parámetros analizados, en general, se encontraron dentro de los límites recomendados por las diferentes reglamentaciones abordadas. No fue así, para el análisis de pH, nitritos y de la demanda biológica de oxígeno, los cuales superaron los límites máximos sugeridos para la protección de la vida acuática y para uso recreacional del agua dulce superficial. Los valores elevados de DBO₅ indican un predominio de contaminantes orgánicos biodegradables. Esta situación se correlaciona con el hallazgo de una gran carga bacteriana de *Pseudomonas aeruginosa*, coliformes totales, fecales y de *Escherichia coli*. Las bacterias coliformes fecales junto con la cuantificación de bacterias *E. coli* sirven de indicadores de contaminación en las aguas. Por esa razón se considera a las aguas del Arroyo Ramallo, en el tramo estudiado, no aptas para uso recreativo con contacto directo.

Cabe destacar que, en Argentina, la calidad del agua de los ambientes acuáticos superficiales, para uso recreativo con contacto directo, es evaluada por los “Niveles Guía Nacionales para Calidad de Agua Ambiente para Recreación Humana”, de la Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación. En los mismos sólo se establecen límites para algunos parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, por esa razón, la mayor dificultad encontrada en esta investigación fue seleccionar una legislación adecuada para la evaluación de resultados debido a: la inexistencia de estándares nacionales o internacionales completos, la pluralidad de tablas de valores guía y la falta de metodologías específicas para la evaluación integral de la calidad de las aguas recreativas. Se hace evidente que es necesaria la homologación de valores guía o límites para distintos contaminantes y microorganismos en aguas dulces superficiales que puedan afectar a la salud de la población, tanto para actividades recreativas de contacto directo, consumo, preparación de alimentos, riego o consumo de peces extraídos del arroyo.

Por último, se hace mención que en este estudio se obtuvo una muestra por cada punto de muestreo, es por ello que los datos representan apenas una “fotografía momentánea” del estado de la calidad sanitaria de las aguas del Arroyo Ramallo, por lo cual, se debe considerar que este trabajo no intenta una caracterización exhaustiva del mismo. Es necesario investigar la variación temporal de las características evaluadas y ampliar el alcance con el fin de evaluar el riesgo para la salud de quienes utilizan el arroyo, ya sea como sustento propio (en el caso de asentamientos informales sobre su orilla), como con fines recreativos, y para la protección de la vida acuática y el ecosistema circundante.

6. BIBLIOGRAFÍA

- A. E. Ronco, P. Almada, M. Abelando, D. J. Marino, C. D. Apartin. Junio, 2016. Calidad del agua de los principales afluentes de la cuenca del Paraná: glifosato y AMPA en aguas superficiales y sedimentos del fondo. Environment Monit Assess. 188:458.
- APHA, AWWA, WEF, 2017. Standard methods for examination of water and wastewater (23 th ed.). Washington, DC: American Public Health Association, American Water Works Association and Water Pollution Control Federation.
- Arce M, Leiva, M, 2009. Determinación de la calidad de agua de los ríos de la ciudad de Loja y diseño de líneas generales de acción para su recuperación y manejo. Universidad Técnica Particular de Loja. Tesis publicada. Loja. Ecuador
- Autoridad del Agua (ADA). Enero, 2006. Valores de referencia de calidad de aguas dulces y marinas para la protección de la biota acuática, para agua de uso recreativo en la zona de uso exclusivo del Río de la Plata y su frente marítimo y aguas dulces como fuente de agua potable. Resolución N° 42/06. Provincia de Buenos Aires.
- Autoridad del Agua (ADA). Octubre, 2003. Parámetros de calidad de las descargas limite admisibles para cuerpo de agua superficial. Resolución 336/2003. Anexo II. Provincia de Buenos Aires.

Autoridad de Cuenca Matanza Riachuelo (ACUMAR). Mayo, 2009. Usos y objetivos de calidad en el mediano a largo plazo para la Cuenca Hídrica Matanza Riachuelo. Resolución 3/2009. Anexo I. Buenos Aires.

Butinof M, Fernández R, Muñoz S, Lerda D, Blanco M, Lantieri MJ, Antolini L, Gieco M, Ortiz P, Filippi I, Franchini G, Eandi M, Montedoro F, Díaz MP. Diciembre, 2017. Valoración de la exposición a plaguicidas en cultivos extensivos de Argentina y su potencial impacto sobre la salud. Rev. Argent Salud Pública. 8 (33):8-15.

Chapman, D.V. 1996. "Water Quality Assessments: A guide to use Biota, Sediments and Water" Environmental Monitoring. Second Edition. UNESCO, WHO, and UNEP. E & FN Spon, London UK.

Consejo de la Comunidad Europea (CCE). 2006. Directiva 2006/7/CEE del Parlamento Europeo y del Consejo del 15 de febrero de 2006 relativa a la gestión de la calidad de las aguas de baño y por la que se deroga la Directiva 76/160/CEE.

Defensoría del Pueblo de la Provincia de Buenos Aires. 2015. Relevamiento de la utilización de Agroquímicos en la Provincia de Buenos Aires – Mapa de Situación e incidencias sobre la salud. Informe técnico. 533 pp.

E. Gesche, A. Vallejos, M. Saez. Enero, 2003. Eficiencia de Anaerobios sulfito-reductores como indicadores de calidad sanitaria de agua. Método de Número Más Probable (NMP). Arch. med. vet. v.35 n.1 Valdivia, Chile.

Emiliani, F.; Gonzáles de Paira, S.M. 1998. Calidad bacteriológica de la laguna Bedetti (Santo Tomé, provincia de Santa Fe, Argentina) y variables ambientales asociadas. *Revista Argentina de Microbiología*. Vol. 30, 30-38 pp.

Fabio Peluso, Fabián Grosman, José González Castelain. Mayo, 2009. Riesgo sanitario por pesticidas organoclorados en aguas de una laguna pampeana argentina. *Acta Bioquím. Clín. Latinoam.* 43 (2): 233-40.

Gabriel O. Basílico, Laura de Cabo, Ana Faggi. 2015. Adaptación de índices de calidad de agua y de riberas para la evaluación ambiental en dos arroyos de la llanura pampeana. *Rev. Mus. Argentino Cienc. Nat.* 17(2): 119-134.

Goransky R, Natale O. 1996. Bases metodológicas para el establecimiento de normas locales de calidad de agua para consumo humano. Informe Final. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación Argentina; Instituto Nacional de Ciencia y Técnica Hídricas de la cuenca Paraguay-Paraná. *Environment Monit Evaluation*. 189, 63.

Hilda E. Calderón Villagómez, Rodrigo Gonzales Enríquez, Carmen Duran De Bazua. 2001. Plaguicidas organoclorados en sedimentos y organismos acuáticos del Lago de Catemaco, Veracruz, México. *Rev. Int. Contam. Ambient.* 17 (1): 23-30.

Honorable Congreso de la Nación Argentina. Noviembre, 1995. Niveles Guía de Protección Ambiental para la Actividad Minera. Protección de la Vida Acuática en Agua Dulce Superficial. Ley N° 24.585.

Instituto Nacional de Tecnología Industrial. Boletín oficial. 2012. Químicos prohibidos y restringidos en la República Argentina.

López Sardi, E. M., García, B., Reynoso, Y. González, P., Larroudé, V. Junio, 2016. Calidad del agua para usos recreativos desde las perspectivas de la seguridad e higiene laboral y la salud pública. Estudio de caso. Facultad de Ingeniería, Universidad de Palermo. CABA.

Maggiore, M., Rampi, M., Cuestas, N., & Campins, M. Febrero, 2019. Evaluación de la Contaminación Microbiológica Presente en los Arroyos La Carolina y La Totorá Ubicados en el Partido de Gral. Alvarado. Prov. de Buenos Aires. Argentina. *Revista Tecnología Y Ciencia*, (34), 93-108.

Marcela Castagliola, Graciela Seigneur, Verónica Jurquiza. Mayo, 2003. Estudios químicos y bacteriológicos del Río Baradero (Argentina): calidad sanitaria del agua y aptitud de los peces para consumo humano. INIDEP Inf. Téc. 50.

Maria G. Mazzucchelli. 2016. Diagnostico físico químico y microbiológico del agua superficial del área serrana del Arroyo Napaleofu. Tandil. Provincia de Buenos Aires. Tesis. 149 pp.

MINAM (Ministerio del Ambiente). Julio, 2008. Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua. Decreto Supremo N° 002-2008. Lima, Perú.

MINAE (Ministerio de Ambiente y Energía). Septiembre, 2007. Reglamento para la Evaluación y Clasificación de la Calidad de Cuerpos de Agua Superficiales. Decreto N° 33903-MINAE-S. Costa Rica.

Ministerio de Salud y Desarrollo Social. Octubre, 2019. Directrices sanitarias para el uso seguro de aguas recreativas, Modulo II: Enteropatógenos. Secretaria de Gobierno de Salud. Resolución 2523/2019.

Ministerio Secretaría General de la Presidencia. Diciembre, 2008. Establece Normas de Calidad Primaria para la Protección de las Aguas Marinas y Estuarias Aptas para Actividades de Recreación con Contacto Directo. Decreto N° 144. Santiago, Chile.

Municipalidad de San Nicolás. 2002. Monitoreo de calidad de agua de las cuencas del partido de San Nicolás. Aspectos limnológicos y químicos. Expediente N° 10.344/01.

Nagpal, N.K., D.A. Levy y D.D. MacDonald, 2003. Ambient water quality guidelines for chloride. Vitoria, Columbia Británica, Canadá.

Nosedá, R.P. 2007. Evaluación de Agua Recreacional utilizando una bacteria compartida entre el hombre y los animales, Escherichia coli. Azul, Buenos Aires, Argentina.

Organización Mundial de la Salud (OMS). 1998. Guías para ambientes seguros en aguas recreativas. Aguas costeras y aguas dulces, Vol.1.

Osorio, A. y R. Céspedes, 2002. Efecto de Métodos de riego localizado en la salinidad del perfil de suelo en Vid de Mesa: Conductividad Eléctrica, Sodio, Cloro y Boro en distintos puntos del perfil. Agricultura Técnica 60: 178-194.



- Peluso F, González Castelain J, Varela C, Usunoff E. 2008. Evaluación preliminar del riesgo sanitario por agroquímicos en aguas del arroyo Azul, provincia de Buenos Aires. *Biol Acuática*. 24: 123-30.
- Peluso, F., J. Gonzales Castelain., L. Rodríguez., S. Jaime. 2010. Balneabilidad comparada de dos sitios del arroyo Azul (Partido de Azul, Provincia de Buenos Aires, Argentina) por análisis de riesgo a la salud. *REGA*. Nro 1, Vol 7. 45-49.pp.
- Peluso F, Othax N, González Castelain Y. Agosto, 2009. Riesgo sanitario por arsénico y fluoruro en Azul, prov. de Buenos Aires. Comparación de escenarios de exposición. En: *Actas del VI Congreso Argentino de Hidrogeología*. 24-28.
- Rodríguez, C., M. Mancini., C. Properi., A. Weyers., G. Alcantú & S. Ferrero. 2002. Variaciones estacionales de la calidad del agua del río Chocanchavara (Río Cuarto), Córdoba, Argentina. *Asociación Argentina de Ecología*. *Ecología Austral*, 12:65-72.
- Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación (SRHN). 2003. *Desarrollos de Niveles Guía Nacionales de Calidad de Agua Ambiente correspondientes a Escherichia coli/ Enterococos*. Buenos Aires, Argentina.
- Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación (SRHN). Diciembre, 2003. *Desarrollos de Niveles Guía Nacionales de Calidad de Agua Ambiente correspondiente a Hierro*. Buenos Aires, Argentina.
- U.S. EPA (United States Environmental Protection Agency). 1986. *Ambient Water Quality Criteria for Bacteria – EPA 440-5-84002*.

U.S. EPA (United States Environmental Protection Agency). December 2012. 2012
Recreational Water Quality Criteria – EPA 820-F-12-061.

7. ANEXOS

7.1 Informes de Ensayo



7.1.1 Punto N° 1

	Informe de Ensayo	
---	-------------------	--



Informe N°: LEA-I-18-00787	
Datos de la muestra	
Tipo de muestra:	Agua superficial
Identificación por el cliente:	LEA-PM-18-00097
Identificación LEA:	LEA-M-18-00787
Fecha de toma:	3/12/2018
Lugar:	Arroyo Ramallo
Responsable de la toma:	LEA
Fecha de recepción en el LEA:	3/12/2018

Resultados:

Ensayo solicitado	Método Analítico	Resultado / Unidades	Incertidumbre † (±)	L _D	L _C	Fecha de Ejecución	Valores de Referencia
							Niveles guía de calidad de agua para protección de vida acuática. Agua dulce superficial
Temperatura in situ*	SM Ed. 23 2550 B	20,5 °C	—	0,1 °C	0,1 °C	3/12/2018	—
Turbiedad*	SM Ed. 23 2130 B	52 NTU	10	0,10 NTU	0,35 NTU	5/12/2018	—
Color*	SM Ed. 23 2120 B	394 U Pt-Co	—	—	—	4/12/2018	—
Olor*	SM Ed. 23 2150 B	ND	—	—	—	11/12/2018	—
pH	SM Ed. 23 4500 H+B	8,4 UpH	0,3	0,1 u pH	0,1 u pH	3/12/2018	—
Conductividad	SM Ed. 23 2510 B	966 µS/cm	30	0,5 uS/cm	1,6 uS/cm	3/12/2018	—
Dureza Total	SM Ed. 23 2340 C	108 mg/L CaCO ₃	5	6,2 mg/L CaCO ₃	19,7 mg/L CaCO ₃	6/12/2018	—
Cloruro Sólidos	SM Ed. 23 4500 Cl-B	35 mg/L	1,7	0,6 mg/L Cl ⁻	1,9 mg/L Cl ⁻	4/12/2018	—
sedimentables 10 min* Sólidos	SM Ed. 23 2540 F	<0,1 mg/L	—	—	—	3/12/2018	—
sedimentables 2 hs*	SM Ed. 23 2540 F	0,1 mg/L	—	—	—	3/12/2018	—

	<h2>Informe de Ensayo</h2>	 LABORATORIO DE ESTUDIOS AMBIENTALES Facultad Regional San Nicolás
---	----------------------------	--

Alcalinidad Total a 4,5 u pH*	SM Ed. 23 2320 B	413 mg/L CaCO ₃	27	2,3 mg/L CaCO ₃	7,3 mg/L CaCO ₃	4/12/2018	...
DBO*	SM Ed. 23 5210 D	66 mg/L	...	...	...	10/12/2018	...
DQO*	SM Ed. 23 5220-D Metodo HACH	9 mg/L	...	...	...	11/12/2018	...
Sulfato*	SM Ed. 23 4500 SO ₄ ²⁻ - E	48,3 mg/L SO ₄ ²⁻	6,8	2,2 mg/L SO ₄	7,01 mg/L SO ₄ ²⁻	7/12/2018	...
Nitrito*	Mét. Nitritos AQAssay	0,07 mg/L NO ₂ ⁻	5/12/2018	0,06 mg/L
Arsénico*	SM Ed. 23 3114 C	0,039 mg/L	...	0,5 mg/L	1 mg/L	13/12/2018	0,05 mg/L
Fluoruro*	SM Ed. 23 4500 F-C	1 mg/L	...	...	...	3/12/2018	...
Hierro*	SM Ed. 23 3111 B	2,53 mg/L	0,25	0,04 mg/L	0,12 mg/L	14/12/2018	...
Cinc*	SM Ed. 23 3111 B	ND	...	0,01 mg/L	0,035 mg/L	14/12/2018	0,3 mg/L
Cromo Total*	SM Ed. 23 3111 B	ND	...	0,02 mg/L	0,06 mg/L	10/12/2018	0,002 mg/L para protección de vida acuática fito y zooplancton 0,02 mg/L para protección de peces
Manganeso*	SM Ed. 23 3111 B	< 0,10 mg/L	...	0,02 mg/L	0,1 mg/L	10/12/2018	...
Alfa-BHC*	EPA 3510 C./8081 B	ND	...	1,60 ug/L	5,09 ug/L	10/1/2019	0,01 ug/L
Beta-BHC*	EPA 3510 C./8081 B	ND	...	1,13 ug/L	3,59 ug/L	10/1/2019	0,01 ug/L
Delta-BHC*	EPA 3510 C./8081 B	ND	...	1,06 ug/L	3,39 ug/L	10/1/2019	0,01 ug/L
Heptacloro*	EPA 3510 C./8081 B	ND	...	1,68 ug/L	5,35 ug/L	10/1/2019	...
Aldrin*	EPA 3510 C./8081 B	ND	...	1,55 ug/L	4,94 ug/L	10/1/2019	...
Transclordano*	EPA 3510 C./8081 B	ND	...	0,92 ug/L	2,93 ug/L	10/1/2019	0,006 ug/L
4,4'-DDE*	EPA 3510 C./8081 B	ND	...	1,12 ug/L	3,58 ug/L	10/1/2019	NA
Endrin*	EPA 3510 C./8081 B	ND	...	1,85 ug/L	5,88 ug/L	10/1/2019	0,0023 ug/L
Beta-Endosulfan*	EPA 3510 C./8081 B	ND	...	2,21 ug/L	7,05 ug/L	10/1/2019	0,02 ug/L
4,4'-DDD*	EPA 3510 C./8081 B	ND	...	2,24 ug/L	7,14 ug/L	10/1/2019	NA

	Informe de Ensayo	 LABORATORIO DE ESTUDIOS AMBIENTALES Facultad Regional San Nicolás
---	--------------------------	--



4,4'-DDT*	EPA 3510 C / 8081 B	ND	...	1,80 ug/L	5,72 ug/L	10/1/2019	0,001 ug/L
Metoxicloro*	EPA 3510 C / 8081 B	ND	...	...	...	10/1/2019	0,03 ug/L
Demeton S*	EPA 3510 C / 8270 D	ND	...	2,4 ug/L	7,66 ug/L	10/1/2019	#N/D
Diazinon*	EPA 3510 A/8270 D	ND	...	1,32 ug/L	4,20 ug/L	10/1/2019	#N/D
Metil Paration*	EPA 3510 C / 8270 D	ND	...	1,98 ug/L	6,32 ug/L	10/1/2019	...
Malation*	EPA 3510 C / 8270 D	ND	...	1,71 ug/L	5,45 ug/L	10/1/2019	0,1 ug/L
Etion*	EPA 3510 C / 8270 D	ND	...	1,54 ug/L	4,90 ug/L	10/1/2019	#N/D
Coliformes totales NMP*	SM 23 Ed., 9221 B	2400 NMP/ 100 mL	...	3 NMP/100 mL	10 NMP/100 mL	3/12/2018	...
Coliformes fecales NMP*	SM 23 Ed., 9221 E	430 NMP/100 mL	...	3 NMP/100 mL	10 NMP/100 mL	6/12/2018	...
Escherichia Coli NMP*	SM 23 Ed., 9221 F	430 NMP/100 mL	...	3 NMP/100 mL	10 NMP/100 mL	6/12/2018	...
Pseudomona aeruginosa NMP*	SM 23 Ed., 9213 F	200 NMP/ 100 mL	...	3 NMP/100 mL	10 NMP/100 mL	3/12/2018	...
Bacterias sulfito reductoras P/A*	ISO 6461-1:1986	Ausencia	...	...	...	3/12/2018	...

† La incertidumbre de medición expandida informada fue calculada multiplicando la incertidumbre estándar combinada por un factor de cubrimiento $k=2$, lo que corresponde a un nivel aproximado de confianza del 95% bajo distribución normal.

**ND: No Detectado, NA: No Aplica, L_D : Limite de Detección, L_C : Limite de Cuantificación.

Niveles guía de calidad de agua para protección de vida acuática. Agua dulce superficial Ley 24.051 Dec. 831/93

7.1.3 Punto N° 2

	Informe de Ensayo	
---	-------------------	--

Informe N°: LEA-I-18-00788	
Datos de la muestra	
Tipo de muestra:	Agua superficial
Identificación por el cliente:	LEA-PM-18-00098
Identificación LEA:	LEA-M-18-00788
Fecha de toma:	3/12/2018
Lugar:	Arroyo Ramallo
Responsable de la toma:	LEA
Fecha de recepción en el LEA:	3/12/2018

Resultados:

Ensayo solicitado	Método Analítico	Resultado / Unidades	Incertidumbre \pm	L _D	L _C	Fecha de Ejecución	Valores de Referencia
							Niveles guía de calidad de agua para protección de vida acuática. Agua dulce superficial
Temperatura in situ*	SM Ed. 23 2550 B	22,7 °C	...	0,1 °C	0,1 °C	3/12/2018	...
Turbiedad*	SM Ed. 23 2130 B	27 NTU	5	0,10 NTU	0,35 NTU	5/12/2018	...
Color*	SM Ed. 23 2120 B	227 U Pt-Co	---	...	...	4/12/2018	...
Olor*	SM Ed. 23 2150 B	1 TON	---	...	...	11/12/2018	...
pH	SM Ed. 23 4500 H+ B	8,7 UpH	0,3	0,1 u pH	0,1 u pH	3/12/2018	...
Conductividad	SM Ed. 23 2510 B	1030 μ S/cm	32	0,5 uS/cm	1,6 uS/cm	3/12/2018	...
Dureza Total	SM Ed. 23 2340 C	106 mg/L CaCO ₃	5	6,2 mg/L	19,7 mg/L	6/12/2018	...
Cloruro	SM Ed. 23 4500 Cl-B	37 mg/L	1,8	0,6 mg/L	1,9 mg/L	4/12/2018	...
Sólidos sedimentables 10 min*	SM Ed. 23 2540 F	<0,1 mg/L	0,9	...	...	3/12/2018	...
Sólidos sedimentables 2 hs*	SM Ed. 23 2540 F	<0,1 mg/L	---	...	...	3/12/2018	...

	Informe de Ensayo	 LABORATORIO DE ESTUDIOS AMBIENTALES Facultad Regional San Nicolás
---	--------------------------	--

Alcalinidad Total a 4,5 u pH*	SM Ed. 23 2320 B	401 mg/L CaCO ₃	27	2,3 mg/L CaCO ₃	7,3 mg/L CaCO ₃	4/12/2018	...
DBO*	SM Ed. 23 5210 D	56 mg/L	...	...	...	17/12/2018	...
DQO*	SM Ed. 23 5220-D Metodo HACH	8 mg/L	...	...	...	11/12/2018	...
Sulfato*	SM Ed. 23 4500 SO4 ²⁻ - E	39,6 mg/L SO ₄ ²⁻	5,5	2,2 mg/L SO ₄	7,01 mg/L SO ₄ ²⁻	7/12/2018	...
Nitrito*	Mét. Nitritos AQAssay	0,07 mg/L NO ₂ ⁻	5/12/2018	0,06 mg/L
Arsénico*	SM Ed. 23 3114 C	0,0394 mg/L	...	...	...	13/12/2018	0,05 mg/L
Fluoruro*	SM Ed. 23 4500 F- C	1 mg/L	...	...	...	3/12/2018	...
Hierro*	SM Ed. 23 3111 B	1,81 mg/L	0,13	0,04 mg/L	0,12 mg/L	14/12/2018	...
Cinc*	SM Ed. 23 3111 B	< 0,04 mg/L		0,01 mg/L	0,04 mg/L	14/12/2018	0,3 mg/L
Cromo Total*	SM Ed. 23 3111 B	ND	...	0,02	0,06	10/12/2018	0,002 mg/L para protección de vida acuática fito y zooplancton 0,02 mg/L para protección de peces
Manganeso*	SM Ed. 23 3111 B	< 0,10 mg/L	...	0,02	0,10	10/12/2018	...
Alfa-BHC*	EPA 3510 C /8081 B	ND	...	1,60 ug/L	5,09 ug/L	10/1/2019	0,01 ug/L
Beta-BHC*	EPA 3510 C /8081 B	ND	...	1,13 ug/L	3,59 ug/L	10/1/2019	0,01 ug/L
Delta-BHC*	EPA 3510 C /8081 B	ND	...	1,06 ug/L	3,39 ug/L	10/1/2019	0,01 ug/L
Heptacloro*	EPA 3510 C /8081 B	ND	...	1,68 ug/L	5,35 ug/L	10/1/2019	...
Aldrin*	EPA 3510 C /8081 B	ND	...	1,55 ug/L	4,94 ug/L	10/1/2019	...
Transclordano*	EPA 3510 C /8081 B	ND	...	0,92 ug/L	2,93 ug/L	10/1/2019	0,006 ug/L
4,4'-DDE*	EPA 3510 C /8081 B	ND	...	1,12 ug/L	3,58 ug/L	10/1/2019	NA
Endrin*	EPA 3510 C /8081 B	ND	...	1,85 ug/L	5,88 ug/L	10/1/2019	0,0023 ug/L
Beta-Endosulfan*	EPA 3510 C /8081 B	ND	...	2,21 ug/L	7,05 ug/L	10/1/2019	0,02 ug/L
4,4'-DDD*	EPA 3510 C /8081 B	ND	...	2,24 ug/L	7,14 ug/L	10/1/2019	NA

	<h2>Informe de Ensayo</h2>	 LABORATORIO DE ESTUDIOS AMBIENTALES Facultad Regional San Nicolás
---	----------------------------	--


4,4'-DDT*	EPA 3510 C / 8081 B	ND	...	1,80 ug/L	5,72 ug/L	10/1/2019	0,001 ug/L
Metoxicloro*	EPA 3510 C / 8081 B	ND	...	...	...	10/1/2019	0,03 ug/L
Demeton S*	EPA 3510 C / 8270 D	ND	...	2,4 ug/L	7,66 ug/L	10/1/2019	#N/D
Diazinon*	EPA 3510 A/8270 D	ND	...	1,32 ug/L	4,20 ug/L	10/1/2019	#N/D
Metil Paration*	EPA 3510 C / 8270 D	ND	...	1,98 ug/L	6,32 ug/L	10/1/2019	...
Malation*	EPA 3510 C / 8270 D	ND	...	1,71 ug/L	5,45 ug/L	10/1/2019	0,1 ug/L
Etion*	EPA 3510 C / 8270 D	ND	...	1,54 ug/L	4,90 ug/L	10/1/2019	#N/D
Coliformes totales NMP*	SM 23 Ed., 9221 B	430 NMP/100 mL	...	3 NMP/100 mL	10 NMP/100 mL	3/12/2018	...
Coliformes fecales NMP*	SM 23 Ed., 9221 E	90 NMP/100 mL	...	3 NMP/100 mL	10 NMP/100 mL	6/12/2018	...
Escherichia Coli NMP*	SM 23 Ed., 9221 F	90 NMP/100 mL	...	3 NMP/100 mL	10 NMP/100 mL	6/12/2018	...
Pseudomona aeruginosa NMP*	SM 23 Ed., 9213 F	230 NMP/ 100 mL	...	3 NMP/100 mL	10 NMP/100 mL	3/12/2018	...
Bacterias sulfito reductoras P/A*	ISO 6461-1:1986	Ausencia	...	...	...	3/12/2018	...

† La incertidumbre de medición expandida informada fue calculada multiplicando la incertidumbre estándar combinada por un factor de cubrimiento $k=2$, lo que corresponde a un nivel aproximado de confianza del 95% bajo distribución normal.

**ND: No Detectado, NA: No Aplica, L_D : Limite de Detección, L_C : Limite de Cuantificación.

Niveles guía de calidad de agua para protección de vida acuática. Agua dulce superficial Ley 24.051 Dec. 831/93

7.1.4 Punto N° 3

 UTN San Nicolás	Informe de Ensayo	 LABORATORIO DE ESTUDIOS AMBIENTALES Facultad Regional San Nicolás
--	--------------------------	--

Informe N°: LEA-I-18-00789	
Datos de la muestra	
Tipo de muestra:	Agua superficial
Identificación por el cliente:	LEA-PM-18-00099
Identificación LEA:	LEA-M-18-00789
Fecha de toma:	3/12/2018
Lugar:	Arroyo Ramallo
Responsable de la toma:	LEA
Fecha de recepción en el LEA:	3/12/2018

Resultados:

Ensayo solicitado	Método Analítico	Resultado / Unidades	Incertidumbre ± (±)	L _D	L _C	Fecha de Ejecución	Valores de Referencia
							Niveles guía de calidad de agua para protección de vida acuática. Agua dulce superficial
Temperatura in situ*	SM Ed. 23 2550 B	24,4 °C	...	0,1 °C	0,1 °C	3/12/2018	...
Turbiedad*	SM Ed. 23 2130 B	26 NTU	5	0,10 NTU	0,35 NTU	5/12/2018	...
Color*	SM Ed. 23 2120 B	280 U Pt-Co	---	...	...	4/12/2018	...
Olor*	SM Ed. 23 2150 B	1,4 TON	---	...	...	11/12/2018	...
pH	SM Ed. 23 4500 H+B	8,8 UpH	0,3	0,1 u pH	0,1 u pH	3/12/2018	...
Conductividad	SM Ed. 23 2510 B	819 µS/cm	25	0,5 uS/cm	1,6 uS/cm	3/12/2018	...
Dureza Total	SM Ed. 23 2340 C	96 mg/L CaCO ₃	4	6,2 mg/L	19,7 mg/L	6/12/2018	...
Cloruro	SM Ed. 23 4500 Cl-B	32 mg/L	1,5	0,6 mg/L	1,9 mg/L	4/12/2018	...
Sólidos sedimentables 10 min*	SM Ed. 23 2540 F	<0,1 mg/L	0,9	...	...	3/12/2018	...
Sólidos sedimentables 2 hs*	SM Ed. 23 2540 F	<0,1 mg/L	---	...	...	3/12/2018	...

LEA-RPG-8.11/01

rev.: 08

Fecha: 21-08-18

Página 8 de 14

Prohibida su reproducción total o parcial sin la autorización del Laboratorio de Estudios Ambientales

	<h2>Informe de Ensayo</h2>	 <p>LABORATORIO DE ESTUDIOS AMBIENTALES Facultad Regional San Nicolás</p>
---	----------------------------	---

Alcalinidad Total a 4,5 u pH*	SM Ed. 23 2320 B	302 mg/L CaCO ₃	20	2,3 mg/L CaCO ₃	7,3 mg/L CaCO ₃	4/12/2018	...
DBO*	SM Ed. 23 5210 D	30 mg/L	...	...	...	10/12/2018	...
DQO*	SM Ed. 23 5220-D Metodo HACH	19 mg/L	...	...	...	11/12/2018	...
Sulfato*	SM Ed. 23 4500 SO42- E	49,9 mg/L SO ₄ ⁻	7	2,2 mg/L SO ₄	7,01 mg/L SO ₄ ²⁻	7/12/2018	...
Nitrito*	Mét. Nitritos AQAssay	0,06 mg/L NO ₂ ⁻	5/12/2018	0,06 mg/L
Arsénico*	SM Ed. 23 3114 C	0,0284 mg/L	...	...	...	13/12/2018	0,05 mg/L
Fluoruro*	SM Ed. 23 4500 F-C	1 mg/L	...	...	...	3/12/2018	...
Hierro*	SM Ed. 23 3111 B	1,51 mg/L	0,11	0,04 mg/L	0,12 mg/L	14/12/2018	...
Cinc*	SM Ed. 23 3111 B	< 0,04 mg/L	...	0,01 mg/L	0,04 mg/L	14/12/2018	0,3 mg/L
Cromo Total*	SM Ed. 23 3111 B	ND	...	0,02 mg/L	0,06 mg/L	10/12/2018	0,002 mg/L para protección de vida acuática fito y zooplancton 0,02 mg/L para protección de peces
Manganeso*	SM Ed. 23 3111 B	< 0,10 mg/L	...	0,02	0,10	10/12/2018	...
Alfa-BHC*	EPA 3510 C /8081 B	ND	...	1,60 ug/L	5,09 ug/L	10/1/2019	0,01 ug/L
Beta-BHC*	EPA 3510 C /8081 B	ND	...	1,13 ug/L	3,59 ug/L	10/1/2019	0,01 ug/L
Delta-BHC*	EPA 3510 C /8081 B	ND	...	1,06 ug/L	3,39 ug/L	10/1/2019	0,01 ug/L
Heptacloro*	EPA 3510 C /8081 B	ND	...	1,68 ug/L	5,35 ug/L	10/1/2019	...
Aldrin*	EPA 3510 C /8081 B	ND	...	1,55 ug/L	4,94 ug/L	10/1/2019	...
Transclordano*	EPA 3510 C /8081 B	ND	...	0,92 ug/L	2,93 ug/L	10/1/2019	0,006 ug/L
4,4'-DDE*	EPA 3510 C /8081 B	ND	...	1,12 ug/L	3,58 ug/L	10/1/2019	NA
Endrin*	EPA 3510 C /8081 B	ND	...	1,85 ug/L	5,88 ug/L	10/1/2019	0,0023 ug/L
Beta-Endosulfan*	EPA 3510 C /8081 B	ND	...	2,21 ug/L	7,05 ug/L	10/1/2019	0,02 ug/L
4,4'-DDD*	EPA 3510 C /8081 B	ND	...	2,24 ug/L	7,14 ug/L	10/1/2019	NA

	<h2>Informe de Ensayo</h2>	 LABORATORIO DE ESTUDIOS AMBIENTALES Facultad Regional San Nicolás
---	----------------------------	--


4,4'-DDT*	EPA 3510 C / 8081 B	ND	...	1,80 ug/L	5,72 ug/L	10/1/2019	0,001 ug/L
Metoxicloro*	EPA 3510 C / 8081 B	ND	...	...	...	10/1/2019	0,03 ug/L
Demeton S*	EPA 3510 C / 8270 D	ND	...	2,4 ug/L	7,66 ug/L	10/1/2019	#N/D
Diazinon*	EPA 3510 A/8270 D	ND	...	1,32 ug/L	4,20 ug/L	10/1/2019	#N/D
Metil Paration*	EPA 3510 C / 8270 D	ND	...	1,98 ug/L	6,32 ug/L	10/1/2019	...
Malation*	EPA 3510 C / 8270 D	ND	...	1,71 ug/L	5,45 ug/L	10/1/2019	0,1 ug/L
Etion*	EPA 3510 C / 8270 D	ND	...	1,54 ug/L	4,90 ug/L	10/1/2019	#N/D
Coliformes totales NMP*	SM 23 Ed., 9221 B	4300 NMP/ 100 mL	...	3 NMP/100 mL	10 NMP/100 mL	3/12/2018	...
Coliformes fecales NMP*	SM 23 Ed., 9221 E	2300 NMP/ 100 mL	...	3 NMP/100 mL	10 NMP/100 mL	6/12/2018	...
Escherichia Coli NMP*	SM 23 Ed., 9221 F	900 NMP/100 mL	...	3 NMP/100 mL	10 NMP/100 mL	6/12/2018	...
Pseudomona aeruginosa NMP*	SM 23 Ed., 9213 F	15 NMP/ 100 mL	...	3 NMP/100 mL	10 NMP/100 mL	3/12/2018	...
Bacterias sulfito reductoras P/A*	ISO 6461-1:1986	Ausencia	...	...	...	3/12/2018	...

† La incertidumbre de medición expandida informada fue calculada multiplicando la incertidumbre estándar combinada por un factor de cubrimiento $k=2$, lo que corresponde a un nivel aproximado de confianza del 95% bajo distribución normal.

**ND: No Detectado, NA: No Aplica, L_D : Limite de Detección, L_C : Limite de Cuantificación.

Niveles guía de calidad de agua para protección de vida acuática. Agua dulce superficial Ley 24.051 Dec. 831/93


7.1.5 Punto N° 4

	Informe de Ensayo	 LABORATORIO DE ESTUDIOS AMBIENTALES Facultad Regional San Nicolás
---	--------------------------	---

Informe N°: LEA-I-18-00790	
Datos de la muestra	
Tipo de muestra:	Agua superficial
Identificación por el cliente:	LEA-PM-18-00100
Identificación LEA:	LEA-M-18-00790
Fecha de toma:	3/12/2018
Lugar:	Arroyo Ramallo
Responsable de la toma:	LEA
Fecha de recepción en el LEA:	3/12/2018

Resultados:

Ensayo solicitado	Método Analítico	Resultado / Unidades	Incertidumbre \pm (\pm)	L _D	L _C	Fecha de Ejecución	Valores de Referencia
							Niveles guía de calidad de agua para protección de vida acuática. Agua dulce superficial
Temperatura in situ*	SM Ed. 23 2550 B	24,1 °C	---	0,1 °C	0,1 °C	3/12/2018	...
Turbiedad*	SM Ed. 23 2130 B	33 NTU	10	0,10 NTU	0,35 NTU	5/12/2018	...
Color*	SM Ed. 23 2120 B	285 U Pt-Co	---	...	...	4/12/2018	...
Olor*	SM Ed. 23 2150 B	1,4 TON	---	...	...	11/12/2018	...
pH	SM Ed. 23 4500 H+ B	7,4 UpH	0,3	0,1 u pH	0,1 u pH	3/12/2018	...
Conductividad	SM Ed. 23 2510 B	258 µS/cm	30	0,5 uS/cm	1,6 uS/cm	3/12/2018	...
Dureza Total	SM Ed. 23 2340 C	38,8 mg/L CaCO ₃	2	6,2 mg/L	19,7 mg/L	6/12/2018	...
Cloruro	SM Ed. 23 4500 Cl- B	22 mg/L	1,7	0,6 mg/L	1,9 mg/L	4/12/2018	...
Sólidos sedimentables 10 min*	SM Ed. 23 2540 F	<0,1 mg/L	---	...	...	3/12/2018	...
Sólidos sedimentables 2 hs*	SM Ed. 23 2540 F	0,1 mg/L	---	...	...	3/12/2018	...

	<h2>Informe de Ensayo</h2>	 <p>LABORATORIO DE ESTUDIOS AMBIENTALES Facultad Regional San Nicolás</p>
---	----------------------------	--

Alcalinidad Total a 4,5 u pH*	SM Ed. 23 2320 B	61 mg/L CaCO ₃	27	2,3 mg/L CaCO ₃	7,3 mg/L CaCO ₃	4/12/2018	...
DBO*	SM Ed. 23 5210 D	20 mg/L	...	...	...	17/12/2018	...
DQO*	SM Ed. 23 5220-D Metodo HACH	5 mg/L	---	---	---	11/12/2018	---
Sulfato*	SM Ed. 23 4500 SO42- E	44,5 mg/L SO ₄ -	6,8	2,2 mg/L SO ₄	7,01 mg/L SO ₄ ²⁻	7/12/2018	---
Nitrito*	Mét. Nitritos AQAssay	0,03 mg/L NO ₂-	...	...	...	5/12/2018	0,06 mg/L
Arsénico*	SM Ed. 23 3114 C	< 0,001 mg/L	...	...	...	13/12/2018	0,05 mg/L
Fluoruro*	SM Ed. 23 4500 F-C	0,2 mg/L	...	...	...	3/12/2018	---
Hierro*	SM Ed. 23 3111 B	1,89 mg/L	0,13	0,04 mg/L	0,12 mg/L	14/12/2018	---
Cinc*	SM Ed. 23 3111 B	< 0,04 mg/L	...	0,01 mg/L	0,04 mg/L	14/12/2018	0,3 mg/L
Cromo Total*	SM Ed. 23 3111 B	ND	...	0,02 mg/L	0,06 mg/L	10/12/2018	0,002 mg/L para protección de vida acuática fito y zooplancton 0,02 mg/L para protección de peces
Manganeso*	SM Ed. 23 3111 B	< 0,10 mg/L	...	0,02 mg/L	0,10 mg/L	10/12/2018	---
Alfa-BHC*	EPA 3510 C /8081 B	ND	...	1,60 ug/L	5,09 ug/L	10/1/2019	0,01 ug/L
Beta-BHC*	EPA 3510 C /8081 B	ND	...	1,13 ug/L	3,59 ug/L	10/1/2019	0,01 ug/L
Delta-BHC*	EPA 3510 C /8081 B	ND	...	1,06 ug/L	3,39 ug/L	10/1/2019	0,01 ug/L
Heptacloro*	EPA 3510 C /8081 B	ND	...	1,68 ug/L	5,35 ug/L	10/1/2019	---
Aldrin*	EPA 3510 C /8081 B	ND	...	1,55 ug/L	4,94 ug/L	10/1/2019	---
Transclordano*	EPA 3510 C /8081 B	ND	...	0,92 ug/L	2,93 ug/L	10/1/2019	0,006 ug/L
4,4'-DDE*	EPA 3510 C /8081 B	ND	...	1,12 ug/L	3,58 ug/L	10/1/2019	NA
Endrin*	EPA 3510 C /8081 B	ND	...	1,85 ug/L	5,88 ug/L	10/1/2019	0,0023 ug/L
Beta-Endosulfan*	EPA 3510 C /8081 B	ND	...	2,21 ug/L	7,05 ug/L	10/1/2019	0,02 ug/L
4,4'-DDD*	EPA 3510 C /8081 B	ND	...	2,24 ug/L	7,14 ug/L	10/1/2019	NA

	<h2>Informe de Ensayo</h2>	
---	----------------------------	--

4,4'-DDT*	EPA 3510 C /8081 B	ND	...	1,80 ug/L	5,72 ug/L	10/1/2019	0,001 ug/L
Metoxicloro*	EPA 3510 C /8081 B	ND	...	...	...	10/1/2019	0,03 ug/L
Demeton 5*	EPA 3510 C / 8270 D	ND	...	2,4 ug/L	7,66 ug/L	10/1/2019	#N/D
Diazinon*	EPA 3510 A/8270 D	ND	...	1,32 ug/L	4,20 ug/L	10/1/2019	#N/D
Metil Paration*	EPA 3510 C / 8270 D	ND	...	1,98 ug/L	6,32 ug/L	10/1/2019	...
Malation*	EPA 3510 C / 8270 D	ND	...	1,71 ug/L	5,45 ug/L	10/1/2019	0,1 ug/L
Etion*	EPA 3510 C / 8270 D	ND	...	1,54 ug/L	4,90 ug/L	10/1/2019	#N/D
Coliformes totales NMP*	SM 23 Ed., 9221 B	24 x 10 ³ NMP/ 100 mL	...	3 NMP/100 mL	10 NMP/100 mL	3/12/2018	...
Coliformes fecales NMP*	SM 23 Ed., 9221 E	93 x 10 ² NMP/ 100 mL	...	3 NMP/100 mL	10 NMP/100 mL	6/12/2018	...
Escherichia Coli NMP*	SM 23 Ed., 9221 F	93 x 10 ² NMP/ 100 mL	...	3 NMP/100 mL	10 NMP/100 mL	6/12/2018	...
Pseudomona aeruginosa NMP*	SM 23 Ed., 9213 F	43 x 10 ² NMP/ 100 mL	...	3 NMP/100 mL	10 NMP/100 mL	3/12/2018	...
Bacterias sulfito reductoras P/A*	ISO 6461-1:1986	Ausencia	...	...	...	3/12/2018	...

† La incertidumbre de medición expandida informada fue calculada multiplicando la incertidumbre estándar combinada por un factor de cubrimiento k=2, lo que corresponde a un nivel aproximado de confianza del 95% bajo distribución normal.

**ND: No Detectado, NA: No Aplica, L_D: Limite de Detección, L_C: Limite de Cuantificación.

Niveles guia de calidad de agua para protección de vida acuática. Agua dulce superficial Ley 24.051 Dec. 831/93

Instrumental utilizado:

Espectrofotómetro UV-V Shimatzu (LEA-E-115)

Conductivímetro Thermo scientific ORION Star A212 (LEA-E-32).

pH metro ADWA AD1000 (LEA-E-31).

Turbidímetro HACH 2100Q (LEA-E-03).

Material de vidrio calibrado y verificado.

Espectrofotómetro de Absorción Atómica SHIMADZU AA-7000

Digestor microondas, Marca: CEM Modelo: MARS6 con sonda de temperatura MTS-300 y sensor de presión ESP-1500

Balanza analítica calibrada, Marca Shimadzu, Modelo AUW 220D.

Estufa de secado con control de temperatura Tecnodalvo, Modelo TDE/30

Incubadora Peet Lab Instrumentalia Mod. DHP- 9082 A (LEA -E-45)

Termómetro calibrado Rango de T: -50 a 150 °C (LEA -E-87)

Electrodo de ion selectivo para Fluoruro Thermo scientific Orion 9609BNWP

LEA-RPG-8.11/01

rev.: 08

Fecha: 21-08-18

Página 13 de 14

Prohibida su reproducción total o parcial sin la autorización del Laboratorio de Estudios Ambientales

Todos los Informes de Ensayo anexados se encuentran autorizados para su publicación por el Ing. Tomas M. Avetta, Director General del Laboratorio de Estudios Ambientales de la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional San Nicolás.

“Las opiniones expresadas por los autores de esta Tesina no representan necesariamente los criterios de la Carrera de Licenciatura en Bromatología de la Facultad de Ciencias Médicas de la Universidad de Concepción del Uruguay”.