



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL  
FACULTAD REGIONAL MAR DEL PLATA  
REPOSITORIO INSTITUCIONAL

**Título:** Estudio de aptitud ambiental mediante índices de calidad en los arroyos Las Brusquitas, La Totorá, La Carolina y El Durazno ubicados en el partido de General Alvarado.

**Autores:** Maggiore, Marina Alejandra; Campins, Macarena.

**Año 2021**

# ARROYOS MIRANDO AL SUDESTE

LOS CURSOS DE AGUA DEL  
SUDESTE BONAERENSE DESDE UNA  
PERSPECTIVA MULTIDISCIPLINAR

S.G. De Marco y J.E. Marcovecchio (eds.)

**ARROYOS MIRANDO AL SUDESTE**  
**LOS CURSOS DE AGUA DEL SUDESTE**  
**BONAERENSE DESDE UNA PERSPECTIVA**  
**MULTIDISCIPLINAR**

S.G. de Marco y J.E. Marcovecchio (eds)

**AUTORES:**

Barral, M. Paula  
Bazterrica, María Cielo  
Bó, María Juliana  
Camino, Mariana  
Campins, Macarena  
Cionchi, José Luis  
De Marco, Silvia G.  
Di Bona, Analía  
Finocchietti, Cecilia  
Gómez, Nora  
Hidalgo, Fernando J  
Lacerda, Luiz Drude  
López, Marcela  
Maggiore, Marina Alejandra

Mantecón, Cecilia L.  
Marcovecchio, Jorge E.  
Marins Valente, Rozane  
Markert, Bernd  
Oronoz, Sofía  
Piccolo, María Cintia  
Pozzobon, María Virginia  
Prado, Iván  
Rezende, Carlos Eduardo  
Sabuda, Fernando  
Serra, Analía  
Sirirmarco, M. Ximena  
Sollazzo, Mariano S.  
Wünschmann, Simone

Arroyos mirando al sudeste : los cursos de agua del sudeste bonaerense desde una perspectiva multidisciplinar / María Paula Barral... [et al.]. - 1a ed. - Mar del Plata : Universidad FASTA, 2021.

Libro digital, PDF

Archivo Digital: descarga

ISBN 978-987-1312-98-6

1. Aguas Fluviales. 2. Ecosistemas. 3. Microbiología. I. Barral, María Paula.

CDD 577.64

**Esta publicación es propiedad Universidad FASTA**

**ISBN 978-987-1312-98-6**

**Primera edición, Mar del Plata, Buenos Aires**

**Copyright © by Universidad FASTA**

Toda la correspondencia referida a esta publicación debe dirigirse a:

Universidad FASTA – Facultad de Ingeniería

Gascón 3145 – Segundo piso (7600)

Mar del Plata, Buenos Aires – Argentina

E-Mail: [ingenieria@ufasta.edu.ar](mailto:ingenieria@ufasta.edu.ar)

Sitio web: [www.ufasta.edu.ar/ingenieria](http://www.ufasta.edu.ar/ingenieria)

Todos los derechos reservados. Ninguna parte de esta obra puede ser reproducida o transmitida en cualquier forma o por cualquier medio electrónico o mecánico, incluyendo fotocopiado, grabación o cualquier otro sistema de archivo y recuperación de información, sin el previo permiso de sus autores.

## CONTENIDO

Índice	i
Prólogo	iii
Palabras de los editores	vi
Intimidades de este libro	viii
Agradecimientos	xi
Presentación de la obra	xiii
Dedicatoria	xiv
<i>In memoriam</i> Adriana López de Armentia	xvi
Listado de autores	xvii
<b>Capítulo 1. EL SUDESTE BONERENSE</b>	1
<i>M.C. Bazterrica, A.V. Di Bona, F.J. Hidalgo, J.E. Marcovecchio, M.V. Pozzobon, I. Prado, S.G. De Marco</i>	
<b>Capítulo 2. LOS SISTEMAS FLUVIALES:UNA MIRADA SOBRE LOS CONCEPTOS Y LAS TEORÍAS ECOLÓGICAS</b>	21
<i>M.V. Pozzobon</i>	
<b>Capítulo 3. GEOMORFOLOGIA DEL SUDESTE DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES</b>	39
<i>J.L. Cionchi</i>	
<b>Capítulo 4. LA DINÁMICA BIOGEOQUÍMICA DE ARROYOS COMO UNA HERRAMIENTA DE EVALUACIÓN DE SU CALIDAD AMBIENTAL.</b>	54
<i>J.E. Marcovecchio, S.G. De Marco, M.P. Barral, M.J.Bó, A.V. Serra, J.L. Cionchi</i>	
<b>Capítulo 5. EL ROL DE LOS ARROYOS EN LOS PROCESOS DE TRANSPORTE CONTINENTE-OCÉANO.</b>	93
<i>J.E. Marcovecchio, S.G. De Marco, M.P. Barral, A.V. Serra, L.D. de Lacerda, R. Marins Valente, C.E. Rezende</i>	
<b>Capítulo 6. ARROYOS, AMBIENTES RIBEREÑOS Y SUS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS.</b>	131
<i>M.P. Barral, S. Oronoz, M.X. Sirimarco, C. Finocchietti, S.G. De Marco</i>	

<b>Capítulo 7. EL USO DE BIOINDICADORES Y BIOMONITORES COMO EVALUADORES AMBIENTALES EN ARROYOS: DEFINICIONES, ESTRATEGIAS Y APLICACIONES.</b>	145
<i>B. Markert, S. Wünschmann, S.G. De Marco, N. Gómez, M.P. Barral, J.E. Marcovecchio</i>	
<b>Capítulo 8. UTILIZACIÓN DE LOS MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS COMO INDICADORES DE LA CALIDAD DEL AGUA EN UN ARROYO TRIBUTARIO DE LA LAGUNA MAR CHIQUITA.</b>	175
<i>S.B. Román, I.I. César, S.G. De Marco</i>	
<b>Capítulo 9. ESTUDIO DE APTITUD AMBIENTAL MEDIANTE ÍNDICES DE CALIDAD EN LOS ARROYOS LAS BRUSQUITAS, LA TOTORA, LA CAROLINA Y EL DURAZNO UBICADOS EN EL PARTIDO DE GENERAL ALVARADO.</b>	235
<i>M.A. Maggiore, M. Campins</i>	
<b>Capítulo 10. LAS PERTURBACIONES Y LA RECUPERACIÓN ECOLÓGICA DE LOS ARROYOS PAMPEANOS</b>	273
<i>María Virginia Pozzobon</i>	
<b>Capítulo 11. LOS ARROYOS COMO INDICADORES REGIONALES DE ALGUNOS EFECTOS DE LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA</b>	303
<i>A.V. Di Bona, S.G. De Marco, M.C. Piccolo, J.E. Marcovecchio</i>	
<b>Capítulo 12. URBANIZACIÓN DE HUMEDALES Y PAISAJES HÍDRICOS EN CONFLICTO. EL CASO DE LAS CUENCAS DE LOS ARROYOS CORRIENTES Y LOBERÍA, PARTIDO DE GENERAL PUEYRREDON</b>	330
<i>A.V. Di Bona, S.G. De Marco, M. López, M.C. Piccolo</i>	
<b>Capítulo 13. PERCEPCIÓN SOCIAL DEL RIESGO DE INUNDACIONES EN LA CIUDAD DE MIRAMAR</b>	376
<i>F. Sabuda, C. Finocchietti, M.J. Bó, M.A. Camino</i>	
<b>Capítulo 14. LA PROTECCIÓN LEGAL DE LOS ARROYOS. MARCO JURÍDICO</b>	417
<i>M.S. Sollazzo, C.L. Mantecón</i>	

## **ESTUDIO DE APTITUD AMBIENTAL MEDIANTE ÍNDICES DE CALIDAD EN LOS ARROYOS LAS BRUSQUITAS, LA TOTORA, LA CAROLINA Y EL DURAZNO UBICADOS EN EL PARTIDO DE GENERAL ALVARADO**

*Marina Alejandra Maggiore y Macarena Campins*

### **RESUMEN**

Las fuentes de agua superficiales son eje de desarrollo de los seres humanos que permiten el abastecimiento para las diferentes actividades socioeconómicas llevadas a cabo en los asentamientos poblacionales; no obstante, de forma paradójica muchas de estas actividades causan alteración y deterioro de las mismas. Actividades como la agricultura, la ganadería, la industria y la urbanización suelen modificar las características físicas, químicas y biológicas de arroyos y ríos y sus riberas. Entre los principales procesos que afectan a los ecosistemas acuáticos se incluyen el enriquecimiento de nutrientes, la contaminación hídrica, las alteraciones hidrológicas y la modificación de la vegetación ribereña.

El objetivo del estudio fue evaluar, mediante la aplicación del Índice de Calidad Ambiental (ICA) de la National Sanitation Foundation (NSF) de Estados Unidos, la calidad ambiental de los arroyos Las Brusquitas, La Totorá, La Carolina y El Durazno (partido de General Alvarado) entre julio 2016 y junio 2017. Asimismo, mediante la aplicación de este índice se estimó la contaminación ambiental y el riesgo sanitario en los respectivos arroyos.

Desde el aspecto microbiológico, los cuatro arroyos presentaron valores similares. Si bien estos no son relevantes en la mayoría de los muestreos, los recuentos de Coliformes Fecales, *E. coli* y Enterococos fecales fueron superiores a los valores guía de la Resolución 42/06 de la Autoridad del Agua de la Provincia de Buenos Aires (ADA).

Los valores del ICA NSF indican que la calidad ambiental del agua de los arroyos es de regular a mala. Se observó que los ICA disminuyeron a medida que avanzó su recorrido hacia el mar, revelando que su deterioro se pudo ver afectado por las diversas actividades socioeconómicas que se llevan a cabo en las cuencas.

Los resultados de este estudio proporcionan las bases científicas para la elaboración de propuestas de regeneración y conservación de las reservas de agua de la zona analizada. De esta forma, podrían llevarse a cabo, entre otras, prácticas agrícolas más optimizadas y al mismo tiempo una gestión sostenible de los recursos hídricos.

## **PALABRAS CLAVE**

*Microbiología – Índices de calidad ambiental – Arroyos de Gral. Alvarado*

## **INTRODUCCIÓN**

Las fuentes de agua superficial son un eje fundamental en el desarrollo de los seres humanos, que permiten el abastecimiento para las diferentes actividades socioeconómicas llevadas a cabo en la sociedad; no obstante, de forma paradójica muchas de estas actividades causan alteración y deterioro de las mismas (ONU, 1992).

Actividades como la agricultura, la ganadería, la industria y la urbanización suelen modificar las características físicas, químicas y biológicas de arroyos y ríos y sus riberas (Seeboonruang, 2012). Entre los principales procesos que afectan a los ecosistemas acuáticos se incluyen el enriquecimiento de nutrientes, la contaminación hídrica, las alteraciones hidrológicas y la modificación de la vegetación ribereña (Allan, 2004).

Las condiciones de flujo o la calidad del agua no son sólo indicadores del estado de los sistemas fluviales, sino también de los ecosistemas terrestres adyacentes (Zhou *et al.*, 2012). Aunque la industrialización es un elemento esencial del crecimiento económico en los países en desarrollo, la actividad industrial puede tener también consecuencias negativas sobre la salud ambiental como resultado de la liberación de contaminantes en el aire y el agua y de la eliminación de residuos peligrosos. Es algo que sucede con frecuencia en los países en desarrollo, donde se presta menos atención a la protección del ambiente, las normas ambientales suelen ser inadecuadas o no se aplican eficazmente y las técnicas de lucha contra la contaminación aún no están plenamente desarrolladas (Elordi *et al.*, 2016).

El concepto de calidad de aguas está íntimamente relacionado con los usos a los que se destina un recurso hídrico, de manera que distintos usos admiten distintas calidades de aguas. Particularmente, los niveles de referencia para la protección de la vida acuática definidos legalmente en cada país, tienen un alcance limitado, ya que las características naturales propias de las aguas



continentales son muy variables, tanto espacial como temporalmente, y muchas de las formas de vida que sustentan se encuentran adaptadas a éstas. Una forma de resolver este problema consiste en el desarrollo de Índices de Calidad de Aguas (ICAs) adaptados a las características locales o regionales de los cuerpos de agua (Basílico *et al.*, 2015).

Los índices de calidad del agua (ICAs) surgen como una herramienta simple para la evaluación del recurso hídrico fundamental en procesos decisorios de políticas públicas y en el seguimiento de sus impactos (Torres *et al.*, 2009). Estos consisten básicamente en una expresión simple de una combinación más o menos compleja de un número de parámetros, los cuales sirven como una medida de la calidad ambiental del agua. El índice puede ser representado por un número, un rango, una descripción verbal, un símbolo o un color. Su ventaja radica en que la información puede ser más fácilmente interpretada que una lista de valores numéricos. Consecuentemente, un índice de calidad de agua es una herramienta comunicativa para transmitir información. Los usuarios de esta información pueden estar estrechamente relacionados, como: biólogos, ingenieros sanitarios y ambientales, administradores de recursos hídricos; o en su defecto personas apenas familiarizadas con la temática, como el caso de usuarios, abogados y público en general; sin embargo, unos y otros podrán rápidamente tener una idea clara de la situación que expresa el índice como contaminación excesiva, media o inexistente, entre otras, de fácil comprensión y abstracción (Campins, 2016).

El índice de la Fundación Nacional de Saneamiento (NSF) fue desarrollado en Estados Unidos en 1970 por medio de la técnica de investigación Delphi. Tiene la característica de ser un índice multiparámetro, que incluye: oxígeno disuelto, coliformes fecales, pH, DBO<sub>5</sub>, nitratos, fosfatos, desviación de la temperatura, turbidez y sólidos totales. El resultado final es interpretado de acuerdo a una escala de clasificación, en donde cada rango está representado por un color. Esta escala de clasificación se organiza de la siguiente manera: a) Excelente (rango 91 a 100) con el color azul, b) Buena (rango 71 a 90) color verde, c) Media (rango 51 a 70) color amarillo, d) Mala

(rango 26 a 50) color anaranjado y, e) Muy mala (rango 0 a 25) de color rojo (Campins, 2016).

Desde el punto de vista microbiológico, la enumeración de bacterias indicadoras de contaminación fecal generalmente son utilizadas para evaluar la calidad sanitaria de los recursos del ambiente, así como también la calidad de los alimentos, sedimentos y aguas destinadas al consumo humano, la agricultura, la industria y la recreación. No existe un indicador universal, por lo que se debe seleccionar el más apropiado para la situación específica en estudio (Bachoon *et al.*, 2010; Luby *et al.*, 2008).

Los microorganismos indicadores son aquellos que tienen un comportamiento similar a los patógenos en cuanto a concentración en las aguas y reacción frente a factores ambientales, pero son más fáciles, rápidos y económicos de identificar (Méndez *et al.*, 2010). Una vez que se ha demostrado la presencia de estos grupos indicadores, se puede inferir qué microorganismos patógenos se encuentran presentes (Del Pilar *et al.*, 2005; Ávila de Navia y Estupiñan, 2009).

Los indicadores de contaminación fecal más utilizados son los coliformes totales y termotolerantes, *Escherichia coli* y enterococos (Rossen *et al.*, 2008). El grupo de microorganismos coliformes es adecuado como indicador de contaminación fecal debido a que estos forman parte de la microbiota normal del tracto gastrointestinal, tanto del ser humano como de los animales homeotermos y están presentes en grandes cantidades en él. Los microorganismos coliformes constituyen un grupo heterogéneo de amplia diversidad en términos de género y especie. Todos los coliformes pertenecen a la familia *Enterobacteriaceae* (Santiago Rodríguez *et al.*, 2012; Delgado *et al.*, 2008).

Los coliformes totales se definen como bacterias Gram negativas de forma bacilar que fermentan la lactosa a temperatura de 35 a 37 °C y producen ácido y gas (CO<sub>2</sub>) en 24 h, aerobias o anaerobias facultativas, son oxidasa negativa, no forman esporas y presentan actividad enzimática β-galactosidasa.

Entre ellas se encuentran *Escherichia coli*, *Citrobacter*, *Enterobacter* y *Klebsiella* (Carrillo y Lozano, 2008; Larrea Murrell *et al.*, 2013).

Los coliformes termotolerantes (CTt), denominados así porque soportan temperaturas hasta de 45°C, comprenden un número muy reducido de microorganismos, los cuales son indicadores de calidad por su origen. En su mayoría están representados por *E. coli*, pero se pueden encontrar de forma menos frecuente las especies *Citrobacter freundii* y *Klebsiella pneumoniae*. Estas últimas forman parte de los coliformes termotolerantes, pero su origen normalmente es ambiental (fuentes de agua, vegetación y suelos) y sólo ocasionalmente forman parte de la microbiota normal (Santiago Rodríguez *et al.*, 2012; Badgley *et al.*, 2011). Por ello, algunos autores plantean que el término de coliformes fecales, comúnmente utilizado, debe ser sustituido por coliformes termotolerantes (Chiroles *et al.*, 2007; Narváez *et al.*, 2008; Larrea Murrell *et al.*, 2013).

Los enterococos pueden estar presentes en suelo, alimentos, agua, plantas, animales, incluidos insectos (Köhler, 2007) y suelen considerarse buenos indicadores de contaminación fecal debido a que son muy resistentes a condiciones adversas como la congelación y la desecación (Díaz *et al.*, 2010; Yamahara *et al.*, 2009). El uso de *Enterococcus* como un indicador de contaminación fecal de aguas con fines recreativos fue recomendado por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (USEPA, de las siglas en inglés) en 1986 (Díaz *et al.*, 2008).

El objetivo principal del estudio fue evaluar las variables físico-químicas y microbiológicas de los cuerpos de agua que constituyen la cuenca hídrica del partido de General Alvarado, a partir de la aplicación de índices de calidad ambiental y/o de contaminación. Los objetivos particulares fueron: **a)** Identificar y seleccionar los sitios de muestreo de los arroyos respecto a la heterogeneidad de los ambientes que atraviesan en su recorrido antes de desembocar en el litoral marino costero, **b)** Analizar en forma periódica determinadas variables físico-químicas y microbiológicas en los sitios de muestreo a lo largo de un año, **c)** Obtener, a través de la aplicación de un índice de calidad y/o contaminación, información precisa y fiable del ambiente

acuático que requieren los usuarios no expertos o los tomadores de decisiones, dado que los indicadores son una importante herramienta en la comunicación de la información científica y técnica.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Área de estudio**

El SE de la provincia de Buenos Aires es uno de sus sectores más relevantes en términos turísticos y productivos. El estado y la calidad ambiental de los ríos y arroyos de la zona ha cambiado en los últimos 150 años, desde la incorporación de la agricultura extensiva e intensiva, que sucedió a la época de la ganadería extractiva de fines del siglo XIX y del emplazamiento de escenarios urbanos de distinta escala y complejidad que intervinieron los cursos de distinto modo y con diferente intensidad (del Río *et al.*, 2017).

Se estudiaron cuatro arroyos ubicados en el mencionado partido: Las Brusquitas, El Durazno, La Totorá y La Carolina, en el Partido de General Alvarado, ubicado sobre el litoral atlántico, en el sudeste de la Provincia de Buenos Aires. La ciudad de cabecera del partido es Miramar, emplazada entre las cuencas de los arroyos El Durazno (el cual se encuentra en el sector central y atraviesa la planta urbana en su tramo inferior y desembocadura), La Totorá y Las Brusquitas, situados en la porción nororiental del partido siendo este último arroyo el límite administrativo con el Partido de General Pueyrredón (Martín *et al.*, 2009.) La ciudad de Miramar se fundó sobre las márgenes del arroyo El Durazno. Las principales actividades económicas se centran en la explotación agrícola-ganadera y el turismo de sol y playa durante el verano (del Río *et al.*, 2017).

Dichos arroyos se encuentran en las ciudades de Miramar y Mar del Sur (o Sud), la primera de las cuales es cabecera del partido. Miramar se encuentra ubicada sobre el litoral atlántico, emplazada entre las cuencas de los arroyos El Durazno, La Totorá y Las Brusquitas, situadas en la porción nororiental del partido de General Alvarado. Este último arroyo es el límite administrativo con

el Partido de General Pueyrredon (Martín y García, 2009). La ciudad de Miramar se fundó sobre las márgenes del arroyo El Durazno, Mar del Sur se encuentra atravesado por los arroyos La Tigra y La Carolina. Las principales actividades económicas se centran en la explotación agrícola-ganadera y el turismo de sol y playa durante el verano (del Río *et al.*, 2017).

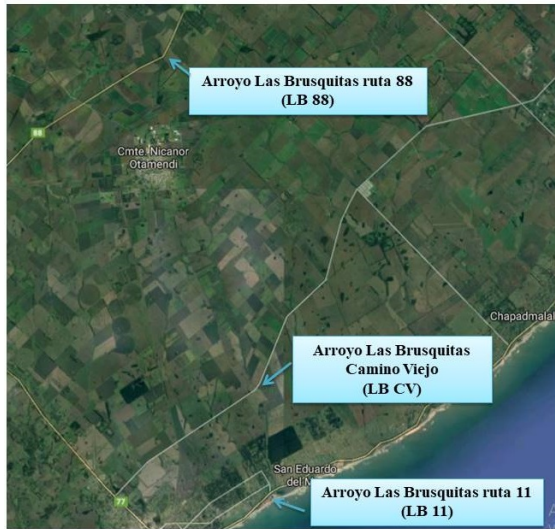
Las cuencas El Durazno y La Totorá concentran parte del sistema rural del Partido de General Alvarado, así como también la principal área urbana y periurbana del partido, localizadas en la cuenca del arroyo El Durazno (Cohen *et al.*, 2015).

Desde el punto de vista hidrológico, el sistema de Tandilia define claramente dos vertientes que drenan una hacia el noreste y la otra hacia el sudeste, esta última contiene las cuencas objeto de estudio. Los arroyos son alimentados a partir de las precipitaciones producidas tanto en las zonas de sierras como de llanura, con un régimen que se corresponde al periodo pluvial estival. Desde fines de octubre hasta fines de febrero, el caudal de los arroyos aumenta como consecuencia de las precipitaciones propias de la estación. Sumado a ello, por ser del tipo efluentes o ganadores, se produce un aumento del caudal a lo largo del cauce por el aporte de agua desde la escorrentía subterránea. El curso principal de las cuencas es de carácter permanente, mientras que gran parte de sus afluentes son de carácter temporario (Cohen *et al.*, 2015).

### **Puntos de muestreo**

Se realizaron muestreos periódicos de los arroyos durante el período comprendido entre julio de 2016 y junio de 2017, con el fin de evaluar las cuatro estaciones climáticas. Cada sitio de muestreo fue seleccionado de acuerdo a los recorridos de los arroyos y en especial, los puntos que podrían ser los más susceptibles de contaminación, como posibles descargas de pluviales y/o cloacales, cercanía a zonas agrícolas, ejidos urbanos, etc. En cada sitio (**Figuras 9-1, 9-2, 9-3 y 9-4**) las muestras fueron recolectadas utilizando botellas de plástico de 2 litros y botellas de vidrio color caramelo de un litro para los análisis físico-químicos y botellas esterilizadas de 250 ml con

tapa a rosca para las determinaciones microbiológicas. Éstas fueron transportadas refrigeradas en un lapso no mayor de 4 horas al Laboratorio de Análisis Industriales de la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Mar del Plata y comenzaron a ser analizadas el mismo día. El muestreo, el transporte y conservación de las muestras se realizó según Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (AWWA, APHA, WEF, 2012).



**Figura 9-1.** Puntos de muestreo en el Arroyo Las Brusquitas. (Foto extraída de Google Maps)



**Figura 9-2.** Puntos de muestreo en el Arroyo El Durazno. (Foto extraída de Google Maps)



**Figura 9-3.** Puntos de muestreo en el Arroyo La Tatora. (Foto extraída de Google Maps)



**Figura 9-4.** Puntos de muestreo en el Arroyo La Carolina. (Foto extraída de Google Maps)

Los puntos de muestreo fueron abreviados de la siguiente manera:

- **LB 88:** Arroyo Las Brusquitas en su intersección con la ruta N° 88.
- **LB CV:** Arroyo Las Brusquitas en su intersección con el camino viejo a Miramar.
- **LB 11:** Arroyo Las Brusquitas en su intersección con la ruta N° 11.
- **ED CV:** Arroyo El Durazno en su intersección con el camino viejo a Miramar.
- **ED 11:** Arroyo El Durazno en su intersección con la ruta N° 11.
- **LT 77:** Arroyo La Totorá en su intersección con la ruta N° 77.
- **LT 11:** Arroyo La Totorá en su intersección con la ruta N° 11 (próximo a su desembocadura).
- **LC 11:** Arroyo La Carolina en su intersección con la ruta N° 11.
- **LC D:** Arroyo La Carolina en su desembocadura

## ICA TEST

En la **Tabla 9-1** se presentan los parámetros que fueron monitoreados en cada muestreo para ser empleados en el ICA test y la metodología utilizada para su determinación.

**Tabla 9-1.** Metodología utilizada para la determinación de cada parámetro (AWWA, APHA, WEF, 2012). Subrayados se destacan los utilizados en el cálculo del ICA.

Analito	Método
pH	Electrodo de vidrio. SM 4500 H <sup>+</sup> B
<u>DBO<sub>5</sub></u>	Incubación 5 días. SM 5210 B
Fósforo total	Colorimétrico (ácido ascórbico). SM 4500-P E
<u>Sólidos totales (ST)</u>	Secado a 103-105°C. SM 2540 B
Color	Comparación visual con patrón. SM 2120 B
Oxígeno Disuelto (OD)	Electrodo de membrana. Hanna HI 9142
Conductividad (CE)	Equipo Hach Sension5 P/N 5180000
<u>Nitratos</u>	Espectrofotometría UV. SM 4500-NO <sub>3</sub> -B
<u>Turbidez</u>	Nefelométrico. SM 2130 B
<u>Coliformes fecales</u>	Tubos múltiples. SM 9221

## Cálculo del índice de calidad NSF

Este índice contempla parámetros fisicoquímicos y microbiológicos: pH, turbidez, DBO<sub>5</sub>, OD como % saturación, cambio de temperatura, nitratos, sólidos totales, fosfatos totales y coliformes fecales. A cada una de dichas

variables se le asigna un factor de ponderación y un factor de escala o valor Q; éste último depende de la magnitud de la variable, es independiente de las restantes y se estima de acuerdo a los diagramas construidos para cada variable que permiten llevarlas a una misma escala antes de ser agregadas en un solo valor. Finalmente, el cálculo del índice se basa en una suma lineal ponderada que, para el presente trabajo, se calculó utilizando el programa ICA test v 1.0 de acuerdo con Fernández *et al.* (2004).

Los seis parámetros subrayados en la **Tabla 9-1** fueron los empleados para el cálculo del ICA NSF utilizando ICA test v 1.0. Según Fernández Parada y Solano (2005) si faltaran algunas de las variables, como ocurre en esta ocasión, el índice puede ser recalculado por la distribución de sus pesos entre las demás variables. El resultado final, un número entre 0 y 100, es interpretado de acuerdo a la escala de clasificación que se detalló anteriormente (**Tabla 9-2**):

**Tabla 9-2.** Rangos de calidad y colores para el ICA-NSF

Calidad	Rango	Color
<b>Excelente</b>	91 a 100	
<b>Buena</b>	71 a 90	
<b>Regular</b>	51 a 70	
<b>Mala</b>	26 a 50	
<b>Muy Mala</b>	0 a 25	

## ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

### Métodos de análisis y bacterias utilizadas:

Los parámetros microbiológicos analizados fueron: Coliformes Totales (CT), Coliformes Fecales o Termotolerantes (CF), Enterococos Fecales (EF) y *E. coli*.

Los procedimientos de análisis se detallan a continuación:

- Coliformes: para la cuantificación de bacterias coliformes totales y fecales se aplicó el método de Tubos múltiples (NMP) (AWWA, APHA, WEF,



2012). De esta forma, 10 ml de la muestra madre fueron inoculados en una serie de 5 tubos que contenían caldo Laurilsulfatotriptosa (Biokar Diagnostic, Francia) a doble concentración con la campanita de Durham en posición invertida. Las distintas diluciones fueron inoculadas en series de 5 tubos que contenían 10 ml de caldo Laurilsulfatotriptosa (Biokar Diagnostic, Francia) simple concentración con campanita de Durham. Todos los tubos se incubaron a 35°C por un lapso de 48 h. Transcurrido el periodo de incubación, se consideró positiva aquella muestra que presentó turbidez y producción de gas en el interior de la campana de Durham. Para la cuantificación de coliformes totales, las muestras positivas fueron repicadas en caldo bilis verde brillante (Biokar Diagnostic, Francia) a 35°C por 48 h. Transcurrido el periodo de incubación, las muestras positivas (turbidez y producción de gas) fueron repicadas en caldo EC (Biokar Diagnostic, Francia) a 44,5°C por 24 h, cuantificando de esta forma el NMP de coliformes fecales según AWWA, APHA WEF (2012).

- *Escherichia coli*: de la prueba confirmativa en caldo EC se tomaron inóculos de los tubos positivos los cuales fueron repicados en caldo triptofano (Biokar Diagnostic, Francia). Los mismos se incubaron a 44.5°C por 24 h. Transcurrido el periodo de incubación, los tubos fueron sometidos a una identificación presuntiva, mediante la prueba bioquímica de producción de indol. Para la confirmación se clonaron en agar tripteina soya (Biokar Diagnostic, Francia) y se les realizó las pruebas de rojo de metilo (RM), Voges Proskauer (VP), metabolización de citrato (C), conocidos como IMViC, y el TSI, según AWWA, APHA, WEF (2012) y Mac Faddin (2003).

- Enterococos fecales: para la cuantificación de enterococos fecales se aplicó el método de Tubos múltiples (NMP) (AWWA, APHA, WEF, 2012). De esta forma, 10 ml de la muestra madre fueron inoculados en una serie de 5 tubos que contenían caldo Azida Dextrosa (Biokar Diagnostic, Francia) a doble concentración. Las distintas diluciones fueron inoculadas en series de 5 tubos que contenían 10 ml simple concentración del caldo Azida dextrosa. Todos los tubos fueron incubados a 35°C por un lapso de 48 h. Transcurrido el periodo de incubación, se consideró positiva aquella muestra que presentó turbidez y

sedimentación de color blanca. Para la confirmación de Enterococos fecales, las muestras positivas fueron repicadas en caldo EthylVioletAzide - EVA (Biokar Diagnostic, Francia) a 35°C por 48 h. Posteriormente al periodo de incubación, a aquellas muestras positivas, que presentaron precipitación de color violeta, se les realizó la observación al microscopio binocular Arcano XSZ 100 BN con el objetivo de inmersión según AWWA, APHA, WEF (2012).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

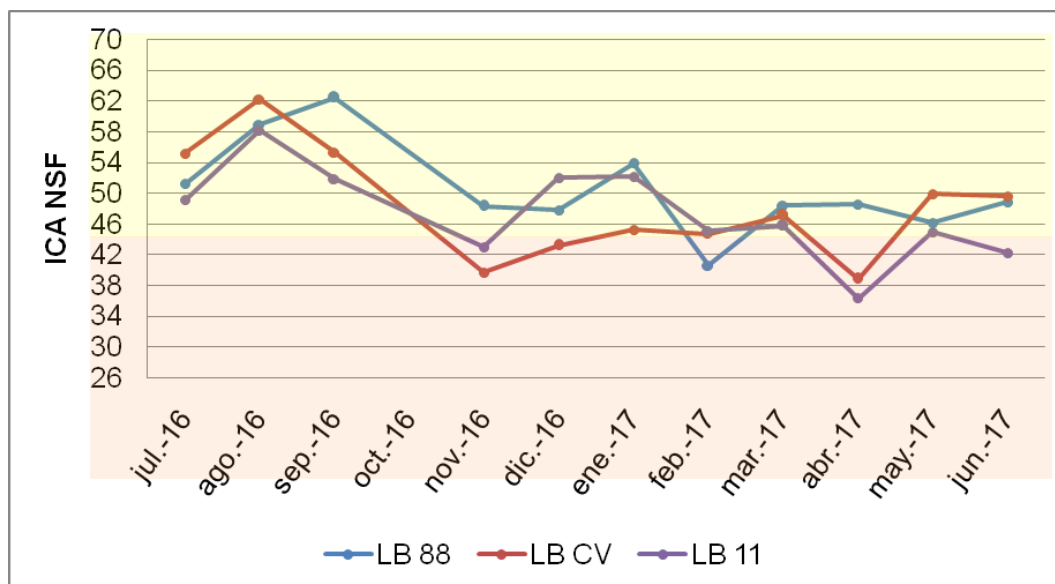
### 1. ICA test

#### Arroyo Las Brusquitas

En la **Figura 9-5** pueden observarse los resultados de los ICA obtenidos para cada muestreo en el arroyo Las Brusquitas. Para facilitar la interpretación de los resultados se diseñaron los gráficos dividiendo con colores el fondo de los mismos para indicar la calidad ambiental de cada punto de muestreo de acuerdo a la **Tabla 9-2**.

De los 33 sitios muestreados, 13 resultaron de calidad regular, situándose en la zona de color amarillo del gráfico donde los valores del ICA son mayores a 50. El resto de los muestreos presentaron aguas de mala calidad, ya que los valores del ICA resultaron estar comprendidos entre 26 y 50 (zona anaranjada del gráfico).

En el cálculo del ICA, las magnitudes del valor Q de los nitratos, sólidos totales y coliformes fecales fueron los que más relevancia tuvieron en la obtención de valores bajos de dicho índice.



**Figura 9-5.** ICA NSF para cada punto de muestreo del arroyo Las Brusquitas

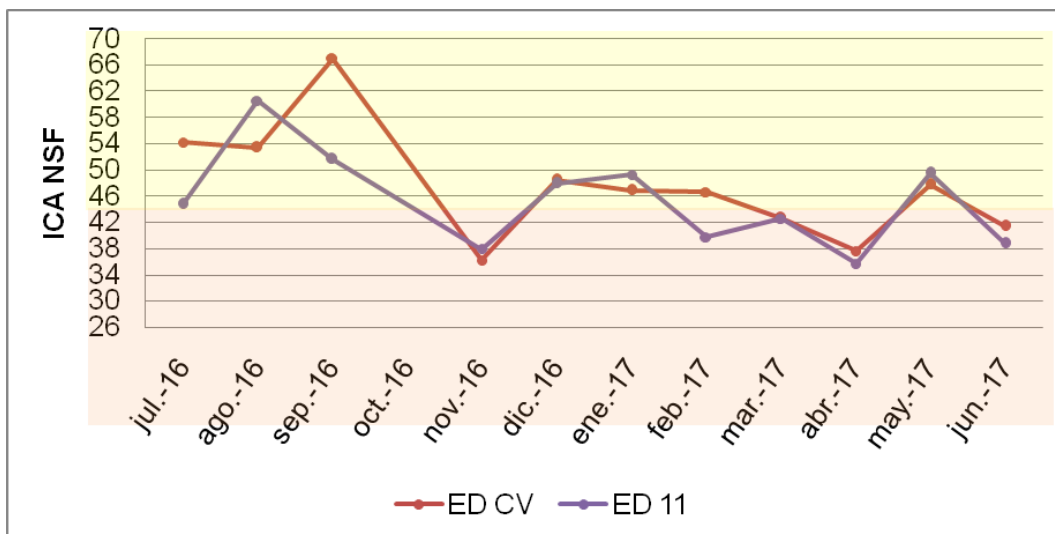
En el muestreo de abril del 2017 se obtuvo el valor más bajo del ICA para el arroyo Las Brusquitas en su intersección con la Ruta 11. En dicho mes se registró la mayor precipitación del periodo de muestreo (228 mm de acuerdo al registro pluviométrico de Miramar brindado por Chacra Experimental Miramar-Ministerio de Agroindustria de la Prov. de Bs. As.). Por lo tanto, la peor calidad del agua superficial puede atribuirse al efecto de la escorrentía superficial, que denota mayor impacto que el de dilución.

### Arroyo El Durazno

Como puede verse en la **Figura 9-6**, sólo 5 (cinco) de los 22 sitios de muestreo analizados para el arroyo resultaron ser de regular calidad ambiental. En comparación con el arroyo Las Brusquitas, el arroyo El Durazno presentó mayor cantidad de sitios de mala calidad, lo que puede deberse a que el mismo bordea la ciudad de Miramar.

Se puede destacar que los muestreos de noviembre del 2016 y de abril del 2017 fueron los de peor calidad ambiental. El de noviembre se puede atribuir a los elevados valores de sólidos totales y de coliformes fecales; los de éste último fueron los más altos de todos los muestreos realizados. En cambio,

en el contexto del muestreo de abril se debe tener en cuenta el efecto de la escorrentía superficial debido a las recurrentes lluvias de dicho periodo.

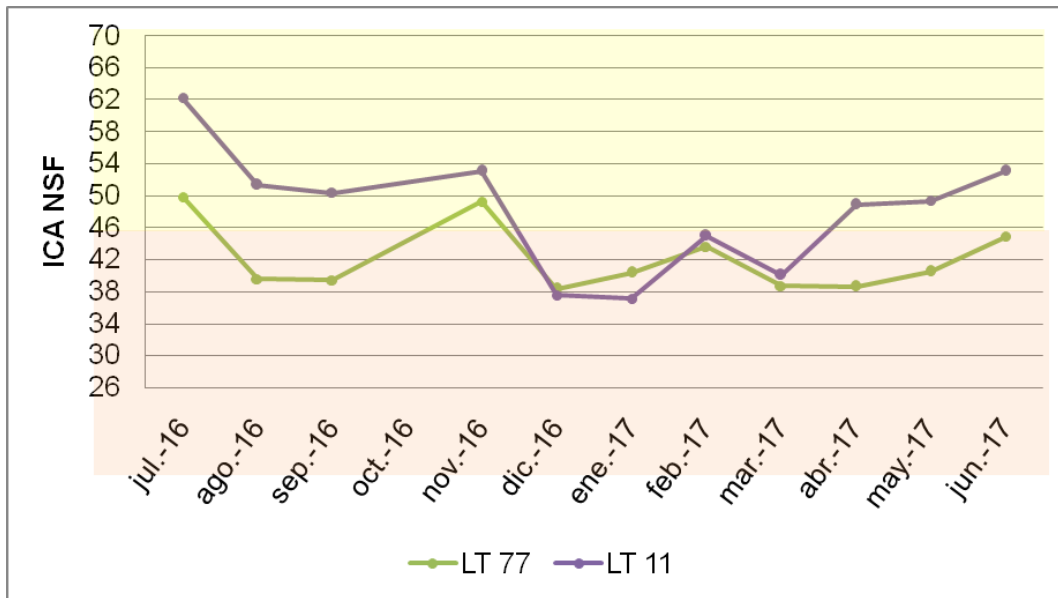


**Figura 9-6.** ICA NSF para cada punto de muestreo del arroyo El Durazno

### Arroyo La Totorá

Para este arroyo se determinó que la calidad del agua es mala en la mayoría de los sitios de muestreo. Es posible visualizarlo en la **Figura 9-7** debido a que los puntos se encuentran sobre la zona anaranjada donde el ICA tiene valores entre 26 y 50.

Particularmente para este arroyo, todos los muestreos que se realizaron en su intersección con la Ruta 77 resultaron ser de mala calidad ambiental. Esto puede deberse a que en la zona de estudio el arroyo se encuentra completamente emplazado en parte del sistema rural del Partido de Gral. Alvarado. Así, puede atribuirse como la principal causante del deterioro del recurso hídrico a la actividad agrícola.

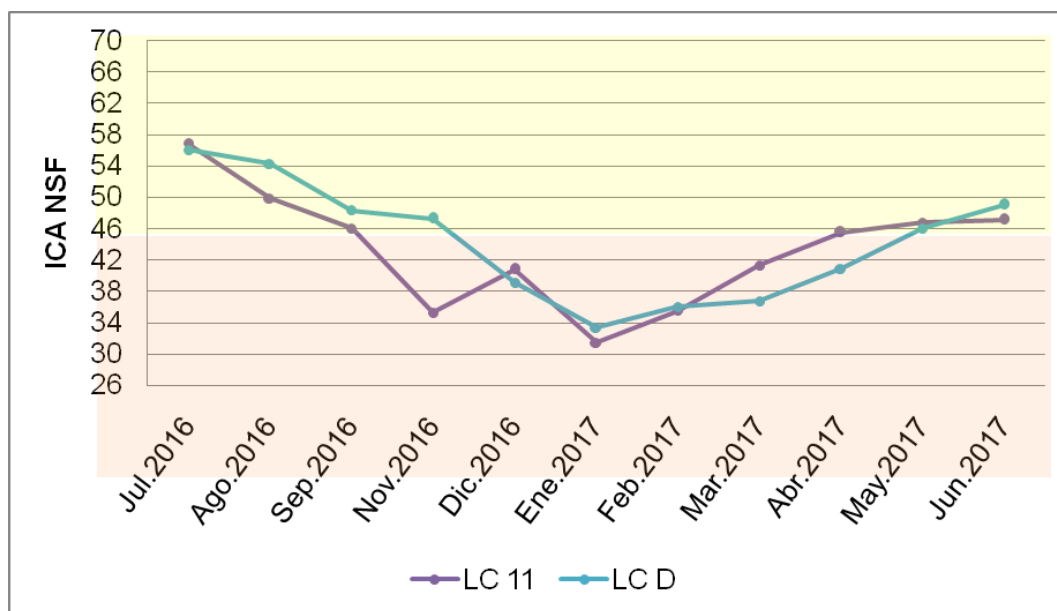


**Figura 9-7.** ICA NSF para cada punto de muestreo en el Arroyo La Totorá

Los parámetros que mayor influencia tuvieron en el cálculo del índice para obtener dicha clasificación fueron: la turbidez, los sólidos totales y el recuento de coliformes fecales.

### Arroyo La Carolina

De los arroyos estudiados, el arroyo La Carolina fue el que peor condición ambiental presentó ya que el 86% de las muestras resultaron de mala calidad ambiental al dar valores del ICA entre 31 y 50. Sólo 3 (tres) sitios de los dos primeros muestreos, correspondientes a julio y agosto de 2016, resultaron tener ICAs superiores a 50 (calidad regular). De todos modos, como puede observarse en la **Figura 9-8**, dichos valores no resultaron tan superiores al límite ya que fueron: 57 (LC 11 julio del 2016), 56 (LC D julio del 2016) y 54 (LC D agosto del 2016).



**Figura 9-8.** ICA NSF para cada punto de muestreo en el Arroyo La Carolina

Cabe destacar que la peor condición ambiental se dio en épocas de mayor afluencia turística en la zona, tendencia que se mantiene para los últimos dos arroyos analizados y que resulta más notoria en la **Figura 9-8** (arroyo La Carolina). Esto puede asociarse a que el arroyo se encuentra bordeando el inicio del asentamiento urbano de Mar del Sur, localidad que aumenta el número de habitantes durante el periodo estival debido al turismo de sol y playa.

## 2. Parámetros físico-químicos

Las **Tablas 9-3, 9-4, 9-5 y 9-6** exponen los valores de los parámetros fisicoquímicos hallados en cada arroyo a lo largo de todo el periodo de muestreo.

**Tabla 9-3.** Valores de los parámetros fisicoquímicos en cada punto de muestreo del arroyo Las Brusquitas.

ARROYO LAS BRUSQUITAS											
Punto / Fecha muestreo	pH	DBO (mgO <sub>2</sub> /l)	Fósforo total (mg/l)	ST (mg/l)	Turbidez (NTU)	Nitratos (mg/l)	Color (unid Pt-Co)	OD (mg/l)	CE (µS/cm)	Coliformes fecales (NMP/100 ml)	
Ruta 88	Julio '16	8,08	4,18	0,36	500	38	4	100	8,7	750	700
	Agosto '16	8,34	0,31	0,15	643	8	16	20	9	994	110
	Septiembre '16	7,69	1,24	0,6	661	54	3	150	8,1	431	130
	Noviembre '16	8,32	1,62	0,5	736	39	21	140	8,2	1007	500
	Diciembre '16	8,08	1,86	0,3	796	4	50,5	40	8,2	1198	340
	Enero '17	8,21	0,31	0,1	736	3	24	20	8,5	971	800
	Febrero '17	8,05	12,01	0,2	654	7	31	20	8,2	929	2400
	Marzo '17	8,48	3,02	0,03	722	4	23	15	9,2	1039	500
	Abril '17	8,03	5,12	0,6	391	67	4	140	8,1	491	3000
	Mayo '17	8,32	3,14	0,3	779	8	31,5	20	8,3	1090	1100
Camino viejo	Junio '17	8,55	1,55	0,2	640	9	15	20	9,1	895	500
	Julio '16	8,15	3,51	0,42	716	30	21	50	7,9	1076	12
	Agosto '16	8,27	1,4	0,25	748	13	34	20	8,6	1126	4
	Septiembre '16	7,78	1,08	0,5	447	66	7	150	8,3	534	800
	Noviembre '16	8,22	4,24	0,5	753	38	22	140	8	1008	500
	Diciembre '16	8,66	0,98	0,4	982	17	49,5	40	8	1154	340
	Enero '17	8,18	2,55	0,3	774	5	37	20	8,6	1107	140
	Febrero '17	8,08	3,41	0,3	876	16	34,5	40	7,9	1053	140
	Marzo '17	8,48	3,1	0,1	762	4	40,5	20	9	1136	400
	Abril '17	8,09	4,96	0,4	454	140	9	150	8,6	549	50000
Ruta 11	Mayo '17	8,29	2,33	0,3	778	9	32,5	50	8,5	1089	300
	Junio '17	8,47	1,7	0,3	748	7	32	20	8,4	1038	700
	Julio '16	8,19	3,1	0,39	730	29	25	50	8,3	1141	110
	Agosto '16	8,36	2,12	0,2	785	11	34	20	8,9	1189	8
	Septiembre '16	7,81	1,55	0,3	527	52	8	150	8,4	558	1100
	Noviembre '16	8,33	3,1	0,1	690	28	20	100	8,6	1016	4000
	Diciembre '16	8,39	0,77	0,3	804	4	46,5	20	8,9	1176	400
	Enero '17	8,48	0,7	0,3	851	9	38	30	9,4	1159	240
	Febrero '17	8,3	2,71	0,4	942	26	31	100	8,5	1059	500
	Marzo '17	8,61	2,58	0,4	855	6	41,5	10	9,4	1183	500
Ruta 11	Abril '17	8,07	7,84	0,4	492	143	7,5	150	8,2	513	50000
	Mayo '17	8,4	2,32	0,3	856	11	35,5	20	8,8	1107	1700
	Junio '17	8,43	2,48	0,3	791	11	35	20	8,1	1096	4000

**Tabla 9-4.** Valores de los parámetros fisicoquímicos en cada punto de muestreo del arroyo El Durazno

ARROYO EL DURAZNO											
Punto / Fecha muestreo	pH	DBO (mgO <sub>2</sub> /l)	Fósforo total (mg/l)	ST (mg/l)	Turbidez (NTU)	Nitratos (mg/l)	Color (unid Pt-Co)	OD (mg/l)	CE (µS/cm)	Coliformes fecales (NMP/100 ml)	
Camino viejo	Julio '16	8,36	2,27	0,13	882	33	20	70	8,7	1319	20
	Agosto '16	8,38	0,31	0,05	792	45	16	20	8,8	1151	110
	Septiembre '16	7,96	0,47	0,5	659	46	4	150	8,2	804	8
	Noviembre '16	8,37	6,51	0,3	876	62	15	140	8,6	1231	14000
	Diciembre '16	8,54	2,12	0,1	982	5	16,7	30	9,4	1324	3000
	Enero '17	8,9	0,62	0,1	905	6	31,5	30	9,4	1323	5000
	Febrero '17	8,73	0,88	0,1	978	21	29,5	50	9,2	1229	900
	Marzo '17	8,7	4,18	0,02	923	3	32,5	20	9,8	1326	4000
	Abril '17	8,11	5,84	0,3	679	104	8	150	8,7	719	5000
	Mayo '17	8,54	1,55	0,1	769	11	23,5	15	8,2	1286	4000
Ruta 11	Junio '17	8,38	2,8	0,1	902	248	20	20	9,2	1179	170
	Julio '16	8,43	3,3	0,25	916	34	22	50	8,6	1352	400
	Agosto '16	8,6	0,31	0,1	904	24	24	20	9,2	1371	6
	Septiembre '16	8,05	3,1	0,3	695	68	7	150	8,2	800	80
	Noviembre '16	8,39	3,82	0,2	922	66	15	100	8,4	1225	27000
	Diciembre '16	8,73	1,34	0,1	979	12	28,5	40	8,5	1368	800
	Enero '17	8,57	0,62	0,1	901	8	30	40	8,5	1322	2400
	Febrero '17	8,47	2,71	0,2	1038	39	22	75	7,2	1143	14000
	Marzo '17	8,61	4,88	0,02	977	7	28,5	20	9,8	1344	2400
	Abril '17	8,15	8,16	0,4	647	135	8	210	8,8	685	5000
Ruta 11	Mayo '17	8,57	1,71	0,2	937	11	27	15	8,4	1319	500
	Junio '17	8,53	2,76	0,2	909	246	20	20	9,1	1188	400

**Tabla 9-5.** Valores de los parámetros fisicoquímicos en cada punto de muestreo del arroyo La Totorá

ARROYO LA TOTORA											
Punto / Fecha muestreo	pH	DBO (mgO <sub>2</sub> /l)	Fósforo total (mg/l)	ST (mg/l)	Turbidez (NTU)	Nitratos (mg/l)	Color (unid Pt-Co)	OD (mg/l)	CE (µS/cm)	Coliformes fecales (NMP/100 ml)	
Ruta 77	Julio '16	8,38	<1	0,43	907	47	10	100	8,5	1368	14
	Agosto '16	8,34	2,63	0,7	714	96	2	200	7,8	894	7000
	Septiembre '16	8,61	<1	0,5	1014	38	7	100	8,6	1310	1300
	Noviembre '16	8,75	2,53	0,4	986	31	5	60	8,6	1415	40
	Diciembre '16	8,6	4,7	0,2	1054	100	11,5	60	7,5	1344	2200
	Enero '17	8,58	6,4	0,2	978	46	10	100	8	1344	11000
	Febrero '17	8,25	1,62	0,2	934	41	7,5	100	7	1297	8000
	Marzo '17	8,56	4,08	0,02	1597	255	5	140	6,9	1928	13000
	Abril '17	7,99	3,57	0,7	664	73	8	210	7,8	777	1300
	Mayo '17	8,39	2,27	0,5	932	21	11	100	8,8	1317	2400
Ruta 11	Junio '17	8,35	1,6	0,4	1005	19	14	50	9,7	1394	400
	Julio '16	8,36	<1	0,15	1213	40	3	140	8,9	1873	7
	Agosto '16	8,42	4,03	0,3	1022	99	<1	500	7,3	1461	70
	Septiembre '16	8,49	1,44	0,3	1298	43	1	100	8,6	1694	500
	Noviembre '16	8,39	2,48	0,2	650	60	2	80	7,7	1817	170
	Diciembre '16	8,05	1,76	0,7	1650	189	4	210	7	1789	1100
	Enero '17	8,64	6,51	0,4	1574	85	4	150	7	1915	14000
	Febrero '17	8,42	3,46	0,2	1426	144	2	140	6,9	1797	1700
	Marzo '17	8,57	6,09	0,1	1707	259	4	140	6,5	1931	4000
	Abril '17	7,72	1,86	0,6	395	80	<1	210	7	651	300
	Mayo '17	8,45	1,4	0,4	1047	27	2	70	8,5	1821	800
	Junio '17	8,67	1,65	0,2	1265	31	4	70	9,1	1846	50

**Tabla 9-6.** Valores de los parámetros fisicoquímicos en cada punto de muestreo del arroyo La Carolina

ARROYO LA CAROLINA											
Punto / Fecha muestreo	pH	DBO (mgO <sub>2</sub> /l)	Fósforo total (mg/l)	ST (mg/l)	Turbidez (NTU)	Nitratos (mg/l)	Color (unid Pt-Co)	OD (mg/l)	CE (µS/cm)	Coliformes fecales (NMP/100 ml)	
Ruta 11	Julio '16	8,51	<1	0,11	937	35	7	100	9,4	1427	8
	Agosto '16	8,48	1,55	0,1	860	54	4	100	8,1	1280	170
	Septiembre '16	8,62	1,13	0,2	1111	33	5	100	9,2	1443	1100
	Noviembre '16	8,48	1,32	1,1	975	62	8	100	8,4	1445	800
	Diciembre '16	8,21	2,48	0,3	1144	97	6	150	7,7	1469	2200
	Enero '17	8,29	6,45	0,5	1304	172	11,5	150	7,8	1526	33000
	Febrero '17	8,47	1,86	0,1	1046	129	11	100	7,8	1481	80000
	Marzo '17	8,52	2,58	0,2	1516	201	3	100	7,2	1509	22000
	Abril '17	8,16	1,09	0,3	674	55	5	60	8,1	943	800
	Mayo '17	8,59	1,94	0,1	834	11	6,5	50	10,2	1310	8000
Desembocadura	Junio '17	8,76	1,7	0,1	900	17	10	50	9,8	1306	500
	Julio '16	8,55	<1	0,11	953	37	6	100	9,3	1425	11
	Agosto '16	8,49	2,48	0,03	882	52	3	200	8,2	1288	110
	Septiembre '16	8,6	<1	0,1	1009	36	5	100	8,9	1432	400
	Noviembre '16	8,5	2,74	0,3	1077	60	5	100	8,8	1445	110
	Diciembre '16	8,31	4,62	0,2	1224	367	6	150	7,4	1489	3
	Enero '17	8,3	5,58	0,4	1322	175	11,5	150	8,1	1517	6000
	Febrero '17	8,5	1,39	0,1	1108	116	11	100	7,6	1483	22000
	Marzo '17	8,55	3,25	0,2	1315	221	6	100	7,3	1510	17000
	Abril '17	8,2	1,07	0,4	740	58	5,5	150	7,5	948	5000
Mayo '17	8,58	1,86	0,1	904	15	6	50	9,8	1311	800	
Junio '17	8,72	1,7	0,1	913	15	10	50	9,8	1301	240	

En cuanto a la normativa, los resultados pueden ser comparados con los parámetros que contempla la Resolución 42/06 de la Autoridad del Agua, ya



que allí se establecen los valores de referencia para agua dulce de uso recreativo.

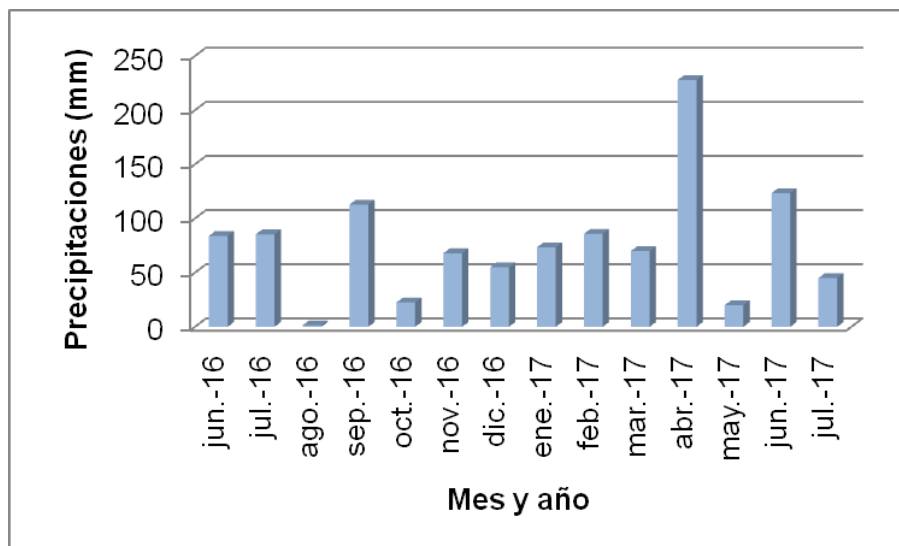
La interpretación de los resultados permite determinar algunas de las características ambientales de los arroyos en los tramos estudiados. Las mismas se describen a continuación analizando cada parámetro en particular:

- Todos los valores de pH muestran una tendencia alcalina, ya que oscilan entre 7,69 y 8,76. Esto podría asociarse a la presencia de carbonatos y bicarbonatos. Comparando con la Res. 42/06 (que establece un rango de pH de 6,5-8,5), casi el 30% de los valores de pH hallados se encuentran por encima del límite máximo establecido. De los cuatro arroyos estudiados, La Carolina fue el que presentó más valores por encima de 8,5.
- Para el caso de la  $DBO_5$ , una sola muestra (LB 88 febrero de 2017) de las 99 analizadas superó el límite de referencia propuesto por la ADA de 10 mg  $O_2/l$ . Por lo tanto, en líneas generales, no habría evidencia de contaminación con aguas residuales en los puntos y periodo de muestreos estudiados.
- En la Resolución de la ADA se establece que la concentración de fósforo total en mg/l debe ser menor a 0,025. Sólo tres puntos cumplieron dicho requisito: ED CV marzo de 2017, ED 11 marzo de 2017 y LT 77 marzo de 2017. El aumento de la concentración de este elemento en el medio acuático está relacionado a diversas actividades humanas, en este caso, puede asociarse principalmente al uso de fertilizantes.

En los arroyos La Carolina y La Totorá, los valores resultaron mayores en los puntos de muestreo localizados aguas arriba, salvo para los muestreos realizados durante los meses de verano (diciembre, enero y febrero). El arroyo La Totorá presentó, en general, mayores valores de fósforo total que el arroyo La Carolina, lo que puede deberse al predominio de la actividad agrícola de la zona.

Los arroyos El Durazno y Las Brusquitas no presentaron resultados que reflejen alguna tendencia significativa.

- Los sólidos totales presentaron sus mínimos valores más bajos en de abril del 2017. Considerando las precipitaciones durante el período de muestreo (**Figura 9-9**), dicho mes fue el que presentó el mayor registro en la zona.



**Figura 9-9.** Registro pluviométrico de la Ciudad de Miramar durante el periodo de muestreo. (Fuente: [www.chacramiramar.com.ar](http://www.chacramiramar.com.ar))

-En relación con la turbidez, se puede indicar que superaron el valor de referencia de la Resolución 42/2006 del ADA (de 100 UNT) con los siguientes porcentajes: el 6% de las muestras del arroyo Las Brusquitas, el 18% de las muestras del arroyo El Durazno, el 32% de las muestras del arroyo La Carolina y el 22% de las muestras del arroyo La Totorá.

Que un cuerpo de agua superficial posea valores altos de turbidez ocasiona que el agua pierda 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 a mayor temperatura conserva menos oxígeno, así, al entrar menos luz disminuye la fotosíntesis necesaria para producir oxígeno (Olmedo *et al.*, 2016).

Como puede observarse en las **Tablas 9-3, 9-4, 9-5 y 9-6** la turbidez fue uno de los parámetros que más dispersión tuvo a lo largo de los muestreos. Sólo coincidió en el caso del arroyo La Carolina; los valores más elevados con las épocas de mayor afluencia turística en la zona.

- En todos los puntos de muestreo los nitratos estuvieron por debajo de lo que refiere la Resolución 42/2006 de la ADA (125 mg/l). De acuerdo con Larios Ortiz (2008), en nuestro país, la contaminación de las aguas superficiales por nitratos deriva principalmente del vertido en ellas de las aguas residuales domésticas e industriales y del escurrimiento directo de las aguas pluviales desde áreas agrícolas, con arrastre de fertilizantes nitrogenados.

Para los arroyos La Totora y La Carolina se obtuvieron menores concentraciones de nitratos que en el caso de los arroyos Las Brusquitas y El Durazno.

Se debe tener en cuenta que la concentración del ion nitrato no sólo puede verse aumentada durante los periodos de cultivo (por el uso excesivo de fertilizantes nitrogenados, combinado con prácticas de riego poco optimizadas) sino que también puede desencadenarse durante las fases de intercultivo, por efecto de las lluvias (Arauzo *et al.*, 2006).

-En todos los arroyos se han obtenido resultados de color elevados, lo que puede estar asociado a la turbidez del agua. Se puede destacar que los arroyos La Carolina y La Totora presentaron valores superiores a los de los arroyos El Durazno y Las Brusquitas.

Para todas las muestras se determinó el color aparente, es decir, el que presentó el agua bruta. Se observó, en la mayoría de los casos, que la tonalidad fue color café amarillento-pardo y, en algunas ocasiones verdoso, lo que puede atribuirse a la presencia de sustancias húmicas y fitoplancton, respectivamente.

- Los valores más bajos de oxígeno disuelto se presentan generalmente en los meses de verano (diciembre a marzo). Esto se debe a que la capacidad de disolver oxígeno disminuye a medida que aumenta la temperatura del agua.

En todos los puntos de muestreo se obtuvieron valores de oxígeno disuelto por encima del límite que permite sustentar la vida acuática. Si bien esto resulta beneficioso para la preservación de la biota autóctona, también podría asociarse a un fenómeno de eutrofización; debido a que la

sobresaturación de oxígeno disuelto (valores mayores del 100%), podría indicar una presencia superior a la normal de productores primarios (algas y fitoplancton). que se desarrollan gracias a un exceso de nutrientes y a la disponibilidad de la luz, a pesar de los valores de turbidez hallados.

- Con respecto a la conductividad, se puede destacar que para todos los muestreos realizados en abril del 2017 se registraron valores bajos de este parámetro. Considerando las precipitaciones durante el periodo de muestreo (**Figura 9-9**), dicho mes fue el que presentó el mayor registro en la zona. Por lo tanto, los valores obtenidos pueden deberse al efecto de dilución por el agua de lluvia.

Otra tendencia de valores bajos de conductividad se dio en los arroyos Las Brusquitas y El Durazno en septiembre del 2016. Teniendo en cuenta el registro pluviométrico del periodo de muestreo, las precipitaciones de septiembre del 2016 y junio del 2017 fueron superiores a las registradas durante la temporada de lluvias, presentando valores superiores a 100 mm. Sin embargo, en junio del 2017 los valores de conductividad no descendieron como podría haberse esperado.

### 3. Análisis Microbiológico

#### Arroyo Las Brusquitas

Los resultados obtenidos para este arroyo fueron similares en sus tres puntos de muestreo (**Figuras 9-14, 9-15 y 9-16**). La totalidad de los parámetros presentaron sus picos máximos de recuento en el mes de abril de 2017 (**Tabla 9-7**).

**Tabla 9-7.** Concentraciones de coliformes totales, fecales, *E. coli* y enterococos fecales hallados en en el Arroyo Las Brusquitas en abril de 2017.

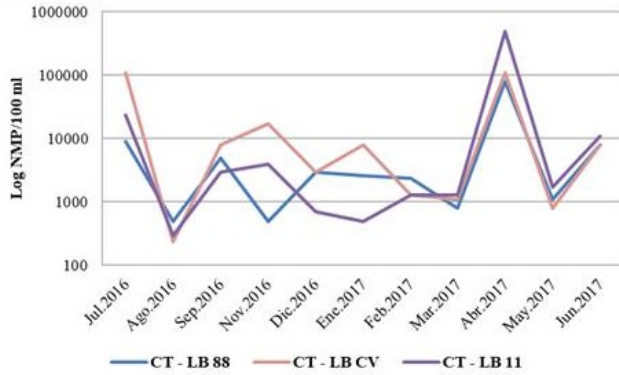
Arroyo Las Brusquitas	CT (NMP/100 ml)	CF (NMP/100 ml)	<i>E. coli</i> (NMP/100 ml)	EF (NMP/100 ml)
LB 88	$80 \times 10^3$	$30 \times 10^2$	$30 \times 10^2$	$13 \times 10^4$
LB CV	$11 \times 10^4$	$50 \times 10^3$	$50 \times 10^3$	$13 \times 10^4$
LB 11	$50 \times 10^4$	$50 \times 10^3$	$50 \times 10^3$	$24 \times 10^4$

Esto puede deberse a que días previos al muestreo hubo lluvias intensas. Según el registro pluviométrico de la ciudad de Miramar, durante ese mes las precipitaciones fueron elevadas (228 mm; ver **Figura 9-9**). Esto generó una importante escorrentía superficial que podría haber sido la causa del relevante aumento de todos los parámetros estudiados.

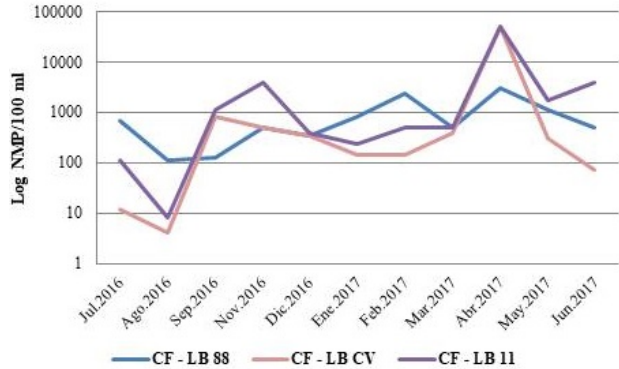
Con respecto a los otros meses de muestreo, fue posible observar que los CT presentaron valores altos también en julio de 2016, tanto en el punto LB CV como en el LB 11, con valores de  $11 \times 10^4$  NMP/100 ml y  $24 \times 10^3$  NMP/100 ml, respectivamente. En el mes de noviembre de 2016 también se observó un pico de recuento con valor de  $17 \times 10^3$  NMP / 100 ml pero sólo en el punto LB CV. Los Enterococos fecales presentaron recuentos altos,  $22 \times 10^3$  NMP/100 ml, en julio de 2016 en el punto LB 88 y en junio de 2017 en los puntos LB CV y LB 11 con valores de  $16 \times 10^5$  NMP / 100 ml y  $90 \times 10^3$  NMP/ 100 ml, respectivamente. En enero de 2017 el punto LB CV también mostró un valor relativamente elevado de  $30 \times 10^3$  NMP / 100 ml (**Figuras 9-10 y 9-13**). El resto de los resultados reflejan valores bajos y poco representativos.

Es importante señalar que en general los valores de EF fueron en la mayoría de los casos superiores a los de CF. Esto puede deberse a que los enterococos fecales son uno de los indicadores más sensibles del grado de contaminación en las cercanías de los desagües. Los mismos sobreviven más tiempo en agua de mar que los coliformes fecales (Vergaray *et al.*, 2007). Si bien el arroyo es de agua dulce, se obtuvieron resultados equivalentes (**Figuras 9-14, 9-15 y 9-16**).

Debido a la amplitud de valores entre abril de 2017 y el resto, los gráficos presentados en las figuras se realizaron utilizando escala logarítmica con base 10 para facilitar su análisis.



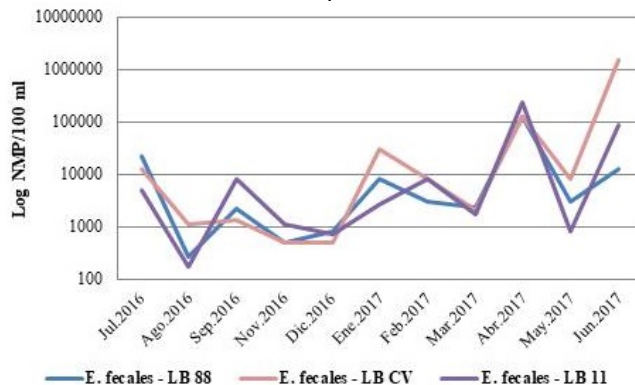
**Figura 9-10.** Recuento de CT en el arroyo Las Brusquitas



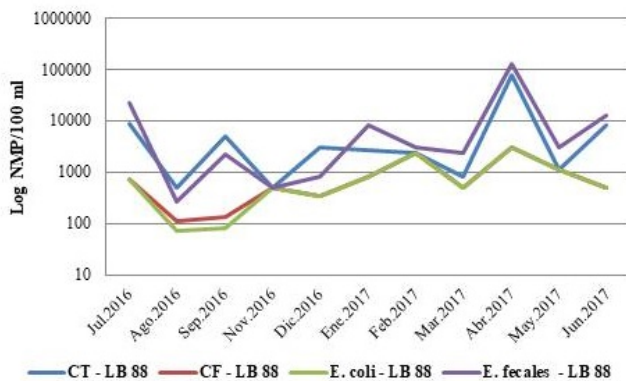
**Figura 9-11.** Recuento de CF en el arroyo Las Brusquitas



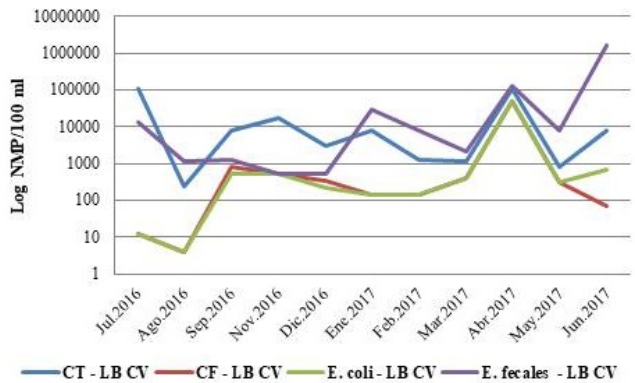
**Figura 9-12.** Recuento de *E. coli* en el arroyo Las Brusquitas



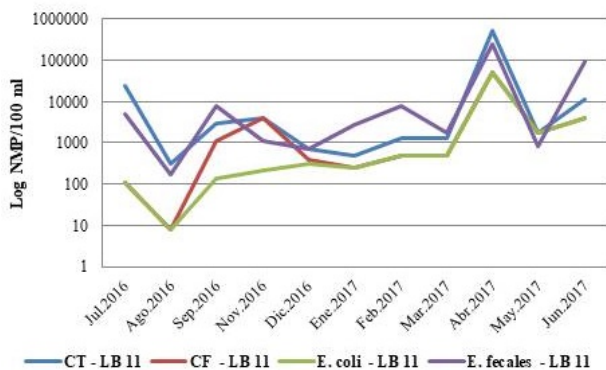
**Figura 9-13.** Recuento de Enterococcos fecales en el arroyo Las Brusquitas



**Figura 9-14.** Recuento de CT, CF, *E. coli* y EF en el arroyo Las Brusquitas – Ruta N° 88



**Figura 9-15.** Recuento de CT, CF, *E. coli* y EF en el arroyo Las Brusquitas – Camino viejo a Miramar



**Figura 9-16.** Recuento de CT, CF, *E. coli* y EF en el arroyo Las Brusquitas – Ruta N° 11

En todos los indicadores se observó un aumento moderado de los valores desde el punto inicial, más alejado a la costa, hasta el punto previo a la desembocadura al mar.

### Arroyo El Durazno

Los resultados obtenidos para el arroyo El Durazno se observan en las **Figuras 9-17 a 9-22**.

Los CT presentaron valores elevados de recuento en los meses de noviembre del 2016 ( $50 \times 10^3$  NMP / 100 ml), abril del 2017 ( $50 \times 10^3$  NMP / 100 ml) y mayo del 2017 ( $17 \times 10^3$  NMP / 100 ml) en el punto ED CV. Mientras que, el punto ED 11 presentó picos elevados de recuento en los meses julio de 2016, noviembre de 2016, febrero de 2017, abril del 2017 y mayo del 2017 cuyo valores fueron:  $40 \times 10^3$  NMP / 100 ml,  $27 \times 10^3$  NMP / 100 ml,  $17 \times 10^3$  NMP / 100 ml,  $80 \times 10^3$  NMP / 100 ml y  $22 \times 10^3$  NMP / 100 ml, respectivamente (**Figura 9-17**).

Con respecto a las CF los recuentos elevados se presentaron en el mes noviembre del 2016 tanto en el punto ED CV como en ED 11, con valores de  $14 \times 10^3$  NMP / 100 ml y  $27 \times 10^3$  NMP / 100 ml, respectivamente; en el mes de febrero de 2017 solo se detectó un recuento de  $14 \times 10^3$  NMP / 100 ml en el punto ED 11 (**Figura 9-18**).

*E. coli* mostró valores relativamente bajos en todos los puntos de muestro salvo en noviembre del 2016, donde se obtuvo el mayor de los recuentos para

esta determinación. El mismo fue de  $11 \times 10^3$  NMP / 100 ml en el punto ED CV (Figura 9-19).

Los Enterococos fecales presentaron sólo 3 puntos con elevados recuentos, de todos modos, dos de ellos son superiores a los encontrados en las otras determinaciones. En julio de 2016 se destaca un pico relativamente elevado de recuento en el punto ED CV con un valor de  $22 \times 10^3$  NMP/ 100 ml. En tanto, los valores más altos se presentaron en abril de 2017 en ambos puntos de muestreo ( $24 \times 10^4$  NMP / 100 ml en ED CV y  $13 \times 10^4$  NMP / 100 ml en ED 11, Figura 9-20). Tal como ocurrió en el arroyo Las Brusquitas, los resultados de EF fueron en la mayoría de los casos superiores a los obtenidos para los CF. Estos valores también presentaron cierta diferencia entre los dos puntos de muestreo, los mismos fueron más elevados en la desembocadura del arroyo.

Si bien en este arroyo se analizaron sólo dos puntos de muestreo, es importante remarcar que se produjo un aumento paulatino en los resultados obtenidos en el último punto, el cual se encuentra situado en la cercanía de la desembocadura del arroyo al mar.

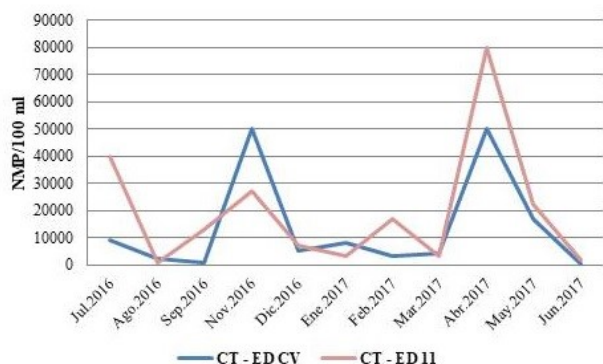


Figura 9-17. Recuento de CT en el arroyo El Durazno

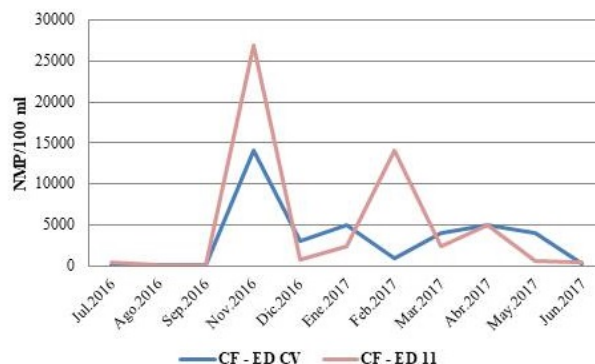
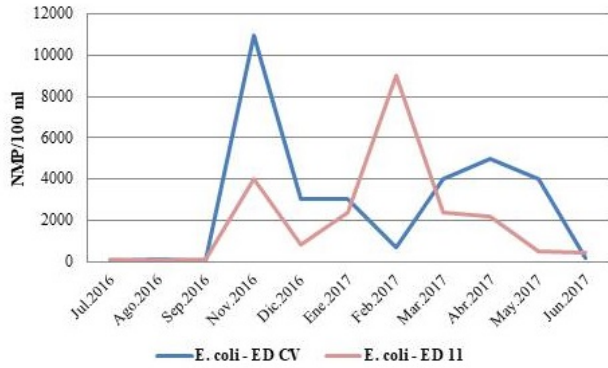
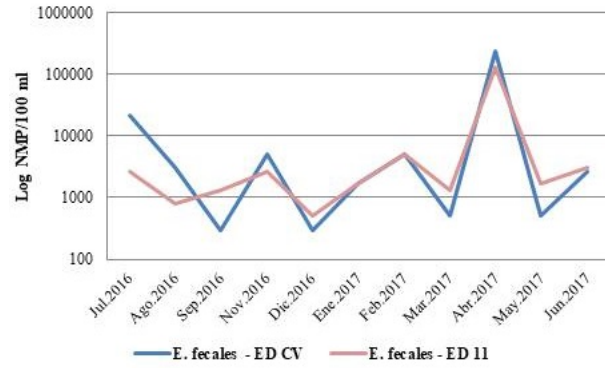


Figura 9-18. Recuento de CF en el arroyo El Durazno

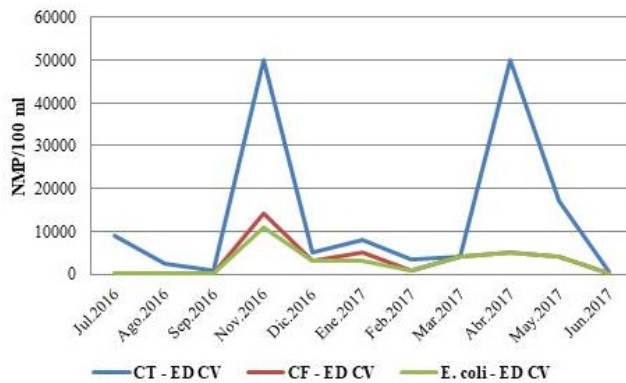




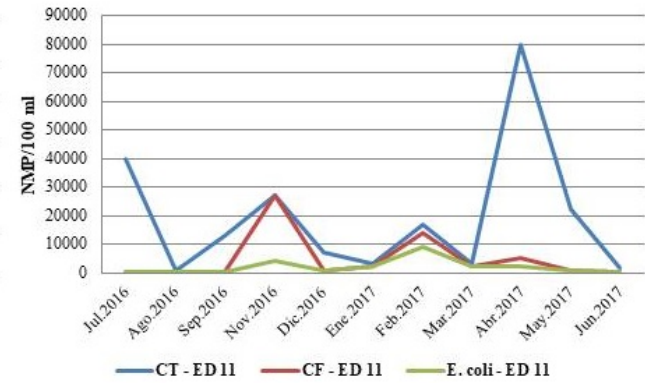
**Figura 9-19.** Recuento de *E. coli* en el arroyo El Durazno



**Figura 9-20.** Recuento de Enterococcos fecales en el arroyo El Durazno



**Figura 9-21.** Recuento de CT, CF y *E. coli* en el arroyo El Durazno - Camino Viejo a Miramar



**Figura 9-22.** Recuento de CT, CF y *E. coli* en el arroyo El Durazno - Ruta N° 11

### Arroyo La Totorá

Los resultados obtenidos en el arroyo La Totorá se observan en las **Figuras 9-23 a 9-28**.

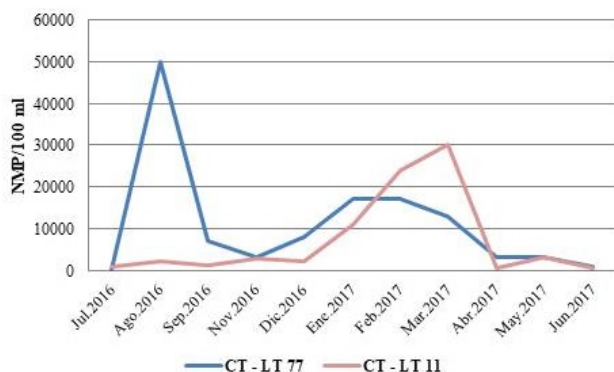
Los recuentos de CT fueron los más elevados en agosto de 2016 en el punto LT77 con un valor de  $50 \times 10^3$  NMP / 100 ml. En tanto, para el punto donde el arroyo intercepta la ruta 11 (LT 11), el resultado más alto ocurrió en el mes de marzo del 2017, con  $30 \times 10^3$  NMP/100 ml. Los meses de enero y febrero del 2017 (LT 11) también presentaron valores relativamente elevados, siendo estos de  $11 \times 10^3$  NMP/100 ml y  $24 \times 10^3$  NMP/100 ml respectivamente y de  $17 \times 10^3$  NMP / 100 ml para ambos meses en el punto LT 77 (**Figura 9-23**).

Con respecto al recuento de CF y *E. coli*, los mismos mostraron sus valores más elevados en marzo del 2017 en el punto LT77, este valor fue de 13

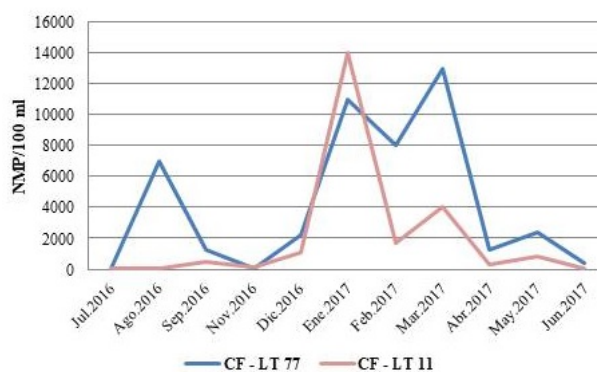
x  $10^3$  NMP / 100 ml en ambos casos. Mientras que en el punto LT11 el pico más elevado de CF se presentó en enero del 2017 con un valor de  $14 \times 10^3$  NMP/100 ml y el correspondiente a *E. coli* ocurrió en el mes de marzo del 2017 con un valor de  $40 \times 10^2$  NMP/100 ml (**Figuras 9-24 y 9-25**).

Los Enterococos fecales no mostraron valores notoriamente altos en los muestreos realizados en el punto LT 77 (más alejado a la desembocadura). Sin embargo, aquellos muestreos realizados en el punto LT 11 presentaron dos picos significativamente elevados, uno de ellos en agosto del 2016 con un valor de  $11 \times 10^3$  NMP / 100 ml y el otro en marzo del 2017 en donde se obtuvo un recuento de  $24 \times 10^3$  NMP / 100 ml (**Figura 9-26**).

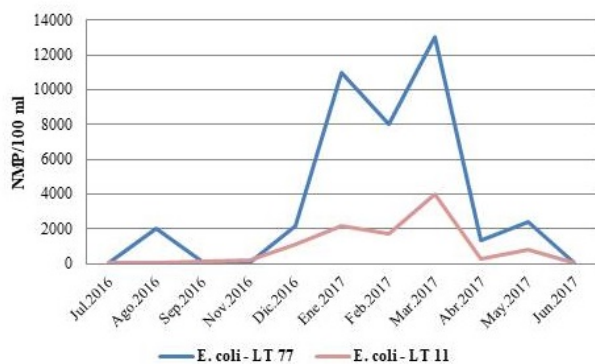
La distribución de todos los indicadores en cada punto de muestreo (**Figuras 9-27 y 9-28**) muestra que los CT son los que presentan en general, los valores más elevados de recuento en comparación con las otras determinaciones.



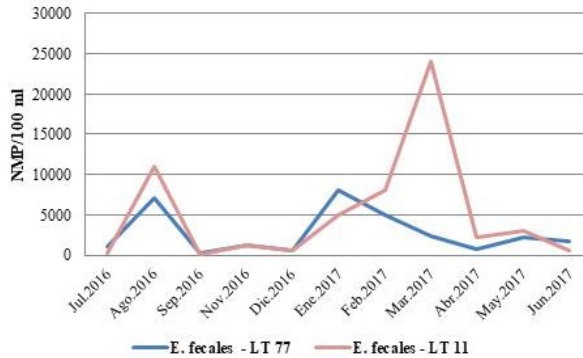
**Figura 9-23.** Recuento de CT en el arroyo La Totorá



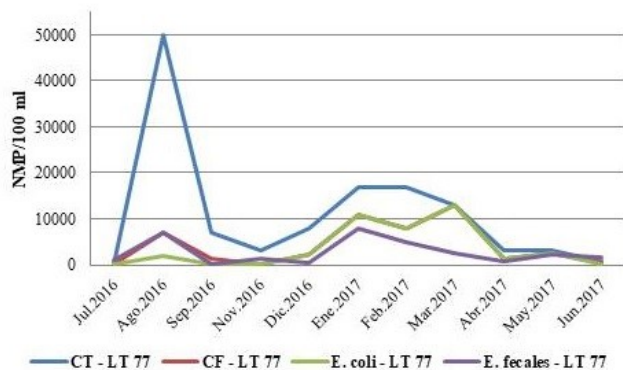
**Figura 9-24.** Recuento de CF en el arroyo La Totorá



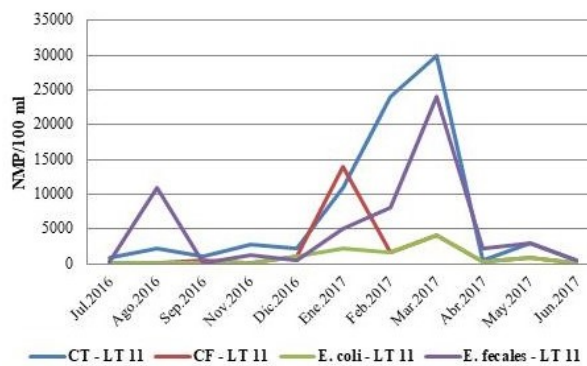
**Figura 9-25.** Recuento de *E. coli* en el arroyo La Totorá



**Figura 9-26.** Recuento de Enterococos fecales en el arroyo La Totorá



**Figura 9-27.** Recuento de CT, CF y *E. coli* en el arroyo La Totorá – Ruta N° 77



**Figura 9-28.** Recuento de CT, CF y *E. coli* en el arroyo La Totorá – Ruta N° 11

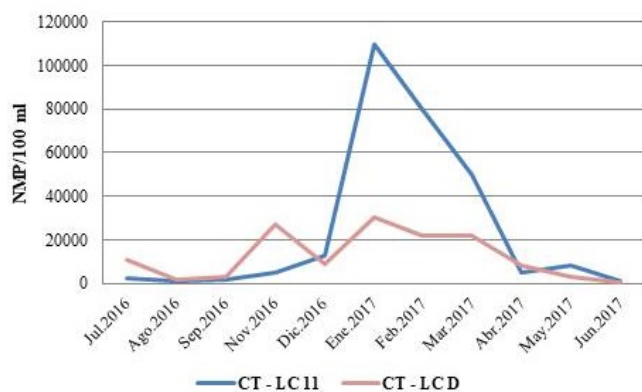
### Arroyo La Carolina

En este arroyo (**Figuras 9-29 a 9-34**) los recuentos más elevados de CT fueron de  $11 \times 10^4$  NMP / 100 ml en LC 11 y de  $30 \times 10^3$  NMP / 100 ml en el punto LC D, ambos en enero de 2017. También se observaron elevados recuentos en febrero y marzo de 2017 en los dos puntos de muestreo. Los mismos fueron de  $80 \times 10^3$  NMP / 100 ml y  $50 \times 10^3$  NMP / 100 ml en LC 11 y, en la desembocadura, dio un recuento de  $22 \times 10^3$  NMP / 100 ml para ambos meses. Esto podría deberse al aumento de la población debido al turismo en la zona de estudio.

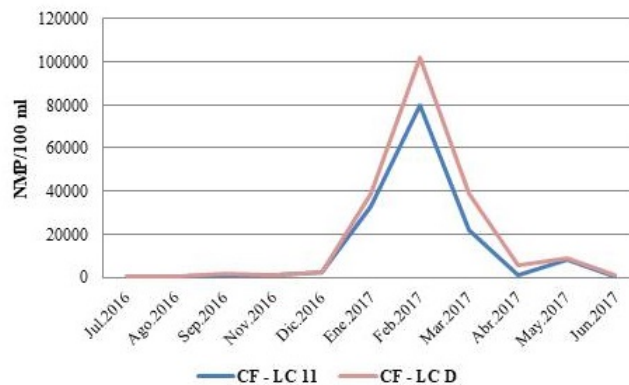
Los CF presentaron su mayor recuento en febrero de 2017 en los puntos LC 11 y LC D con valores de  $80 \times 10^3$  NMP / 100 ml y  $22 \times 10^3$  NMP / 100 ml, respectivamente. De igual manera, en marzo de 2017 también se obtuvo un recuento elevado en el punto LC D con un valor de  $17 \times 10^3$  NMP / 100 ml (**Figura 9-30**). *E. coli* tuvo sus picos más altos de recuento tanto para el punto LC 11 como para el LC D en febrero de 2017 con valores  $80 \times 10^3$  NMP / 100 ml y  $22 \times 10^3$  NMP / 100 ml respectivamente. Es importante señalar que en el punto LC D durante los meses de enero y marzo de 2017 también se observaron valores altos. ( $17 \times 10^3$  NMP / 100 ml y  $11 \times 10^3$  NMP / 100 ml) (**Figura 9-31**).

Con respecto a los Enterococos fecales y en contraste a lo que venía ocurriendo en los otros arroyos, solo se obtuvo un valor elevado de recuento en la desembocadura en el mes de enero del 2017, este valor fue de  $11 \times 10^3$  NMP

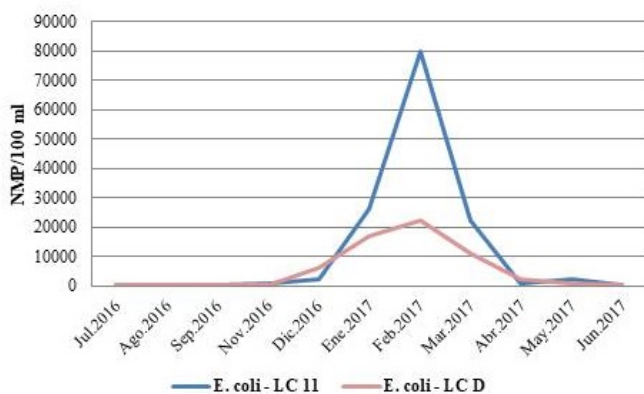
/ 100 ml (**Figura 9-32**). Cabe destacar que los parámetros CT y *E. coli* mostraron una disminución de sus valores entre el punto de muestreo LC 11 y la desembocadura, tendencia que no se observó en los otros indicadores analizados.



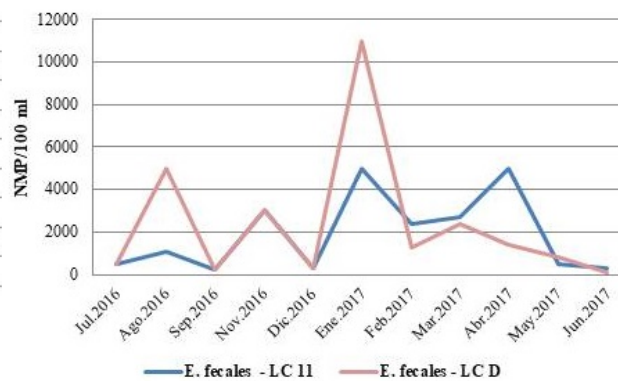
**Figura 9-29.** Recuento de CT en el arroyo La Carolina



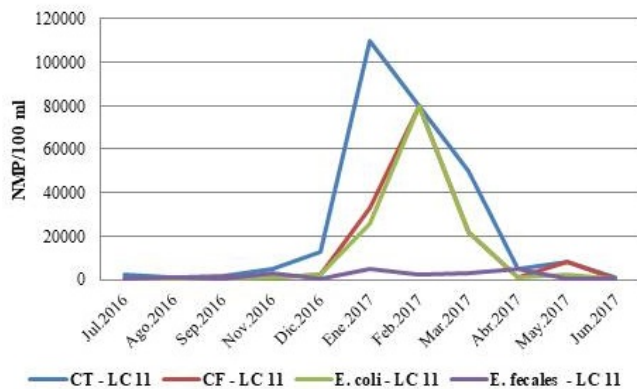
**Figura 9-30.** Recuento de CF en el arroyo La Titora



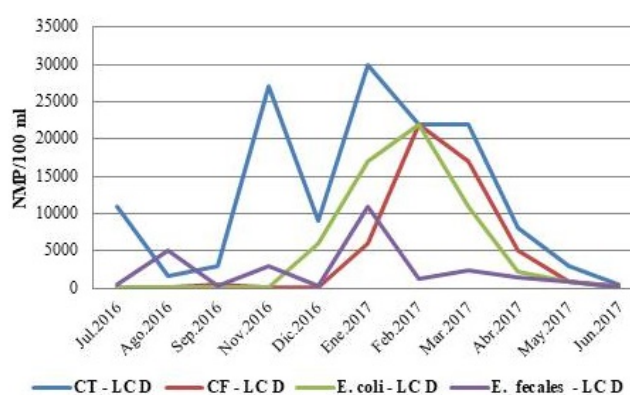
**Figura 9-31.** Recuento de *E. coli* en el arroyo La Carolina



**Figura 9-32.** Recuento de Enterococos fecales en el arroyo La Carolina



**Figura 9-33.** Recuento de CT, CF, *E. coli* y EF en el arroyo La Carolina - Ruta N° 11



**Figura 9-34.** Recuento de CT, CF, *E. coli* y EF en el arroyo La Carolina - Desembocadura

### 3.1 Normativa

La Resolución 42/06 del Directorio de la Autoridad del Agua de la Prov. de Buenos Aires enumera los valores de referencia de calidad de aguas dulces y marinas para protección de la biota acuática, recreación y de calidad de aguas dulces como fuente de agua para su potabilidad en la zona de uso exclusivo del Río de la Plata y su frente marítimo. En la misma se presentan los siguientes valores guía: 126 colonias/100 ml para coliformes fecales (expresado como *E. coli*) y 33 colonias/100 ml de Enterococos.

Tomando como referencia esos valores guías se pone en manifiesto el porcentaje de las muestras que superan dichos valores en cada arroyo (**Tabla 9-8**).

**Tabla 9-8.** Porcentajes de muestras que no cumplen con los valor de referencia de la Resolución 42/06 de la Autoridad del Agua de la Provincia de Buenos Aires (ADA) para *E. coli* (126 colonias/ 100 ml) y Enterococos fecales (33 colonias/ 100 ml)

Arroyos	Porcentajes de muestras que no cumplen con el valor de referencia para <i>E. coli</i> (126 colonias/ 100 ml)	Porcentajes de muestras que no cumplen con el valor de referencia para Enterococos fecales (33 colonias/ 100 ml)
Las Brusquitas	81,8 %	100 %
El Durazno	72,7 %	100 %
La Totorá	63,6 %	95,4 %
La Carolina	68,2 %	100 %

La mayoría de los valores para *E. coli* y en casi la totalidad para Enterococos fecales presentaron recuentos superiores a los referidos en la Resolución 42/06 de la Autoridad del Agua de la Provincia de Buenos Aires (**Tabla 9-8**).

Es importante señalar que la técnica utilizada para los recuentos de ambos parámetros fue la de Número más probable (NMP) mientras que en dicha resolución los resultados están expresados utilizando la técnica de membrana filtrante (FM). Esto podría generar cierto cuestionamiento a la hora de cotejar ambos valores ya que el NMP es considerado un análisis estadístico mientras que el FM brinda resultados precisos. De todos modos, Vergaray *et al.* (2007) realizaron la comparación numérica entre los resultados obtenidos mediante la técnica de NMP en las playas costeras de Lima (Perú) y el límite

establecido por USEPA (1986) que se expresa en colonias/100 ml, lo cual se constituye en un antecedente para poder realizar dicha comparación.

### 3.2 EC/EF

Como se mencionó previamente, el indicador más significativo entre la exposición a aguas naturales y riesgo de enfermedad es *Escherichia coli*. Sin embargo, el uso de *Enterococcus* como un indicador de contaminación fecal de aguas con fines recreativos fue recomendado por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (USEPA) en 1986. Debido a su resistencia, se considera al género *Enterococcus* como el indicador bacteriológico más eficiente. Es importante remarcar que el empleo de la relación *E. coli* / Enterococos (EC/EF) puede ser de gran utilidad para la determinación del origen de la contaminación. Se ha sugerido que las cantidades de *E. coli* y enterococos fecales que son descargados por los seres humanos son significativamente diferentes a las descargadas por los animales (Tchobanoglous *et al.*, 2003; Meeroff *et al.*, 2008). Cuando el cociente EC/EF es  $>4$  se está en presencia de una contaminación fecal de origen humano, y cuando este cociente es  $<0,7$  es de origen animal. Sin embargo, en el intervalo entre 0,7 y 4, al no poder interpretar el origen, se considera contaminación mixta (Marchand, 2002; Coyne y Howell, 1994).

De acuerdo a esta referencia, es posible estimar el origen de la contaminación fecal en los arroyos estudiados (**Tabla 9-9**).

**Tabla 9-9.** Origen de la contaminación fecal en los arroyos las Brusquitas, El Durazno, La Totora y La Carolina

Fecha muestreo	EC/EF								
	Las Brusquitas			El Durazno		La Totora		La Carolina	
	LB 88	LB CV	LB 11	ED CV	ED 11	LT 77	LT 11	LC 11	LC D
Jul.2016	0,03	0,0009	0,02	0,0009	0,03	0,01	0,023	0,02	0,02
Ago.2016	0,26	0,0036	0,05	0,0367	0,01	0,29	0,006	0,15	0,02
Sep.2016	0,04	0,3846	0,02	0,0267	0,06	0,38	13,75	0,29	0,23
Nov.2016	1	1	0,2	2,2	1,54	0,03	0,131	0,27	0,04
Dic.2016	0,43	0,44	0,43	10	1,6	4,4	2,2	8,15	20
Ene.2017	0,1	0,0047	0,09	1,7647	1,41	1,38	0,44	5,20	1,55
Feb.2017	0,8	0,0175	0,06	0,14	1,8	1,6	0,213	33,3	16,92
Mar.2017	0,21	0,1905	0,29	8	1,85	5,42	0,167	8,15	4,58
Abr.2017	0,02	0,3846	0,21	0,0208	0,02	1,63	0,136	0,16	1,57
May.2017	0,37	0,0375	2,13	8	0,29	1,09	0,267	4,4	1
Jun.2017	0,04	0,0004	0,04	0,0654	0,13	0,04	0,1	0,8	1,63
Origen Humano (%)	0%			13,6 %		13,6 %		36,3 %	
Origen Mixto (%)	12,1 %			31,8 %		22,7 %		22,7 %	
Origen Animal (%)	87,9 %			54,6 %		63,7 %		41 %	

En este contexto, el arroyo Las Brusquitas presentó un 87,9% de muestras cuyo origen de la contaminación fue animal y sólo un 12,1% de origen mixto. En este caso no se encontraron muestras en las que el origen de la contaminación fecal fuera humano. Esto puede deberse a la actividad agropecuaria que se desarrolla en torno al arroyo.

El arroyo El Durazno presentó contaminación de los tres tipos, y la de origen animal fue la de porcentaje más alto (54,6%), seguido por la mixta con un 31,8% y el 13,6% (3 puntos de muestreo en ED CV) presentó contaminación de origen humano. En ninguno de los puntos de ED 11 se detectaron valores que indiquen contaminación de origen humano, a pesar de que dicho arroyo atraviesa en su último tramo una zona urbana (**Tabla 9-9**).

Con respecto a los resultados obtenidos en el arroyo La Totora, podemos indicar que en 14 muestreos (63,7%) se observó contaminación de origen animal, 5 muestreos (22,7%) presentaron contaminación mixta, mientras que solo 3 muestreos (13,7%) presentaron un origen humano de la contaminación (**Tabla 9-9**). Los valores fueron similares a los obtenidos en el arroyo El

Durazno a pesar de que los mismos presentan diferentes actividades socio económicas que se llevan a cabo a lo largo de su recorrido hacia el mar.

Finalmente, el análisis de la proporción EC/EF indica que en el arroyo La Carolina 9 muestreos (41%) evidenciaron contaminación de origen animal, 5 muestreos (22.7%) presentaron contaminación mixta, y 8 muestreos (34.6%) presentaron contaminación de origen humano. Una comparación entre este arroyo y La Totorá, se observa una disminución marcada de la contaminación de origen animal, seguido de un aumento relevante de la contaminación de origen humano. Esto puede deberse a que este arroyo atraviesa una zona urbana que, si bien no tiene una alta población, podría incidir en el aumento de la contaminación fecal. Por otro lado, esta tendencia se ve más aumentada en los meses de mayor afluencia turística en la zona (**Tabla 9-9**). Esto no concuerda con lo observado por Campins *et al.* (2017) para los arroyos La Carolina y La Tigra, quienes observaron que la contaminación de origen humana aumentó considerablemente en diciembre, previo a la concurrencia del turismo en la zona y, durante enero y febrero de 2012, los valores bajaron considerablemente.

## CONSIDERACIONES FINALES

A partir de la aplicación del método propuesto por la NSF, el ICA en los diferentes puntos de muestreo de los cuatro arroyos estudiados, se concluye que la calidad ambiental de sus aguas es de regular a mala.

Los arroyos La Carolina y La Totorá mostraron que los valores del ICA disminuyen a medida que avanza su recorrido hacia el mar, revelando que su deterioro se podría verse afectado por las diversas actividades socioeconómicas que se llevan a cabo en las cuencas. Sin embargo, esta tendencia no fue observada en los arroyos El Durazno y Las Brusquitas.

En todos los puntos del muestreo de abril de 2017 del arroyo Las Brusquitas, se registraron los valores más altos de todos los parámetros microbiológicos analizados, de color, fósforo total y turbidez. En tanto, los valores de conductividad y sólidos totales fueron los más bajos. Lo mismo se



observó en el caso del arroyo El Durazno, con excepción de los valores de CF y *E. coli*. Sin embargo, el resto de los arroyos estudiados no se evidenciaron patrón alguno que resulte relevante mencionar.

En general, los arroyos La Totorá y La Carolina en los muestreos de enero, febrero y marzo de 2017 presentaron los valores más elevados de recuento para todos los indicadores microbiológicos analizados. Mientras, los arroyos Las Brusquitas y El Durazno no presentaron fluctuaciones significativas de los valores de los distintos parámetros de estudio a lo largo del muestreo. Asimismo, no siguieron un patrón estacional como podría haberse esperado. El muestreo de abril de 2017 es la excepción.

En la mayoría de los casos los valores de recuento de *E. coli* y Enterococos fecales superaron aquellos propuestos por la Resolución 42/06 del Directorio de la Autoridad del Agua de la Provincia de Buenos Aires para aguas de uso recreativo.

Con respecto al origen de la contaminación mediante el uso de la relación EC/EF, el arroyo La Carolina fue el que presentó mayor contaminación de origen humano, en tanto que el arroyo Las Brusquitas se caracterizó por tener mayor contaminación de origen animal. En los cuatro arroyos se obtuvieron porcentajes moderados de contaminación de origen mixto, por lo que no se ha podido definir el origen de la misma.

Por un lado, los ICA resultan ser una herramienta para poder comunicar de forma simple la calidad ambiental de un cuerpo de agua. Por otro, con respecto a la contaminación microbiológica, el uso de las bacterias indicadoras de contaminación fecal continúa resultando de gran utilidad en el monitoreo de la calidad de las aguas superficiales. Dentro del grupo de bacterias indicadoras, *E. coli* constituye un buen indicador de contaminación fecal y, combinada con otros indicadores como los enterococos, puede brindar una mayor información acerca de las fuentes de contaminación del agua.

El presente estudio proporciona una base científica para la elaboración de propuestas de regeneración y conservación de las reservas de agua de la zona analizada. De esta forma, podrían llevarse a cabo prácticas agrícolas más

optimizadas y al mismo tiempo una gestión sostenible de los recursos hídricos. A su vez, el monitoreo continuo de estos cuerpos de agua permite la obtención de herramientas eficientes de manejo y gestión de dichos recursos.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue realizado en el marco de un Proyecto de Investigación y Desarrollo (PID N° 3816), financiado por la Secretaría de Ciencia, Tecnología y Posgrado de la Universidad Tecnológica Nacional, utilizando las instalaciones del Laboratorio de Análisis Industriales de la UTN FRMDP.

## REFERENCIAS

- Allan D. (2004).** Landscapes and riverscapes: the influence of land use on stream ecosystems. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*; 35: 257-284.
- Arauzo M, Valladolid M, Martínez Bastida JJ and Gutiérrez C. (2006).** “Dinámica espacio-temporal del contenido en nitrato de las aguas superficiales y subterráneas de la cuenca del río Oja (La Rioja, España): Vulnerabilidad del acuífero aluvial”. *Limnetica*, 25 (3), 753-762.
- Ávila de Navia SL and Estupiñan SM. (2009).** “Calidad sanitaria del agua de la Ciénaga Mata de Palma en el Departamento del Cesar, Colombia”, *NOVA*; 7(11):85-91.
- AWWA, APHA, WEF. 2012.** Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 22th edición.
- Bachoon DS, Markand S, Otero E, Perry G and Ramsubaugh A. (2010).** “Assessment of non-point sources of fecal pollution in coastal waters of Puerto Rico and Trinidad”. *Marine Pollution Bulletin*; 60:1117-1121.
- Badgley BD, Thomas FIM and Harwood VJ. (2011).** “Quantifying environmental reservoirs of fecal indicator bacteria associated with sediment and submerged aquatic vegetation”. *Environmental Microbiology*; 13 (4):932-942.
- Basilico, GO, De Cabo L and Faggi A. (2015).** “Adaptación de índices de calidad de agua y de riberas para la evaluación ambiental en dos arroyos de la llanura pampeana”. *Revista Museo Argentino de Ciencias Naturales*; 17 (2), 119-134.
- Campins M, Rampi MG, Del Rio J L and Zamora A. (2017).** “Estudio de la contaminación presente en los arroyos La Tigra y La Carolina y su incidencia en la playa adyacente en Mar del Sud. Gral.Alvarado. Prov. de Buenos Aires. Argentina”. *Acta VI Congreso Bianual PROIMCA “Proyecto Integrador para la Mitigación de la Contaminación Atmosférica” y IV Congreso Bianual PRODECA (Proyecto Integrador para la Determinación de la Calidad del Agua; Vol I; 1-10.*
- Campins M. (2016).** Revisión de índices de calidad e índices de contaminación aplicados en cuerpos de agua. *Trabajo final integrador (Especialización en Ingeniería Ambiental), Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Santa Fe, Santa Fe, pp 28(31 de octubre de 2016).*
- Carrillo EM and Lozano AM. (2008).** “Validación del método de detección de coliformes totales y fecales en agua potable utilizando Agar Chromocult”. *Tesis*

- (*Microbióloga Industrial*), *Facultad de Ciencias., Microbiología Industrial, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia*, pp97.
- Chiroles SR, González MI, Torres T, Valdés M and Domínguez I. (2007).** “Bacterias indicadoras de contaminación fecal en aguas del río Almendares (Cuba)”. *Higiene y Sanidad Ambiental*; (7):222-227.
- Cohen C, Padilla N, Martínez G and Camino M. (2015).** “Línea de base ambiental de las cuencas de los arroyos el Durazno y la Totorá. Partido de General Alvarado, provincia de Buenos Aires”. *Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica-GeoFocus*; 16, 231-252. ISSN: 1578- 5157.
- Coyne MS and Howell JM.(1994).** “The fecal coliform/fecal streptococci ratio (FC/FS) and water quality in the Bluegrass Region of Kentucky”. *Soil and Science News and Views*; 15(9):1-8.
- Del Pilar M, Ávila S, Mónica S and Gómez AC. (2005).** “Indicadores microbiológicos de contaminación de las fuentes de agua”. *NOVA - Publicación Científica*; 3(4):1794-2470.
- del Rio JL, Benseny G, Oyarbide F, Camino MA, Bó MJ, Padilla NA and De Marco S. (2017).** “El paisaje fluvial en escenarios urbanos y periurbanos en el sudeste de la provincia de Buenos Aires” – Argentina. *Água, recurso hídrico: bem social transformado emmercadoria* Tupã: *Associação Amigos da Natureza da Alta Paulista (ANAP)*; Cap 9: 192-213.
- Delgado Y, Miravet ME and Núñez R. (2008).** “Indicadores microbiológicos de calidad del agua en la costa oeste de la Ciudad de La Habana”. *Higiene y Sanidad Ambiental*; 8:387-391.
- Díaz AM, Izquierdo CS, Fernández de la Paz T and Izquierdo AM. (2008).** “Características clínicas y epidemiológicas de las infecciones por enterococos en el niño”. *Revista Cubana de Pediatría*; 79(1).
- Díaz M, Rodríguez C and Zhurbenko R. (2010).** “Aspectos fundamentales sobre el género *Enterococcus* como patógeno de elevada importancia en la actualidad”. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*; 48(2):47-161.
- Elordi ML, Lerner JEC and Porta A. (2016).** “Evaluación del impacto antrópico sobre la calidad del agua del arroyo Las Piedras, Quilmes, Buenos Aires, Argentina”. *Acta Bioquímica Clínica Latinoamericana*; 50 (4), 669-677.
- Fernández N, Ramos Gand Solano F. (2004).** “ICATEST V 1.0®. Una herramienta Informática para el análisis y valoración de la calidad del Agua”. *Bistua. Revista de Ciencias Básicas*; Vol (2): 88-97. ISSN 0120-4211.
- Fernández Parada NJ and Solano F. (2005).** “Índices de calidad y contaminación del agua”. *Colombia: Universidad de Pamplona*. 141 páginas.
- Köhler W. (2007).** “The present state of species within the genera *Streptococcus* and *Enterococcus*”. *International Journal of Medical Microbiology*; 297(3):133-50.
- Larios Ortiz, L. (2008).** “Contaminación del agua por nitratos: significación sanitaria”. Disponible en <<http://scielo.sld.cu/pdf/amc/v13n2/amc170209.pdf>>
- Larrea Murrell JA, Rojas Badía MM, Romeu Álvarez B, Rojas Hernández NM and Heydrich Pérez M. (2013).** “Bacterias indicadoras de contaminación fecal en la evaluación de la calidad de las aguas”. *Revista CENIC, Ciencias Biológicas*; vol. 44, núm. 3, pp. 24-34.
- Luby SP, Gupta SK, Sheikh MA, Johnston RB, Ram PK and Islam MS. (2008).** “Tubewell water quality and predictors of contamination in three flood-prone areas in Bangladesh”. *Journal of Applied Microbiology*; 105:1002-1008.
- Mac Faddin JF. (2003).** “Pruebas Bioquímicas para la Identificación de Bacterias de Importancia Clínica”. *México: Médica Panamericana*; pp 647 – 683.
- Marchand EO. (2002).** “Microorganismos indicadores de la calidad del agua de consumo humano en Lima Metropolitana”. *Tesis (Biólogo con mención en Microbiología y Parasitología). Universidad del Perú, Decana de América*; pp 71.

- Martín AV and García MC.(2009).** “Contaminación química de aguas para consumo en la periferia urbana de la localidad de Miramar, Provincia de Buenos Aires, Argentina”. *Nadir: Revista Electrónica de Geografía Austral Universidad Autónoma de Chile*; vol (1):12-30. ISSN: 0718-7130.
- Meeroff DE, Bloetscher F, Bocca T and Morin F. (2008).** “Evaluation of water quality impacts of on-site treatment and disposal systems on urban coastal waters”. *Water Air Soil Pollut*; 192:11-24.
- Méndez RI, San Pedro L, Castillo ER and Vázquez EB.(2010).** “Modelación del tiempo de conservación de muestras biológicas de agua”. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*; 26 (4):327-335.
- Narváez S, Gómez M. and Acosta J. (2008).** “Coliformes termotolerantes en aguas de las poblaciones costeras y palafíticas de La Ciénaga Grande de Santa Marta, Colombia”. *Acta Biológica Colombiana*; 13(3):111-120.
- Olmedo D, Fossati N and Ríos L. (2016).** “Evaluación preliminar de la calidad del agua de un arroyo urbano en la ciudad de Pilar (cuenca baja del Arroyo San Lorenzo)”. 3er Encuentro de Investigadores en Formación en recursos hídricos. Disponible en: <[https://www.ina.gov.ar/ifrh-2016/trabajos/IFRH\\_2016\\_paper\\_5.pdf](https://www.ina.gov.ar/ifrh-2016/trabajos/IFRH_2016_paper_5.pdf)>
- Organización de las Naciones Unidas (ONU).(1992).** Departamento de Economía y Asuntos Sociales: División para el Desarrollo Sostenible. Río de Janeiro: Agenda 21.
- Resolución 42/06 del Directorio de la Autoridad del Agua** de la Prov. de Buenos Aires. <http://www.ada.gba.gov.ar/normativa/RESOLUCIONES/RESOL042-2006/RESOL042-2006-ANEXOII.pdf>
- Rossen A, Rodríguez MI, Ruibal AL, Fortunato MS, Bustamante A, Ruiz M, Angelaccio C and Korol S. (2008).** “Indicadores bacterianos de contaminación fecal en el embalse San Roque (Córdoba, Argentina)”. *Higiene y Sanidad Ambiental*; 8:325-330.
- Santiago Rodríguez TM, Tremblay RL, Toledo Hernández C, GonzálezNieves JE, Ryu H, Santo Domingo JW and Toranzos GA. (2012).** “Microbial quality of tropical inland waters and effects of rainfall events”. *Applied and Environmental Microbiology*; 78(15):5160-5169.
- Seeboonruang U. (2012).** A statistical assessment of the impact of land uses on surface water quality indexes. *Journal of Environmental Management*; 101: 134-42.
- Tchobanoglous G, Burton FL and Stensel HD. (2003).** “Wastewater engineering treatment and reuse”. *Ciudad Metcalf and Eddy Inc., McGraw Hill*; 4th ed.
- Torres P, Cruz CH and Patiño PJ. (2009).** “Índices de calidad de agua en fuentes superficiales utilizadas en la producción de agua para consumo humano”. *Una revisión crítica. Revista Ingenierías Universidad de Medellín*; vol. 8, N° 15 especial, pp. 79-94 - ISSN 1692-3324.
- Vergaray G, Méndez C, Morante H, Heredia V and Béjar V. (2007).** “*Enterococcus* y *Escherichia coli* like indicators of fecal pollution in coastal beaches of Lima”. *Revista del Insituto de Investigación. Fac. Minas metal Cienc. Geogr*; Vol 10: (20).
- Yamahara KM, Walters SP and Boehm AB. (2009).** “Growth of enterococci in unaltered, unseeded beach sands subjected to tidal wetting”. *Applied Environmerntal Microbiology*; 75:1517-1524.
- Zhou T, Wu J and Peng S. (2012).** “Assessing the effects of landscape pattern on river water quality at multiple scales: A case study of the Dongjiang River watershed, China”. *Ecological Indicators*; 23, 166–175.



Mar del Plata - Universidad FASTA, 2021.

ISBN 978-987-1312-98-6



9 789871 312986