

Análisis de la calidad de la cuenca del Río Tárcoles y la microcuenca del Río Torres: influencia del efluente de la PTAR Los Tajos y expectativas al 2025

Analysis of the quality of the Tárcoles River basin and the Torres River microbasin: influence of the effluent from the Los Tajos WWTP and expectations by 2025

Darner Mora-Alvarado¹, Ernesto Alfaro-Arrieta², Juan José Alfaro-Lara³

Mora-Alvarado, D; Alfaro-Arrieta, E; Alfaro-Lara J.J. Análisis de la calidad de la cuenca del Río Tárcoles y la microcuenca del Río Torres: influencia del efluente de la PTAR Los Tajos y expectativas al 2025. *Tecnología en Marcha*. Vol. 37, N° especial. 60 Años del Laboratorio Nacional de Aguas. Diciembre, 2024. Pág. 97-109.

 <https://doi.org/10.18845/tm.v37i8.7171>

1 Director, Laboratorio Nacional de Aguas. Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados. Costa Rica.

 dmora@aya.go.cr

2 Funcionario Laboratorio Nacional de Aguas. Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados. Costa Rica.

 ealfaro@aya.go.cr

 <https://orcid.org/0000-0002-1317-446X>

3 Laboratorio Nacional de Aguas. Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados. Costa Rica.

 jalfaro@aya.go.cr

 <https://orcid.org/0009-0004-8749-8311>

Palabras clave

Coliformes termotolerantes; río Tárcoles; contaminación; río Torres; fecal.

Resumen

En este estudio se presenta la influencia en términos de indicadores de contaminación fecal que posee el efluente de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Los Tajos (PTAR Los Tajos) sobre el cauce del río Torres y la desembocadura de la cuenca Virilla-Tárcoles. Se ubicaron cuatro puntos de muestreo; el primero 200 metros antes de la descarga de la PTAR Los Tajos, el segundo en el propio efluente de la PTAR Los Tajos, el tercero 200 metros después de la descarga de la PTAR Los Tajos y el cuarto ubicado debajo del puente del Río Tárcoles, a 600 metros de la desembocadura del río del mismo nombre. Se realizaron muestreos para determinar el número más probable de coliformes termotolerantes (fecales) y *E. coli* de los años 2017-2018, con el propósito de conocer el impacto de contaminación fecal causado por el efluente PTAR Los Tajos y utilizar luego de conformidad con los caudales anuales de aguas crudas a tratar en los años del periodo 2017 al 2025. Los resultados de las estimaciones indican que, al aumentar el caudal de aguas crudas por año, en el 2025 con un caudal de 2065,64 l/s, la contaminación fecal de la desembocadura de la Cuenca Virilla-Tárcoles pasará de 9400 CF/100 mL en el 2016 a 254.656 CF/100 mL en el 2025. No obstante, es importante anotar, que las estimaciones del aumento del caudal, en la realidad no se incrementaron como se proyectaron para los años del 2019 al 2023. Sin embargo, siempre es necesario adelantar la construcción de la segunda etapa de la PTAR Los Tajos con el desarrollo y operación del tratamiento biológico o secundario, con el fin de remover en lugar del 40% de la materia orgánica de las aguas crudas a un 70%, lo cual permitirá mitigar la contaminación de los riachuelos de la mencionada Cuenca Virilla-Tárcoles.

Keywords

Thermotolerant coliforms; Tárcoles river; pollution; Torres river; fecal.

Abstract

This study presents the influence in terms of fecal contamination indicators that the effluent from the Los Tajos Wastewater Treatment Plant (Los Tajos WWTP) has on the Torres River bed and the mouth of the Virilla-Tárcoles basin. The samples were taken in four points; the first 200 meters before the effluent of the Los Tajos WWTP, the second in the effluent of the Los Tajos WWTP, the third 200 meters after the effluent of the Los Tajos WWTP and the fourth located under the Tárcoles River bridge, 600 meters from the mouth of the river of the same name. Sampling was carried out to determine the most probable number of thermotolerant (fecal) coliforms and *E. coli* from the years 2017-2018, with the purpose of knowing the impact of fecal contamination caused by the Los Tajos WWTP effluent and then using it in accordance with the annual flows of raw water to be treated in the years from 2017 to 2025. The results of the estimates indicate that, by increasing the flow of raw water per year, in 2025 with a flow of 2065.64 l/s, the contamination fecal flow from the mouth of the Virilla-Tárcoles Basin will go from 9,400 CF/100 mL in 2016 to 254,656 CF/100 mL in 2025. However, it is important to note that the estimates of the increase in flow are not in reality increased as projected for the years from 2019 to 2023. However, it is always necessary to advance the construction of the second stage of the Los Tajos WWTP with the development and operation of biological or secondary treatment, in order to remove instead of 40 % of the organic matter in the raw waters to 70%, which will mitigate the contamination of the streams of the aforementioned Virilla-Tárcoles Basin.

Introducción

Los ríos de la cuenca del Grande de Tárcoles (Cuenca 24) se contaminaron a partir de 1820, con la exportación por parte de Costa Rica del primer saco de café. Los estudios sobre la contaminación de estas aguas superficiales iniciaron en el año 1901 con el Ing. Enrique Jiménez Núñez, el cual propuso un sistema de filtración y tanques sépticos para tratar los desechos de café [1]. En 1915, El Dr. Clodomiro Picado y su colaborador Francisco Sancho realizaban un estudio donde compararon la calidad de las aguas de Tres Ríos y los del Río Tiribí [2]. En 1934, el mismo Dr. Picado publicó en la revista *Atisvos del Instituto de Biología Vegetal*, un trabajo sobre el “Mejoramiento del Café en Grano en Medios Biológicos” [3]. En 1936, el presidente León Cortés decretó un Reglamento de Beneficios de café, que indicaba en su artículo 14 “Queda terminantemente prohibido descargar las cáscaras o broza del café a los ríos o caños de agua y regarlas sobre terrenos sin haberlas convertido en abono por medio de un sistema que establece el presente reglamento” [4].

A partir del inicio de la década de 1980, funcionarios del Laboratorio Central del AyA-hoy Laboratorio Nacional de Aguas (LNA), mediante el Decreto Ejecutivo 26-066-S [5], iniciaron varios estudios sobre la contaminación orgánica de los ríos de esta importante cuenca. Entre ellos podemos citar los siguientes:

- Niveles de Agentes tensoactivos Aniónicos en las Aguas de la Cuenca del Virilla-Grande de Tárcoles, Costa Rica [6].
- Comportamiento de la carga orgánica en la Cuenca 24: Virilla-Tárcoles [7].
- Contenido de Coliformes Fecales, Demanda Bioquímica de Oxígeno y Oxígeno Disuelto en el Río Grande de Tárcoles, Período 1981-1984 [8].
- Criterios Bacteriológicos y Calidad Sanitaria de las Aguas de las Playas de Costa Rica. Período 1986-1987 [9].
- Estudio sinóptico para mejorar el programa de evaluación de la carga contaminante en la Cuenca del río Grande de Tárcoles [10].
- Distribución estacional de la Carga contaminante a lo largo del cauce del Río Grande de Tárcoles, Costa Rica [11].
- Estudio sobre el Contenido de Metales Pesados en los ríos del Área Metropolitana Ingeniería y Ciencia Química [12].
- “Evaluación Preliminar del Río Tiribí. Período 1981-1982 [13].
- Un modelo Cuatrimestre-Bimestre para estimar la variación de la carga orgánica en aguas superficiales. [14]
- Codificación de la Calidad del Agua de la Cuenca del Río Grande de Tárcoles, Costa Rica [15].
- Desechos de Café y su Impacto sobre la Subcuenca Bermúdez [16].

Estos estudios se realizaron en el contexto del Programa de Monitoreo de la cuenca 24, apoyados por el AyA, para obtener datos, con el propósito de buscar una solución para tratar las aguas residuales del alcantarillado metropolitano. En este contexto en julio de 1988, se firmó el contrato con la Compañía TAHAL Consulting Engineer Ltda, la cual propuso varias alternativas y solicitan un préstamo para la reconstrucción del Alcantarillado Metropolitano y el tratamiento de las aguas residuales domésticas en San José. No obstante, pasaron más de 15 años para que se aprobara la Ley 8559 para la implementación del Proyecto de Mejoramiento Ambiental

del Área Metropolitana de San José a través de un préstamo con el Banco Japonés para la Cooperación Internacional (JBIC) y, es así como a partir de marzo del 2007 que se consolidó e inició la Unidad Ejecutora AyA-JBIC [17].

En su primera etapa asciende a \$307 millones, lo cual no incluye el rubro de la Gestión del Programa, la que debía finalizar en el 2021. Esta etapa incluye 360 kilómetros de rehabilitación del alcantarillado sanitario, con la construcción de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, denominada Los Tajos, con tratamiento primario o remoción del 40% de los compuestos orgánicos de las aguas residuales, cubriendo unos 1070.000 habitantes para un 65%. La primera fase de este proyecto tiene como fin sanear la cuenca del río Grande de Tárcoles, con la recolección y tratamiento de las aguas residuales de la Gran Área Metropolitana. Luego, se deberá implementar la segunda etapa del Alcantarillado Metropolitano que cubrirá a una población de 1,6 millones de habitantes a lo cual se debe ir agregando las ciudades de Heredia, Alajuela y demás cabeceras de los cantones que descarga la cuenca Virilla-Tárcoles. En esta etapa la Planta de Tratamiento de Los Tajos debería ser de tratamiento secundario y remover entre el 70% a 80% de la contaminación de las aguas residuales.

En razón de lo anterior y debido a que la Planta de Los Tajos se inauguró el 10 de setiembre del 2015, con un caudal inicial de 238 L/s, el cual ha venido avanzando con la conexión paulatina los colectores, se presenta este estudio con el objetivo de determinar el aporte de contaminación fecal aportada por la Planta de Aguas Residuales Los Tajos sobre el Río Torres y Río Tárcoles a través de análisis microbiológicos en los meses de mayo del 2017 a mayo del 2018, con el propósito de estimar las contaminaciones en concordancia con los aumentos de caudales de entrada a la planta.

Materiales y métodos

Definición de los puntos de muestreo y análisis de Coliformes fecales.

Se definieron la frecuencia y los puntos de muestreo del estudio a realizar en la cuenca del Río Tárcoles o cuenca 24 (Figura 1):

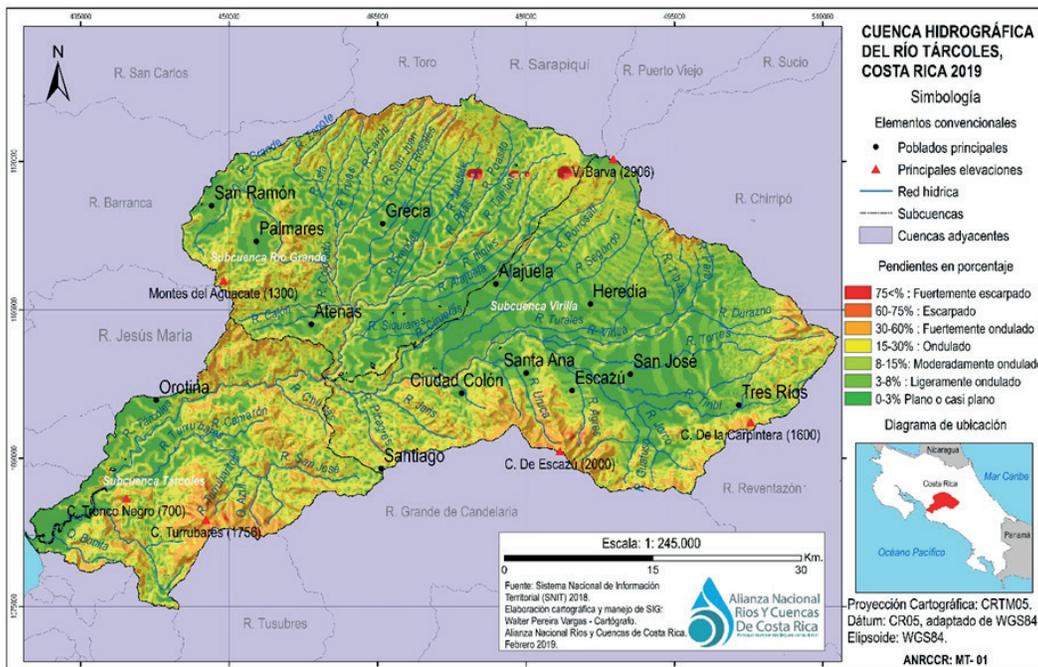


Figura 1. Ilustración cartográfica de la cuenca hidrográfica del Río Tárcoles, Costa Rica. Fuente: Alianza Nacional de Ríos y Cuencas de Costa Rica.

Se realizaron doce muestreos con frecuencia mensual entre mayo del 2017 y mayo del 2018. Los muestreos se realizaron en tres puntos ubicados en la microcuenca del Río Torres y un punto se ubicó en la cuenca del Río Tárcoles, específicamente bajo del puente sobre la Ruta Nacional 34 (Cuadro 1). En cada uno de los puntos de muestreo se tomaron muestras de agua de 100 mL según lo establecido *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* [18]. El transporte de las muestras se realizó en hielo y se analizaron en el Laboratorio Nacional de Aguas en menos de 24 horas.

Determinación de coliformes termotolerantes (fecales) y *Escherichia coli*

El análisis de las muestras de agua se llevó a cabo por medio de la técnica de Número Más Probable (NMP) en fermentación de tubos múltiples según lo establecido en el *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* [18].

Cuadro 1. Detalle de los puntos de muestreo seleccionados para el estudio.

Punto	Río	Dirección
1	Río Torres	200 m Aguas arriba de la descarga de aguas residuales de la PTAR Los Tajos.
2	Río Torres	En el efluente de la PTAR Los Tajos.
3	Río Torres	200 m Aguas abajo de la descarga de aguas residuales PTAR Los Tajos.
4	Río Tárcoles	Bajo el puente sobre el Río Tárcoles, Ruta 34.



Figura 2. Ubicación de los puntos de muestreo 1, 2 y 3 sobre la microcuenca del Río Torres y la salida de la PTAR Los Tajos: A) Aguas arriba del efluente de la PTAR Los Tajos, B) Salida del efluente de la PTAR Los Tajo y C) Aguas bajo del efluente de la PTAR Los Tajos. Fuente: Google Earth, 2019.



Figura 3. Ubicación del punto de muestreo 4, bajo el puente sobre el Río Tárcoles (D). Fuente: Google Earth, 2019.

Estimación de la contaminación fecal en concordancia con el aumento del caudal a tratar en la Planta de Tratamiento de Los Tajos

Utilizando los resultados de concentraciones de coliformes termotolerantes (fecales) y *E. coli*, además de los caudales de entrada esperados para la PTAR, se estimó la posible contaminación fecal en los puntos de muestreo de acuerdo con el caudal a tratar en los años 2017-2025.

Resultados

Se presentan los resultados de concentraciones de indicadores de contaminación fecal, además de los caudales de entrada de la PTAR Los Tajos y las respectivas proyecciones de contaminación en la desembocadura del cuerpo receptor para los años 2016 al 2025.

Concentración de indicadores de contaminación fecal en los puntos de muestreo, 2017-2018

Punto 1: 200 metros antes de la descarga de la PTAR

En el cuadro 2 se observa la contaminación del Río Torres antes de la descarga del efluente de la PTAR Los Tajos. El promedio geométrico de coliformes fecales y *E. coli* es de 2.209.677 NMP/100 mL y de 560.825 NMP/100 mL, respectivamente.

Cuadro 2. Resultado de los Coliformes fecales y *E. coli* aguas arriba del efluente de la PTAR Los Tajos 2017-2018.

Fecha	CF NMP/100mL	EC NMP/100mL
May 2017	1.300.000	790.000
Jun 2017	2.300.000	350.000
Jul 2017	2.300.000	330.000
Ago. 2017	790.000	170.000
Sep. 2017	4.900.000	3.300.000
Oct 2017	790.000	330.000
Nov 2017	2.300.000	350.000
Dic 2017	2.300.000	790.000
Ene 2018	2.300.000	70.000
Feb 2018	2.800.000	330.000
Mar 2018	7.900.000	4.900.000
Abr 2018	2.300.000	1.300.000
May 2018	2.300.000	790.000
Promedio Geométrico	2.210.000	561.000

Efluente de la PTAR Los Tajos

En el cuadro 3 se observa la contaminación del efluente de la PTAR Los Tajos. El promedio geométrico de Coliformes fecales y *E. coli* es de 25.543.940 NMP/100 mL y de 6.121.039 NMP/100 mL respectivamente.

Cuadro 3. Resultado de los Coliformes fecales y *E. coli* en el efluente de la PTAR Los Tajos 2017-2018.

Fecha	CF NMP/100mL	EC NMP/100mL
May 2017	49.000.000	23.000.000
Jun 2017	23.000.000	13.000.000
Jul 2017	49.000.000	23.000.000
Ago 2017	23.000.000	13.000.000
Sep 2017	23.000.000	7.900.000
Oct 2017	7.900.000	2.300.000
Nov 2017	23.000.000	2.800.000
Dic 2017	23.000.000	3.500.000
Ene 2018	2.800.000	220.000
Feb 2018	28.000.000	1.300.000
Mar 2018	79.000.000	33.000.000
Abr 2018	79.000.000	23.000.000
May 2018	33.000.000	4.900.000
Promedio Geométrico	25.540.000	6.121.000

CF: coliformes fecales. EC: *E. coli*. Fuente: LNA

Contaminación fecal: 200 metros después de la descarga de la PTAR: 2017-2018

En el cuadro 4 se presentan los resultados de Coliformes fecales y *E. coli* obtenidos para el Río Torres en el punto aguas abajo de la PTAR Los Tajos. Se obtuvieron promedios geométricos de 11.077.102 NMP/100 mL para coliformes fecales y de 2.474.791 NMOP/100 mL para *E. coli*.

Cuadro 4. Niveles de coliformes fecales y *E. coli* aguas abajo del efluente de la PTAR Los Tajos, 2017-2018.

Fecha	CF NMP/100mL	EC NMP/100mL
May 2017	13.000.000	7.900.000
Jun 2017	13.000.000	2.800.000
Jul 2017	4.900.000	3.300.000
Ago 2017	7.900.000	3.500.000
Sep 2017	13.000.000	4.900.000
Oct 2017	2.300.000	790.000
Nov 2017	13.000.000	1.300.000
Dic 2017	7.900.000	2.3000000
Ene 2018	3.300.000	110.000
Feb 2018	22.000.000	790.000
Mar 2018	23.000.000	17.000.000
Abr 2018	49.000.000	13.000.000
May 2018	23.000.000	2.300.000
Promedio Geométrico	11.077.102	2.474.791

CF: coliformes fecales. EC: *E. coli*. Fuente: LNA

Contaminación por indicadores fecales en la desembocadura del Río Virilla-Tárcoles: 2017-2018

En el cuadro 5 se observa la contaminación del Río Tárcoles en su desembocadura. El promedio geométrico de Coliformes fecales y *E. coli* es de 2.209.677 NMP/100 mL y de 790.000 NMP/100 mL respectivamente.

Cuadro 5. Niveles de coliformes fecales y *E. coli* en la desembocadura del Río Tárcoles en el período, 2017-2018.

Fecha	CF NMP/100mL	EC NMP/100mL
May 2017	23.000	7.900
Jun 2017	490.000	40.000
Jul 2017	23.000	3.300
Ago 2017	490.000	230.000
Sep 2017	790.000	490.000
Oct 2017	230.000	79.000
Nov 2017	130.000	4.000
Dic 2017	79.000	49.000
Ene 2018	130.000	79.000
Feb 2018	49.000	23.000
Mar 2018	7.900	4.900
Abr 2018	33.000	23.000
May 2018	230.000	33.000
Promedio Geométrico	99.237	29.407

CF: coliformes fecales. EC: *E. coli*. Fuente: LNA

Caudales de entrada a la PTAR: 2016-2018 y expectativas 2019 al 2025

Con base en los caudales proyectados para los años 2019-2025 de la PTAR Los Tajos (Figura 4) y los promedios obtenidos de Coliformes fecales (Cuadro 3) se procedió a estimar la contaminación esperada para la desembocadura del Río Tárcoles para esos años manteniendo las condiciones actuales (Cuadro 6).



Figura 4. Caudales proyectados para el efluente de la PTAR Los Tajos del año 2016 al 2025. Fuente. LNA.

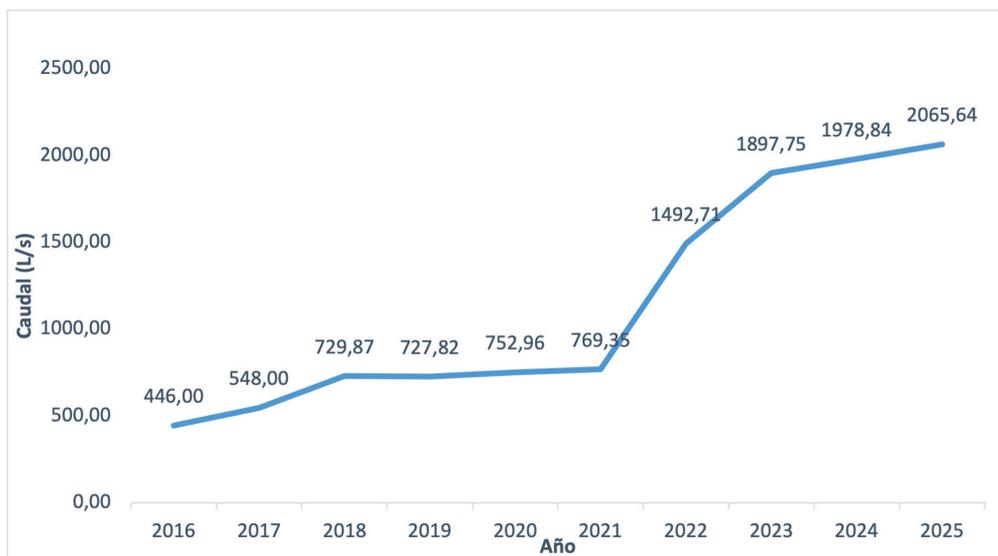


Figura 5. Proyección de caudales para el efluente de la PTAR Los Tajos del año 2016 al 2025. Fuente: LNA.

Contaminación fecal estimada para el periodo 2016 al 2025

En la figura 3, se presenta las estimaciones de contaminación fecal para los años 2016 al 2025.

Cuadro 6. Comparación caudal vs coliformes fecales proyectados al 2025 en la desembocadura del Río Tárcoles.

Comparación Caudal vs Coliformes fecales proyectados al año 2025 en la desembocadura		
Año	Caudal (L/s)	CF/100 mL
2016	446.00	9.400
2017	548.00	23.000
2018	729.87	90.000
2019	727.82	90.000
2020	752.96	93.000
2021	769.35	95.000
2022	1492.71	185.000
2023	1897.75	234.000
2024	1978.84	244.000
2025	2065.64	255.000

Fuente. LNA.

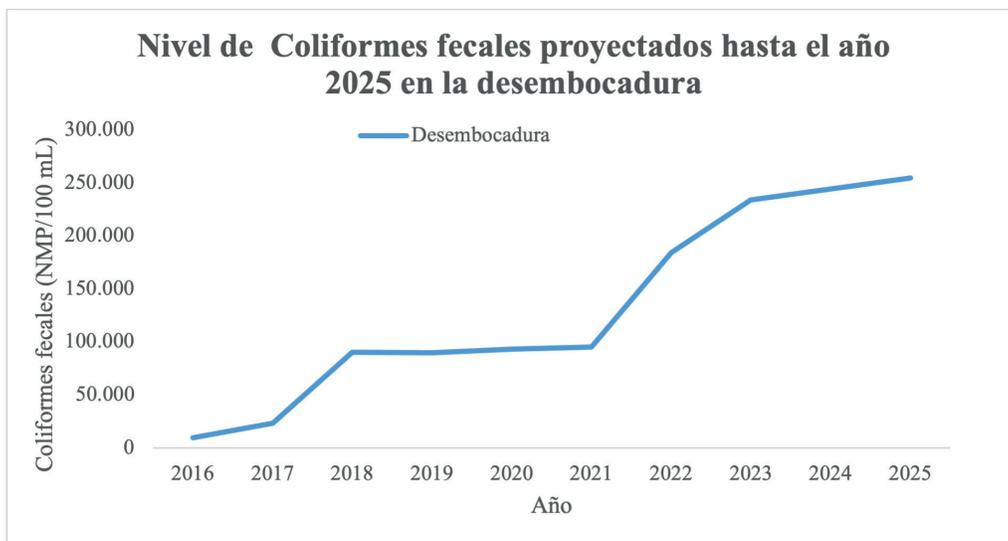


Figura 6. Caudales y niveles de coliformes fecales proyectados para el efluente de la PTAR Los Tajos del año 2016 al 2025. Fuente: LNA.

Durante los años 2019 al 2023 se realizaron campañas de muestreo trimestrales en los nuestros en los puntos de muestreo establecidos. Se compararon los resultados obtenidos en la campaña 2017-2018 con los promedios de los resultados de años posteriores, así como con lo proyectado al año 2023.

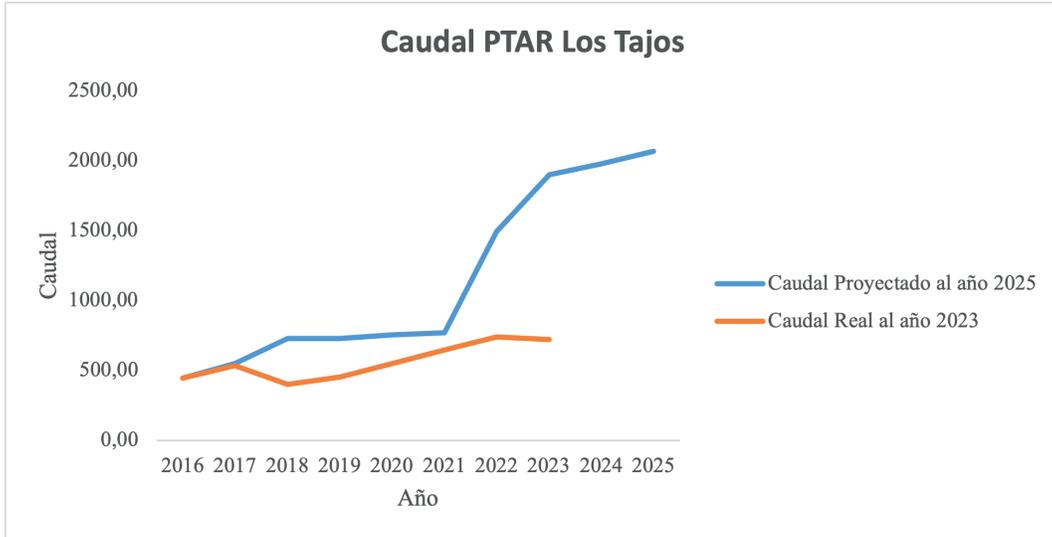


Figura 7. Caudales para el efluente de la PTAR Los Tajos al año 2023 y lo proyectado al 2025. Fuente: LNA.

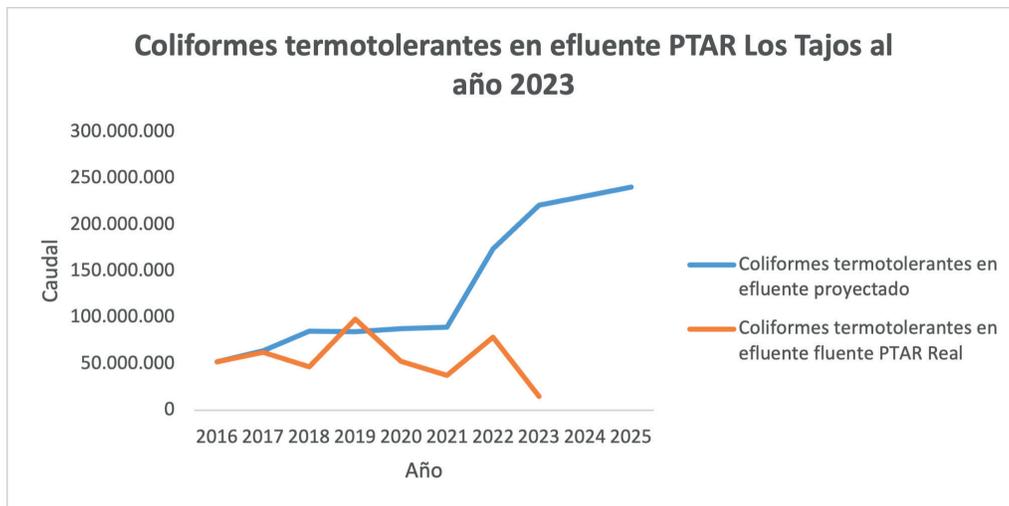


Figura 8. Coliformes termotolerantes (fecales) promedios para el efluente de la PTAR Los Tajos al año 2023 y lo proyectado al 2025. Fuente: LNA.



Figura 9. Coliformes termotolerantes (fecales) promedios para el Río Torres Aguas Abajo de la PTAR Los Tajos al año 2023 y lo proyectado al 2025. Fuente: LNA.

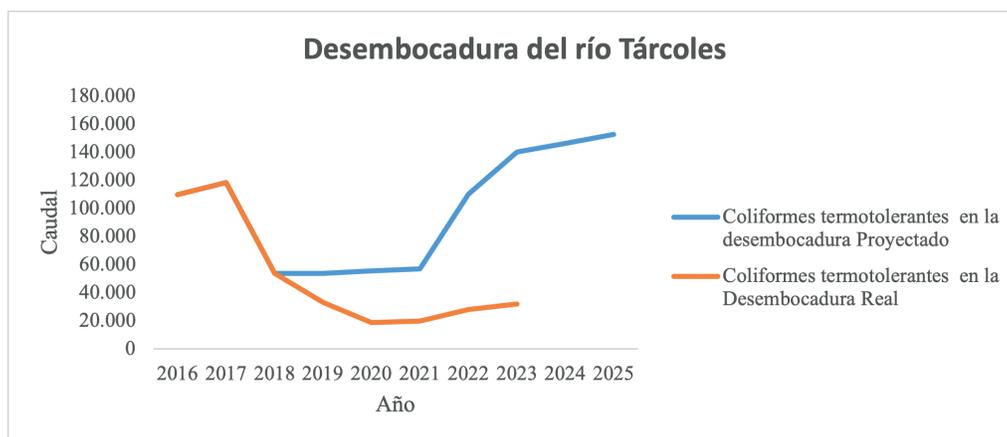


Figura 10. Coliformes termotolerantes (fecales) promedios para la desembocadura del río Tárcoles al año 2023 y lo proyectado al 2025. Fuente: LNA

Conclusiones

Los resultados obtenidos muestran la alta contaminación que la cuenca mantiene a lo largo del año, así como el impacto directo generado por el efluente de la PTAR Los Tajos.

Las altas concentraciones de indicadores de contaminación fecal en el punto ubicado 200 m antes de la descarga de la PTAR Los Tajos, demuestran la contaminación persistente con microorganismos indicadores que se mantienen en los ríos del Gran Área Metropolitana, no obstante, la descarga de la PTAR Los Tajos, con hasta 25 millones de coliformes fecales/100 mL, provoca un impacto sobre el cauce del cuerpo receptor (Río Torres) que inclusive disminuye su calidad. Lo anterior evidenciar por medio de los resultados obtenidos tanto en el punto ubicado aguas arriba de la salida de la PTAR, como en el punto ubicado 200 m después de la PTAR.

De igual manera, la comparación con los resultados al año 2023 demuestran que al no haber un aumento en el caudal de la PTAR los valores de contaminación se mantienen menores según lo proyectado.

Las proyecciones de contaminación por indicadores fecales indican que para el 2025, la desembocadura del Río Tárcoles podría llegar a tener una concentración de aproximadamente 2.5×10^5 coliformes fecales/100 mL, lo cual se reflejará en un impacto sin precedentes en las aguas marinas de las playas aledañas a la desembocadura. Sin embargo, estas proyecciones están ligadas a un aumento en el caudal de la PTAR una vez que se complete el alcantarillado sanitario.

Se recomienda dar prioridad al proyecto que contempla la construcción y puesta en marcha de la etapa de tratamiento secundario o biológica de la PTAR Los Tajos, con el fin de aumentar el porcentaje de remoción de un 40% a un 70% y de esta manera amortiguar la contaminación que sufre el cuerpo receptor (Cuenca 24: Virilla-Tárcoles).

Referencias

- [1] Gobierno de Costa Rica. 1991. *Concurso de ámbito nacional para buscar la solución a la disposición de los desechos de café*. Facultad de Medicina; 1991.
- [2] Sancho Jiménez, F y Picado, C. 1985. *"Informe presentado con respect al análisis comparado de las aguas de Tres Ríos y Tiribí"*. En Picado Twigh, Clodomiro. Obras completas. Cartago. Editorial Tecnológica de Costa Rica; 1988, Vol. 5.

- [3] Picado, C. 1934. *Mejoramiento del Café en Grano por Medios Biológicos*. Archivos de Institución de Biología Vegetal, pág. 68-85. 1934.
- [4] La Gaceta. 1936. *Reglamento de beneficios de café*. Gaceta N°218-25, Setiembre de 1936.
- [5] Poder Ejecutivo de Costa Rica. 1980. *Decreto Ejecutivo N°26-066-S*. Designación del Laboratorio Central como Laboratorio Nacional de Aguas.
- [6] Chacón B. et al. *Comportamiento de la carga orgánica en la Cuenca 24: Virilla-Tárcoles*. *Tecnología en Marcha*. Vol. 7, N°3, 1984.
- [7] Chacón B. et al. 1982. *Niveles de Agentes tensoactivos Aniónicos en las Aguas de la Cuenca del Virilla-Grande de Tárcoles, Costa Rica*. *Tecnología en Marcha*, Vol.5, N°3, 1982.
- [8] Mata A., González E., Rojas J., Mora D & Sequeira M. 1987. *Contenido de Coliformes Fecales, Demanda Bioquímica de Oxígeno y Oxígeno Disuelto en el Río Grande de Tárcoles, Período 1981-1984*. *Revista Tecnología en Marcha*, Vol.8, N° 2 y 3; 1987.
- [9] Mora D. 1989. *Criterios Bacteriológicos y Calidad Sanitaria de las Aguas de las Playas de Costa Rica. Período 1986-1987*. *Rev. Tecnología*. Vol.9, N°3, 1989.
- [10] Ramírez, J.M. 1987. *Estudio sinóptico para mejorar el programa de evaluación de la carga contaminante en la Cuenca del río Grande de Tárcoles*. Tesis de grado, Facultad de Ciencias; Escuela de Química; U.C.R., 1987.
- [11] Ramírez, J. & Rodríguez A. 1990. *Distribución estacional de la Carga contaminante a lo largo del cauce del Río Grande de Tárcoles, Costa Rica*. *Tecnología en Marcha*. Vol.10, N°3, pag.36-43. 1990.
- [12] Ramírez J., et al., *Estudio sobre el Contenido de Metales Pesados en los ríos del Area Metropolitana*. *Ingeniería y Ciencia Química*. Vol.9, N°1. pag. 11-13, 1985.
- [13] Pacheco, V, Mata, A & Sequeira M. 1987. *"Evaluación Preliminar del Río Tiribí. Período 1981-1982"*. *Tecnología en Marcha*. Vol.8, N°2-3; 1987.
- [14] Sequeira, M.y Chacón, B. 1987. *Un modelo Cuatrimestre-Bimestre para estimar la variación de la carga orgánica en aguas superficiales*. *Revista Tecnología en Marcha*, Vol. 8, N°2 y 3, 1987.
- [15] Sequeira M., et al. *Codificación de la Calidad del Agua de la Cuenca del Río Grande de Tárcoles, Costa Rica*. *Tecnología en Marcha*. Vol. 9, N°2, 1988.
- [16] Sequeira M., Ramírez J., Mora D. 1987. *Desechos de Café y su Impacto sobre la Subcuenca Bermúdez*. *Rev. Tecnología en Marcha*. Vol. 8, N°2 y 3, 1987.
- [17] Poder Ejecutivo. *Reglamento de Clasificación de Cuerpos de aguas Superficiales*. San José. Gaceta N°178, Decreto N°33903-MINAE-S; 17 de setiembre 2007; pág. 1-16.
- [18] American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation. Lipps WC, Braun-Howland EB, Baxter TE, eds. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 24th ed. Washington DC: APHA Press; 2023.