

## Evaluación de las características fisicoquímicas y microbiológicas del agua del arroyo Pindoty en el distrito de Coronel Oviedo año 2021

### Evaluation of the physicochemical and microbiological characteristics of the water of the Pindoty stream in the district of Coronel Oviedo in 2021

Dávalos-Figueroa, D. S.<sup>1</sup>; Achucarro-Candia, G. A.<sup>2</sup>; Candia-Sosa, G. I.<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>Doris-Sofía Dávalos-Figueroa - Código ORCID: 0009-0000-5762-623X - Correo electrónico: doris.davalos746@fcpunk.edu.py - Egresada de la Carrera de Ingeniería Ambiental, Facultad Ciencias de la Producción, Universidad Nacional de Caaguazú.

<sup>2</sup>Guillermo-Aníbal Achucarro-Candia, Código ORCID: 0009-0003-2295-3718 - Correo electrónico: guillermo.achucarro@fcpunk.edu.py, Carrera de Ingeniería Ambiental, Facultad Ciencias de la Producción, Universidad Nacional de Caaguazú.

<sup>3\*</sup>Gloria-Isabel Candia-Sosa - Código ORCID: 0000-0002-8216-6754 - Correo de correspondencia: gloria.candia@fcpunk.edu.py, Ingeniería Ambiental, Facultad Ciencias de la Producción, Universidad Nacional de Caaguazú.

Autoras y autor no declaran conflictos de interés. Este proyecto no ha sido financiado por ninguna institución.

*Fecha recepción: 14 noviembre 2022; Fecha revisión 10 febrero 2023; Fecha aceptación: 11 de abril de 2023.*

#### Resumen

La gran cantidad de cauces hídricos en estados críticos de contaminación, principalmente, es a consecuencia de las actividades antropogénicas realizadas sin la debida protección al ambiente y por ende se produce una notable alteración en las propiedades mismas del agua, perdiendo su calidad. El objetivo principal de la investigación fue evaluar la calidad físico-química y biológica del agua del Arroyo Pindoty, de Coronel Oviedo. Metodología: La investigación fue no experimental, de corte transversal, con enfoque cuali-cuantitativo y de alcance descriptivo, la población de unidades estuvo constituida por el arroyo y la selección de muestras fue no probabilística por conveniencia, con un análisis retrospectivo. La selección de las muestras fue no probabilística por conveniencia. La técnica de recolección de datos fue con la toma de muestras en cuatro puntos distintos del arroyo y un posterior examen laboratorial teniendo en cuenta los parámetros estudiados. Resultados: Los resultados de los análisis laboratoriales y de las mediciones in situ, determinó que la DBO<sub>5</sub> arrojó un resultado elevado y superaba el límite permisible en los 4 puntos de extracción de las muestras, los coliformes fecales superaron el límite permisible a partir del P3 continuando hasta el P4, asimismo, la presencia del color verde en el agua se observó a partir del P2, a consecuencia del vertido de efluentes de la Planta de Tratamiento de la ESSAP, color que persiste durante todo el trayecto estudiado del cauce.

**Palabras clave:** cauces hídricos, contaminación, efluentes, propiedades.

#### Abstract

The large number of water channels in critical states of contamination, mainly, is a consequence of anthropogenic activities carried out without due protection of the environment and therefore a notable alteration is produced in the properties of the water itself, losing its quality. The main objective of the research was to evaluate the physical-chemical and biological quality of the water of Arroyo Pindoty, of Coronel Oviedo. Methodology: The research was non-experimental, cross-sectional, with a qualitative-quantitative approach and descriptive scope, the unit population was made up of the stream and the sample selection was non-probabilistic for convenience, with a retrospective analysis. The selection of the samples was non-probabilistic for convenience. The data collection technique was with the taking of samples in four different points of the stream and a subsequent laboratory examination taking into account the parameters studied. Results: The results of the laboratory analyzes and the measurements in situ, determined that the BOD<sub>5</sub> yielded a high result and exceeded the permissible limit in the 4 points of extraction of the samples, the fecal coliforms exceeded the permissible limit from P3 continuing up to P4, likewise, the presence of the green color in the water was observed from P2, as a consequence of the discharge of effluents from the ESSAP Treatment Plant, a color that persists throughout the studied path of the channel.

**Keywords:** water channels, pollution, effluents, properties.

**Introducción**

La disponibilidad de agua por recurso superficial es de 67.000 m3/hab, lo que convierte al Paraguay en el país con más disponibilidad per cápita de América del Sur. Esta disponibilidad media está limitada por dos factores: la concentración de un tercio de la población en la capital y el departamento central y el deterioro resultante de la actividad antropogénica y en menos escala de las industrias (Monte, 2004).

A nivel mundial y regional, estudios científicos advierten sobre la contaminación de los cauces hídricos y aguas subterráneas, Paraguay no cuenta con datos certeros respecto a la contaminación de las grandes reservas de agua dulce que existen en el país, tampoco existe certeza respecto a la calidad del agua que consume la población paraguaya y el estado no invierte en investigaciones ni medidas de protección que puedan ayudar a evitar los daños al ambiente y a la salud (BASEIS, 2018).

La problemática hídrica nacional se presenta en situaciones de dificultad en la disponibilidad espacial y temporal del agua superficial en el nivel regional y local, causadas por diferentes aspectos tales como: demanda de agua en zonas donde la oferta hídrica es limitada, el mal uso dado históricamente a algunos cuerpos de agua alterando la oferta hídrica natural en cantidad y en distribución espacio-temporal y el deterioro de la calidad del agua por sedimentos y contaminación (Salas).

Con la presente investigación se busca tener una clara aproximación acerca de los contaminantes que se encuentran presentes en el agua del Arroyo Pindoty a consecuencia del vertido del agua residual y conocer si se encuentran dentro de los parámetros establecidos, como así también el comportamiento de dicha contaminación durante todo el trayecto estudiado. Con los resultados obtenidos se pretende dar a conocer el impacto ambiental negativo que ejerce la Planta de Tratamiento de efluentes al arroyo y esperar la intervención por parte de la ESSAP; igualmente, contribuir de esta forma la realización de futuras investigaciones científicas en los cauces hídricos.

**Materiales y Métodos**

El tipo de investigación fue no experimental, descriptivo, la recolección de las muestras de agua y su respectivo análisis se realizó en el mes de agosto del año 2021, en el Arroyo Pindoty ubicado en el Barrio Pindoty de la Ciudad de Coronel Oviedo.

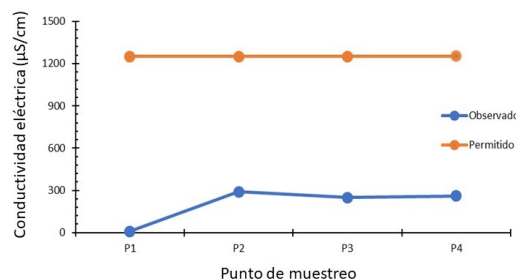
El muestreo fue no probabilístico, por conveniencia abarcando una superficie parcial del cauce en estudio. La recolección de datos se pudo distinguir en tres etapas, la cual se diferencia por el tipo de actividad que fue realizada: en la primera etapa se llevó a cabo la observación del cauce hídrico en estudio como así también la Planta de Tratamiento de Efluentes; en la segunda etapa, la extracción de las muestras de agua en los puntos establecidos y las mediciones *in situ*, la tercera etapa constituyó la realización de los análisis laboratoriales para su posterior comparación

de los resultados con las normas nacionales establecidas y con los análisis previamente hechos en el arroyo Pindoty por la ESSAP.

Las variables de estudio fueron: características físicas (color, olor, conductividad eléctrica, temperatura); características químicas (DBO<sub>5</sub>, DQO y pH); características microbiológicas (coliformes fecales); caracterización del impacto de la planta de tratamiento y los resultados comparativos del año 2018, 2020 y 2021.

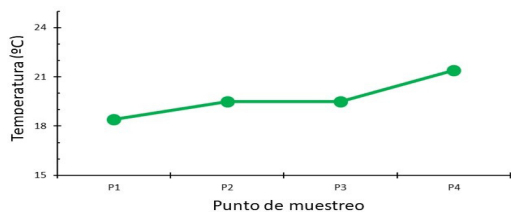
**Resultados**

Los resultados obtenidos sobre la conductividad eléctrica en el agua del arroyo Pindoty, indican que en el P1 25°25'39.17"S y 56°28'43.96"O es más bajo de todos (Figura 1), teniendo un aumento en el P2 25°26'26.36"S y 56°29'25.41"O y manteniéndose en el 25°26'42.07"S de y 56°29'56.91"O y P4 25°26'55.37"S y 56°30'40.77"O. A través de los resultados se determinó que en todos los puntos de muestreo el parámetro se encontraba dentro de los límites permisibles señalados en la Resolución 222/02 que establece el Padrón de Calidad de Agua.



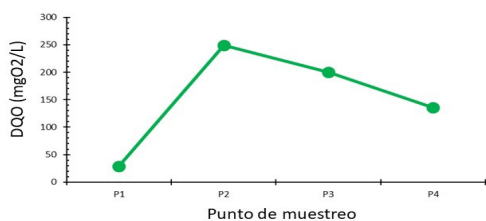
**Figura 1.** Análisis físico correspondiente a la conductividad eléctrica en el cauce del arroyo.

De acuerdo a la temperatura medida (Figura 2), el P1 25°25'39.17"S y 56°28'43.96"O presentaron temperaturas bajas, luego el P2 25°26'26.36"S y 56°29'25.41"O y el P3 25°26'42.07"S de y 56°29'56.91"O se mantuvieron constantes, siendo el P4 25°26'55.37"S y 56°30'40.77"O con la temperatura más elevada.



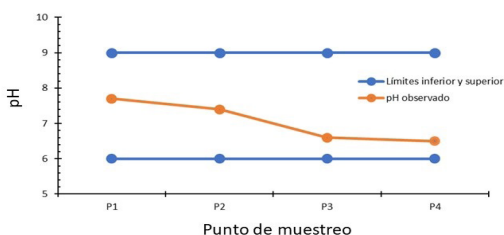
**Figura 2.** Análisis físico correspondiente a la temperatura en el cauce del arroyo.

La DQO, analizado en los 4 puntos estudiados en el cauce hídrico (Figura 3), siendo el P2 25°26'26.36"S y 56°29'25.41"O con mayor demanda química de oxígeno, siguiendo el P3 25°26'42.07"S de y 56°29'56.91"O y P4 25°26'55.37"S y 56°30'40.77"O.



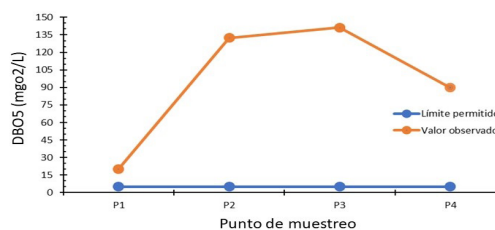
**Figura 3.** Análisis químico correspondiente a la demanda química de oxígeno (DQO) en el cauce del arroyo.

El potencial de hidrógeno en el P1 25°25'39.17"S y 56°28'43.96"O y P2 25°26'26.36"S y 56°29'25.41"O se encuentra en rangos elevados (Figura 4), mientras que en el P3 25°26'42.07"S de y 56°29'56.91"O y P4 25°26'55.37"S y 56°30'40.77"O va disminuyendo. Sin embargo, en ninguno de los 4 puntos de extracción de muestras sobrepasa los límites permisibles.



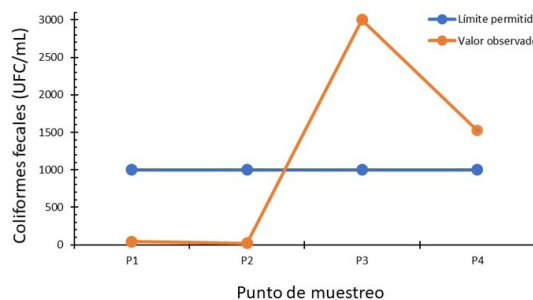
**Figura 4.** Análisis químico correspondiente al pH en el cauce del arroyo.

La cantidad de oxígeno requerido para degradar la materia orgánica en el agua (Figura 5) supera el límite establecido en la resolución 222/02 desde el P1 25°25'39.17"S y 56°28'43.96"O hasta el P4 25°26'55.37"S y 56°30'40.77"O.



**Figura 5.** Análisis químico correspondiente a la demanda biológica de oxígeno en el cauce del arroyo

En los puntos de extracción P1 25°25'39.17"S y 56°28'43.96"O y P2 25°26'26.36"S y 56°29'25.41"O (Figura 6) la concentración de coliformes fecales en el agua se encuentran dentro del límite permisible, situación que cambia en el punto número P3 25°26'42.07"S de y 56°29'56.91"O y P4 25°26'55.37"S y 56°30'40.77"O que sobrepasa totalmente el límite de 1000 UFC (según legislación nacional) en el agua.



**Figura 6.** Análisis bacteriológico correspondiente al recuento de coliformes fecales (UFC/mL) presentes en el cauce del arroyo

**Discusión**

En la investigación se observó que, en cuanto a la conductividad eléctrica, los valores obtenidos se encontraban dentro de los límites admisibles por la ley, Cánovas et al, (2005 ), afirman que cuando se trata del vertido de aguas residuales a un cauce hídrico el principal problema es la contaminación orgánica, ya que presenta peores características de calidad y con una elevada conductividad eléctrica.

La temperatura se mantuvo constante sin muchas variaciones, resultado que concuerda con el obtenido por Rodríguez et al, (2019), en donde los valores de temperatura arrojados se encontraron dentro del límite permisible, teniendo en cuenta la temperatura ambiente.

En cuanto a la DQO, los valores obtenidos aumentan a partir del P2. La investigación realizada por Bolaños et al, (2015), los resultados demostraron que los valores de DQO en donde todas las muestras superan el valor máximo permitido, en comparación con el resultado de

esta investigación, los valores son elevados a partir del P2.

El parámetro químico del pH, arrojó valores que se encontraban dentro de los límites permisibles, Cánepa et al, (2020) en la investigación señalan que el pH presentó un valor promedio mayor a 7. Comparando con los valores obtenidos en esta investigación, existe una similitud en el muestreo correspondiente al P1 y P2.

La demanda biológica de oxígeno en todos los puntos del cauce hídrico estudiado, presentó valores que superaban el límite establecido por la ley. Resultado similar al de la investigación realizada por Cañete, (2019), en donde los parámetros analizados presentaron valores por encima de los valores máximos permisibles.

De acuerdo a los resultados obtenidos para el recuento de coliformes fecales, la concentración de los mismos en el P3 y P4 fueron elevados y sobrepasaban el límite permisible. En la investigación realizada por Álvarez et al, (2008), el número más alto de coliformes fecales debido a las aguas residuales fue de 24.000 NMP/100 ml, valor considerado fuera de la norma.

### Conclusiones

En la investigación, a partir de los resultados obtenidos se llegaron a las siguientes conclusiones: en cuanto a las características físicas, en el P2 el agua se tornaba de un color verde, color que persiste en todo el trayecto estudiado hasta el P4, fue percibido olores desagradables durante la extracción de las muestras, la temperatura desde el primer punto hasta el último fue ascendiendo, con una mayor temperatura en agua extraída del P4, el parámetro de la conductividad eléctrica presentó valores mínimos en el P1, aumentando en el P2 y manteniéndose constante en el P3 y P4.

Con respecto a las características químicas, la demanda química de oxígeno, en el P1 fue baja, sin embargo, en el trayecto del cauce fue aumentando, siendo la medición más elevada en el P2; por otro lado, el pH estuvo dentro de los límites permisibles en los cuatro puntos de muestreos, manteniéndose entre 7 y 6; la demanda biológica de oxígeno tanto en el P1 hasta el P4 arrojó valores elevados, superando los niveles permisibles por la ley.

En el recuento de coliformes fecales en el análisis microbiológico de las muestras extraídas se observó que, del P1 y P2 el parámetro se encuentra en los límites establecidos por la ley, Sin embargo, la concentración de coliformes fecales en el agua aumentaron en el P3 y P4, superando el límite permisible. Se cree de la existencia de otra fuente contaminante que aumenta la presencia de coliformes en el agua a parte del vertido de aguas residuales al cauce.

Con los resultados obtenidos realizando tanto el análisis in situ como los laboratoriales, se determinó el impacto que genera la Planta de Tratamiento de Efluentes de la ESSAP al verter las aguas residuales ya tratadas al Arroyo Pindoty, principalmente por la evidente contaminación del mismo, al observar el color y las alteraciones que presentaron algunos parámetros medidos, quedando claro que el efluente vertido al cauce hídrico no se encuentra debidamente tratado y que no posee la calidad requerida para su vertido al mismo.

De acuerdo con la comparación de los resultados proveídos por la ESSAP en el P2 con los obtenidos en esta investigación, se observó que la temperatura, los valores del pH y la conductividad eléctrica coinciden con los resultados presentados en la investigación, la DQO se mantuvo en valores bajos, aumentando en los resultados de los análisis realizados en el mes de agosto del 2021, asimismo, los valores de la DBO<sub>5</sub> también en los análisis anteriores superaban levemente los límites permisibles, en cuanto al recuento de coliformes fecales, concuerda con los resultados obtenidos en la investigación.

### Agradecimientos

Parte de este trabajo formó parte de la Tesis de Grado de Doris Sofía Dávalos Figueredo de la Carrera de Ingeniería Ambiental, Facultad Ciencias de la Producción, Universidad Nacional de Caaguazú, Coronel Oviedo, Paraguay.

### Referencias Bibliográficas

- Álvarez, J. P. A., Panta, J. E. R., Ayala, C. R. & Acosta, E. H. (2008). Calidad integral del agua superficial en la cuenca hidrológica del Río Amajac. *Revista Información Tecnológica*. 19(6), 21-32.
- Base de Investigaciones Sociales [BASEIS]. (4 de mayo 2018) *Las aguas bajan turbias: estudios demuestran contaminación con agrotóxicos de ríos Paraná y Paraguay*. <https://www.baseis.org.py/las-aguas-bajan-turbias-estudios-demuestran-contaminacion-con-agrotoxicos-de-rios-parana-y-paraguay/>
- Bolaños, J. D., Montero, N., Rodríguez, N. & Sánchez, A. (16 de diciembre 2015). *Calidad de aguas superficiales; estudio de la quebrada Estero, ubicada en el cantón de San Ramón, Costa Rica*. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/pensamiento-actual/article/view/22593>

- Cánepa, C. M., Álvarez, L. E. & Crojethovich, A. D. (2020). Una revisión ecosistémica de la resiliencia urbana. La relación entre la calidad del agua y usos del suelo en sistemas hídricos. *Revista Tendencias en Docencia e Investigación en Química*. 6(6),141-146.
- Cánovas, C. R., Olías, M., Cerón, J. C. & Nieto, J. M. (2005). Caracterización hidroquímica de los arroyos que vierten a la Ría de Huelva. *Revesita Geogaceta* 37(2005), 107-110
- Cañete, C. (2019). La importancia del control y monitoreo de la *calidad del agua del Río Paraguay para el desarrollo y la defensa nacional*. Reportes Científicos de la FACEN. 10(1), 17-24.
- Monte Domecq, R. (2004). *Visión de los recursos hídricos en Paraguay*. Estudios de Paraguay. CIC.
- Rodríguez Perdomo, J., Polanía Patiño, A., Zapata Ríos, E., Villegas Guzmán, P. & Montañez, M. N. (2019). Caracterización fisicoquímica del agua de la quebrada La Toma, de la ciudad de Neiva, Huila, Colombia. [https://www.researchgate.net/publication/342285775\\_Caracterizacion\\_fisicoquimica\\_del\\_agua\\_de\\_la\\_quebrada\\_La\\_Toma\\_de\\_la\\_ciudad\\_de\\_Neiva\\_Huila\\_Colombia](https://www.researchgate.net/publication/342285775_Caracterizacion_fisicoquimica_del_agua_de_la_quebrada_La_Toma_de_la_ciudad_de_Neiva_Huila_Colombia).
- Salas Dueñas, D. A. (2015). Análisis de la problemática del agua en Paraguay. *Revista Memorias del Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Salud*. 13(1), 97-103