

## **Determinación de la clase de agua del río Tebicuarymi en el punto de captación de agua de la Empresa de Servicios Sanitarios del Paraguay**

### **Determination of the water class of the Tebicuarymi River at the water collection point of the Paraguayan Sanitary Services Company**

*Laura Vázquez Achar*

*Facultad de Ciencias Físicas, Químicas y Matemáticas. Universidad Nacional de Villarrica del Espíritu Santo*

[laura.vazquez@unves.edu.py](mailto:laura.vazquez@unves.edu.py)

*Rubén Gómez Paniagua*

*Facultad de Ciencias Físicas, Químicas y Matemáticas. Universidad Nacional de Villarrica del Espíritu Santo*

[ruben.gomez@unves.edu.py](mailto:ruben.gomez@unves.edu.py)

#### **Resumen**

Se exponen comparaciones de resultados laboratoriales fisicoquímicos y bacteriológicos de muestras tomadas en el punto de captación de la Empresa de Servicios Sanitarios del Paraguay en el Río Tebicuarymi, para los Departamentos de Guairá y Caaguazú, con los parámetros establecidos para la

determinación del tipo de agua a que pertenecen, para establecer si el tipo de tratamiento es el adecuado. Los análisis demuestran altos valores en Nitrógeno, Fósforo, Grasas y aceites, fuera de parámetros para la clasificación escogida, por lo que no es posible determinar la clase de agua a la que pertenece. Los valores altos pueden

deberse a desechos domiciliarios, industriales, y agrotóxicos y fertilizantes usados en la ribera del río. A pesar de los valores altos de los parámetros citados, no implica eutrofización de las aguas

**Palabras clave:** agua, Tebicuarymi, parámetros, variables, tratamiento, clasificación.

### Abstract

Comparisons of physicochemical and bacteriological laboratory results of samples taken at the collection point of the Empresa de Servicios Sanitarios del Paraguay in the Tebicuarymi River, for the Departments of Guairá and Caaguazú, with the parameters established for the determination of the type of water to which they belong, to establish whether the type of treatment is adequate. The analyses show high values of nitrogen, phosphorus, fats and oils, outside the parameters for the chosen classification, so it is not possible to determine the type of water to which it belongs. The high values may be due to

domestic and industrial waste, and agrochemicals and fertilizers used on the river bank. Despite the high values of the above parameters, it does not imply eutrophication of the water.

**Key words:** water, Tebicuarymi, parameters, variables, treatment, classification, eutrophication.

### Introducción

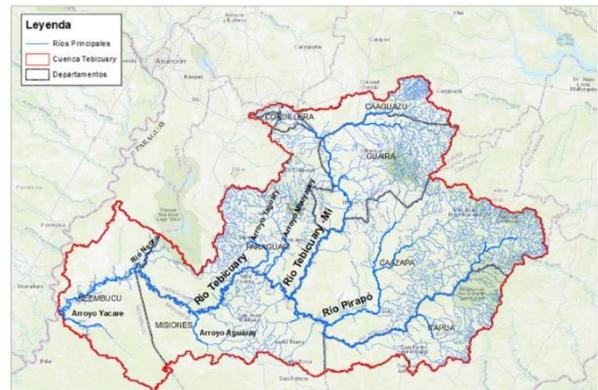
El análisis de la calidad del agua para la determinación de la Clase de Agua es de vital importancia de manera a poder saber si el proceso de potabilización que realiza la Empresa de Servicio Sanitario del Paraguay es suficiente para potabilizar el agua que consumen los pobladores de Villarrica y la Ciudad de Coronel Oviedo. En nuestra Región se encuentran extensos ríos que presentan en sus orígenes una excelente calidad del agua, lo que permite hacer uso del recurso para cualquier clase de actividad socioeconómica y coadyuvar a la preservación ecológica, sin embargo, esta condición cambia en el transcurso

de su cauce. El objetivo de la investigación es analizar el comportamiento de las variables de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos, tales como: grasas y aceites como contaminantes, E. Coli, demanda bioquímica de oxígeno (DBO), oxígeno disuelto (OD), turbidez, pH, cloruros, sólidos totales, nitrógeno, fósforo, nitritos, nitratos, dureza, y determinar si corresponden al tipo de agua para el tratamiento que recibe.

### Materiales y Métodos

Según (Mongelós, 2016), El río Tebicuarymí es un cauce hídrico que se puede considerar como el brazo norte del río Tebicuary (pp 8-10). La cuenca del Río Tebicuary es la más grande de la región Oriental, se encuentra entre los departamentos de Paraguarí, Itapúa, Caaguazú, Guairá, Caazapá, Ñeembucú, Misiones y Cordillera (Figura 1).

### Figura 1: Cuenca del Río Tebicuary.



Nota: Cuenca del Río Tebicuary (Naciones Unidas, 2019,p6)

La resolución 222/02 de la Secretaria del Ambiente también hace referencia a las clases de aguas y sus usos, cuya descripción la podemos encontrar en la Tabla 1, es decir que luego de realizar la caracterización debido a sus propiedades fisicoquímicas se le puede asignar un uso o tratamiento de potabilización. Con respecto a esto es importante resaltar que las características del Río Tebicuarymi deben ser las de Clase 1 o 2, ya que como se citó más arriba en sus orillas se halla la Planta de Tratamiento de Agua de la Empresa de Servicios Sanitarios del Paraguay S.A. (ESSAP), que es un ente

público cuya labor es la de provisión de agua a los ciudadanos. La planta de tratamiento de agua situada sobre el Río Tebicuarymi provee agua a ciudadanos del Departamento del Guaira y de Caaguazú.

**Tabla 1:**

*Usos de aguas según la Clase a la que corresponde.*

<b>Tipo de aguas</b>	<b>Usos</b>
Clase 1	Abastecimiento doméstico después de una simple cloración y/o filtración – recreación con contacto primario – irrigación de frutas y hortalizas a ser consumidas crudas – acuicultura
Clase 2	Abastecimiento doméstico después de coagulación, decantación, filtración y cloración, recreación con contacto primario – irrigación de frutas y hortalizas a ser consumidas crudas - acuicultura
Clase 3	Abastecimiento doméstico después de coagulación, decantación, filtración, cloración, ozonización y carbón activado, regadío de plantas forrajeras, recreación en contacto secundario
Clase 4	Navegación

*Nota:* Elaboración propia a partir de (Resolución 222/02, 2014)

El análisis de la calidad del agua para la determinación de la Clase de Agua (según tabla 1) es de vital importancia de manera a poder saber si el proceso de potabilización que realiza la Empresa de Servicio Sanitario del Paraguay es suficiente para potabilizar el agua que consumen los pobladores de Villarrica y la Ciudad de Coronel Oviedo. En nuestra Región se encuentran extensos ríos que presentan en sus orígenes una excelente calidad del agua, lo que permite hacer uso del recurso para cualquier clase de actividad socioeconómica y coadyuvar a la preservación ecológica, sin embargo, esta condición cambia en el transcurso de su cauce. En este trabajo de investigación se analizó el comportamiento de las variables de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos, tales como: grasas y aceites como contaminantes, E. Coli, demanda bioquímica de oxígeno (DBO), oxígeno disuelto (OD), turbidez, pH,

cloruros, sólidos totales, nitrógeno, fosforo, nitritos, nitratos, dureza, y determinar si corresponden al tipo de agua para el tratamiento que recibe.

Haciendo una breve descripción del proceso de tratamiento de agua de Rio que se toma del Rio Tebicuarymi: Primero se realiza un desbaste grueso para la eliminación de las ramas y basuras grandes. Posteriormente se realiza el agregado de un coagulante a través de un canal de Parchal, luego esta agua pasa a través de unas piletas de sedimentación. El agua clarificada es filtrada en un Filtro de Arena, para luego ser almacenada en tanques y ser cloradas. Posteriormente el agua almacenada en los tanques es distribuida a los pobladores.

Analizando el tratamiento que se le hace al agua se observa que el agua en este punto debe ser de Clase 1 o 2. Esto se puede concluir luego de analizar los tipos de tratamiento a los que se somete el agua

La cuenca hidrográfica es un territorio que es delimitado por la propia naturaleza, esencialmente por los límites de las zonas de escurrimiento de las aguas superficiales que convergen hacia un mismo cauce. La cuenca tiene sus recursos naturales y sus habitantes, poseen condiciones físicas, biológicas, económicas, sociales y culturales que le confieren características que son particulares a cada una. El agua captada por la cuenca, si bien es una fuente de vida para el hombre, también es fuente de riesgo cuando ocurren fenómenos naturales extremos como sequías o inundaciones (Sánchez Molina, 2003).

Una sub cuenca es una unidad de drenaje de menor superficie que una cuenca y que forma parte de esta, constituyendo un tributario de la misma, o sea una cuenca que sale o drena a una cuenca más grande.

Según Mongelós (2016), el río Tebicuarymí es un cauce hídrico que se puede considerar como el brazo norte del

río Tebicuary (pp 8-10). La cuenca del Río Tebicuary es la más grande de la región Oriental, se encuentra entre los departamentos de Paraguarí, Itapúa, Caaguazú, Guairá, Caazapá, Ñeembucú, Misiones y Cordillera (Figura 1).

Se puede observar en el Figura 1 que La cuenca del Tebicuary es muy extensa y tiene dirección este a oeste, a fines descriptivos se la divide en Cuenca Alta, Cuenca Media y Cuenca Baja. La Cuenca Alta la forman los tres cauces principales que se originan en la Cordillera del Ybytyruzú. La cuenca Media se inicia en la intersección del Río Tebicuarymí con el Río Tebicuary hasta Villa Florida, y finalmente la Cuenca Baja va de Villa Florida hasta la desembocadura al Río Paraguay.

En esta cuenca Alta se considera la sub cuenca del río Tebicuarymí con una extensión de 7300 km<sup>2</sup>, el cual es afluente del mismo, uno de los más importantes y cuyo nacimiento se halla en la Cordillera de Ybytyruzú cerca de la

localidad de Paso Yobai (Naciones Unidas, 2019).

En ciertas partes dicho río sirve como límite natural entre los departamentos de Caaguazú y Guairá; y también entre Guairá y Paraguarí. También sirve como límite entre varios distritos del Departamento de Caazapá.

La superficie de la sub cuenca del Tebicuary-mí es de aproximadamente 720.600 hectáreas y desemboca en el río Tebicuary a unos 7 km de la ciudad de Arazapé distante a 12 km al este de San Miguel – Misiones. Las principales ciudades de esta sub cuenca son Villarrica, Tebicuary, Coronel Martínez, Yataity, Itapé, Iturbe, Mauricio José Troche y Dr. Botrell, con una población de 60.400 habitantes en el departamento del Guairá. En la Figura 2 observamos el paso del Río Tebicuary-mí a través del Departamento del Guairá.

**Figura 2:**

*Cuenca del Rio Tebicuarymi en el Guaira.*



Fuente: Tomado de Mongelós (2016).

En toda la sub cuenca viven alrededor de 170.000 habitantes que se dedican en su mayoría a actividades agropecuarias. En el sector se pueden encontrar más de 31.000 establecimientos de pequeños agricultores, que también se dedican en parte a la cría de distintas especies de ganado (vacuno, porcino, etc.). Por otro lado, existen grandes latifundistas que ocupan gran parte de las tierras de la cuenca. La intensa actividad agrícola que utiliza importantes volúmenes de plaguicidas ha aumentado considerablemente el riesgo de

contaminación del agua superficial y subterránea (Mongelós, 2016, pp. 8-10).

Esta zona fue afectada en gran manera por la deforestación, el cambio de la cobertura de bosques por suelos para actividades agropecuarias. El uso intensivo de la tierra para la agricultura ha empobrecido los suelos.

En el área se encuentra una reserva natural protegida, la del parque Ybytyruzú, donde en los últimos años debido al ingreso de pequeños agricultores a estas propiedades se ha producido una considerable disminución del área boscosa original. "En toda la cuenca solamente el 16% de su superficie todavía se encuentra con algún tipo de cobertura boscosa (Naciones Unidas, 2019), la mayoría de la cual se distribuye en islas de reducidas dimensiones. Las intensas deforestaciones han originado a su vez graves problemas de erosiones de suelos, lo que ha producido la colmatación de

importantes cauces de aguas superficiales.

Existen importantes establecimientos industriales que procesan los productos agrícolas del lugar y en donde sobresalen los grandes ingenios azucareros y plantas de procesamiento de algodón. Estos establecimientos producen gran cantidad de efluentes, que en su mayoría son vertidos a los cauces superficiales sin tratamiento previo.

La mayoría de las industrias se encuentran instaladas en la Cuenca Alta, en el departamento de Guairá y Caaguazú. Algunas azucareras de gran envergadura en los distritos de Iturbe, Villarrica y Tebicuary-mí. Las olerías se ubican en los extremos norte y sur, en el departamento de Guairá. Otras actividades industriales que se destacan en esta sub cuenca son las Fábricas de Almidón, destilerías, Fábricas de Miel y Fábricas de muebles.

Paraguay es un País mediterráneo, pero cuenta con una riqueza hídrica de ríos y arroyos que riegan todo el territorio. El Paraguay se halla ubicado íntegramente en la Cuenca del Río de la Plata, posee abundancia de agua superficial y subterránea, generalmente de buena calidad, y es uno de los territorios con mayor abundancia de agua en Latinoamérica; es por ello que la disponibilidad del agua en Paraguay es superior a la disponibilidad media en los demás continentes y ocupa el tercer lugar en Latinoamérica, luego de Guayana y Surinam. Esta disponibilidad es de aproximadamente 63.000 m<sup>3</sup>/hab/año (Ministerio Del Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2021).

En Paraguay, el organismo que se encarga de regir el control de la contaminación es el Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADES); en su página Web (Ministerio Del Ambiente y Desarrollo

Sostenible, 2021). se destaca que este se inició como una secretaria denominada Secretaría del Ambiente (SEAM), al igual que dicha secretaria, el MADES sigue con la función y propósito de la formulación de políticas, la coordinación, la supervisión, la ejecución de las acciones ambientales, los planes, programas y proyectos enmarcados en el Plan Nacional de Desarrollo, referentes a la preservación, la conservación, la recomposición y el manejo de los recursos naturales. En ese sentido se dispone de la Resolución de la secretaria del de Ambiente de fecha 22 de abril del 2022 (Resolución 222/02,

2014, p1) en el cual se establece "El padrón de calidad de las aguas en el territorio nacional" (Anexo 1).

Analizando este padrón, en él se establece la calidad de las aguas debido a ciertos parámetros físicos y químicos citados en la Resolución 222/02 de la Secretaria del Ambiente (SEAM) que se pueden ver resumidos en la Tabla 2

**Tabla 2:**

*Parámetros físicos y químicos por Clase de agua según Resolución 222/02.*

Parámetros	Clase 1	Clase 2	Clase 3	Clase 4
Materia fluctuante inclusive espuma	Ausente	Ausente	Ausente	-
Aceites y grasas	Ausente	Ausente	Ausente	Trazas
Sustancias que comuniquen olor y sabor	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
Sustancias que formen depósitos objetables	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
Coliformes fecales UFC/100ml* hasta	200	1000	4000	4000

*Nota:* Elaboración propia a partir de Resolución 222/02 (2014).

Además de las sustancias detalladas en la Tabla 2, la Resolución 222/02 hace referencia a ciertas sustancias Orgánicas e Inorgánicas que se pueden encontrar en la Tablas 3 y Tabla 4.

**Tabla 3:**

Sustancias inorgánicas potencialmente perjudiciales según Resolución 222/02.

**Tabla 4:**  
Sustancias orgánicas potencialmente perjudiciales según Resolución 222/02.

Compuestos Inorgánicos (mg/L)	Clase 1	Compuestos Orgánicos (mg/L)	Clase 2	Clase 3	Clase 4
Aluminio	0,2	0,2	0,2	-	-
Amonio no ionizable (NH <sub>3</sub> )	0,02	0,02	0,02	-	-
Cloratos (Cl)	250	250	250	-	-
Hierro soluble	0,3	0,3	0,3	-	-
Sólidos disueltos totales	500	500	500	-	-
Fósforo total	0,025	0,05	0,05	-	-
Nitrógeno total	0,30	0,6	0,6	-	-
Sulfatos	250	250	250	-	-
Nitrato	10	10	10	-	-
Nitrito	1	1	1	-	-
Sodio	200	200	200	-	-
Dureza	300	300	300	-	-
Selenio	0,01	0,01	0,01	-	-
Manganeso	0,1	0,1	0,1	-	-
Bario	2	2	2	-	-
Arsénico	0,01	0,01	0,01	-	-
Cianatos	0,2	0,2	0,2	-	-
Plomo	0,01	0,01	0,01	-	-
Cadmio	0,001	0,001	0,001	-	-
Cobre	1	1	1	-	-
Cromo trivalente	0,5	0,5	0,5	-	-
Cromo hexavalente	0,05	0,05	0,05	-	-
Estaño	2	2	2	-	-
Mercurio inorgánico	0,002	0,002	0,002	-	-
Mercurio orgánico	0	0	0	-	-
Níquel	0,025	0,025	0,025	-	-
Zinc	3	3	3	-	-
Boro	-	-	-	-	-
Índice de fenoles	-	-	-	-	-
Mercurio total	-	-	-	-	-
Plata	-	-	-	-	-

*Nota:* Elaboración propia a partir de (Resolución 222/02, 2014)

*Nota:* Elaboración propia a partir de (Resolución 222/02, 2014)

El primer punto de nuestro muestreo es la Planta de Tratamiento de la ESSAP sobre el Rio Tebicuarymi. Esta planta de tratamiento se halla en el

límite de los Departamentos de Caaguazú y Guaira.

La Empresa de Servicios sanitarios del Paraguay (Empresa de Servicio Sanitario del Paraguay, n.d.) provee a 53.000 personas en la Ciudad de Coronel Oviedo, Yataity, Mbocayaty y Villarrica con la producción de 12.300 m<sup>3</sup>/día (p.1).

Haciendo una breve descripción del proceso de tratamiento de agua de Rio que se toma del Rio Tebicuarymi: Primero se realiza un desbaste grueso para la eliminación de las ramas y basuras grandes. Posteriormente se realiza el agregado de un coagulante a través de un canal de Parchal, luego esta agua pasa a través de unas piletas de sedimentación. El agua clarificada es filtrada en un Filtro de Arena, para luego ser almacenada en tanques y ser cloradas. Posteriormente el agua almacenada en los tanques es distribuida a los pobladores.

El tipo es no experimental, pues “no hacemos variar en forma intencional las variables independientes para ver su efecto sobre otras variables” (Sampieri, Roberto Hernández; Fernández Collado, Carlos; Baptista Lucio, 2014, p149.), se miden las variables tal como son. El corte es transversal, esto se refiere a que los datos se recolectan en un solo momento, en un tiempo único, con alcance “exploratorio”, ya que “el objetivo es examinar un tema o problema de investigación poco estudiado, del cual se tienen muchas dudas o no se ha abordado antes” (Sampieri, Roberto Hernández; Fernández Collado, Carlos; Baptista Lucio, 2014). Se puede decir también que es cuantitativo, ya que se va a basa en la medición de las variables de estudio. Los datos obtenidos para el estudio se fundamentan en la medición. Esta recolección se lleva a cabo al utilizar procedimientos estandarizados y aceptados por una comunidad científica.

La Empresa de Servicios sanitarios del Paraguay (Empresa de Servicio Sanitario del Paraguay, en.) provee a 53.000 personas en la Ciudad de Coronel Oviedo, Yataity, Mbocayaty y Villarrica con la producción de 12.300 m<sup>3</sup>/día (p.1).

La muestra a analizar corresponde a 2 litros de agua en el punto de muestreo. Este valor corresponde a la cantidad necesaria para realizar los análisis.

La muestra se tomará en el punto de toma de la Empresa de Servicios Sanitarios del Paraguay, límite entre el Departamento de Caaguazú y Guairá.

Un resumen de las metodologías de análisis se detalla en la tabla 5.

**Tabla 5:**  
*Metodologías Utilizadas*

Parámetros	Metodología de Análisis
Dureza Total	APHA 2340 Ca, Método titulométrico de EDTA.
Fósforo Total	APHA 4500-P , Método del cloruro estagnoso.
Demanda Bioquímica de Oxígeno	APHA 5210 B, Prueba ROB de 5 días.
OD	APHA 4500 O, Determinación de Oxígeno disuelto
Aceites y Grasas	APHA 5520 Método de extracción de Soxhlet.
Coliformes Fecales	APHA 9222 Procedimiento de filtro de membrana para coliformes fecales.
Turbidez	APHA 2130 Procedimiento para medición de la turbidez
pH	APHA 4500 H+, 21 Edición 2017, Método Potenciométrico
Cloruros	APHA 4500 Cl, Procedimiento para medición de Cloruros
Nitrógeno Total	APHA 4500-N, Procedimiento para medición de la Nitrógeno
Nitrito	APHA 4500-NO <sub>2</sub> , Procedimiento para medición de la Nitrógeno
Nitratos	APHA 4500-NO <sub>3</sub> , Procedimiento para medición de la Nitrógeno
Amoniaco	APHA 4500-NH <sub>3</sub> , Procedimiento para medición de la Nitrógeno

*Nota: A partir de Standard Methods For the Examination of water and wastewater, (Rodger et al., 2017)*

## Resultados y discusión

Los “Resultados obtenidos” del agua muestreada se detallan en la tabla 6. Esta tabla tiene 6 columnas. En la primera columna se detallan los parámetros que fueron analizados, desde la segunda a la quinta hay un resumen de los valores estandarizados y la sexta columna tiene los resultados obtenidos.

**Tabla 6:**

### Resultados obtenidos

Análisis realizado	Clase 1	Clase 2	Clase 3	Clase 4	Resultados obtenidos
Materia fluctuante inclusive espuma	Ausente	Ausente	Ausente	-	Ausente
<b>Aceites y grasas</b>	<b>Ausente</b>	<b>Ausente</b>	<b>Ausente</b>	<b>Trazas</b>	<b>18</b>
Sust. que comuniquen olor y sabor	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
Sustancias que formen depósitos objetables	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
Coliformes fecales UFC/100ml* <	200	1000	4000	4000	16
DBO hasta mg/l	3	5	10	>10	2,4
OD no inferior a mg/l	6	5	4	2	8
Turbidez hasta NTU	40	100	100	-	11,2
pH entre	6-9	6-9	6-9	6-9	7,90
Cloruros (Cl) mg/l	250	250	250	-	5,53
Sólidos suspendidos totales mg/l	500	500	500	-	4
<b>Fósforo total</b>	<b>0,025</b>	<b>0,05</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>8,12</b>
Amoniaco	0,02	0,02	-	5	Negativo
<b>Nitrógeno total</b>	<b>0,30</b>	<b>0,6</b>	<b>1</b>	<b>40</b>	<b>5,63</b>
Nitrato	10	10	10	-	0,38
Nitrito	1	1	1	-	0,018
Dureza mg/l	300	300	-	-	23
Calcio mg/l (CaCO <sub>3</sub> )	No especificado				16
Magnesio mg/l (MgCO <sub>3</sub> )	No especificado				8

*Nota:* Elaboración propia

Comparando los valores obtenidos podemos observar que los valores Grasas y aceites se encuentran desproporcionadamente fuera de los parámetros permitidos, así como también el Fosforo total y el Nitrógeno Total.

Resaltan los valores obtenidos de Nitrógeno, Fósforo y Aceites y grasas, que presentan desviaciones sobre lo estipulado en la resolución 222/02 de la secretaria del Ambiente (SEAM), por lo que con estos resultados, *no es posible caracterizar el agua captada por la ESSAP dentro de la clase 2* debido a los tres parámetros fuera de rango.

Los valores altos de grasas y aceites pueden deberse a la descarga de desechos domésticos, procedente del lavado de cubiertos y comidas, así como desechos industriales en la zona del cauce.

Los valores elevados de Fosforo y Nitrógeno pueden deberse a la erosión del suelo fertilizado con estos

compuestos y que son arrastrados hasta el cauce hídrico. “El origen de las diferentes formas de nitrógeno en el agua obedece a múltiples causas naturales; sin embargo, su presencia se ha incrementado por diversas actividades antrópicas, que también han alterado el normal funcionamiento del ciclo del nitrógeno” (Cárdenas Calvachi & Sánchez Ortiz, 2013.p11)

Con respecto a la elevada concentración de Fosforo, “lo que es atribuible a la perturbación de la vegetación y suelos, generada por las actividades agrícolas en la cuenca”(Universidad del Zulia. Facultad de Ingeniería et al., 2007.p5).

A pesar de estar fuera de especificación, la ratio N/P es bajo, de modo a que “no es de esperar una eutroficación de las aguas” (Pick & Lean, 1987,p3), ya que no presentan crecimiento de algas en la zona de toma de muestra ni a lo largo del cauce.

Se recomienda continuar con los análisis de estos parámetros para ver el comportamiento durante cierto periodo de tiempo.

### Literatura citada

Cárdenas Calvachi, G. L., & Sánchez Ortiz, I. A. (2013). *Nitrógeno en aguas residuales: orígenes, efectos y mecanismos de remoción para preservar el ambiente y la salud pública*. Universidad y Salud, 15(1), 72–88.

[http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0124-71072013000100007&lng=en&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0124-71072013000100007&lng=en&nrm=iso&tlng=es)

Empresa de Servicio Sanitario del Paraguay. (n.d.). *ESSAP / Avanzan obras de construcción de nueva Planta de Tratamiento de Tebicuarymi*.  
<http://www.essap.com.py/avanzan-obras-de-construccion-de-nueva-planta-de-tratamiento-de-tebicuarymi/>

Ministerio de Desarrollo Sostenible y del Ambiente. (n.d.). *Recursos Hídricos*

del Paraguay.

<http://mades.gov.py/sites/default/files/users/comunicacion/Recursos Hídricos del Paraguay.pdf>

Ministerio de Desarrollo Sostenible y del Ambiente. (2021). *Misión – Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible*.

[Http://Www.Mades.Gov.Py/El-Ministerio/Antecedentes/](http://www.mades.gov.py/El-Ministerio/Antecedentes/).

<http://www.mades.gov.py/el-ministerio/antecedentes/>

Mongelós, S. (2016). *Informe Cuenca del Río Tebicuary*. In Proyecto PMSAS 77/10 - SEAM.

[https://www.ctcn.org/system/files/dossier/3b/qecol\\_paraguay\\_3.1\\_v21092018.pdf](https://www.ctcn.org/system/files/dossier/3b/qecol_paraguay_3.1_v21092018.pdf)

Naciones Unidas. (2019). *Metodología para la determinación y evaluación de caudales ecológicos y planes de manejo de cuencas en Paraguay. Aplicación A La Cuenca Piloto Del Río Tebicuary*.

[https://www.ctcn.org/system/files/dossier/3b/qecol\\_paraguay\\_3.1\\_v21092018.pdf](https://www.ctcn.org/system/files/dossier/3b/qecol_paraguay_3.1_v21092018.pdf)

[er/3b/qecol\\_paraguay\\_3.1\\_v21092018.pdf](https://www.ctcn.org/system/files/dossier/3b/qecol_paraguay_3.1_v21092018.pdf)

Pick, F. R., & Lean, D. R. S. (1987).

The role of macronutrients (C, N, P) in controlling cyanobacterial dominance in temperate lakes. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, 21(3), 425–434.

<https://doi.org/10.1080/00288330.1987.9516238>

Rodger, B., Andrew, E., & Rice, E. (2017). *Standard Methods For the Examination of water and wastewater*.

<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-382165-2.00237-3>

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado., & Baptista Lucio, P. (2014).

*Metodología de la Investigación* (6ta. ed.). México D.F.: McGraw-Hill

Ávila,H., Tudares, C., Sánquiz, M., Araujo, M., Morales, N., Rojas, J., &

Pirela, D. (2007). *Nitrógeno y fósforo en aguas superficiales de la parte baja*

*del río Catatumbo*. Revista técnica de la



*años construyendo futuro*

Facultad de Ingeniería, Universidad del

Zulia. (Vol. 30).

<http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci>

[\\_arttext&pid=S0254-](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0254-)

[07702007000400005&lng=es&nrm=iso](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0254-07702007000400005&lng=es&nrm=iso)

[\\_arttext&pid=S0254-](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0254-07702007000400005&lng=es)