Evaluación de calidad de agua de los principales arroyos de la ciudad de Caacupé

Water quality assessment of the main streams of the city of Caacupé

Masayuki Miyazaki[1] & Lorena Velázquez Decoud[2]

Artículo original

Resumen

Este estudio busca evaluar la calidad de agua de los principales arroyos de la ciudad de Caacupé mediante parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos, datos que contrastados con los valores establecidos en la resolución SEAM N° 222/02 por el cual se establece el padrón de las aguas en el territorio nacional. Vemos una investigación con enfoque mixto y del tipo descriptivo y comparativo. Al mismo tiempo, para la recolección de datos se empleó la técnica de entrevistas personales y trabajo de campo. Como resultado se comprueba la presencia de coliformes fecales conexo a la existencia de vertimientos de aguas residuales. Asimismo en cuanto al resultado de la Demanda Bioquímica de Oxigeno, ésta se compara con los datos anuales de Japón, ya que en dicho país hace aproximadamente cincuenta años se tuvo un resultado similar al nuestro durante la temporada de otoño, el cual se consigue reducir progresivamente con el tiempo, en donde uno de los componentes fue la educación ambiental, la que aporta en la creación de la conciencia ambiental y que contribuye al éxito. Por lo tanto, iniciar con la misma para fortalecer la conciencia ambiental para la acción de las nuevas generaciones es fundamental para contribuir a alcanzar con los objetivos 3 y 6 de la Agenda 2030 en el territorio.

Palabras clave: Calidad de agua, Coliformes fecales, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Educación Ambiental

Abstract

This study seeks to evaluate the water quality of the main streams in the city of Caacupé through physicochemical and bacteriological parameters contrasted with the values established in resolution SEAM No. 222/02, which dictates the standard of waters in Paraguay. The research was done with a mixed approach of the descriptive and comparative type. At the same time, the technique of personal interviews and field work was used for data collection. As a result, the presence of fecal coliforms related to the existence of wastewater discharges was verified. As for Biochemical Oxygen Demand, our results are compared with the annual data for Japan, since in that country approximately fifty years ago there was a similar result to ours during the autumn season, consisting of progressive reduction over time; one of the components of the restoration effort was environmental education, which contributes to the creation of environmental awareness and contributes to success. Thus, promoting environmental education it to strengthen environmental awareness for the action of the new generations is an essential contribution to achieving Goal 3 and 6 of the 2030 Agenda in the territory.

Key words: Water quality, Fecal Coliforms, Biochemical Oxygen Demand, Environmental Education

[1] Docente de la carrera Bioquímica de la Universidad Santa Clara de Asís, Paraguay. Email: ced-m@hotmail.com

[2] Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Nacional de Asunción, Paraguay.

Introducción

El agua es un elemento indispensable para la vida, sin embargo muchas personas en el mundo tienen enormes dificultades para acceder a agua potable de calidad y saneamiento. La Agenda 2030 quiere lograr el acceso equitativo a servicios de saneamiento e higiene adecuado, mejorar la calidad del agua para poner fin a las epidemias y combatir las enfermedades transmitidas por el agua (CEPAL, 2016).

La calidad del agua potable es un asunto que preocupa tanto a las autoridades como a los ciudadanos de países de todo el mundo, en vías de desarrollo y desarrollados, por su repercusión en la salud de la población. Los agentes infecciosos, los productos químicos tóxicos y la contaminación radiológica son factores de riesgo y la experiencia pone de manifiesto el valor de los enfoques de gestión preventivos que abarcan desde los recursos hídricos del consumidor (ONU, 2010).

En el Paraguay, la contaminación de los recursos hídricos al día de hoy es creciente (CEPAL, 2000). En efecto, como señala Noticias Paraguay (2017), ésta va relacionada en partes con el aumento de la población, que genera a su vez mayor cantidad de aguas residuales.

Para esta creciente problemática existen varias alternativas, una de ellas es el alcantarillado sanitario, un método que fue implementándose a nivel mundial principalmente luego de las apariciones de enfermedades infecciosas, como es el caso de París -Francia- que implementó en el año 1370 luego de que la peste se hizo notoria en Europa en esos años o el caso de Tokio -Japón- que formaliza un alcantarillado sanitario moderno entre los años 1884 y 1885 luego de que la cólera se haga popular en ese país en el año 1879 (Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism of Japan, 2017).

Por lo cual es importante contar con un sistema de alcantarillado sanitario para minimizar los riesgos sobre el ambiente y sobre todo proteger las fuentes de captación del agua. Actualmente la cobertura del alcantarillado sanitario a nivel país es de 11%, de los cuales solo el 2% son tratados antes de ser vertido en los recursos hídricos (ERSSAN, 2016). Asimismo, la cobertura de alcantarillado sanitario en el departamento de Cordillera es de tan solo 1% (PNUD Paraguay, 2006).

Al mismo tiempo cabe resaltar que, conforme a la proyección de la población por sexo y edad según distrito 2000-2025, realizada por la Dirección General de Estadística, Encuestas y Censos (2015) se estima que el Municipio de Caacupé tuvo un crecimiento demográfico de 14 % en los últimos 10 años.

Con base en las entrevistas realizadas con los actores claves del Municipio de Caacupé, actualmente los principales arroyos de dicha ciudad se encuentran en un estado deplorable, donde el común denominador observado es la falta de conciencia ambiental de parte de los pobladores que conectan su red de alcantarillado sanitario para verter sus efluentes crudos en los arroyos, así como los residuos sólidos urbanos que son arrojados por diferentes personas, los que siguen acumulándose en los arroyos como vertederos. Asimismo, un estudio realizado por Martínez, (2007) en el arroyo Ortega, demuestra la presencia de coliformes fecales muy por encima de todos los límites establecidos para usos de recreación de contacto primario según la Resolución SEAM 222/02 para aguas de la Clase 2, lo que ratifica vertimientos de las aguas residuales domésticas.

Al mismo tiempo, según datos proveídos por los mismos actores, se observa un proyecto de construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales, el cual finalmente no se concreta por la resistencia de los vecinos de tres compañías quienes se oponen a la construcción de dicha planta.

La ley N° 3239 de los Recursos hídricos del Paraguay (2007) sostiene que la gestión de los recursos hídricos debe llevarse a cabo en el marco del desarrollo sostenible, descentralizado y con participación ciudadana. En efecto, los mismos actores han indicado que ya son varios los intentos de recuperar los arroyos, principalmente a través de la Municipalidad y organizaciones juveniles, pero hasta el momento no se promueven los resultados deseados. Por otra parte, Caacupé, al ser una ciudad turística y espiritual a la cual acuden aproximadamente un millón y medio de personas en el mes de diciembre de cada año, es por eso la necesidad y la importancia de la evaluación de la calidad de su agua.

Por todo lo expuesto, es importante la evaluación de la calidad de agua de los principales arroyos de la ciudad de Caacupé, mediante parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos, contrastar con los valores determinados en la clase 2 de la resolución SEAM N° 222/02 y ver en qué escenario se encuentran los principales arroyos de dicha ciudad. Al mismo tiempo, comparar con los datos de otro país que tuvo notoriedad, indagar los factores y formular estrategias que pueda contribuir con el éxito.

Materiales y métodos

El objeto del presente estudio fue, evaluar la calidad de agua de los principales arroyos de la ciudad de Caacupé mediante parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos, para proponer acciones que pueda contribuir a alcanzar con los Objetivo 3 y 6 de Desarrollo Sostenible -ODS 2030- en el territorio.

El Municipio de Caacupé es la Capital del III Departamento de Cordillera y está situada al oeste de dicho departamento. Asimismo se ubica a 54 km de la ciudad de Asunción y están directamente conectadas por la Ruta Nacional PY 02.

La orientación de esta investigación corresponde a un enfoque mixto que combinan en una misma investigación las miradas cualitativas y cuantitativas, así como su integración y discusión conjunta, para realizar deducciones de toda la información recabada. Asimismo pertenece al tipo de investigación descriptiva, considerando que su propósito fue describir la situación actual en que se encuentra los principales arroyos de la ciudad de Caacupé (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014) y además comparativa debido a que contrasta con los datos de otro país.

Conforme con la reunión realizada con los actores claves del territorio en enero del año 2.017, fueron seleccionados dos arroyos del Municipio para el estudio, que fueron el arroyo Ortega y el arroyo Yhaca Roysa.

Para evaluar la calidad de agua de los arroyos seleccionados, se han escogido los siguientes parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos: temperatura, apariencia, pH, color, Demanda Bioquímica de Oxígeno en 5 días -DBO5-, Demanda Química de Oxigeno -DQO-, Oxígeno disuelto -OD-, Coliformes fecales y Coliformes totales, para comparar con los parámetros establecidos en la clase 2 de la Resolución SEAM N° 222/02 por la cual se establece el padrón de calidad de las aguas en el territorio nacional. Por otra parte, teniendo en cuenta la indicación de un experto en el área, se ha tomado un punto de muestreo por cada arroyo, siendo los siguientes, en las periferias del parque recreativo Lagorá, en la zona de mayor recreación acuática para el arroyo Yhaca Roysa -Coordenadas: 25°23'22''S 57°08'18''W- y en las periferias del Parque Plaza Defensores del Chaco para el arroyo Ortega -Coordenadas: 25°23'02''S 57°08'32''W-. Asimismo, las muestras fueron colectadas en los meses de marzo y julio del año 2017, siguiendo un Instrumento de muestreo según Norma Paraguaya NP N° 186.

Al mismo tiempo, las fuentes de datos primarios han sido las entrevistas abiertas a los actores claves del territorio y técnicos en el área. Asimismo, en cuanto a las fuentes de datos secundarios fueron consultadas las fuentes bibliográficas como libros, revistas y artículos científicos, trabajos de tesis, informes institucionales a nivel nacional e internacional y sitios web. Por último, esta investigación se llevó a cabo de enero a agosto del año 2017.

Resultados

El primer muestreo fue llevado a cabo el día 22 de marzo en la estación del otoño y el segundo muestreo se realizó el día 5 de julio en la estación del invierno, en donde en cada muestreo se midieron parámetros in situ. Además, se tomaron muestras en envases y transportados al Laboratorio de Efluentes de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Nacional de Asunción, siguiendo el Instructivo de muestreo según la Norma Paraguaya NP N° 186.

Tabla 1. *Condiciones del muestreo correspondiente en la estación otoño*

	Arroyo Yhaca Roysa	**Arroyo Ortega**
Fecha	22/03/2017	22/03/2017
Hora	15:40 Hs	15:55 Hs
Clima	Nublado/Húmedo	Nublado/Húmedo
Aspecto de la muestra	No límpida	No límpida
Temperatura del ambiente	33ºC	33ºC
Temperatura del agua	26ºC	25ºC
Precipitaciones	0 mm	0 mm

Fuente: Investigación realizada

Tabla 2. *Condiciones del muestreo correspondiente en la estación invierno*

	Arroyo Yhaca Roysa	**Arroyo Ortega**
Fecha	05/07/2017	05/07/2017
Hora	16:00 Hs	16:20 Hs
Clima	Cálido	Cálido
Aspecto de la muestra	No límpida	No límpida
Temperatura del ambiente	28ºC	28ºC
Temperatura del agua	20	20
Precipitaciones	0 mm	0 mm

Fuente: Investigación realizada

En la tabla 1 se observan las condiciones del muestreo y los parámetros medidos in situ correspondientes a la estación otoño, igualmente en la tabla 2 se indican lo correspondiente para la estación invierno.

Durante el muestreo en la estación del otoño, la temperatura del ambiente fue de 33°C para ambos arroyos, asimismo la temperatura del agua para el arroyo Yhaca Roysa fue de 26°C y para el arroyo Ortega de 25°C. Por otra parte, durante la toma de muestras en la estación invierno, la temperatura del ambiente fue de 28°C y la temperatura del agua de 20 °C para ambos arroyos. Asimismo, los muestreos fueron realizados sin precipitaciones para garantizar que las muestras sean representativas.

La temperatura del agua es un parámetro muy importante, puesto que muchas de las características físicas, químicas y biológicas del agua se encuentran directamente afectadas por ella. Por otra parte, la resolución SEAM N° 222/02, no indica valores de referencia para aguas superficiales.

Con relación al aspecto de los mismos, ambos arroyos fueron ligeramente turbios, tanto para la estación otoño como invierno, siendo este un parámetro sumamente importante ya que de esto depende la cantidad de luz que pueda penetrar en el agua y como señala Grand Valley State University (2020), la luz es apreciada como la principal fuente de energía para todos los fenómenos biológicos.

Tabla 3. *Parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos analizados en la estación otoño*

Parámetro	Método	Unidad	Arroyo Yhaca Roysa	Arroyo Ortega	Ref. SEAM 222/02 Clase 2
Color	Platino/Cobalto SM 2120 B	mg Pt/Co	35	20	≤ 75
pH	Electrométrico SM 4500-H+B	UpH	7,2	6,8	6.0 - 9.0
Oxígeno disuelto	Método de Winkler SM 4500-O.G	mg O2/L	8,3	6,2	≥ 5
DBO5 a 20ºC	Dilución SM 5210 B	mg O2/L	36	84	≤ 5
DQO	Reflujo abierto SM 9222 B	mg O2/L	54,4	312	-
Coliformes totales en 100 mL	Filtro de membranas SM 9222 B	UFC/100 mL	-	-	-
Coliformes fecales en 100 mL	Filtro de membranas SM 9222 D	UFC/100 mL	-	-	*
* Agua destinada a usos de recreación de contacto primario: Excelente = ausencia de coliformes fecales, Muy buena ≤ 250 UFC/100mL y Satisfactoria ≤ 1.000 UFC/100mL.					

Fuente: Investigación realizada

Tabla 4. *Parámetros fisicoquímicos y bacteriológico analizados en la estación invierno*

Parámetro	Método	Unidad	Arroyo Yhaca Roysa	Arroyo Ortega	Ref. SEAM 222/02 Clase 2
Color	Platino/Cobalto SM 2120 B	Pt/Co	35	35	≤ 75
pH	Electrométrico SM 4500-H+B	UpH	7,0	7,0	6.0 - 9.0
Oxígeno disuelto	Método de Winkler SM 4500-O.G	mg O2/L	8,9	8,8	≥ 5
DBO5 a 20ºC	Dilución SM 5210 B	mg O2/L	0,9	3,3	≤ 5
DQO	Reflujo abierto SM 9222 B	mg O2/L	4,2	12	-
Coliformes totales en 100 mL	Filtro de membranas SM 9222 B	UFC/100 mL	10300	16600	-
Coliformes fecales en 100 mL	Filtro de membranas SM 9222 D	UFC/100 mL	7700	900	*
* Agua destinada a usos de recreación de contacto primario: Excelente = ausencia de coliformes fecales, Muy buena ≤ 250 UFC/100mL y Satisfactoria ≤ 1.000 UFC/100mL.					

Fuente: Investigación realizada

En la tabla 3 y 4 se observan los resultados de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos analizados en la estación otoño e invierno respectivamente.

En cuanto al color de agua, APHA, AWWA y WPCF (1992) revelan que es un parámetro que muchas veces puede estar limitado por la presencia de iones metálicos naturales como el hierro y el manganeso, plancton, restos vegetales y residuos industriales entre los principales. Al mismo tiempo ratifican que es un componente que puede provocar muros a la luz solar.

Los valores de colores en la estación otoño para los arroyos Yhaca Roysa y Ortega fueron 35 y 20 mg Pt/Co respectivamente, asimismo en la estación invierno fueron 35 mg Pt/Co para ambos arroyos, indicando que ambos afluentes cumplen con la Clase 2 de la Resolución SEAM N° 222/02.

Con relación al pH, APHA, AWWA y WPCF (1992) indican que es uno de los ensayos más importantes y frecuentes utilizados en el análisis de agua. Asimismo, Sierra (2011) expresa que es un parámetro que indica la acidez como la alcalinidad del agua.

En efecto, la Clase 2 de la Resolución SEAM N° 222/02 establece que los valores de pH deben encontrarse entre 6 y 9, por lo tanto, podemos decir que ambos arroyos se encontraron dentro del rango establecido tanto en la estación otoño como en en invierno.

Con respecto al Oxígeno Disuelto, Cárdenas (2015) expresa que ésta deriva de una mezcla del agua con el aire ocasionada por el viento, como también del oxígeno que liberan las plantas acuáticas en su proceso de fotosíntesis. Además, señala que la solubilidad del oxígeno en el agua es directamente proporcional a la presión e inversamente proporcional a la temperatura y a las concentraciones de sales disueltas.

Haciendo referencia a los resultados del Oxígeno disuelto que se detalla en la tabla 3 y 4, se observa que ambos arroyos se hallaron dentro del límite establecido para la Clase 2 de la Resolución SEAM N° 222/02 tanto en la estación otoño como en la estación invierno.

En cuanto a la Demanda Bioquímica de Oxigeno -DBO5-, Sierra (2011) enfatiza que es el ensayo más ampliamente utilizado a nivel global para determinar el contenido de materia orgánica de una muestra de agua. Por lo tanto, es un parámetro ideal para comparar con los datos de otros países y formular acciones que puedan contribuir a la mejora.

Este ensayo mide la cantidad de oxígeno que requieren los microorganismos, principalmente bacterias, para degradar la materia orgánica, es decir la cantidad de oxígeno necesario para estabilizar biológicamente la materia orgánica.

Los resultados del análisis del DBO5 indican que en la estación invierno ambos arroyos se encontraron por debajo de los 5 mg/L establecido para la Clase 2 de la Resolución SEAM N° 222/02, sin embargo, para la estación otoño los resultados emitidos estuvieron muy por encima del límite establecido.

En relación con la Demanda Química de Oxigeno -DQO-, APHA, AWWA y WPCF (1992) afirman que se refiere a la cantidad de oxígeno requerido para oxidar la materia orgánica en una muestra de agua. Asimismo, la diferencia con la Demanda Bioquímica de Oxigeno radica en que la materia orgánica es oxidada utilizando una sustancia química en lugar de microorganismos.

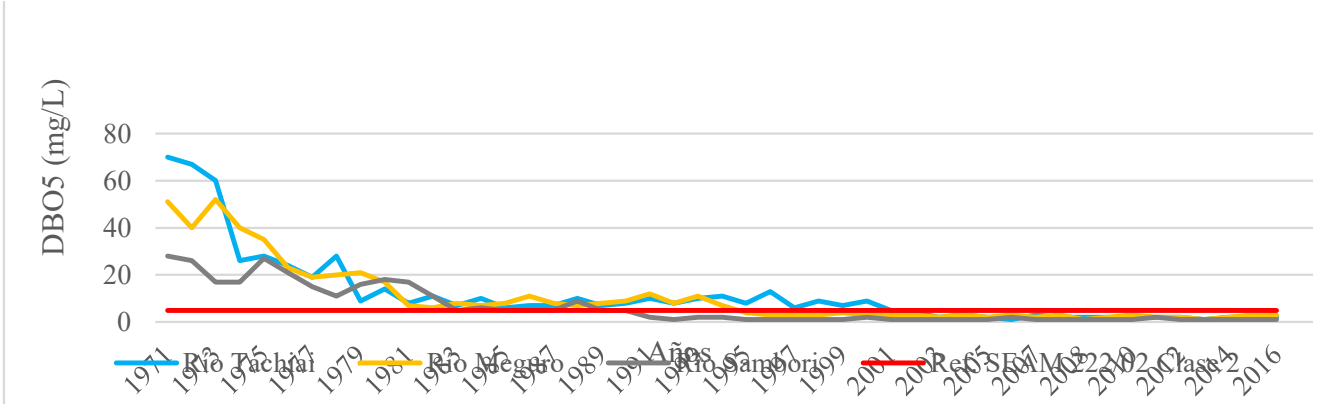
En relación a la DQO, la resolución SEAM N° 222/02, no indica valores de referencia para aguas naturales. No obstante, los resultados emitidos fueron similares a los del DBO5, es decir elevados en la estación otoño y bajos en la estación invierno.

Por lo que se refiere a la bacteria del grupo Coliforme, FUNASA (2013) deduce que la mayoría concierne a los géneros *Escherichia, Citrobacter, Klebsiella y Enterobacter*. Al mismo tiempo el mismo autor enfatiza que estas bacterias se generan principalmente por la contaminación de excremento de los animales de sangre caliente, igualmente de los seres humanos. Por otra parte, los coliformes fecales conllevan todas las características de los coliformes totales, pero son más específicos de las materias fecales.

La resolución SEAM N° 222/02, no indica valores de referencia para coliformes totales, no obstante, el resultado de análisis para el arroyo Yhaca Roysa fue de 10.300 UFC/100 mL y para el arroyo Ortega fue de 16.600 UFC/mL.

En cambio, para coliformes fecales la Resolución SEAM N° 222/02 determina límites y para la recreación de contacto primario se instaura la ausencia de coliformes fecales para considerar el agua como excelente, mientras que se aprecia como muy buena con un contenido de 250 UFC/100mL. Como resultado la calidad de agua de ambos arroyos es-

Figura 1. *Monitoreo anual de los ríos de la ciudad de Tokio según parámetro DBO5*



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de Tokyo Metropolitan Government

tuvo muy lejos de ser excelente ni muy buena. Al respecto cabe aclarar que únicamente se ha realizado el análisis correspondiente a coliformes durante la estación invierno.

Por último, en el gráfico 1 se puede observar el monitoreo anual de los principales ríos de la ciudad de Tokio del país de Japón, según el parámetro DBO5. En efecto Isea, Vargas, Durán, Delgado y Mendoza (2015) sostienen que el mismo es un parámetro utilizado a nivel mundial para la determinar los requerimientos de oxígeno en la degradación bioquímica de la materia orgánica en las aguas residuales, tanto municipales como industriales.

Por otra parte, hace aproximadamente 50 años atrás, la calidad de agua de los ríos de la ciudad de Tokio y del país de Japón se había deteriorado significativamente, coincidente con el periodo de alto crecimiento económico en dicho país, al mismo tiempo fue una época en que el Estado y los Gobiernos regionales y locales de dicho país persistían pasivos ante los daños a la salud ocasionados por la contaminación ambiental, como resultado tuvo como resarcimiento los grandes daños que dicha contaminación causó en la salud de muchos pobladores. Pero posterior a esos acontecimientos, desde mediados de la década de 1970 han realizado una serie de cambios que ha llevado a una mejora notable, en efecto algunas acciones que se implementaron en la misma fueron la planta de tratamiento de efluentes industriales, el sistema de alcantarillado sanitario, planta de tratamiento de efluentes líquidos y educación ambiental en las Instituciones educativas (Tokyo Metropolitan Government, 2017).

Conclusiones

A modo de conclusión y contrastando los resultados obtenidos con lo establecido en la Resolución SEAM N° 222/02 para aguas de la Clase 2, se observa que la gran mayoría se encuentran dentro de rangos permitidos, mientras que los parámetros que no cumplieron con los valores de referencias conciernen a coliformes fecales y DBO5.

Con respecto a coliformes fecales, este parámetro se analizó únicamente durante la estación invierno y con el resultado se constató la presencia de la misma en ambos arroyos, en el caso de arroyo Yhaca Roysa muy por encima de 1.000 UFC/100 mL y en el caso de arroyo Ortega levemente por debajo de ser satisfactorio, lo que indica la existencia de vertimientos de aguas residuales y la necesidad de implementar un sistema de alcantarillado sanitario y planta de tratamiento de efluentes líquidos. Por otra parte, si bien este parámetro no se analizó durante la estación otoño, cabe resaltar que durante el período de alta temperatura el oxígeno disuelto disminuye lo que hace que aumente la actividad bacteriana, por lo tanto podemos predecir que los principales arroyos de la ciudad de Caacupé no están aptos para la recreación del contacto primario durante la temporada cálida porque podrían representar un riesgo para la salud de las personas.

Por último, en cuanto a DBO5 podemos mencionar que durante la estación invierno ambos arroyos cumplieron con el límite permitido, sin embargo, durante la estación otoño se hallaron muy por encima del valor otorgado. Al respecto, contrastando con el gráfico 1 del monitoreo anual de los principales ríos de la ciudad de Tokio, podemos señalar que durante la estación invierno los datos emitidos por los principales arroyos de la ciudad de Caacupé se asemejan a los datos actuales de Japón en donde la contaminación está controlada, sin embargo durante la estación otoño los resultados expuestos se asemejan a los datos de la década de los inicios de los 1970 en donde la contaminación de los recursos hídricos ha causado daños a la salud de los pobladores de dicho país. Por lo tanto a falta del avance en la implementación del alcantarillado sanitario y de la planta de tratamiento de efluentes líquidos a nivel país, sería una buena alternativa fomentar la educación ambiental principalmente en las instituciones educativas a modo de fortalecer la conciencia ambiental de las nuevas generaciones de tal forma a contribuir a alcanzar principalmente con los siguientes objetivos de la Agenda 2030, el objetivo 6: agua limpia y saneamiento y el objetivo 3: salud y bienestar para todos los pobladores.

Bibliografía

APHA, AWWA y WPCF. (1992). *Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales.* España: Editorial Díaz de Santos, S.A.

Cárdenas, J. (2015). *Calidad de aguas para estudiantes de ciencias ambientales.* Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Facultad de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Bogotá, Colombia: UD.

CEPAL. (2000). *Agua para el siglo XXI para América del Sur. De la visión a la Acción.* Informe Nacional sobre la Gestión del Agua en Paraguay.

CEPAL. (2016). *Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo*

sostenible Una oportunidad para América Latina y el Caribe. Comisión Económica para América Latina y el Caribe.

DGEEC. (2015). *Proyección de la Población por Sexo y Edad, según Distrito, 2000 - 2025, Revisión 2015, Paraguay.* Dirección General de Estadística, Encuestas y Censos.

ERSSAN. (2016). *Ente regulador de servicios sanitarios.* Informe de gestión 2016. Paraguay.

FUNASA. (2013). *Manual Prático de Análise deÁgua.* Fundação Nacional de Saúde, Brasilia, Brasil.

Grand Valley State University. (2020). *Robert B. Annis Water Resources Institute (AWRI) - Education & Outreach.* Obtenido de https://www.gvsu.edu/wri/education/instructors-manual-water-transparency-8.htm

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la Investigación (Sexta ed.).* Mexico: McGRAW-HILL / INTERAMERICANA.

Isea, D., Vargas, L., Durán, J., Delgado, J., & Mendoza, R. (2015). P*arámetros biocinéticos que rigen la ecuación de la DBO en aguas residuales de una industria procesadora de cangrejos.* Revista tecnica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Zulia, Maracaibo, Venezuela.

Ley N° 3239. (2007). *La Ley N° 3239 de los Recursos hídricos del Paraguay.* Poder Legislativo.

Martínez, P. (2007). *Estudio del uso y degradación del arroyo Ortega, Departamento de Cordillera*. Tesis presentada a la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Asunción, como requisito para la obtención del título de Ingeniero Forestal. Departamento de Recursos Naturales y Medio Ambiente.

Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism of Japan. (2017). Stories of sanitary sewer. Obtenido de http://www.mlit.go.jp/crd/city/sewerage/data/basic/rekisi.html

Norma Paraguaya NP N° 186. (1982). *Toma de muestras para el Análisis Fisico, Quimico y Bacteriológico de las aguas.* Paraguay.

Noticias Paraguay. (2017). *Playas del río en Asunción y alrededores: Llenas de coliforme.*

ONU. (2010). *Implementación de mejoras para la calidad del agua y la protección de servicios ecosistémicos.* Programa de ONU-Agua para la Promoción y la Comunicación en el marco del Decenio (UNW-DPAC).

PNUD Paraguay. (2006). *Uso y Gobernabilidad del Agua en el Paraguay.*

Resolución N° 222/02. (2002). *Secretaría del Ambiente, Resolución N° 222/02 por la cual se establece el padrón de calidad de las aguas en el territorio nacional.* Paraguay.

Sierra, C. (2011). *Calidad del agua. Evaluación y Diagnóstico.* Universidad de Medellín, Medellín, Colombia.

Tokyo Metropolitan Government. (2017). *Pollution of water resources in Japan.* Bureau of Environment Tokyo Metropolitan Government, Tokio, Japón.