

Evaluación de Tipos de Tratamientos Naturales y Tratamientos Convencionales de Lecho Fluidizado en Referencia al Abatimiento de la Carga Orgánica y Disposición Final Obligada para Reúso Agrícola.

Evaluation of Natural Treatment Systems and Conventional Fluidized-Bed Wastewater Treatment Systems for Organic Load Reduction and Final Effluent Management for Agricultural Reuse.

Doctorando:

Emilio Gastón Paez Villavisencio

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Mendoza, Argentina
emilio.paez@docentes.frm.utn.edu.ar

Director:

José Alberto Flores

Codirector:

Juan Pablo Cordone

Resumen

En Argentina se utiliza mayoritariamente el tratamiento mediante lagunas de estabilización facultativas (Tratamiento Biológico Natural), debido a la falta de tecnología por los altos costos de inversión inicial - operación y mantenimiento además de que en algunas provincias como Mendoza se exige el reúso agrícola del efluente tratado (donde se tienen que abatir los huevos de parásitos mediante filtración). En menor medida, en las zonas que presentan climas de frío extremo donde no puede aplicarse el método anteriormente mencionado se utilizan Barros Activados o Zanjales de oxidación (Tratamientos convencionales).

En esta línea de investigación se puede observar fundamentalmente que en Europa y Medio Oriente se utilizan otros sistemas de tratamientos de efluentes cloacales debido a las diferentes condiciones climáticas, recursos económicos y tecnología disponible.

En el país este tema no ha sido estudiado y particularmente en Mendoza hay escasos antecedentes, por lo tanto el objetivo del trabajo es propender a tener un mejor conocimiento del desempeño de los diferentes métodos de tratamiento que se aplican en la provincia como también de la calidad del efluente que se obtiene para reúso comparando las características físicas, químicas y biológicas de los efluentes tratados por medio de tratamiento biológico natural y convencional, en los establecimientos de San Martín y Potrerillos (a los efectos de la presentación del avance de resultados).

Palabras clave: Evaluación; Tratamientos, Abatimiento; Reúso agrícola.

Abstract

In Argentina, facultative stabilization ponds (natural biological treatment systems) are the most widely used wastewater treatment technology due to the limited availability of advanced technologies, which is mainly attributable to their high capital, operation, and maintenance costs. In addition, some provinces, such as Mendoza, require the agricultural reuse of treated effluent, which necessitates the removal of helminth eggs through filtration before final disposal. To a lesser extent, activated sludge systems and oxidation ditches (conventional treatment systems) are employed in regions with extremely cold climates, where stabilization ponds are not a feasible option.

Research conducted in Europe and the Middle East indicates that different municipal wastewater treatment technologies are commonly adopted because of variations in climatic conditions, economic resources, and the availability of technological infrastructure.

This topic has not been studied in the country, and in the Province of Mendoza there is particularly little previous research. Therefore, the objective of this study is to contribute to a better understanding of the performance of the different wastewater treatment methods applied in the province, as well as the quality of the treated effluent obtained for reuse. This is achieved by comparing the physical, chemical, and biological characteristics of effluents treated using natural biological treatment systems and conventional treatment systems at the San Martín and Potrerillos facilities (for the purpose of presenting the preliminary results).

Keywords: Evaluation; Treatment; Reduction; Agricultural Reuse.

Introducción

Los métodos de tratamiento de efluentes dependen de varios factores fundamentalmente de las condiciones climáticas de la zona donde va a ejecutarse, el espacio físico que posee y efectivamente del tipo de efluente a tratar que en este caso son de procedencia cloacal, los cuales poseen una alta carga orgánica que degradar para su reutilización.

Los objetivos del tratamiento de los líquidos cloacales son la reducción de la carga orgánica y la eliminación de organismos patógenos para su posterior reúso que por lo general es agrícola en Mendoza, debido a la escasez del recurso hídrico. Entonces se requiere un tratamiento adecuado y controlado para cumplir con las verificaciones establecidas en los proyectos de las plantas depuradoras de acuerdo a los parámetros fijados y con las directrices de la OMS (Organización Mundial de la Salud) en cuanto a disposición final en ACRES (Áreas de cultivos Restringidos Especiales).

En el siguiente apartado se expondrán los resultados obtenidos de la planta del departamento de San Martín cuyo tratamiento es biológico natural mediante lagunas de estabilización y de la localidad de Potrerillos en el departamento de Luján de Cuyo dónde el tratamiento es convencional por medio de Barro activado.

Desarrollo

El departamento de San Martín cuenta con una planta depuradora constituida por 5 series de 2 lagunas de estabilización facultativas donde las dimensiones de las lagunas primarias son de 550 m (largo) x 110 m (ancho) y las dimensiones de lagunas secundarias son de 256 m (largo) x 110 m (ancho) con una geometría rectangular, la cual trata 167 l/seg y 430000 m³/mes. Su ubicación está dada por las siguientes coordenadas: Latitud 33° 4'1.25"S; Longitud 68°21'21.38"O.

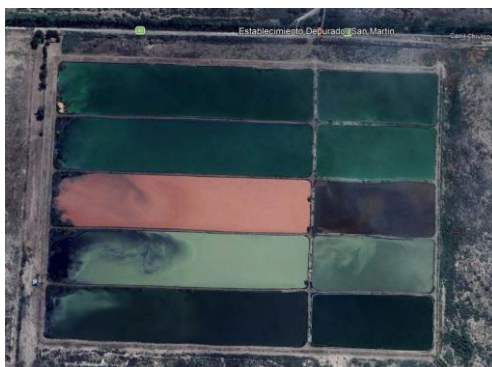


Figura 1: Imagen satelital establecimiento depurador de San Martín (Fuente: Google Maps)

La localidad de Potrerillos perteneciente al departamento de Luján de cuyo cuenta con un sistema de tratamiento de barros activados de baja carga (aireación extendida) con tratamiento terciario para nitratos, potasio, sulfatos y aluminas. Esta planta trata 1 l/seg (diseñada para 210 m³/día) y 2500 m³/mes. Su ubicación está dada por las siguientes coordenadas: Latitud 32°58'6.60"S; Longitud 69°12'25.02"O.



Figura 2: Imagen satelital establecimiento depurador Potrerillos – Luján de Cuyo (Fuente: Google Maps)

A continuación, se expone el procesamiento de datos para las plantas mencionadas con anterioridad, donde se tuvo en cuenta los análisis de los años 2024 y 2025 a la entrada y salida del establecimiento, en la cual se pueden observar la evolución de los parámetros de Escherichia Coli, DBO y Huevos de Helmintos durante los meses de los años considerados.

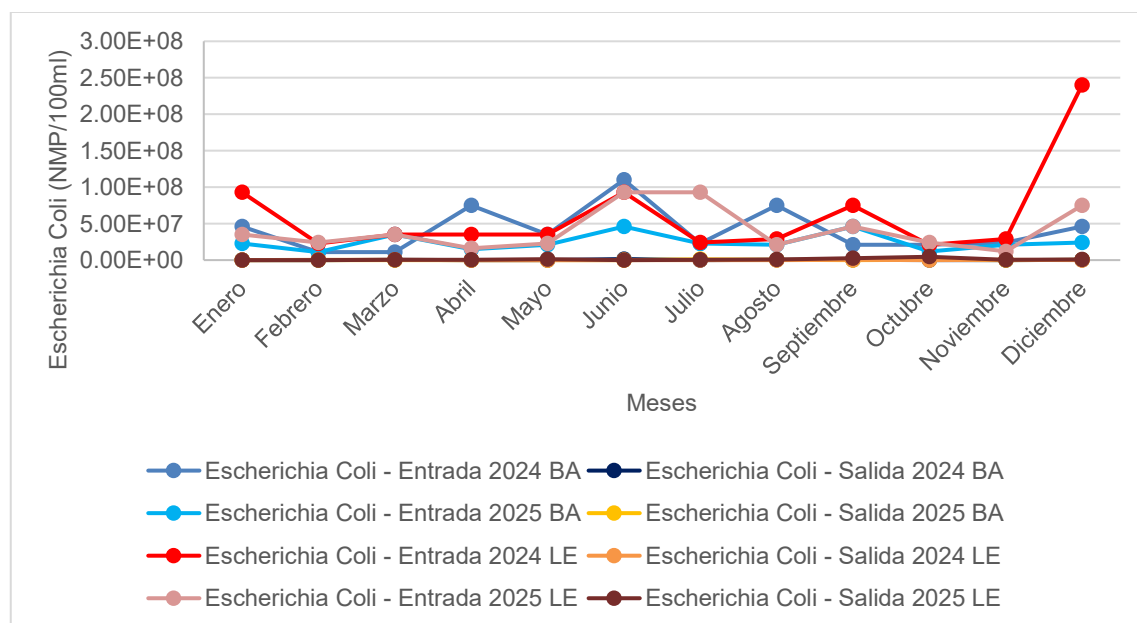


Figura 3: Gráfico de evolución temporal del parámetro Escherichia Coli para la planta de barros activados (BA) y lagunas de estabilización facultativas (LE).

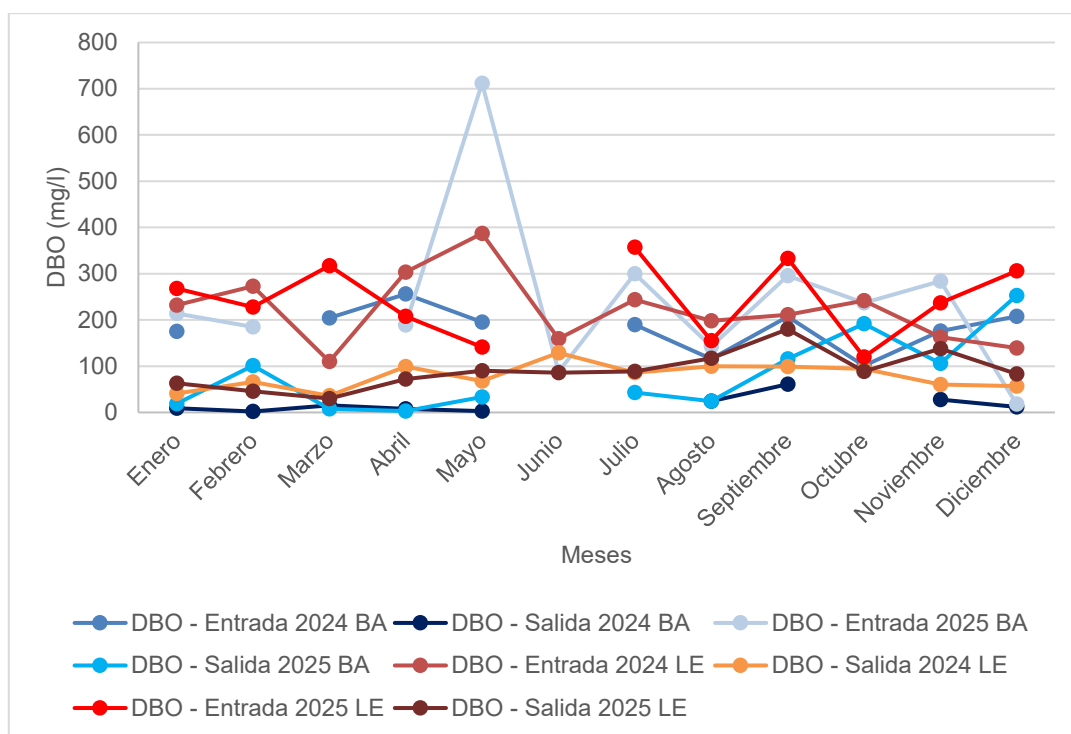


Figura 4: Gráfico de evolución temporal del parámetro Escherichia Coli para la planta de barros activados (BA) y lagunas de estabilización facultativas (LE).

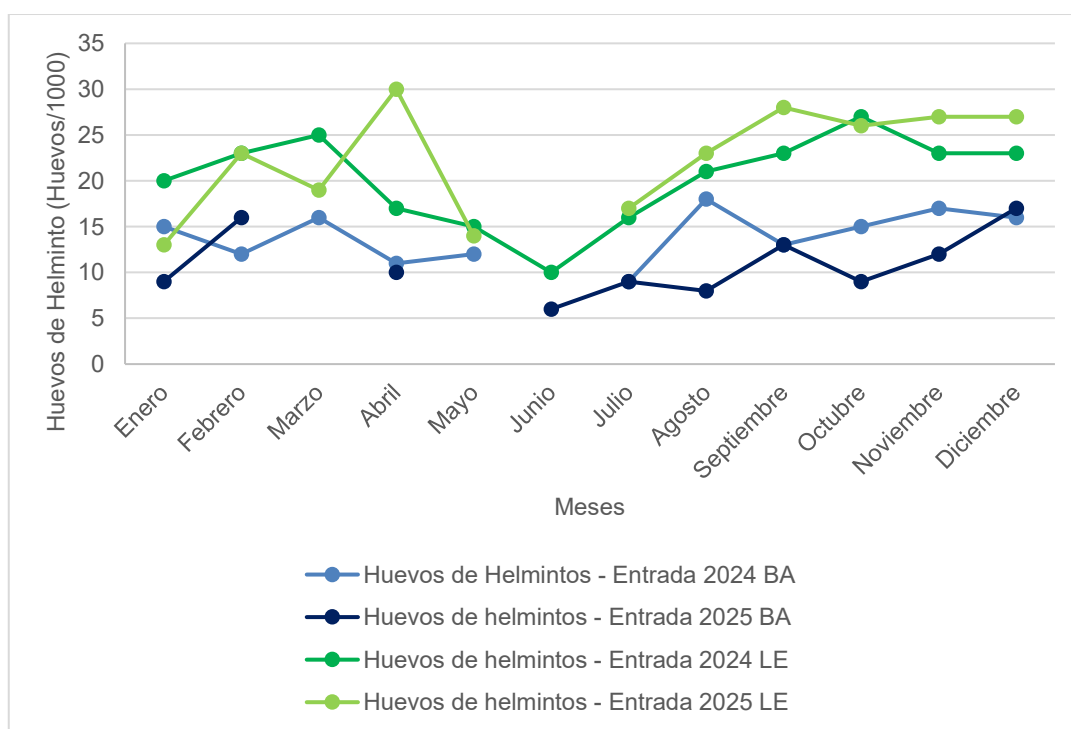


Figura 5: Gráfico de evolución temporal del parámetro DBO para la planta de barros activados (BA) y lagunas de estabilización facultativas (LE) .

Para proceder a la comparación se debe tener en cuenta la normativa de la Organización Mundial de la salud, la cual fija la calidad de los efluentes en términos microbiológicos que se deben obtener a la salida de la planta para reuso agrícola y según el tipo de cultivo a irrigar. Dicha normativa es de aplicación en la Provincia de Mendoza.

Categoría	Condiciones de aprovechamiento	Grupo expuesto	Nematodos intestinales (a) (Media aritmética N° de huevo / litro)	Coliformes fecales (Media geométrica N° por 100 ml). (b)	Tratamiento requerido (para lograr la calidad microbiológica exigida)
A	Riego de cultivos que comúnmente se consumen crudos, campos de deportes, parques públicos (c).	Trabajadores, consumidores, públicos	< ó = a 1	< ó = a 1000 (c)	Serie de estanques de estabilización que permiten lograr la calidad microbiológica indicada o tratamiento equivalente.
B	Riego de cultivos de cereales, industriales y forrajeras, praderas y árboles. (d)	Trabajadores	< ó = a 1	No se recomienda ninguna norma	Retención en estanques de estabilización por 8 a 10 días o eliminación equivalente de helmintos y coliformes fecales.
C	Riego localizado de cultivos en la categoría B, cuando ni los trabajadores ni el público están expuestos.	Ninguno	No es aplicable	No es aplicable	Tratamiento previo, según lo exija la tecnología de riego, no menos que sedimentación primaria.

a) Especies *Ascaris* y *Trichuris* y *anquilostomas*.

b) Durante el periodo de riego.

c) Conviene establecer una directriz más estricta (< 200 coliformes fecales por 100 ml) para prados públicos como los de los hoteles, con los que el público puede entrar en contacto directo.

d) En el caso de los árboles frutales, el riego debe cesar dos semanas antes de cosechar la fruta y ésta no se debe recoger del suelo. No es conveniente regar por aspersión.

Tabla 1: Directrices sobre la calidad microbiológica de las aguas residuales empleadas en agricultura para riego restringido (ACRE).

Resultados

Interpretando los gráficos de evolución temporal para los años 2024 y 2025, se puede notar que:

En relación al organismo indicador “*Escherichia Coli*” se observa una reducción de entre 2 - 3 órdenes exponenciales a la salida del establecimiento con el tratamiento mediante barros activados y una reducción entre 1 – 3 órdenes exponenciales a la salida del establecimiento con el tratamiento mediante lagunas de estabilización facultativas.

En relación a la DBO (Demanda Biológica de Oxígeno), se observa una mayor reducción mediante el tratamiento por Barros activados comparado con la reducción que proporciona las lagunas de estabilización facultativas dado que en el primer caso a la salida del establecimiento resulta una reducción estimada del 70% mientras que en el segundo caso resulta una reducción estimada del 30%.

En relación a los huevos de helmintos, se observa una mayor cantidad a la entrada de la planta de barros activados comparado con la planta de lagunas de estabilización facultativas. A la salida de la planta en todos los casos los huevos de helmintos son menores a 1 configurando una buena filtración de los mismos.

Es preciso aclarar que en el caso de la planta de barros activados consiste en un tratamiento terciario que se logra con la remoción de fósforo (P) y nitrógeno (N) además de una filtración posterior de los huevos mediante manto de arena y en las lagunas facultativas se da la remoción de los huevos por la retención hidráulica (Generalmente de un tiempo mayor a 10 días).

Conclusiones

De acuerdo a los resultados analizados se puede concluir que el tratamiento mediante barros activados es más efectivo comparado con el tratamiento mediante lagunas de estabilización en reducción de patógenos “*Escherichia Coli*” y DBO.

Contrastando los datos procesados de los informes mensuales de los establecimientos depuradores proporcionados por el operador Aysam con la normativa de la OMS de calidad microbiológica, se puede decir que los efluentes de ambas plantas analizadas pueden encuadrar para irrigar cultivos tipo B “Riego de cultivos de cereales, industriales y forrajeros, praderas y árboles” y cultivos tipo C “Riego localizado de cultivos en la categoría B cuando ni los trabajadores ni el público están expuestos”.

Utilización de IA generativa / herramientas IA

Declaro la utilización de la herramienta IA CHAT GPT para su uso en la traducción del título del trabajo y abstract en idioma Inglés. Confirmando que luego de la utilización, los contenidos obtenidos fueron revisados, constatados y editados, asumiendo plena responsabilidad por el contenido presentado en el presente trabajo.

Referencias

(Ente Provincial de Agua y Saneamiento, 1995). *Marco regulatorio aplicable a la prestación del servicio de agua potable y desagües cloacales en la Provincia de Mendoza, Decreto N° 911/95.*

(Informe de Grupo Científico de la OMS / Organización Mundial de la Salud. Ginebra, 1989). *Serie de Informes Técnicos 778.*

(Aysam - Agua y Saneamiento Mendoza). *Informes mensuales de establecimientos depuradores.*