



Aquí y Ahora



Diseño y evaluación de un filtro grueso horizontal (FGH) empleando diferentes lechos filtrantes, para la remoción de turbiedad en aguas residuales de una granja piscícola al Norte de Boyacá.

Facultad de Ingeniería Ambiental

Opción de Grado

Diego Andrés García Albarracín

Juan Camilo Cipagauta Velasquez

Director: M.Sc. Edinson Fabian Monroy Ávila

Facultad de Ingeniería Ambiental





Introducción

- La piscicultura crece a nivel mundial y aporta a seguridad alimentaria, empleo y economía rural (FAO, 2022a). El sector de pesca y acuicultura creció 37,8 % en el cuarto trimestre de 2023 (DANE).
- En Colombia, la acuicultura gana importancia regional y exige fortalecer el manejo ambiental de efluentes. Aporta entre 10–15 % del empleo rural asociado al sector agropecuario en regiones con concentración de granjas.
- Efluentes piscícolas pueden contener: Sólidos suspendidos - Materia orgánica – Nutrientes - Descargas sin tratamiento → deterioro de cuerpos de agua y riesgos regulatorios.

Aquí y Ahora





Introducción

Aquí y Ahora

- El trabajo se enfoca en el norte de Boyacá, específicamente en la Provincia de Valderrama, en la cuenca del río Chicamocha.
- Las granjas piscícolas se concentran principalmente en zonas rurales, donde la actividad aporta a la seguridad alimentaria, la generación de ingresos y el empleo agropecuario.(Gobernación de boyacá)
- En estos municipios, la piscicultura representa aproximadamente: 8–12 % del PIB agropecuario y del local. 10–15 % de la economía rural en zonas con concentración de unidades productivas piscícolas. Según DANE.(DANE 2024)





Problemática



- La piscicultura genera contaminación hídrica por descargas de aguas residuales.
- Los efluentes contienen sólidos suspendidos, nutrientes (N y P) y materia orgánica (Bernabé, 2021).
- Sin tratamiento adecuado, afectan ecosistemas acuáticos, disponibilidad de agua y biodiversidad.
- Existen alternativas de tratamiento, pero su aplicación es limitada en contextos rurales.
- Se requieren soluciones viables y adaptadas para reducir el impacto ambiental (Giri et al., 2024).

¿Los filtros gruesos horizontales son eficientes para la remoción de turbiedad en las aguas residuales de una granja piscícola ubicada al norte de Boyacá?



Objetivos



Objetivo general

Evaluar un filtro grueso horizontal (FGH) empleando diferentes lechos filtrantes, para la remoción de turbiedad en aguas residuales de una granja piscícola.

Objetivos específicos

Determinar la composición de lechos filtrantes a evaluar en el proceso de remoción de turbiedad.

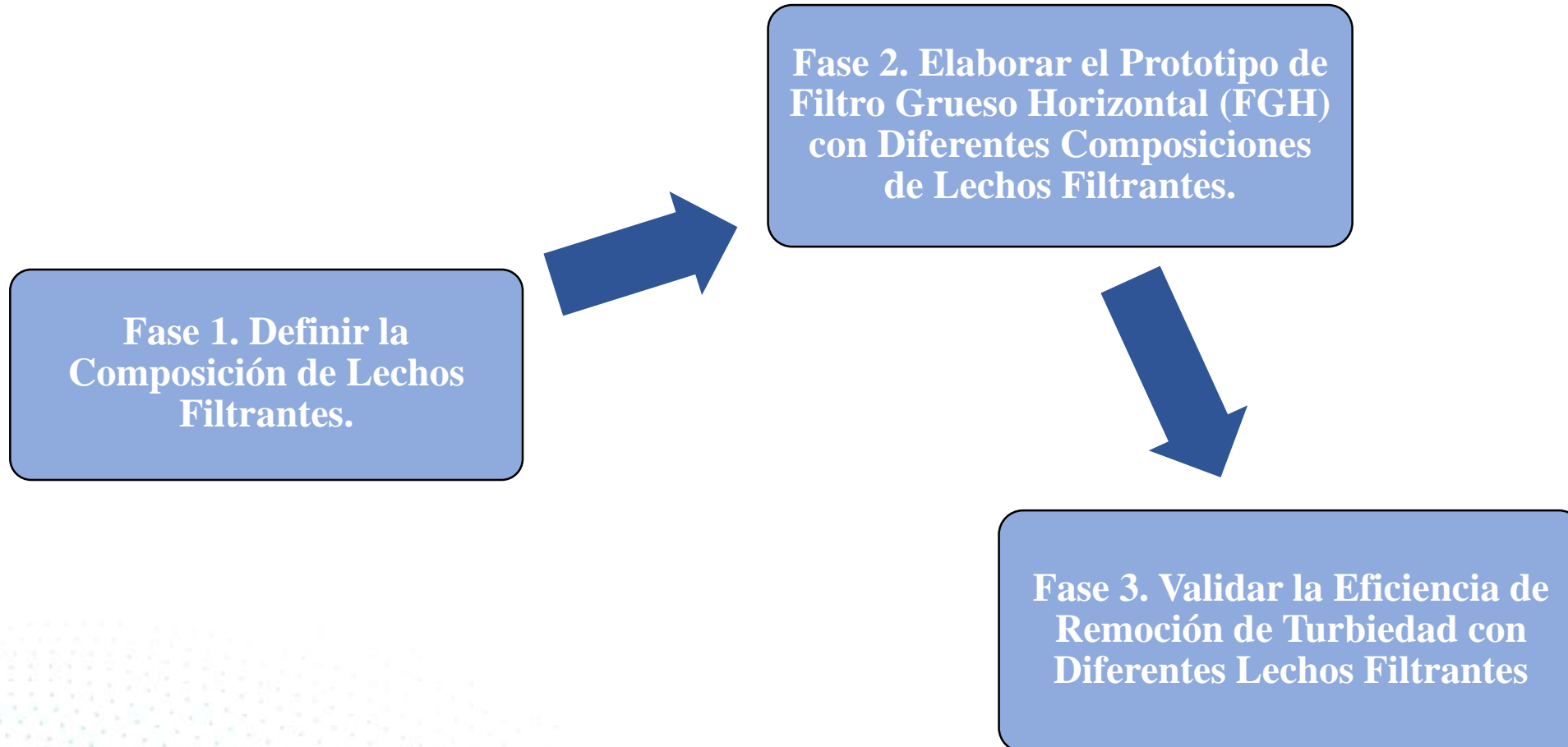
Construir el prototipo de filtro Grueso Horizontal (FGH) con diferentes composiciones de lechos filtrantes a base de grava, antracita y carbón activado.

Validar la eficiencia de remoción de turbiedad en diferentes lechos filtrantes





Metodología



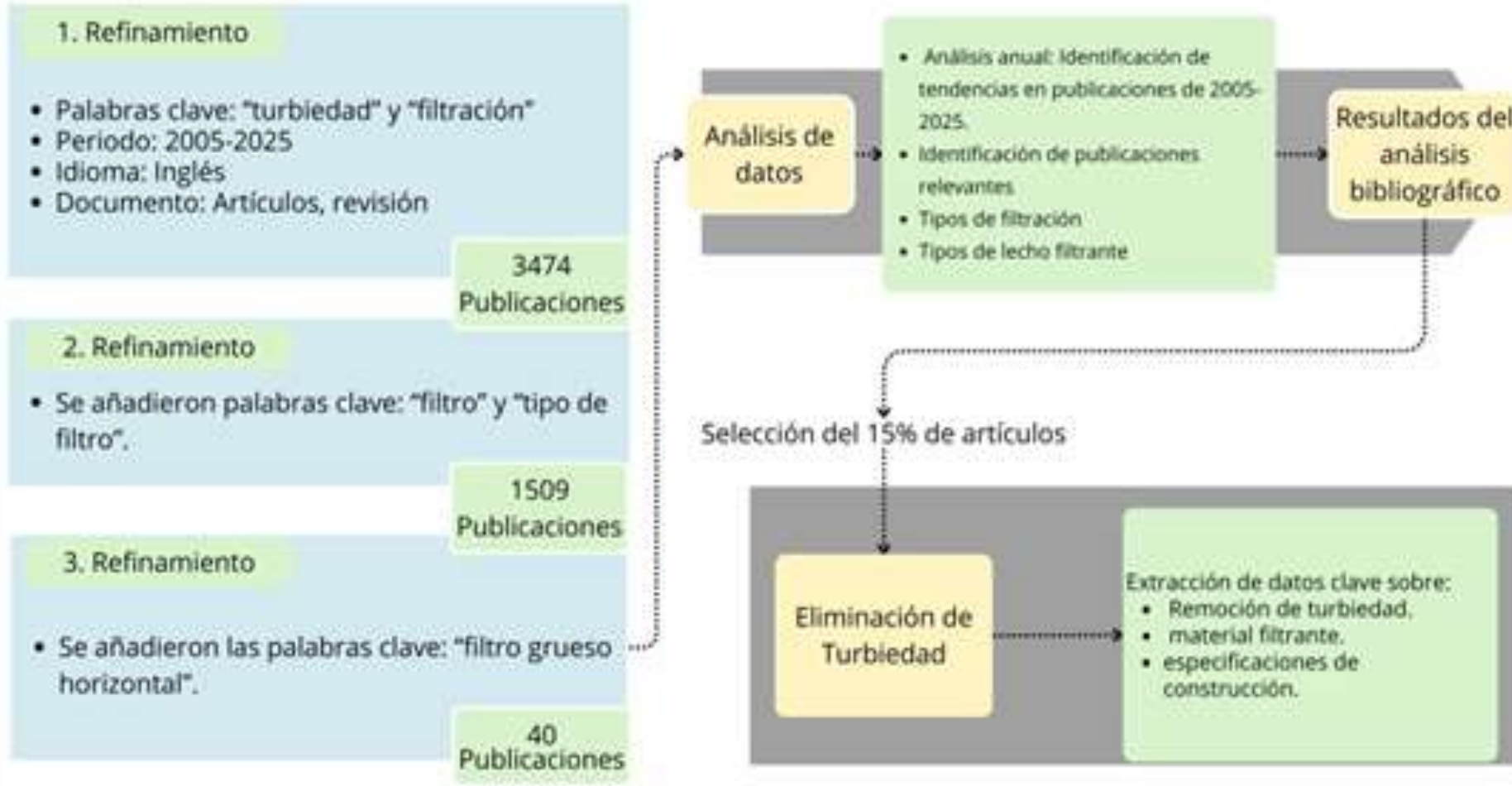


Resultados



Fase 1. Definir la Composición de Lechos Filtrantes.

la metodología MIB
(Mapeamiento informacional
Bibliográfico)

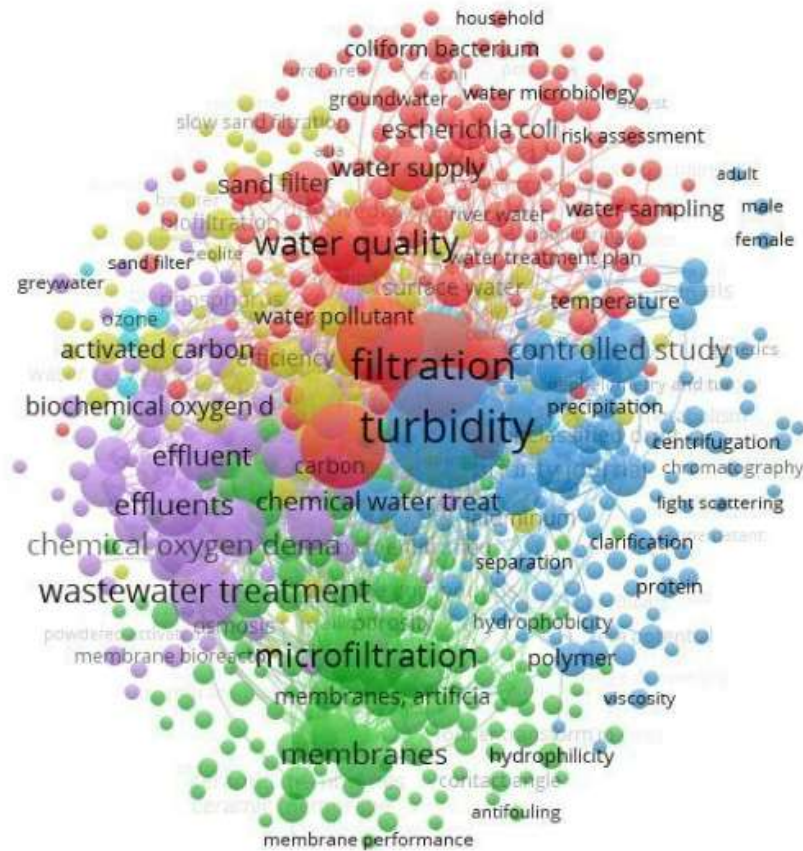




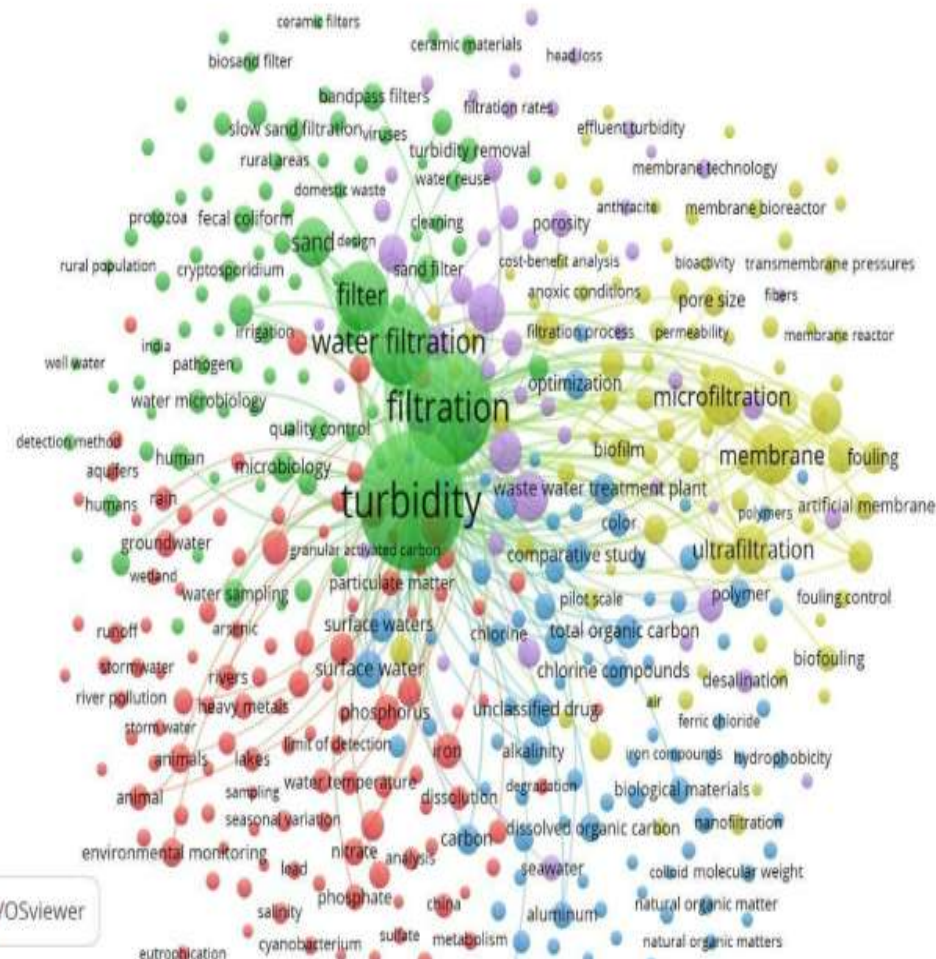
Análisis bibliográfico



Mapa de coocurrencias primer refinamiento.



Mapa de coocurrencias segundo refinamiento





Fase 2. Elaborar el Prototipo de Filtro Grueso Horizontal (FGH) con Diferentes Composiciones de Lechos Filtrantes.



Adecuación del canal.



Nivelación del Canal



Canal finalizado





Alistamiento e instalación de materiales estructurales



material	imagen	Cantidad
Plástico negro calibre 16		4m x 3m
Tubo de entrada de 2"		1m
Estructura soporte en madera (varillones de 3x2)		8 unidades
Canastillas plásticas 40 x 60 x 25 cm		5 unidades
Tabla burra (25cm ancho x 3 m largo)		2 unidades
Malla tipo Polisombra al 80%		3m x 2m





Instalación de lechos filtrantes

Aquí y Ahora

Lavado de lechos.

Sistema de filtración ensamblado



Fase 3. Validar la Eficiencia de Remoción de Turbiedad con Diferentes Lechos Filtrantes



Selección de configuraciones a evaluar

Definir dos configuraciones de lechos filtrantes, sistema 1(S1) Y sistema 2 (S2), basadas en distintas combinaciones y diámetros de los materiales seleccionados

Alimentación del filtro con efluente piscícola

Esta actividad se realiza con el fin de conducir el agua residual de la piscícola al filtro por medio de un canal natural, manteniendo un caudal de 1,1 L/s

Toma de muestras

Se Tomará, para cada configuración, muestras de entrada antes del proceso de filtración y muestras de salida después de atravesar cada lecho filtrante. S1 = 25, S2 = 30.

Determinación de turbiedad



Análisis comparativo del rendimiento



Cálculo del porcentaje de remoción

$$\%R = \frac{\text{Turbidez}_{\text{inic}} - \text{Turbidez}_{\text{fin}}}{\text{Turbidez}_{\text{inic}}} \times 100$$



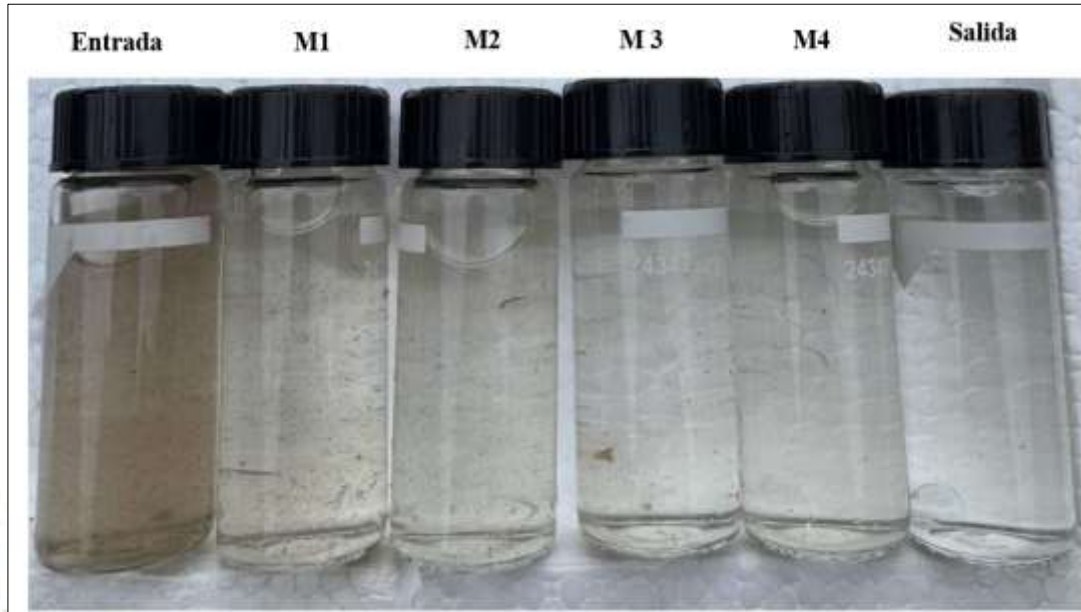


Resultados

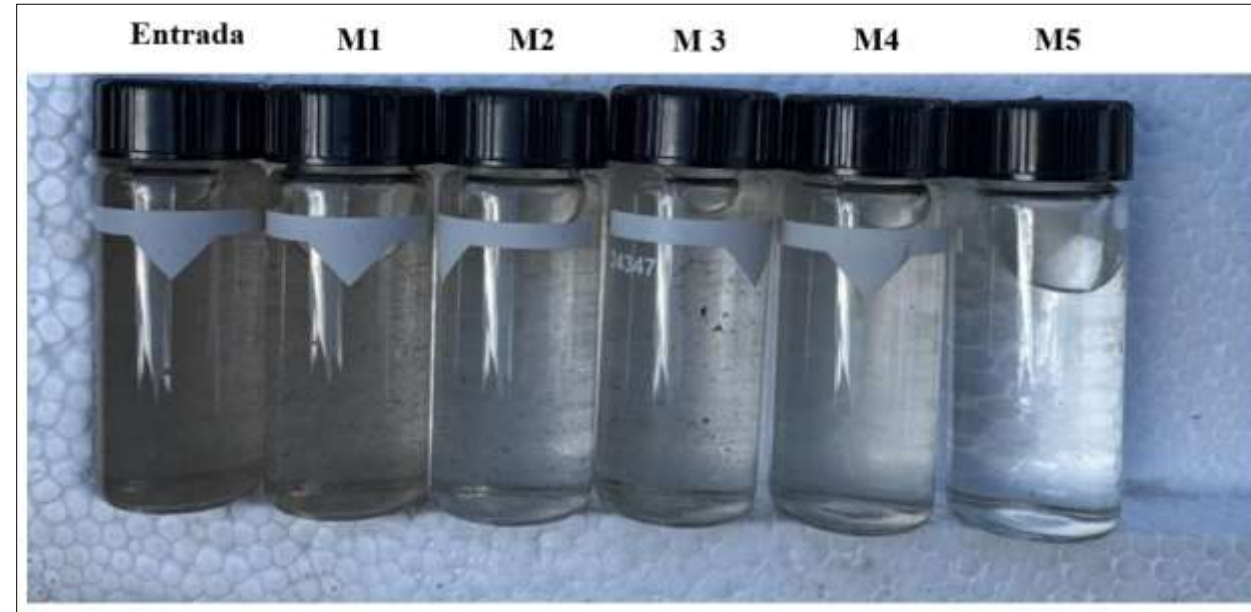


Evaluación Experimental de Remoción de Turbiedad

Muestras de los lechos filtrantes del sistema de filtración 1.

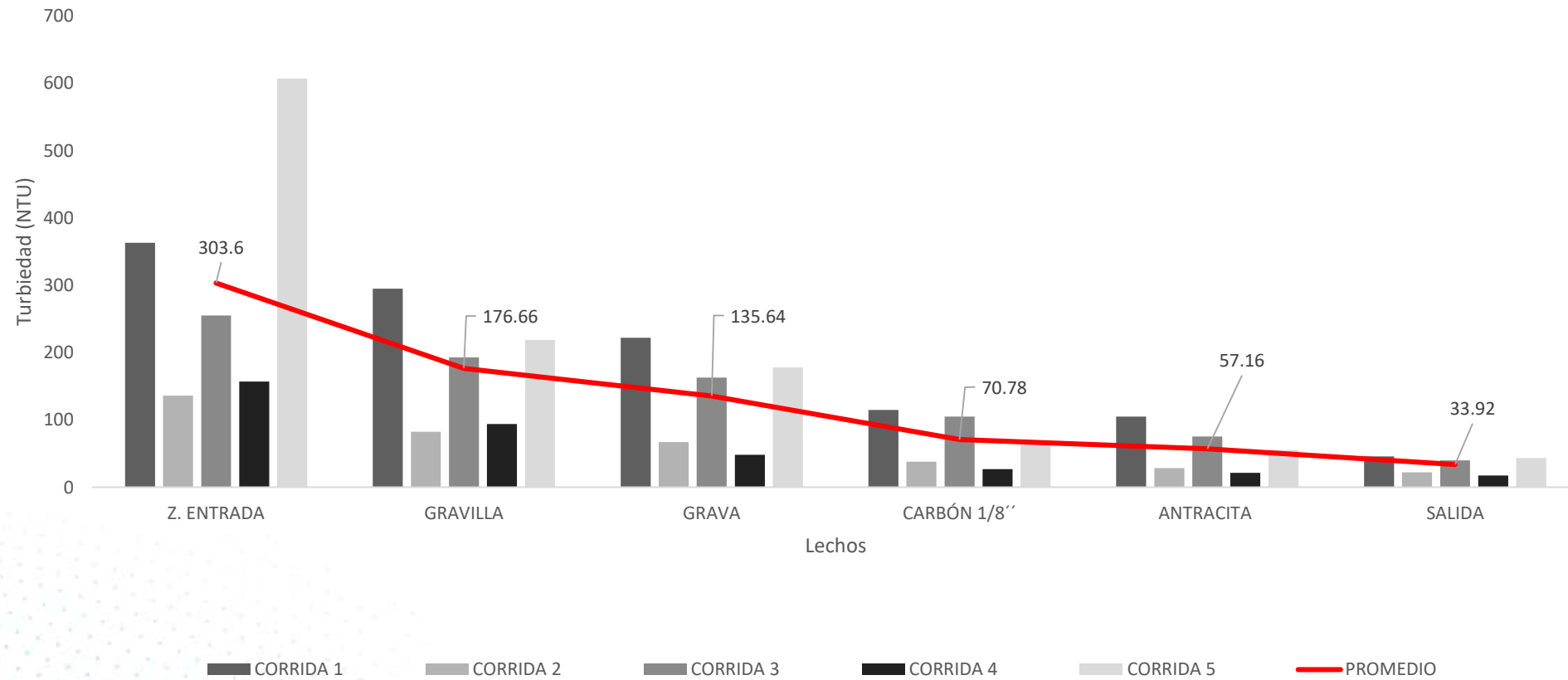


Muestras de los lechos filtrantes del sistema de filtración 2



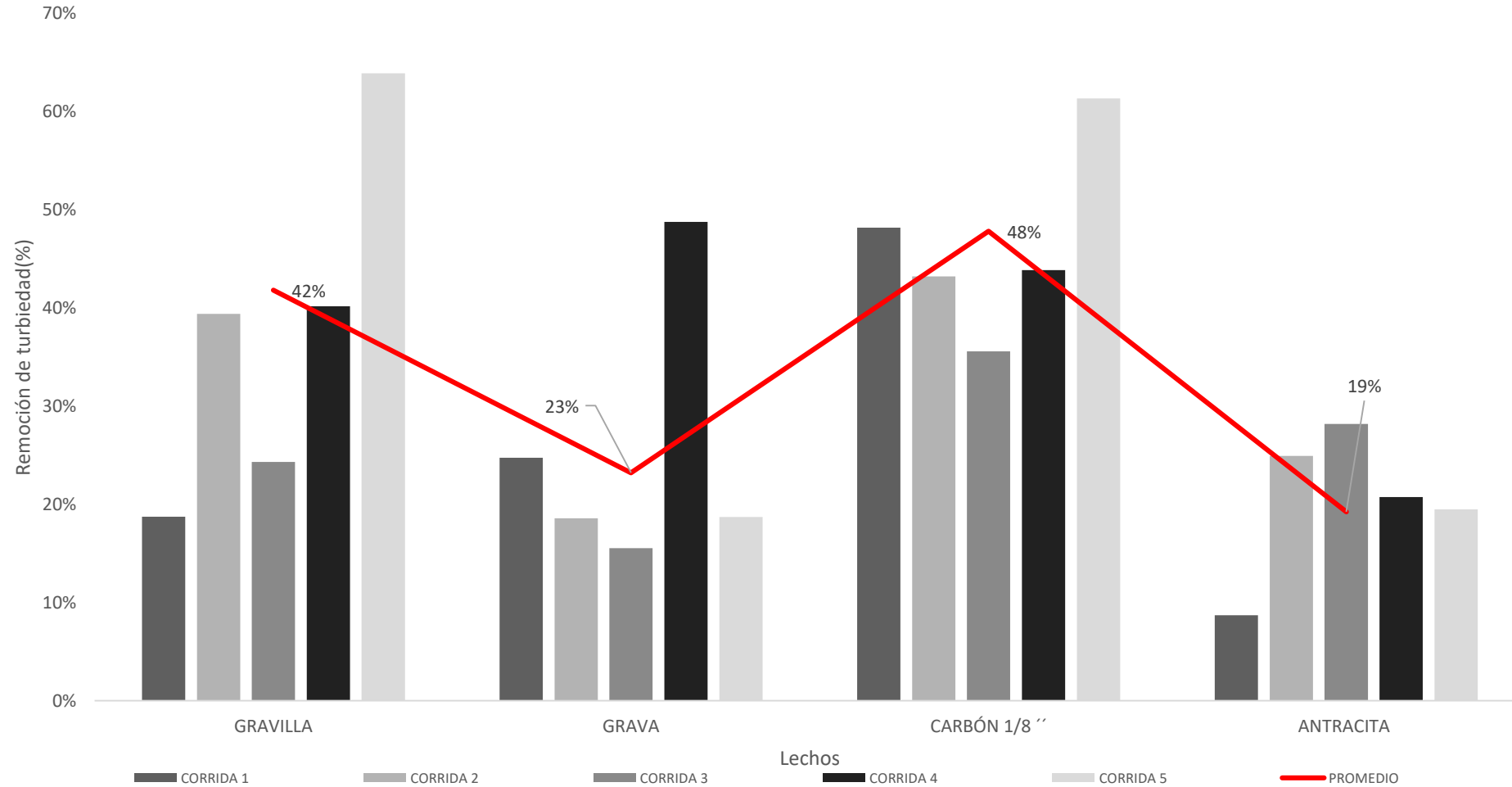


Comportamiento de la Turbiedad en los Lechos Sistema 1



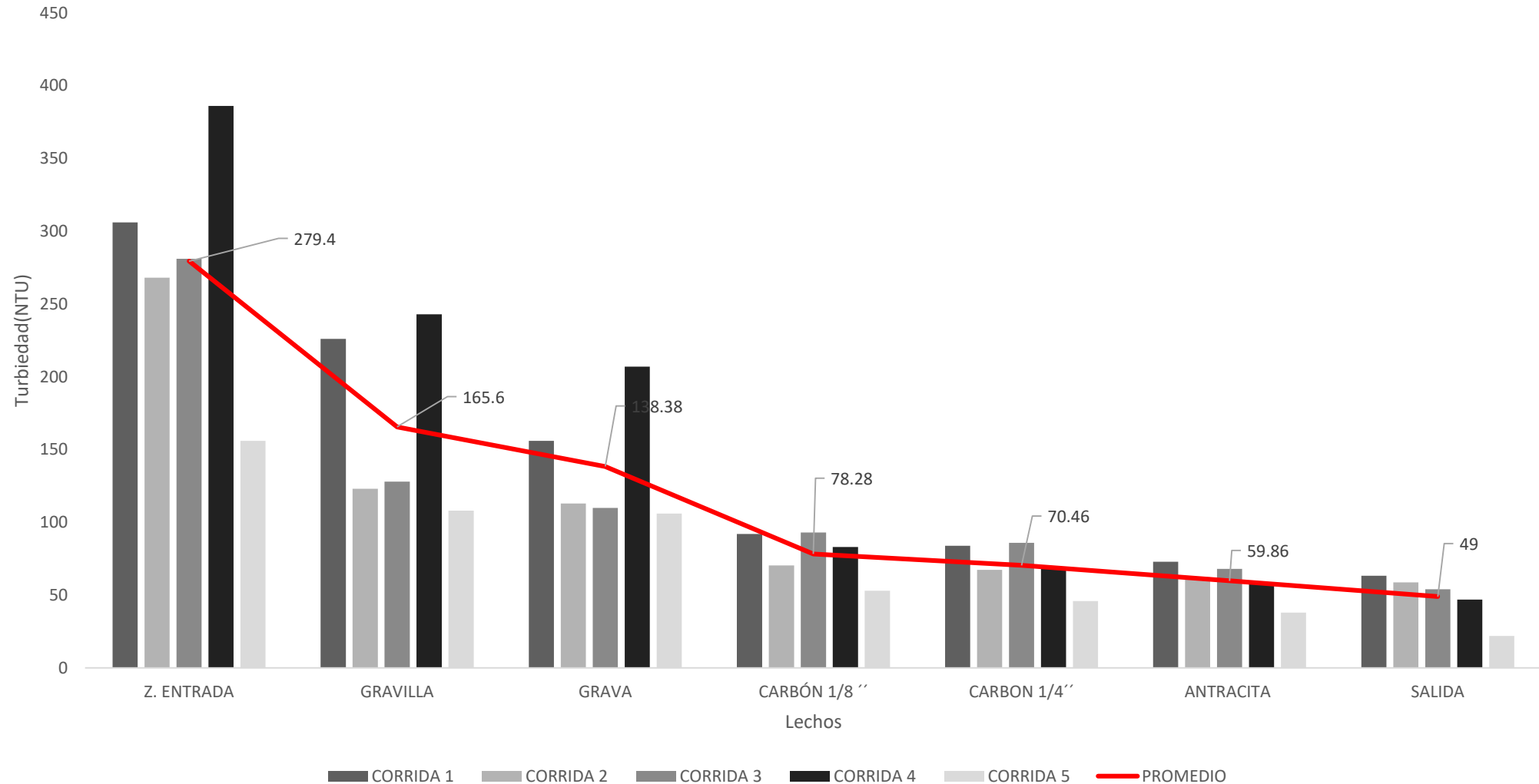


Porcentaje de Remoción de Turbiedad por Lecho sistema 1



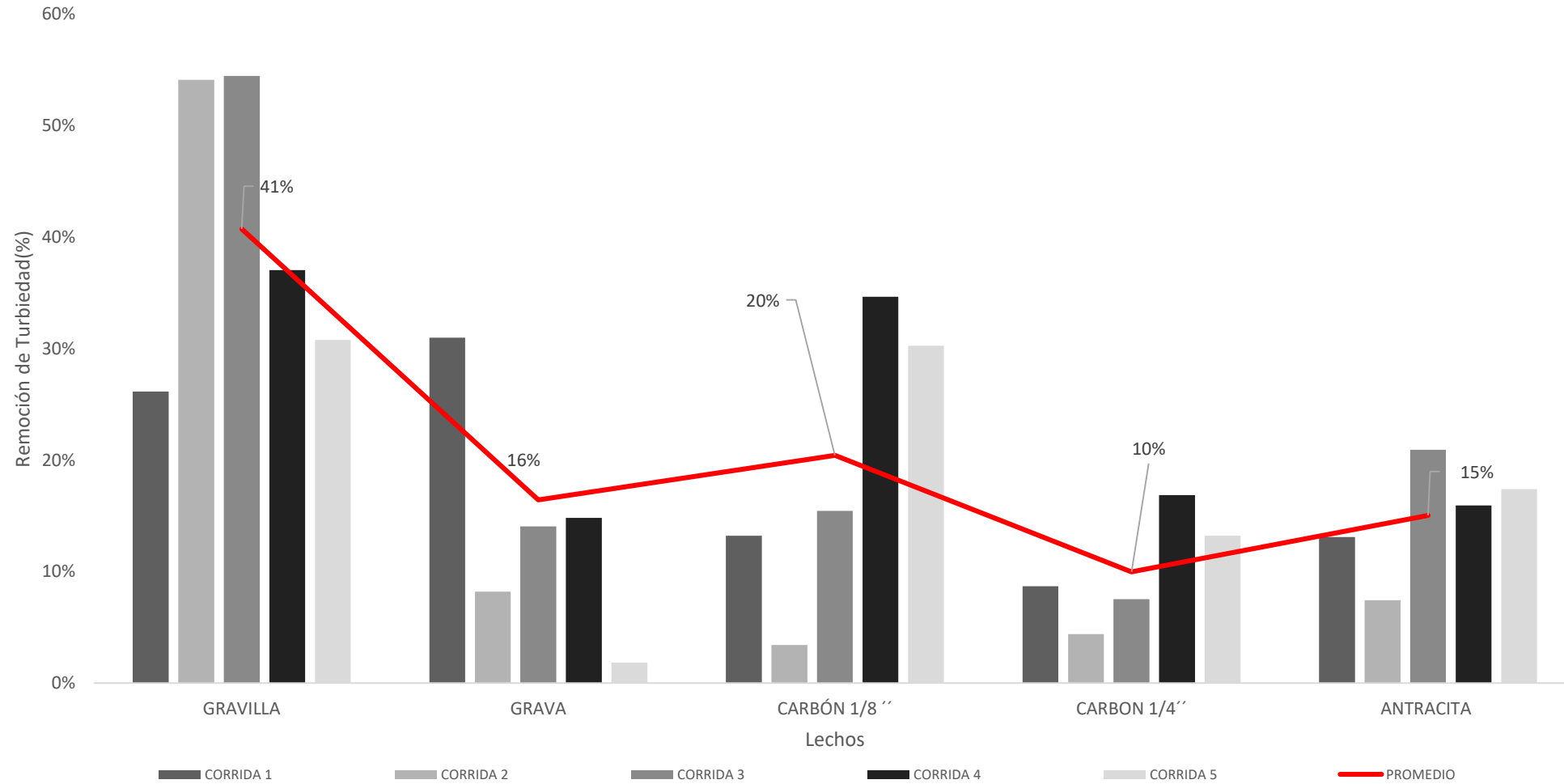


Comportamiento de la Turbiedad en los Lechos Sistema 2



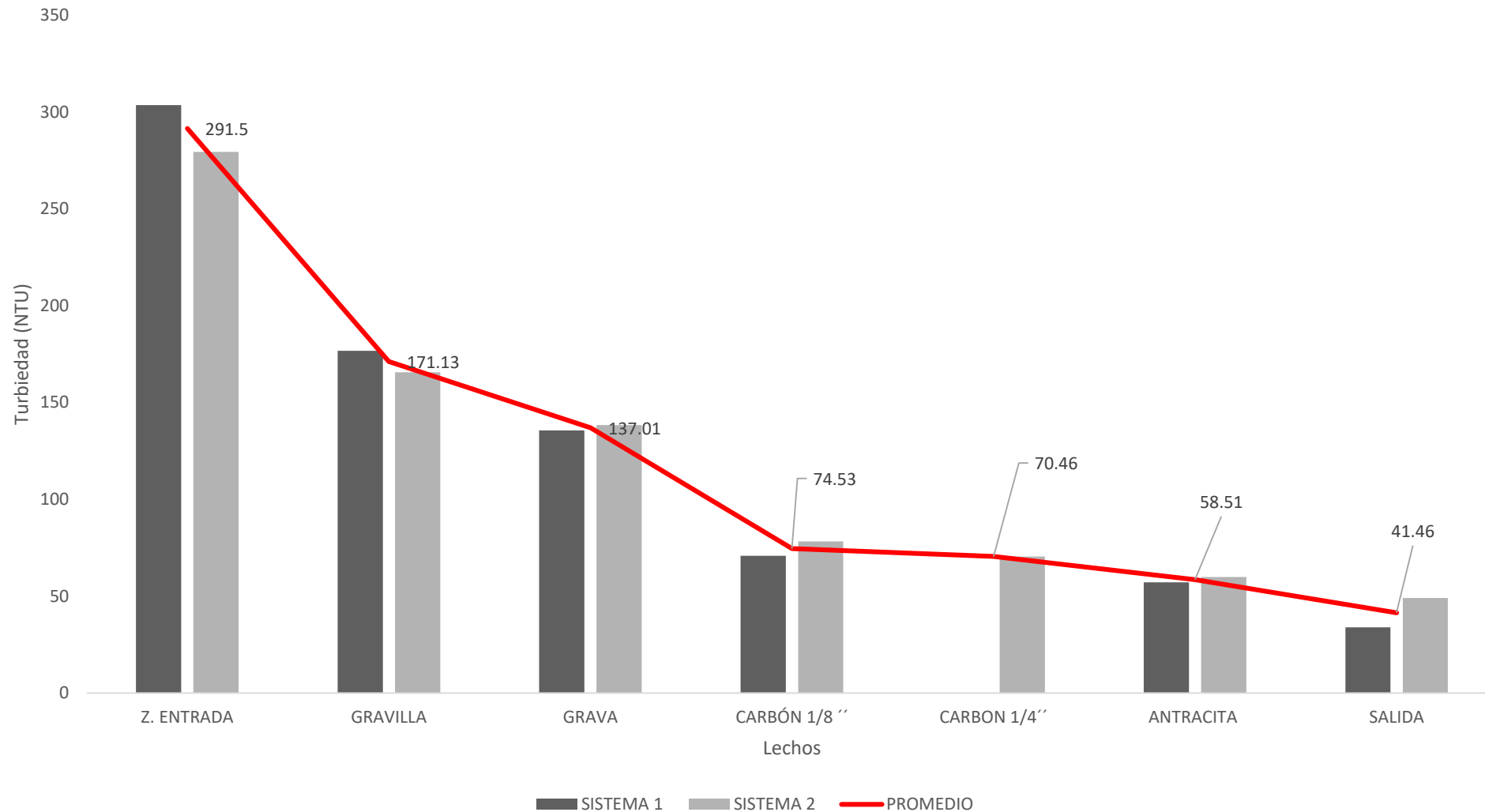


Porcentaje de Remoción de Turbiedad por Lecho sistema 2



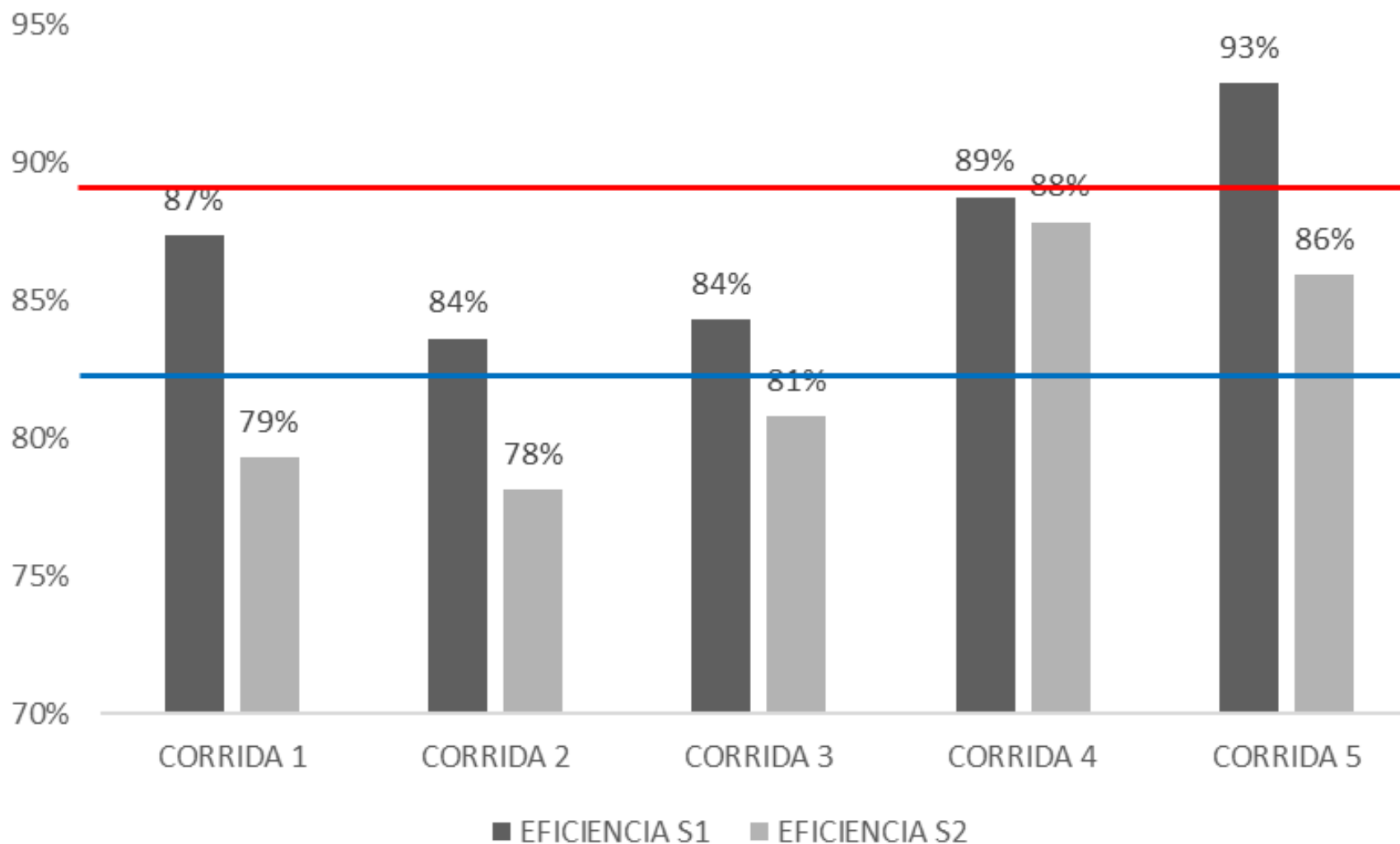


Eficiencia de Remoción de Turbiedad Sistema 1 vs Sistema 2

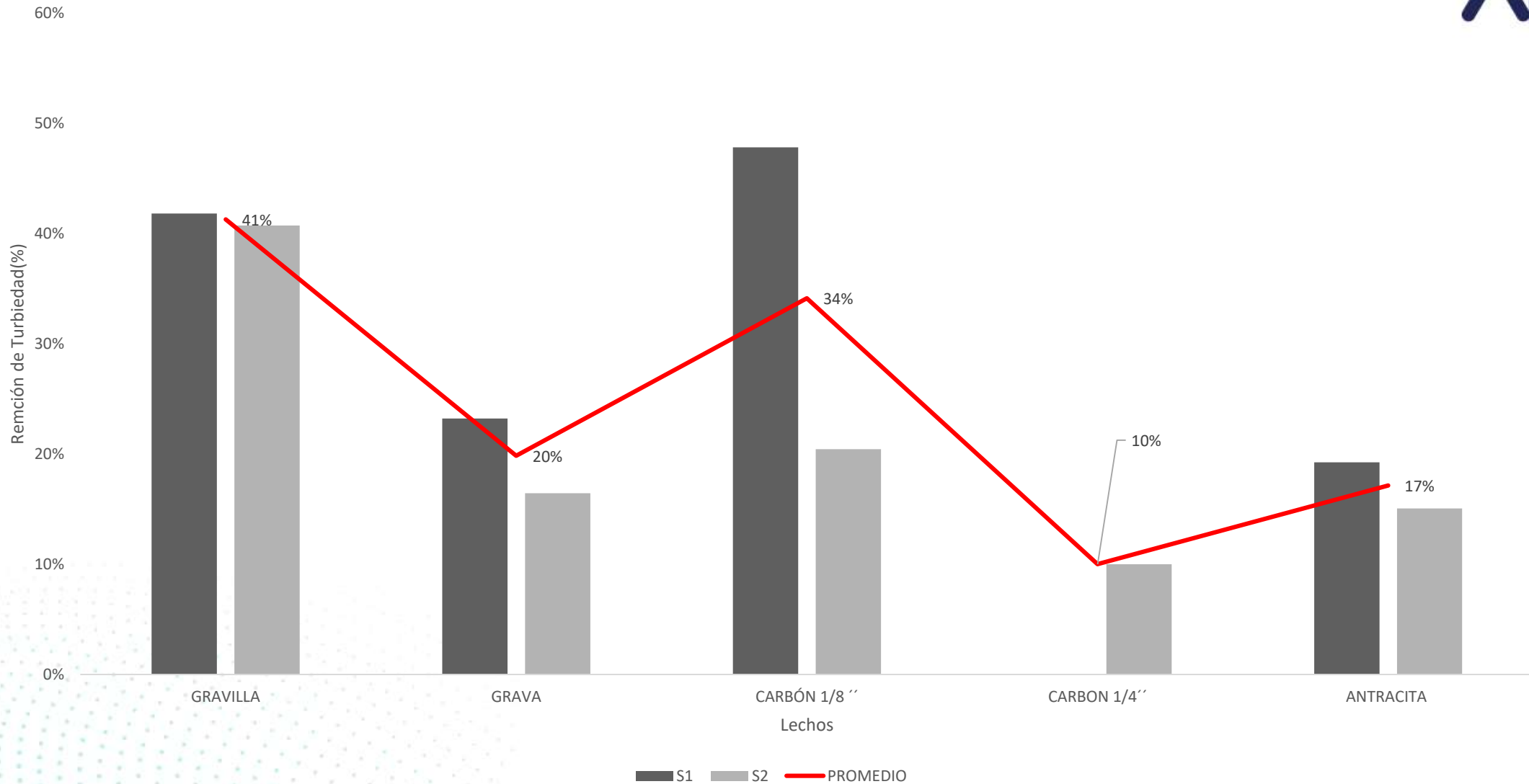




Eficiencia de remoción por corrida del sistema 1 vs Sistema 2



Porcentaje de Remoción de Turbiedad Sistema 1 vs Sistema 2



Conclusiones

- El filtro grueso horizontal (FGH) demostró ser una tecnología eficiente y viable para la remoción de turbiedad en aguas residuales provenientes de una granja piscícola, reduciendo de manera significativa la carga de sólidos suspendidos.
- En ambos sistemas evaluados se obtuvo una disminución notable y estable de la turbiedad, pasando de valores característicos de efluentes con alta carga contaminante a concentraciones más bajas y homogéneas en el efluente tratado.
- El análisis comparativo evidenció que, aunque ambos sistemas alcanzaron altas eficiencias de remoción, el sistema 1 presentó de forma consistente mejor desempeño global, reflejado en menores valores de turbiedad a la salida del sistema.
- Los resultados indican que la eficiencia del FGH está fuertemente influenciada por el diseño hidráulico y la adecuada selección del medio filtrante, lo que permite optimizar su funcionamiento bajo las condiciones de operación evaluadas.
- La comparación entre configuraciones mostró que incrementar el número de lechos filtrantes del mismo material no garantiza una mejora significativa en la eficiencia del tratamiento, siendo más determinante contar con un lecho bien diseñado y correctamente operado que adicionar etapas sin optimización previa.



Conclusiones

- La construcción y operación del prototipo demostraron que el FGH es una alternativa técnicamente viable y de bajo costo, ya que puede implementarse con materiales disponibles en el contexto local y trabajar por gravedad, sin requerir equipos complejos. Esto lo convierte en una opción atractiva para pequeñas y medianas granjas piscícolas ubicadas en zonas rurales del norte de Boyacá, donde se requiere mejorar la calidad de los vertimientos con soluciones sencillas y adaptadas a las condiciones del territorio.
- El uso de canastillas removibles como contenedores de los lechos filtrantes demostró ser una solución funcional para la operación y el mantenimiento del filtro grueso horizontal (FGH). La posibilidad de extraer individualmente cada canastilla facilita el retrolavado específico de los lechos, la remoción de material sedimentado y la reposición o lavado de los medios filtrantes sin necesidad de desmontar toda la unidad.





Recomendaciones



- Priorizar la configuración del sistema 1 como referencia para futuras aplicaciones del FGH en granjas piscícolas del norte de Boyacá, enfocándose en un lecho único de carbón activado fino bien diseñado y operado.
- Estandarizar un protocolo de mantenimiento de los medios filtrantes (lavado previo e intermedio), definiendo frecuencia, volumen de enjuague y tiempo de recirculación, que pueda ser aplicado por productores sin equipos especializados.
- Implementar un pretratamiento mínimo (rejillas, desarenador o sedimentación) antes del FGH para reducir la carga de sólidos gruesos, disminuir la colmatación y mejorar la estabilidad del sistema.
- Ampliar la evaluación del FGH incorporando parámetros adicionales (SST, DBO, DQO, N y P), con el fin de verificar su contribución al cumplimiento de la Resolución 0631 de 2015.
- Realizar ensayos de operación continua a mayor plazo y explorar nuevas configuraciones de medios filtrantes (granulometrías, espesores y materiales), tomando como base el buen desempeño del sistema 1.



Referencias

- Al-Hafedh, Y. S., Alam, A., & Buschmann, A. H. (2003). Comparative performance of tilapia *Oreochromis niloticus* and *O. aureus* in an aquaponic system. *Aquaculture Research*, 34(3), 205–210. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2109.2003.00885.x>
- Boyd, C. E., & Tucker, C. S. (1998). Pond Aquaculture Water Quality Management. In *Pond Aquaculture Water Quality Management*. Springer US. <https://doi.org/10.1007/978-1-4615-5407-3>
- FAO. (2022a). The State of World Fisheries and Aquaculture 2022. In *The State of World Fisheries and Aquaculture 2022*. FAO. <https://doi.org/10.4060/cc0461en>
- FAO. (2022b). *The State of World Fisheries and Aquaculture 2022. Towards Blue Transformation*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://doi.org/10.4060/cc0461en>
- Galvis, G. (1994). *SECCIONTECNICA" INTERNATIONAL RFFFvi-1 FOR COMMUNITY WATER SA<\\ITATi@N TECNOLOGIA INNOVATIVA PARA REDUCCION DE CONTAMINANTES BIOLÓGICOS Y PRECURSORES DE TRIHALOMETANOS*.
- Galvis, Gerardo., & Latorre, J. . (2018). *FILTRACIÓN EN MÚLTIPLES ETAPAS Tecnología innovativa para el tratamiento de agua*. Kohlhammer Verlag.
- Imbacuán, M., Bermúdez, F., & Gutiérrez, O. (2016). Evaluación de las aguas residuales del lavado de estanques multipropósito con cultivo de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*). *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 17, 191. https://doi.org/10.21930/rcta.vol17_num2_art:488
- Kurniawan, S. B., Imron, M. F., Abdullah, S. R. S., Othman, A. R., & Hasan, H. A. (2023). Coagulation–flocculation of aquaculture effluent using biobased flocculant: From artificial to real wastewater optimization by response surface methodology. *Journal of Water Process Engineering*, 53, 103869. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2023.103869>





- Dado que el sistema 1 mostró mayores eficiencias globales de remoción de turbiedad y menores valores de turbiedad a la salida en comparación con el sistema 2, se recomienda tomar esta configuración como referencia para futuras aplicaciones y réplicas del filtro grueso horizontal (FGH) en granjas piscícolas del norte de Boyacá. Es preferible priorizar un buen diseño y operación de un único lecho de carbón activado fino, antes que adicionar más etapas del mismo material sin una ganancia clara en eficiencia.
- Dado que el correcto lavado previo e intermedio de los materiales filtrantes influyó en la estabilidad de los resultados, se recomienda estandarizar un protocolo de mantenimiento (frecuencia de lavado, volumen de agua de enjuague y tiempo de recirculación) que pueda ser aplicado por los productores sin requerir equipos especializados. Esto permitirá conservar la eficiencia de remoción y prolongar la vida útil de los medios filtrantes.
- Aunque el FGH logró reducciones importantes de turbiedad, se sugiere evaluar la implementación de un pretratamiento mínimo (rejillas, desarenador o cámara de sedimentación) antes del ingreso al filtro. Esto disminuiría la carga de sólidos gruesos, reduciría la colmatación de los primeros lechos y mejoraría la estabilidad a largo plazo del sistema, especialmente en condiciones de alta variabilidad del efluente.
- Para futuras investigaciones se recomienda complementar la evaluación de turbiedad con otros parámetros como SST, DBO, DQO y nutrientes (N y P), con el fin de determinar el aporte real del FGH al cumplimiento de los parámetros establecidos en la Resolución 0631 de 2015 y fortalecer la argumentación técnica frente a la autoridad ambiental.
- Los ensayos realizados dan una primera aproximación al comportamiento del filtro, pero se recomienda desarrollar pruebas de operación continua en periodos más largos (semanas o meses), para analizar la variación de la eficiencia en el tiempo, la colmatación de los medios, la necesidad real de mantenimiento y la respuesta del sistema ante cambios estacionales en el efluente piscícola.
- Finalmente, se sugiere que investigaciones posteriores exploren nuevas combinaciones de granulometrías y espesores de capa, así como la posible inclusión de otros materiales granulares, manteniendo como referencia el buen desempeño observado en el sistema 1. Esto permitirá afinar el diseño del FGH y encontrar configuraciones aún más eficientes y adaptadas a distintas condiciones de efluente.





Gracias

Aquí y
Ahora



Aquí y
Ahora

santototunja.edu.co

