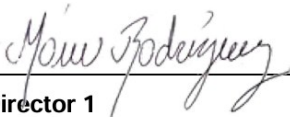





## Formato de Investigación de Póster Misión Académica Internacional

1. Información General del Proyecto					
Facultad de Ingeniería Civil			Fecha de presentación:		
			DD	MMM	AAAA
Programa: Especialización en Ingeniería Hidroambiental			16	05	2025
<b>Título del proyecto:</b> COMPARACIÓN TÉCNICA Y OPERATIVA DE LOS PROCESOS DE POTABILIZACIÓN EN LAS PLANTAS DE CHILIBRE (PANAMÁ) Y TIBITOC (COLOMBIA): HACIA UNA GESTIÓN EFICIENTE DEL RECURSO HÍDRICO.					
1.1 Director del Proyecto					
Nombres y Apellidos	Número Documento	Nivel de Formación	e-mail	Número Teléfono	
Mónica Helena Rodríguez Mesa	1049618124	Maestría	monica.rodriguez@usantoto.edu.co	3124805733	
1.2 Estudiantes Participantes					
Nombres y Apellidos	Número de Documento	Semestre	Correo Electrónico	Número Teléfono	
Luisa Fernanda Ardila Cruz	1049656676	2	luisa.ardila@usantoto.edu.co	3128409537	
Yuly Andrea Benavides Pulido	1033743621	2	yuly.benavides@usantoto.edu.co	3214293738	
1.3 Firmas					

  
Director 1

Codirector 2

  
Estudiante: Yuly Benavides

  
Estudiante: Luisa Ardila

## 2. Introducción

Acceder al agua potable de calidad significa un desafío complejo para las urbes de América Latina, una región caracterizada por su diversidad geográfica y demográfica. En este contexto, las PTAP son importantes en garantizar la disponibilidad y calidad del recurso hídrico. Particularmente, las instalaciones de Chilibre, en Panamá, y Tibitoc, en Colombia, son ejemplos paradigmáticos que destacan por sus enfoques diferenciados en términos de diseño, tecnología implementada y gestión operativa.

La PTAP Chilibre es una infraestructura importante que proporciona agua potable en la capital Panameña, enfrentando desafíos como el crecimiento poblacional y la creciente demanda del recurso. Por su parte, la planta de Tibitoc abastece a Bogotá y a municipios cercanos, lo que implica una complejidad operativa que responde a las necesidades de una metrópolis en constante expansión. Estas dos plantas, aunque comparten el mismo fin de garantizar el agua potable, operan bajo condiciones y metodologías que reflejan realidades distintas en cuanto a recursos técnicos, humanos y geográficos.

Esta investigación se centra en un análisis comparativo detallado de ambas plantas, explorando sus características para mejorar procesos. Uno de los puntos destacados es la identificación de prácticas exitosas que puedan ser replicadas en otros contextos, así como el reconocimiento de limitaciones que afectan la eficiencia del tratamiento del agua. Entre los aspectos clave del estudio, se incluye la revisión de los procesos de potabilización implementados, las tecnologías empleadas y la sostenibilidad operativa de cada planta.

Optimizar los procesos de tratamiento de agua no solo es crucial para garantizar la disponibilidad del recurso en el futuro, sino también para mejorar las condiciones del agua entregada a las personas, reducir costos e impactos no deseados. En este sentido, la comparación técnica se erige como una herramienta valiosa, no solo para fomentar la innovación en las entidades operadoras, sino también para informar a los reguladores en la creación de políticas públicas más robustas y resilientes frente a los desafíos hídricos.

El estudio concluye que fortalecer la cooperación entre los diferentes actores involucrados, como operadores, reguladores y comunidades, es fundamental para avanzar hacia una gestión del agua más eficiente y sostenible. A través de este tipo de análisis comparativos, es posible construir un marco de referencia que promueva soluciones adaptativas y mejores prácticas en la gestión hídrica de América Latina.

## 3. Estado del Arte

El tratamiento de agua potable ha sido objeto de múltiples estudios e investigaciones que abordan tanto los aspectos técnicos-operativos como normativos y de gobernanza. Este estado del arte recoge investigaciones, normativas y



experiencias en Colombia y Panamá y se organiza en las siguientes categorías temáticas: evolución tecnológica, estudios comparativos, casos emblemáticos, normativa y gobernanza, y gestión y operación.

### 1. Evolución tecnológica

A lo largo del tiempo, las tecnologías de tratamiento de agua han evolucionado, pasando de métodos tradicionales a sistemas más complejos, automatizados y sostenibles. Adeniyi (2020) realiza una revisión comparativa entre los métodos tradicionales y modernos, señalando la eficiencia y sostenibilidad de las tecnologías recientes. Así mismo, Metcalf & Eddy (2014) presentan una referencia técnica fundamental sobre procesos avanzados, mientras que la AWWA (2017) proporciona lineamientos sobre tarifas y modelos económicos para sostenibilidad.

En el contexto de América Latina, Walsh y Mellor (2020) presentan una evaluación de ciclo de vida de tecnologías domésticas, destacando su viabilidad en zonas rurales o de difícil acceso. Zahorodniuk et al. (2020) exploran los efectos higiénicos del tratamiento estabilizado del agua dura, lo que resalta la importancia de monitorear el impacto sanitario de las tecnologías utilizadas.

### 2. Estudios comparativos y análisis técnicos

Numerosos estudios han abordado comparaciones entre plantas de tratamiento. En Colombia, Arboleda y Méndez (2021) analizan tecnologías en diferentes plantas desde un enfoque técnico-operativo, mientras que Forero López et al. (2019) evalúan la PTAP Peña Blanca en Boyacá. Rodríguez Peñarreta y Paredes Rodríguez (2022) realizan un análisis comparativo entre ciudades de Ecuador, y Velandia Medina et al. (2019) comparan aspectos administrativos y de desinfección en dos plantas.

Tolosa Báez (2021) compara guías técnicas entre Colombia y México, y Martínez y Rodríguez (2020) evalúan el desempeño de plantas en América Latina. Por su parte, Báez et al. (2023) abordan el estado de las ETAP en Brasil y Colombia, complementando el panorama regional.

### 3. Casos emblemáticos: PTAP Tibitoc y PTAP Chilibre

La Planta Tibitoc en Bogotá ha sido ampliamente documentada. La EAAB (2021) presenta informes técnicos y operativos, mientras que trabajos académicos como los de Asprilla Hinestroza (2019), Molina Pulido (s.f.), Rodríguez (2003) y Velandia-Medina (2019) profundizan en aspectos específicos como reciclaje de agua utilizada en procesos, modernización, uso de macrófitas y procesos de desinfección.

En Panamá, la PTAP Chilibre ha sido objeto de estudios técnicos por parte del IDAAN (2015, 2020), IRHP (2021), y de tesis como las de Esquivel (2023) y Mariscal y Vallester (2019), que analizan impacto urbano e indicadores de contaminación. La Autoridad del Canal de Panamá (2019) también ofrece documentación técnica sobre esta planta.

### 4. Normativas en Colombia y Panamá



Colombia cuenta con el Reglamento (RAS), actualizados entre 2000 y 2016, además de la Ley 142 de 1994 y la Resolución 2115 de 2007, en las cuales se pueden visualizar algunos de los requisitos que deben tener en su calidad del agua.

Panamá dispone de la Norma COPANIT 23-395-99 (DGNTI, 1999) y de marcos legales como la Ley 44 de 1995 y la Ley General del Ambiente (2001). Estas normativas son esenciales para estandarizar la operación y el control de calidad del agua.

La OMS también ha sido referente global con sus guías de calidad del agua (2006, 2017, 2018), ampliamente utilizadas en estos países.

### 5. Gobernanza del agua y desafíos

La gobernanza hídrica ha sido analizada por instituciones como la CEPAL (2019), que identifica brechas institucionales y de coordinación. En el caso de Panamá, Escalante Henríquez y Carpenter Figueres (2016) estudian las barreras para una gestión integrada.

Desde la perspectiva de desarrollo, el ODS 6 de la ONU (2015) impulsa una agenda hacia el acceso para todos del agua. En esta línea, el BID (Paltán et al., 2020) enfatiza la necesidad de sistemas resilientes. Díaz (2020) introduce el concepto de huella hídrica como indicador de sostenibilidad.

### 6. Gestión, operación y sostenibilidad

El IDEAM (2018) y el IDAAN (2020) han publicado manuales de operación y mantenimiento que constituyen guías técnicas para la gestión efectiva de PTAP. Jiménez Lan De Villarreal (2023) y Manzanillo (2020) discuten cómo el crecimiento urbano afecta la infraestructura hídrica y resaltan el uso de tecnologías limpias.

Finalmente, Torres y Pérez (2019) analizan la eficiencia de plantas urbanas en América Latina, y Tzatchkov y Rojas (2016) discuten los principales retos regionales en tratamiento y saneamiento.

## 4. Planteamiento del Problema de Investigación

Actualmente, acceder al agua es un desafío constante para muchas ciudades de América Latina. En este contexto, las plantas potabilizadoras tienen importancia en su gestión eficiente, especialmente en zonas urbanas densamente pobladas. Las PTAP de Chilibre, en Ciudad de Panamá (Panamá), y Tibitoc, en Tocancipá (Colombia), son dos infraestructuras clave que abastecen a millones de personas, pero cuyos procesos, tecnologías y capacidades operativas presentan diferencias significativas que impactan en la calidad del servicio.

El problema radica en la falta de análisis comparativo integral entre ambas plantas, que se puedan evidenciar sus puntos fuertes, las debilidades, y posibilidades en mejorar sus procesos de tratamiento. Factores como el diseño de las plantas, las condiciones del agua cruda, el tipo de tecnología utilizada y el cumplimiento normativo varían entre ambas



infraestructuras. Estas variaciones pueden cambiar bastante el rumbo de lo que pase eficiencia del tratamiento, los costos operativos, la sostenibilidad del sistema, e incluso en la salud de los usuarios.

Comprender cómo, cuándo y por qué ocurren estas variaciones permite establecer criterios más robustos para seguir puliendo los sistemas de potabilización en ambos países. Además, involucrar a los actores clave como operadores, ingenieros, autoridades locales y usuarios, es esencial para recopilar información técnica y empírica que respalde el análisis. Esta investigación busca cerrar esa brecha, al comparar de manera sistemática los procesos de ambas plantas y ofrecer recomendaciones que contribuyan al fortalecimiento de la gestión del agua potable en contextos urbanos similares.

## 5. Justificación de la Propuesta e Identificación y Descripción del Conocimiento que Generará la misión académica internacional

Mantener la calidad y la accesibilidad al agua potable es uno de los retos y desafíos más grandes para los sistemas de abastecimiento urbano en América Latina. En este caso, es clave hacer comparaciones entre distintas PTAP. Aunque trabajan con objetivos parecidos, cada una opera en ambientes, con tecnologías y reglas bastante diferentes. Poner lado a lado la planta de Chilibre en Panamá y la de Tibitoc en Colombia ayuda a sacar buenas ideas, encontrar puntos a mejorar y pensar en cómo adaptar tecnologías y operaciones. Todo esto aporta a manejar mejor el agua en ambos países.

Cada planta enfrenta retos particulares derivados de las características de sus fuentes hídricas, las tecnologías implementadas y el marco regulatorio vigente. Mientras Chilibre depende del río Chagres, una fuente relativamente limpia pero afectada por variabilidad estacional, Tibitoc trata aguas del río Bogotá, una fuente con altos niveles de contaminación. Analizar estas diferencias y su impacto en sus procesos es vital para comprender la eficiencia de cada modelo y proponer mejoras fundamentadas en evidencia técnica y normativa, especialmente siguiendo las reglas del RAS 2000.

Este estudio también radica en su potencial para mejorar las decisiones en proyectos de modernización, expansión o creación de nuevas plantas de tratamiento en la región. Comparar el desempeño de Chilibre y Tibitoc no solo ayuda a optimizar el uso de recursos económicos y tecnológicos, sino que también promueve la sostenibilidad ambiental y la adaptación frente a agentes externos. Asimismo, el proyecto aporta al cumplimiento de los ODS, destacando el 6: Agua limpia y saneamiento.

Finalmente, este análisis servirá como referencia académica y profesional para ingenieros civiles, sanitarios y ambientales, así como para autoridades locales y organismos internacionales que buscan mejorar las condiciones de potabilización del agua en zonas urbanas. Recoger lo bueno, lo difícil y lo aprendido en estas dos plantas permitirá sacar ideas que realmente pueden hacer la diferencia para la gente que necesita estos servicios.

## 6. Objetivos



**Objetivo General**

Evaluar los procesos de tratamiento en Chilibre y Tibitoc para detectar elementos que favorezcan la optimización de la gestión del agua en las ciudades de la región.

**Objetivos Específicos**

- Analizar las características de captación, pretratamiento, tratamiento y distribución del agua en la PTAP de Chilibre y en la PTAP Tibitoc.
- Identificar las principales tecnologías y metodologías empleadas en cada planta, evaluando su eficiencia según las normativas respectivas vigentes.
- Comparar los indicadores de desempeño operativo, calidad del agua tratada y sostenibilidad ambiental de ambas plantas.

**7. Métodos (visitas técnicas a laboratorios, talleres, seminarios)**

La investigación se desarrollará con un enfoque comparativo, técnico-operativo entre las PTAP de Chilibre (Panamá) y Tibitoc (Colombia), siguiendo una estructura metodológica que se dividirá en tres fases secuenciales. Cada fase contemplará objetivos específicos, actividades detalladas, recursos técnicos y humanos, además de un cronograma de implementación estimado a 2 meses.

**Fase 1: Análisis de procesos de captación, pretratamiento, tratamiento y distribución**

Objetivo: Caracterizar técnica y operativamente las etapas clave del ciclo de potabilización en ambas plantas.

Actividades:

Revisión documental: Se recopilarán y analizarán manuales técnicos, informes de operación, normativas locales (como la Resolución 2115 de 2007 en Colombia y la Norma COPANIT en Panamá), además de literatura científica y académica sobre sistemas de tratamiento.

Visitas técnicas: Realizar una visita a la PTAP Chilibre y otra a la PTAP Tibitoc para obtener una inspección visual de sus sistemas de captación, pretratamiento y tratamiento, incluyendo procesos como cribado, dosificación de coagulantes, sedimentación y filtración, con el fin de analizar su funcionamiento y eficiencia.

Sistematización de datos: Se organizarán los registros observacionales, fotográficos y técnicos mediante Excel para su posterior análisis comparativo.

**Fase 2: Evaluación de tecnologías utilizadas y su eficiencia frente a calidad del agua y normativa**

Objetivo: Identificar las tecnologías y metodologías empleadas en cada planta, evaluando su rendimiento en función de los parámetros de calidad exigidos.

Actividades:

Inventario tecnológico: Se llevará a cabo un inventario detallado de los equipos y métodos empleados en cada etapa del tratamiento, incluyendo automatización, sensores en línea y reactivos químicos.



**Análisis normativo:** Se contrastarán los estándares de calidad del agua establecidos en normativas locales y las recomendaciones de la OMS.

**Entrevistas:** Se aplicarán entrevistas semiestructuradas a técnicos e ingenieros para comprender criterios operativos y manejo de fallas.

**Matrices comparativas:** Se desarrollarán matrices para cruzar variables como eficiencia de remoción, costos operativos y calidad del agua tratada.

### **Fase 3:** Comparación de indicadores de desempeño, sostenibilidad y calidad del agua

**Objetivo:** Evaluar los resultados de ambos sistemas en términos de eficiencia, cumplimiento normativo y sostenibilidad ambiental.

**Actividades:**

**Recopilación de indicadores operacionales:** Se recolectarán datos sobre caudales tratados, eficiencia de remoción, consumo de insumos, tiempos de respuesta y parámetros microbiológicos.

**Evaluación ambiental:** Se analizarán la huella hídrica y energética de cada planta utilizando herramientas como SIG y ACV, además de los impactos de vertimientos y subproductos.

**Consolidación de resultados:** Se integrarán los datos recolectados en un informe comparativo que establecerá conclusiones sobre fortalezas, debilidades y oportunidades de mejora.

## 8. Aplicación en Colombia

La aplicación del proyecto denominado Comparación técnica y operativa de los procesos de potabilización en las plantas de Chilibre (Panamá) y Tibitoc (Colombia) ofrece un marco de análisis estratégico para fortalecer el tratamiento de agua en Colombia. En particular, permite evaluar de forma crítica los procesos implementados en la PTAP Tibitoc, una de las infraestructuras más relevantes del país, operada por el Acueducto de Bogotá.

Esta iniciativa busca analizar qué funciona bien, qué puede mejorarse y dónde hay oportunidades para optimizar la operación de Tibitoc, mediante la comparación con su homóloga panameña, la PTAP Chilibre. Este enfoque permitirá comprender cómo factores técnicos, normativos, ambientales y de gestión inciden en el desempeño de la planta colombiana.

De esta manera, la aplicación en Colombia no solo tiene implicaciones técnicas, sino también institucionales, al contribuir a fortalecer capacidades locales, promover la innovación tecnológica en plantas de tratamiento, y generar conocimiento útil para replicar buenas prácticas en otras regiones del país.

## 9. Resultados Esperados



- Caracterización técnica y operativa detallada de los procesos de potabilización utilizados en las PTAP de Chilibre (Panamá) y Tibitoc (Colombia), incluyendo tecnologías empleadas, etapas del tratamiento, insumos, parámetros de control y eficiencia operativa.
- Identificación de similitudes y diferencias significativas en los modelos de gestión, infraestructura, protocolos de operación y mantenimiento de ambas plantas, con base en estándares técnicos y normativos nacionales e internacionales.
- Determinación de fortalezas y debilidades en cada planta desde una perspectiva técnica, operativa y ambiental, que permita valorar su desempeño frente a criterios de eficiencia, sostenibilidad y calidad del agua tratada.
- Elaboración de un conjunto de recomendaciones orientadas a mejorar la eficiencia del proceso de potabilización en ambas instalaciones, con énfasis en buenas prácticas replicables y estrategias de optimización del uso del recurso hídrico.
- Contribución al conocimiento técnico y científico en la gestión del agua América Latina, mediante un enfoque comparativo que sirva de referencia para futuras investigaciones y proyectos de modernización en plantas similares.

## 10. Conclusiones

- La comparación técnica y operativa de las PTAP de Chilibre (Panamá) y Tibitoc (Colombia) evidencia que, si bien ambas cumplen con su función principal de garantizar agua potable a gran escala, existen diferencias sustanciales en cuanto a los métodos empleados, el grado de automatización, los protocolos de mantenimiento y los niveles de eficiencia energética e hídrica.
- Las fortalezas detectadas en cada planta, como el uso de tecnologías avanzadas en Tibitoc o la capacidad de adaptación operativa en Chilibre, demuestran que no existe un único modelo ideal, sino que la eficiencia depende de una adecuada articulación entre infraestructura, gestión técnica y contexto local.
- Las debilidades observadas, especialmente en lo referente a pérdidas de agua, consumo de insumos químicos o respuesta ante variaciones en la calidad del agua cruda, resaltan la necesidad de implementar mejoras integrales que fortalezcan la sostenibilidad operativa a largo plazo.
- Las buenas prácticas identificadas en ambas plantas permiten establecer lineamientos replicables que podrían aplicarse en otras instalaciones de potabilización de la región, contribuyendo a la estandarización de procesos y al mejoramiento continuo del sector.
- El estudio destaca lo clave que es tener sistemas de seguimiento y evaluación técnica constantes para manejar bien el recurso hídrico, sobre todo frente a retos como el cambio climático, el aumento de población en las ciudades.
- Al final, el estudio aporta información técnica muy útil que puede servir para diseñar mejores políticas públicas y decidir con más criterio dónde invertir en infraestructura hídrica.

## 11. Referencias



- Adeniyi, A. O. (2020). A Comparative Review of the Traditional and Modern Methods of Water Treatment. *Journal of Advances in Biology & Biotechnology*, 44–51. <https://doi.org/10.9734/JABB/2020/V23I1130191>
- Alcaldía Mayor de Bogotá. (2021). *Planta de Tratamiento de Agua Potable Tibitoc*. Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (EAAB). Recuperado de: <https://www.acueducto.com.co>
- American Water Works Association (AWWA). (2017). *Manual of Water Supply Practices - M1: Principles of Water Rates, Fees, and Charges (7th ed.)*. Denver, CO: AWWA.
- Arboleda, J. & Méndez, L. (2021). Comparación de tecnologías en plantas de tratamiento de agua potable: Un enfoque técnico-operativo. *Revista Ingeniería y Agua*, 8(1), 45-58.
- Asamblea Legislativa de Panamá. (1995). Ley 44 de 1995.
- Asamblea Nacional de Panamá. (2001). Ley General del Ambiente.
- Asprilla Hinestroza, Y. A. (2019). Modelo de potabilización de aguas producto del lavado de filtros en la PTAP Tibitoc de la EAAB-ESP [Trabajo de grado, Universidad Distrital Francisco José de Caldas]. Repositorio Institucional. <https://repository.udistrital.edu.co/items/ea5a274e-312a-4179-a4df-53096c53e77e>
- Autoridad del Canal de Panamá. (2019). *Planta Potabilizadora de Chilibre: Operaciones y mantenimiento*. Gobierno de Panamá. Recuperado de: <https://www.potabilizadorachilibre.gob.pa>
- CEPAL. (2019). La gobernanza del agua en América Latina y el Caribe. Comisión Económica para América Latina y el Caribe, Naciones Unidas.
- Díaz, T. (2020). La huella hídrica: Indicador para aplicar la circularidad del agua: Modelo de gestión sostenible para Panamá. *Cátedra*, (17), 60–78. file:///C:/Users/Nestor%20Reyes/Downloads/catedra,+Tomas+D%C3%ADaz.pdf
- Dirección General de Normas Técnicas de Panamá (DGNTI). (1999). Norma COPANIT 23-395-99. Agua potable - requisitos de calidad. Panamá: DGNTI.
- Domínguez Amorocho, M. F. (2010). Optimización de la coagulación – floculación en la planta de tratamiento de agua potable de la sede recreacional Campoalegre - CAJASAN (Trabajo de grado, Universidad Pontificia Bolivariana). Universidad Pontificia Bolivariana Repositorio Institucional. [https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/848/digital\\_19174.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/848/digital_19174.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (EAAB). (2021). Informe Técnico de Operación Planta Tibitoc. Bogotá: EAAB.
- Escalante Henríquez, L. C., & Carpenter Figueres, C. (2016). Barreras que afectan la gestión integrada de los recursos hídricos: El caso de Panamá. *Revista Posgrado y Sociedad*, 1(1), 11–24. Universidad Estatal a Distancia. <https://revistasep.py@uned.ac.cr> file:///C:/Users/Nestor%20Reyes/Downloads/Dialnet-BarrerasQueAfectanLaGestionIntegradaDeLosRecursosH-5875766.pdf
- Esquivel, M. (2023). Impacto del crecimiento urbano en el abastecimiento de agua potable del corregimiento de Pacora: 2010 al 2020 [Tesis de maestría, Universidad de Panamá]. Universidad de Panamá. [https://up-rid.up.ac.pa/8600/1/marisela\\_esquivel.pdf](https://up-rid.up.ac.pa/8600/1/marisela_esquivel.pdf)



- Forero López, A. C., Hernández Restrepo, J. O., & Patiño González, D. P. (2019). EVALUACIÓN TÉCNICA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE “PEÑA BLANCA” DEL MUNICIPIO DE MONGUA, BOYACÁ. <https://repository.unipiloto.edu.co/handle/20.500.12277/5504>
- IDEAM. (2018). Manual de operación y mantenimiento de PTAP. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, Bogotá, Colombia.
- Instituto de Acueductos y Alcantarillados Nacionales – IDAAN. (2015). Informe Técnico Planta Chilibre.
- Instituto de Acueductos y Alcantarillados Nacionales (IDAAN). (2020). Manual de Operación de Plantas de Tratamiento de Agua Potable. Ciudad de Panamá: IDAAN.
- Instituto de Recursos Hídricos de Panamá. (2021). Datos técnicos de operación planta Chilibre. Ciudad de Panamá: IRHP.
- Jiménez Lan De Villarreal, A. (2023). Afectaciones del crecimiento poblacional en la cuenca del río Pacora. Período 2010-2020 [Tesis de maestría, Universidad de Panamá]. Repositorio Institucional Digital de la Universidad de Panamá. <https://up-rid.up.ac.pa/8074/>
- Ley 142 de 1994 - Gestor Normativo - Función Pública, (1994). <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=2752>
- Manzanillo, B. (2020). Uso de tecnologías limpias para el tratamiento de aguas residuales urbanas. Tekhnê, (17), 11–20. <file:///C:/Users/Nestor%20Reyes/Downloads/javalamo,+4660-15405-1-CE.pdf>
- Mariscal, E. I., & Vallester, Y. del C. (2019). Detección de indicadores de contaminación fecal y Pseudomonas en muestras de agua cruda y tratada de las plantas potabilizadoras de Chilibre y Miraflores de Panamá [Tesis de licenciatura, Universidad de Panamá]. Repositorio Institucional Digital de la Universidad de Panamá. <https://up-rid.up.ac.pa/7852/>
- Martínez, A., & Rodríguez, C. (2020). Evaluación del desempeño de plantas de potabilización en América Latina. Revista Ingeniería del Agua, 27(3), 145–160. Recuperado de <https://repository.udistrital.edu.co/bitstreams/a24f0cc5-4b33-4d3c-bbdd-354344473b5b/download>
- Metcalf & Eddy. (2014). *Wastewater Engineering: Treatment and Resource Recovery*. 5ª ed. McGraw-Hill.
- Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio de Colombia. (2000). *Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS 2000)*. Bogotá: Imprenta Nacional. Recuperado de: <https://www.minvivienda.gov.co>
- Molina Pulido, G. M. (s.f.). Levantamiento topográfico, Municipio de Tocancipá en el Departamento de Cundinamarca para las obras de modernización de la Planta de Tratamiento de Agua Potable Tibitoc. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Recuperado de <https://repository.udistrital.edu.co/items/0dfff30d-a4e5-4baa-ba5c-eceac1eed6d7>
- OMS. (2018). Guías para la calidad del agua de consumo humano. *Organización Mundial de la Salud*, 4, 608. <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/272403/9789243549958-spa.pdf?sequence=1> (accessed 12 September 2024)
- OMS. (2017). Guías para la calidad del agua potable, 4.ª edición. Ginebra.
- Organización Mundial de la Salud. (2006). *Guías para el saneamiento y la salud*. <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/330097/9789243514703-spa.pdf>



- Organización de las Naciones Unidas (ONU). (2015). *Objetivos de Desarrollo Sostenible: ODS 6 - Agua limpia y saneamiento*. Recuperado de: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/water-and-sanitation/>
- Paltán, H., Basani, M., Minaya, V., & Rezzano, N. (2020). Servicios de agua potable y saneamiento resilientes en América Latina y el Caribe. Banco Interamericano de Desarrollo. <https://publications.iadb.org/es/servicios-de-agua-potable-y-saneamiento-resilientes-en-america-latina-y-el-caribe>
- Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS - 2000. TÍTULO A. Aspectos Generales de los Sistemas de Agua Potable y Saneamiento Básico (2000). <https://www.minvivienda.gov.co/viceministerio-de-agua-y-saneamiento-basico-reglamento-tecnico-sector-manuales>
- Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico-RAS: TÍTULO B. Sistemas de Acueducto (2010). <https://www.minvivienda.gov.co/sites/default/files/documentos/titulob-030714.pdf>
- Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico: TÍTULO C. Sistemas de potabilización (2010). <https://www.minvivienda.gov.co/sites/default/files/documentos/titulo-c-dic-4-2013.pdf>
- Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico - RAS: TÍTULO D. Sistemas de Recolección y Evacuación de Aguas Residuales Domésticas y Aguas Lluvias (2016). [https://www.minvivienda.gov.co/sites/default/files/documentos/titulo\\_d.pdf](https://www.minvivienda.gov.co/sites/default/files/documentos/titulo_d.pdf)
- Resolución 2115 de 2007 (2007). <https://minvivienda.gov.co/normativa/resolucion-2115-2007>
- Rodríguez, D. F. (2003). Utilización de macrófitas acuáticas para la remoción de nutrientes y metales en aguas destinadas al consumo humano: caso Planta de Tratamiento de Agua Potable Tibitoc (Tesis de maestría). Universidad de los Andes. Recuperado de <https://repositorio.uniandes.edu.co/entities/publication/68e3d2f0-cada-4b7a-943e-08ad77860a39>
- Rodríguez Peñarreta, J. L., & Paredes Rodríguez, R. E. (2022). ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO Y CALIDAD DE AGUA POTABLE DE LAS CIUDADES AMBATO Y TENA, ECUADOR. <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/54304/1/T-70649%20RODRIGUEZ-PAREDEST.pdf>
- Tolosa Báez, S. V. (2021). EVALUACIÓN DE GUÍAS TÉCNICA Y ADMINISTRATIVA DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE: COMPARACIÓN ENTRE COLOMBIA Y MÉXICO. <https://repository.udistrital.edu.co/items/3ff5ec4b-886e-42ac-b199-96252270622d>
- Torres, J., & Pérez, M. (2019). Análisis de eficiencia en plantas de tratamiento de agua en zonas urbanas de América Latina. *Revista Latinoamericana de Ingeniería Ambiental*, 39(2), 80-94.
- Tzatchkov, V. G., & Rojas, E. S. (2016). *Tratamiento de agua potable y saneamiento en América Latina: Desafíos y perspectivas*. *Revista Latinoamericana de Ingeniería*, 34(2), 45-58.
- Velandia-Medina, L. (2019). Análisis comparativo de los procesos de desinfección utilizados en la planta de tratamiento John J. Carroll con respecto a la planta de tratamiento Tibitoc [Trabajo de grado, Universidad Católica de Colombia]. Repositorio Institucional Digital de la Universidad Católica de Colombia. <https://hdl.handle.net/10983/23956>



- Velandia Medina, L., de Plaza, J. S., & Pulgarín, D. A. (2019). Análisis comparativo del componente administrativo y de los procesos de desinfección utilizados en dos plantas de tratamiento de agua potable. *Inventum*, 14(27), 78–88. <https://doi.org/https://doi.org/10.26620/uniminuto.inventum.14.27.2019.78-88>
- Walsh, T., & Mellor, J. (2020). Comparative life cycle assessment of four commonly used point-of-use water treatment technologies. *Journal of Water Sanitation and Hygiene for Development*, 10(4), 862–873. <https://doi.org/10.2166/WASHDEV.2020.158>
- Zahorodniuk, K., Nikipelova, O., Zukow, W., Gushcha, S., Zahorodniuk, Y., & Nasibullin, B. A. (2020). Comparative hygienic assessment of hard water impact before and after its stabilization treatment on the functional state of the central nervous system and kidneys of rats (on the example of the Olkhovska water treatment plant, Ukraine). *Ecological Questions*, 31(1), 57–67. <https://doi.org/10.12775/EQ.2020.0002>

