

## **Plantas de tratamiento de aguas residuales municipales en México: diagnóstico y desafíos de política pública**

### **Municipal wastewater treatment plants in Mexico: Diagnosis and public policy challenges**

Antonio Cáñez-Cota<sup>1</sup>, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2473-5648>

<sup>1</sup>Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social, Ciudad de México, México, [acanez@conacyt.mx](mailto:acanez@conacyt.mx)

Autor para correspondencia: Antonio Cáñez-Cota, [acanez@conacyt.mx](mailto:acanez@conacyt.mx)

#### **Resumen**

El propósito es identificar los principales desafíos de la política de tratamiento de aguas residuales municipales en México mediante un análisis estadístico descriptivo original, que distingue datos del país, así como de estados y municipios. Se identifican cinco desafíos: buenas intenciones; abandono de plantas de tratamiento; operación y mantenimiento preventivo; vacío de responsabilidad, y prioridad del

tratamiento en las agendas estatales. La conclusión es que la profesionalización de las agencias locales de agua y saneamiento es clave para aspirar a materializar las buenas intenciones que se escribirán en la nueva Ley General de Aguas.

**Palabras clave:** política pública, plantas de tratamiento de aguas residuales, saneamiento, México.

### **Abstract**

The purpose is to identify the main challenges of municipal wastewater treatment policy in Mexico, through an original descriptive statistical analysis, distinguishing data from the country, as well as by states and municipalities. Five challenges are identified: good intentions; abandonment of treatment plants; operation and preventive maintenance; the vacuum of responsibility, and the priority of treatment in state agendas. The conclusion is that the professionalization of local water and sanitation agencies is key to aspiring to materialize good intentions that will be written in the new General Water Law.

**Keywords:** Public policy, wastewater treatment plants, sanitation, Mexico.

Recibido: 08/06/2020

Aceptado: 03/12/2020

## Introducción

El tratamiento de aguas residuales es uno de los tantos desafíos mexicanos que no respetan ideología. El discurso político del actual gobierno federal en México cuestiona que las políticas neoliberales de administraciones pasadas y la corrupción han sido los principales lastres por los que el país sigue estancado en la desigualdad, mientras que sus opositores afirman que las políticas actuales fracasarán por carecer de mecanismos de mercado, y por ser producto de una toma de decisiones jerárquica y unilateral. Si esta tensión ideológica representara el verdadero problema, la tarea de gobernar sería tan sencilla que las ciencias del gobierno y las políticas públicas no se necesitarían, y ya hubieran desaparecido por su inoperancia. Afortunadamente para unos y desafortunadamente para otros, ninguna ideología es suficiente, por sí misma, para hacer políticas públicas efectivas. De lo contrario, simplemente bastaría con tener buenas intenciones para resolver los problemas públicos.

Hacer políticas públicas en una democracia significa, necesariamente, encontrarse ante un escenario complejo, donde “las verdades” y “los derechos” se disputan entre varios actores, con distintos intereses y formas de pensar, donde la tarea de gobernar es ciencia, pero

también es “un arte”, pues difícilmente las decisiones transitarán inmaculadas por las distintas organizaciones y burocracias encargadas de implementarlas. La realidad de los desafíos mexicanos en materia de saneamiento de agua exige procesos de inteligencia para entender cómo un problema público puede ser enfrentado, con qué recursos, quiénes serán los beneficiarios, cuáles son los supuestos de intervención del gobierno, y otras tantas interrogantes que deben ser respondidas con datos y conocimiento científico, producto de las ciencias físico-naturales, que aportan datos, como ingeniería de construcción y calidad del agua, o como de las ciencias sociales, que brindan datos relacionados con el comportamiento humano. En este punto se encuentra la investigación del agua bajo el enfoque de gobernanza, gestión y política pública.

Bajo este foco analítico, el presente artículo busca identificar cuáles son los principales desafíos de la política de tratamiento de aguas residuales en México, vistos desde la disciplina de las políticas públicas, a partir de un diagnóstico estadístico. La estructura de este documento se divide en cuatro partes. En la primera se describen las políticas de saneamiento de aguas residuales en países desarrollados y en México. En la segunda se muestran los materiales y métodos del trabajo de investigación. En la tercera parte se presentan los resultados para el caso mexicano, a manera de diagnóstico, de la situación de las plantas de tratamiento de aguas residuales, mediante tres radiografías estadísticas: nacional, estatal, y municipal. Por último, se discute acerca de los principales desafíos de política pública en materia de tratamiento de aguas residuales en México.

## **Tratamiento de aguas residuales y políticas públicas**

El tratamiento de aguas residuales es un elemento necesario, pero no suficiente para el saneamiento. Por un lado, el objetivo fundamental del tratamiento es reducir la concentración de contaminantes en el agua residual a un valor lo suficientemente bajo como para descargarla en un cuerpo receptor, ya sea superficial o subterráneo. La descarga efectiva de agua residual tratada depende tanto del diseño técnico de la planta de tratamiento como de los elementos que se encuentran alrededor del cumplimiento de las regulaciones federales, estatales, y municipales (Hopcroft, 2015). Por otro lado, el saneamiento atiende un problema más complejo, sobre todo por el fenómeno de los micro contaminantes, por lo que se requiere de una visión integral, con instrumentos que vayan más allá del mero tratamiento de aguas residuales y de medidas “al final del tubo” (Metz & Ingold, 2014). En la Figura 1 se muestra una explicación simple y no exhaustiva de la relación entre los conceptos de tratamiento y saneamiento de aguas residuales. El presente artículo aborda sólo el tema del tratamiento de las aguas residuales.



**Figura 1.** Relación entre tratamiento y saneamiento de aguas residuales desde el punto de vista de la política del agua.

La percepción popular del saneamiento es que representa un problema institucional y no uno personal; por tanto, las personas (usuarios) no necesitan cambiar su estilo de vida. Sin embargo, el concepto de saneamiento de agua representa un compromiso tanto de las agencias encargadas como de los usuarios del sistema. La confianza de los clientes en la agencia de saneamiento es fundamental para que cooperen con el pago de tarifas adecuadas. También requiere que los clientes modifiquen ciertos comportamientos en cuanto al uso del agua, sobre todo los usuarios comerciales e industriales. El saneamiento es un concepto amplio, que aborda la complejidad de la multiplicidad de sectores relacionados con las aguas residuales. Por ejemplo, además del tratamiento de aguas, se enfoca en promover su reúso, y esto se puede hacer mediante el fortalecimiento de las tarifas y la medición del uso del agua, ya que con tarifas mínimas y sin medición de agua, las opciones de reúso de agua o cosecha de agua de lluvia no tienen sentido para los usuarios, pues el agua potable les sale más barata que la tratada. Por

ello, la dimensión institucional del saneamiento es fundamental para la efectividad del sistema (Gray, 2004).

Un desafío mayúsculo en el mundo es conseguir el financiamiento para operar sistemas de saneamiento adecuados, así como establecer sistemas de precios y cobros que permitan la autosuficiencia de las agencias encargadas del servicio (Raftelis, 2005). A diferencia de México, en otros países, las agencias encargadas de prestar el servicio de saneamiento de agua operan con un estilo privado, donde el precio, los costos, las ganancias y los recursos humanos son de vital importancia para cumplir con el cliente. Esto se debe a que los sistemas de saneamiento son complejos y están interconectados con otros sectores, como el de salud, por lo que deben realizar operaciones complejas frente a clientes que demandan cada vez mejor calidad en el servicio. Así, una agencia de agua y saneamiento requiere de personal motivado y altamente calificado. Para lograr esto es indispensable contar con procesos de reclutamiento y un clima organizacional que promueva la motivación y retención del talento, si se quiere aspirar a un sistema profesional de carrera en el sector (Wexelbaum, 2005).

En los países desarrollados, el enfoque de las agencias de saneamiento es hacia la obtención de utilidades, que les permita mantener y reinvertir en el servicio. En muchas pequeñas localidades de esos países, los ingresos por tratamiento de aguas representan uno de los pocos ingresos que tienen. Si el organismo es agresivo en las tarifas, con los sobrantes del dinero incluso alcanzan a invertir en otros servicios públicos, pero cuando el organismo es cauteloso en las tarifas apenas alcanza para

mantener el servicio de tratamiento (Davis, 2005). Por su parte, en estos países desarrollados se ha dado un cambio de paradigma en cuanto a la calidad del agua. Mientras que antes se daba prioridad a controlar el sabor, color, olor y coliformes del agua, ahora las nuevas regulaciones son más sofisticadas y costosas. Para cumplir con los requerimientos del nuevo paradigma de calidad de agua, se necesita partir de una visión sistémica, donde distintos componentes e interrelaciones se afectan unos a otros. Dentro de este proceso de cambio de paradigma, los conceptos de "privatización" y "reingeniería" rondan por los pasillos de las agencias de agua y saneamiento. Por lo general, los que defienden la privatización están en la derecha ideológica, los que defienden la reingeniería se sitúan en la izquierda. Ambas "soluciones" buscan fortalecer a las agencias en cuanto a la capacidad institucional y a la coordinación con otros sectores (Drinan & Spellman, 2013).

Este nuevo paradigma ha sido impulsado por la aparición de contaminantes emergentes en el agua. Por ejemplo, estos contaminantes se han encontrado en las aguas residuales de los hospitales, que contienen altas concentraciones por los químicos que se utilizan (Verlicchi, 2018). En países desarrollados, estas aguas residuales hospitalarias usualmente son descargadas a un sistema de pretratamiento, previo a la descarga en la red municipal. En el caso de los países subdesarrollados, las descargas hospitalarias pueden afectar más a la población y al ambiente, porque por lo general se descargan directamente al drenaje municipal, arroyos, ríos o lagos sin un tratamiento previo (Al-Aukidy, Al-Chalabi, & Verlicchi, 2018).

Las estrategias de intervención de las agencias donatarias internacionales han seguido discursos de moda, pero los proyectos de saneamiento de aguas no han sido lo suficientemente holísticos y profundos como para poder cambiar las restricciones institucionales que mantienen un *statu quo* de debilidad institucional local, por lo que dichos proyectos han quedado muy limitados (Seppälä, 2002). En el caso de México, las propuestas recientes en materia de gestión del agua han surgido desde el paradigma de la gestión integrada de recursos hídricos, donde se busca el manejo coordinado de agua, tierra y otros recursos relacionados (Valencia, Díaz, & Ibarrola, 2004). Pese a que este marco teórico es sofisticado, deben reconocerse las restricciones institucionales de cada país, es decir, políticas, leyes, y tradiciones. Hoy día, en la mayoría de las agencias municipales de agua y saneamiento mexicanas, continúan las prácticas de aparatos políticos, que se manifiestan en la predominancia de los criterios políticos en el reclutamiento, nombramiento y promoción del personal. Esto ocurre tanto en el personal directivo —impulsados por el grupo político dominante en turno— como del personal técnico —impulsados por el sindicato—. Además, muchas veces las decisiones de tarifas, cobranza, y micro medición son guiadas por criterios políticos, por encima de los técnicos (Cáñez, 2019; Hantke-Domas & Jouravlev, 2011; Krause, 2009).

Ante este contexto de debilidad institucional resulta indispensable fortalecer las agencias municipales de agua y saneamiento para poder aspirar a tener una gestión integrada exitosa. La postura de este artículo es que se debe resolver primero la política de tratamiento de aguas

residuales como el mínimo indispensable, que se enfoca en la agencia prestadora del servicio, para después aspirar a transitar realmente a una política de saneamiento que aborde la problemática de manera sistémica e integral, con base en la relación entre una agencia profesional y el comportamiento de los distintos usuarios, y sus interrelaciones con otros sectores, como el de salud pública.

Las políticas públicas se enfocan en la definición del problema, con sus causas, consecuencias, e instrumentos de solución. Esta definición se circunscribe en cada contexto social y su rumbo se determina por los valores de dicha sociedad y del grupo político dominante en turno. Además, las políticas deben ser diseñadas con base en el conocimiento científico, con el fin de ser más certeros en el dimensionamiento de los retos que se enfrentan. Estas políticas públicas requieren de un contexto institucional propicio para que lo que está escrito —en documentos y leyes— funcione (Lasswell, 1951; Meny & Thoenig, 1992). Las políticas públicas son un reflejo de la atención que una sociedad hace de sus prioridades. En el caso de la atención y prioridad de la política de tratamiento de aguas residuales en México, es producto de los acuerdos internacionales firmados por el gobierno federal, como los objetivos del milenio y de desarrollo sustentable. Sin embargo, el tratamiento de aguas residuales no es uno de los temas más visibles en las agendas de los gobiernos en México, esto es porque es un problema que “no se ve” y está lejos de los centros de población. En la Tabla 1 se muestra una comparación entre las visiones, definiciones de problemas y soluciones de las últimas tres administraciones federales.

**Tabla 1.** Comparación de la visión, problemas y soluciones de la política de tratamiento de aguas residuales en los últimos años en México.

Fuente: elaboración propia con base en el Programa Nacional Hídrico (2007-2012; 2013-2018; 2019-2024) (Conagua, 2007; Conagua, 2014; Conagua, 2020).

<b>Programa Nacional Hídrico</b>	<b>Visión de política sectorial</b>	<b>Problema de política pública</b>	<b>Instrumentos de política pública</b>
2007-2012	Sustentabilidad ambiental: agua con valor estratégico, en busca de la eficiencia para garantizar preservar el medio ambiente	No hay cultura de pago. El tratamiento del agua no es una prioridad en las agendas estatales y municipales  Financiamiento, información, y participación ciudadana insuficientes	Reconvertir plantas de tratamiento para costos energéticos mínimos, nuevas técnicas de tratamiento. Fortalecer la profesionalización, desarrollo técnico y autosuficiencia financiera de los organismos operadores mediante tarifas adecuadas
2013-2018	Seguridad hídrica para el desarrollo sustentable: agua como tema prioritario y de seguridad nacional, con	Recursos financieros insuficientes para construcción, rehabilitación y mantenimiento (energéticos y reactivos químicos) de infraestructura de	Construir nueva infraestructura de tratamiento de aguas residuales y mejorar la existente, con el impulso de energías renovables en los procesos de saneamiento. Servicio

	enfoque integral para transitar de un estilo reactivo a uno proactivo	tratamiento. Falta de capacitación del personal; deficiente cultura de pago de los usuarios del servicio	profesional de carrera en las instituciones del sector hídrico. Información abierta y alianzas con centros de investigación
2019-2024	Agua para el bienestar: manejo sustentable y coordinado del agua con participación ciudadana, de instituciones y órdenes de gobierno	Acceso insuficiente e inequitativo a los servicios de agua potable y drenaje debido a un débil sistema financiero, de información pública, y falta de espacios democráticos para la gestión del agua	Promover el empleo de tecnologías no convencionales; fomentar la profesionalización y permanencia del personal de los organismos de agua y saneamiento, incluidos los directivos; promover la rehabilitación de plantas de tratamiento sin operar

Los tres últimos planes nacionales hídricos coinciden en la definición de problema de política pública y sus instrumentos de solución; sin embargo, la visión de la política sectorial de agua es distinta. En el sexenio del gobierno del presidente Felipe Calderón Hinojosa (derecha ideológica), la visión del sector agua se enfocó en la eficiencia de la gestión del agua para la sustentabilidad ambiental. Por su parte, en el sexenio de Enrique Peña Nieto (centro ideológico), la apuesta fue comprender el agua desde la seguridad nacional. Actualmente, el enfoque del gobierno de Andrés López Obrador (izquierda ideológica) es el agua como pilar del bienestar. A pesar de la pluralidad ideológica y discursiva de estos tres gobiernos, la

definición del problema de la política de tratamiento de aguas residuales no ha cambiado en 20 años. Destacan el financiamiento insuficiente para la construcción, rehabilitación y mantenimiento de las plantas de tratamiento, así como la ausencia de un servicio profesional de carrera en el sector agua, sobre todo en el ámbito municipal. Además, se identifica una ausencia de participación ciudadana, de un sistema de información confiable y de cultura de pago de los usuarios del servicio.

Por su parte, los instrumentos de solución detectados son muy similares: reconversión de plantas de tratamiento a sistemas de bajo consumo energético; adopción de tecnologías de tratamiento no convencionales; impulso del servicio profesional de carrera, y fortalecimiento de la autosuficiencia financiera de los organismos operadores municipales de agua.

No obstante los cambios ideológicos en los últimos tres gobiernos nacionales y el mantenimiento de la misma definición de problema de política pública e instrumentos de solución, los resultados han sido insuficientes, sobre todo en lo local. Empero, el sector ha tenido avances, sobre todo del año 2000 a 2006, seguido del 2006 al 2012; de 2012 a 2018 los avances fueron marginales en comparación con lo alcanzado en los dos sexenios previos. Con la información estadística disponible en este estudio, no se puede concluir acerca de cuáles son los factores que más inciden en los resultados de la política de tratamiento de aguas residuales. Lo que sí se puede precisar es que ni el discurso ni la narrativa, por sí mismas, son capaces de modificar la realidad. Se deben implementar esos discursos y diseños de política pública mediante agencias del agua

capaces, profesionales y con capacidad institucional (Domínguez, 2010; Torregrosa, & Jiménez, 2009). En la Tabla 2 se presentan los principales resultados agregados en materia de saneamiento de aguas municipales en los últimos tres sexenios completos.

**Tabla 2.** Panorama de tratamiento de aguas residuales en México de 2000 a 2018. Fuente: elaboración propia con base en Conagua (2019).

Característica	Año			
	2000	2006	2012	2018
Número de plantas en operación	793	1 593	2 342	2 526
Caudal recolectado en los sistemas de alcantarillado (m <sup>3</sup> /s)	178.0	206.0	210.2	215.2
Capacidad instalada (m <sup>3</sup> /s)	67.5	99.8	140.1	181.2
Caudal tratado (m <sup>3</sup> /s)	42.4	74.4	99.8	135.6
Característica	Tasa de crecimiento (en porcentaje)			
	2000-2006	2006-2012	2012-2018	
Número de plantas en operación	100.9	47.0	7.9	
Caudal recolectado en los sistemas de alcantarillado	15.7	2.0	2.4	
Capacidad instalada	47.8	40.4	29.3	
Caudal tratado	75.4	34.2	35.9	

## Materiales y métodos

Para identificar los principales desafíos de la política de tratamiento de aguas residuales en México se presenta un diagnóstico estadístico basado en el inventario de plantas de tratamiento de la Conagua (2016), base de datos obtenida de la plataforma nacional de transparencia con el folio 1610100223917. Dicho inventario contiene las plantas de tratamiento (activas e inactivas) a nivel localidad, con los siguientes datos: capacidad instalada, caudal tratado, estatus de operación, proceso tecnológico, observaciones, cuerpo receptor, año de construcción y de inicio de operación. El método utilizado es la estadística descriptiva, con el fin de obtener una radiografía actual del análisis de la situación nacional, estatal y municipal. Las estadísticas presentadas son producto de un trabajo original y pormenorizado de limpieza, complementación, y elaboración de gráficas y tablas.

La base de datos utilizada tiene al menos dos sesgos. Uno de supervivencia, ya que las plantas de tratamiento que son dadas de baja y están fuera de operación tienden a desaparecer en la actualización de la base de datos. Por lo tanto, es probable que el conteo de plantas de tratamiento dadas de baja o que están fuera de operación esté subdimensionado, es decir, que existan más plantas no activas que lo que presenta esta base de datos (Espinoza & Sepúlveda, 2015). Además, esta base de datos tiene el sesgo de inversión en municipios de mayor

población, por lo que es probable que los datos cuenten con sesgos hacia municipios más grandes que tengan mayor capacidad de realizar una coinversión para el establecimiento de una planta de tratamiento.

De manera complementaria se utilizó información estadística de Conagua (2019) en relación con la situación del subsector agua potable, alcantarillado y saneamiento. Este documento oficial de la autoridad hídrica federal contiene información anual acumulada, lo que permitió mostrar distintos panoramas estadísticos desde el año 2000 hasta el 2018. También se utilizó información del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (INEGI, 2010) para obtener el tamaño de la población de los municipios mexicanos, al igual que estadísticas per cápita de la base de datos principal: Conagua (2016). Para conseguir los grados de marginación por municipio se utilizó la base de datos de Conapo (2015). Asimismo, para tener un panorama municipal mexicano de capacidad institucional se utilizó la información de De-Dios (2008).

El método principal de este artículo es la estadística descriptiva, que trata de describir y analizar datos mediante panoramas numéricos y gráficos, sin extraer conclusiones causales ni inferencias. Como el presente análisis se enfoca en un contexto de alta heterogeneidad, como lo es México y sus municipios diversos, se omite un análisis general de medidas de tendencia central y de variación de los datos, ya que aquí se pretenden mostrar detalles nacionales, estatales y municipales. Para ello, el análisis estadístico se muestra como grandes apartados llamados radiografías: una nacional, otra estatal y otra municipal. Con base en dichas radiografías se discute acerca de los desafíos de política pública

que muestran los datos en concordancia con estudios relacionados con la política y gestión de saneamiento y tratamiento de aguas residuales.

## Resultados

### Diagnóstico de las plantas de tratamiento de aguas residuales en México

Como punto de partida, en la Tabla 3 se muestra la evolución, de 2000 a 2016, de los principales indicadores de las plantas de tratamiento de aguas residuales en México.

**Tabla 3.** Evolución de los principales indicadores de las plantas de tratamiento de aguas residuales en México de 2000 a 2016. Fuente: elaboración propia con base en Programa Nacional Hidráulico (2001-2006) (Conagua, 2002) y Conagua (2016).

Datos básicos	Año
---------------	-----

	<b>2000</b>	<b>2016</b>
Total de plantas de tratamiento de aguas residuales	1 018	3 516
Plantas activas	793	2 536
Plantas inactivas	225	980
Porcentaje de plantas activas con respecto al total	77.9	72.1

En 16 años, el número de plantas activas creció más del 200 % y el número de plantas inactivas creció más del 300 %. El porcentaje de plantas activas con respecto al total se redujo de un 77.9 % a un 72.1 %. El crecimiento de las plantas inactivas es mayor que el crecimiento de plantas activas. El aumento en el número de plantas activas se explica por el incremento del financiamiento federal a la construcción y rehabilitación de plantas de tratamiento durante esos años (Conagua, 2019). A pesar de ello, el ritmo de crecimiento de las plantas inactivas fue mayor en este periodo debido a que las agencias municipales de agua las han abandonado, en particular por los altos costos energéticos; esta situación evidencia la debilidad institucional de dichas agencias locales (De-Anda, 2017). Después de este breve análisis de la evolución en el tiempo, en la Tabla 4 se presentan los datos básicos de las plantas de tratamiento de aguas residuales al año 2016.

**Tabla 4.** Datos del padrón de plantas de tratamiento de aguas residuales en México. Elaboración propia con base en Conagua (2016).

<b>Datos básicos</b>	<b>Año 2016</b>	
	<b>Número</b>	<b>Porcentaje</b>
Total de plantas de tratamiento de aguas residuales	3 516	100
Plantas activas	2 536	72.53
Plantas inactivas	980	27.47
Plantas (activas) que reutilizan algún volumen de agua tratada respecto al total de activas	465	18.32
Número de municipios con al menos una planta activa con respecto al total de municipios con plantas activas	941	38.17
<b>Datos básicos</b>	<b>Litros por segundo</b>	

Capacidad de tratamiento del total de plantas activas	180 570
Caudal tratado del total de plantas activas	123 587
<b>Capacidad de tratamiento de plantas activas</b>	<b>Número de plantas</b>
Plantas con capacidad de un litro por segundo o menos	298
Plantas con más de uno y hasta cinco litros por segundo	925
Plantas con más de 5 y hasta 10 litros por segundo	357
Plantas con más de 10 y hasta 20 litros por segundo	320
Plantas con más de 20 y hasta 50 litros por segundo	269

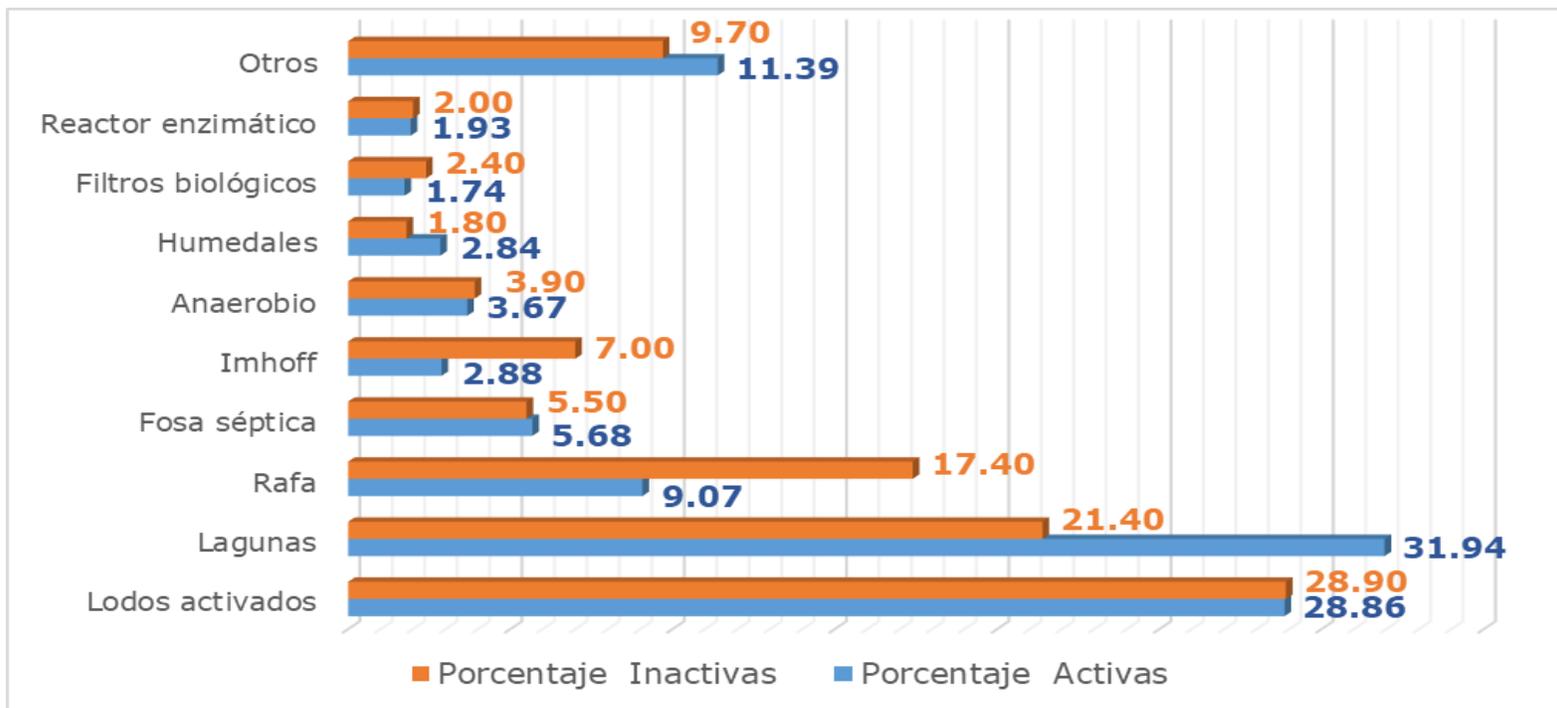
Plantas con más de 50 y hasta 200 litros por segundo	223
Plantas con más de 200 y hasta 1 000 litros por segundo	112
Plantas con capacidad de más de 1 000 litros por segundo	32

Nota: las plantas activas tienden a ser de mayor capacidad, las plantas inactivas tienden a ser de menor capacidad. Las plantas activas de lagunas son cerca del 50% del total, sin embargo, tratan poco caudal.

## Radiografía nacional

Para 2016, el 72.53 % de las plantas se encontraba activa, de las cuales el 18.32 % reutiliza algún volumen de agua. A pesar de que una de cada cuatro plantas de tratamiento está inactiva, representa el 10 % de la capacidad de tratamiento. Esto quiere decir que la mayor parte de las plantas inactivas son de baja capacidad de tratamiento y que por lo regular pertenecen a municipios pequeños. En la Figura 2 se muestra la

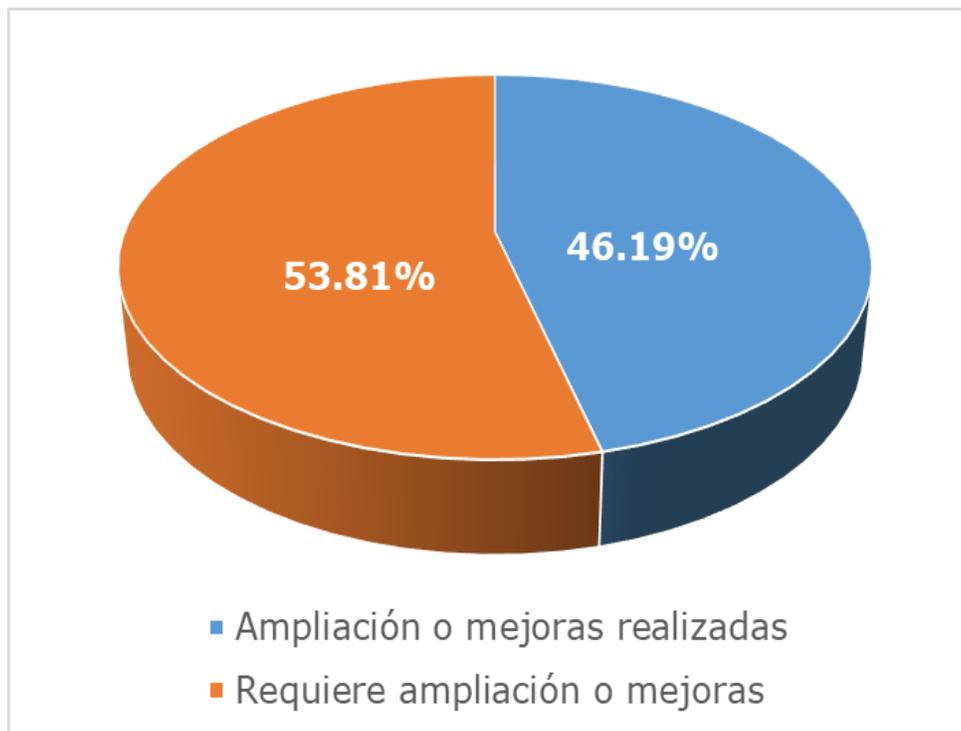
tecnología de tratamiento en las plantas de tratamiento de aguas residuales en el país tanto activas como inactivas.



**Figura 2.** Tecnología de tratamiento por tipo de planta. Activas e inactivas. Fuente: elaboración propia con base en Conagua (2016).

Las plantas de tratamiento más comunes en México son las de lodos activados y las lagunas (agrupadas de distintos tipos). Mientras que las de lodos activados representan prácticamente el 30 % del total de activas e inactivas, las lagunas tienen una diferencia de 10 puntos porcentuales entre las activas e inactivas, es decir, las plantas de lagunas tienen una

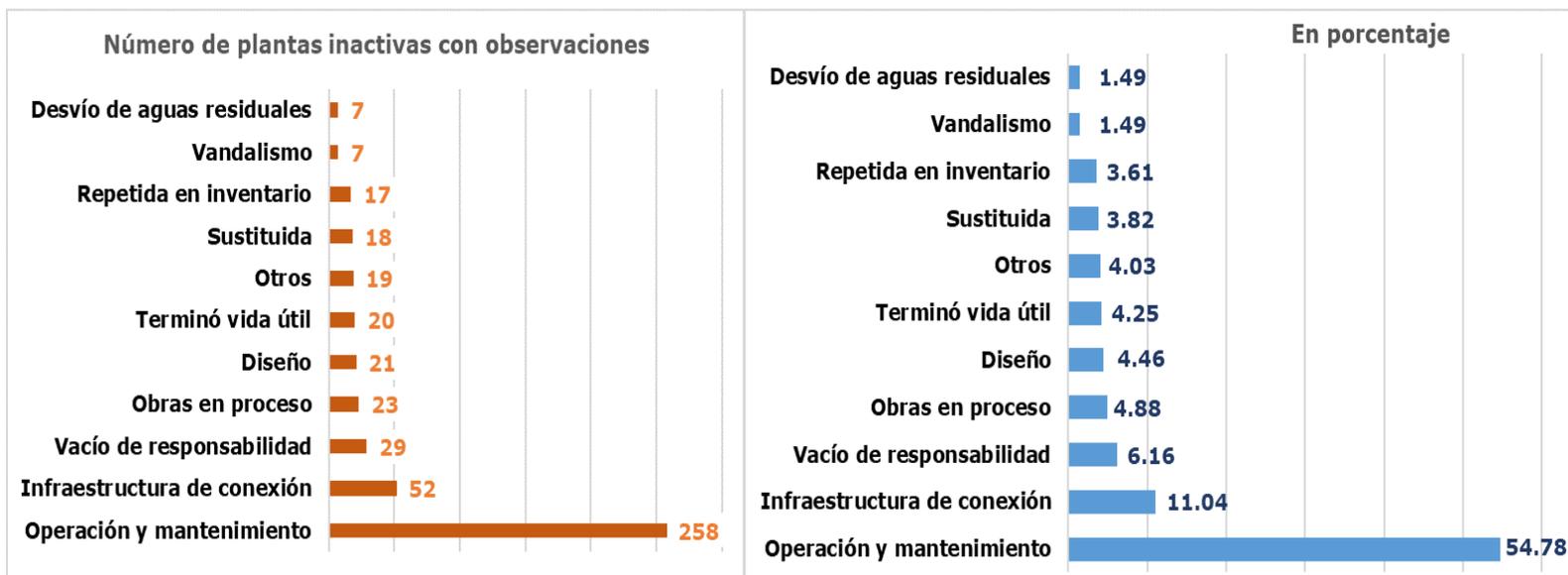
tasa de menor abandono que las de lodos activados. En la Figura 3 se muestran las principales observaciones a las plantas activas en inventario.



**Figura 3.** Principales observaciones en plantas de tratamiento activas.  
Fuente: elaboración propia con base en Conagua (2016).

Más de la mitad de las plantas activas con observaciones en el inventario oficial requiere ampliación o mejoras para su adecuado funcionamiento, mientras que el 46.19 % de las plantas fueron ampliadas o mejoradas. De acuerdo con Garzón, Buelna y Moeller (2012), las causas más comunes de falta de mantenimiento preventivo son la complejidad de la operación para los recursos humanos disponibles, y los altos costos

de inversión y mantenimiento asociados con las plantas de tratamiento convencionales, causas que son más comunes en municipios pequeños, con baja capacidad de recursos humanos y débil sistema financiero. En la Figura 4 se presentan las principales observaciones en el inventario oficial de plantas inactivas.



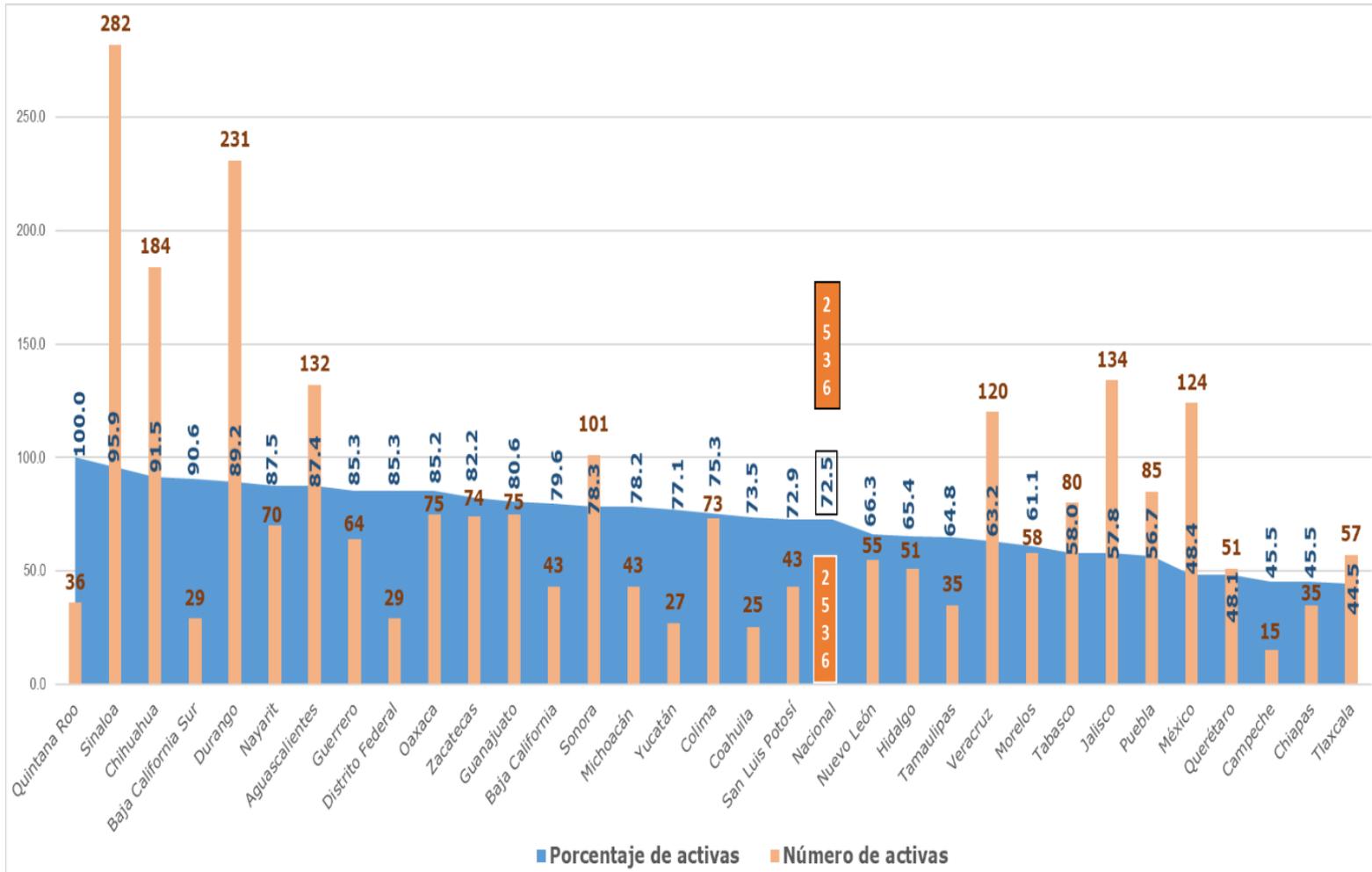
**Figura 4.** Principales observaciones en plantas de tratamiento inactivas, número y porcentaje. Fuente: elaboración propia con base en Conagua (2016).

De un total de 980 plantas inactivas, 509 plantas no tienen observaciones que especifiquen la razón de abandono de la planta de tratamiento, mientras que sólo 471 plantas inactivas sí la tienen. De las que cuentan con observaciones, más de la mitad de las plantas de

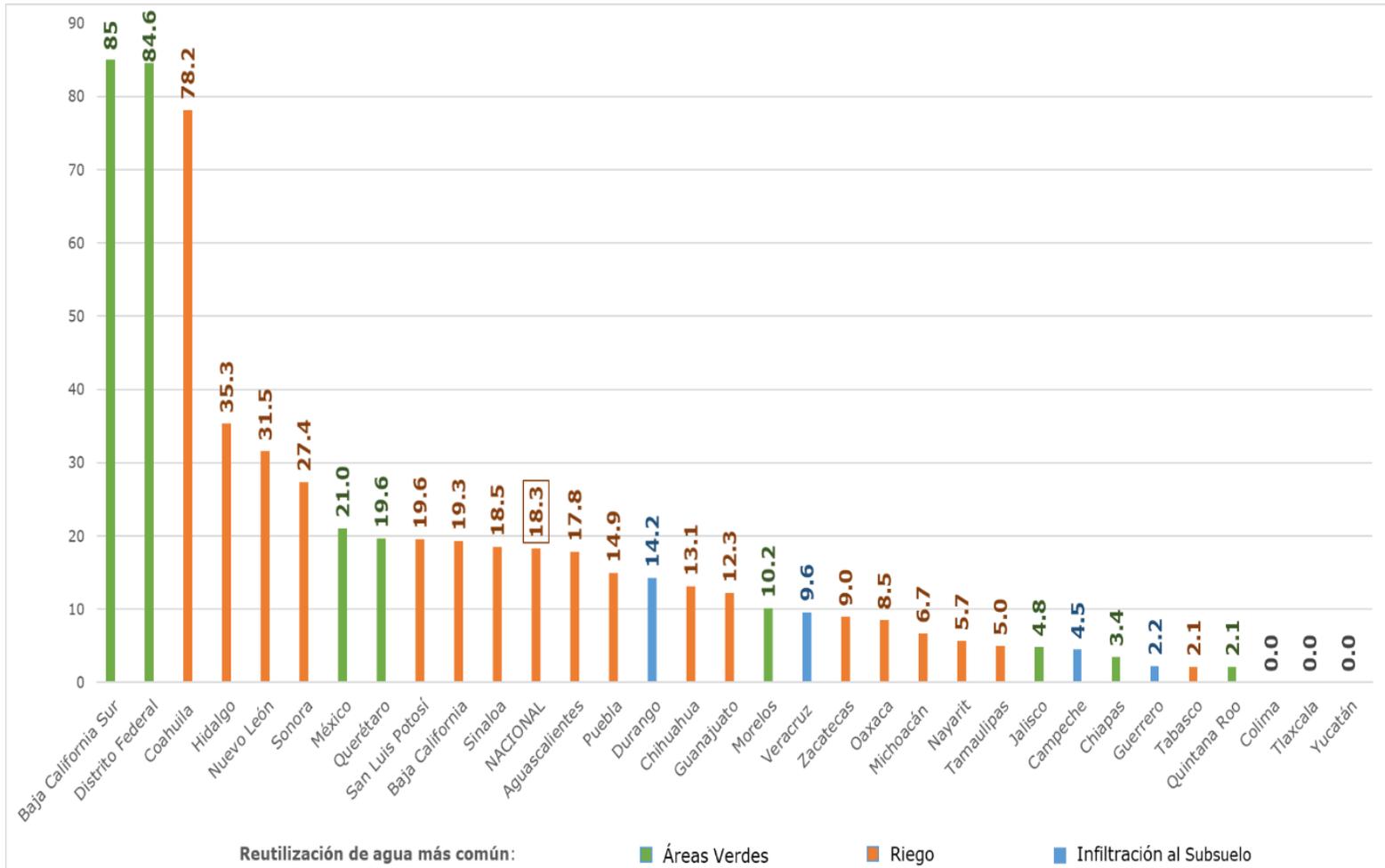
tratamiento inactivas están fuera de operación por problemas en la operación y mantenimiento; un 11.04 % se debe a falta de infraestructura de interconexión, y un 6.16 % por vacíos de responsabilidad entre las responsabilidades de distintos órdenes de gobierno, o entre gobierno municipal y particulares. El hecho de que el 4.46 % de las plantas inactivas tenga problemas de diseño, evidencia la falta de control de calidad de los organismos reguladores.

### **Radiografía estatal**

Los estados con mayor número de plantas activas se concentran en el noroeste del país: Sinaloa (282), Durango (231) y Chihuahua (184). Los que tienen menos plantas activas son Campeche (15), Coahuila (25) y Yucatán (27). Por su parte, los estados con mayor porcentaje de plantas activas son Quintana Roo (100 %), Sinaloa (95.9 %) y Chihuahua (91.5 %). Mientras que los estados con menor porcentaje de plantas activas son Tlaxcala (44.5 %), Chiapas (45.5 %) y Campeche (45.5 %) (Figura 5). En la Figura 6 se presenta el porcentaje de plantas que reutilizan algún volumen de agua tratada y su tipo más común por entidad federativa.



**Figura 5.** Número y porcentaje de plantas activas por entidad federativa. Elaboración propia con base en Conagua (2016).



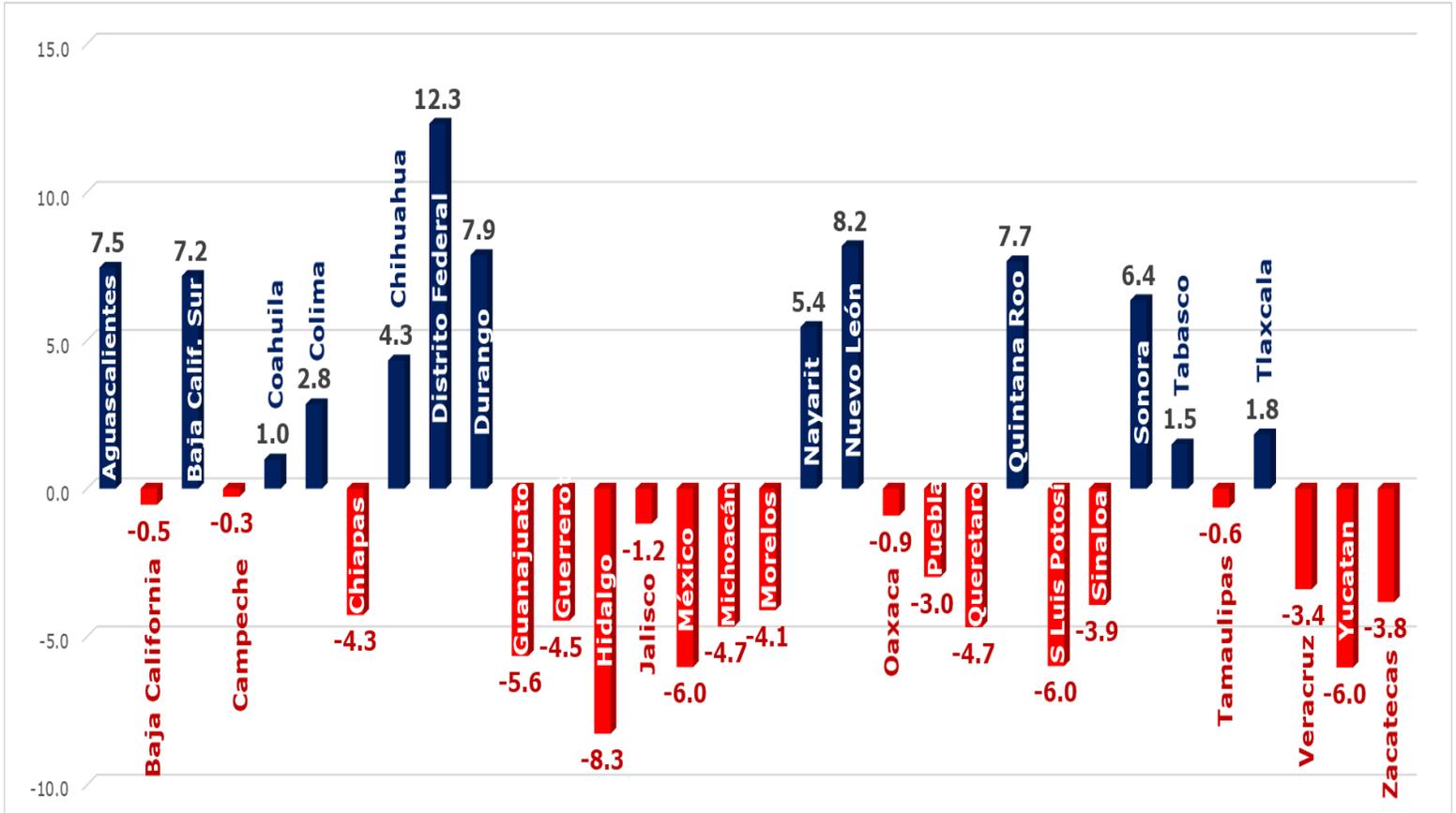
**Figura 6.** Porcentaje de plantas que tienen algún grado de reutilización de agua y su tipo más común por entidad federativa. Fuente: elaboración propia con base en Conagua (2016).

Los estados que mayor porcentaje de reutilización de aguas tratadas tienen en sus plantas de tratamiento son Baja California Sur (85.0 %), Distrito Federal (hoy Ciudad de México o CDMX) (84.6 %) y Coahuila (78.2 %); en los dos primeros, el riego a áreas verdes es el más

común, mientras que en el último es el riego. El caso de Baja California Sur se explica por el caso del municipio de Los Cabos, el cual cuenta con 11 plantas de tratamiento, la mayoría de los lodos activados, que dotan de agua para riego de áreas verdes y campos de golf de complejos turísticos, sobre todo dirigidos a turistas internacionales. En el Distrito Federal se explica porque el Sistema de Aguas de la Ciudad de México cuenta con plantas de tratamiento en coordinación con organizaciones como la Universidad Nacional Autónoma de México, reclusorios, colegios militares, Petróleos Mexicanos y unidades deportivas, entre otras, las cuales contribuyen, en su mayoría, al riego de áreas verdes. El alto porcentaje de plantas que reutilizan agua en Coahuila se explica porque la mayoría de las plantas contribuyen al riego agrícola; la más grande es la de Ciudad Torreón, con tecnología de lagunas de estabilización, la cual contribuye al riego agrícola en la comarca lagunera. La reutilización de agua residual tratada para el riego es la más común en México; ello puede obedecer a que los terrenos donde se establece la planta de tratamiento son donaciones por parte de privados a cambio de agua residual tratada para riego. Por las características del suelo en los municipios mexicanos y a que por lo general las plantas de tratamiento se establecen en las zonas periféricas de las comunidades, estas donaciones de terreno a cambio de agua tratada estarían siendo negociadas entre los gobiernos municipales y los ejidos, los cuales tienen una vocación agrícola y, por tanto, un interés por tener mayor cantidad de agua para riego. Los estados con cero por ciento de reutilización son Yucatán, Tlaxcala y Colima. El tipo de reúso de agua tratada más común en México es en riego, ya que en 18 estados es el tipo más común en las plantas que

reutilizan algún volumen de agua tratada; le sigue el riego de áreas verdes en ocho estados; por último, hay cuatro estados en los que la infiltración al subsuelo es lo más común.

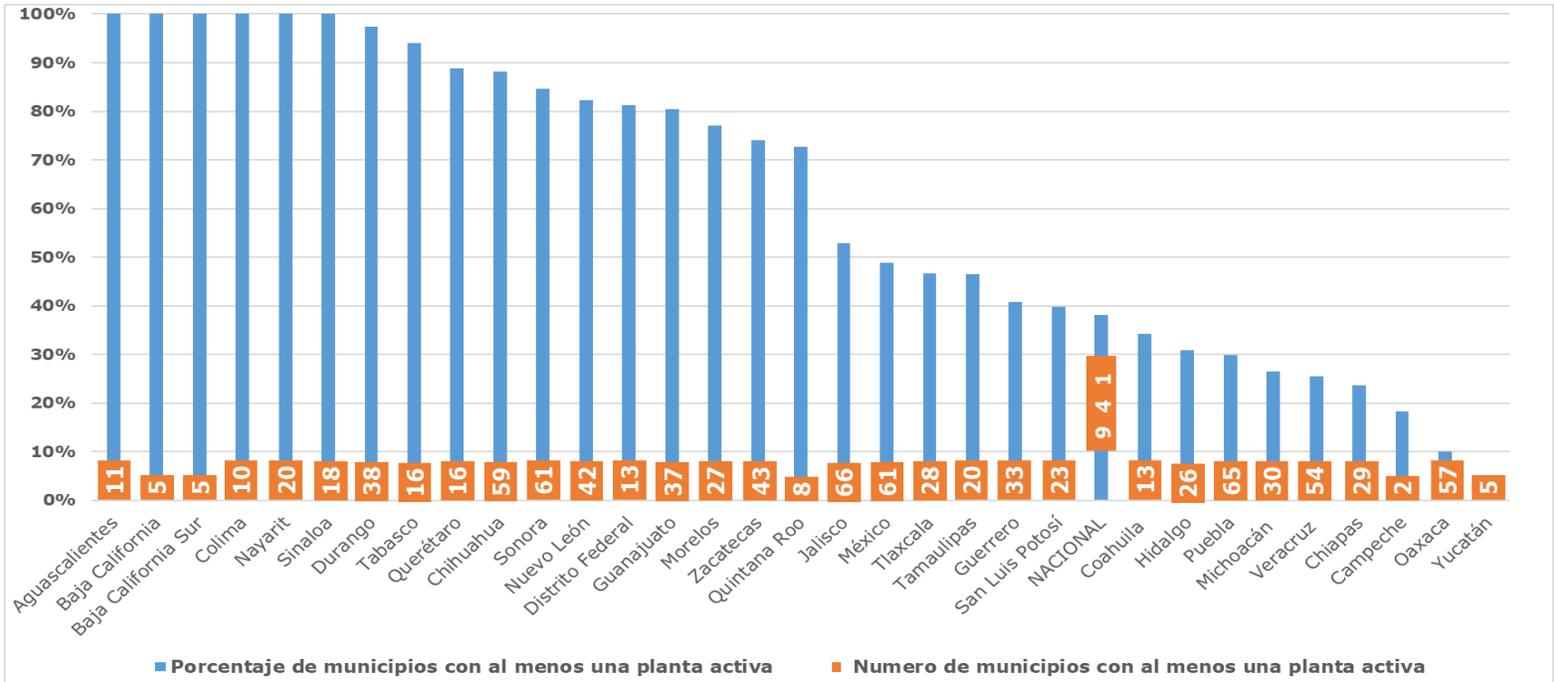
Cabe señalar que “uso más común” se refiere al mayor porcentaje de plantas de cada estado con algún volumen destinado a reúso; no necesariamente representan las plantas con mayor caudal. Además, sólo se toman en cuenta los reúsos en riego de áreas verdes, riego agrícola e infiltración al subsuelo. Se deja fuera del análisis el uso ecológico, pues la base de datos no tiene mayor información al respecto. Todas las plantas de tratamiento activas en México depositan las aguas tratadas en un cuerpo receptor, casi siempre en arroyos y ríos. Por lo cual, en el presente estudio se asume que el uso ecológico es lo que resta a los usos de riego a áreas verdes, agrícola e inyección al subsuelo. Se destacan los usos adicionales al uso ecológico, porque requieren un nivel adicional de organización para canalizar el agua a un segundo uso, lo que permite a cada organismo operador de agua contar con un volumen adicional del recurso hídrico y, por lo tanto, tener un portafolio más diversificado de fuentes de agua. En la Figura 7 se muestra el promedio de vida de las plantas de tratamiento por estado y en años con respecto al promedio nacional.



**Figura 7.** Promedio de vida de plantas tratadoras en años con respecto al promedio de vida nacional por estado. Fuente: elaboración propia con base en Conagua (2016).

Las plantas de tratamiento con mayor antigüedad, en promedio y en años con respecto al promedio nacional, son las del Distrito Federal con 12.3 años; Nuevo León, con 8.2 años; y Durango, con 7.9 años. Las plantas de tratamiento con menor antigüedad están en Hidalgo, con 8.3 años menos que el promedio nacional; seguidos por las plantas en Estado de México, San Luis Potosí y Yucatán, con seis años. Hidalgo es la entidad

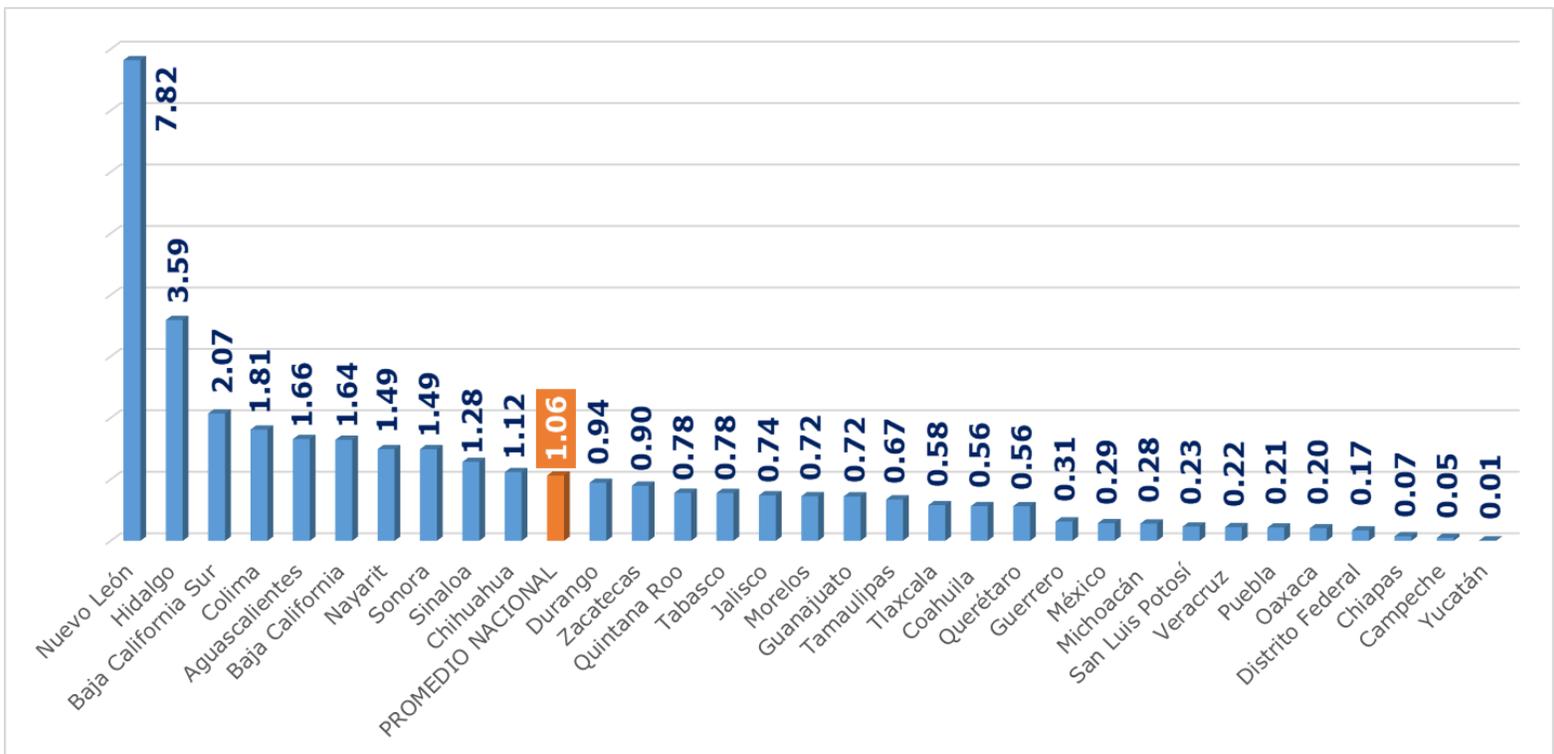
con las plantas de tratamiento más antiguas, porque se tratan las aguas residuales de la Ciudad de México hace 10 años; el volumen que salía de esta ciudad hacia la planta tratadora en Atotonilco de Tula era de 52 metros cúbicos por segundo. Además, esa zona es paradigmática en cuanto al uso de aguas residuales tratadas en la agricultura, pues ahí se encuentra el Valle del Mezquital, uno de los lugares más importantes de riego, con aguas residuales crudas y tratadas, en el país (Cisneros & Saucedo, 2016). Este es un ejemplo que muestra el interés por las plantas de tratamiento cuando hay afectaciones a la salud pública. Ante el riesgo sanitario de riego con aguas tratadas, el gobierno decidió invertir en resolver ese problema, que se convirtió en un tema muy visible. En la Figura 8 se presentan el número y porcentaje de municipios, por estado, con al menos una planta activa.



**Figura 8.** Número y porcentaje de municipios con al menos una planta activa por estado. Fuente: elaboración propia con base en Conagua (2016).

En México, 941 municipios cuentan con al menos una planta activa, lo que representa el 38.3 % del total de municipios. A grandes rasgos, se puede decir que 6 de cada 10 municipios en México carecen de plantas de tratamiento de aguas residuales. Los estados de Aguascalientes, las Baja Californias, Colima, Nayarit y Sinaloa cuentan con el 100 % de municipios con al menos una planta activa. Estas entidades coinciden en tener pocos municipios, lo cual puede facilitar la administración y atención de los gobiernos estatales en apoyar la gestión de las agencias municipales de agua y saneamiento. De acuerdo con Casiano *et al.* (2019), el punto

crucial del impulso de políticas de saneamiento en México ha sido el rol de los gobiernos estatales, porque han sido capaces de reducir la fragmentación de los esfuerzos de los actores locales involucrados. Los estados con menos porcentaje de municipios con plantas activas son Yucatán (4.7 %), Oaxaca (10 %), Campeche (18.2 %) y Chiapas (23.6 %). Asimismo, se observa que los estados con mayor número de municipios son los que tienen menor porcentaje de municipios con al menos una planta activa, con algunas excepciones. En la Figura 9 se presentan datos del caudal tratado per cápita por cada 10 mil habitantes, por estado y en litros por segundo.



**Figura 9.** Caudal tratado per cápita por cada 10 mil habitantes, por estado y en litros por segundo. Fuente: elaboración propia con base en Conagua (2016).

El promedio nacional de caudal tratado per cápita por cada 10 mil habitantes es de 1.06 litros por segundo. Destaca Nuevo León con seis veces más, Hidalgo con dos veces más y Baja California Sur con el doble. El éxito de Nuevo León puede estar relacionado con tener un organismo descentralizado estatal profesional, con la exigencia de los empresarios locales, y porque el 90 % de su población del estado se concentra en la zona metropolitana de Monterrey. El estado de la república con menor caudal tratado es Yucatán, con apenas 0.01 litros por segundo, seguido de Campeche (0.05), Chiapas (0.07), Distrito Federal (0.17), Oaxaca (0.20), Puebla (0.21) y Veracruz (0.22). El caso del Distrito Federal no refleja la realidad de tratamiento, pues la mayor parte de las aguas tratadas son contabilizadas en Hidalgo. En la Tabla 5 se muestran datos básicos relacionados con las plantas inactivas, a fin de identificar más elementos de análisis relacionadas con el abandono de las plantas de tratamiento de aguas residuales.

**Tabla 5.** Singularidades relacionadas con las plantas de tratamiento inactivas por estado. Fuente: elaboración propia con base en Conagua (2016).

Singularidad	Estados con mayor número	Número	Porcentaje respecto al total estatal
Estados con mayor número de plantas inactivas en relación con lo que representa en el total de inactivas del país	Estado de México	132	14
	Jalisco	98	10
Estados donde las plantas inactivas con tecnología de lodos activados representan su mayor porcentaje de inactivas	Campeche	15	81
	Baja California	7	67
Estados donde las plantas inactivas con tecnología de lagunas representan su mayor porcentaje de inactivas	Nayarit	9	89
	Sonora	22	81
Estados donde las plantas inactivas con tecnología RAFA representan su mayor	Querétaro	36	66
	Colima	12	52

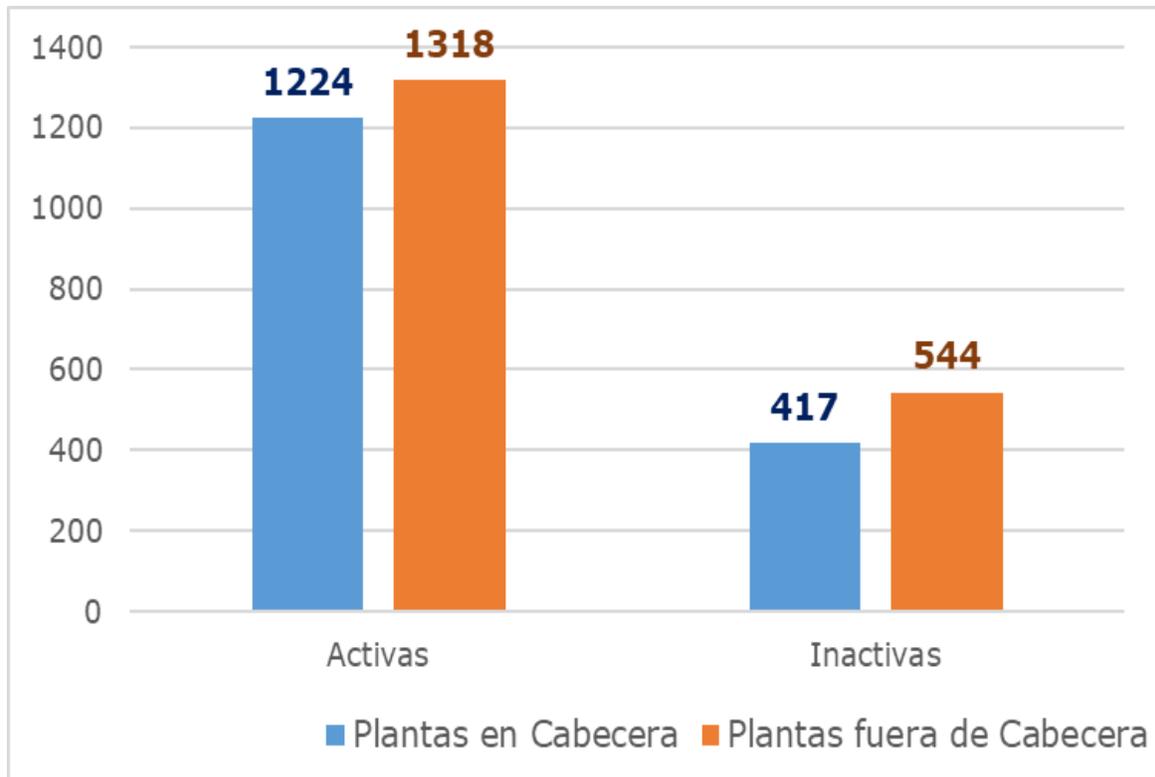
porcentaje de inactivas			
Plantas inactivas debido a problemas de su diseño en relación con el total de inactivas del estado	Aguascalientes	3	30
	Michoacán	2	29
Plantas inactivas debido a problemas de operación y mantenimiento en relación con el total de inactivas del estado	Querétaro	11	100
	Guerrero	5	83
	Colima	17	77
Plantas inactivas debido a falta de autoridad responsable que la asuma en relación con total de inactivas del estado	Baja California	6	67
	Tlaxcala	10	20
Plantas inactivas debido a problemas de robo o vandalismo en relación con el total de inactivas del estado	Veracruz	5	16
	Hidalgo	2	13

Plantas inactivas debido a desvío intencionado de aguas residuales en relación con el total de inactivas del estado	Colima	3	14
	Jalisco	3	10
Plantas inactivas debido a problemas de infraestructura de conexión en relación con el total de inactivas del estado	Sonora	4	36
	Jalisco	9	31

De las 980 plantas inactivas, 471 se tomaron en cuenta para las singularidades (Conagua, 2016); se distribuyen las observaciones de la siguiente manera: 21, problemas de diseño; 258, problemas de operación y mantenimiento; 29, falta de autoridad responsable; siete, vandalismo; siete, desvío intencionado de aguas residuales; 52, problemas de infraestructura de conexión. Por su parte, en cuanto a tecnologías de tratamiento, se tomó la totalidad de plantas inactivas. Cabe señalar que en esta información hay un sesgo de especificación, ya que los datos fueron tomados por distintas personas sin una codificación común. Estos datos no buscan ser comparativos, sino evidenciar problemas potenciales.

El 67.75 % de las plantas inactivas en México se concentran en tres tecnologías de tratamiento: lodos activados (28.88 %), lagunas (21.43

%) y rafa (17.45 %). Por su parte, prácticamente una de cada cuatro plantas inactivas está en el Estado de México y Jalisco. El mayor porcentaje de plantas inactivas por motivos de problemas de diseño está en Aguascalientes y Michoacán. El mayor porcentaje de plantas inactivas por problemas de operación y mantenimiento se tiene en Querétaro, Guerrero y Colima. El vacío de responsabilidad ha ocasionado más abandonos de plantas en Baja California y Tlaxcala. El de Tijuana, Baja California, es un caso revelador en tal sentido: existen varias plantas abandonadas que nunca operaron debido a que el organismo local del agua no las recibió de manera formal por parte de las empresas inmobiliarias que construyeron unidades habitacionales. La apuesta de tener varias plantas pequeñas en dicha ciudad se vio frustrada por una falta de entendimiento entre lo que solicitó el organismo de agua local y lo que entregaron los fraccionadores. En ese vacío de responsabilidad público-privado se desperdiciaron varios millones de pesos y ha provocado que aguas residuales crudas lleguen al mar sin un tratamiento previo. En la Figura 10 se presenta una radiografía municipal de la situación de las plantas de tratamiento; muestra el número de plantas activas e inactivas dentro y fuera de las cabeceras municipales.

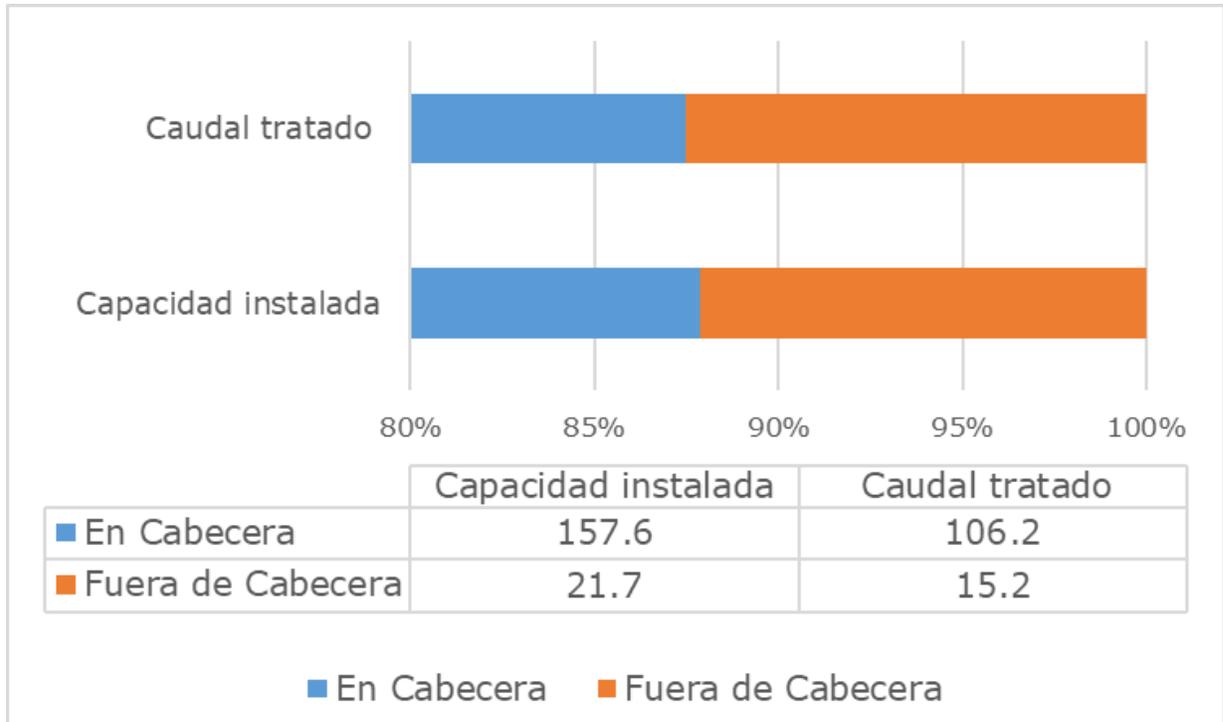


**Figura 10.** Número de plantas activas e inactivas dentro y fuera de la cabecera municipal. Fuente: elaboración propia con base en Conagua (2016).

### Radiografía municipal

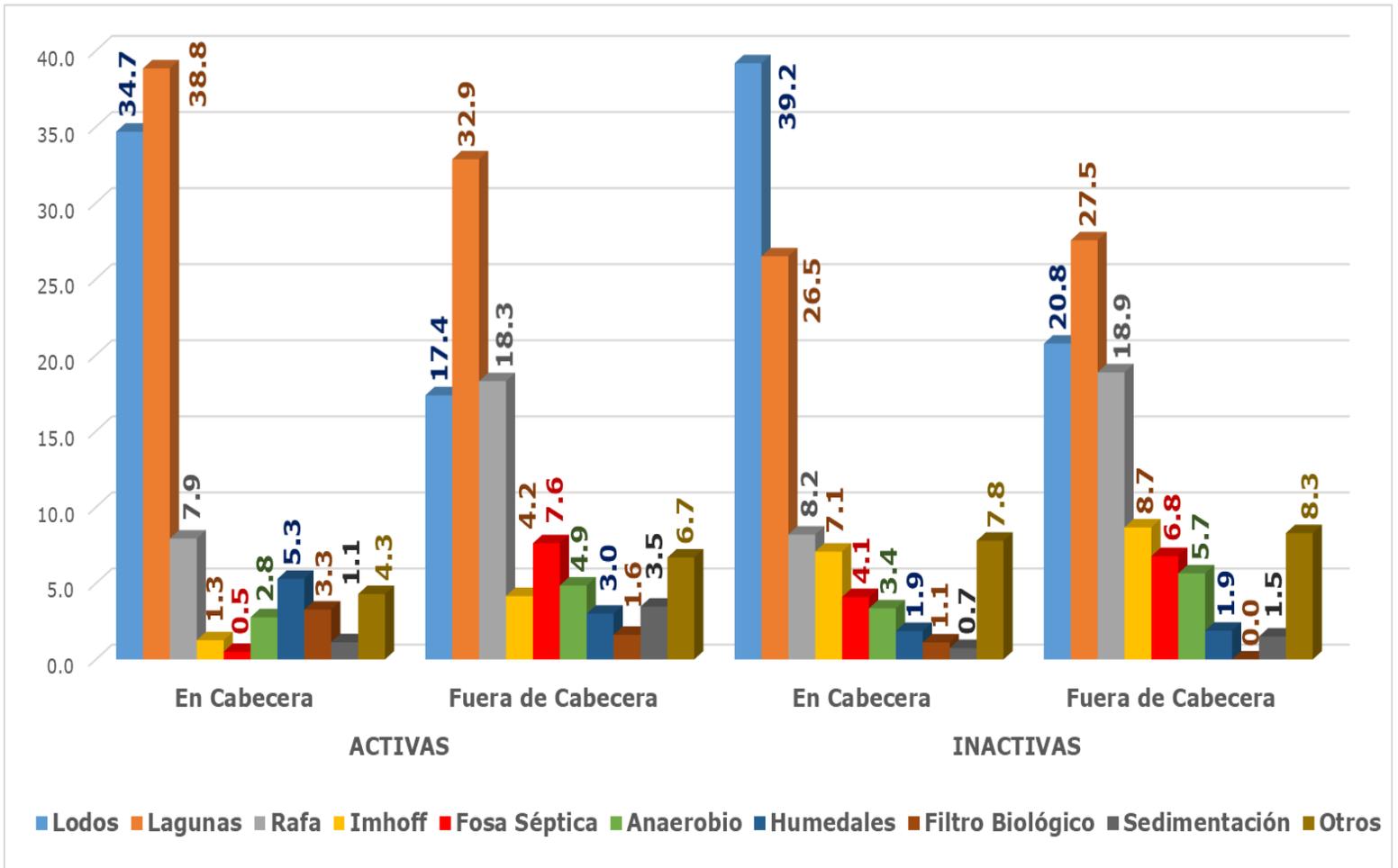
El 53.15 % de las plantas de tratamiento se encuentra fuera de la cabecera municipal, mientras que el 46.85 % está dentro de las cabeceras

municipales. No existe una diferencia significativa entre las plantas activas e inactivas dentro o fuera de las cabeceras municipales. Las plantas fuera de cabecera tienen mayor número de plantas activas e inactivas que las que se encuentran dentro. Esto indica que no existe una diferencia significativa entre la capacidad institucional que tiene una agencia local del agua dentro o fuera de cabecera, sino que las diferencias de capacidades institucionales se deben más al municipio que al tipo de localidad al interior de estos. Es decir, la probabilidad de que una planta siga activa en un municipio con una agencia local sólida es más o menos la misma para dentro que para fuera de su cabecera. La Figura 11 presenta la capacidad instalada y caudal tratado en las plantas de tratamiento, dentro y fuera de cabecera municipal.



**Figura 11.** Capacidad instalada y caudal tratado de las plantas de tratamiento de los municipios de México, dentro y fuera de la cabecera, en miles de litros por segundo y en porcentaje. Fuente: elaboración propia con base en Conagua (2016).

A pesar de que no existen muchas diferencias entre el abandono de plantas de tratamiento entre cabeceras y no cabeceras municipales, sí haya una diferencia considerable en cuanto a la capacidad instalada y al caudal tratado, pues las plantas dentro de cabecera tienen seis veces más capacidad que las plantas fuera de cabecera. En la Figura 12 se muestra el tipo de tecnología de las plantas de tratamiento, activas e inactivas, dentro y fuera de la cabecera municipal de los municipios de México.



**Figura 12.** Tipo de tecnología de tratamiento en plantas activas e inactivas, dentro y fuera de la cabecera municipal. Fuente: elaboración propia con base en Conagua (2016).

De las plantas activas, las tecnologías más comunes en cabecera municipal son lagunas y lodos activados (73.5 % entre ambas); mientras que fuera de cabecera, la tecnología de lagunas mantiene un 32.9 % y

los lodos activados reducen su influencia a un 17.4 %. De las plantas inactivas, se aprecia que prácticamente 4 de cada 10 plantas dentro de la cabecera son de lodos activados, mientras que 1 de cada 4 son de lagunas. Por su parte, la tecnología RAFA aparece con mayor influencia en las localidades fuera de cabecera municipal, tanto en activas como inactivas. En la Tabla 6 se muestra la comparación de algunos datos básicos de plantas de tratamiento por tamaño de municipio.

**Tabla 6.** Datos de plantas de tratamiento de aguas residuales por tamaño de municipio. Fuente: elaboración propia con base en Conagua (2016).

Datos básicos	Tipo de municipio (por tamaño de población)					
	Rural (0-2 499)	Urbano 1 (2 500-9 999)	Urbano 2 (10 000-49 999)	Urbano 3 (50 000-99 999)	Urbano 4 (100 000-499 999)	Urbano 5 (500 000 o más)
Porcentaje de municipios con respecto al total nacional	15.1	28.8	39.7	8.1	6.6	1.7
Porcentaje de población con respecto al total nacional	0.4	3.5	20.3	12.4	30.6	32.8
Promedio de vida en años de las plantas con respecto al promedio nacional	6.1	1.2	-1.5	-2.9	-0.6	0.1

Porcentaje de municipios con al menos una planta activa	15.4	28.3	40.3	64.6	77.9	92.9
Porcentaje promedio de plantas activas que reutilizan algún volumen de agua tratada	15.8	9.7	12.5	16.6	22.5	45.5
Porcentaje promedio de plantas activas en municipios	89.4	78.2	69.4	63.4	70.6	76.6
De los municipios con plantas activas, capacidad instalada promedio per cápita en litros por segundo por cada mil habitantes	4.8	0.5	1.7	0.9	1.4	2.0
De los municipios con plantas activas, caudal tratado promedio per cápita en litros por segundo por cada mil habitantes	2.9	0.3	0.9	0.6	1.0	1.5
Tecnología con mayor presencia en plantas activas y porcentaje que representa con respecto al total de tecnologías	Lagunas 62.3	Lagunas 42.8	Lagunas 37.1	Lodos 35.2	Lodos 54.2	Lodos 57.1

Tecnología con mayor presencia en plantas inactivas y porcentaje que representa con respecto al total de tecnologías	Fosa 33.3	Lagunas 40.1	Lagunas 26.8	Lodos 29.2	Lodos 33.0	Lodos 46.6
--	-----------	--------------	--------------	------------	------------	------------

El 83.6 % de los municipios en México tiene menos de 50 mil habitantes y en estos vive el 24.2 % de la población. En contraste, el 8.3 % de los municipios tiene más de 100 mil habitantes y en ellos habita el 63.4 % de la población. En los municipios con población menor a 2 500 habitantes es donde las plantas activas tienen mayor antigüedad, a pesar de ser los municipios que más carecen de plantas de tratamiento. Al contrario, 9 de cada 10 municipios con más de 500 mil habitantes tienen al menos una planta activa. También casi en la mitad de los municipios más grandes del país se reutiliza algún volumen de agua tratada. Es en los municipios de 10 mil a 100 mil habitantes donde el porcentaje promedio de plantas activas es más bajo. En cuanto a capacidad instalada y caudal tratado per cápita, es en los municipios rurales, menores de 2 500 habitantes, donde la cifra es más alta. Asimismo, existe una tendencia de utilizar tecnologías de lagunas en los municipios menores a 50 mil habitantes, mientras que en los mayores de 50 mil la tecnología más común es la de lodos activados.

## Discusión

Con base en este diagnóstico estadístico se resumen los hallazgos encontrados y se identifican cinco desafíos para la política de tratamiento de aguas residuales en México:

1. **El desafío del abandono de plantas de tratamiento de aguas residuales.** El ritmo de crecimiento de plantas inactivas es mayor al crecimiento de las plantas activas; de 2000 a 2016, las plantas inactivas se incrementaron en un 300 %, mientras que las activas en un 200 %. Cabe señalar que el mayor abandono de plantas de tratamiento se ha dado en municipios con grado de marginación bajo y muy bajo, tal como se presenta en la Tabla 7. Cabe recordar el sesgo de inversión que se comentó en el apartado de materiales y métodos, donde existe una tendencia de construir plantas de tratamiento en municipios con mayor población, los cuales generalmente cuentan con menores grados de marginación. Cabe destacar que municipios con baja marginación están abandonando plantas de tratamiento.

**Tabla 7.** Relación entre el grado de marginación municipal y abandono de plantas de tratamiento en México. Fuente: elaboración propia con base en Conapo (2015) y Conagua (2016).

<b>Grado de marginación municipal (2015)</b>	<b>Número de municipios con al menos una planta abandonada (2016)</b>	<b>Número de plantas abandonadas (2016)</b>
Muy bajo	171	348
Bajo	167	309
Medio	107	180
Alto	73	114
Muy alto	21	29
<b>Total</b>	<b>542</b>	<b>980</b>

\* Nota: no se integraron los datos de las delegaciones del Distrito Federal (hoy CDMX).

Dos de cada tres plantas de tratamiento abandonadas (67.2 %) se encuentran en municipios con baja o muy baja marginación. Esto se debe a que la base de datos tiene un sesgo de inversión en municipios con mayor población, los cuales cuentan por lo general con índices de marginación más bajos que los municipios más pequeños. Por su parte, para solucionar el abandono de plantas de tratamiento, especialistas han recomendado la promoción de humedales artificiales y tecnologías alternativas para las zonas rurales de México debido a que las tecnologías convencionales requieren un uso energético intensivo y, por tanto, mayores costos de mantenimiento (Zurita-Martínez, Castellanos, & Rodríguez, 2011; Castañeda & Flores, 2014; Lahera, 2010).

2. **El desafío de las buenas intenciones.** En los últimos tres sexenios, los programas nacionales hídricos han identificado los mismos problemas y planteado soluciones muy similares. La visión de política pública sectorial es la que cambia sustancialmente, pasando por preferir instrumentos de mercado, agua como seguridad nacional, o preferencia de instrumentos asistencialistas dirigidos a las regiones más vulnerables. Sin embargo, los problemas siguen ahí; el cambio de discurso no cambia la realidad de la política de tratamiento de aguas residuales. En la Tabla 8 se observa la relación entre la capacidad institucional y el grado de marginación en los municipios de México.

**Tabla 8.** Relación entre el grado de marginación municipal y la capacidad institucional municipal en los municipios de México. Fuente: elaboración propia con base en De-Dios (2008) y Conapo (2005).

Grado capacidad institucional municipal (2004)	Grado de marginación municipal (2005)					Total
	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy alto	
Muy bajo	0	3	12	76	70	<b>161</b>
Bajo	13	30	74	244	126	<b>487</b>
Medio	63	164	200	342	79	<b>848</b>

Alto	107	154	152	104	11	<b>528</b>
Muy alto	67	45	19	11	0	<b>142</b>
<b>Total</b>	<b>250</b>	<b>396</b>	<b>457</b>	<b>777</b>	<b>286</b>	<b>2 166</b>

\* Nota: algunos municipios no contaban con información y se omitieron.

El 23.8 % de los municipios de México cuenta con una combinación entre un grado de marginación alto-muy alto y un grado de capacidad institucional bajo y muy bajo. Es decir, 1 de 4 municipios mexicanos tienen poblaciones con desventajas sociales severas y gobiernos sin capacidad para poder cambiar dicha situación. En el otro extremo, 17.2 % de los municipios mexicanos presenta una combinación entre un grado de marginación bajo-muy bajo y otro de capacidad institucional alto-muy alto. Es decir, menos de 2 de cada 10 municipios cuentan con una situación social controlada y con capacidades para poder mejorar su situación. Debido al sesgo de inversión en municipios grandes de la base de datos se observa que 2 de cada 3 plantas abandonadas están en municipios con baja-muy baja marginación, que en su mayoría cuentan con altas capacidades institucionales. Entonces, estos datos evidencian que las capacidades institucionales actuales en los municipios mexicanos no son suficientes para romper con la tendencia de abandono de plantas de tratamiento de aguas residuales. Por su parte, las buenas intenciones plasmadas en los planes hídricos deben tomar en cuenta la complejidad de los espacios locales, donde distintos actores requieren negociar para lograr equilibrios en la distribución del agua, sobre todo en zonas áridas (Scott & Pineda, 2011). Las alternativas a la planeación hídrica tradicional

parecen estar en los enfoques basados en el conocimiento profundo del comportamiento de los actores (Bettini, Brown, De-Haan, & Farrelly, 2015).

- 3. El desafío de la operación y mantenimiento de plantas de tratamiento.** Más de la mitad de las plantas activas con observaciones en el inventario de Conagua 2016 requiere ampliación o modificaciones. También, más de la mitad de las plantas inactivas se abandonaron por falta de mantenimiento y problemas de operación. Además de impulsar la construcción de nuevas plantas, es necesario impulsar las reformas necesarias para que las agencias municipales de agua y saneamiento transiten a una profesionalización y autonomía, que les permita tener los incentivos para pensar en el largo plazo, y hacer los mantenimientos preventivos en los sistemas de tratamiento. La inercia actual de reclutamiento, selección y promoción del personal de dichas agencias, basados en motivos políticos y de lealtad al grupo político dominante o al sindicato, seguirá dejando fuera un sistema meritocrático que promueva las decisiones técnicas basadas en evidencias. En la Tabla 9 se presenta la relación que existe entre grado de marginación de los municipios y esfuerzo recaudatorio.

**Tabla 9.** Relación entre el grado de marginación municipal y el número de plantas activas en México. Fuente: elaboración propia con base en Conapo (2015) y Conagua (2016).

<b>Grado de marginación municipal (2015)</b>	<b>Número de municipios con al menos una planta activa (2016)</b>	<b>Número de plantas activas (2016)</b>
Muy bajo	235	984
Bajo	276	796
Medio	190	389
Alto	166	255
Muy alto	58	83
<b>Total</b>	<b>925</b>	<b>2 507</b>

Nota: no se integraron los datos de las delegaciones del Distrito Federal (hoy CDMX).

De los municipios con al menos una planta activa, el 55.2 % cuenta con un grado de baja o muy baja marginación, sumando un total de 1 780 plantas, que representan el 71.01 % de las plantas activas en México. Esto significa que los municipios con menor grado de marginación concentran las plantas de tratamiento de aguas residuales activas; sin embargo, al mismo tiempo estos municipios tienen el mayor abandono de plantas de tratamiento. Es decir, a pesar de ser municipios con baja marginación, tienen problemas institucionales para mantener sus plantas de tratamiento en activo. Como indican Espinoza y Sepúlveda (2015), la Auditoría Superior de la Federación encontró que en el Estado de México se utilizó el presupuesto para plantas de tratamiento de manera

ineficiente, por lo que el análisis no se debe enfocar sólo en la falta de presupuesto, sino también en su ejercicio adecuado.

- 4. El desafío del vacío de responsabilidad.** El diagnóstico estadístico arrojó evidencia para saber que no hay diferencia significativa en el abandono de plantas de tratamiento dentro o fuera de cabecera municipal. Más que la localidad, parece ser el municipio el que determina el éxito de mantener plantas activas. Como agenda futura de investigación se buscará entender qué elementos específicos de las agencias municipales de agua y saneamiento están correlacionadas con las plantas activas e inactivas. La fragmentación de las decisiones en el entramado institucional de la toma de decisiones representa uno de los principales desafíos en la política de saneamiento en México (Pacheco & Vega, 2008). Al respecto existe un caso paradigmático: en la ciudad de Tijuana hubo una política de construcción de pequeñas plantas de tratamiento de aguas residuales en los nuevos desarrollos habitacionales, en donde el gobierno municipal exigió a los empresarios que para recibir sus fraccionamientos habitacionales debían construir una planta de tratamiento. A la fecha, en esa ciudad hay decenas de plantas abandonadas debido a que el gobierno municipal no ha recibido dichas obras, por no cumplir con requerimientos mínimos. Por su parte, los empresarios inmobiliarios argumentan que nunca se fijaron previamente requerimientos técnicos mínimos y que ellos cumplieron con lo acordado (Cáñez, 2017). En este sentido, el vacío de responsabilidad se refiere a los espacios sin responsables claros para llevar a cabo cierta tarea, ya sea

un vacío entre niveles de gobierno, entre agentes públicos y privados, o cualquier otra relación sin un responsable específico.

5. **El desafío del tratamiento de aguas residuales como prioridad en las agendas estatales.** El diagnóstico arrojó evidencia de estados con todos sus municipios con al menos una planta activa, lo cual sugiere que el rol de los gobiernos estatales podría haber sido determinante para que la mayoría de sus plantas de tratamiento sigan activas. Considero que en la medida que los gobiernos estatales y municipales cuenten con organismos de agua profesionales, el tema del tratamiento de aguas residuales irá ganando protagonismo en las agendas pública, gubernamental y legislativa. Los datos disponibles para este estudio no permiten concluir acerca del éxito de estados como Sinaloa, y del fracaso en Jalisco y Estado de México, por ejemplo. Una agenda futura de investigación relevante es conocer las razones por las cuales estados como las Baja Californias y Sinaloa cuentan con una cobertura total de plantas de tratamiento de aguas residuales en todos sus municipios; además, saber por qué Jalisco y Estado de México concentran 1 de cada 4 plantas de tratamiento inactivas de todo el país. Diversos estudios respaldan la idea de que la baja efectividad de la política de saneamiento en México se debe a la dependencia excesiva de los gobiernos locales a la autoridad federal, además de agencias locales de agua con baja autonomía para operar con criterios más técnicos y menos politizados por los intereses del grupo político en turno (Torregrosa & Jiménez, 2009; Godínez, Zaag, & Cauwenbergh, 2018; Jiménez & Torregrosa, 2007; Domínguez, 2010; Cáñez, 2019).

## Conclusiones

La nueva Ley General de Aguas seguramente incorporará las mejores intenciones, y los objetivos que siguen los organismos internacionales y los países desarrollados, sobre todo en el enfoque sistémico y del derecho al agua potable y saneamiento. Asimismo, aparecerán discursos donde digan que el tratamiento de aguas residuales no está aislado y se deben evitar soluciones “al final del tubo”. Sin embargo, uno de los problemas de México es que se siguen incorporando buenas intenciones a las políticas de agua sin resolver los problemas mínimos fundamentales para que dichos sistemas operen. Es decir, los anhelos de estudiar el saneamiento de agua de manera sistémica, integral y con la colaboración de distintos actores proviene de los países desarrollados, que ya tienen más o menos resueltos los problemas técnicos de sus plantas de tratamiento, porque cuentan con agencias de agua y saneamiento profesionales, donde su personal responde a criterios técnicos y no a criterios de facciones de poder. Entonces, la nueva Ley General de Aguas y las políticas federales impulsadas por Conagua seguirán siendo letra muerta mientras las agencias municipales de agua y saneamiento no sean reformadas y fortalecidas en autonomía y profesionalización. Además de

esto, es importante fortalecer las capacidades de monitoreo y sanción por parte de la entidad reguladora de calidad del agua y descargas de aguas residuales a cuerpos receptores; esto, con el fin de ir construyendo y fortaleciendo las otras partes del sistema para aspirar a que dichas partes se interconecten de manera integrada.

La profesionalización de las agencias municipales de agua y saneamiento no es tan sencilla como integrar a estas organizaciones con personas bien remuneradas con las credenciales adecuadas, sino que se trata de asegurar que esas personas, bien pagadas y con perspectiva de carrera, realmente funcionen como profesionales, y para ello se requieren reglas del juego claras, donde la evaluación del desempeño sea el requisito fundamental para que dichos profesionales sigan en sus puestos; lo que se debe alejar de la profesionalización es la política de grupos, donde la lealtad es más importante que el mérito; si eso pasa, de nada servirán las credenciales de los profesionales.

Las limitaciones de este artículo es que queda acotado en la profundidad de las explicaciones, pues la evidencia estadística alcanzó para mostrar un diagnóstico nacional, estatal y municipal de algunos indicadores básicos de las plantas de tratamiento de aguas residuales en México. Una agenda futura de investigación que planteo es conocer los factores esenciales por los que se puede transitar de una tradición de gestión del agua basada en la lealtad a los grupos políticos en turno hacia una tradición meritocrática, donde el conocimiento técnico y científico sea el centro de gravedad de las agencias locales de agua y saneamiento en México.

## Referencias

- Al-Aukidy, M., Al-Chalabi, S., & Verlicchi, P. (2018). Hospital wastewater treatments adopted in Asia, Africa, and Australia. In: Verlicchi, P. *Hospital wastewaters: Characteristics, management, treatment and environmental risks* (171-188). Cham, Switzerland: Springer.
- Bettini, Y., Brown, R. R., De-Haan, F. J., & Farrelly, M. (2015). Understanding institutional capacity for urban water transitions. *Technological Forecasting and Social Change*, 94, 65-79.
- Cáñez, A. (2019). ¿Siguen operando los aparatos políticos en los gobiernos municipales de México? *Intersticios Sociales*, (17), 233-257.
- Cáñez, A. (2017). *Governance framework and water policy effectiveness. The case study of the Tijuana-San Diego transboundary urban region (tesis doctoral)*. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, Monterrey, México. Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/323401124\\_Governance\\_framework\\_and\\_water\\_policy\\_effectiveness\\_The\\_case\\_study\\_of\\_the\\_Tijuana--San\\_Diego\\_transboundary\\_urban\\_region](https://www.researchgate.net/publication/323401124_Governance_framework_and_water_policy_effectiveness_The_case_study_of_the_Tijuana--San_Diego_transboundary_urban_region)
- Casiano, C., Özerol, G., Bressers, H., Kuks, S., Edelenbos, J., & Gleason, A. (2019). The state as a stimulator of wastewater treatment policy: A comparative assessment of three subnational cases in central Mexico. *Journal of Environmental Policy and Planning*, 21(2), 134-152.

Castañeda, A., & Flores, H. (2014). Tratamiento de aguas residuales domésticas mediante plantas macrófitas típicas en Los Altos de Jalisco, México. *Paakat: Revista de Tecnología y Sociedad, Innovación y Difusión de la Tecnología*, 3(5), 1-13.

Conagua, Comisión Nacional del Agua. (2020). *Programa Nacional Hídrico (2019-2024)*. Recuperado de <https://www.gob.mx/conagua/documentos/programa-nacional-hidrico-pnh-2020-2024?idiom=es>

Conagua, Comisión Nacional del Agua. (2019). *Situación del subsector agua potable, alcantarillado y saneamiento*. Recuperado de [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/554702/DSAPA\\_S\\_1-20.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/554702/DSAPA_S_1-20.pdf)

Conagua, Comisión Nacional del Agua. (2016). *Inventario de plantas de tratamiento de aguas residuales en México*. Recuperado de <https://www.infomex.org.mx/gobiernofederal/moduloPublico/moduloPublico.action>

Conagua, Comisión Nacional del Agua. (2014). *Programa Nacional Hídrico (2013-2018)*. Recuperado de <https://www.gob.mx/conagua/acciones-y-programas/programa-nacional-hidrico-pnh-2014-2018>

Conagua, Comisión Nacional del Agua. (2007). *Programa Nacional Hídrico (2007-2012)*. Recuperado de [http://dof.gob.mx/nota\\_detalle\\_popup.php?codigo=5076411](http://dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5076411)

Conagua, Comisión Nacional del Agua. (2002). *Programa Nacional Hidráulico (2001-2006)*. Recuperado de <https://sidof.segob.gob.mx/notas/736819>

Conapo, Consejo Nacional de Población. (2005). *Índice de marginación por municipio 1990-2015*. Recuperado de [http://www.conapo.gob.mx/ES/CONAPO/Datos\\_Abiertos\\_del\\_Indice\\_de\\_Marginacion](http://www.conapo.gob.mx/ES/CONAPO/Datos_Abiertos_del_Indice_de_Marginacion)

Conapo, Consejo Nacional de Población (2015). *Índice de marginación municipal en México*. Recuperado de: [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/159048/06\\_Anexo\\_B1.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/159048/06_Anexo_B1.pdf)

Cisneros, O. & Saucedo, H. (2016). *Reúso de aguas residuales en la agricultura*. Jiutepec, México: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.

Davis, F. (2005). Identification of revenue requirements. In: Raftelis, G. *Water and wastewater finance and pricing: A comprehensive guide* (185-205). Boca Raton, USA: Taylor & Francis Group.

De-Anda, J. (2017). Saneamiento descentralizado y reutilización sustentable de las aguas residuales municipales en México. *Sociedad y Ambiente*, 5(14), 119-143. DOI: [org/10.31840/sya.v0i14.1770](https://doi.org/10.31840/sya.v0i14.1770)

De-Dios, J. (2008). Midiendo las capacidades institucionales de los gobiernos locales de México: un mapa de su diversidad. En: *Base de datos Índice Compuesto de Capacidades Institucionales*

- Municipales 2004. Documento de apoyo del Informe sobre Desarrollo Humano Jalisco 2009.* México, DF, México: Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.
- Domínguez, J. (2010). El acceso al agua y saneamiento: un problema de capacidad institucional local. Análisis en el estado de Veracruz. *Gestión y Política Pública*, 19(2), 311-350.
- Drinan, J., & Spellman, F. (2013). *Water and wastewater treatment: A guide for nonengineering professional.* Boca Raton, USA: Taylor & Francis Group.
- Espinoza, J., & Sepúlveda, M. (2015). *Las plantas de tratamiento de aguas residuales del estado de México en los informes de la Auditoría Superior de la Federación 2012-2013. Pasos previos a un ejercicio de contraloría social. Documento de trabajo no. 3.* Recuperado de [https://www.agua.org.mx/wp-content/uploads/2016/09/PTAR-EM\\_EN\\_LA\\_ASF\\_2012-2013.pdf](https://www.agua.org.mx/wp-content/uploads/2016/09/PTAR-EM_EN_LA_ASF_2012-2013.pdf)
- Garzón, M., Buelna, G., & Moeller, G. (2012). La biofiltración sobre materiales orgánicos, nueva tecnología sustentable para tratar agua residual en pequeñas comunidades e industrias. *Tecnología y ciencias del agua*, 3(3), 153-161.
- Godínez, J., Zaag, P., & Cauwenbergh, N. (2018). A half-baked solution: Drivers of water crises in Mexico. *Proceedings of the International Association of Hydrological Sciences*, 376, 57-62.
- Gray, N. (2004). *Biology of wastewater treatment.* London, UK: Imperial College Press.

- Hantke-Domas, M., & Jouravlev, A. (2011). *Lineamientos de política pública para el sector de agua potable y saneamiento*. Santiago de Chile, Chile: Comisión Económica para América Latina y el Caribe. Recuperado de [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/3863/S2011000\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/3863/S2011000_es.pdf)
- Hopcroft, F. (2015). *Wastewater treatment: Concept and practices*. New York, USA: Momentum Press.
- INEGI, Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (2010). *Censo de población y vivienda 2010*. Recuperado de <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2010/>
- Jiménez, B., & Torregrosa, M. (2007). Water Services in Mexico: Are they a Public Priority? *Journal of Comparative Social Welfare*, 23(2), 155-165.
- Krause, M. (2009). *The political economy of water and sanitation*. New York, USA: Routledge. DOI: <https://doi.org/10.4324/9780203876947>
- Lahera, V. (2010). Infraestructura sustentable: las plantas de tratamiento de aguas residuales. *Quivera. Revista de Estudios Territoriales*, 12(2), 58-69.
- Lasswell, H. (1951). The policy orientation. In: Lasswell, H., & Lerner, D. (eds.). *The policy sciences: Recent developments in scope and method* (pp. 3-15). Palo Alto, USA: Stanford University Press.

- Meny, Y., & Thoenig, J. (1992). *Las políticas públicas*. Barcelona, España: Ariel.
- Metz, F., & Ingold, K. (2014). Sustainable wastewater management: Is it possible to regulate micropollution in the future by learning from the past? A policy analysis. *Sustainability*, 6, 1992-2012. DOI: 10.3390/su6041992
- Pacheco, R., & Vega, O. (2008). Retos y perspectivas en materia de política de tratamiento de agua y saneamiento en México. En: Olivares, R., & Sandoval, R. (coords.). *El agua potable en México. Historia reciente, actores, procesos y propuestas* (pp. 173-185). México, DF, México: Asociación Nacional de Entidades de Agua y Saneamiento de México A.C.
- Raftelis, G. (2005). Introduction to water and wastewater finance and pricing. In: Raftelis, G. *Water and wastewater finance and pricing: A comprehensive guide* (pp. 1-5). Boca Raton, USA: Taylor & Francis Group.
- Scott, C., & Pineda, N. (2011). Innovating resource regimes: Water, wastewater, and the institutional dynamics of urban hydraulic reach in northwest Mexico. *Geoforum*, 42(4), 439-450.
- Seppälä, O. (2002). Effective water and sanitation policy reform implementation: Need for systemic approach and stakeholder participation. *Water Policy*, 4, 367-388.
- Torregrosa, M., & Jiménez, B. (2009). Challenges facing the universal access of water and sanitation in Mexico. En: Castro, J., & Hellen,

- L. *Water and sanitation services: Public policy and management* (pp. 338-347). London, UK: Earthscan.
- Valencia, J., Díaz, J., & Ibarrola, H. (2004). La gestión integrada de los recursos hídricos en México: nuevo paradigma en el manejo del agua. En: Cotler, H. (comp.). *Manejo integral de cuencas en México* (pp. 201-209). México, DF, México: Instituto Nacional de Ecología.
- Verlicchi, P. (2018). Prefacio. In: Verlicchi, P. *Hospital wastewaters: Characteristics, management, treatment and environmental risks* (pp. xi-xiv). Cham, Switzerland: Springer.
- Wexelbaum, G. (2005). Capital and financial planning for water and wastewater utilities. In: Raftelis, G. *Water and wastewater finance and pricing: A comprehensive guide* (pp. 9-35). Boca Raton, USA: Taylor & Francis Group.
- Zurita-Martínez, F., Castellanos, O., & Rodríguez, A. (2011). El tratamiento de las aguas residuales municipales en las comunidades rurales de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 2(spe1), 139-150. Recuperado de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-09342011000700011&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342011000700011&lng=es&tlng=es)