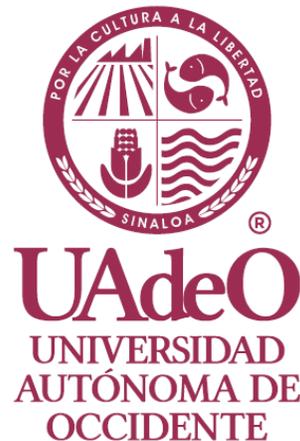


Universidad Autónoma de Occidente

Unidad Regional Guasave

Departamento de Investigación y Posgrado
Doctorado en Sustentabilidad



TESIS

“La sustentabilidad ambiental en el tratamiento de aguas residuales: recolección, tratamiento y emisión de metano asociado a las descargas de la ciudad de Los Mochis y el municipio de Guasave, Sin.”

Presenta:

M. en I. Ivette Renée Hansen Rodríguez

Directora de tesis:

Dra. Rosa María Longoria Espinoza

Co-directora de tesis:

Dra. Gabriela Mantilla Morales

Guasave, Sin., abril de 2022.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE
VICERRECTORÍA ACADÉMICA
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

Dictamen del Comité Revisor

Guasave, Sinaloa a 29 de abril de 2022.

Dra. Celia Ruth Sainz López
Jefe del Departamento de Investigación y Posgrado
Unidad Regional Guasave
Universidad Autónoma de Occidente
Presente

At'n. Dra. Xiomara Patricia Perea Domínguez
Coordinadora Académica del Programa Educativo de Posgrado
de Doctorado en Sustentabilidad

Hemos revisado el trabajo Proyecto de Investigación titulado:
«**La sustentabilidad ambiental en el tratamiento de aguas residuales: recolección, tratamiento y emisión de metano asociado a las descargas de la ciudad de Los Mochis y el municipio de Guasave, Sin.**»

Que para obtener el grado de **Doctora en Sustentabilidad**, presenta: la C. Ivette Renée Hansen Rodríguez.

Tomando en cuenta lo establecido en la Guía correspondiente y lo que se considera las buenas prácticas en la disciplina consideramos:

El Trabajo Proyecto Terminal cumple con los requisitos en cuanto a esencia y forma para su réplica en examen recepcional.

Así lo avalamos como Comité dictaminador.

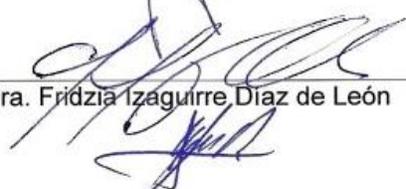
Atentamente
Por el Comité Revisor



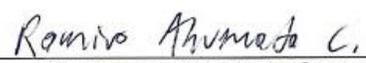
Dra. Rosa María Longoria Espinoza



Dra. Gabriela Mantilla Morales



Dra. Fridzia Izaguirre Díaz de León



Dr. Ramiro Ahumada Cervantes



Dr. Hugo Benigno Rodríguez Gallegos

Agradecimientos

Al *Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT)*, por el apoyo y la beca otorgada para la realización de mis estudios de Doctorado; así como por el reconocimiento que brinda el ser una estudiante de un Programa Nacional de Posgrados de Calidad (PNPC).

A la *Universidad Autónoma de Occidente (UAdeO)*, por contribuir a mi formación al obtener el máximo Grado académico. Asimismo, al *Sindicato Único de Trabajadores Académicos y Administrativos de la Universidad Autónoma de Occidente (SUTAAUAO)*, por el apoyo y las gestiones realizadas ante la Institución. Al personal del Laboratorio *IBC Analytic México, S.A. de C.V.*, en la Unidad Regional Los Mochis, por las facilidades otorgadas durante la caracterización de las muestras de agua residual; así como al *Laboratorio de Ingeniería Ambiental* de la Unidad Regional Guasave, especialmente al Ing. Jorge Antonio Sandoval Romero, por su apoyo durante el muestreo a las plantas de tratamiento.

Al personal docente y administrativo del *Doctorado en Sustentabilidad*, por todas las atenciones, su guía y la calidad otorgada en el tiempo que llevó este proceso.

Al personal de la *Junta de Agua Potable y Alcantarillado del Municipio de Ahome (JAPAMA)* y de la *Junta Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Guasave (JUMAPAG)*, por toda la información proporcionada, la disponibilidad y las facilidades brindadas para que parte de esta investigación se llevara a cabo.

A la *Dra. Rosa María Longoria Espinoza*, por su apoyo e impulso para que fuese parte de este Programa Educativo; por su tiempo, sus comentarios y recomendaciones, pero sobre todo, por su amistad.

A ma très chère *Dra. Gabriela Mantilla Morales*, pour tout le soutien que vous m'avez toujours apporté au cours de mes études du master et doctorat. Pour avoir été mon guide, ma motivation et pour tout ce qui m'a été enseigné, tant sur le plan personnel que professionnel. Je voudrais vous témoigner de ma profonde reconnaissance pour tout que vous m'avez apportée. Merci beaucoup.

A mi comité revisor, *Dra. Fridzia Izaguirre Díaz de León, Dr. Ramiro Ahumada Cervantes* y *Dr. Hugo Benigno Rodríguez Gallegos*, por cada uno de sus comentarios y sugerencias para mejorar y enriquecer este documento.

A mis compañeros de generación del DSUS, *Carlos, Lizbeth y Pavel*, por todos los momentos, pláticas y cafés compartidos durante estos años.

A *mi familia*, por ser la base, impulso y motivación para continuar creciendo académica y profesionalmente, son mi máximo. *Lili y Hanna*, espero ser un buen ejemplo para ustedes y que al leer este documento, sueñen, se motiven y trabajen hasta lograr todo lo que se propongan.

A *todos*, muchas gracias.

Dedicatoria

To my beloved son, Luis Carlos, for being the one who inspires me to improve myself every single day. I love watching you grow, and I want this work to serve as motivation and impulse in everything you propose. Thank you for your patience and for giving me the time to finish this thesis. I love you so much! I promise don't talk about GHGs in a long time.

To my beloved daughter, Nadine Renée (†). My little star in Heaven. Forever in my heart.

Al mio marito, Luis Carlos. Grazie per tutto ciò che abbiamo costruito insieme, per tutti gli anni al mio fianco e per essere stato la mia guida e motivazione. Per quel primo caffè condiviso. Ti amo.

Índice General

	<i>Página</i>
Agradecimientos	3
Dedicatoria	5
Índice General	6
Índice de Tablas	9
Índice de Figuras	11
Resumen	12
Capítulo I. Conceptualización del Problema de Investigación	15
Introducción	15
I.1 Planteamiento del problema	15
I.2 Formulación del problema	17
I.2.1 Preguntas de Investigación	17
I.3 Justificación	18
I.4 Hipótesis	19
I.5 Objetivos	20
I.5.1 General	20
I.5.2 Específicos	20
Capítulo II. Marco Teórico	21
II.1 Aguas residuales	21
II.1.1 Generación	21
II.1.2 Consecuencias de la descarga directa de aguas residuales	22
II.1.3 Tratamiento	23
II.1.4 Normas relacionadas con el agua residual	24
II.2 Plantas de tratamiento de aguas residuales	26
II.2.1 Importancia de las PTAR	27
II.2.2 Procesos para el tratamiento de las aguas residuales	27
II.2.2.1 Principales procesos para el tratamiento utilizados en México	28
II.2.2.2 Principales procesos para el tratamiento utilizados en Sinaloa	32
II.3 Efecto invernadero	33
II.3.1 Gases de Efecto Invernadero (GEI)	33
II.3.1.1 Dióxido de carbono (CO ₂)	34
II.3.1.2 Óxido nitroso (N ₂ O)	34
II.3.1.3 Metano (CH ₄)	34
II.3.2 Importancia de la reducción de los GEI	34
II.4 Organismos Operadores	35
II.4.1 Tipos	35
II.4.2 Organismos Operadores en Sinaloa	36
II.5 Sustentabilidad	37
II.5.1 Conceptualización	37
II.5.2 Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible	37
II.5.2.1 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)	37

Capítulo III. Abordaje Metodológico de la Investigación	40
III.1 Evolución de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales	40
III.2 Medición en campo para estimar la carga orgánica	41
III.2.1 Carga contaminante	41
III.2.1.1 Análisis de Laboratorio	41
III.2.1.2 Carga Orgánica	42
III.2.2 Ubicación geográfica de las plantas de tratamiento	42
III.2.3 Muestreo de Agua Residual Cruda (ARC)	43
III.3 Uso de la Metodología IPCC	44
III.4 Información Histórica	47
III.5 Impacto Social	49
III.5.1 Entrevistas Semiestructuradas	50
Capítulo IV. Resultados Obtenidos y Discusión	53
IV.1 Evolución de las PTAR	53
IV.1.1 Municipio de Guasave	53
IV.1.2 Municipio de Ahome	62
IV.2 Medición en Campo	69
IV.2.1 Ubicación Geográfica de las PTAR	69
IV.2.2 Muestreo del Agua Residual Cruda	70
IV.2.2.1 PTAR Las Quemazones	75
IV.2.2.2 PTAR Cerro Cabezón	76
IV.2.2.3 PTAR Buenavista	77
IV.2.2.4 PTAR El Progreso	78
IV.2.2.5 PTAR Guasave	79
IV.2.2.6 PTAR Palos Verdes	80
IV.2.2.7 PTAR Casa Blanca	81
IV.2.2.8 PTAR Vicente Guerrero / El Pitahayal	82
IV.2.2.9 PTAR Las Américas	83
IV.2.2.10 PTAR Herculano de la Rocha	84
IV.3 Aplicación de la metodología del IPCC	86
IV.4 Duración en el Cargo de los Principales Actores Administrativos y Técnicos Encargados del Área de Tratamiento de Aguas Residuales en los Distintos O.O.	92
IV.4.1 Municipio de Angostura, Sin. (JUMAPAANG)	92
IV.4.2 Municipio de Culiacán, Sin. (JAPAC)	95
IV.4.3 Municipio de Mocorito, Sin. (JMAPAM)	96
IV.4.4 Municipio de Guasave, Sin. (JUMAPAG)	98
IV.4.5 Municipio de Mazatlán, Sin. (JUMAPAM)	100
IV.4.6 Municipio de Ahome, Sin. (JAPAMA)	103
IV.4.7 Municipio de El Fuerte, Sin. (JAPAF)	105
IV.4.8 Municipio de Elota, Sin. (JAPAME)	106
IV.4.9 Municipio de Navolato, Sin. (JAPAN)	107
IV.4.10 Municipio de Salvador Alvarado, Sin. (JAPASA)	109
IV.4.11 Municipio de Cosalá, Sin. (JAPACO)	111
IV.4.12 Municipio de El Rosario, Sin. (JUMAPARS)	112

IV.4.13 Municipio de Escuinapa, Sin. (JUMAPAE)	112
IV.4.14 Resumen de los tiempos en el cargo de todos los O.O.	113
IV.5 Entrevistas semiestructuradas	116
IV.5.1 Aplicación de la Prueba Piloto al Cuestionario (Validación del Instrumento)	116
IV.5.2 Entrevistas Semiestructuradas Aplicadas a Personal de JAPAMA y JUMAPAG	116
IV.6 Acciones a implementar	127
Capítulo V. Conclusiones	129
Capítulo VI. Recomendaciones	135
Referencias Bibliográficas	137
Anexo 1. Guía de Entrevista y Cuestionario a los Distintos Niveles	149
1A. Guía de la Entrevista	149
1B. Cuestionario a Aplicarse al Nivel 1, Directores del Organismo Operador	149
1C. Cuestionario a Aplicarse al Nivel 2, Jefes Área de Tratamiento de Aguas Residuales	150
1D. Cuestionario a Aplicarse al Nivel 3, Jefes de las PTAR	151
1E. Cuestionario a Aplicarse al Nivel 4, Trabajadores de las PTAR	152
Anexo 2. Transcripción Entrevistas Semiestructuradas (Prueba Piloto)	154
2A. Nivel 1-Directores del Organismo Operador	154
2B. Nivel 2. Jefes Área de Tratamiento de Aguas Residuales	163
2C. Nivel 3-Jefes de las PTAR	167
2D. Nivel 4-Trabajadores de las PTAR	171
Anexo 3. Transcripción de Entrevistas Semiestructuradas a JAPAMA	175
3A. Nivel 2. Jefes Área de Tratamiento de Aguas Residuales	175
3B. Nivel 3. Jefes de las PTAR's	179
3C. Nivel 4-Trabajadores de las PTAR	191
Anexo 4. Transcripción de Entrevistas Semiestructuradas a JUMAPAG	195
4A. Nivel 1-Directores del Organismo Operador	195
4B. Nivel 3- Jefes de las PTAR	205
4C. Nivel 4- Trabajadores de las PTAR	210
Carta de cesión de derechos	215

Índice de Tablas

	<i>Página</i>
Tabla 1. <i>Descargas de aguas residuales municipales y no municipales.</i>	22
Tabla 2. <i>Resumen de procesos usados en nuestro país (2015).</i>	30
Tabla 3. <i>Resumen de procesos usados en nuestro país (2019).</i>	31
Tabla 4. <i>Organismos operadores en el estado de Sinaloa.</i>	36
Tabla 5. <i>Funcionamiento en las plantas de tratamiento.</i>	44
Tabla 6. <i>Factor de corrección para el metano (FCM) para aguas residuales domésticas.</i>	45
Tabla 7. <i>Personal en los cargos considerados para ser entrevistados.</i>	52
Tabla 8. <i>Evolución del uso de Fosa séptica+wetland para tratar las aguas residuales, en el municipio de Guasave, Sin.</i>	58
Tabla 9. <i>Evolución del uso de lagunas de estabilización para tratar aguas residuales, en el municipio de Guasave, Sin.</i>	60
Tabla 10. <i>Evolución del uso de Fosa séptica+wetland para tratar las aguas residuales, en el municipio de Ahome, Sin.</i>	63
Tabla 11. <i>Evolución del uso de lagunas de estabilización para tratar aguas residuales, en el municipio de Ahome, Sin.</i>	66
Tabla 12. <i>Evolución del uso de lodos activados para tratar aguas residuales, en el municipio de Ahome, Sin.</i>	67
Tabla 13. <i>Evolución del uso de biodiscos para tratar aguas residuales, en el municipio de Ahome, Sin.</i>	68
Tabla 14. <i>Coordenadas geográficas, población servida y cuerpo receptor de las PTAR del municipio de Guasave, Sin.</i>	72
Tabla 15. <i>Parámetros medidos en campo, DBO₅ y DQO a la entrada y salida de las plantas muestreadas.</i>	73
Tabla 16. <i>Determinación de los g DBO₅/persona/día en las plantas muestreadas.</i>	85
Tabla 17. <i>Ocupantes de viviendas particulares habitadas por municipio y su distribución porcentual según disponibilidad de drenaje en los municipios de Ahome y Guasave, 2015.</i>	86
Tabla 18. <i>Ocupantes de viviendas particulares habitadas según disponibilidad de drenaje y lugar de desalojo en los municipios de Ahome y Guasave, 2015.</i>	87
Tabla 19. <i>Estimación de la carga orgánica biodegradable generada por las descargas de aguas residuales de la población de los municipios de Ahome y Guasave (2015).</i>	88
Tabla 20. <i>Estimación anual de las emisiones de metano, a partir de la carga orgánica biodegradable generada por la población de los municipios de Ahome y Guasave (2015).</i>	88
Tabla 21. <i>Estimación de las emisiones en toneladas de CO₂e/año, de acuerdo con el tipo de disposición de las aguas residuales, en ambos municipios.</i>	88
Tabla 22. <i>Estimación de las emisiones en óxido nitroso en toneladas de CO₂e/año, al año 2015, en los municipios de Ahome y Guasave, Sin.</i>	89

Tabla 23.	<i>Estimación de las emisiones totales de CO₂e/año, en los municipios de Ahome y Guasave (2015).</i>	90
Tabla 24.	<i>Duración en los cargos, en el municipio de Angostura, Sin.</i>	93
Tabla 25.	<i>Duración en los cargos, en el municipio de Culiacán, Sin.</i>	95
Tabla 26.	<i>Duración en los cargos, en el municipio de Mocorito, Sin.</i>	97
Tabla 27.	<i>Duración en los cargos, en el municipio de Guasave, Sin.</i>	99
Tabla 28.	<i>Duración en los cargos, en el municipio de Mazatlán, Sin.</i>	101
Tabla 29.	<i>Duración en los cargos, en el municipio de Ahome, Sin.</i>	104
Tabla 30.	<i>Duración en los cargos, en el municipio de El Fuerte, Sin.</i>	105
Tabla 31.	<i>Duración en los cargos, en el municipio de Elota, Sin.</i>	106
Tabla 32.	<i>Duración en los cargos, en el municipio de Navolato, Sin.</i>	108
Tabla 33.	<i>Duración en los cargos, en el municipio de Salvador Alvarado, Sin.</i>	110
Tabla 34.	<i>Duración en los cargos, en el municipio de Cosalá, Sin.</i>	111
Tabla 35.	<i>Resumen de la duración promedio (en años), en distintos municipios del estado de Sinaloa.</i>	113
Tabla 36.	<i>Determinación del IDE y los códigos emergentes para Cumplimiento de la normatividad vigente.</i>	119
Tabla 37.	<i>Determinación del IDE y los códigos emergentes para Impacto en el cambio climático.</i>	122
Tabla 38.	<i>Determinación del IDE y los códigos emergentes para Importancia del TAR.</i>	123

Índice de Figuras

	<i>Página</i>
Figura 1. <i>Esquema conceptual de una planta de tratamiento de aguas residuales.</i>	26
Figura 2. <i>Clasificación esquemática de los procesos para el tratamiento de aguas residuales.</i>	28
Figura 3. <i>Comparativo de plantas por tipo de proceso (en 2015 y 2019), en México.</i>	29
Figura 4. <i>Distribución de los sistemas de tratamiento, a nivel nacional y en Sinaloa.</i>	32
Figura 5. <i>Agenda 2030 y México.</i>	38
Figura 6. <i>Objetivos de Desarrollo Sostenible.</i>	39
Figura 7. <i>Trabajo en campo.</i>	41
Figura 8. <i>Utilización de la metodología del IPCC.</i>	47
Figura 9. <i>Obtención de la información histórica referente al periodo en los cargos técnicos y administrativos en los organismos operadores de Sinaloa.</i>	49
Figura 10. <i>Conocimiento de la percepción de los principales actores en los O.O. en lo relativo al tratamiento del agua residual.</i>	51
Figura 11. <i>Población servida por las plantas de tratamiento de agua residual con Fosa séptica+wetland.</i>	54
Figura 12. <i>Población servida por las lagunas de estabilización.</i>	57
Figura 13. <i>Ubicación de las PTAR del municipio de Ahome.</i>	69
Figura 14. <i>Ubicación geográfica de las plantas del municipio de Guasave, Sin.</i>	70
Figura 15. <i>PTAR Las Quemazones.</i>	75
Figura 16. <i>PTAR Cerro Cabezón.</i>	76
Figura 17. <i>PTAR Buenavista.</i>	77
Figura 18. <i>PTAR El Progreso.</i>	78
Figura 19. <i>PTAR Guasave.</i>	79
Figura 20. <i>PTAR Palos Verdes.</i>	80
Figura 21. <i>PTAR Casa Blanca.</i>	81
Figura 22. <i>PTAR Vicente Guerrero / El Pitahayal.</i>	82
Figura 23. <i>PTAR Las Américas.</i>	83
Figura 24. <i>PTAR Herculano de la Rocha.</i>	84
Figura 25. <i>Duración promedio en el cargo de Gerente General en diversos organismos operadores de Sinaloa.</i>	114
Figura 26. <i>Red semántica del Cumplimiento de la normatividad vigente.</i>	120
Figura 27. <i>Diagrama de Sankey para la co-ocurrencia de códigos en el Cumplimiento de la normatividad vigente.</i>	120
Figura 28. <i>Diagrama de Sankey para el Cumplimiento de la normatividad vigente.</i>	121
Figura 29. <i>Diagrama de Sankey para Impacto en el cambio climático.</i>	123
Figura 30. <i>Red semántica para Importancia del TAR.</i>	124
Figura 31. <i>Co-ocurrencia de códigos para Importancia del TAR.</i>	125
Figura 32. <i>Diagrama de Sankey para Importancia del TAR.</i>	125

Resumen

La duración de los titulares de los organismos operadores (O.O.) es, en promedio nacional, de un año ocho meses, según datos de la Asociación Nacional de Empresas de Agua y Saneamiento, A.C. (ANEAS, 2020). Esta realidad motivó la presente investigación, por medio de la cual se pretende establecer cómo la operación y tratamiento de las aguas residuales son afectados por esta inestabilidad administrativa y gerencial, lo que genera impactos negativos y con ello, falta de sustentabilidad ambiental.

Se realizó un análisis respecto al tiempo que permanecen en el cargo los principales puestos relacionados con el tratamiento de las aguas residuales, acorde a la información proporcionada por 13 de 18 O.O. del estado de Sinaloa, la cual arroja que los directivos tienen una permanencia promedio en el cargo de 1.8 años (un año, diez meses), lo cual coincide con lo planteado por ANEAS (2020); además, se realizaron entrevistas semiestructuradas a cuatro niveles en los O.O. de Ahome (Junta de Agua Potable y Alcantarillado del Municipio de Ahome, JAPAMA) y de Guasave (Junta Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Guasave, JUMAPAG), para conocer su percepción respecto a la importancia del tratamiento de las aguas residuales y su impacto en el cambio climático; así como en el cumplimiento de la normatividad vigente.

Por otra parte, se analizó la evolución histórica de los sistemas de tratamiento en ambos municipios acorde a información oficial de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). Se observa que, de 2004 a 2019 ha existido un incremento considerable en el número de instalaciones para el tratamiento, así como en el caudal tratado por cada municipio.

Respecto a las plantas de tratamiento consideradas, son de tres tipos de procesos:

- *Lagunas de estabilización* que, de acuerdo con la CONAGUA (2019a), son el sistema más comúnmente usado en México (792 plantas de tratamiento municipales, con un 30% del total nacional) y en Sinaloa (33 plantas de tratamiento, representando el 11.8% del total estatal).

- *Fosa séptica+wetland* (FS+wetland), el cual se usa en nuestro país en 117 plantas de tratamiento (4.4% del total nacional); de ellas, 108 plantas se encuentran ubicadas en Sinaloa (representando el 38.7% del total estatal y 92.3% del total nacional), y
- *Biodiscos*, que a nivel nacional es usado en 23 plantas de tratamiento (representando el 0.9% del total nacional) y de las cuales, dos se ubican en el estado de Sinaloa, específicamente, en el municipio de Ahome (0.7% del total estatal).

El municipio de Ahome cuenta con 25 plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR): cinco lagunas de estabilización, 18 FS+wetland y dos biodiscos, con una capacidad total instalada de 1,085.30 L/s y tratan 1,193.60 L/s. El municipio de Guasave tiene 20 PTAR: cuatro lagunas de estabilización y 16 FS+wetland, con una capacidad total instalada de 230.20 L/s y tratan 193.30 L/s (CONAGUA, 2019a).

Respecto a las emisiones, en el estado de Sinaloa solamente se ha realizado el Inventario estatal de emisiones de gases de efecto invernadero Sinaloa 2012, en el cual se menciona que existe una falta de información a nivel de municipios, así como que se debe fortalecer dicho inventario y seguir determinando las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI). Dicho inventario se realizó con datos oficiales de las plantas de tratamiento municipales existentes en el periodo de 2006 al 2008, cuando solamente existían en el municipio de Ahome 10 PTAR: ocho FS+wetland y dos lagunas de estabilización (INE, 2012) y de acuerdo a datos de CONAGUA (2019a), de las lagunas existentes actuales, solo una coincide con las consideradas en el inventario estatal de emisiones. En el municipio de Guasave existían 13 PTAR: nueve FS+wetland y cuatro lagunas de estabilización (INE, 2012) y de las lagunas que existen en la actualidad, solamente una coincide con las consideradas en el inventario de Sinaloa y las tres restantes son de localidades distintas (CONAGUA, 2019a). Situaciones como estas muestran la importancia de mantener actualizada la estimación de la emisión de GEI por el tratamiento de las aguas residuales.

Se estimó el aporte de metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O) por las aguas residuales municipales descargadas en ambos municipios, antes del saneamiento; así como las cargas orgánicas (DBO₅) en plantas de tratamiento del municipio de Guasave, Sin., calculando la carga-habitante equivalente asociada a la población servida y comparándola con el intervalo

de valor recomendado por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) para América Latina.

Finalmente, se proponen acciones a implementar en ambos organismos operadores para impulsar la sustentabilidad ambiental.

Capítulo I. Conceptualización del Problema de Investigación

Introducción

El cambio climático es la “variación del clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana, que altera la composición de la atmósfera global y se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos comparables” (DOF, 2018).

El Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC, 2018c) remarca que “es un problema global que influye en el calentamiento global del planeta a largo plazo y, por ello, es necesario reducir las emisiones de GEI a la atmósfera (mitigación), así como la adaptación al cambio climático”. También que con la mitigación y la adaptación, a su vez se combate la pobreza reduciendo desigualdades, en pro de la mejora en la salud humana y de los ecosistemas, esto es, un enfoque hacia el desarrollo sostenible con base en los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y el Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024 (INECC, 2019).

Las actividades humanas provocan un incremento de los GEI en la atmósfera (INECC, 2018c; Manso *et al.*, 2017; Rossati, 2017; Demir and Yapıcıoğlu, 2019), con efectos tales como el aumento de la temperatura media global de la Tierra, elevación del nivel del mar, sequías, tormentas, inundaciones, pérdida de biodiversidad, degradación de los ecosistemas y acidificación de los océanos (INECC, 2018c; Rossati, 2017).

I.1 Planteamiento del problema

Los seres humanos transformamos lo que nos rodea, en la búsqueda de mejora y progreso. A partir de la revolución industrial los cambios ocurrieron de manera acelerada, sin reflexionar acerca de los daños por la contaminación atmosférica, al suelo y al agua. Ahora, existen efectos negativos en los ecosistemas debido a las acciones antropogénicas y al cambio climático (PNUMA, 2002).

Ban Ki-moon, Secretario General de las Naciones Unidas, remarca que el agua fluye a través de los tres pilares del desarrollo sustentable: económico, social y ambiental. Los recursos hídricos y los servicios esenciales que brindan son clave para reducir la pobreza, mejorar la salud pública, la seguridad alimentaria, vida digna y armonía con los ecosistemas de la Tierra (WWAP, 2015).

CONAGUA (2019b) reitera que es muy notorio cuando el agua escasea o su calidad no es buena. Un problema que tenemos en México es que su distribución natural no es uniforme. En 2015, las regiones más pobladas (77%) centro, norte y noroeste, contaron solamente con 33% del agua renovable. Caso contrario la región sureste, que con 67% del agua renovable albergó al 23% de la población. Cuando se incrementa la población, también crece la demanda de agua potable y, por tanto, las aguas residuales que se generan; con ello, también aumenta la necesidad de tratarlas antes que sean descargadas a cuerpos receptores.

Con la finalidad de conocer el estado que presenta el tratamiento de las aguas residuales municipales, la CONAGUA publica periódicamente el Inventario Nacional de Plantas Municipales de Potabilización y de Tratamiento de Aguas Residuales en Operación, el cual muestra las plantas registradas ante la comisión, sin considerar quién las construya u opere. Dicho inventario considera fosas sépticas de núcleos habitacionales, más no de casas habitación (CONAGUA, 2015a). De acuerdo con el inventario más actualizado, al cierre de 2019 existían 2,642 plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) municipales en operación, de las cuales, al menos la mitad son sistemas mecanizados; además, los procesos más utilizados son lodos activados, en función del caudal tratado, y lagunas de estabilización respecto al número de plantas (CONAGUA, 2019a).

Al realizar la mejora de la calidad del agua residual tratada y propiciar su reúso en distintas actividades, las PTAR desempeñan una labor muy importante. Sin embargo, acorde a la Ley General de Cambio Climático (LGCC), las aguas residuales deben ser incluidas en el sector de residuos como generadoras de GEI (CONAGUA, 2019b), ya que es sabido que el tratamiento del agua residual produce dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4) y óxido nitroso (N_2O), aunque el dióxido de carbono liberado se considera de naturaleza biogénica (Bogner *et. al.*, 2008; Doorn *et al.*, 2006; Mannina, *et al.*, 2018; Tanmay and Sridevi, 2019; Demir and Yapıcıoğlu, 2019).

En la actualidad existe en el mundo el consenso de que ocurre una relación causa-efecto entre la emisión de GEI con el calentamiento global y por ende, con el cambio climático. Los potenciales de calentamiento global (GWP, por sus siglas en inglés) son diferentes para cada GEI. La emisión de una pequeña cantidad de un gas con alto GWP, tiene mayor impacto en la atmósfera que el de uno con bajo GWP (Prasad and Singh, 2016). El metano es considerado un gas potente, de corta duración, con 28 veces el GWP que el dióxido de carbono, aproximadamente (INECC, 2018b).

En México se han realizado distintas investigaciones, pero en la región no se han encontrado trabajos similares a los que se plantean en esta investigación. De manera que, con base en los resultados que se obtengan, se podrá contribuir a generar acciones encaminadas al cumplimiento del Objetivo 6 de los ODS, así como, a la vez, generar información actualizada para los O.O. considerados, buscando encaminarlos hacia la sustentabilidad ambiental.

I.2 Formulación del problema

A pesar de que en distintas investigaciones se menciona que el tratamiento de las aguas residuales genera GEI (Bogner *et. al.*, 2008; Doorn *et al.*, 2006; Mannina, *et al.*, 2018; Tanmay and Sridevi, 2019; Demir and Yapıcıoğlu, 2019), existe en la región una carencia de información actualizada respecto a ello.

Es el Presidente Municipal, quien dentro de sus facultades y obligaciones establecidas en el Capítulo IV, Art. 38, de la Ley de Gobierno Municipal del Estado de Sinaloa, nombra y remueve a los servidores públicos municipales (Congreso del Estado de Sinaloa, 2019), dentro de los cuales se encuentra el titular del organismo operador municipal y generalmente, al llegar al cargo se remueve al Gerente en funciones.

Esta falta de continuidad puede provocar que se trunquen programas o, en el caso de los sistemas de tratamiento, que no se entreguen en funcionamiento, tal y como se observa en un documento proporcionado de manera directa por el ex Gerente General de JUMAPAG en el periodo de noviembre de 2018 a julio de 2019, referente al análisis del estado de las plantas de tratamiento de aguas residuales y los cárcamos de bombeo, al momento de la entrega-recepción del organismo operador.

I.2.1 Preguntas de Investigación

- ¿Cuánto son las emisiones de GEI (metano y óxido nitroso) generadas por las aguas residuales municipales, antes del saneamiento?
- La carga habitante-equivalente asociada a la población servida ¿difiere del intervalo de valor del IPCC recomendado para América Latina?

- La operación y tratamiento de las aguas residuales ¿pueden ser afectados por la falta de continuidad entre los principales actores técnicos y administrativos del organismo operador?
- ¿Qué acciones se deben implementar buscando la mejora en la recolección y tratamiento de aguas residuales municipales y el impulso a la sustentabilidad ambiental?

I.3 Justificación

El cambio climático se reconoce como una de las amenazas ambientales más serias y potenciales; además, considerando que las aguas residuales municipales contribuyen al problema debido a la emisión de GEI y a que el número de PTAR es alto, pueden representar una fuente importante de GEI (IDRC Canada and II-UNAM, 2013).

Pese a lo anterior, en nuestro país los trabajos en el tema son escasos. El Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) y la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), han realizado estudios al respecto. Muestra de ellos son el Inventario de emisiones de gases de efecto invernadero 2005 por el tratamiento y descarga de las aguas residuales domésticas (IMTA, 2007); Impacto del Cambio Climático en la Calidad del Agua en México (IMTA, 2011); y Water and Sanitation: LAC cities adapting to climate change by making better use of their available bioenergy resources (IDRC Canada and II-UNAM, 2013). No obstante, solo el último proyecto evalúa el estado de sistemas de tratamiento de agua residual (América Latina y el Caribe), realizando muestreos a PTAR en diferentes países. Sin embargo, en México las plantas consideradas incluían seis de 32 entidades federativas: Querétaro, Puebla, Veracruz, Morelos, Estado de México y D.F. (actualmente Ciudad de México).

En la presente investigación se plantea la generación de conocimiento acerca de la estimación de la emisión de metano y óxido nitroso por las aguas residuales de los municipios de Ahome y Guasave, Sin., respectivamente, antes del saneamiento; así como la estimación de las cargas orgánicas (DBO₅) en distintas plantas de tratamiento, para con ello, realizar el cálculo de la carga-habitante equivalente asociada a la población servida y compararla con el intervalo de valor para América Latina recomendado por el IPCC.

El municipio de Guasave cuenta solamente con dos tipos distintos de sistemas de tratamiento, lagunas de estabilización y FS+wetland; mientras que el de Ahome, además de tener

esos sistemas, también utiliza discos biológicos o biodiscos para el tratamiento de las aguas residuales generadas.

En el estado de Sinaloa, sólo se ha realizado un inventario de emisiones, el cual menciona la falta de información a nivel municipal y que se requiere su fortalecimiento al continuar determinando las emisiones de GEI. Dicho inventario se realizó con datos oficiales de las plantas de tratamiento municipales existentes en el periodo de 2006 al 2008, cuando solamente existían en el municipio de Ahome 10 PTAR, ocho FS+wetland y dos lagunas de estabilización (INE, 2012); de las lagunas existentes actuales, sólo una coincide con las consideradas en el inventario de Sinaloa de acuerdo a CONAGUA (2019a). Respecto al municipio de Guasave, existían 13 PTAR: nueve FS+wetland y cuatro lagunas de estabilización (INE, 2012) y de las lagunas que existen en la actualidad solamente una coincide con las consideradas en el inventario de Sinaloa (CONAGUA, 2019a). Es por ello la importancia de generar información actualizada, por un lado, de la emisión de GEI por las descargas de aguas residuales antes del saneamiento, y por otro, al estimar la carga orgánica que están manejando las plantas de tratamiento, para así calcular la carga-habitante equivalente asociada a la población servida.

Además, considerando que el Presidente Municipal en turno es quien propone al titular del organismo operador y que generalmente se presentan cambios y/o designación de nuevos funcionarios durante el trienio, se busca conocer el tiempo que permanecen en el cargo los principales actores relacionados con el tratamiento de las aguas residuales y su percepción respecto a la importancia del mismo, su impacto en el cambio climático y en el cumplimiento de la normatividad vigente.

I.4 Hipótesis

- La falta de continuidad de los principales actores técnicos y administrativos del organismo operador afecta la operación de las plantas de tratamiento de aguas residuales.
- La carga-habitante equivalente en las plantas de tratamiento de aguas residuales del municipio de Guasave difiere del intervalo de valor del IPCC recomendado para América Latina.

I.5 Objetivos

I.5.1 General

Estimar las emisiones de GEI generadas por las aguas residuales municipales de Guasave y Ahome, Sin. y la carga-habitante equivalente asociada a la población servida; así como establecer si la operación y tratamiento son afectados por la falta de continuidad entre los principales actores técnicos y administrativos del organismo operador, generando impactos negativos y con ello, la falta de sustentabilidad ambiental.

I.5.2 Específicos

1. Realizar un análisis de la evolución histórica de los sistemas de tratamiento, acorde a información oficial de CONAGUA, de 2004 a 2019.
2. Estimar las cargas orgánicas (DBO₅) en plantas de tratamiento del municipio de Guasave, Sin. y con ello calcular la carga-habitante equivalente asociada a la población servida para compararla con el intervalo de valor del IPCC para América Latina.
3. Estimar las emisiones de GEI (metano y óxido nitroso) generadas por aguas residuales municipales en Guasave y Ahome, Sin., antes del saneamiento.
4. Conocer el tiempo que duran en el cargo los principales actores administrativos y técnicos encargados del área de tratamiento de aguas residuales; así como su percepción respecto a la importancia del tratamiento de las aguas residuales y su impacto en el cambio climático y en el cumplimiento de la normatividad vigente.
5. Proponer acciones a implementar en el organismo operador para mejorar la recolección y tratamiento de aguas residuales e impulsar la sustentabilidad ambiental.

Capítulo II. Marco Teórico

II.1 Aguas residuales

De acuerdo con la Ley de Aguas Nacionales (LAN) de nuestro país (DOF, 2016), se define a las aguas residuales (AR) como “aguas de composición variada provenientes de las descargas de usos público urbano, doméstico, industrial, comercial, de servicios, agrícola, pecuario, de las plantas de tratamiento y en general, de cualquier uso, así como la mezcla de ellas”. Acorde con López y Martín (2017), son “aquellos líquidos procedentes de las actividades desarrollados por el ser humano, caracterizadas por presentar una fracción de agua y un elevado porcentaje de residuos contaminantes”. Técnicamente, es definida por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) como “agua que no tiene valor inmediato para el fin para el que se utilizó ni para el propósito para el que se produjo debido a su calidad, cantidad o al momento en que se dispone de ella” (FAO, 2019).

Aquellas que no han recibido tratamiento se conocen como aguas residuales *brutas o crudas* (UNAM-II, 2013); mientras que las aguas residuales *tratadas* serán las que mediante procesos físicos, químicos y biológicos, o su combinación, se vuelvan aptas para el reúso en servicios al público (CONAGUA, 2014b).

Las descargas de aguas residuales se clasifican en municipales y no municipales. Las primeras son las que se generan en núcleos de población y que se colectan en sistemas de alcantarillado y las segundas, son las generadas por otros usos y descargadas de manera directa a cuerpos de aguas nacionales, sin colectarse en sistemas de alcantarillado. Se han construido PTAR, buscando la preservación de la calidad del agua, para descargar a cuerpos de agua, sin problemas de contaminación (CONAGUA, 2018a).

II.1.1 Generación

De acuerdo con el Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2017 (WWAP, 2017), varía mucho la composición de las aguas residuales municipales puesto que depende de los contaminantes descargados, según el tipo de fuente, que puede ser doméstica, industrial, comercial o institucional.

Existe mayor homogeneidad en la composición de las aguas residuales municipales, por lo que es más fácil realizar su tratamiento (UNAM-II, 2013). La Tabla 1 muestra como la CONAGUA (2018b), presenta una secuencia relativa a la generación de aguas residuales, su recolección mediante el alcantarillado y el tratamiento y/o remoción en México.

Tabla 1. *Descargas de aguas residuales municipales y no municipales.*

Centros urbanos (descargas municipales):		
	Volumen	
Aguas residuales municipales	7.41	miles de hm ³ /año (234.9 m ³ /s)
Se recolectan en alcantarillado	6.79	miles de hm ³ /año (215.2 m ³ /s)
Se tratan	4.28	miles de hm ³ /año (135.6 m ³ /s)
	Carga contaminante	
Se generan	2.00	millones de toneladas de DBO ₅ al año
Se recolectan en alcantarillado	1.83	millones de toneladas de DBO ₅ al año
Se remueven en los sistemas de tratamiento	0.92	millones de toneladas de DBO ₅ al año
Usos no municipales, incluyendo a la industria:		
	Volumen	
Aguas residuales no municipales	6.88	miles de hm ³ /año (218.1 m ³ /s)
Se tratan	2.64	miles de hm ³ /año (83.7 m ³ /s)
	Carga contaminante	
Se generan	10.32	millones de toneladas de DBO ₅ al año
Se remueven en los sistemas de tratamiento	1.75	millones de toneladas de DBO ₅ al año

Notas: hm³: hectómetro cúbico. 1 hm³ = 1'000,000 m³.

m³/s: metros cúbicos por segundo.

DBO₅: Demanda bioquímica de oxígeno a los cinco días.

Fuente: CONAGUA (2018b).

II.1.2 Consecuencias de la descarga directa de aguas residuales

La CONAGUA (2017b) afirma que:

“Las aguas residuales al recibir un tipo de tratamiento disminuyen su grado de contaminación y en consecuencia contaminan en menor medida a las fuentes receptoras, haciendo posible su reúso en actividades agrícolas o industriales, actividades en las que se requiere de agua de menor calidad, liberando de esta manera volúmenes de agua para uso y consumo humano”.

Mientras que la UNAM-II (2013) indica que:

“Si las aguas residuales van a ser vertidas en un curso receptor natural (mar, ríos, lagos), será necesario realizar un tratamiento para evitar enfermedades causadas por microorganismos

patógenos en personas que entren en contacto con esas aguas, así como para proteger el equilibrio ecológico y la conservación de la fauna y flora presentes en el cuerpo receptor”.

II.1.3 Tratamiento

Con la finalidad de eliminar la contaminación del agua residual y asegurar el reúso o la descarga a cuerpo receptor, sin impacto ambiental, toda red de alcantarillado debe dirigirse hacia una planta de tratamiento (WWAP, 2017). De esta forma, las aguas residuales reducen su contaminación y a la vez, se permite liberar volúmenes de agua para uso y consumo humano (CONAGUA, 2017b).

Para llevar a cabo el tratamiento de las aguas residuales se pueden combinar distintos procesos físicos, químicos y biológicos, cuya selección dependerá de los contaminantes, qué se desea hacer con las aguas residuales tratadas y la disponibilidad económica (WWAP, 2017). Como parte del tratamiento del agua residual se incluye al tratamiento de los lodos residuales que son generados durante el proceso (CONAGUA, 2017b).

En los últimos años, México ha tenido un aumento en el tratamiento de las aguas residuales. Como se observa en la Tabla 1, durante 2017 se generaba un caudal de 234.9 m³/s de aguas residuales provenientes de descargas municipales, de los cuales se recolectaban 215.2 m³/s. La infraestructura existente permitió tratar un caudal de 135.6 m³/s, logrando una cobertura del 63% respecto al caudal colectado (CONAGUA, 2018b). Al cierre de 2018, las plantas en operación aumentaron a 2,540 instalaciones, con capacidad instalada de 181,152.22 L/s y caudal tratado de 137,698.61 L/s, alcanzando una cobertura nacional del 64% (CONAGUA, 2018c). En el inventario considerado se maneja que, al cierre de 2019, se cuentan con 2,642 PTAR, con una capacidad de 194,715.32 L/s y un caudal tratado de 141,479.04 L/s, con una cobertura nacional del 65.7% (CONAGUA, 2019a).

El tratar las aguas residuales, no solamente preserva al ambiente, sino que además permite elevar el nivel de vida de la sociedad, al evitar las enfermedades hídricas generadas debido al contacto directo o indirecto las mismas (CONAGUA, 2017b).

II.1.4 Normas relacionadas con el agua residual

De acuerdo con la Ley de Aguas Nacionales, las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) son aquellas expedidas por la SEMARNAT en los términos de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización referidas a la conservación, seguridad y calidad en la explotación, uso, aprovechamiento y administración de las aguas y bienes nacionales referidos en su Artículo 113 (DOF, 2016).

El Gobierno Federal, a través de la SEMARNAT, ha expedido las siguientes NOM de carácter obligatorio para los municipios y organismos prestadores del servicio de tratamiento (CONAGUA, 2017b):

- NOM-001-SEMARNAT-1996, establece los límites máximos permisibles (LMP) de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales. Publicada el 6 de enero de 1997. Esta norma acaba de ser actualizada, por lo que será sustituida por la NOM-001-SEMARNAT-2021, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en cuerpos receptores propiedad de la Nación. Aprobada el 30 de agosto de 2021 y publicada en el DOF el 11 de marzo de 2022.
- NOM-002-SEMARNAT-1996, establece los LMP de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal. Publicada el 3 de junio de 1998.
- NOM-003-SEMARNAT-1997, establece los LMP de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reúsen en servicios al público. Publicada el 21 de septiembre de 1998.
- NOM-004-SEMARNAT-2002, establece las especificaciones y LMP de contaminantes en lodos y biosólidos para su aprovechamiento y disposición final. Publicada el 15 de agosto de 2003.

Es importante mencionar que el tratamiento de aguas residuales debe cumplir con las disposiciones del Capítulo III de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), relativo a la Prevención y Control de la Contaminación del Agua y de los Ecosistemas Acuáticos (CONAGUA, 2017b).

A nivel internacional, en Estados Unidos, bajo el Sistema Nacional de Eliminación de Descargas de Contaminantes (NPDES, por sus siglas en inglés) de la Ley de agua limpia (CWA, por sus siglas en inglés), la Agencia de Protección Ambiental (EPA, por sus siglas en inglés) regula la descarga de contaminantes que provienen de PTAR municipales e industriales, sistemas de recolección de aguas residuales (AR) y descargas de aguas torrenciales de instalaciones industriales y municipios (USEPA, 2016).

El objetivo de la Ley Federal de Control de Contaminación del Agua, mejor conocida como la Ley de Agua Limpia, consiste en la protección de aguas de los contaminantes. Los estados tienen la responsabilidad principal de protegerlas. No obstante, la EPA cuenta con la responsabilidad de administrar los permisos del NPDES de la CWA (USEPA, 2010).

En lo que respecta a la Unión Europea, en 2012, se publicó el Plan para salvaguardar los recursos hídricos de Europa, estrategia a largo plazo que busca garantizar la disponibilidad de agua en calidad y cantidad suficiente para todos los usos, mediante la mejor aplicación de la actual política de aguas de la Unión, la integración de los objetivos de la política de aguas en otros ámbitos de actuación y la eliminación de las lagunas existentes en el marco actual. Prevé que los Estados miembros fijen objetivos respecto a contabilidad y eficiencia hídrica, así como que la Unión desarrolle normas comunes para reutilizar el agua (Parlamento Europeo, 2019).

Se han establecido dos marcos jurídicos para la protección y gestión del agua dulce y los recursos marinos, con enfoque holístico, basado en el ecosistema: la Directiva marco sobre el agua (DMA) y la Directiva marco sobre la estrategia marina (DMEM) [Parlamento Europeo, 2019].

La Directiva acerca de tratamiento de AR urbanas busca proteger al ambiente de las descargas de AR urbanas e industriales. Establece normas mínimas y calendarios de recolección, tratamiento y descarga de AR urbanas, incluyendo controles de la descarga de lodos residuales y exige la supresión paulatina de su descarga al mar. Se debaten nuevas normas buscando reducir la escasez de agua en el riego agrícola, mediante el reúso de AR tratadas (Parlamento Europeo, 2019).

II.2 Plantas de tratamiento de aguas residuales

Una planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR), es un conjunto de operaciones y procesos unitarios, para mejorar la calidad, mediante la remoción de contaminantes, y cumplir con normatividad vigente, buscando evitar el deterioro de los cuerpos receptores y a su vez, una mejora en la calidad de vida de la población; así como el reúso del agua residual tratada en actividades donde no es necesario usar agua potable, para preservar el recurso hídrico; y la utilización de los lodos residuales como mejoradores de suelo, o bien, en la cogeneración de energía (CONAGUA, 2015b).

La Figura 1 presenta un esquema conceptual referente a una planta de tratamiento. De acuerdo con la ley de conservación de la materia, al retirar el material contaminante, este se transforma o se transfiere. Es por ello por lo que se producirán residuos, tanto lodos residuales como emisiones gaseosas (UNAM-II, 2013).

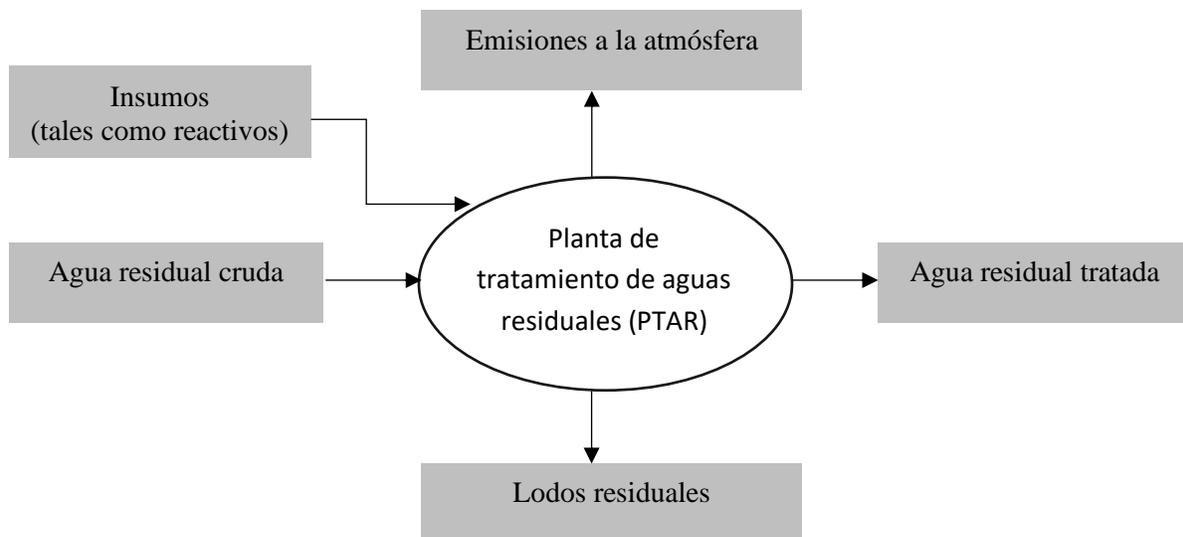


Figura 1. Esquema conceptual de una planta de tratamiento de aguas residuales.
Fuente: Modificado de UNAM-II (2013).

Dichos residuos se generarán, en cantidad y calidad, acorde a las características del agua residual por tratar y al sistema de tratamiento utilizado, el cual a su vez también influirá en los insumos necesarios, tales como energía eléctrica y reactivos químicos (UNAM-II, 2013).

II.2.1 Importancia de las PTAR

A nivel mundial, las PTAR se construyen buscando cumplir con los parámetros establecidos en la regulación (Cristancho, Gámez, Guerra y Dueñas, 2018). CONAGUA (2011b) indica que, al incrementar el número de PTAR, también se aumenta el caudal de tratamiento, pudiendo liberar volúmenes importantes de agua de primer uso; además, al tratar el agua, se reducen las enfermedades de origen hídrico.

Se justifican las inversiones respecto al tratamiento de aguas residuales urbanas, tanto por los beneficios medioambientales, de salud y por el desarrollo socioeconómico (WWAP, 2017).

De acuerdo con WWAP (2017), la gestión de las aguas residuales consta de cuatro etapas básicas, las cuales se interconectan:

- Prevenir o bien, reducir la contaminación desde la fuente (carga y volumen producido).
- Eliminar los contaminantes de las aguas residuales.
- Reutilización del agua residual tratada.
- Recuperación de los subproductos útiles.

II.2.2 Procesos para el tratamiento de las aguas residuales

En la Figura 2 se esquematizan distintos procesos para integrar el tren de tratamiento de agua residual. Se dividen en dos grupos, los fisicoquímicos y los biológicos. En los primeros, se usan procesos físicos y químicos; mientras que en el segundo la degradación o transformación de la materia orgánica es a través de microorganismos (UNAM-II, 2013).

Dentro de los diferentes procesos fisicoquímicos se encuentran el tamizado, la filtración, la sedimentación, la flotación, oxidación química, coagulación-floculación-sedimentación, entre otras. En los procesos biológicos aerobios, los lodos activados, el filtro percolador y los biodiscos; en los procesos biológicos anaerobios, las fosas sépticas, el tanque Imhoff, filtro anaerobio y UASB, por mencionar algunos. Finalmente, en los sistemas naturales construidos están las lagunas y los humedales artificiales, también conocidos como wetlands (UNAM-II, 2013).

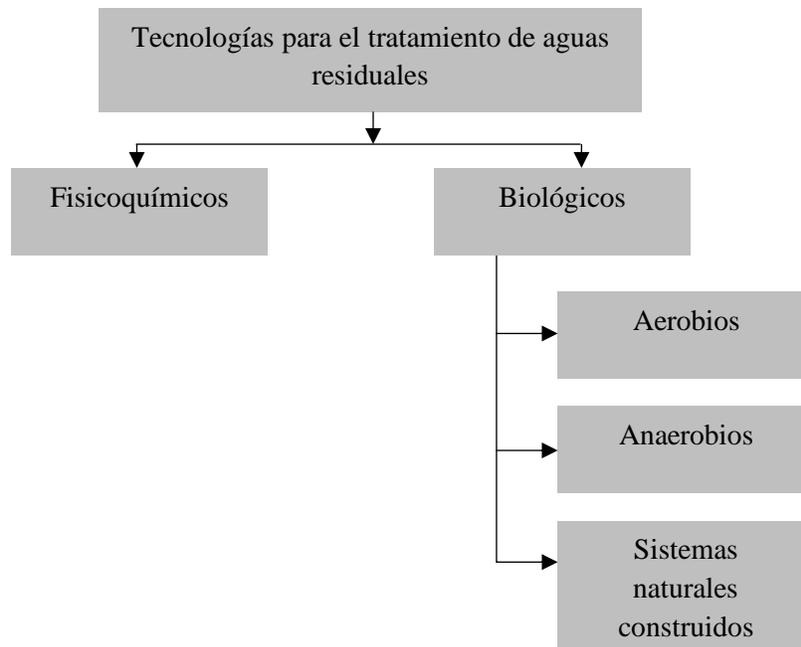


Figura 2. Clasificación esquemática de los procesos para el tratamiento de aguas residuales.
 Fuente: Modificado de UNAM-II (2013).

CONAGUA (2016c), remarca que, uno de los desafíos de la ingeniería es diseñar una PTAR, puesto que se requiere tanto de conocimientos técnicos como de experiencia. Para la selección del proceso de tratamiento a usar, se debe considerar elementos como la cantidad y calidad del AR cruda, calidad deseada, consumos energéticos, disponibilidad de terreno, evaluación de costos, impacto ambiental generado, generación de lodos residuales y en caso de que aplique, calidad del agua subterránea.

II.2.2.1 Principales procesos para el tratamiento utilizados en México

Debido a la importancia que tienen las PTAR municipales referente al cuidado del ambiente, la CONAGUA actualiza su inventario, de manera anual, incluyendo datos tales como la ubicación, capacidad instalada, caudal tratado, cuerpo receptor y estado de funcionamiento (CONAGUA, 2017b).

Podemos observar el crecimiento, tanto en número como en caudal de agua tratada. De acuerdo con el Inventario nacional de plantas municipales de potabilización y de tratamiento de aguas residuales en operación, diciembre 2015, existían registradas en el país 2,477 plantas municipales de tratamiento en operación, con una capacidad total instalada de 177,973.58 L/s, y

daban tratamiento a 120,902.20 L/s, equivalentes al 57% del AR generada y colectada en los sistemas municipales de alcantarillado del país (Tabla 2).

Al cierre de 2019, el registro de plantas municipales en operación aumentó a 2,642 instalaciones (6.7% de incremento), con una capacidad instalada de 194,715.32 L/s (aumentó 9.4%) y un caudal tratado de 141,479.04 L/s (incrementando 17%), que permitieron alcanzar una cobertura nacional de tratamiento de aguas residuales municipales del 65.7% en el ejercicio, indicado en la Tabla 3 (CONAGUA, 2015a, 2019a). Los inventarios consideran los efluentes de fosas sépticas para núcleos habitacionales, más no los de casas habitación.

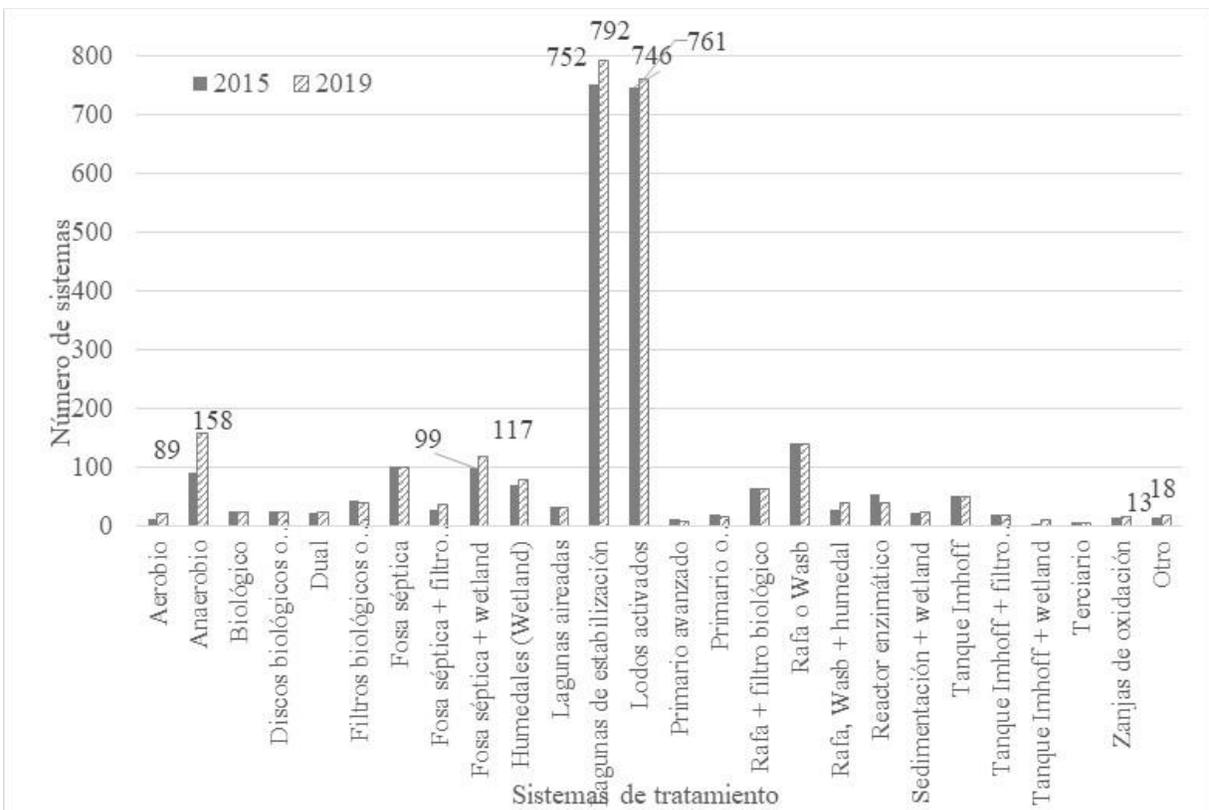


Figura 3. Comparativo de plantas por tipo de proceso (en 2015 y 2019), en México.

Fuentes: Elaboración propia con datos de CONAGUA (2015a y 2019a).

Tabla 2. Resumen de procesos usados en nuestro país (2015).

Proceso	Plantas		Capacidad instalada		Caudal tratado	
	N°	%	L/s	%	L/s	%
Aerobio	10	0.4	127.4	0.07	77.2	0.06
Anaerobio	89	3.59	908.8	0.51	618.6	0.51
Biológico	25	1.01	1,000.1	0.56	766.9	0.63
Discos biológicos o biodiscos	24	0.97	1,196.0	0.67	869.3	0.72
Dual	21	0.85	29,536.5	16.6	14,005.0	11.58
Filtros biológicos o rociadores o percoladores	42	1.7	7,132.2	4.01	5,262.6	4.35
Fosa séptica	101	4.08	211.3	0.12	122.0	0.1
Fosa séptica + filtro biológico	28	1.13	50.5	0.03	25.2	0.02
Fosa séptica + wetland	99	4	228.9	0.13	151.9	0.13
Humedales (wetland)	68	2.75	623.6	0.35	488.9	0.4
Lagunas aireadas	32	1.29	9,486.3	5.33	7,224.8	5.98
Lagunas de estabilización	752	30.36	19,965.4	11.22	14,157.4	11.71
Lodos activados	746	30.12	94,485.8	53.09	67,059.7	55.47
Primario avanzado	10	0.4	4,325.0	2.43	4,293.0	3.55
Primario o sedimentación	19	0.77	2,561.2	1.44	1,569.4	1.3
RAFA + filtro biológico	63	2.54	783.2	0.44	528.2	0.44
RAFA o UASB	140	5.65	1,949.4	1.1	1,512.4	1.25
RAFA, UASB + humedal	28	1.13	333.6	0.19	253.5	0.21
Reactor enzimático	52	2.10	129.8	0.07	106.6	0.09
Sedimentación + wetland	21	0.85	57.0	0.03	36.6	0.03
Tanque Imhoff	51	2.06	527.0	0.3	353.4	0.29
Tanque Imhoff + filtro biológico	20	0.81	171.0	0.1	130.9	0.11
Tanque Imhoff + wetland	3	0.12	15.1	0.01	9.0	0.01
Terciario	6	0.24	330.0	0.19	190.9	0.16
Zanjas de oxidación	14	0.57	1,599.8	0.9	953.8	0.79
Otro	13	0.4	238.5	0.13	135.2	0.11
TOTAL NACIONAL	2,477	100	177,973.6	100	120,902.2	100

Fuente: CONAGUA (2015a).

Tabla 3. Resumen de procesos usados en nuestro país (2019).

Proceso	Plantas		Capacidad instalada		Caudal tratado	
	N°	%	L/s	%	L/s	%
Aerobio	21	0.79	3,155.4	1.62	1,835.5	1.30
Anaerobio	158	5.98	1,529.4	0.79	843.0	0.60
Biológico	23	0.87	884.2	0.45	537.5	0.38
Discos biológicos o biodiscos	23	0.87	1,163.0	0.60	846.9	0.60
Dual	23	0.87	40,606.0	20.85	32,072.5	22.67
Filtros biológicos o rociadores o percoladores	39	1.48	6,122.1	3.14	4,907.1	3.47
Fosa séptica	100	3.79	168.4	0.09	144.7	0.1
Fosa séptica + filtro biológico	37	1.40	56.2	0.03	34.6	0.02
Fosa séptica + wetland	117	4.43	258.2	0.13	210.0	0.15
Humedales (wetland)	77	2.91	1,371.3	0.70	978.3	0.69
Lagunas aireadas	30	1.14	8,774.8	4.51	6,811.0	4.81
Lagunas de estabilización	792	29.98	18,463.9	9.48	14,059.7	9.94
Lodos activados	761	28.80	101,133.4	51.94	69,377.3	49.04
Primario avanzado	8	0.30	4,277.0	2.20	4,411.0	3.12
Primario o sedimentación	14	0.53	52.0	0.03	34.5	0.03
RAFA + filtro biológico	63	2.38	797.6	0.41	544.2	0.38
RAFA o WASB	140	5.30	1,846.8	0.95	1,201.4	0.85
RAFA, WASB + humedal	40	1.51	504.2	0.26	389.2	0.28
Reactor enzimático	39	1.48	96.2	0.05	89.5	0.06
Sedimentación + wetland	23	0.87	59.1	0.03	40.2	0.03
Tanque Imhoff	50	1.89	452.8	0.23	317.8	0.22
Tanque Imhoff + filtro biológico	17	0.64	201.0	0.10	152.1	0.11
Tanque Imhoff + wetland	11	0.42	82.1	0.04	58.2	0.04
Terciario	4	0.15	81.1	0.04	43.4	0.03
Zanjas de oxidación	14	0.53	1,458.8	0.75	1,019.6	0.72
Otro	18	0.68	672.1	0.35	265.7	0.19
TOTAL NACIONAL	2,642	100	194,715.3	100	141,479.0	100

Fuente: CONAGUA (2019a).

En la Tabla 2 y Tabla 3, respectivamente, se presenta un resumen de los principales procesos utilizados en el país, a 2015 y 2019. En ambas se observa que los procesos más utilizados son las lagunas de estabilización y los lodos activados. La Figura 3 muestra la comparación entre las plantas existentes a nivel nacional, en 2015 y 2019, según el proceso de tratamiento.

II.2.2.2 Principales procesos para el tratamiento utilizados en Sinaloa

De acuerdo con información de CONAGUA (2019a), el estado de Sinaloa cuenta con 279 PTAR, con una capacidad instalada de 6,496.70 L/s, tratando un caudal de 5,837.20 L/s. De ellas, dos son por el sistema de biodiscos (26.9 L/s), un sistema dual (547.8 L/s), 48 FS (86.1 L/s), 23 FS+filtro biológico (19.4 L/s), 108 FS+wetland (183.7 L/s), un humedal o wetland (10.2 L/s), tres lagunas aireadas (32.5 L/s), 33 lagunas de estabilización (1,970.9 L/s), 27 lodos activados (1,169.1 L/s), un primario avanzado (1,687 L/s), un RAFA, WASB+humedal (28.5 L/s) y 31 reactores enzimáticos (75.1 L/s). La Figura 4 muestra una comparativa de la distribución de los diferentes sistemas de tratamiento utilizados en el país y en el estado de Sinaloa.

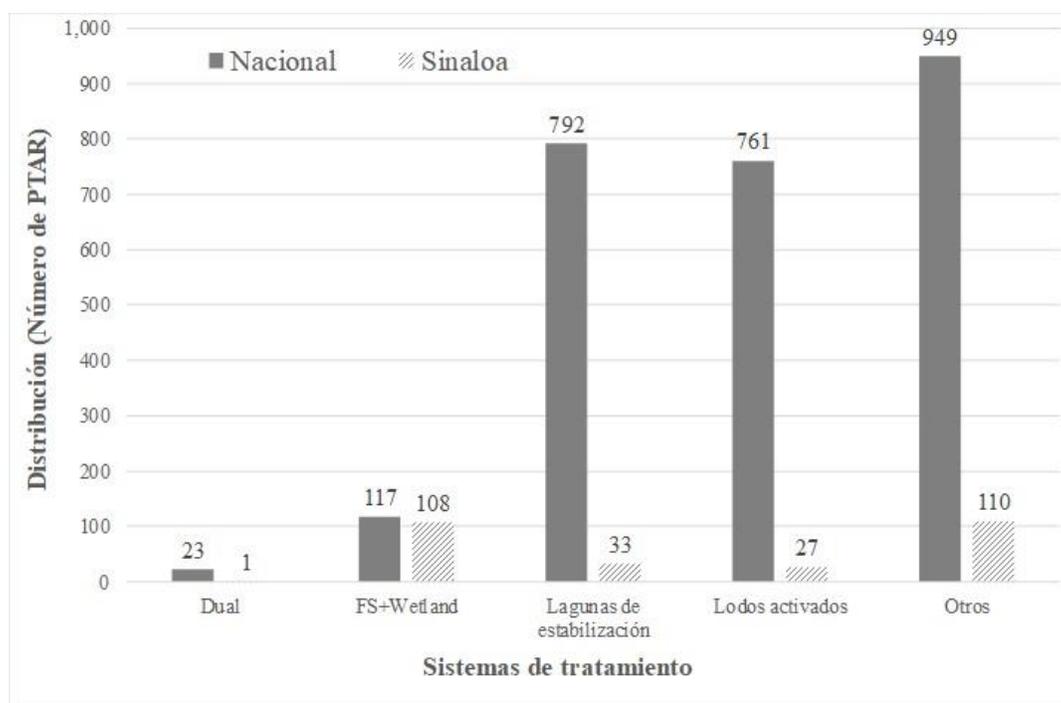


Figura 4. Distribución de los sistemas de tratamiento, a nivel nacional y en Sinaloa.

FUENTE: Elaboración propia en base a CONAGUA (2019a).

El municipio de Ahome trata 1,193.60 L/s en 25 PTAR (cinco lagunas de estabilización, 18 FS+wetland y dos discos biológicos); de este caudal tratado, la PTAR Los Mochis trata 1,080 L/s (90.5% del agua que se trata en el municipio) a través de lagunas de estabilización, en una planta con capacidad para 920 L/s. Respecto al municipio de Guasave, se realiza el tratamiento de 193.60 L/s en 20 plantas (cuatro lagunas de estabilización y 16 FS+wetland), de acuerdo a los datos reportados por CONAGUA (2019a).

II.3 Efecto invernadero

Es el mecanismo mediante el cual se calienta la atmósfera de la tierra y que permite que nuestro planeta sea adecuado para la existencia de la vida (Caballero, Lozano y Ortega, 2007).

El efecto invernadero natural se ha incrementado por actividades antropogénicas, hasta amenazar el equilibrio climático por la creciente emisión de gases acumulados en lo alto de la atmósfera, para hacer posible ese efecto. De acuerdo con el IPCC es la causa más directa del calentamiento global en curso (López, 2009). Sin el efecto invernadero estaríamos perpetuamente congelados, con una temperatura media global de -15°C , en vez de 15°C , la temperatura media de nuestro planeta. Esto es que, a medida que se incrementan los GEI en la atmósfera terrestre, también lo hará la temperatura global del planeta (Caballero *et. al.*, 2007).

Pero el efecto invernadero preocupante por contribuir al calentamiento global inmoderado, es aquel debido a las actividades humanas, que no han tomado en cuenta las externalidades o impactos por tales actividades (López, 2009).

II.3.1 Gases de Efecto Invernadero (GEI)

De acuerdo con la Ley General de Cambio Climático (DOF, 2018) “son aquellos componentes gaseosos de la atmósfera, tanto naturales como antropógenos, que absorben y emiten radiación infrarroja”.

México adquirió un compromiso ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC); además, con la sustentabilidad se debe considerar al tratamiento de aguas residuales de una manera diferente, ya que, a la vez que disminuye la contaminación, se protege la salud de la población y se puede lograr reducir emisiones de GEI (CONAGUA, 2017b).

La emisión de dióxido de carbono equivalente (CO_2e) es la cuantía de emisión de dióxido de carbono que causaría el mismo forzamiento radiativo integrado, en un plazo de tiempo dado, que cierta cantidad emitida de un GEI o de una mezcla de GEI. Se calcula multiplicando la emisión de un gas de efecto invernadero por su potencial de calentamiento global en el plazo de tiempo especificado (IPCC, 2013).

De acuerdo con información de INECC (2018a), en 2015, nuestro país emitió 683 millones de toneladas de dióxido de carbono equivalente (MtCO_2e) de GEI: 71% CO_2 , 21% CH_4 y 8%

correspondiendo a N₂O, hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC) y hexafluoruro de azufre (SF₆), gases regulados e incluidos en el Protocolo de Kyoto.

Durante la operación de los procesos biológicos para el tratamiento de aguas residuales también se generan emisiones de GEI, tales como el dióxido de carbono, metano y óxido nitroso [Bogner *et al.*, 2008; Doorn *et al.*, 2006; Campos, *et al.*, 2016; Cristancho, *et al.*, 2018; Mannina, *et al.*, 2018; Demir and Yapıcıoğlu, 2019; Tanmay and Sridevi, 2019].

II.3.1.1 Dióxido de carbono (CO₂)

Gas de origen natural, subproducto de la combustión de combustibles fósiles y cambios de uso del suelo y otros procesos industriales. Es el principal GEI antropógeno que afecta al equilibrio radiativo de la Tierra. Es utilizado como referencia para medir otros GEI, por lo que su potencial de calentamiento global es igual a uno (IPCC, 2013).

II.3.1.2 Óxido nitroso (N₂O)

Es uno de los seis GEI que el Protocolo de Kyoto propone reducir. Su fuente antropógena principal es la agricultura, con importantes aportaciones debido al tratamiento de las aguas residuales, la quema de combustibles fósiles y por procesos industriales químicos (IPCC, 2013). Su potencial de calentamiento global es de 265 (IPCC, 1996).

II.3.1.3 Metano (CH₄)

Es otro de los seis GEI que el Protocolo de Kyoto propone reducir. Principal componente del gas natural, asociado a los hidrocarburos usados como combustible, al ganado y a la agricultura (IPCC, 2013). Tiene corta duración y su potencial de calentamiento global es de 28 (INECC, 2018b).

II.3.2 Importancia de la reducción de los GEI

El Acuerdo de París (Art. 4, párrafo 2) establece la necesidad de que los países que ratificaron el acuerdo, tal como México, quien lo firmó el 22 de abril de 2016 (entrando en vigor el 4 de noviembre de 2016) propongan objetivos nacionales para reducir sus emisiones en cuanto a GEI. Dichos objetivos se denominan NDC por sus siglas en inglés (Nationally Determined Contributions), contribuciones previstas y determinadas a nivel nacional. México se ha comprometido, en forma no condicionada, a realizar acciones de mitigación buscando disminuir

las emisiones de GEI un 22% al año 2030 (INECC, 2018b, 2018c). Acorde a estos objetivos, podrían reducirse en un 28.6% las emisiones para el sector residuos, dentro del cual se encuentran las debidas al tratamiento de aguas residuales y residuos sólidos (INECC, 2018c).

Referente a la normatividad mexicana, no se encontraron NOM que regulen los GEI emitidos por las PTAR. Sin embargo, existen algunas relacionadas con GEI (como las que regulan la emisión de gases por parte de vehículos automotores).

Existen normas mexicanas con injerencia directa en los GEI, pero nada relativo a las plantas de tratamiento de aguas residuales. La norma mexicana (NMX) “la elabora un organismo nacional de normalización, o la Secretaría de Economía en ausencia de ellos, conforme el artículo 54 de la LFMN” (SE, 2016).

El Congreso de la República aprobó, en abril de 2012, la Ley General de Cambio Climático (LGCC), entrando en vigor en octubre del mismo año, convirtiéndonos en el primer país en desarrollo en tener una ley respecto al tema (Birlain, 2017).

El 08 de noviembre de 2021, se publica el Programa Especial de Cambio Climático (PECC) 2021-2024, instrumento clave para implementar acciones buscando enfrentar los impactos negativos del cambio climático. El PECC consta de cuatro objetivos prioritarios, 24 estrategias y 169 acciones puntuales para atender los problemas públicos por el cambio climático. Asimismo, se impulsan acciones en pro de la reducción de emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero (DOF, 2021).

II.4 Organismos Operadores

Un organismo operador (O.O.) es un organismo público para la prestación de los servicios de agua potable, alcantarillado, tratamiento y disposición de aguas residuales (CONAGUA, 2016c).

II.4.1 Tipos

Existen cuatro modalidades principales (CONAGUA, 2016c):

- a) O.O. municipales. Los ayuntamientos poseen la atribución en la prestación del servicio público de agua potable, drenaje, alcantarillado, tratamiento y disposición de aguas residuales, tanto en zonas urbanas como rurales del territorio municipal. Reciben también otros nombres: Comités

de agua rurales, Juntas locales municipales, Organismos operadores regionales, Sistemas de agua potable, alcantarillado y saneamiento o Juntas municipales de agua y saneamiento.

- b) O.O. intermunicipales. Cuando existen localidades limítrofes y conurbadas compartiendo o que puedan compartir infraestructura hidráulica.
- c) O.O. estatales. Es un organismo público descentralizado del gobierno del estado, fungiendo como ente rector de la administración del agua en su entidad.
- d) Organismos privados como concesionarios. Buscando impulsar la eficiencia física y comercial, acceso a tecnología de punta y fuentes de financiamiento.

II.4.2 Organismos Operadores en Sinaloa

La Tabla 4 presenta información de los O.O. existentes en cada uno de los municipios que conforman el estado de Sinaloa.

Aunque actualmente existen dos municipios de nueva creación, El Dorado y Juan José Ríos, se consideran sólo los 18 municipios, porque el estado de Sinaloa contará con 20 municipios hasta el 01 de noviembre de 2024 (Congreso del Estado de Sinaloa, 2021a, 2021b; Sánchez, I., 2021).

El Capítulo Segundo, Art. 6, de la Ley de Agua Potable y Alcantarillado del Estado de Sinaloa, establece a la Comisión Estatal de Agua Potable y Alcantarillado de Sinaloa (CEAPAS), “como un organismo público descentralizado de la administración estatal, con personalidad jurídica y patrimonio propios, para consulta y asesoramiento en materia de agua potable, alcantarillado y saneamiento, del Ejecutivo del Estado, de los Ayuntamiento [sic] y de las Juntas Municipales” (Periódico Oficial El Estado de Sinaloa, 2002).

Tabla 4. *Organismos operadores en el estado de Sinaloa.*

Municipio	Organismo operador	Municipio	Organismo operador
Ahome	JAPAMA	Culiacán	JAPAC
El Fuerte	JAPAF	Navolato	JAPAN
Choix	JMAPACH	Elota	JAPAME
Guasave	JUMAPAG	Cosalá	JAPAC [sic]
Sinaloa	JUMAPAS	San Ignacio	JUMAPASI
Angostura	JUMAPAANG	Mazatlán	JUMAPAM
Salvador Alvarado	JAPASA	Concordia	JUMAPAC
Mocorito	JMAPAM	Rosario	JUMAPAR
Badiraguato	JAPAB	Escuinapa	JUMAPAE

Fuente: Fondo para la Comunicación y la Educación Ambiental, A.C. (2015).

II.5 Sustentabilidad

II.5.1 Conceptualización

En 1983, la ONU estableció la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y Desarrollo, la cual quedó a cargo de Gro Harlem Brundtland, primera ministra ambiental de Suecia. Durante casi tres años, la Comisión Brundtland inició estudios, debates y audiencias públicas en los cinco continentes, terminando en abril de 1987 mediante la publicación de *Nuestro futuro común* o *Informe Brundtland* (Díaz, 2011).

En él se advierte que la humanidad debe realizar cambios en su forma de vida, para lograr que el desarrollo sea *sustentable*, esto es, asegurar que “satisfaga las necesidades del presente, sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer las propias” (Díaz, 2011).

II.5.2 Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible

El 25 de septiembre de 2015 fue aprobada por la Asamblea General de las Naciones Unidas, con más de 150 líderes mundiales. Se considera la agenda internacional más ambiciosa de la historia. El documento final, “Transformar Nuestro Mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible”, fue adoptado por los 193 Estados Miembros de las Naciones Unidas e incluye 17 Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS) que tiene por objeto poner fin a la pobreza, luchar contra la desigualdad y la injusticia, y hacer frente al cambio climático, sin que nadie quede atrás al 2030 (Chacón, 2017; IMJUVE, 2018; Naciones Unidas México, 2019). De acuerdo con Naciones Unidas (2018), se trata de una agenda transformadora, pues considera la dignidad e igualdad de las personas, a la vez que intenta que cambiemos la forma de desarrollo, considerando al ambiente.

II.5.2.1 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)

Los 17 ODS, con las 169 metas, tienen mayor alcance que los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM) puesto que tratan las causas fundamentales de la pobreza y la necesidad universal de un desarrollo en pro de todas las personas (Figura 5 y Figura 6). Se abarcan las tres dimensiones del desarrollo sostenible: económico, social y ambiental (Naciones Unidas México, 2019).



Figura 5. *Agenda 2030 y México.*
Fuente: Gobierno de México (2019).

La respuesta a la pregunta ¿por qué tantas naciones buscan hacer frente al cambio climático? es simple, porque nuestro hogar es la Tierra y la hemos deteriorado a un muy acelerado ritmo. Además, el cambio climático debido a las actividades antropogénicas compromete la existencia de nuestra civilización, al mediano y largo plazo. Es por ello la importancia de conjuntar esfuerzos y recursos (Chacón, 2017).

Es urgente bajar las emisiones de GEI en más del 50% al 2050, lo cual costaría 1 o 2% del PIB global, costo muy inferior a los costos económicos y sociales. Para lograrlo se deben aplicar estrategias de mitigación y medidas de adaptación, para lo cual se requiere la cooperación del sector gubernamental, social y privado, a nivel global y local (Chacón, 2017).

Al realizar el tratamiento del agua residual, podemos a su vez reutilizar el agua, con lo cual se puede, a su vez, reducir la extracción. Por ejemplo, creando redes de infraestructura de aguas residuales resilientes al clima se puede también reducir las pérdidas económicas directas por desastres (Meta 11.5 de los ODS), incrementando la capacidad de los asentamientos humanos de recuperación ante desastres naturales, tales como inundaciones y/o sequías (Meta 13.1 de los ODS).

La mejora en la gestión de las aguas residuales puede reducir las emisiones de GEI (Meta 13.2 de los ODS), entre otras más (WWAP, 2017).

En los objetivos prioritarios del Programa Especial de Cambio Climático (PECC) 2021-2024, se enfoca la relevancia que tiene la reducción de las emisiones y compuestos de efecto invernadero, basándose en el mejor conocimiento científico posible; así como en la importancia de realizar acciones de mitigación y adaptación ante la crisis climática, con cobeneficios en el eje ambiental, económico y social (DOF, 2021).

Parte de las acciones puntuales para el logro de las estrategias prioritarias del PECC 2021-2024 son el requerimiento de infraestructura de agua potable, drenaje y tratamiento de aguas residuales en las poblaciones (acción 1.2.5); así como la rehabilitación de PTAR municipales que se encuentren fuera de operación (2.6.4).



Figura 6. *Objetivos de Desarrollo Sostenible.*
Fuente: PNUD (2018).

Capítulo III. Abordaje Metodológico de la Investigación

Para el desarrollo de la investigación se requirió llevar a cabo la siguiente secuencia metodológica.

III.1 Evolución de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales

Se usaron los Inventarios Nacionales de Plantas Municipales de Potabilización y de Tratamiento de Aguas Residuales en Operación, de la CONAGUA, de 2004 a 2019, para obtener información respecto al incremento, tanto en número de instalaciones como en caudal de tratamiento. Se realizó un análisis de la evolución del uso de los sistemas de lagunas de estabilización y FS+wetland, en el municipio de Guasave, Sin.; así como de los sistemas utilizados para el tratamiento del agua residual en el municipio de Ahome (lagunas de estabilización, FS+wetland, lodos activados y biodiscos), durante el mismo periodo, para el cumplimiento del objetivo específico número uno. Los resultados obtenidos se presentan en el Capítulo IV.

De acuerdo con el Inventario Nacional de Plantas Municipales de Potabilización y de Tratamiento de Aguas Residuales en Operación, Diciembre 2019, de la CONAGUA (2019a), el municipio de Guasave trata 24.9 L/s mediante las 16 FS+wetland y 168.4 L/s, en las cuatro lagunas de estabilización, es decir, del total de agua residual tratada en el municipio de Guasave, el 12.88% se trata mediante FS+wetland y el 87.12% restante, por lagunas de estabilización. Sin embargo, un dato a notar es que, del total de plantas a nivel nacional que utilizan el sistema de FS+wetland (117 PTAR), 108 se encuentran ubicadas en el estado de Sinaloa (92% del total Nacional), seguidas por Tlaxcala (con tres instalaciones), Colima, Jalisco, Michoacán y Puebla (con sólo una planta, cada uno) e Hidalgo con dos sistemas instalados (CONAGUA, 2019a).

En cuanto al municipio de Ahome, actualmente se tratan en total 1,193.6 L/s, distribuidos de la siguiente manera: 31.2 L/s en 18 FS+wetland (2.6%); 1,135.5 L/s, en cinco lagunas de estabilización (95.1%) y 26.9 L/s, en dos plantas de biodiscos (2.3%) acorde a la información de CONAGUA (2019a).

De acuerdo con el análisis, se vio la evolución que han tenido los distintos sistemas de tratamiento, hasta poder llegar a los datos mencionados anteriormente, en ambos municipios del estado de Sinaloa.

III.2 Medición en campo para estimar la carga orgánica

Actualmente, en la JUMAPAG no se realizan monitoreos constantes de la calidad del agua de las plantas y se carece de información histórica al respecto, por lo que se requiere llevar a cabo un muestreo de las aguas residuales del influente, para determinar la carga orgánica (DBO_5) y calcular la carga-habitante equivalente asociada a la población servida por cada una de ellas y finalmente, compararla con el intervalo de valor recomendado por el IPCC para América Latina, el cual es de 40 g/persona/día (IPCC, 1996).

Para llevar a cabo lo anterior, se acordó con JUMAPAG el procedimiento a seguir para ingresar a las plantas de tratamiento. Esta actividad está relacionada con los objetivos específicos número dos y cinco. La Figura 7 muestra la ruta que se realizó durante este punto.

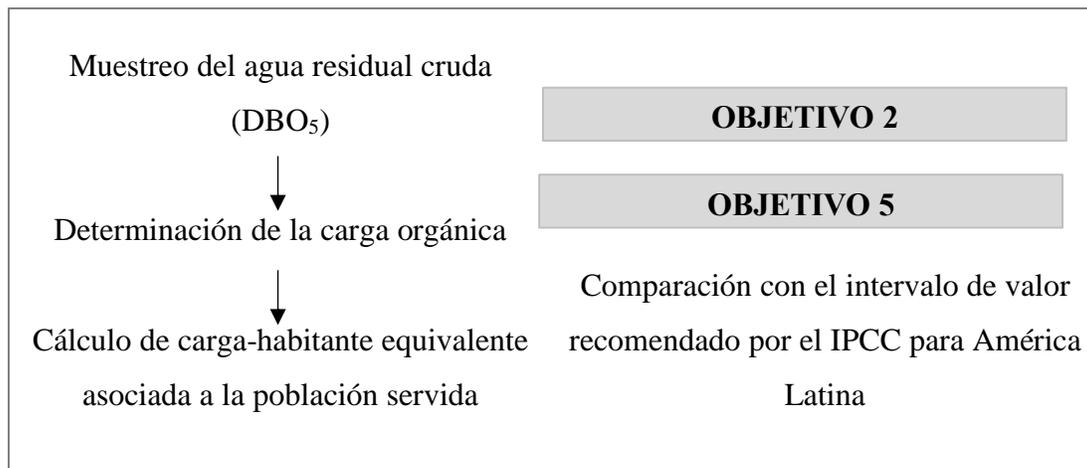


Figura 7. Trabajo en campo.

Fuente: Elaboración propia.

III.2.1 Carga contaminante

III.2.1.1 Análisis de Laboratorio

Una vez realizados los muestreos del agua residual influente de las plantas seleccionadas, se enviaron para su análisis al Laboratorio IBC Analytic México, S.A. de C.V., para la determinación de la DBO_5 y DQO. Acorde a lo solicitado por el laboratorio, se emplearon recipientes de plástico con capacidad de un litro para la toma de muestra. Posteriormente, las muestras de agua se almacenaron con hielo, a 4°C, previo envío al laboratorio, el cual se ubica en las instalaciones de la Universidad Autónoma de Occidente, Unidad Regional Los Mochis. Se analizó una muestra doble para el control de calidad.

III.2.1.2 Carga Orgánica

Los métodos de laboratorio comúnmente usados para medir la cantidad de materia orgánica en el agua residual incluyen a la demanda bioquímica de oxígeno (DBO), demanda química de oxígeno (DQO) y carbón orgánico total (COT) [Metcalf and Eddy, 2004].

La DBO₅ es el resultado de la demanda biológica de oxígeno para la degradación de la materia orgánica presente en el agua residual (Yapıcıoğlu, 2019). Para calcular la carga orgánica de DBO₅ (kg DBO₅/d) se multiplica la concentración de la DBO₅ (kg/m³) por el caudal promedio (m³/d) [Afini, 1989].

El término de habitante equivalente se refiere a la contaminación generada por un habitante al día (Rodrigues *et al.*, 2017; Sáenz, 2020). Su adopción permite la conversión de aguas residuales con distinta composición cuantitativa y cualitativa, para compararlas bajo una misma base (Rodrigues *et al.*, 2017). Dicho término puede ocasionar errores en su interpretación puesto que no se refiere a los habitantes reales en una localidad o población (Mañas, 2017). De acuerdo con CONAGUA (2016d), la población equivalente es la estimada al relacionar la carga total (DBO) con su correspondiente aporte *per cápita*.

Los resultados obtenidos, tanto durante el muestreo como con la estimación de la carga-habitante equivalente, se presentan en el Capítulo IV.

III.2.2 Ubicación geográfica de las plantas de tratamiento

Se requirió conocer la localización geográfica de las plantas, así como también su población servida y el punto de descarga correspondiente.

Para el caso de Guasave, el 22 de septiembre de 2019 se realizó una solicitud de información a la JUMAPAG (solicitud electrónica folio No. 01179019), mediante la Plataforma Nacional de Transparencia (PNT), referente a la calidad del agua (influyente y efluente) de cada una de las plantas de tratamiento de aguas residuales, de acuerdo a la normatividad vigente aplicable (de distintos parámetros, incluida la DBO₅), el caudal tratado por cada planta, las coordenadas geográficas de la ubicación, la generación de lodos residuales, el sistema de tratamiento utilizado en cada PTAR, los consumos energéticos mensuales (o en su caso, bimestrales), toda la

información del año 2000 a la fecha, de manera mensual, bimestral, semanal o quincenal, según se maneje en cada caso (PNT, 2019).

También se utilizaron los Inventarios Nacionales de Plantas Municipales de Potabilización y de Tratamiento de Aguas Residuales en Operación, de la CONAGUA, de 2004 a 2019 para obtener los datos respecto a las PTAR y punto de descarga.

III.2.3 Muestreo de Agua Residual Cruda (ARC)

Retomando la solicitud de información presentada a JUMAPAG (PNT, 2019), el 07 de octubre de 2019 se obtuvo la respuesta por parte de la Gerencia General del O.O., con información anexa al documento por el responsable del Departamento de Calidad del Agua, que es el área competente. El oficio de respuesta GT-CA-2019-003, por parte de la Gerencia Técnica, sección Calidad del Agua, responde lo que se cita a continuación, de manera textual:

“En relación a la información solicitada, me permito anexar al presente archivo electrónico en Excel conteniendo [sic] la información referente a coordenadas geográficas de la ubicación de las PTAR y consumo energético. Lo referente al muestreo y análisis de la calidad del agua, aforo de las PTAR, generación y tratamiento de lodos residuales, le informo que no se cuenta con datos históricos de esta [sic] actividades pues no se realizan conforme la normatividad”. Firma el Jefe del Depto. de Calidad del Agua.

Es por ello que se realizó un muestreo puntual del agua residual cruda en distintas plantas, a fin de conocer la DBO₅ que ingresa en cada caso y determinar su carga orgánica [en términos de DBO₅ (DOF, 2001a y 2001b)], bajo cumplimiento de la NMX-AA-014-1980 (DOF, 1980).

Para realizar los muestreos en campo, fue necesaria la coordinación con la JUMAPAG, específicamente, con el Jefe del Departamento de Saneamiento y Calidad del Agua, quien informó que de las 20 plantas solo algunas se encontraban trabajando o presentaban problemas para poder llevar a cabo la toma de muestra. Dicha información se presenta en la Tabla 5. Dado lo anterior, se llegó al consenso de cuáles serían las plantas muestreadas. El número se redujo a la mitad y se presentan en la misma Tabla, marcadas con negritas.

Tabla 5. *Funcionamiento en las plantas de tratamiento.*

PTAR	OBSERVACIONES
El Huitussito	No funciona
La Entrada	No funciona
Vicente Guerrero/El Pitahayal	Funciona (saturada)
Herculano de la Rocha	Funciona
Roberto Barrios	Funciona, sin salida de efluente
Cinco de Mayo	Funciona, sin salida de efluente
Palos Verdes	Funciona
Las Américas	Funciona
Buenvista	Funciona
Casa Blanca	Funciona
Las Culebras	Funciona, sin salida de efluente
Flor de Mayo	Funciona, sin salida de efluente
El Progreso	Funciona
San Antonio	No funciona
Ejido Tecomate	Funciona, sin salida de efluente
Las Quemazones	Funciona
Guasave	Funciona
Estación Bamoa	No funciona
Cerro Cabezón	Funciona
Nío	Funciona, sin salida de efluente

Fuente: Elaboración propia con base en la información proporcionada por el Jefe del Depto. de Saneamiento y Calidad del Agua de JUMAPAG.

III.3 Uso de la Metodología IPCC

Este punto se encuentra relacionado con los objetivos específicos tres y cinco de la presente investigación.

México, realiza Inventarios de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero para cumplir con los compromisos ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) en cuanto a generar información respecto a temas de variabilidad y cambios climáticos. En nuestro estado, solamente existe un Inventario Estatal de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero Sinaloa 2012 (INE, 2012).

De acuerdo con los lineamientos del IPCC, lo que más influencia tiene respecto al potencial de generación de metano en las aguas residuales es la cantidad de materia orgánica. El método consta de tres partes: total de materia orgánica, factores de emisión y estimación de las emisiones. Al calcular, hay un valor para la DBO₅ por defecto para ciertos países y regiones del mundo, el cual es recomendado en el caso de que no existan datos específicos del país. Para México, se

recomienda usar el valor promedio propuesto para América Latina, de 40 g/persona/día (IPCC, 1996).

A continuación, se presenta la metodología recomendada por el IPCC (1996) para estimar las emisiones de GEI:

Factor de emisión de metano

Para la determinación del factor de emisión de metano, acorde al tipo de vía o sistema de tratamiento y eliminación de las aguas residuales domésticas, se usa Ecuación (1):

$$EF_j = B_0 FCM_j \quad \text{Ecuación (1)}$$

Donde:

EF_j : Factor de emisión, kg de CH₄/kg de DBO

j : Vía o sistema de tratamiento y/o eliminación

B_0 : Capacidad máxima de producción de CH₄, kg de CH₄/kg DQO

FCM_j : Factor de corrección para el metano

Tabla 6. *Factor de corrección para el metano (FCM) para aguas residuales domésticas.*

Vía o sistema de tratamiento y eliminación	FCM	Intervalo
Sin tratamiento		
Eliminación en río, lago y mar	0.1	0 - 0.2
Alcantarilla estancada	0.5	0.4 - 0.8
Alcantarilla en movimiento	0	0
Tratado		
PTAR centralizada aerobia (bien operada)	0	0 - 0.1
PTAR centralizado aerobia (mal operada o con sobrecarga)	0.3	0.2 - 0.4
Laguna anaerobia poco profunda	0.2	0 - 0.3
Laguna anaerobia profunda (> 2 m)	0.8	0.8 - 1.0
Sistema séptico	0.5	0.5

Fuente: IPCC (2006).

Cuando se carece de información específica del país, es posible el uso de $B_0 = 0.6$ kg de CH₄/kg de DBO, 0.25 kg de CH₄/kg de DQO. En aguas residuales domésticas, el valor de B_0 basado en la DQO puede convertirse en un valor, basado en la DBO, multiplicando por el factor de 2.4. La Tabla 6 presenta el FCM por defecto en distintos casos (IPCC, 2006).

Estimación de la carga orgánica

Se usa la Ecuación (2) para calcular la materia orgánica biodegradable (MOD; o TOW, por sus siglas en inglés) por habitante, sin aporte industrial.

$$MOD = P * DBO * 0.001 * I * 365 \quad \text{Ecuación (2)}$$

Donde:

MOD: Total de materia orgánica en aguas residuales del año del inventario, kg DBO/hab

P: Población del país en el año del inventario, personas

DBO: DBO per cápita específico del país, en el año del inventario, g/persona/día

0.001: Conversión de gramos de DBO a kilogramos de DBO

I: Factor de corrección para DBO por aporte industrial

Estimación de las emisiones de óxido nitroso (N₂O)

Pueden producirse de manera directa cuando provienen de PTAR, o indirecta, si provienen de AR después de la eliminación de los efluentes en vías fluviales, lagos o en el mar. Emisiones directas debido a nitrificación y desnitrificación en PTAR pueden ser consideradas fuentes menores.

La importancia del óxido nitroso radica en que su potencial de calentamiento es de 265. La fracción de nitrógeno contenido en la proteína (FNPR) se considera de 0.16 kg de N/kg de proteína; mientras que, el factor de ajuste para proteína no consumida es de 1.1, valor por defecto para países sin eliminación de basuras (trituradores de desechos), tal como en México. Las emisiones de óxido nitroso (N₂O) que provienen de aguas residuales domésticas se estiman con la Ecuación (3):

$$\text{Emisiones de } N_2O = N_{\text{efluente}} * EF_{\text{efluente}} * 44/28 \quad \text{Ecuación (3)}$$

Donde:

Emisiones de N₂O: Emisiones de N₂O durante el año del inventario, kg de N₂O/año

N_{efluente}: Nitrógeno en el efluente eliminado en medios acuáticos, kg de N/año

EF_{efluente}: Factor de emisión para las emisiones de N₂O provenientes de la eliminación en aguas residuales, kg de N₂O/kg de N

44/28: Conversión de kilogramos de N₂O-N a kilogramos de N₂O

Con la Ecuación (4), se determina el nitrógeno total en el efluente:

$$N_{\text{efluente}} = (P * \text{Proteína} * F_{\text{NPR}} * F_{\text{NO-CON}} * F_{\text{IN-COM}}) - N_{\text{LODO}} \quad \text{Ecuación (4)}$$

Donde:

N_{efluente} :	Cantidad total anual de nitrógeno en los efluentes de aguas residuales, kg de N/año
P :	Población humana
Proteína:	Consumo per cápita anual de proteínas, kg/persona/año
F_{NPR} :	Fracción de nitrógeno en las proteínas, por defecto = 0.16 kg N/ kg proteína
$F_{\text{NO-CON}}$:	Factor de las proteínas no consumidas añadidas a las aguas residuales
$F_{\text{IN-COM}}$:	Factor para las proteínas industriales y comerciales co-eliminadas en los sistemas de alcantarillado
N_{LODO} :	Nitrógeno separado con el lodo residual (por defecto = 0), kg de N/año

Basado en la metodología del IPCC, se estimaron las emisiones de metano y óxido nitroso generadas por las aguas residuales de los municipios de Ahome y Guasave, Sin., antes del saneamiento. La Figura 8 presenta la información. Los resultados obtenidos se muestran en el Capítulo IV.

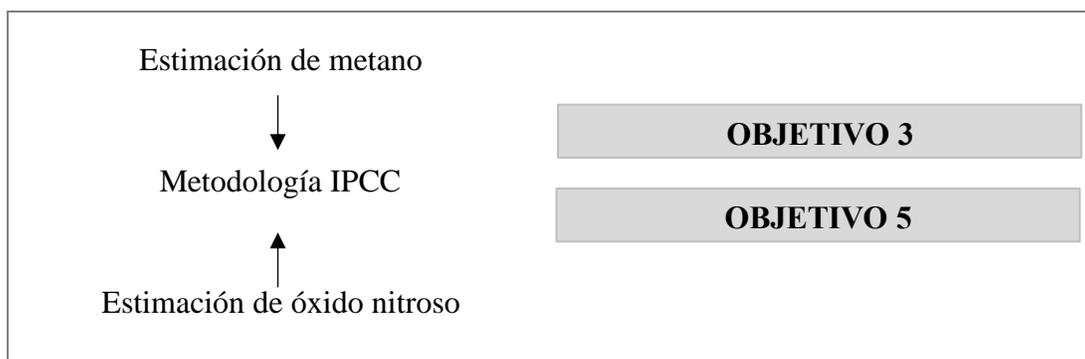


Figura 8. Utilización de la metodología del IPCC.

Fuente: Elaboración propia.

III.4 Información Histórica

Utilizando la Plataforma Nacional de Transparencia (PNT), el 28 de noviembre de 2020 se solicitó el nombre del Director y/o Gerente General del O.O. con fecha de entrada y salida de la posesión del cargo; el nombre del Gerente Técnico (o cargo similar) con fecha de entrada y salida de la posesión del cargo; y el Encargado del Área de Tratamiento de Aguas Residuales (o cargo similar)

con fecha de entrada y salida de la posesión del cargo, en los últimos 20 años para todos los casos, a distintos O.O. En el caso del O.O. de Salvador Alvarado, la solicitud se realizó el 16 de abril de 2021. Esta actividad se relaciona con los objetivos cuatro y cinco, respectivamente.

Con base a la información proporcionada por los organismos operadores, se pudo conocer el tiempo que se mantienen en el cargo los principales actores administrativos y técnicos encargados del área de tratamiento de aguas residuales de cada uno (Figura 9).

Las solicitudes presentadas fueron las siguientes:

- Folio 01527220 para la Junta Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Badiraguato;
- Folio 01527320 para la Junta Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Angostura;
- Folio 01527420 para la Junta Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Concordia;
- Folio 01527520 para la Junta de Agua Potable y Alcantarillado del Municipio de Choix;
- Folio 01527620 para la Junta de Agua Potable y Alcantarillado del Municipio de Ahome;
- Folio 01527720 para la Junta de Agua Potable y Alcantarillado de Cosalá;
- Folio 01527820 para la Junta Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Culiacán;
- Folio 01527920 para la Junta Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de El Fuerte;
- Folio 01528020 para la Junta Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Escuinapa;
- Folio 01528120 para la Junta Municipal de Agua Potable y Alcantarillado del Municipio de Elota;
- Folio 01528220 para la Junta Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Guasave;
- Folio 01528320 para la Junta Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Mazatlán;
- Folio 01528420 para la Junta Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Mocorito;
- Folio 01528520 para la Junta Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Navolato;
- Folio 01528620 para la Junta Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de El Rosario;
- Folio 01528720 para la Junta Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de San Ignacio;
- Folio 01528820 para la Junta Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Sinaloa.
- Folio 00531521 para la Junta Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Salvador Alvarado.

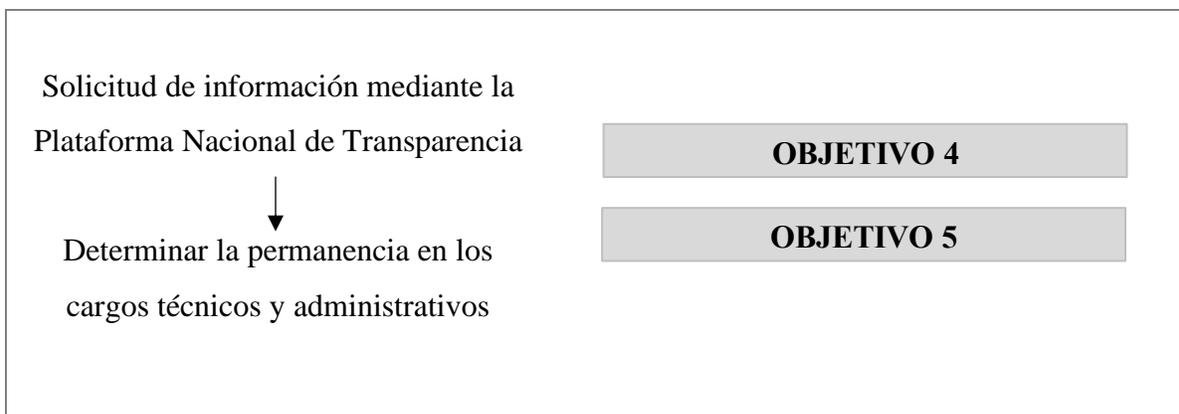


Figura 9. *Obtención de la información histórica referente al periodo en los cargos técnicos y administrativos en los organismos operadores de Sinaloa.*

Fuente: Elaboración propia.

Una vez obtenida la información por parte de los organismos operadores, se procedió a tabularla y a realizar un análisis estadístico por medio del freeware RStudio (versión 1.3.1093), el cual es un ambiente de desarrollo integrado (IDE, por sus siglas en inglés) para la programación con R (RStudio Team, 2020).

III.5 Impacto Social

Está relacionado con el objetivo cuatro de la presente investigación. Se pretende conocer la percepción de los principales actores en el O.O. respecto a la importancia del tratamiento de las aguas residuales y su impacto en el cambio climático; así como en el cumplimiento de la normatividad vigente. Para ello, se aplicaron entrevistas semiestructuradas.

Cuando se habla de un enfoque cualitativo, no existe un rigor en la secuencia de cada etapa, ya que hay interacción entre las mismas. Aquí se busca descubrir al examinar la parte social, observando primero. Existe flexibilidad, puesto que busca reconstruir el todo mediante la visión holística. No se busca generalizar en forma probabilística (Muñoz, 2016).

La ruta cualitativa nos ayuda al entendimiento de fenómenos a partir de la perspectiva de los que lo viven, o bien, al buscar patrones y diferencias entre ciertas experiencias (Hernández-Sampieri y Mendoza, 2018).

Tal y como lo mencionan González-Díaz *et al.* (2021), en la investigación cualitativa el ser humano es el que aporta el conocimiento. Su estructura metodológica no es lineal, sino que surgirá durante el desarrollo de la investigación.

Los datos no solamente se observan y graban, existe un diálogo constante entre el observador y lo observado, seguido de una reflexión analítica permanente (Ruiz, 2012).

La entrevista cualitativa es más íntima que la cuantitativa. Es una reunión que busca el intercambio informativo entre el entrevistador y el o los entrevistado(s). La comunicación se realiza a través de preguntas-respuestas, para la construcción de significados respecto a un tema (Hernández-Sampieri y Mendoza, 2018).

III.5.1 Entrevistas Semiestructuradas

Las entrevistas semiestructuradas se usan mucho. Se espera que los sujetos entrevistados expresen sus puntos de vista respecto a entrevista diseñada de manera abierta (Flick, 2007). Se basan en una guía, sin embargo, el entrevistador cuenta con la libertad para agregar preguntas adicionales, buscando la obtención de más información (Hernández-Sampieri y Mendoza, 2018).

Debido a que es el investigador quien debe garantizar que su información sea de calidad, es importante el criterio para la selección de los informantes (González-Díaz *et al.*, 2021). En ocasiones, se requiere conocer la opinión de expertos acerca de un tema. Esto es frecuente en estudios cualitativos y exploratorios que busquen la generación de hipótesis más precisas (Hernández, Fernández y Baptista, 2014).

En este caso, se realizaron entrevistas semiestructuradas, dirigidas a expertos, que es cuando el entrevistado interesa por sus conocimientos en cierta actividad y, no tanto como persona. La interpretación de entrevistas a expertos busca el análisis y la comparación de los contenidos de su conocimiento como expertos (Flick, 2007).

Se aplicaron entrevistas semiestructuradas, a cuatro niveles, los cuales están integrados por los Directores del O. O., Jefes del área de tratamiento de aguas residuales, Jefes de las PTAR's y Trabajadores de estas, en caso de que estén asignados (Figura 10). Para ello, se seleccionó al personal listado en la Tabla 7. Se envió la solicitud a ambos organismos operadores para entrevistar al personal que ocupa los cargos listados. En todos se aplicó la misma Guía de entrevista. La información referente a la Guía y a los cuestionarios, se presentan en el Anexo 1.

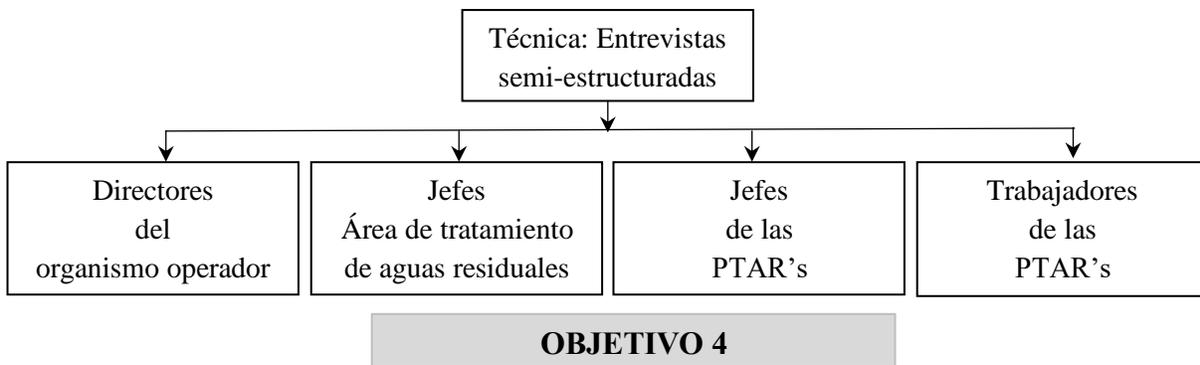


Figura 10. *Conocimiento de la percepción de los principales actores en los O.O. en lo relativo al tratamiento del agua residual.*

Fuente: Elaboración propia.

Antes de aplicar la entrevista semiestructurada a las personas de los cargos seleccionados (Figura 10 y Tabla 7) se realizó una prueba piloto, con individuos diferentes, los cuales poseían un nivel equivalente al que se deseaba evaluar. La finalidad fue conocer si el cuestionario era adecuado o si se consideraba, acorde a los comentarios durante la prueba, que debía ser modificado, previo a la entrevista final.

La prueba piloto se aplicó a cuatro niveles, de la forma siguiente:

- a. Nivel 1 (Directores de los O.O.), al ex Director del organismo operador de Santa Cruz de Juventino Rosas, Guanajuato en el periodo de junio de 2005 a marzo de 2008 y a la Gerente de la Planta de Tratamiento de la Empresa para el control de la contaminación del agua de la ciudad industrial de Cuernavaca (ECCACIV) desde 2015 a la fecha.
- b. Nivel 2 (Jefes de Área de tratamiento de aguas residuales), al Supervisor de Operaciones Técnicas de ECCACIV de 2015 a la fecha.
- c. Nivel 3 (Jefes de PTAR's), a la Auxiliar de operación de ECCACIV de 2019 a la fecha.
- d. Nivel 4 (Trabajador de las PTAR's), a un Operador de Planta ECCACIV de 2001 a la fecha.

Una vez realizadas las entrevistas semiestructuradas, se realizó el análisis cualitativo por medio de un software de tipo CAQDAS (Computer Assisted Qualitative Data Analysis), denominado ATLAS.ti, el cual es una herramienta para analizar textos, gráficos, audios e incluso datos de video (Friese, 2021). Sin embargo, tal y como lo aclara Muñoz (2016), aunque facilita el análisis de los datos, le corresponde al investigador seleccionar, clasificar, categorizar y tomar decisiones respecto a lo que se usará o no en el software.

Tabla 7. *Personal en los cargos considerados para ser entrevistados.*

Entrevista dirigida a	JAPAMA	JUMAPAG
Directores de los O. O.	Gerente General	Gerente General
Jefes del área de tratamiento de aguas residuales	Gerente Técnico y de Operación	Gerente Técnico
Jefes de las PTAR's	Coordinador de Tratamiento de Aguas Residuales	Jefe del Depto. de Saneamiento y Calidad del Agua
Trabajadores de las PTAR's	Trabajador en PTAR	Trabajador en PTAR

Fuente: Elaboración propia.

Para el análisis de la información en ATLAS.ti se requiere realizar una codificación, en la cual se extrae de los documentos un significado del fenómeno de estudio. Estos significados van emergiendo durante dicha codificación. Posteriormente, se realiza la sistematización, en la cual se relacionan los códigos en tres fases: 1) Enraizamiento, siendo la cantidad de citas que mencionan a dicho código; 2) Densidad, que es la cantidad de veces que un código se corresponde con otros códigos y; 3) Vinculación grupo-código.

Finalizado el proceso de codificación, se debe llevar a cabo la convergencia o triangulación hermenéutica, ya sea una triangulación de datos, de investigadores, teórica o metodológica (González-Díaz *et al.*, 2021). Los resultados obtenidos, tanto en la prueba piloto como durante la aplicación de la entrevista semiestructurada a los cuatro niveles seleccionados en los O.O., se presentan en el Capítulo IV.

Capítulo IV. Resultados Obtenidos y Discusión

Durante el desarrollo de la presente investigación se presentó la contingencia sanitaria por COVID-19, lo cual provocó retrasó algunos trabajos. Sin embargo, todo lo planteado fue llevado a cabo y se muestra a continuación.

IV.1 Evolución de las PTAR

IV.1.1 Municipio de Guasave

Se realizó un análisis de la evolución del uso de los sistemas de lagunas de estabilización y FS+wetland, en el municipio de Guasave, Sin., de 2004 a 2019, mediante la información planteada en los Inventarios Nacionales de Plantas Municipales de Potabilización y de Tratamiento de Aguas Residuales en Operación, de la CONAGUA, para dicho periodo.

a) Fosa séptica+wetland

Como también fue reportado en Hansen-Rodríguez, *et al.* (2021), acorde a la revisión en los inventarios, en 2004 solamente se registraban dos PTAR tipo wetland denominadas Huitussi y anexos y San Rafael (CONAGUA, 2005a), las cuales al siguiente año aparecen como fosa séptica+wetland; además de que se agregaron las plantas denominadas La Entrada y Vicente Guerrero/El Pitahayal (CONAGUA, 2005b). En 2006 se incluyen en el listado Herculano de la Rocha y Roberto Barrios (CONAGUA, 2007). Al 2007, acorde con la CONAGUA (2008) se incrementa el número de instalaciones con la planta Cinco de Mayo y, al 2008, Palos Verdes (CONAGUA, 2009a) y se mantiene el número igual para 2009 (CONAGUA, 2009b). Al año 2010, se aumentan los sistemas Las Américas y Buenavista (CONAGUA, 2010); mientras que al 2011 se agregan cinco plantas más: Casa Blanca, Las Culebras, Flor de Mayo, El Progreso y San Antonio (CONAGUA, 2011a), número que se mantuvo constante en 2012 (CONAGUA, 2012). En 2013, se incluye Ejido Tecomate y las Quemazones, pero ya no aparecen las plantas Huitussi y anexos, San Rafael, La Entrada y Herculano de la Rocha, con un registro de 13 plantas en total (CONAGUA, 2013). Dicho número se mantuvo constante para el año siguiente (CONAGUA, 2014a). En 2015, nuevamente se agrega Herculano de la Rocha, alcanzando 14 plantas de tratamiento (CONAGUA, 2015a). En 2016, aparecen nuevamente Huitussi y anexos y La Entrada, llegando a 16 plantas de tratamiento (CONAGUA, 2016a), número que se mantuvo hasta 2019, siendo este el inventario más actualizado hasta el momento [CONAGUA, 2017a, 2018c y 2019a).

Por otra parte, los intervalos de la población servida se presentan en la Figura 11, con un total de 17,129 habitantes atendidos al 2019. El primer intervalo se integra por tres plantas que brindan servicio al 6.7% del total de la población servida; el segundo, se integra también por tres plantas y atiende al 15.4% del total; el tercer intervalo con seis plantas sirve al 41.5% del total; el cuarto, con tres plantas atiende al 24.7% del total y en el último intervalo, con una planta de tratamiento atiende al 11.7% del total (Hansen-Rodríguez, *et al.*, 2021).

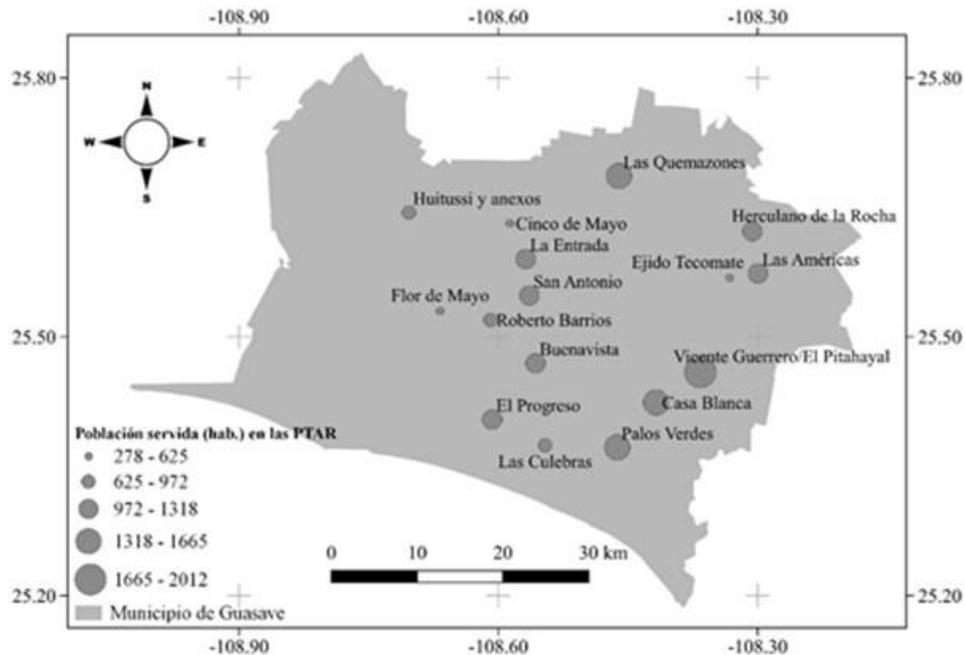


Figura 11. Población servida por las plantas de tratamiento de agua residual con Fosa séptica+wetland.

Fuente: Elaboración propia, con información proporcionada por JUMAPAG como respuesta a la solicitud ante la PNT (2019).

La capacidad instalada y la evolución del caudal tratado, año por año, se muestra en la Tabla 8. Se observa un aumento considerable del caudal de tratamiento, pasando de 3.3 L/s en 2004 a 24.9 L/s en 2019 (7.5 veces). Actualmente, el 12.88% del total del agua residual tratada en el municipio de Guasave utiliza este tipo de sistema de tratamiento (CONAGUA, 2019a; Hansen-Rodríguez, *et al.*, 2021). También la capacidad instalada ha crecido de 3.9 L/s en 2004 a 31.0 L/s en 2019 (casi 8 veces). Dicho de otra forma, al 2019, las plantas de tratamiento que usan el sistema combinado de Fosa séptica+wetland cuentan con una capacidad instalada de 31 L/s y tratan 24.9 L/s, esto es que, de manera general, se encuentran al 80% de su capacidad.

Cuando no se tienen plantas de tratamiento suficientes, una opción consiste en enviar las aguas residuales generadas en una localidad hacia otra que si cuenta con sistema de tratamiento en operación. Sin embargo, para ello es necesario que el sistema tenga la capacidad instalada suficiente para tratar el agua de ambas localidades (considerando también las proyecciones en el crecimiento de la población en ambas y, por tanto, la aportación a las aguas residuales por tratar en esta instalación) y que, al analizar el costo asociado a la conducción del agua residual de la primera a la segunda localidad, sea una opción económica, técnica y socialmente viable (Hansen-Rodríguez, *et al.*, 2021). Esto es importante, puesto que podría ser incluso más económica la instalación de un nuevo sistema de tratamiento *in situ*. Sin embargo, acorde a la Tabla 8, se observa que al 2019, 14 PTAR están trabajando al 70% o más de su capacidad instalada, una planta ya está al 100% de su capacidad y solamente la PTAR El Progreso, trabaja al 44% de su capacidad, pero esta planta aparece en los inventarios en 2011, por lo que es posible su incremento en el caudal de tratamiento. En esta misma Tabla se observa que al iniciar sus operaciones, las plantas de tratamiento comienzan tratando caudales más pequeños y con el paso de los años, estos caudales se incrementan hasta alcanzar la capacidad instalada.

De acuerdo con información de CONAGUA (2019a) del total de plantas que utilizan este sistema de tratamiento a nivel nacional (117 PTAR), 108 se encuentran ubicadas en el estado de Sinaloa (92% del total Nacional), seguido por Tlaxcala (con tres instalaciones), Hidalgo con dos sistemas instalados y Colima, Jalisco, Michoacán y Puebla (con sólo una planta, cada uno).

Al priorizar el uso de este sistema de tratamiento sobre los mecanizados en localidades rurales, se reducen los costos de operación y mantenimiento, si se considera la adición de reactivos químicos, el consumo energético y la contratación de personal especializado, que requieren estos últimos. La instalación de un wetland requiere de una mayor superficie de terreno que los sistemas mecanizados, lo cual es más factible de conseguir en las localidades rurales. Esto ha permitido continuar con el incremento de la capacidad de tratamiento en localidades pequeñas y con ello, disminuir la descarga directa de las aguas residuales a los cuerpos receptores, con la consecuente protección del medio ambiente y su sustentabilidad. Aunque la combinación de Fosa séptica+wetland es un sistema que requiere de menores costos para la operación y mantenimiento, es necesario que el organismo operador realice, de manera periódica, la limpieza del pretratamiento, el retiro de los lodos primarios de las fosas; así como la poda de las macrófitas

utilizadas en los wetland, para que estos sistemas continúen trabajando apropiadamente (Hansen-Rodríguez, *et al.*, 2021).

b) Lagunas de estabilización

En 2004, acorde a CONAGUA (2005a), en el municipio de Guasave solo existía la planta denominada Adolfo Ruiz Cortines. Al siguiente año, se adiciona Guasave (CONAGUA, 2005b), manteniéndose estas dos plantas en 2006 (CONAGUA, 2007). Para 2007, acorde a CONAGUA (2008) se tiene el registro de la planta Leyva Solano. En 2008 se incluye Juan José Ríos (CONAGUA, 2009a) y para el 2009, se adicionan dos plantas, Estación Bamoa y Huitussi (CONAGUA, 2009b). En el año 2010, se incluye Cerro Cabezón, llegando a siete lagunas de estabilización; además, la planta Adolfo Ruiz Cortines registra un incremento en su capacidad instalada, de 18 a 40 litros por segundo (CONAGUA, 2010). De 2011 a 2016 no existió ningún cambio en el número de plantas usando lagunas de estabilización (CONAGUA, 2011a, 2012, 2013, 2014a, 2015a y 2016a). En 2017, se incluye León Fonseca (CONAGUA, 2017a) y para 2018, Nío, pero ya no aparecen las plantas denominadas Adolfo Ruiz Cortines, Leyva Solano, Juan José Ríos, Huitussi ni León Fonseca, quedando en el inventario el registro de solamente cuatro plantas (CONAGUA, 2018c), información que se mantiene al último inventario considerado (CONAGUA, 2019a). El análisis de la información se presenta en la Tabla 9.

Los intervalos de la población servida se presentan en la Figura 12, con un total de 85,186 habitantes atendidos. El primer intervalo se integra por la planta más grande, denominada Guasave, la cual brinda servicio al 85.2% del total de la población servida por las lagunas de estabilización; el segundo, se integra por tres plantas y atiende al 14.8% del total. En la Tabla 9 se observa que la planta Nío está trabajando al 73% de su capacidad, Cerro Cabezón trabaja al 75%, Estación Bamoa se encuentra al 78% y Guasave, está al 87% de su capacidad. Se observa que entre las cuatro plantas antes mencionadas se trata un total de 168 L/s; caudal considerable al compararlo con el tratado con el sistema de FS+wetland. También se puede notar que de las nueve plantas que utilizan el sistema de lagunas de estabilización, a partir del inventario de 2018, cinco de ellas ya no aparecen en el registro, dato que se mantiene al 2019 (CONAGUA, 2018c y 2019a), lo cual provocó una reducción en el caudal tratado, de 318.4 L/s en 2017 a 168.4 L/s en 2018, es decir, de 150 L/s, que equivalen al 47%.

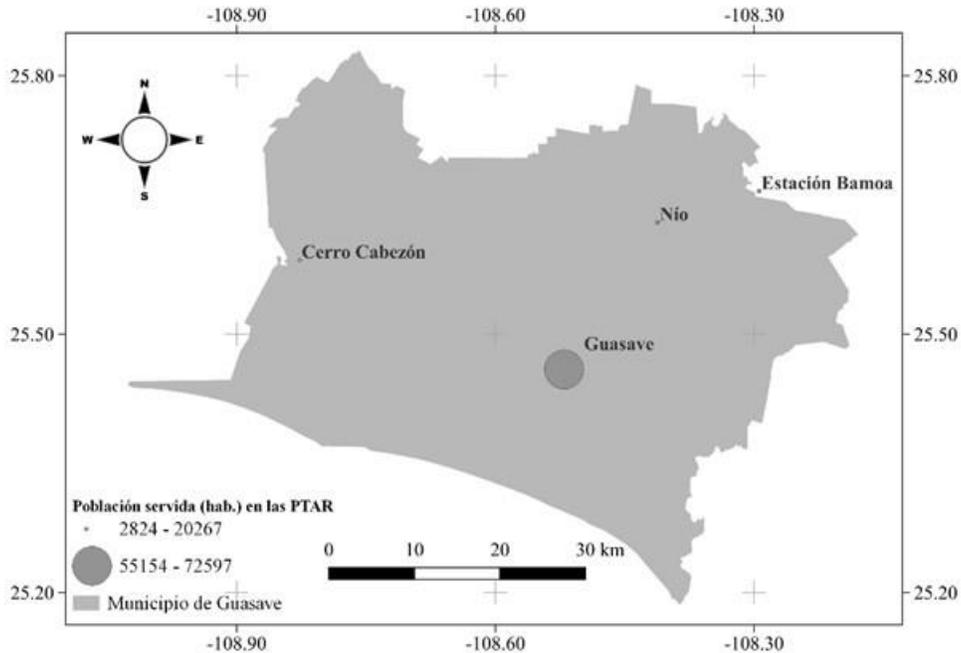


Figura 12. Población servida por las lagunas de estabilización.

Fuente: Elaboración propia, con información proporcionada por JUMAPAG como respuesta a la solicitud ante la PNT (2019).

Sin duda alguna, se ha logrado acrecentar tanto el número de instalaciones como el caudal tratado. Sin embargo, algo que se debe puntualizar es que, este municipio cuenta con un número importante de localidades rurales. El Catálogo de localidades de la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL) indica que, en total se tienen 853 localidades, de las cuales 835 son rurales; de ellas, 310 aparecen con cero habitantes y 360 tienen menos de 100 habitantes (SEDESOL, 2013). Es decir, no es tan simple para el organismo operador, llevar a cabo la recolección ni el tratamiento de las aguas residuales, en este tipo de localidades. Sin embargo, se debe considerar que el sistema de tratamiento a proponer en estos sitios cumpla tanto en la parte técnica, como en la económica, social y ambiental, ya que, esto no debe ser una limitante para que la población no cuente con el servicio, o bien, contamine debido a sus descargas. En este tipo de localidades se debe considerar también las soluciones unifamiliares.

Tabla 8. Evolución del uso de Fosa séptica+wetland para tratar las aguas residuales, en el municipio de Guasave, Sin.

Año		PTAR*															Total		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		16	17
2004	Q _{inst}	1.6	2.3																3.9
	Q _{trat}	1.3	2.0																3.3
2005	Q _{inst}	1.6	2.3	1.8	3.6														9.3
	Q _{trat}	1.3	2.0	0.8	0.2														4.3
2006	Q _{inst}	1.6	2.3	1.8	3.6	1.9	1.1												12.3
	Q _{trat}	1.3	2.0	0.8	0.2	1.0	0.6												5.9
2007	Q _{inst}	1.6	2.3	1.8	3.6	1.9	1.1	1.0											13.3
	Q _{trat}	1.3	2.0	0.8	1.3	1.0	0.6	0.6											7.6
2008	Q _{inst}	1.6	2.3	1.8	3.6	1.9	1.1	1.0	2.4										15.7
	Q _{trat}	1.3	2.0	0.8	1.3	1.0	0.6	0.6	0.5										8.1
2009	Q _{inst}	1.6	2.3	1.8	3.6	1.9	1.1	1.0	2.4										15.7
	Q _{trat}	1.3	2.0	0.8	1.3	1.0	0.6	0.6	0.5										8.1
2010	Q _{inst}	1.6	2.3	1.8	3.6	1.9	1.1	1.0	2.4	2.4	2.4								20.5
	Q _{trat}	1.3	2.1	1.0	1.9	1.2	0.8	0.6	1.3	1.9	1.8								13.9
2011	Q _{inst}	1.6	2.3	1.8	3.6	1.9	1.1	1.0	2.4	2.4	2.4	2.6	1.4	0.7	3.2	1.2			29.6
	Q _{trat}	1.3	2.1	1.0	1.9	1.2	0.8	0.6	1.3	1.9	1.8	2.1	0.7	0.5	1.9	0.6			19.7
2012	Q _{inst}	1.6	2.3	1.8	3.6	1.9	1.1	1.0	2.4	2.4	2.4	2.6	1.4	0.7	3.2	1.2			29.6
	Q _{trat}	1.4	2.1	1.1	2.1	1.3	0.8	0.7	1.5	1.9	1.8	2.1	0.7	0.5	1.9	0.6			20.5
2013	Q _{inst}				3.6		1.1	1.0	2.4	2.4	2.4	2.6	1.4	0.7	3.2	1.2	0.6	3.1	25.7
	Q _{trat}				2.1		0.8	0.7	1.5	1.9	1.8	2.1	0.7	0.5	1.9	0.6	0.6	1.0	16.2
2014	Q _{inst}				3.6		1.1	1.0	2.4	2.4	2.4	2.6	1.4	0.7	3.2	1.2	0.6	3.1	25.7
	Q _{trat}				2.5		0.8	0.7	1.7	1.9	1.8	2.1	0.7	0.5	1.9	0.7	0.6	1.5	17.4
2015	Q _{inst}				3.6	1.9	1.1	1.0	2.4	2.4	2.4	2.6	1.4	0.7	3.2	1.2	0.6	3.1	27.6
	Q _{trat}				2.5	1.4	0.8	0.7	1.7	1.9	1.8	2.1	0.7	0.5	1.9	0.7	0.6	1.9	19.2
2016	Q _{inst}	1.6		1.8	3.6	1.9	1.1	1.0	2.4	2.4	2.4	2.6	1.4	0.7	3.2	1.2	0.6	3.1	31.0
	Q _{trat}	1.5		1.5	2.9	1.6	0.8	0.7	1.9	1.9	1.8	2.1	0.9	0.5	2.1	0.8	0.6	2.0	23.6
2017	Q _{inst}	1.6		1.8	3.6	1.9	1.1	1.0	2.4	2.4	2.4	2.6	1.4	0.7	3.2	1.2	0.6	3.1	31.0
	Q _{trat}	1.5		1.6	3.0	1.7	0.9	0.9	2.2	2.0	2.0	2.1	1.1	0.5	1.4	0.9	0.6	2.3	24.7
2018	Q _{inst}	1.6		1.8	3.6	1.9	1.1	1.0	2.4	2.4	2.4	2.6	1.4	0.7	3.2	1.2	0.6	3.1	31.0
	Q _{trat}	1.5		1.6	3.2	1.7	0.9	0.9	2.2	2.0	2.0	2.1	1.1	0.5	1.4	0.9	0.6	2.3	24.9

Año		PTAR*																	Total
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
2019	Q _{inst}	1.6		1.8	3.6	1.9	1.1	1.0	2.4	2.4	2.4	2.6	1.4	0.7	3.2	1.2	0.6	3.1	31.0
	Q _{trat}	1.5		1.6	3.2	1.7	0.9	0.9	2.2	2.0	2.0	2.1	1.1	0.5	1.4	0.9	0.6	2.3	24.9

Notas: 1-Huitussi y anexos; 2-San Rafael; 3-La Entrada; 4-Vicente Guerrero/El Pitahayal; 5-Herculano de la Rocha; 6-Roberto Barrios; 7-Cinco de Mayo; 8-Palos Verdes; 9-Las Américas; 10-Buenavista; 11-Casa Blanca; 12-Las Culebras; 13-Flor de Mayo; 14-El Progreso; 15-San Antonio; 16-Ejido Tecomate y 17-Las Quemazones.

Q_{inst}-Capacidad instalada (en L/s); Q_{trat}-Caudal tratado (en L/s).

Fuentes: Elaboración propia, con datos de CONAGUA (2005a, 2005b, 2007, 2008, 2009a, 2009b, 2010, 2011a, 2012, 2013, 2014a, 2015a, 2016a, 2017a, 2018c y 2019a).

Tabla 9. Evolución del uso de lagunas de estabilización para tratar aguas residuales, en el municipio de Guasave, Sin.

Año		PTAR								Total
		Adolfo Ruíz Cortines	Guasave	Leyva Solano	Juan José Ríos	Estación Bamoá	Huitussi	Cerro Cabezón	León Fonseca	
2004	Q _{inst}	18.0								18.0
	Q _{trat}	22.0								22.0
2005	Q _{inst}	18.0	150.0							168.0
	Q _{trat}	22.0	75.0							97.0
2006	Q _{inst}	18.0	150.0							168.0
	Q _{trat}	22.0	75.0							97.0
2007	Q _{inst}	18.0	150.0	76.0						244.0
	Q _{trat}	22.0	80.0	39.4						141.4
2008	Q _{inst}	18.0	150.0	76.0	95.3					339.3
	Q _{trat}	22.0	82.0	39.4	55.0					198.4
2009	Q _{inst}	18.0	150.0	76.0	95.3	28.2	5.0			372.5
	Q _{trat}	22.0	117.2	39.4	55.0	16.1	3.8			253.5
2010	Q _{inst}	40.0	150.0	76.0	95.3	28.2	5.0	10.0		404.5
	Q _{trat}	28.2	124.2	41.3	58.6	18.1	3.9	6.2		280.5
2011	Q _{inst}	40.0	150.0	76.0	95.32	28.2	5.0	10.0		404.52
	Q _{trat}	28.2	124.2	41.3	58.6	18.14	3.91	6.2		280.55
2012	Q _{inst}	40.0	150.0	76.0	95.32	28.2	5.0	10.0		404.52
	Q _{trat}	28.2	124.2	41.3	58.6	18.2	4.0	6.2		280.7
2013	Q _{inst}	40.0	150.0	76.0	95.3	28.2	5.0	10.0		404.5
	Q _{trat}	28.2	124.2	41.3	58.6	18.2	4.0	6.2		280.7
2014	Q _{inst}	40.0	150.0	76.0	95.3	28.2	5.0	10.0		404.5
	Q _{trat}	28.2	127.0	43.5	58.6	18.2	4.0	6.8		286.3
2015	Q _{inst}	40.0	150.0	76.0	95.3	28.2	5.0	10.0		404.5
	Q _{trat}	28.2	127.0	43.5	58.6	18.2	4.0	6.8		286.3
2016	Q _{inst}	40.0	150.0	76.0	95.3	28.2	5.0	10.0		404.5
	Q _{trat}	30.2	127.0	49.9	65.8	20.4	4.0	7.5		304.8
2017	Q _{inst}	40.0	150.0	76.0	95.3	28.2	5.0	10.0	10.5	415.0
	Q _{trat}	30.2	127.0	53.7	65.8	21.9	4.1	7.5	8.2	318.4

Año	PTAR									Total
	Adolfo Ruíz Cortines	Guasave	Leyva Solano	Juan José Ríos	Estación Bamoá	Huitussi	Cerro Cabezón	León Fonseca	Nío	
2018	Q _{inst}	150.0			28.2		10.0		11.0	199.2
	Q _{trat}	131.0			21.9		7.5		8.0	168.4
2019	Q _{inst}	150.0			28.2		10.0		11.0	199.2
	Q _{trat}	131.0			21.9		7.5		8.0	168.4

Notas: Q_{inst}-Capacidad instalada (en L/s); Q_{trat}-Caudal tratado (en L/s).

Fuentes: Elaboración propia, con datos de CONAGUA (2005a, 2005b, 2007, 2008, 2009a, 2009b, 2010, 2011a, 2012, 2013, 2014a, 2015a, 2016a, 2017a, 2018c y 2019a).

IV.1.2 Municipio de Ahome

Mediante la información de los Inventarios Nacionales de Plantas Municipales de Potabilización y de Tratamiento de Aguas Residuales en Operación, de la CONAGUA, de 2004 a 2019, se analizó la evolución en cuanto al uso de cuatro distintos tipos de sistemas en el municipio de Ahome, Sin.

a) Fosa séptica+wetland

Acorde a la revisión, en 2004 solamente se registraban cuatro plantas tipo wetland denominadas Lousiana, Nuevo San Miguel, San Isidro y Tozalibampo (CONAGUA, 2005a), las cuales al siguiente año permanecen, pero ahora aparecen registradas como fosa séptica+wetland (CONAGUA, 2005b). En 2006 se incluyen en el listado Bacaporobampo, Felipe Ángeles y Muellecito (CONAGUA, 2007), incrementando a siete el número de plantas; el cual permaneció igual a 2007 (CONAGUA, 2008); posteriormente, en 2008, se incluye La Despensa (CONAGUA, 2009a) y al año siguiente, se incrementa con Cachoana, Matacahui, Los Suárez y Zapotillo, llegando a 12 PTAR en 2009 (CONAGUA, 2009b). Al año 2010, permanece igual el número de instalaciones (CONAGUA, 2010); mientras que al 2011, la planta de Zapotillo cambia de nombre a Zapotillo Viejo y se agregan Huatabampito y Paredones, siendo ya 14 las plantas (CONAGUA, 2011a), número que se mantiene constante en 2012 y 2013 (CONAGUA, 2012 y 2013). Al año siguiente, se incluyen tres sistemas más: Choacahui, Luis Echeverría y San Pablo (CONAGUA, 2014a) y finalmente, en 2015 se agrega Tortugas Dos, alcanzando 18 plantas de tratamiento usando fosa séptica+wetland (CONAGUA, 2015a), número que se mantuvo constante hasta 2019 (CONAGUA, 2016a, 2017a, 2018c y 2019a).

La capacidad instalada y la evolución del caudal tratado, año por año, se muestra en la Tabla 10. Se observa un aumento considerable del caudal de tratamiento, pasando de 9.7 L/s en 2004 a 31.2 L/s en 2019, esto es, actualmente el 2.6% del total del agua residual tratada en el municipio de Ahome es por medio de este tipo de sistema de tratamiento; así como que las plantas en promedio se encuentran trabajando al 90% de su capacidad instalada (CONAGUA, 2019a). Además, la planta Nuevo San Miguel llegó a su capacidad en 2014 y a partir de 2015 la rebasa, trabajando desde entonces a un caudal mayor que el instalado.

Tabla 10. Evolución del uso de Fosa séptica+wetland para tratar las aguas residuales, en el municipio de Ahome, Sin.

Año		PTAR*																Total		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16		17	18
2004	Q _{inst}	1.8	5.8	2.5	2.5															12.6
	Q _{trat}	1.5	4.2	2.0	2.0															
2005	Q _{inst}	1.8	5.8	2.5	2.5															12.6
	Q _{trat}	1.5	4.2	2.0	2.0															9.7
2006	Q _{inst}	1.8	5.8	2.5	2.5	1.2	2.5	1.8												18.1
	Q _{trat}	1.5	4.2	2.0	2.0	0.15	1.97	0.22												12.04
2007	Q _{inst}	1.8	5.8	2.5	2.5	1.2	2.5	1.8												18.1
	Q _{trat}	1.5	4.2	2.0	2.0	0.55	1.97	0.65												12.87
2008	Q _{inst}	1.8	5.8	2.5	2.5	1.2	2.5	1.8	2.5											20.6
	Q _{trat}	1.5	4.2	2.0	2.0	1.0	2.1	1.2	1.4											15.4
2009	Q _{inst}	1.8	5.8	2.5	2.5	1.2	2.5	1.8	2.5	0.8	0.3	1.2	2.2							25.1
	Q _{trat}	1.5	4.2	2.0	2.0	1.0	2.1	1.2	1.4	0.1	0.1	0.1	0.3							16.0
2010	Q _{inst}	1.8	5.8	2.5	2.5	1.2	2.5	1.8	2.5	0.8	0.3	1.2	2.2							25.1
	Q _{trat}	1.0	5.3	2.2	2.2	1.1	2.1	1.2	1.4	0.1	0.1	0.1	0.3							17.1
2011	Q _{inst}	1.8	5.8	2.5	2.5	1.2	2.5	1.8	2.5	0.8	0.3	1.2	2.2	1.0	2.0					28.1
	Q _{trat}	1.0	5.3	2.2	2.2	1.1	2.1	1.15	1.8	0.2	0.1	0.1	1.6	0.5	0.7					20.05
2012	Q _{inst}	1.8	5.8	2.5	2.5	1.2	2.5	1.8	2.5	0.8	0.3	1.2	2.2	1.0	2.0					28.1
	Q _{trat}	1.0	5.3	2.2	2.2	1.1	2.1	1.2	1.8	0.4	0.1	0.1	1.6	0.5	0.7					20.3
2013	Q _{inst}	1.8	5.8	2.5	2.5	1.2	2.5	1.8	2.5	0.8	0.3	1.2	2.2	1.0	2.0					28.1
	Q _{trat}	1.0	5.3	2.2	2.2	1.1	2.1	1.2	1.8	0.4	0.1	0.6	1.6	0.5	0.7					20.8
2014	Q _{inst}	1.8	5.8	2.5	2.5	1.2	2.5	1.8	2.5	0.8	0.3	1.2	2.2	1.0	2.0	1.4	3.8	2.8		36.1
	Q _{trat}	1.0	5.8	2.2	2.2	1.1	2.1	1.4	2.1	0.5	0.2	0.8	2.0	0.8	1.4	0.5	0.9	0.3		25.3
2015	Q _{inst}	1.8	5.8	2.5	2.5	1.2	2.5	1.8	2.5	0.8	0.3	1.2	2.2	1.0	2.0	1.4	3.8	2.8	1.0	37.1
	Q _{trat}	1.0	7.4	2.2	2.2	1.1	2.1	1.4	2.1	0.5	0.2	0.8	2.0	0.8	1.9	0.5	0.9	0.3	0.3	27.7
2016	Q _{inst}	1.8	5.8	2.5	2.5	1.2	2.5	1.8	2.5	0.8	0.3	1.2	2.2	1.0	2.0	1.4	3.8	2.8	1.0	37.1
	Q _{trat}	1.3	7.4	2.2	2.2	1.1	2.1	1.6	2.2	0.6	0.2	0.9	2.0	0.8	1.9	0.8	1.7	1.3	0.5	30.8
2017	Q _{inst}	1.8	5.8	2.5	2.5	1.2	2.5	1.8	2.5	0.8	0.3	1.2	2.2	1.0	2.0	1.4	1.5	2.8	1.0	34.8
	Q _{trat}	1.7	7.4	2.5	2.2	1.1	2.1	1.6	2.2	0.6	0.2	1.1	2.0	0.9	1.9	0.9	1.0	1.3	0.5	31.2
2018	Q _{inst}	1.8	5.8	2.5	2.5	1.2	2.5	1.8	2.5	0.8	0.3	1.2	2.2	1.0	2.0	1.4	1.5	2.8	1.0	34.8
	Q _{trat}	1.7	7.4	2.5	2.2	1.1	2.1	1.6	2.2	0.6	0.2	1.1	2.0	0.9	1.9	0.9	1.0	1.3	0.5	31.2

Año		PTAR*																		Total
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
2019	Q _{inst}	1.8	5.8	2.5	2.5	1.2	2.5	1.8	2.5	0.8	0.3	1.2	2.2	1.0	2.0	1.4	1.5	2.8	1.0	34.8
	Q _{trat}	1.7	7.4	2.5	2.2	1.1	2.1	1.6	2.2	0.6	0.2	1.1	2.0	0.9	1.9	0.9	1.0	1.3	0.5	31.2

Notas: 1-Lousiana; 2-Nuevo San Miguel; 3-San Isidro; 4-Tozalibampo; 5-Bacaporobampo; 6-Felipe Ángeles; 7-Muellecito; 8-La Despensa; 9-Cachoana; 10-Matacahui; 11-Los Suárez; 12-Zapotillo; 13-Huatabampito; 14-Paredones; 15-Choacahui; 16-Luis Echeverría; 17-San Pablo y 18-Tortugas Dos.

Q_{inst}-Capacidad instalada (en L/s); Q_{trat}-Caudal tratado (en L/s).

Fuentes: Elaboración propia, con datos de CONAGUA (2005a, 2005b, 2007, 2008, 2009a, 2009b, 2010, 2011a, 2012, 2013, 2014a, 2015a, 2016a, 2017a, 2018c y 2019a).

b) Lagunas de estabilización

El uso de las lagunas de estabilización para el tratamiento de las aguas residuales se inicia en 2005, con la instalación de la PTAR Los Mochis (CONAGUA, 2005b), siendo esta la única planta con este sistema en los dos siguientes años (CONAGUA, 2007 y 2008); en 2008, se incluye El Carrizo (CONAGUA, 2009a) y estas dos instalaciones permanecen hasta 2010 (CONAGUA, 2009b y 2010); al 2011 se agregan Ahome y Primero de Mayo (CONAGUA, 2011a), y a 2012, se incluye a El Colorado e Higuera de Zaragoza, llegando a seis plantas, número que se mantuvo constante hasta 2017 (CONAGUA, 2012, 2013, 2014a, 2015a, 2016a y 2017a). En 2018, deja de incluirse a El Carrizo (CONAGUA, 2018c), con lo cual mantiene el número de cinco plantas usando lagunas de estabilización, las cuales permanecen hasta 2019 (CONAGUA, 2019a).

En la Tabla 11 se muestra la evolución en el incremento de instalaciones y caudal tratado por medio de este sistema, observando que, del total de agua tratada en el municipio de Ahome, el 95.1% se trata por medio de las lagunas de estabilización. Es decir, por medio de estas cinco plantas se está realizando el tratamiento de la mayor parte del agua residual colectada en el municipio. Otro dato importante es que la PTAR Los Mochis, se encuentra rebasada en su capacidad de tratamiento desde 2015 y actualmente está trabajando, acorde a los datos de los inventarios, al 117% del caudal de diseño, lo cual puede estar provocando problemas en las instalaciones, así como en la calidad del efluente tratado.

Cabe mencionar que esta planta trata el agua residual del Ejido 9 de diciembre, Ejido Mochis, Ejido Compuertas, Puerto de Topolobampo y de la ciudad de Los Mochis, según la información proporcionada de manera directa, por la Coordinadora de tratamiento de aguas residuales de JAPAMA. Asimismo, tal como se observa en la Tabla 11, es la planta que cuenta con la mayor capacidad en cuanto a este sistema, ya que del total del agua tratada por medio de lagunas de estabilización, el 95.1% de ella se trata en la PTAR Los Mochis.

Tabla 11. Evolución del uso de lagunas de estabilización para tratar aguas residuales, en el municipio de Ahome, Sin.

Año	PTAR						Total
	Los Mochis	El Carrizo	Ahome	Primero de Mayo	El Colorado	Higuera de Zaragoza	
2004	Q _{inst}						0.0
	Q _{trat}						0.0
2005	Q _{inst}	920					920.0
	Q _{trat}	604					604.0
2006	Q _{inst}	920					920.0
	Q _{trat}	604					604.0
2007	Q _{inst}	920					920.0
	Q _{trat}	612					612.0
2008	Q _{inst}	920	20.4				940.4
	Q _{trat}	669	14.3				683.3
2009	Q _{inst}	920	20.4				940.4
	Q _{trat}	669	17.0				646.0
2010	Q _{inst}	920	20.4				940.4
	Q _{trat}	744	18.0				762.0
2011	Q _{inst}	920	20.4	38.0	15.0		993.4
	Q _{trat}	867	18.0	16.5	8.0		909.5
2012	Q _{inst}	920	20.42	38.0	15.0	10.5	1,033.9
	Q _{trat}	875	18.3	16.5	8.0	6.0	941.8
2013	Q _{inst}	920	20.4	38.0	15.0	10.5	1,033.9
	Q _{trat}	875	18.3	16.5	8.0	6.0	941.8
2014	Q _{inst}	920	20.4	38.0	15.0	10.5	1,033.9
	Q _{trat}	898	18.3	17.5	9.0	6.5	967.3
2015	Q _{inst}	920	20.4	38.0	15.0	10.5	1,033.9
	Q _{trat}	930	18.3	17.5	12.8	7.7	1,004.3
2016	Q _{inst}	920	20.4	38.0	15.0	10.5	1,033.9
	Q _{trat}	1,040	18.3	17.5	12.8	7.9	1,112.8
2017	Q _{inst}	920	20.4	38.0	15.0	10.5	1,033.9
	Q _{trat}	1,040	18.3	17.5	12.8	7.9	1,112.8
2018	Q _{inst}	920		38.0	15.0	10.5	1,013.5
	Q _{trat}	1,080		18.5	12.8	7.9	1,135.5
2019	Q _{inst}	920		38.0	15.0	10.5	1,013.5
	Q _{trat}	1,080		18.5	12.8	7.9	1,135.5

Notas: Q_{inst}-Capacidad instalada (en L/s); Q_{trat}-Caudal tratado (en L/s).

Fuentes: Elaboración propia, con datos de CONAGUA (2005a, 2005b, 2007, 2008, 2009a, 2009b, 2010, 2011a, 2012, 2013, 2014a, 2015a, 2016a, 2017a, 2018c y 2019a).

d) Lodos activados

A partir del inventario de 2015 se incluye el uso del sistema de lodos activados, con la PTAR Bagojo Colectivo. Siendo la única usando este proceso de tratamiento durante ese año y los dos siguientes. Sin embargo, a partir de 2018 ya no aparece en los inventarios (CONAGUA, 2015a, 2016a, 2017a, 2018c y 2019a).

En la Tabla 12 se presenta la evolución en la utilización de los lodos activados para el tratamiento del agua residual del municipio de Ahome y se observa que, a 2017, del total del agua residual tratada (1,174.4 L/s) el 1.1% utilizaba el proceso de lodos activados. A 2019, ya no aparece el registro de esta planta. No se indica ninguna razón de la salida de esta planta.

Tabla 12. *Evolución del uso de lodos activados para tratar aguas residuales, en el municipio de Ahome, Sin.*

Año		PTAR	
		Bagojo Colectivo	Total
2015	Q _{inst}	20	20
	Q _{trat}	14	14
2016	Q _{inst}	20	20
	Q _{trat}	10	10
2017	Q _{inst}	20	20
	Q _{trat}	13	13
2018	Q _{inst}	---	---
	Q _{trat}	---	---
2019	Q _{inst}	---	---
	Q _{trat}	---	---

Notas: Q_{inst}-Capacidad instalada (en L/s); Q_{trat}-Caudal tratado (en L/s).

Fuentes: Elaboración propia, con datos de CONAGUA (2015a, 2016a, 2017a, 2018c y 2019a).

e) Discos biológicos o biodiscos

De acuerdo con los datos de los inventarios de 2015 a 2019, los biodiscos solamente se usan en dos plantas: San Miguel Zapotitlán, incluida en el inventario de 2015 y que permanece los siguientes dos años como la única con este sistema (CONAGUA, 2015a, 2016a y 2017a) y Coahuibampo, a partir del inventario de 2018; quedando a 2019, el uso en solamente estas dos plantas de tratamiento (CONAGUA, 2018c y 2019a).

La Tabla 13 muestra la capacidad instalada y la evolución del caudal tratado. Se observa un incremento en el caudal de tratamiento, pasando de 15 L/s en 2015 a 26.9 L/s en 2019 (79% de incremento en cuatro años). Además, actualmente el 2.3% del total del agua residual tratada en el municipio de Ahome utiliza los biodiscos. Respecto a la capacidad instalada, también creció de 25 L/s en 2015 a 37 L/s en 2019, siendo un 48% de aumento. Sin embargo, las plantas ya se encuentran trabajando al 70 y 79%, respectivamente, de su capacidad instalada.

Tabla 13. *Evolución del uso de biodiscos para tratar aguas residuales, en el municipio de Ahome, Sin.*

Año		PTAR		Total
		San Miguel Zapotitlán	Cohuibampo	
2015	Q _{inst}	25.0		25.0
	Q _{trat}	15.0		15.0
2016	Q _{inst}	25.0		25.0
	Q _{trat}	17.4		17.4
2017	Q _{inst}	25.0		25.0
	Q _{trat}	17.4		17.4
2018	Q _{inst}	25.0	12.0	37.0
	Q _{trat}	17.4	9.5	26.9
2019	Q _{inst}	25.0	12.0	37.0
	Q _{trat}	17.4	9.5	26.9

Notas: Q_{inst}-Capacidad instalada (en L/s); Q_{trat}-Caudal tratado (en L/s).

Fuentes: Elaboración propia, con datos de CONAGUA (2015a, 2016a, 2017a, 2018c y 2019a).

La Figura 13 presenta la ubicación geográfica de las plantas de tratamiento del municipio de Ahome, al 2019. El municipio ha crecido, tanto en el número de instalaciones como en caudal tratado. Sin embargo, también cuenta con un número importante de localidades rurales. El Catálogo de localidades de SEDESOL indica que, en total se tienen 737 localidades, de las cuales 715 son rurales; de ellas, 398 aparecen registradas con cero habitantes y 223 cuentan con menos de 100 habitantes (SEDESOL, 2013). En este punto, el organismo operador también requiere el considerar sistemas de tratamiento acorde a las condiciones de estas localidades. Siempre considerando el avance hacia la sustentabilidad.

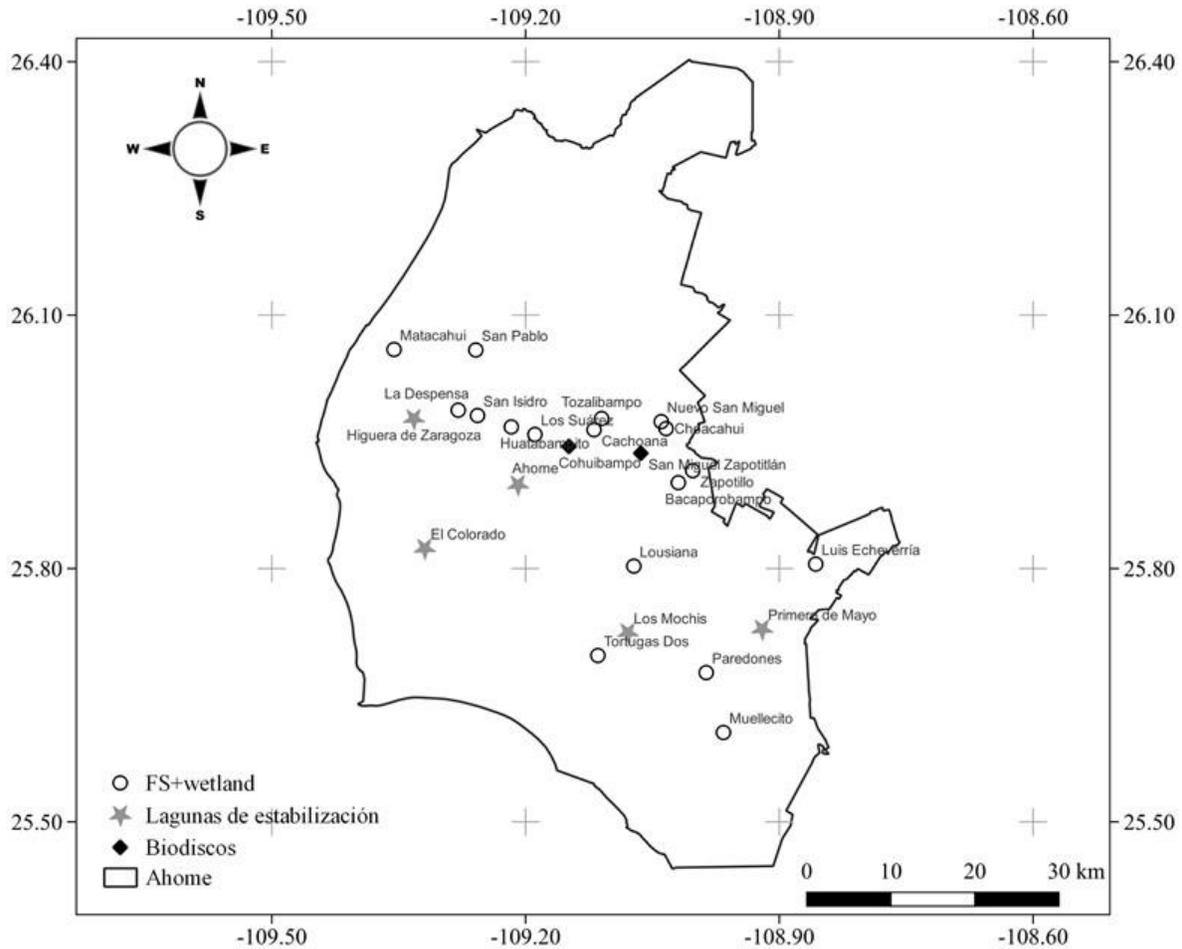


Figura 13. Ubicación de las PTAR del municipio de Ahome.

Fuentes: Elaboración propia, con información proporcionada por la Gerencia Técnica de JAPAMA y con datos de CONAGUA (2005a, 2005b, 2007, 2008, 2009a, 2009b, 2010, 2011a, 2012, 2013, 2014a, 2015a, 2016a, 2017a, 2018c y 2019a).

IV.2 Medición en Campo

IV.2.1 Ubicación Geográfica de las PTAR

La localización geográfica de las plantas del municipio de Guasave, así como su población servida y punto de descarga se presenta en la Tabla 14; mientras que en la Figura 14 muestra de forma visual la ubicación de lo indicado en el listado.

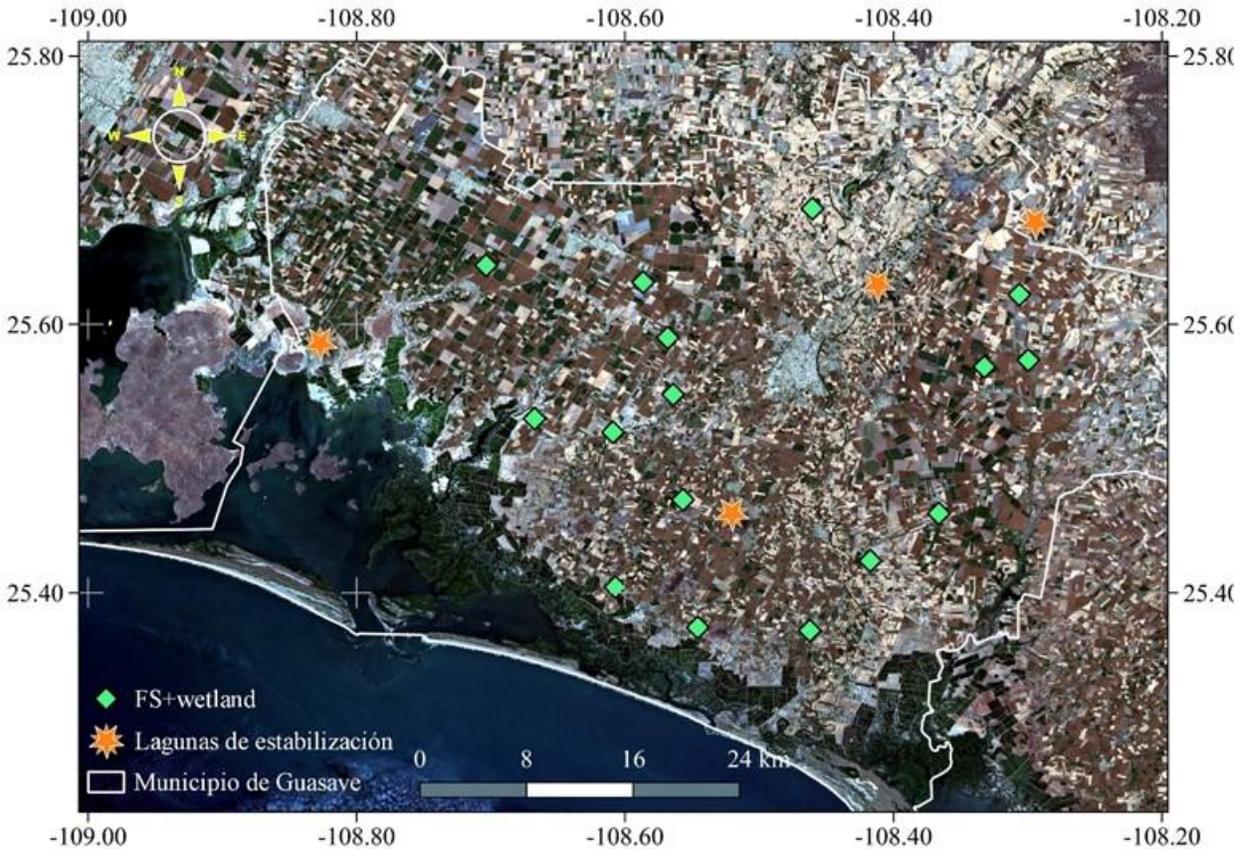


Figura 14. Ubicación geográfica de las plantas del municipio de Guasave, Sin.

Fuentes: Elaboración propia con información proporcionada por personal de JUMAPAG y datos de CONAGUA (2018c); QGIS, versión 3.22.1; Copernicus Open Access Hub (2021).

IV.2.2 Muestreo del Agua Residual Cruda

Esta actividad se realizó en compañía del encargado de las PTAR en JUMAPAG, tanto para el muestreo como para la ubicación de los puntos de descarga. Se tuvieron retrasos en la programación, debido a la problemática generada por la pandemia por COVID-19 en las actividades del organismo operador. El muestreo se realizó dividido en tres sectores.

El primer sector estuvo integrado por las plantas denominadas Guasave, Buenavista, El Progreso, Palos Verdes, Casa Blanca y Vicente Guerrero/El Pitahayal; el segundo se conformó por Herculano de la Rocha y Las Américas; y el tercero, por Las Quemazones y Cerro Cabezón.

El día 02 de junio de 2021 se llevó a cabo el primer muestreo a las plantas del tercer sector, el cual era el más alejado. Situación por la cual solamente se alcanzaron a muestrear estas plantas

durante ese día. Terminado el muestreo, las muestras se trasladaron a la ciudad de Los Mochis, Sin. para su posterior análisis. Precisamente, debido a la hora máxima de entrega que estableció el laboratorio para la recepción, se ajustaron los muestreos hasta donde alcanzaran. El segundo muestreo fue el día 03 de junio, con las plantas del primer sector y, el tercer muestreo se retrasó un poco, debido a complicaciones propias en JUMAPAG, llevándose a cabo el día 16 de junio, con las dos plantas restantes, del segundo sector.

La temperatura, conductividad eléctrica específica (CEe), oxígeno disuelto (OD) y potencial de hidrógeno (pH) fueron medidos en campo con una sonda multiparamétrica (marca YSI, modelo Professional Plus). Acorde a lo solicitado por el laboratorio, se emplearon recipientes de plástico con capacidad de un litro para la toma de muestra. Las muestras de agua fueron almacenadas con hielo, a 4°C, y posteriormente, enviadas para su análisis en el Laboratorio IBC Analytic México, S.A. de C.V., ubicado en las instalaciones de la Universidad Autónoma de Occidente, Unidad Regional Los Mochis. En las muestras se midió DBO₅ y DQO. Se analizó una muestra doble para el control de calidad.

Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 15, donde se puede observar que, en todos los casos (con excepción de la PTAR Buenavista) el influente se encuentra dentro de los rangos permitidos en la NOM-001-SEMARNAT-1996 respecto a la DBO₅, con descarga a ríos para cuerpo receptor tipo A (uso en riego agrícola, 150 mg/L promedio mensual o 200 mg/L promedio diario) y, respecto a la descarga en suelos (uso en riego agrícola) no aplica.

Tabla 14. *Coordenadas geográficas, población servida y cuerpo receptor de las PTAR del municipio de Guasave, Sin.*

N°	PTAR	Longitud	Latitud	Pobl. serv. (hab)	Cuerpo receptor
1	Cerro Cabezón	-108°49'37.20" O	25°35'09.80" N	2,824	Canal desagüe de granjas camaroneras
2	Estación Bamoa	-108°17'38.79" O	25°39'58.12" N	6,733	Dren colector Maquipo
3	Guasave	-108°31'13.05" O	25°27'32.52" N	72,597	Dren colector Guasave
4	Nío	-108°24'41.97" O	25°37'47.38" N	3,032	Río Sinaloa
5	Buenavista	-108°33'21.53" O	25°27'47.59" N	1,282	Dren colector 27+1000
6	Casa Blanca	-108°24'0.82" O	25°25'35.09" N	1,417	Dren colector Burrión
7	Cinco de Mayo	-108°35'19.39" O	25°37'39.64" N	540	Dren 15
8	Ejido Tecomate	-108°19'56.20" O	25°34'06.40" N	278	Dren colector El Gato
9	La Entrada	-108°34'5.60" O	25°35'24.40" N	982	Dren San Carlos
10	El Huitussito	-108°42'12.50" O	25°38'38.80" N	920	Dren Navobampo
11	El Progreso	-108°36'25.70" O	25°24'15.00" N	1,137	Dren 25+1000
12	Flor de mayo	-108°40'2.54" O	25°31'47.18" N	327	Dren Bacahuiria Oriente
13	Herculano de La Rocha	-108°18'18.76" O	25°37'05.02" N	1,228	Dren colector Maquipo
14	Las Américas	-108°17'58.50" O	25°34'24.30" N	1,180	Dren colector Maquipo
15	Las Culebras	-108°32'44.93" O	25°22'27.01" N	746	Dren 900
16	Las Quemazones	-108°27'37.40" O	25°41'10.80" N	1,319	Dren colector Arroyo Viejo
17	Palos Verdes	-108°27'44.50" O	25°22'18.40" N	1,500	Dren Palos Verdes
18	Roberto Barrios	-108°36'32.40" O	25°31'10.73" N	966	Dren San Antonio
19	San Antonio	-108°33'50.98" O	25°32'51.98" N	1,295	Dren San Carlos
20	Vicente Guerrero/El Pitahayal	-108°21'58.30" O	25°27'32.90" N	2,012	Dren agrícola

Fuentes: Elaboración propia con datos de CONAGUA (2012 y 2019a), datos proporcionados por JUMAPAG en respuesta a la solicitud ante la PNT (2019).

Tabla 15. *Parámetros medidos en campo, DBO₅ y DQO a la entrada y salida de las plantas muestreadas.*

Identificación	Fecha	Hora	pH	Temp. (°C)	CEe (ms/cm)	OD (mg/L)	DBO ₅ (mg/L)	DQO (mg/L)	Observaciones
E1 Las Quemazones	02/06/2021	09:35h	6.95	29.1	2.42	0	47.7	92	Falta de O&M en la PTAR
S1 Las Quemazones	02/06/2021	09:47h	6.94	21.6	2.65	1.9	18.9	36	Presencia de mucha espuma y basura
E2 Cerro Cabezón	02/06/2021	11:10h	6.88	30.3	3.15	0	64.2	168	Presencia de mucha materia flotante, mosco y maleza
S2 Cerro Cabezón	02/06/2021	---	---	---	---	---	---	---	No hubo muestra debido a que la última laguna no tiene descarga, al inicio está seca y posteriormente, estancada
E3 Buenavista	03/06/2021	10:03h	7.07	28.8	3.16	0.1	95.7	200	Presencia de mucha maleza y moscos alrededor. Mucha materia flotante. Falta de O&M. Estiércol en todo el camino. Sin cerca perimetral ni vigilancia
S3 Buenavista	03/06/2021	09:52h	6.89	21.6	3.19	1.2	55	120	Muchos sólidos y larvas de moscos
E4 El Progreso	03/06/2021	10:33h	6.87	29.5	1.51	0.2	93	180	FS sin tapas. Influyente con capa superficial. Sin cerca ni vigilancia
S4 El Progreso	03/06/2021	10:25h	6.89	23.1	1.98	2.6	59.4	120	Salida con tres tubos; un poco profunda, aprox. 1.5 m. Limpio alrededor
E5 Guasave	03/06/2021	11:00h	6.8	30.5	1.91	0.3	98.1	168	Son tres trenes
Duplicado E11 Guasave	03/06/2021	11:05h	6.8	30.5	1.91	0.3	105.3	168	
S5 Guasave	03/06/2021	11:20h	7.36	31.1	1.77	13	105.9	212	Efluente color verde intenso. Sin sólidos. Es importante remarcar que la DBO ₅ y DQO del efluente es mayor que la de entrada de la planta
E6 Palos Verdes	03/06/2021	11:50h	7.07	29.5	3.07	0.2	42.9	104	

Identificación	Fecha	Hora	pH	Temp. (°C)	CEe (ms/cm)	OD (mg/L)	DBO ₅ (mg/L)	DQO (mg/L)	Observaciones
S6 Palos Verdes	03/06/2021	---	---	---	---	---	---	---	No se pudo encontrar el tubo de salida, por la gran cantidad de maleza alrededor del humedal
E7 Casa Blanca	03/06/2021	12:49h	7.03	29.3	3.24	0.5	96.6	160	PTAR cercada, bien cuidada en apariencia. La tubería a la salida de la FS se encuentra quebrada
S7 Casa Blanca	03/06/2021	12:45h	7.06	28.8	3.22	1.2	38.7	76	El humedal tiene mucho lodo viejo
E8 Vicente Guerrero/ El Pitahayal	03/06/2021	12:49h	7.12	29.1	2.47	0.3	94.5	168	Todo alrededor de las unidades estaba lleno de estiércol, hojas y mazorcas
S8 Vicente Guerrero/ El Pitahayal	03/06/2021	12:45h	7.27	34.3	2.36	0.4	100.8	188	El ganado entra y abreva en el humedal, el cual tiene lodo viejo
E9 Las Américas	16/06/2021	11:00h	7.02	30.5	2.36	0.3	112.5	180	La FS estaba desbordada, con mucha hierba alrededor. Es importante remarcar que la DBO ₅ y DQO del efluente es mayor que la de entrada de la planta
S9 Las Américas	16/06/2021	11:10h	6.9	23.9	3.38	1.2	55.8	92	La salida presentaba descarga fluida al dren, con poca hierba alrededor. Fácil acceso. Ubicada sobre el talud del dren
E10 Herculano de la Rocha	16/06/2021	11:30h	7.15	31.3	2.68	0.3	100.2	180	Bardeada; mucha hierba seca alrededor de las unidades
S10 Herculano de la Rocha	16/06/2021	11:40h	7.06	27.0	2.62	0.4	64.5	116	Efluente con muchos sólidos

Notas: E: Entrada; S: Salida.

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados del Laboratorio IBC Analytic México, S.A. de C.V.

IV.2.2.1 PTAR Las Quemazones

Esta planta se encuentra ubicada en la localidad con el mismo nombre. Descarga hacia el Dren Colector Arroyo Viejo. Durante el monitoreo se observó falta de operación y mantenimiento, gran cantidad de mosquitos; así como un efluente con mucha espuma y basura (Figura 15).



Caja repartidora



Humedal artificial



Influente



Efluente

Figura 15. PTAR Las Quemazones.

Fuente: Elaboración propia.

IV.2.2.2 PTAR Cerro Cabezón

Esta planta se ubica en El Cerro Cabezón y descarga al canal de desagüe de granjas camaroneras. Se observó presencia de materia flotante, gran cantidad de moscos y maleza; a la salida no hubo muestra, ya que la última laguna no tiene descarga. Al inicio de la laguna tiene unos tres metros secos, ya que no está fluyendo agua de la laguna anterior a esta y esto provoca que el agua de la laguna final se encuentre estancada (Figura 16).



Vista de la PTAR



Maleza alrededor



Lagunas de estabilización



Influente



Laguna final

Figura 16. PTAR Cerro Cabezón.

Fuente: Elaboración propia.

IV.2.2.3 PTAR Buenavista

Esta planta se ubica en la localidad del mismo nombre y descarga al Dren Colector 27+1000. Se observó gran cantidad de maleza alrededor y muchos moscos. En el influente había mucha materia flotante y no es fácil la toma de muestra; mientras que, a la salida se observaron muchos sólidos y la presencia de larvas de moscos. Alrededor de la planta se aprecia mucho estiércol, ya que no se encuentra bardeada (Figura 17).



Fosa séptica



Efluente



Humedal artificial

Figura 17. PTAR Buenavista.

Fuente: Elaboración propia.

IV.2.2.4 PTAR El Progreso

Esta planta se ubica en la localidad del mismo nombre y descarga al Dren 25+1000. Se observó limpieza alrededor; la fosa séptica no cuenta con tapas y el influente tenía una capa superficial (Figura 18). Bastante crecimiento de las plantas en el humedal artificial; se requiere de poda por falta de mantenimiento. Respecto al efluente, había tres tubos que forman la salida, con una profundidad aproximada de 1.5 metros para poder tomar la muestra.



Influente



Humedal artificial



Fosa séptica



Efluente

Figura 18. PTAR El Progreso.

Fuente: Elaboración propia.

IV.2.2.5 PTAR Guasave

Esta planta se ubica en la localidad del Cubilete, pero aparece en el inventario como si estuviera en la localidad de Guasave. Descarga al Dren Colector Guasave. Cuenta con tres trenes paralelos que realizan el tratamiento por medio de lagunas. Se observó un efluente con un color verde brillante intenso, debido a la presencia de algas (Figura 19).



Cajas de distribución del influente



Laguna de estabilización 1



Laguna de estabilización 2



Canal por donde pasa el efluente



Efluente



Descarga final

Figura 19. PTAR Guasave.

Fuente: Elaboración propia.

IV.2.2.6 PTAR Palos Verdes

Esta planta se ubica en la localidad del mismo nombre, descargando al Dren Palos Verdes. No se pudo localizar el tubo de salida debido a la gran cantidad de maleza que se encuentra rodeando el humedal, tal y como se puede observar en las imágenes de la Figura 20. El humedal artificial no puede siquiera observarse bien, por la maleza que lo rodea, debido a la falta de mantenimiento.



Influente



Fosa séptica



Fosa séptica



Humedal artificial junto a la fosa séptica



Humedal artificial

Figura 20. PTAR Palos Verdes.

Fuente: Elaboración propia.

IV.2.2.7 PTAR Casa Blanca

Esta planta se ubica en la localidad del mismo nombre, descargando al Dren Colector Burrión. Esta planta está cercada y se observa, en apariencia alrededor, bien cuidada. Sin embargo, la tubería a la salida de la fosa séptica está quebrada y el humedal cuenta con mucho lodo en toda su extensión. No está seco ya que, el agua fluye durante ciertos periodos de tiempo, no es constante (Figura 21).



Vista de la planta



Influente



Fosa séptica



Tubería quebrada a la salida de la FS



Humedal artificial

Figura 21. PTAR Casa Blanca.

Fuente: Elaboración propia.

IV.2.2.8 PTAR Vicente Guerrero / El Pitahayal

Esta planta se ubica en la localidad de Vicente Guerrero. Descarga a un Dren agrícola. En esta planta se observa que todo el alrededor está lleno de estiércol, hojas y mazorcas, debido a que el ganado entra y abreva aquí en la planta. En el humedal se puede apreciar que se encuentra inundado, con mucho lodo viejo, zonas muertas y presencia de cortocircuitos hidráulicos (Figura 22).



Influente



Fosa séptica



Humedal artificial



Salida del humedal artificial



Alrededor del humedal artificial

Figura 22. PTAR Vicente Guerrero / El Pitahayal.

Fuente: Elaboración propia.

IV.2.2.9 PTAR Las Américas

Esta planta se ubica en la comunidad del mismo nombre, descargando en el Dren Colector Maquipo. La fosa séptica de esta planta se encuentra desbordada, rebosada y con la presencia de mucha hierba (Figura 23). Asimismo, la salida del efluente se encuentra localizado sobre el talud del dren, con poca hierba alrededor y es de fácil acceso, una vez localizada la tubería.



Fosa séptica



Fosa séptica desbordada



Humedal artificial



Efluente, bordo del dren

Figura 23. PTAR Las Américas.

Fuente: Elaboración propia.

IV.2.2.10 PTAR Herculano de la Rocha

Esta planta se ubica en la localidad del mismo nombre, descargando al Dren Colector Maquipo. Está bardeada y presenta mucha hierba seca alrededor de las unidades. Tiene efluente con muchos sólidos (Figura 24).



Vista general de la planta



Influente



Fosa séptica



Fosa séptica+wetland

Figura 24. PTAR Herculano de la Rocha.

Fuente: Elaboración propia.

Una vez realizado el análisis de las muestras, respecto a la materia orgánica medida como DBO_5 presente en el influente en las plantas de tratamiento, se procede a realizar el cálculo de la carga-habitante equivalente asociada a la población servida por cada una de ellas (Tabla 16); para posteriormente realizar la comparativa con el intervalo de valor recomendado por el IPCC para América Latina, el cual es de 40 g/persona/día (IPCC, 1996).

El uso de la DBO_5 *per cápita* no es algo nuevo, autores como Afini (1989) presentan información de estudios relacionados con el tema, como el libro de Karl Imhoff-Gordon M. Fair, en el cual reportan 54 g/persona/día, valor muy utilizado en Brasil. En ese mismo país, investigaciones que datan de 1959 presentan una DBO_5 *per cápita* de 75 g/persona/día y a 1968, se muestra que oscilaba de 47 a 58 g/persona/día. Además, en el documento se presenta que en Japón el valor recomendado es de 50 g/persona/día, aunque se usa el rango de 40 a 45 g/persona/día.

Respecto a Alemania, el valor es de 54 g/persona/día y en Estados Unidos, un valor medio de 76 g/persona/día. Finalmente, otro dato interesante es que aconseja el uso de 45, 60 y 75 g/persona/día para ciudades pequeñas, medias y grandes, respectivamente.

Con los cálculos realizados en la presente investigación se tiene que la carga-habitante equivalente asociada a la población es en promedio de 12 g DBO₅/persona/día, valor que se encuentra muy por debajo de lo recomendado por el IPCC e incluso por debajo a lo mencionado en Afini (1989). Se observa que, en todos los casos medidos el valor obtenido es menor a lo recomendado. Estos valores indican que es muy probable que la población servida sea inferior al número que indicó el organismo operador. Por ejemplo, si se considera como válido el valor de 40 g/persona/día para la PTAR Las Quemazones, la población servida es solamente de 237 habitantes (Tabla 16), apenas el 18% de la población reportada.

Tabla 16. *Determinación de los g DBO₅/persona/día en las plantas muestreadas.*

Identificación	Población servida dada por el O.O. (hab)	Q_{tratado} (L/s)	DBO₅ (mg/L)	g DBO₅/hab/día	Población estimada con 40 g/hab/día (hab)
Las Quemazones	1,319	2.3	47.7	7	237
Cerro Cabezón	2,824	7.5	64.2	15	1,040
Buenavista	1,282	2.0	95.7	13	413
El Progreso	1,137	1.4	93	10	281
Guasave	72,597	131.0	98.1	15	27,758
Guasave-Duplicado	72,597	131.0	105.3	16	29,796
Palos Verdes	1,500	2.2	42.9	5	204
Casa Blanca	1,417	2.1	96.6	12	438
Vicente Guerrero/El Pitahayal	2,012	3.2	94.5	13	653
Las Américas	1,180	2.0	112.5	16	486
Herculano de la Rocha	1,228	1.7	100.2	12	368
PROMEDIO				12	

Fuente: Elaboración propia.

Los valores de la concentración de la DBO₅ en el influente, a pesar de ser bajos, pueden ser representativos de un agua residual doméstica de baja carga (Metcalf and Eddy, 2004). Asimismo,

también pueden indicar una aportación de aguas freáticas a lo largo de la red de alcantarillado. A pesar de ser un valor puntual, nos sirve para conocer cómo se encuentran trabajando las plantas de tratamiento y nos permite reconocer la importancia de que se realicen mediciones en cada país, en distintas zonas, buscando que el valor usado en la estimación de los GEI sea lo más apegado posible a la realidad. De esta forma, evitamos errores en la estimación debido, ya sea a la sobreestimación o bien, subestimación de los GEI.

IV.3 Aplicación de la metodología del IPCC

Buscando adquirir mayores conocimientos para cumplir con los objetivos tres y cinco de la presente investigación, se participó en el Curso virtual denominado “Inventarios de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero”, impartido por el Instituto Nacional para el Federalismo y Desarrollo Municipal (INAFED) y el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC).

Para estimar las emisiones de GEI generadas por la población de los municipios de Ahome y Guasave, Sin., antes del saneamiento, se necesita conocer el número de ocupantes de las viviendas particulares habitadas y su distribución porcentual, según la disponibilidad de drenaje. Los datos se presentan en la Tabla 17.

Posteriormente, con base a los datos de la Tabla 17 y la población total del municipio en cuestión, se calculó la población que dispone de drenaje y en cada una de las categorías indicadas, según sea el caso (Tabla 18).

Tabla 17. *Ocupantes de viviendas particulares habitadas por municipio y su distribución porcentual según disponibilidad de drenaje en los municipios de Ahome y Guasave, 2015.*

Mpio.	Total a/	Disponibilidad de drenaje, %						
		Disponen					No disponen %	NE %
		Total	Red pública	Fosa séptica	Barranca o grieta	Río, lago o mar		
Ahome	449,033	95.25	96.07	3.59	0.19	0.15	4.57	0.18
Guasave	295,353	92.58	74.22	20.91	3.81	1.05	7.31	0.10

Notas: a/ Excluye a los ocupantes en las siguientes clases de vivienda: locales no construidos para habitación, viviendas móviles y refugios.

NE No especificado.

Fuente: INEGI (2015).

Se requiere estimar la cantidad de agua residual generada por la población municipal. Siendo la dotación la cantidad que se le asigna a cada habitante, considerando todos los consumos de los servicios y las pérdidas físicas en el sistema, en un día medio anual (CONAGUA, 2016b). Asimismo, de acuerdo con CONAGUA (2016e) en la mayoría de las ciudades de nuestro país no existen las condiciones idóneas en materia de medición para determinar el consumo por habitante, debido a la falta de macro y micromedición en las fuentes de abastecimiento y en las tomas domiciliarias, respectivamente; es por ello que un dato guía es la dotación nacional, cuyo promedio diario es de 252 litros por habitante.

Tabla 18. *Ocupantes de viviendas particulares habitadas según disponibilidad de drenaje y lugar de desalojo en los municipios de Ahome y Guasave, 2015.*

Mpio.	Población	Total con drenaje	Red pública	Fosa séptica	Barranca o grieta	Río, lago o mar	Sin drenaje	NE
Ahome	449,033	427,704	410,895	15,355	813	642	20,521	808
Guasave	295,353	273,438	202,946	57,176	10,418	2,871	21,590	295

Nota: NE No especificado.

Fuente: Cálculo basado en la información proporcionada por INEGI (2015).

A su vez, la aportación de aguas residuales es el volumen diario entregado a la red de alcantarillado, el cual es un porcentaje de la dotación, ya que existe un volumen no tributado a la red de alcantarillado (CONAGUA, 2016d). Es factible considerar como aportación del 70-75% de la dotación de agua potable, en L/hab/d (IMTA, 1993, citado en CONAGUA, 2016b), pero es mejor llevar a cabo la medición de las aguas residuales.

Tomando en consideración lo anterior se estima que la descarga anual de aguas residuales municipales por consumo doméstico en el municipio de Guasave (2015) es de 20'374,927 m³/año (646 L/s); al mismo año, se cuenta con una capacidad instalada de tratamiento de aguas residuales de 13'626,706 m³/año (432 L/s), con un déficit de 6'748,221 m³/año (214 L/s).

Para el caso del municipio de Ahome (2015) la descarga anual de aguas residuales es de 30'976,542 m³/año (982 L/s); contando con una capacidad instalada de tratamiento de 35'194,176 m³/año (1,116 L/s).

Para realizar la estimación de la carga orgánica, se utiliza la Ecuación (2) con el dato de 40 g/habitante/día, estimando la carga orgánica biodegradable generada por las descargas de aguas residuales de ambas poblaciones (al 2015), tal y como se presenta en la Tabla 19.

Tabla 19. *Estimación de la carga orgánica biodegradable generada por las descargas de aguas residuales de la población de los municipios de Ahome y Guasave (2015).*

Mpio.	Población	Carga orgánica		Red pública	Fosa séptica	Barranca o grieta	Río, lago o mar	Sin drenaje	NE
		kg/d	t/año	kg/d	kg/d	kg/d	kg/d	kg/d	kg/d
Ahome	449,033	17,961	6,556	16,436	614	33	26	821	32
Guasave	295,353	11,814	4,312	8,118	2,287	417	115	864	12

Nota: NE No especificado.

Fuentes: Cálculo basado en la información proporcionada por INEGI (2015), CONAGUA (2015a) e IPCC (2006).

Posteriormente, se hace la estimación anual de emisiones de metano, a partir de la carga orgánica biodegradable generada por la población (Tabla 19), considerando los valores para el factor de corrección del metano indicado en la Tabla 6. Los resultados se presentan en la Tabla 20.

Tabla 20. *Estimación anual de las emisiones de metano, a partir de la carga orgánica biodegradable generada por la población de los municipios de Ahome y Guasave (2015).*

Mpio.	Red pública	Fosa séptica	Barranca o grieta	Río, lago o mar	Sin drenaje	NE	Subtotal CH ₄
	FCM=0.1	FCM=0.5	FCM=0.2	FCM=0.2	FCM=0.5	FCM=0.2	t/año
Ahome	360	67	1	1	90	1.0	521
Guasave	178	250	18	5	95	0.5	547

Nota: NE No especificado.

Fuentes: Cálculo basado en la información proporcionada por INEGI (2015), CONAGUA (2015a) e IPCC (2006).

Considerando el potencial de calentamiento global del metano (28) se estiman las emisiones en toneladas de CO₂e/año, de acuerdo con el tipo de disposición de las aguas residuales (Tabla 21). Por tanto, en el municipio de Guasave, la estimación de las emisiones en toneladas de CO₂e/año a partir de la materia orgánica biodegradable, para el año 2015 es igual a 15,304 tCO₂e/año; mientras que, en el municipio de Ahome, es igual a 14,589 tCO₂e/año.

Tabla 21. *Estimación de las emisiones en toneladas de CO₂e/año, de acuerdo con el tipo de disposición de las aguas residuales, en ambos municipios.*

Mpio.	Red pública	Fosa séptica	Barranca o grieta	Río, lago o mar	Sin drenaje	NE
Ahome	10,078	1,883	40	31	2,517	40
Guasave	4,978	7,012	511	141	2,648	14

Nota: NE No especificado. Las diferencias en los valores se deben al redondeo de las cifras.

Fuentes: Cálculo basado en la información proporcionada por INEGI (2015), CONAGUA (2015a) e IPCC (2006).

Para realizar los cálculos de las emisiones de óxido nitroso, se estima la producción, producto de la ingesta proteica de la población en general. El óxido nitroso (N₂O) está asociado con la degradación de los componentes nitrogenados en las aguas residuales (urea, nitrato y proteínas). Acorde a la FAO (2021), se considera que la ingesta promedio de proteína en México fue de 91.5 g/hab/día; es decir, 33,398 kg/hab/año. Aplicando la Ecuación (3) se estiman las emisiones en óxido nitroso para el año 2015, en 3,615 tCO₂e/año y 5,496 tCO₂e/año, respectivamente (Tabla 22).

Tabla 22. *Estimación de las emisiones en óxido nitroso en toneladas de CO₂e/año, al año 2015, en los municipios de Ahome y Guasave, Sin.*

Mpio.	Habitantes	N₂O kg/año	N₂O t/año	CO₂e t/año
Ahome	449,033	20,738	21	5,496
Guasave	295,353	13,641	14	3,615

Fuentes: Cálculo basado en la información proporcionada por INEGI (2015), CONAGUA (2015a) e IPCC (2006).

Posteriormente, se procede a la estimación de las emisiones totales de cada municipio, resultando un total de 18,919 tCO₂e, para el municipio de Guasave y de 20,085 tCO₂e, para el municipio de Ahome, lo cual se presenta en la Tabla 23.

En el municipio de Guasave, el uso de fosas sépticas como sistemas de tratamiento es común en lugares carentes de infraestructura municipal. Sin embargo, al ser un sistema de tratamiento anaerobio, durante la descomposición anaerobia de la materia orgánica se puede generar metano (CH₄), tal como lo reportan autores como Castro y Orozco (2015), IPCC (2006); Quille (2019), Tinoco Sáenz y Espinoza-Correa (2017). Debido a que casi el 21% de la población las utiliza para disponer de sus aguas residuales (57,176 personas), es importante que sus usuarios realicen el mantenimiento y vaciado, de manera apropiada. Aunque se considera una alternativa apropiada para la zona rural, en las urbanas no son la solución tecnológica más apropiada puesto que puede ocasionar problemas de contaminación en las aguas subterráneas, tal como lo reportan en Buenos Aires, Argentina (Jouravlev, 2004).

La mayoría de los habitantes del municipio (202,946 hab.) utiliza la red pública para el desalojo de sus desechos. Es por ello importante que se realicen acciones de limpieza y

mantenimiento en las redes, ya que el estancamiento del agua puede provocar zonas anaerobias, con la problemática antes mencionada.

Tabla 23. *Estimación de las emisiones totales de CO₂e/año, en los municipios de Ahome y Guasave (2015).*

Mpio.	CO₂e de CH₄ t/año	CO₂e de N₂O t/año	TOTAL CO₂e t/año
Ahome	14,589	5,496	20,085
Guasave	15,304	3,615	18,919

Fuentes: Cálculo basado en la información proporcionada por INEGI (2015), CONAGUA (2015a) e IPCC (2006).

En distintas ocasiones se han reportado problemas de malos olores en las alcantarillas de la ciudad (Ávila, 2017; Rubio, 2018; Ruiz, 2018), lo cual indica que se presentan estancamientos o falta de movimiento del agua y esto favorece condiciones anaerobias. De ahí la importancia de un constante mantenimiento en las redes y una mayor cultura ambiental por parte de toda la ciudadanía.

De acuerdo con los datos del Inventario Nacional de Plantas Municipales de Potabilización y de Tratamiento de Aguas Residuales en Operación. Diciembre 2015, la capacidad instalada de tratamiento de aguas residuales en el municipio de Guasave es de 13´626,706 m³/año (432 L/s). Sin embargo, se tiene un déficit de 6´748,221 m³/año (214 L/s), a pesar de que las plantas se encuentran trabajando al 70% aproximadamente, de su capacidad instalada, según los datos reportados.

Tal y como lo consideran las Guías metodológicas del IPCC (2006), la emisión de metano por las aguas residuales se encuentra en función del tipo de sistema de tratamiento utilizado, así como de las condiciones en las que se encuentren los sistemas o vías de disposición. De acuerdo con la estimación realizada al año 2015, se tiene que la población del municipio de Guasave (295,353 hab.) aporta 18,919 tCO₂e/año, valor similar al reportado por Mantilla y Hernández (2018), para el municipio de Jiutepec, Mor., con una población de 202,873 habitantes en la cuenca del río Apatlaco, Mor.

Referente al municipio de Ahome, la mayor parte de la población dispone de sus desechos en el drenaje y el uso de fosas sépticas no es una práctica común. Tampoco lo es el desalojo en barrancas ni en río, lago o mar, ya se reportan 813 y 642 ocupantes de viviendas, respectivamente.

Acorde al Inventario Nacional de Plantas Municipales de Potabilización y de Tratamiento de Aguas Residuales en Operación. Diciembre 2015, la capacidad instalada de tratamiento es de 35´194,176 m³/año (1,116 L/s), por lo que mantiene un margen de 4´217,634 m³/año (134 L/s), con las plantas al 95% aproximadamente de su capacidad instalada. Con la estimación realizada al año 2015, la población del municipio (449,033 hab.) aporta 20,085 tCO₂e/año, valor similar al reportado por Mantilla *et al.* (2018), para el municipio de Cuernavaca, Mor., con una población de 354,878 habitantes, para el 2017.

Es importante notar que, aunque el municipio de Ahome tiene mayor población que el de Guasave, la generación de metano es mayor en el de Guasave, tanto por el uso de fosas sépticas como por la menor cantidad de caudal tratado.

Tanto la recolección de las aguas residuales, como la descarga a cuerpos de agua, son generadoras directas de emisiones de GEI, tales como metano y óxido nitroso (Parravicini, Svardal and Krampe, 2016). No se debe dejar de lado que, al disminuir las emisiones de metano y óxido nitroso, por las aguas residuales sin tratamiento, se contribuye a la vez, tanto a la mejora a la salud de la población, como a la disminución de los efectos debido a las anomalías climáticas generadas por el incremento de los GEI. México ha realizado esfuerzos para mitigar los efectos del cambio climático. Ante los compromisos asumidos a nivel internacional presentó la Sexta Comunicación Nacional, donde se indica que los gases mayormente emitidos son el dióxido de carbono (73%) y metano (20%). De manera que, reducir las emisiones de los gases y compuestos de efecto invernadero se volvió el objetivo prioritario de mitigación, de acuerdo con el Programa Especial de Cambio Climático 2021-2024 (DOF, 2021).

Como parte de las estrategias prioritarias del PECC 2021-2024, se tiene la rehabilitación de PTAR municipales, que estén fuera de operación. A 2030, se plantea una reducción del 28% de las emisiones en el área de residuos, y para lograrlo, se requiere aumentar la cobertura del tratamiento de aguas residuales. Al realizarlo, también se aporta a los ODS 6, mediante los objetivos prioritarios 1 y 3, y al ODS 13, mediante los cuatro objetivos prioritarios (DOF, 2021).

IV.4 Duración en el Cargo de los Principales Actores Administrativos y Técnicos Encargados del Área de Tratamiento de Aguas Residuales en los Distintos O.O.

De acuerdo con la información proporcionada por los organismos operadores mediante la Plataforma Nacional de Transparencia, se obtuvieron datos de 13 de los 18 municipios.

La Tabla 24 presenta la información del organismo operador de Angostura (JUMAPAANG); la Tabla 25 la del organismo operador de Culiacán (JAPAC); la Tabla 26 la del organismo operador de Mocerito (JMAPAM); la Tabla 27 del organismo operador de Guasave (JUMAPAG); la Tabla 28 al organismo operador de Mazatlán (JUMAPAM); la Tabla 29 lo referente al organismo operador de Ahome (JAPAMA); la Tabla 30 información del organismo operador de El Fuerte (JAPAF); la Tabla 31 respecto al organismo operador de Elota (JAPAME); la Tabla 32 del organismo operador de Navolato (JAPAN); la Tabla 33, del organismo operador de Salvador Alvarado (JAPASA) y la Tabla 34, la del organismo operador de Cosalá (JAPACO). La información proporcionada por los organismos operadores de El Rosario (JUMAPARS) y de Escuinapa (JUMAPAE) se presentan sin tabla. Toda la información resumida fue elaborada con base en la respuesta a cada solicitud realizada. Posteriormente, se realizó un análisis estadístico en RStudio (versión 1.3.1093).

IV.4.1 Municipio de Angostura, Sin. (JUMAPAANG)

Con base a la contestación obtenida mediante el oficio JUMAPAANG2020/11/EXT013, con fecha 30 de noviembre de 2020, como respuesta a la solicitud con folio 01527320, se elabora la Tabla 24 en la cual se observa que el Gerente General dura en promedio 1.83 años, lo cual coincide con ANEAS (2020), cuya estadística de duración de los titulares de O.O. es, en promedio nacional, un año ocho meses.

El Gerente Técnico, tiene permanencia, independientemente del cambio en el cargo superior, ya que se observa una persona que duró 26 años. Sin embargo, en cuanto al Área de tratamiento de aguas residuales, no brinda información.

Tabla 24. *Duración en los cargos, en el municipio de Angostura, Sin.*

AÑO	GERENTE GENERAL	GERENTE TÉCNICO	ÁREA DE TAR	DURACIÓN (AÑOS)
1988	Ing. José Ángel Pérez Montoya	No brinda información	No brinda información	2.50
1989	Ing. José Ángel Pérez Montoya	No brinda información	No brinda información	
1990	Ing. José Ángel Pérez Montoya	No brinda información	No brinda información	
	Ing. José Barraza	No brinda información	No brinda información	1.50
1991	Ing. José Barraza	No brinda información	No brinda información	
1992	M.V.Z. José María Rodríguez Luque	No brinda información	No brinda información	4.00
1993	M.V.Z. José María Rodríguez Luque	No brinda información	No brinda información	
1994	M.V.Z. José María Rodríguez Luque	No brinda información	No brinda información	
1995	M.V.Z. José María Rodríguez Luque	No brinda información	No brinda información	
1996	M.V.Z. Héctor Hugo López Gaxiola	Ing. Josué Chávez Quiñonez	No brinda información	3.00
1997	M.V.Z. Héctor Hugo López Gaxiola	Ing. Josué Chávez Quiñonez	No brinda información	
1998	M.V.Z. Héctor Hugo López Gaxiola	Ing. Josué Chávez Quiñonez	No brinda información	
1999	Lic. Jesús Guadalupe Sotelo Burgos	Ing. Josué Chávez Quiñonez	No brinda información	1.00
2000	Ing. Hermes Isaías López Castro	Ing. Josué Chávez Quiñonez	No brinda información	2.00
2001	Ing. Hermes Isaías López Castro	Ing. Josué Chávez Quiñonez	No brinda información	
2002	C. Saul Alfredo González Contreras	Ing. Josué Chávez Quiñonez	No brinda información	3.00
2003	C. Saul Alfredo González Contreras	Ing. Josué Chávez Quiñonez	No brinda información	
2004	C. Saul Alfredo González Contreras	Ing. Josué Chávez Quiñonez	No brinda información	
2005	Lic. Arnoldo Rentería Mendoza	Ing. Josué Chávez Quiñonez	No brinda información	1.50
2006	Lic. Arnoldo Rentería Mendoza	Ing. Josué Chávez Quiñonez	No brinda información	
	Ing. Jesús Abel Montoya Inzunza	Ing. Josué Chávez Quiñonez	No brinda información	1.50
2007	Ing. Jesús Abel Montoya Inzunza	Ing. Josué Chávez Quiñonez	No brinda información	
2008	C.P. Juan Jaime Mascareño López	Ing. Josué Chávez Quiñonez	No brinda información	2.00
2009	C.P. Juan Jaime Mascareño López	Ing. Josué Chávez Quiñonez	No brinda información	
2010	C. Osvaldo Saul Asipuro Campos	Ing. Josué Chávez Quiñonez	No brinda información	1.00
2011	Ing. Jaime Zeica Camacho	Ing. Josué Chávez Quiñonez	No brinda información	3.00
2012	Ing. Jaime Zeica Camacho	Ing. Josué Chávez Quiñonez	No brinda información	
2013	Ing. Jaime Zeica Camacho	Ing. Josué Chávez Quiñonez	No brinda información	

AÑO	GERENTE GENERAL	GERENTE TÉCNICO	ÁREA DE TAR	DURACIÓN (AÑOS)
2014	C. Ricardo Angulo García	Ing. Josué Chávez Quiñonez	No brinda información	3.00
2015	C. Ricardo Angulo García	Ing. Josué Chávez Quiñonez	No brinda información	
2016	C. Ricardo Angulo García	Ing. Josué Chávez Quiñonez	No brinda información	
2017	C.P. Arturo Ávila Atondo	Ing. Josué Chávez Quiñonez	No brinda información	1.25
2018	C.P. Arturo Ávila Atondo	Ing. Josué Chávez Quiñonez	No brinda información	
	Ing. Juan Guadalupe García López	Ing. Josué Chávez Quiñonez	No brinda información	0.33
	C. Salvador Mejía Félix	Ing. Josué Chávez Quiñonez	No brinda información	0.08
	C. Jesús María Salazar de la Cerda	Ing. Josué Chávez Quiñonez	No brinda información	0.17
	C. Ricardo Angulo García	Ing. Elizabeth Osuna García	No brinda información	2.17
2019	C. Ricardo Angulo García	Ing. Elizabeth Osuna García	No brinda información	
2020	C. Ricardo Angulo García	Ing. Elizabeth Osuna García	No brinda información	
		Lic. Martín Noe Camacho Quiroa	No brinda información	

Fuente: JUMAPAANG (2020).

IV.4.2 Municipio de Culiacán, Sin. (JAPAC)

Atendiendo a la respuesta obtenida en el oficio JAPAC-UT-466/2020, con fecha 01 de diciembre de 2020, a lo solicitado mediante el folio 01527820, se elaboró la Tabla 25, la cual resume la información reportada por el organismo operador.

Se observa que el Gerente General dura en promedio 3.7 años (3 años, 8 meses) en el cargo; mientras que, no reportó información respecto al cargo de Gerente Técnico. Respecto al Titular del área de saneamiento, se ha mantenido el mismo en los últimos 20 años.

Tabla 25. Duración en los cargos, en el municipio de Culiacán, Sin.

AÑO	GERENTE GENERAL	GERENTE TÉCNICO	TITULAR DEL ÁREA DE SANEAMIENTO	DURACIÓN (AÑOS)
1999	Ing. Rigoberto Félix Díaz	NBI	NBI	3.00
2000	Ing. Rigoberto Félix Díaz	NBI	Bio. Santana Félix Armenta	
2001	Ing. Rigoberto Félix Díaz	NBI	Bio. Santana Félix Armenta	
2002	Lic. Wilfredo Acosta Salazar	NBI	Bio. Santana Félix Armenta	3.00
2003	Lic. Wilfredo Acosta Salazar	NBI	Bio. Santana Félix Armenta	
2004	Lic. Wilfredo Acosta Salazar	NBI	Bio. Santana Félix Armenta	
2005	Ing. Rigoberto Félix Díaz	NBI	Bio. Santana Félix Armenta	3.00
2006	Ing. Rigoberto Félix Díaz	NBI	Bio. Santana Félix Armenta	
2007	Ing. Rigoberto Félix Díaz	NBI	Bio. Santana Félix Armenta	
2008	Arq. Carlos David Ibarra Félix	NBI	Bio. Santana Félix Armenta	2.00
2009	Arq. Carlos David Ibarra Félix	NBI	Bio. Santana Félix Armenta	
2010	Arq. Manuel Antonio Rocha García	NBI	Bio. Santana Félix Armenta	1.00
2011	Ing. Jesús Higuera Laura	NBI	Bio. Santana Félix Armenta	10.00
2012	Ing. Jesús Higuera Laura	NBI	Bio. Santana Félix Armenta	
2013	Ing. Jesús Higuera Laura	NBI	Bio. Santana Félix Armenta	
2014	Ing. Jesús Higuera Laura	NBI	Bio. Santana Félix Armenta	
2015	Ing. Jesús Higuera Laura	NBI	Bio. Santana Félix Armenta	
2016	Ing. Jesús Higuera Laura	NBI	Bio. Santana Félix Armenta	
2017	Ing. Jesús Higuera Laura	NBI	Bio. Santana Félix Armenta	
2018	Ing. Jesús Higuera Laura	NBI	Bio. Santana Félix Armenta	
2019	Ing. Jesús Higuera Laura	NBI	Bio. Santana Félix Armenta	
2020	Ing. Jesús Higuera Laura	NBI	Bio. Santana Félix Armenta	

Nota: NBI No brinda información.

Fuentes: JAPAC (2020).

IV.4.3 Municipio de Mocorito, Sin. (JMAPAM)

Como respuesta a la solicitud de información con folio 01528420, a través del oficio s/n fechado al 30 de noviembre de 2020, se obtuvo información que se resume en la Tabla 26, la cual muestra la variabilidad.

El Gerente General se mantiene en el cargo aproximadamente 2.2 años (26 meses). Se observa que el Coordinador Operativo tiene una duración de hasta 12 años en su puesto y en cuanto al Encargado del área de tratamiento de aguas residuales, sólo se han tenido dos; el primero duró 15 años.

Tabla 26. *Duración en los cargos, en el municipio de Mocorito, Sin.*

AÑO	GERENTE GENERAL	COORDINADOR OPERATIVO	ENCARGADO DEL ÁREA DE TAR	DURACIÓN (AÑOS)
1999	Gorgonio López López	Alejandro Juárez Gutiérrez	José Santos Rocha Morales	3.00
2000	Gorgonio López López	Alejandro Juárez Gutiérrez	José Santos Rocha Morales	
2001	Gorgonio López López	Alejandro Juárez Gutiérrez	José Santos Rocha Morales	
2002	Zuno Adrián Arce López	Alejandro Juárez Gutiérrez	José Santos Rocha Morales	3.00
2003	Zuno Adrián Arce López	Alejandro Juárez Gutiérrez	José Santos Rocha Morales	
2004	Zuno Adrián Arce López	Alejandro Juárez Gutiérrez	José Santos Rocha Morales	
2005	Leandro Favela López	Alejandro Juárez Gutiérrez	José Santos Rocha Morales	2.00
2006	Leandro Favela López	Alejandro Juárez Gutiérrez	José Santos Rocha Morales	
2007	Gorgonio López López	Alejandro Juárez Gutiérrez	José Santos Rocha Morales	1.00
2008	Homobono Barrancas Rodríguez	Alejandro Juárez Gutiérrez	José Santos Rocha Morales	3.00
2009	Homobono Barrancas Rodríguez	Alejandro Juárez Gutiérrez	José Santos Rocha Morales	
2010	Homobono Barrancas Rodríguez	Alejandro Juárez Gutiérrez	José Santos Rocha Morales	
2011	Jorge Luis Robles Peres	Restituto Sánchez	José Santos Rocha Morales	1.00
2012	María Rosario Montoya Mejía	Restituto Sánchez	José Santos Rocha Morales	2.00
2013	María Rosario Montoya Mejía	Restituto Sánchez	José Santos Rocha Morales	
2014	Heriberto Acosta Montes	Martín Antonio Cabrera Pérez	Iván Lenin Ibarra Portillo	3.00
2015	Heriberto Acosta Montes	Martín Antonio Cabrera Pérez	Iván Lenin Ibarra Portillo	
2016	Heriberto Acosta Montes	Martín Antonio Cabrera Pérez	Iván Lenin Ibarra Portillo	
2017	Fernando Najar López	Jesús Manuel León Castelo	Iván Lenin Ibarra Portillo	3.00
2018	Fernando Najar López	Jesús Manuel León Castelo	Iván Lenin Ibarra Portillo	
2019	Fernando Najar López	Jesús Manuel León Castelo	Iván Lenin Ibarra Portillo	
2020	Héctor Guadalupe Prado Ibarra	Jesús Manuel León Castelo	Iván Lenin Ibarra Portillo	1.00

Fuente: JMAPAM (2020).

IV.4.4 Municipio de Guasave, Sin. (JUMAPAG)

De acuerdo con los oficios GG-UT-2020-036 y GA-RH-2020-007, ambos con fecha 14 de diciembre de 2020, se resume en la Tabla 27 la información proporcionada como respuesta a la solicitud de información con folio 01528220.

La duración promedio en el cargo de Gerente General es de 1.6 años (19 meses); mientras que el de Gerente Técnico es de solamente tres años; aunque el primero duró 13 años.

Es importante notar que se observan dos periodos en los que no existe nombramiento de Gerente Técnico y al pedir aclaración al respecto al área correspondiente, comentaron que ambos Gerentes (Ing. Sergio Ramón Bojórquez Alcantar e Ing. Paula Elena Gil Sandoval), quienes previo a ser Gerente General tuvieron el cargo de Gerente Técnico, optaron por no asignar a ninguna otra persona en este puesto y ellos mismos asumían ambas funciones desde Gerencia General.

En el Departamento de Calidad del Agua, se mantiene la misma persona desde 2005, cuando comenzaron a funcionar las plantas de tratamiento de agua residual, aunque comentan que está enfocado en el agua potable.

Tabla 27. Duración en los cargos, en el municipio de Guasave, Sin.

AÑO	GERENTE GENERAL	GERENTE TÉCNICO	DEPTO. DE CALIDAD DEL AGUA	DURACIÓN (AÑOS)
1999	Lic. Sebastián Sandoval Matsumoto	Ing. Sergio Ramón Bojórquez Alcántar	---	3.00
2000	Lic. Sebastián Sandoval Matsumoto	Ing. Sergio Ramón Bojórquez Alcántar	---	
2001	Lic. Sebastián Sandoval Matsumoto	Ing. Sergio Ramón Bojórquez Alcántar	---	
2002	Ing. Ramón Barajas López	Ing. Sergio Ramón Bojórquez Alcántar	---	2.00
2003	Ing. Ramón Barajas López	Ing. Sergio Ramón Bojórquez Alcántar	---	
2004	Lic. Oscar Saldaña Vallin	Ing. Sergio Ramón Bojórquez Alcántar	---	0.75
	Lic. Luis Manuel Cárdenas Fonseca			0.25
2005	Ing. Jesús Armando Orduño Mondaca	Ing. Sergio Ramón Bojórquez Alcántar	Ing. Francisco Samaniego Gutiérrez	3.00
2006	Ing. Jesús Armando Orduño Mondaca	Ing. Sergio Ramón Bojórquez Alcántar	Ing. Francisco Samaniego Gutiérrez	
2007	Ing. Jesús Armando Orduño Mondaca	Ing. Sergio Ramón Bojórquez Alcántar	Ing. Francisco Samaniego Gutiérrez	
2008	Ing. Teodoro Cota Escalante	Ing. Sergio Ramón Bojórquez Alcántar	Ing. Francisco Samaniego Gutiérrez	0.50
	Ing. Rigoberto Félix Díaz			1.08
2009	Ing. Rigoberto Félix Díaz	Ing. Sergio Ramón Bojórquez Alcántar	Ing. Francisco Samaniego Gutiérrez	
	Ing. Saul J. Payán Salazar			1.58
2010	Ing. Saul J. Payán Salazar	Ing. Sergio Ramón Bojórquez Alcántar	Ing. Francisco Samaniego Gutiérrez	
2011	Ing. Saul J. Payán Salazar	Ing. Sergio Ramón Bojórquez Alcántar	Ing. Francisco Samaniego Gutiérrez	
	Ing. Sergio Ramón Bojórquez Alcántar	---		2.34
2012	Ing. Sergio Ramón Bojórquez Alcántar	---	Ing. Francisco Samaniego Gutiérrez	
2013	Ing. Sergio Ramón Bojórquez Alcántar	---	Ing. Francisco Samaniego Gutiérrez	
	Lic. Emilio Menchaca Camacho	---		0.50
2014	Lic. Carlos Armando Favela	Ing. Héctor Briseño Valdez	Ing. Francisco Samaniego Gutiérrez	3.00
2015	Lic. Carlos Armando Favela	Ing. Héctor Briseño Valdez	Ing. Francisco Samaniego Gutiérrez	
2016	Lic. Carlos Armando Favela	Ing. Héctor Briseño Valdez	Ing. Francisco Samaniego Gutiérrez	
2017	Ing. Paula Elena Gil Sandoval	---	Ing. Francisco Samaniego Gutiérrez	1.84
2018	Ing. Paula Elena Gil Sandoval	Ing. Alejandra Ibon Valdés Arellano	Ing. Francisco Samaniego Gutiérrez	
	Ing. Socorro Castro Gálvez			0.69
2019	Ing. Socorro Castro Gálvez	Ing. Alejandra Ibon Valdés Arellano	Ing. Francisco Samaniego Gutiérrez	
	Arq. Nubia Yasmín Puentes Llanos			1.47
2020	Arq. Nubia Yasmín Puentes Llanos	Ing. Alejandra Ibon Valdés Arellano	Ing. Francisco Samaniego Gutiérrez	

Fuente: JUMAPAG (2020).

IV.4.5 Municipio de Mazatlán, Sin. (JUMAPAM)

Considerando la información proporcionada mediante el oficio JUM-CAI-0004/2021, con fecha 06 de enero de 2021, como respuesta a la solicitud realizada con el folio 01528320, se resume en la Tabla 28.

Observando que la duración promedio en el cargo de Gerente General es de 1.2 años (14 meses), aproximadamente y la del Gerente de Operaciones, fue una permanencia de cuatro años del año 1999 al 2011 y posteriormente, existe variabilidad. En cuanto al Encargado de la planta tratadora, se informa que ha habido tres personas, manteniéndose durante tres, dos y un año, respectivamente.

Tabla 28. *Duración en los cargos, en el municipio de Mazatlán, Sin.*

AÑO	GERENTE GENERAL	GERENTE DE OPERACIONES	ENCARGADO PLANTA TRATADORA	DURACIÓN (AÑOS)
1999		Jorge Patrón Unger		1.00
2000	Jesús Ramón Rojo Gutiérrez	Jorge Patrón Unger		1.67
2001	Jesús Ramón Rojo Gutiérrez	Jorge Patrón Unger		
	Juan Carlos Hernández Álvarez			0.34
2002	Juan Carlos Hernández Álvarez	Jorge Patrón Unger		
	Walfre Ibarra Escobar	Héctor Gabriel Colio Ramos		0.13
	Rigoberto Félix Díaz			2.84
2003	Rigoberto Félix Díaz	Héctor Gabriel Colio Ramos		
2004	Rigoberto Félix Díaz	Héctor Gabriel Colio Ramos		
2005	Salvador Reynosa Garzón	Héctor Gabriel Colio Ramos		1.42
2006	Salvador Reynosa Garzón			
2007	Salvador Reynosa Garzón			
	Carlos Galindo Fregoso			0.58
2008	Dante Arturo González Salas	Luis Miguel Lupio Zapari		3.00
2009	Dante Arturo González Salas	Luis Miguel Lupio Zapari		
2010	Dante Arturo González Salas	Luis Miguel Lupio Zapari		
2011	Sergio Wong Ramos	Luis Miguel Lupio Zapari		0.58
	Cornelio Camacho Ceballos			0.67
2012	Cornelio Camacho Ceballos		José Ángel Tirado Tejeda	
	Carlos Venegas Arreola			1.75
2013	Carlos Venegas Arreola		José Ángel Tirado Tejeda	
2014	Carlos Venegas Arreola		José Ángel Tirado Tejeda	
	Rigoberto Félix Díaz			2.92
2015	Rigoberto Félix Díaz	Iván Jacobo Méndez Oropeza		
2016	Rigoberto Félix Díaz	Iván Jacobo Méndez Oropeza		
2017	Rigoberto Félix Díaz	Jorge Said Haro Ibarra		
	Adrián Bastidas Bernal	Joel Félix Díaz		0.86
	José Adalberto Becerra Ruiz			0.96

AÑO	GERENTE GENERAL	GERENTE DE OPERACIONES	ENCARGADO PLANTA TRATADORA	DURACIÓN (AÑOS)
2018	José Adalberto Becerra Ruiz Quel Galván Pelayo	Joel Félix Díaz Raúl Zatarain Lizárraga	Manuel de Jesús Guerrero Aguilar	0.21
2019	Quel Galván Pelayo Ismael Tiznado Ontiveros	Raúl Zatarain Lizárraga Jorge Eduardo Guerra Callejas Luis Gerardo Núñez Gutiérrez	Manuel de Jesús Guerrero Aguilar	0.71
2020	Ismael Tiznado Ontiveros Luis Gerardo Núñez Gutiérrez	Luis Gerardo Núñez Gutiérrez Arturo Valverde Hidalgo	Jesús Rafael Barrón Ortiz	0.21

Fuente: JUMAPAM (2021).

IV.4.6 Municipio de Ahome, Sin. (JAPAMA)

Se presenta en la Tabla 29 de forma resumida la información proporcionada en los oficios JAPAMA/GG/UT/016-2021 y JAP-RH-02-/2021, ambos con fecha 06 de enero de 2021.

El cargo de Gerente General se mantiene en promedio dos años; mientras que en el de Gerente Técnico y de Operación, solo ha habido tres personas, y cambia al haber movimientos en la Gerencia General. Respecto al Coordinador de tratamiento de aguas residuales, se mantiene la misma persona desde 2005.

Tabla 29. *Duración en los cargos, en el municipio de Ahome, Sin.*

AÑO	GERENTE GENERAL	GERENTE TÉCNICO Y DE OPERACIÓN	COORDINADOR DE TAR	DURACIÓN (AÑOS)
2005			Teresita del Niño Jesús Zazueta Vlzla.	
2006			Teresita del Niño Jesús Zazueta Vlzla.	
2007			Teresita del Niño Jesús Zazueta Vlzla.	
2008			Teresita del Niño Jesús Zazueta Vlzla.	
2009			Teresita del Niño Jesús Zazueta Vlzla.	
2010			Teresita del Niño Jesús Zazueta Vlzla.	
2011	Gustavo Soto Portillo	Saratiel Florencio Sandoval Valdez	Teresita del Niño Jesús Zazueta Vlzla.	3.00
2012	Gustavo Soto Portillo	Saratiel Florencio Sandoval Valdez	Teresita del Niño Jesús Zazueta Vlzla.	
2013	Gustavo Soto Portillo	Saratiel Florencio Sandoval Valdez	Teresita del Niño Jesús Zazueta Vlzla.	
2014	Gustavo Soto Portillo	Saratiel Florencio Sandoval Valdez	Teresita del Niño Jesús Zazueta Vlzla.	3.00
	Jaime Alberto Félix Reza	Carlos Eduardo Villaseñor Castro		
2015	Jaime Alberto Félix Reza	Carlos Eduardo Villaseñor Castro	Teresita del Niño Jesús Zazueta Vlzla.	
2016	Jaime Alberto Félix Reza	Carlos Eduardo Villaseñor Castro	Teresita del Niño Jesús Zazueta Vlzla.	
2017	Jaime Alberto Félix Reza	Carlos Eduardo Villaseñor Castro	Teresita del Niño Jesús Zazueta Vlzla.	1.83
	Ernesto Suarez Andujo			
2018	Ernesto Suarez Andujo	Carlos Eduardo Villaseñor Castro	Teresita del Niño Jesús Zazueta Vlzla.	
	Luis Felipe Villegas Castañeda	Jorge Enrique Cinsel Gutiérrez		0.19
2019	Luis Felipe Villegas Castañeda	Jorge Enrique Cinsel Gutiérrez	Teresita del Niño Jesús Zazueta Vlzla.	
	Guillermo Aarón Blake Serrano			2.00
2020	Guillermo Aarón Blake Serrano	Jorge Enrique Cinsel Gutiérrez	Teresita del Niño Jesús Zazueta Vlzla.	

Nota: Vlzla. Valenzuela.

Fuente: JAPAMA (2021).

IV.4.7 Municipio de El Fuerte, Sin. (JAPAF)

La Tabla 30 muestra el resumen de la información proporcionada a la solicitud, mediante el Oficio JAPAF 0368/2020, con fecha 14 de diciembre de 2020. Solamente se presenta del año 2014 a 2020.

El cargo de Gerente General se mantiene 1.75 años (21 meses). La persona encargada del cargo de Gerente Operativo ejerce también el de Encargado del área de tratamiento de aguas residuales, el cual cambia al haber nuevo Gerente General.

Tabla 30. Duración en los cargos, en el municipio de El Fuerte, Sin.

AÑO	GERENTE GENERAL	GERENTE OPERATIVO	ENCARGADO DEL ÁREA DE TAR	DURACIÓN (AÑOS)
2014	Pablo Domínguez Solís	Rubén Ramírez Hernández	Rubén Ramírez Hernández	3.00
2015	Pablo Domínguez Solís	Rubén Ramírez Hernández	Rubén Ramírez Hernández	
2016	Pablo Domínguez Solís	Rubén Ramírez Hernández	Rubén Ramírez Hernández	
2017	Javier Soliz Gutiérrez	Luis Astorga Hernández	Luis Astorga Hernández	1.50
2018	José María Vega Flores	Luis Astorga Hernández	Luis Astorga Hernández	0.04
	Javier Soliz Gutiérrez	Camilo Ruiz Armenta	Camilo Ruiz Armenta	2.44
2019	Javier Soliz Gutiérrez	Camilo Ruiz Armenta	Camilo Ruiz Armenta	
2020	Javier Soliz Gutiérrez	Camilo Ruiz Armenta	Camilo Ruiz Armenta	

Fuente: JAPAF (2020).

IV.4.8 Municipio de Elota, Sin. (JAPAME)

La Tabla 31 presenta la duración en los cargos de JAPAME, acorde a la información proporcionada por el oficio 031/TRANSPARENCIA/2020, con fecha 10 de diciembre de 2020.

El Gerente General dura en promedio, 2.45 años (2 años, 5 meses) y el Ingeniero Técnico es el mismo desde 1999, con excepción de ocho meses, cuando esta persona asumió el cargo de Gerente General. Referente al Área de tratamiento de aguas residuales, no proporcionan información.

Tabla 31. Duración en los cargos, en el municipio de Elota, Sin.

AÑO	GERENTE GENERAL	INGENIERO TÉCNICO	ENCARGADO ÁREA DE TAR	DURACIÓN (AÑOS)
1999	Profr. Jorge Rodríguez Ayala	Ing. David Germán Osuna	NBI	3.00
2000	Profr. Jorge Rodríguez Ayala	Ing. David Germán Osuna	NBI	
2001	Profr. Jorge Rodríguez Ayala	Ing. David Germán Osuna	NBI	
2002	Ing. Francisco Soto Quintero	Ing. David Germán Osuna	NBI	6.00
2003	Ing. Francisco Soto Quintero	Ing. David Germán Osuna	NBI	
2004	Ing. Francisco Soto Quintero	Ing. David Germán Osuna	NBI	
2005	Ing. Francisco Soto Quintero	Ing. David Germán Osuna	NBI	
2006	Ing. Francisco Soto Quintero	Ing. David Germán Osuna	NBI	
2007	Ing. Francisco Soto Quintero	Ing. David Germán Osuna	NBI	
2008	Profr. José Ramón Zamorano Jiménez	Ing. David Germán Osuna	NBI	3.00
2009	Profr. José Ramón Zamorano Jiménez	Ing. David Germán Osuna	NBI	
2010	Profr. José Ramón Zamorano Jiménez	Ing. David Germán Osuna	NBI	
2011	Profr. Jorge Rodríguez Ayala	Ing. David Germán Osuna	NBI	2.27
2012	Profr. Jorge Rodríguez Ayala	Ing. David Germán Osuna	NBI	
2013	Profr. Jorge Rodríguez Ayala	Ing. David Germán Osuna	NBI	
	Ing. David Germán Osuna Iribe	NBI	NBI	0.73
2014	Ing. Francisco Soto Quintero	Ing. David Germán Osuna	NBI	3.00
2015	Ing. Francisco Soto Quintero	Ing. David Germán Osuna	NBI	
2016	Ing. Francisco Soto Quintero	Ing. David Germán Osuna	NBI	
2017	LAE. Julio César Ríos Franco	Ing. David Germán Osuna	NBI	1.17
2018	LAE. Julio César Ríos Franco	Ing. David Germán Osuna	NBI	
	Ing. Francisco Soto Quintero			0.71
	LAE. Julio César Ríos Franco			2.17
2019	LAE. Julio César Ríos Franco	Ing. David Germán Osuna	NBI	
2020	LAE. Julio César Ríos Franco	Ing. David Germán Osuna	NBI	

Nota: NBI No brinda información.

Fuente: JAPAME (2020).

IV.4.9 Municipio de Navolato, Sin. (JAPAN)

En la Tabla 32 se presenta el resumen de la información brindada por JAPAN, mediante dos oficios s/n, con fecha 09 y 14 de diciembre de 2020, por parte del Jefe de Recursos Financieros y Humanos JAPAN y por el Titular de la Unidad de Transparencia, respectivamente.

El Gerente General se mantiene 1.9 años (22 meses), en promedio. En cuanto al Subgerente Técnico, cinco personas han tenido este cargo, y dos de ellas han sido además Gerentes Generales (una en dos ocasiones). Referente al cargo de Jefe de saneamiento y calidad del agua, la primer persona encargada se mantuvo dos años y cuando deja este cargo se incorpora al organismo operador de JAPAM, en Ahome, en un cargo similar. La persona que quedó en su lugar se mantuvo 15 años.

Tabla 32. Duración en los cargos, en el municipio de Navolato, Sin.

AÑO	GERENTE GENERAL	SUBGERENTE TÉCNICO	JEFE DE SANEAMIENTO Y CALIDAD DEL AGUA	DURACIÓN (AÑOS)
1999	Ing. Raymundo Bueno Blanco	Ing. Jaime León Llanes Espinoza	NBI	3.00
2000	Ing. Raymundo Bueno Blanco	Ing. Jaime León Llanes Espinoza	NBI	
2001	NBI	NBI	NBI	
2002	Ing. Raymundo Bueno Blanco	Ing. Jaime León Llanes Espinoza		
2003	Ing. Carlos Ernesto Acosta Casado	Ing. Jaime León Llanes Espinoza	Ing. Teresita del Niño Jesús Zazueta Vlzla.	0.92
2004	Ing. Carlos Ernesto Acosta Casado	Ing. Gregorio Leal Pérez	Ing. Teresita del Niño Jesús Zazueta Vlzla.	
2005	Ing. Raymundo Bueno Blanco	Ing. Jaime León Llanes Espinoza	Ing. Raymundo Reatiga García	3.00
2006	Ing. Raymundo Bueno Blanco	Ing. Jaime León Llanes Espinoza	Ing. Raymundo Reatiga García	
2007	Ing. Raymundo Bueno Blanco	Ing. Jaime León Llanes Espinoza	Ing. Raymundo Reatiga García	
2008	Ing. José Guadalupe Sicairos Avitia	Ing. Jesús Acosta Rivas	Ing. Raymundo Reatiga García	2.42
2009	Ing. José Guadalupe Sicairos Avitia	Ing. Jesús Acosta Rivas	Ing. Raymundo Reatiga García	
2010	Ing. José Guadalupe Sicairos Avitia	Ing. Jesús Acosta Rivas	Ing. Raymundo Reatiga García	
		Ing. Víctor Cruz Bazua		0.58
2011	Lic. Sergio Jacobo García	Ing. Raymundo Bueno Blanco	Ing. Raymundo Reatiga García	3.00
2012	Lic. Sergio Jacobo García	Ing. Raymundo Bueno Blanco	Ing. Raymundo Reatiga García	
2013	Lic. Sergio Jacobo García	Ing. Raymundo Bueno Blanco	Ing. Raymundo Reatiga García	
2014	Lic. Israel Guzmán Castro	Ing. Jesús Ramón Ochoa Zambada	Ing. Raymundo Reatiga García	3.00
2015	Lic. Israel Guzmán Castro	Ing. Jesús Ramón Ochoa Zambada	Ing. Raymundo Reatiga García	
2016	Lic. Israel Guzmán Castro	Ing. Jesús Ramón Ochoa Zambada	Ing. Raymundo Reatiga García	
2017	Lic. Eucebio Joaquín Lara Escárrega	Ing. Gregorio Leal Pérez	Ing. Raymundo Reatiga García	1.25
2018	Lic. Eucebio Joaquín Lara Escárrega	Ing. Gregorio Leal Pérez	Ing. Raymundo Reatiga García	
	Lic. Luis Gadier Medina Gil	Ing. Gregorio Leal Pérez	Ing. Raymundo Reatiga García	0.58
	Ing. Jesús Ramón Ochoa Zambada	Ing. Pablo Rosas Salas	Ing. Dimas H. Verdugo Saucedo	0.92
2019	Ing. Jesús Ramón Ochoa Zambada	Ing. Pablo Rosas Salas	Ing. Dimas H. Verdugo Saucedo	
	Lic. Juan Diego Plata Amarillas	Ing. Gregorio Leal Pérez		0.50
2020	Lic. Juan Diego Plata Amarillas	Ing. Gregorio Leal Pérez	Ing. Dimas H. Verdugo Saucedo	
	Lic. Fidel Rodríguez Lozoya	Ing. Gregorio Leal Pérez		0.75

Nota: NBI No brinda información.

Fuente: JAPAN (2020).

IV.4.10 Municipio de Salvador Alvarado, Sin. (JAPASA)

La Tabla 33 presenta un resumen de la información brindada por JAPASA, mediante el oficio GG-109/2021, con fecha 21 de abril de 2021.

El cargo de Gerente General permanece, en promedio, 1.9 años (22 meses). Respecto al de Gerente Técnico, una persona se ha mantenido en este cargo de 2000 a 2021; y en el de Encargado del área de tratamiento de aguas residuales, también sólo una sola persona ha permanecido durante este periodo.

Tabla 33. Duración en los cargos, en el municipio de Salvador Alvarado, Sin.

AÑO	GERENTE GENERAL	GERENTE TÉCNICO	ENCARGADO DEL ÁREA DE TAR	DURACIÓN (AÑOS)
2000	Ing. Tirso Amadeo Félix Montoya	Arq. Mario Alberto Pacheco Miss	Ing. Octavio Gerardo Gallegos	2.00
2001	Ing. Tirso Amadeo Félix Montoya	Arq. Mario Alberto Pacheco Miss	Ing. Octavio Gerardo Gallegos	
2002	Lic. Gilberto Lugo Sánchez	Arq. Mario Alberto Pacheco Miss	Ing. Octavio Gerardo Gallegos	3.00
2003	Lic. Gilberto Lugo Sánchez	Arq. Mario Alberto Pacheco Miss	Ing. Octavio Gerardo Gallegos	
2004	Lic. Gilberto Lugo Sánchez	Arq. Mario Alberto Pacheco Miss	Ing. Octavio Gerardo Gallegos	
2005	Arq. Fco. Javier Gaxiola Romero	Arq. Mario Alberto Pacheco Miss	Ing. Octavio Gerardo Gallegos	3.00
2006	Arq. Fco. Javier Gaxiola Romero	Arq. Mario Alberto Pacheco Miss	Ing. Octavio Gerardo Gallegos	
2007	Arq. Fco. Javier Gaxiola Romero	Arq. Mario Alberto Pacheco Miss	Ing. Octavio Gerardo Gallegos	
2008	Ing. Jorge Sosa Avendaño	Arq. Mario Alberto Pacheco Miss	Ing. Octavio Gerardo Gallegos	3.00
2009	Ing. Jorge Sosa Avendaño	Arq. Mario Alberto Pacheco Miss	Ing. Octavio Gerardo Gallegos	
2010	Ing. Jorge Sosa Avendaño	Arq. Mario Alberto Pacheco Miss	Ing. Octavio Gerardo Gallegos	
2011	Lic. Armando Camacho Aguilar	Arq. Mario Alberto Pacheco Miss	Ing. Octavio Gerardo Gallegos	3.00
2012	Lic. Armando Camacho Aguilar	Arq. Mario Alberto Pacheco Miss	Ing. Octavio Gerardo Gallegos	
2013	Lic. Armando Camacho Aguilar	Arq. Mario Alberto Pacheco Miss	Ing. Octavio Gerardo Gallegos	
2014	Lic. Leticia Sánchez Lugo	Arq. Mario Alberto Pacheco Miss	Ing. Octavio Gerardo Gallegos	3.00
2015	Lic. Leticia Sánchez Lugo	Arq. Mario Alberto Pacheco Miss	Ing. Octavio Gerardo Gallegos	
2016	Lic. Leticia Sánchez Lugo	Arq. Mario Alberto Pacheco Miss	Ing. Octavio Gerardo Gallegos	
2017	Ing. Janitzio Angulo	Arq. Mario Alberto Pacheco Miss	Ing. Octavio Gerardo Gallegos	0.42
	Ing. Manuel Beltrán Urías			0.58
2018	Ing. Manuel Beltrán Urías			0.08
	Ing. Nadia M. Verdugo Montoya			0.42
	Ing. Manuel Beltrán Urías	Arq. Mario Alberto Pacheco Miss	Ing. Octavio Gerardo Gallegos	2.50
2019	Ing. Manuel Beltrán Urías	Arq. Mario Alberto Pacheco Miss	Ing. Octavio Gerardo Gallegos	
2020	Ing. Manuel Beltrán Urías	Arq. Mario Alberto Pacheco Miss	Ing. Octavio Gerardo Gallegos	
2021	Ing. Manuel Beltrán Urías	Arq. Mario Alberto Pacheco Miss	Ing. Octavio Gerardo Gallegos	

Fuente: JAPASA (2021).

IV.4.11 Municipio de Cosalá, Sin. (JAPACO)

La Tabla 34, presenta el resumen de la información brindada por JAPACO, a través del oficio JAPACO/GG/063/2020, con fecha 12 de diciembre de 2020.

En promedio, el cargo de Gerente General se mantiene 1.7 años (20 meses). Respecto al de Gerente Técnico y de Encargado de tratamiento de aguas negras, se informa que no se contempla en el organigrama hasta la fecha del oficio y su operatividad se encuentra a cargo del Gerente y de un Coordinador operativo, de los cuales no brinda mayor información.

Tabla 34. *Duración en los cargos, en el municipio de Cosalá, Sin.*

AÑO	GERENTE GENERAL	DURACIÓN (AÑOS)
1999	C.P. Alejandra Acosta Carrillo	3.00
2000	C.P. Alejandra Acosta Carrillo	
2001	C.P. Alejandra Acosta Carrillo	
2002	C. José Roberto Gonzales Espinoza	2.25
2003	C. José Roberto Gonzales Espinoza	
2004	C. José Roberto Gonzales Espinoza	
	Lic. Reynaldo Villanueva Padilla	0.75
2005	Ing. Fausto Corrales Corrales	2.92
2006	Ing. Fausto Corrales Corrales	
2007	Ing. Fausto Corrales Corrales	
2008	Lic. Carlos Manuel Osuna Salcido	1.38
2009	Lic. Carlos Manuel Osuna Salcido	
	Reynaldo Villanueva Padilla	0.62
2010	Reynaldo Villanueva Padilla	
2011	CPA. Oscar Herrera	0.58
	Ing. Fausto Corrales Corrales	1.75
2012	Ing. Fausto Corrales Corrales	
2013	Ing. Fausto Corrales Corrales	
	Lic. Israel Guzmán Castro	0.67
2014	René Arturo Ortiz Quintero	3.00
2015	René Arturo Ortiz Quintero	
2016	René Arturo Ortiz Quintero	
2017	Sixto Echeverría Romero	1.83
2018	Sixto Echeverría Romero	
	René Arturo Ortiz Quintero	1.47
2019	René Arturo Ortiz Quintero	
2020	René Arturo Ortiz Quintero	

Fuente: JAPACO (2020).

IV.4.12 Municipio de El Rosario, Sin. (JUMAPARS)

La respuesta proporcionada por la JUMAPARS, mediante un archivo de Excel, indica que la Gerente General es Rosa María Ruiz López, iniciando labores en octubre de 2019. Al momento de la respuesta, el tiempo en el cargo era de un año, cuatro meses (1.33 años). La fecha de encargo como Directora General era 15 de octubre de 2019 (JUMAPARS, 2021).

No proporciona más información respecto a los demás cargos solicitados, ni respecto a los otros gerentes generales durante el periodo solicitado.

IV.4.13 Municipio de Escuinapa, Sin. (JUMAPAE)

Por medio de la respuesta enviada por JUMAPAE, mediante el oficio s/n, con fecha 14 de diciembre de 2020, se indica que el Gerente General es Geovani Saracco Martínez, tomando posesión el 08 de abril de 2020, mismo día en que renuncia el ex Gerente Juan Manuel Inda Grave, del cual no muestra la fecha de inicio en el cargo.

El oficio firmado por el Titular de la Unidad de Transparencia menciona además, que no se cuenta con más registros y/o documentación sobre ex Gerentes y Subgerentes al cargo de las administraciones pasadas, debido a una falta de entrega recepción de las mismas (JUMAPAE, 2020).

De manera que, a la fecha de la respuesta (diciembre de 2020) el Gerente General en turno contaba con 8 meses (0.67 años) en el cargo.

IV.4.14 Resumen de los tiempos en el cargo de todos los O.O.

En la solicitud de información enviada a cada uno de los O.O. se requerían datos respecto a los cargos en los últimos 20 años, de 2000 a 2020. Sin embargo, hubo municipios que ampliaron o redujeron dicho periodo. El análisis de la información proporcionada se resume en la Tabla 35.

Tabla 35. Resumen de la duración promedio (en años), en distintos municipios del estado de Sinaloa.

Municipio	Periodo proporcionado	Gerente General	Gerente Técnico	Área de TAR
Angostura	1988-2020	1.80	Hasta 26	NBI*
Culiacán	1999-2020	3.70	NBI*	20
Mocorito	1999-2020	2.20	Hasta 12	15
				7
Guasave	1999-2020	1.60	Hasta 13	16
			3	
Mazatlán	1999-2020	1.20	4	3
			variabilidad	2
				1
Ahome	2005-2020	2.00	CGG**	16
El Fuerte	2014-2020	1.80	CGG**	CGG**
Elota	1999-2020	2.50	21	NBI*
Navolato	1999-2020	1.90	CGG**	2
				15
				3
Salvador Alvarado	2000-2021	1.90	22	22
Cosalá	1999-2020	1.70	NCO***	NCO***
El Rosario	2020	1.40	NBI*	NBI*
Escuinapa	2020	0.70	NBI*	NBI*

Notas: NBI* No brinda información.

CGG** Cambia con el Gerente General.

NCO*** No se contempla en el organigrama del O.O.

Fuentes: JUMAPAANG (2020); JAPAC (2020); JMAPAM (2020); JUMAPAG (2020); JUMAPAM (2021); JAPAMA (2021); JAPAF (2020); JAPAME (2020); JAPAN (2020); JAPASA (2021); JAPACO (2020); JUMAPARS (2021) y JUMAPAE (2020).

Se observa que, en promedio, todos los organismos operadores (con excepción de JAPAC) tienen múltiples rotaciones en el cargo de Gerente General durante los tres años que duran las administraciones municipales. En JAPAC, el Gerente General se mantiene en promedio en sus funciones 3.7 años como se muestra en la Figura 25, es importante mencionar que hubo un Gerente General se mantuvo 10 años en sus funciones. Caso contrario a lo presentado en JUMAPAM, donde dura en promedio 1.2 años, pero teniendo en múltiples ocasiones cambios en menos de un año e incluso con duraciones de dos a cuatro meses.

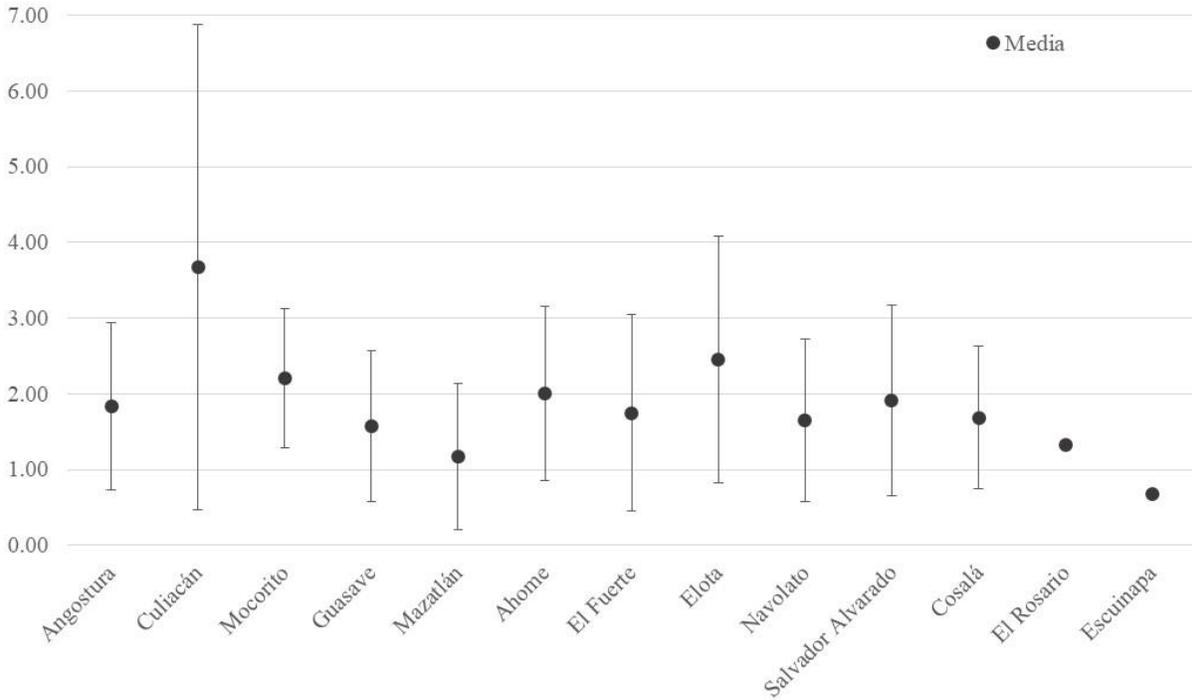


Figura 25. Duración promedio en el cargo de Gerente General en diversos organismos operadores de Sinaloa.

Fuente: Elaboración propia.

Respecto al cargo de Gerente Técnico (u homólogo), se observa que en la gran mayoría de los municipios existe variación cuando el titular del organismo operador cambia. Sin embargo, en Angostura, Mocorito, Guasave, Elota y Salvador Alvarado, este cargo si se mantiene a través del paso de distintas administraciones municipales.

En cuanto al Titular del área de tratamiento de aguas residuales (o cargo similar), el cual es la persona encargada de las PTAR en el municipio en cuestión, se observa que este se mantiene durante periodos largos, con excepción del caso del municipio de Mazatlán, siendo el cargo que presenta menor permanencia durante este análisis.

Al inicio de esta investigación, se creía que, a la par de la rotación en el cargo del titular de los organismos operadores, se presentaba la misma tendencia respecto a los principales actores técnicos y administrativos relacionados con el tratamiento de las aguas residuales, lo cual podría provocar problemas de continuidad en el tratamiento de las descargas y con ello, falta de sustentabilidad ambiental. De acuerdo con el análisis, prevalece una gran rotación en los cargos de los titulares de los organismos operadores del estado de Sinaloa, con una permanencia promedio

de 1.84 años (un año, diez meses), lo cual coincide con ANEAS (2020) cuya estadística de duración de los titulares es, en promedio nacional de un año ocho meses y se observa que, entre más abajo se encuentra el cargo, menos afectado es respecto a rotación.

En los organismos operadores de los municipios de Angostura, Mocorito, Guasave, Elota y Salvador Alvarado se mantuvo al Gerente Técnico (u homólogo) durante periodos que van de 26, 12, 13, 21 y 22 años, respectivamente; mientras que, en los municipios de Culiacán, Mocorito, Guasave, Ahome, Navolato y Salvador Alvarado, la permanencia en el cargo de Titular del área de tratamiento de aguas residuales (o similar) fue de 20, 15, 16, 16, 15 y 22 años, en cada caso. Esto es importante, ya que aunque exista rotación respecto a las administraciones que llegan a cada municipio, generando cambios en cada organismo operador, al mantener los puestos claves para el tratamiento de las aguas residuales se logra que problemas tales como retrasos administrativos en requisiciones, compras, etc., sean atacados y se busque continuidad, tratando de evitar que se eliminen proyectos en curso, solicitudes de mejoras en las PTAR, etc.

La Figura 25 muestra el tiempo promedio que duraron en el cargo los Gerentes Generales de los organismos operadores que proporcionaron información acorde a la solicitud; así como los tiempos máximos y mínimos, en cada uno de los municipios. Solamente el municipio de Culiacán presenta una duración mayor al periodo de tres años y el de Mazatlán, poco más de un año. Los nueve municipios restantes se encuentran en el rango de los 1.5 a 2.5 años. Para el caso de los organismos operadores de El Rosario y Escuinapa, sólo se tienen datos puntuales en cada caso.

Una de las externalidades que más se presentan en los organismos operadores es debido a la rotación del personal, sobre todo por cuestiones políticas. En ella, no solamente se pierde personal sino también todos sus conocimientos en el mismo (Fondo para la Comunicación y la Educación Ambiental, A.C., *s.f.*). Rodríguez (citado en ANEAS, 2008) remarca que los servicios de agua potable y alcantarillado para la mayoría de los municipios son una carga económica y política, con tarifas bajas, recursos insuficientes, baja calidad del servicio, personal insuficiente y mal capacitado, con alta rotación y bajos sueldos.

IV.5 Entrevistas semiestructuradas

IV.5.1 Aplicación de la Prueba Piloto al Cuestionario (Validación del Instrumento)

Para cumplir con el objetivo cuatro, se procedió a realizar la validación de los cuestionarios mostrados en el Anexo 1B, 1C, 1D y 1E. Para ello, debido a la contingencia sanitaria por el COVID-19 se entrevistaron de forma virtual, a través de la plataforma zoom. Todas las personas entrevistadas autorizaron la grabación, así como el uso de sus nombres y cargos ejercidos. Sin embargo, no se proporciona la información respecto a los nombres debido a que no se considera de importancia para el estudio.

Al nivel más alto (Nivel 1), se entrevistó al ex Director del organismo operador de Santa Cruz de Juventino Rosas, Guanajuato en el periodo de junio de 2005 a marzo de 2008 y a la Gerente de la Planta de Tratamiento de la Empresa para el control de la contaminación del agua de la ciudad industrial de Cuernavaca (ECCACIV) de 2015 a la fecha. Posteriormente, al Nivel 2 (Jefes de Área de tratamiento de aguas residuales), al Supervisor de Operaciones Técnicas de ECCACIV de 2015 a la fecha. La Ingeniera Auxiliar de operación de ECCACIV en el periodo de 2019 a la fecha fue entrevistada al Nivel 3 (Jefes de PTAR's) y finalmente, un Operador de Planta de ECCACIV de 2001 a la fecha como parte del Nivel 4 (Trabajadores de las PTAR's). Las entrevistas semiestructuradas se aplicaron el 28 y 29 de septiembre al personal de la planta de tratamiento de ECCACIV y el 29 de septiembre al ex Director del organismo operador; todas se aplicaron en 2020. La transcripción aparece en el Anexo 2. Durante la entrevista y el análisis al cuestionario aplicado, todos mencionaron no tener problemas con el entendimiento ni consideraron que se agregara o eliminara información en el mismo.

IV.5.2 Entrevistas Semiestructuradas Aplicadas a Personal de JAPAMA y JUMAPAG

Una vez realizada la prueba piloto, se tuvo el cuestionario probado para llevar a cabo las entrevistas al personal en los cargos seleccionados en JUMAPAG y JAPAMA (Tabla 7). Se realizó una solicitud formal ante ambos organismos operadores y dado que, durante el desarrollo de la presente investigación en ambos hubo cambio de Gerente General, fue necesario presentar nuevamente dicha solicitud ante los nuevos Gerentes.

En el caso de JUMAPAG, en el periodo de aplicación de las entrevistas semiestructuradas al Gerente General se tuvieron tres distintos titulares, requiriendo comenzar el trámite en cada ocasión. Sin embargo, cabe mencionar que, hasta el término de la presente tesis doctoral, hubo otro cambio de Gerente General, a 45 días del término de la administración municipal. Para el caso de JAPAMA, por cuestiones de salud, el Gerente General solicitó su retiro del cargo, por lo que, también se hizo una nueva solicitud ante el nuevo Gerente en cargo.

Durante la actual pandemia por COVID-19 se ha enfatizado que el servicio de agua potable y saneamiento son prioritarios para disminuir la propagación del virus; así como de otros agentes patógenos presentes en el agua residual, los cuales pueden ser causantes de enfermedades de origen hídrico, de no ser tratada en forma adecuada. Es por ello, que se incrementaron las actividades en los organismos operadores, lo cual provocó que la fecha para las entrevistas (especialmente al Nivel 1) se retrasara. El personal fue entrevistado vía virtual, a través de la plataforma zoom. A pesar de que en todos los casos se autorizó, tanto la grabación de la entrevista como el uso del nombre real de los participantes, se decidió mantenerlos en el anonimato, puesto que el nombre no se considera de importancia para la investigación.

a) JAPAMA

NIVEL 1. Se insistió constantemente para obtener la entrevista. Sin embargo, no fue posible llevarla a cabo.

NIVEL 2. Se entrevistó el día 08 de mayo de 2021 al Gerente Técnico y de Operación, a través de enlace en línea.

NIVEL 3. Se entrevistó el 28 de octubre de 2020 a personal de dos cargos, Coordinación de Tratamiento de Aguas Residuales y Supervisor de tratamiento.

NIVEL 4. El día 28 de octubre de 2020, se entrevistó a un Auxiliar de tratamiento.

b) JUMAPAG

NIVEL 1. El día 30 de septiembre de 2020 se entrevistó a un ex-Gerente General y el 01 de mayo de 2021, a la Gerente General en turno.

NIVEL 2. No se realizó entrevista, ya que la Gerente General ejercía a su vez el cargo de Gerente Técnico.

NIVEL 3. El 27 de enero de 2021 fue entrevistado el Jefe del Depto. de Saneamiento y Calidad del Agua.

NIVEL 4. El 27 de enero de 2021 se entrevistó a un Encargado de PTAR.

Las transcripciones de las entrevistas al personal de JAPAMA se presentan en el Anexo 3 y las de JUMAPAG, en el Anexo 4. Una vez realizadas las entrevistas, se procede primero a la transcripción de cada una de ellas para posteriormente hacer la categorización y codificación de estas para realizar el análisis cualitativo a través del programa ATLAS.ti.

Al transcribir la información brindada por los participantes durante el proceso de las entrevistas semiestructuradas, se obtuvieron ocho documentos en total, dos al Nivel 1, uno al Nivel 2, tres al Nivel 3 y dos al Nivel 4. Se abrió una Unidad Hermenéutica en el ATLAS.ti 9 (versión 9.1.7), donde fueron cargados como documentos primarios. Durante el proceso de codificación, se plantearon 15 códigos: Acciones de mejora, Actividades extras por COVID-19, Conocimiento de CC, Conocimiento de NOM's, Cursos de capacitación, Dificultades en el cumplimiento, Factores en el O.O. que impiden el cumplimiento pleno, Falta de continuidad gubernamental, Importancia de las PTAR, Monitoreo a la calidad del agua, Problemas de salud pública, Problemas más frecuentes, Procedimiento a seguir al detectar problemas de O&M, Sanciones y Tiempos de solución. Los grupos de códigos fueron Cumplimiento de la normatividad vigente, Impacto en el cambio climático e Importancia del TAR.

Para calcular el Índice de emergencia (IDE) por códigos, se procede a la suma del enraizamiento y la densidad, para posteriormente calcular la media aritmética de los IDE; todo código cuyo IDE sea mayor a dicha media aritmética, se define como código emergente (González-Díaz *et al.*, 2021). A continuación, se presentan los resultados obtenidos en ATLAS.ti, en cada grupo de códigos.

a. Cumplimiento de la normatividad vigente.

De acuerdo con el análisis a la información proporcionada por los cuatro niveles entrevistados, el IDE promedio fue de 39, quedando como códigos emergentes *Dificultades en el cumplimiento*,

Factores en el O.O. que impiden el cumplimiento pleno, Cursos de capacitación, Conocimiento de NOM's y Tiempos de solución (Tabla 36), los cuales son básicos para la mejora en este rubro.

Tabla 36. *Determinación del IDE y los códigos emergentes para Cumplimiento de la normatividad vigente.*

Código	Enraizamiento	Densidad	IDE	Grupos de códigos
• Dificultades en el cumplimiento	49	10	59	Cumplimiento de la N.V.
• Factores en el O.O. que impiden el cumplimiento pleno	43	6	49	Cumplimiento de la N.V.
• Cursos de capacitación	38	8	46	Cumplimiento de la N.V.
• Conocimiento de NOM's	32	7	39	Cumplimiento de la N.V.
• Tiempo de solución	29	10	39	Cumplimiento de la N.V.
• Monitoreo a la calidad del agua	13	13	26	Cumplimiento de la N.V.
• Sanciones	9	7	16	Cumplimiento de la N.V.
		PROMEDIO	39	

Nota: Cumplimiento de la N.V. Cumplimiento de la normatividad vigente.

Fuente: Elaboración propia por medio de ATLAS.ti 9.

Las redes semánticas son un esquema interconectado, el cual presenta de forma gráfica, los códigos y sus interrelaciones (González-Díaz *et al.*, 2021). De acuerdo con la red semántica correspondiente mostrada en la Figura 26, es importante que se realicen cursos de capacitación a todos los involucrados en el tratamiento del agua residual, ya que la falta de ello afecta no sólo en la parte técnica sino también en lo referente a normatividad; también se requiere la implementación del monitoreo de la calidad del agua a la salida de las PTAR's, que, al menos en el caso del municipio de Guasave, Sin., no se está realizando al momento de las entrevistas, ya que de esta forma, se reduciría la posibilidad de sanciones por parte de la autoridad competente; además, es necesario que se reduzcan los tiempos de solución a las problemáticas presentadas en las PTAR, nuevamente focalizándonos en el municipio de Guasave, ya que se encuentra como uno de los factores propios del mismo organismo operador que impiden el cumplimiento pleno en cuanto a normatividad.

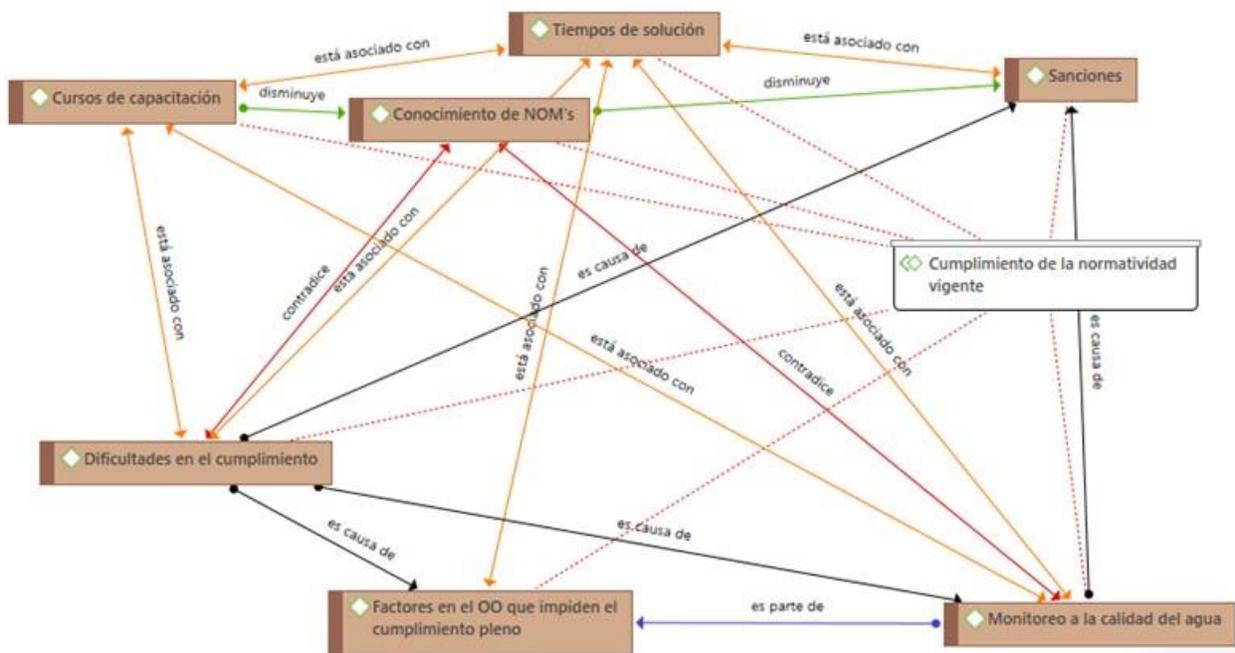


Figura 26. Red semántica del Cumplimiento de la normatividad vigente.
 FUENTE: Elaboración propia por medio de ATLAS.ti 9.

El diagrama de Sankey nos muestra la relación existente entre los códigos (Figura 27) y en este caso, se observa como el conocimiento de la normatividad está en función de la falta de cursos de capacitación y puede llevarlos a ser objeto de sanciones. Lo cual, sumado a las dificultades y factores propios del organismo operador evitan el cumplimiento pleno, remarcando la falta de monitoreo a la calidad del agua y los tiempos de solución a los problemas presentados.

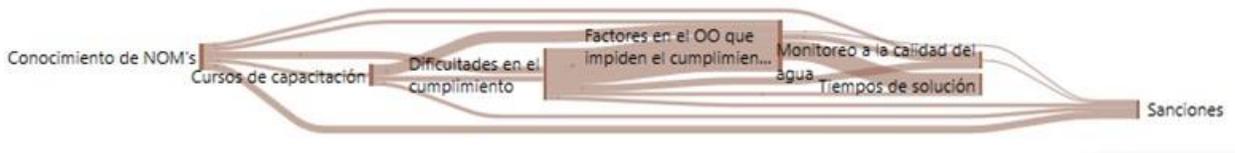


Figura 27. Diagrama de Sankey para la co-ocurrencia de códigos en el Cumplimiento de la normatividad vigente.
 Fuente: Elaboración propia por medio de ATLAS.ti 9.

Referente a la triangulación, entre los códigos e información a los distintos niveles, tenemos que, el cumplimiento de la normatividad vigente algo fundamental para todos los niveles. Los operadores de las plantas recalcan además las dificultades en el cumplimiento de la normatividad y la importancia en cuanto a los tiempos de solución. Las dificultades en el cumplimiento y los factores propios del mismo organismo operador que impiden su cumplimiento pleno, son

fuertemente expresados por la Gerente de JUMAPAG; los niveles técnicos tanto de JUMAPAG como de JAPAMA, además de la importancia en el cumplimiento de las normas, se inclinan por la falta de cursos de capacitación (Figura 28).

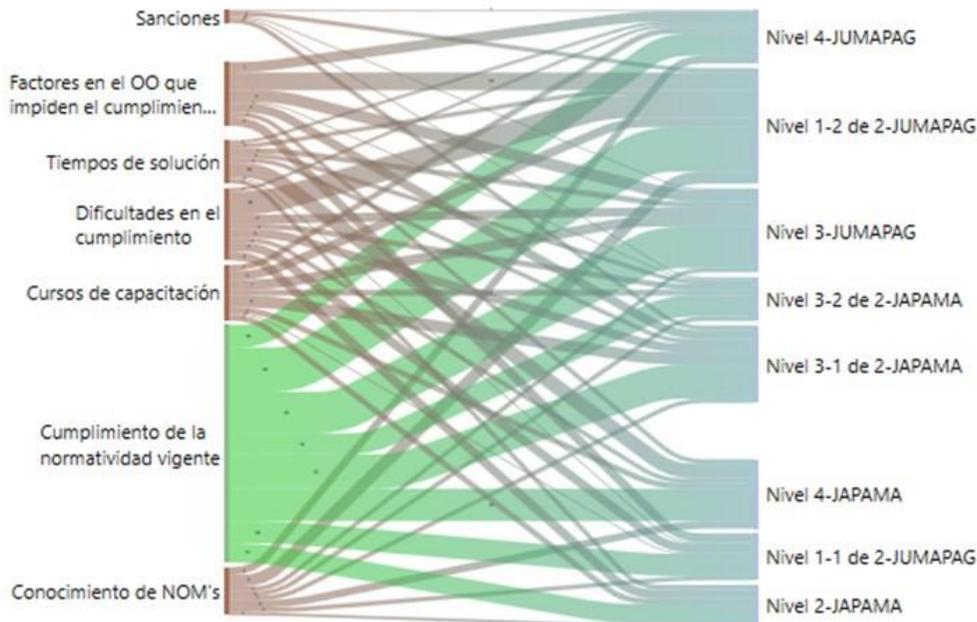


Figura 28. Diagrama de Sankey para el Cumplimiento de la normatividad vigente.

Fuente: Elaboración propia por medio de ATLAS.ti 9.

Con base a esos puntos y a la información proporcionada por los entrevistados, se puede concluir que, se requiere enfatizar en puntos tales como la capacitación, no solamente en la parte técnica, sino también en la importancia de llevar a cabo el tratamiento del agua residual generada por la población y la forma en la que se podría reutilizar esa agua residual tratada.

Los titulares del organismo operador deben reconocer que contar con personal capacitado permite que tanto técnicos como operativos puedan realizar labores de operación, mantenimiento, proponer rehabilitación de sistemas y/o implementar mejoras en los mismos. No se debe olvidar que el personal que atiende las plantas potabilizadoras es el mismo que se encarga de las plantas de tratamiento de agua residual. Que se tenga pleno conocimiento de que una falta de tratamiento influye en la salud, tanto de la población como del ambiente. De esta forma se cuenta con mayor posibilidad para que se impulsen proyectos tales como la construcción de nuevas instalaciones o bien, propuestas de rehabilitación y/o mejoras en las ya existentes; evitando que se enfoquen

solamente en la parte de potabilización. Muchos problemas, sobre todo en JUMAPAG, se encuentran ligados a la falta de recursos económicos. Sin embargo, se debe recalcar que el no destinar recursos financieros para el área de tratamiento del agua residual complica los tiempos de solución a los problemas en las PTAR y, a mayor tiempo sin atención, por ejemplo, en una planta que se encuentra fuera de operación, mayor generación de contaminación debido a la falta del tratamiento de esa agua residual. En JAPAMA se tiene muy bien establecido el proceso a seguir en las PTAR, desde cuando se detecta una falla. Asimismo, buscan optimizar la PTAR Los Mochis, para que alcance el cumplimiento de la NOM-003-SEMARNAT-1997, buscando el reúso tanto en el riego de jardines como en el de cultivos, puesto que comentan que ha llamado la atención de los productores, especialmente por la sequía existente.

Otro punto importante es que se requiere que los usuarios también tengan conocimiento de lo anterior y que se les dé a conocer la problemática que se genera por un mal manejo de los sistemas de alcantarillado.

b. Impacto en el cambio climático.

Analizando la información brindada se tiene que, el IDE promedio fue de 21, aunque sólo un código se liga a este punto *Conocimiento del cambio climático* (Tabla 37).

Tabla 37. *Determinación del IDE y los códigos emergentes para Impacto en el cambio climático.*

Código	Enraizamiento	Densidad	IDE	Grupos de códigos
• Conocimiento del CC	16	5	21	Impacto en el cambio climático
		PROMEDIO	21	

Fuente: Elaboración propia por medio de ATLAS.ti 9.

En la Figura 29, se observa que todos los niveles de JUMAPAG proporcionaron información en este punto; mientras que en JAPAMA, el nivel 4, aunque brindó información, durante la entrevista se escuchó cuando detrás intentaban decirle la respuesta a dar, y al no entenderla, brindó información que confirma que no tiene conocimiento al respecto; en los otros niveles, no hubo problemas al proporcionar la información adecuada.

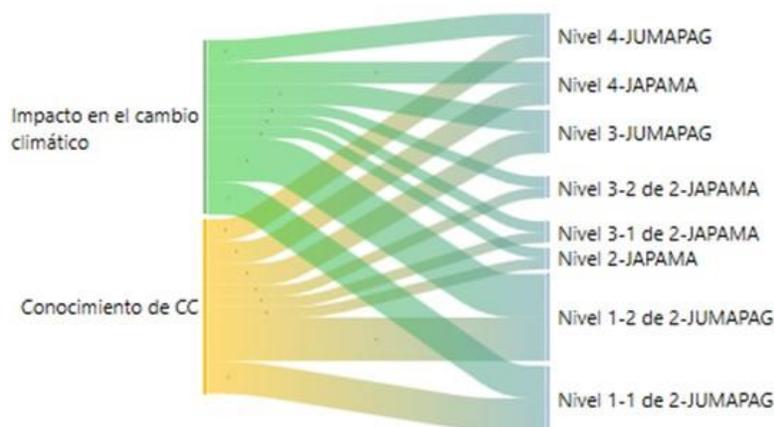


Figura 29. Diagrama de Sankey para Impacto en el cambio climático.

Fuente: Elaboración propia por medio de ATLAS.ti 9.

Respecto a este tema, se puede concluir que, el personal reconoce que al tratar las aguas residuales en las PTAR, se emiten GEI, durante el proceso. Sin embargo, también se sabe que es muy importante tratar el agua residual, puesto que de no hacerlo, se generaría mayor cantidad de emisiones a la atmósfera y con ello se aporta de forma negativa al problema del cambio climático.

c. Importancia del TAR (tratamiento de las aguas residuales).

Analizando la información brindada en las entrevistas a los cuatro niveles, se presenta en la Tabla 38 que el IDE promedio fue de 45, siendo los códigos emergentes *Acciones de mejora*, *Importancia de las PTAR* y *Problemas más frecuentes*, los cuales son básicos para la mejora en este rubro.

Tabla 38. Determinación del IDE y los códigos emergentes para Importancia del TAR.

Código	Enraizamiento	Densidad	IDE	Grupos de códigos
• Acciones de mejora	82	11	93	Importancia del TAR
• Importancia de las PTAR	66	11	77	Importancia del TAR
• Problemas más frecuentes	56	11	67	Importancia del TAR
• Actividades extras por COVID-19	21	2	23	Importancia del TAR
• Procedimiento al detectar problemas de O&M	17	4	21	Importancia del TAR
• Falta de continuidad gubernamental	13	8	21	Importancia del TAR
• Problemas de salud pública	11	5	16	Importancia del TAR
		PROMEDIO	45	

Fuente: Elaboración propia por medio de ATLAS.ti 9.

La Figura 30 nos presenta la forma en la que, al avocarnos a los tres primeros puntos a su vez, se están favoreciendo cuatro puntos más. Se observa la forma en la que, al llevar a cabo el

tratamiento de las aguas residuales y a su vez, al tener conocimiento de dicha importancia, se reduce la posibilidad de tener problemas de salud en la población.

Sin embargo, en este punto se observa como la falta de continuidad gubernamental es uno de los problemas más frecuentes en los organismos operadores, reduciendo con ello la importancia del tratamiento de las aguas residuales.

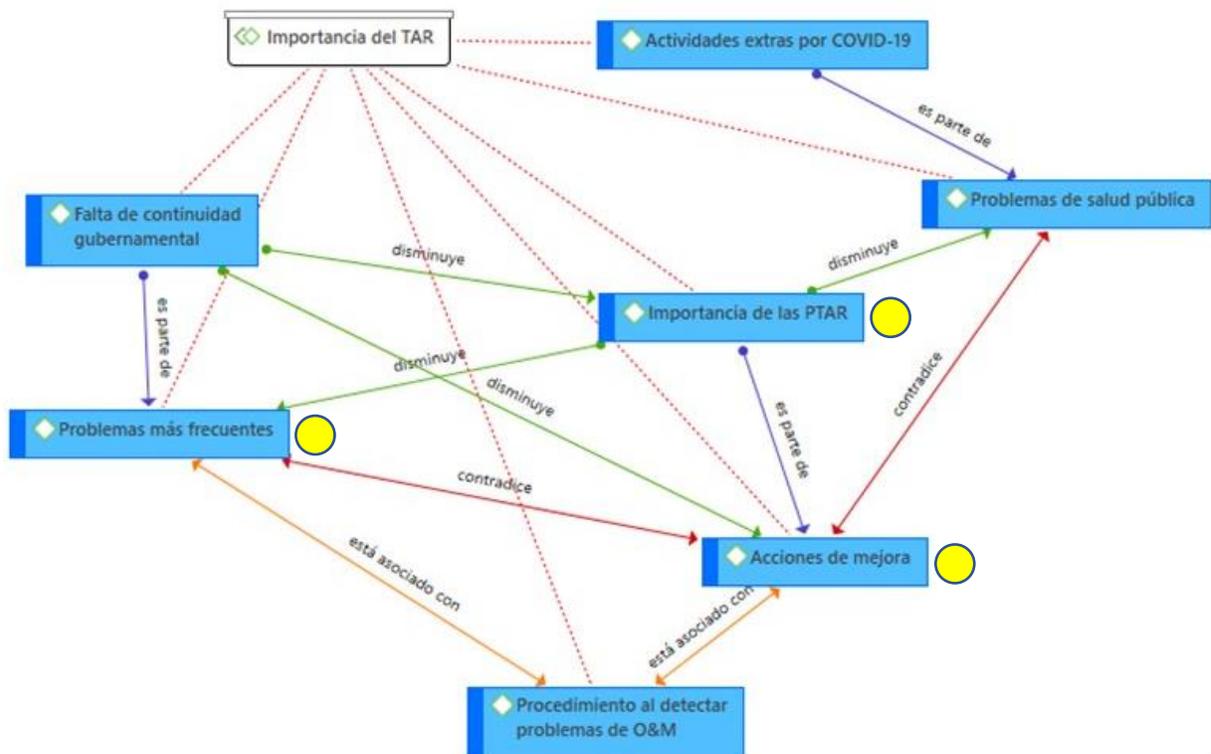


Figura 30. Red semántica para Importancia del TAR.

Fuente: Elaboración propia por medio de ATLAS.ti 9.

Al analizar la co-ocurrencia existente entre los códigos (Figura 31), se observa que las acciones de mejora son muy importantes y se encuentran sumamente relacionadas con los problemas más frecuentes. Asimismo, la importancia de las PTAR es un punto clave dentro de este rubro. Al triangular la información, se tiene que todos los niveles reconocen plenamente la importancia del tratamiento de las aguas residuales (Figura 32), además de ello, a nivel gerencial se observa que tanto las acciones de mejora como los problemas más frecuentes son los que mayor énfasis reciben.



Figura 31. Co-ocurrencia de códigos para Importancia del TAR.
Fuente: Elaboración propia por medio de ATLAS.ti 9.

Esto coincide también con los niveles 3 y 4, tanto de JUMAPAG como de JAPAMA. El nivel 2 de JAPAMA se enfoca más en las acciones de mejora, así como en la importancia de las plantas de tratamiento.

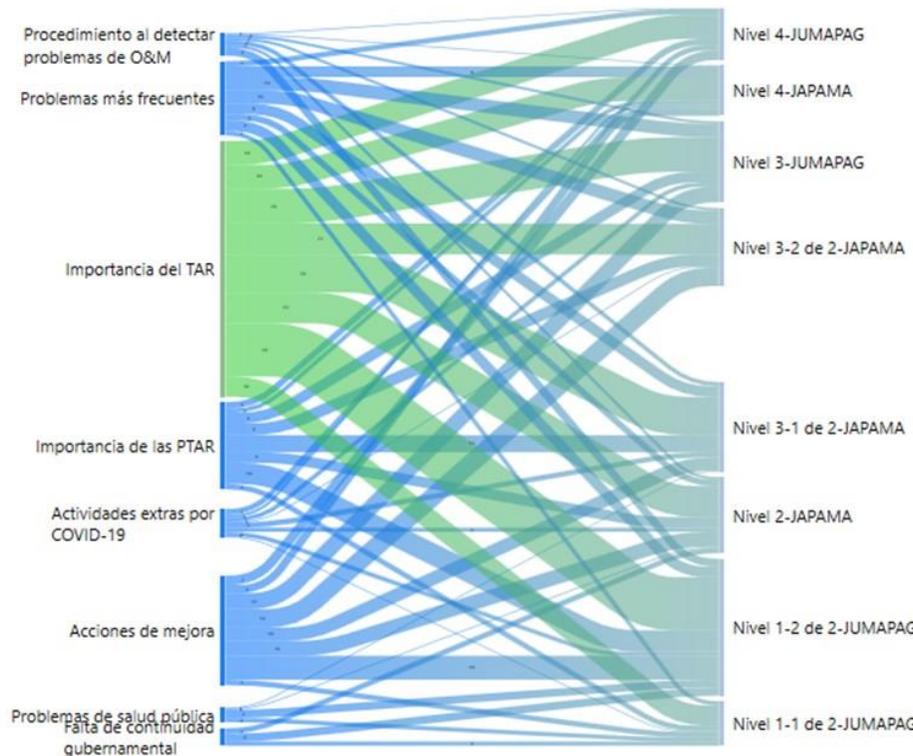


Figura 32. Diagrama de Sankey para Importancia del TAR.
Fuente: Elaboración propia por medio de ATLAS.ti 9.

En cuanto a la importancia del tratamiento del agua residual, se concluye que el personal reconoce que ha habido mejoras en las instalaciones, sobre todo en colectores y plantas nuevas en el caso de JUMAPAG; y en el caso de JAPAMA, debido a la problemática existente en cuanto al alcantarillado sanitario, casi toda la inversión se aplicó en ese rubro.

Se requiere continuar con el mantenimiento a las plantas (desmante y limpieza alrededor de las mismas), cárcamos de bombeo, sistemas electromecánicos, sobre todo en el caso de

JUMAPAG. Se reconoce que han tenido plantas fuera de operación y que se vierte directamente a los drenes el agua residual sin tratar. A pesar de que el área técnica cuenta con propuestas económicas para la rehabilitación de los sistemas de tratamiento, no han tenido apoyo para poder llevarlas a cabo debido a la falta de recursos económicos. Se sabe de lo importante que es evitar derrames de aguas residuales, ya que si no se bombea se acumula en el cárcamo y posteriormente derrama en los colectores, lo cual preocupa, puesto que saben de la posibilidad de generar enfermedades en la población.

Tanto el personal de JAPAMA como el de JUMAPAG, reconocen la manera en que las plantas de tratamiento permiten evitar la contaminación a los cuerpos de agua receptores; así como favorecen a la salud de las personas y el ecosistema en sí. Sin embargo, requieren que los usuarios les apoyen al no arrojar residuos sólidos al alcantarillado, provocando taponamientos y problemas con las bombas. Se necesita contar con equipos de reserva en distintas PTAR, para que, en caso de una falla, no tengan que parar la operación en la planta.

JAPAMA reconoce el hecho de que, al realizar un tratamiento adecuado de sus aguas residuales, se ha exonerado al organismo operador de pago debido al cumplimiento de la descarga con respecto a la normatividad vigente y su reúso.

IV.6 Acciones a implementar

Se proponen las siguientes acciones, buscando la mejora en la recolección y el tratamiento de las aguas residuales y por tanto, su impulso hacia la sustentabilidad ambiental.

Se requiere llevar a cabo la operación y mantenimiento constante en las plantas de tratamiento: realizar el desmonte y limpieza alrededor de cada unidad; la limpieza periódica de los pretratamientos; el retiro de los lodos en fosas sépticas y lagunas de estabilización; la limpieza de taludes; así como la poda de macrófitas de los wetlands.

Es importante continuar incrementando la cantidad de plantas y la capacidad instalada de tratamiento, especialmente en las localidades rurales, las cuales son considerables en cuanto a número en ambos municipios. Sin embargo, se debe seleccionar la mejor opción disponible, cumpliendo técnica, económica, social y ambientalmente; tomando en consideración incluso a los sistemas unifamiliares.

Asimismo, se debe buscar volver a poner en funcionamiento las instalaciones ya existentes que se encuentran fuera de operación, aprovechando la infraestructura, tanto de recolección del agua residual como del tratamiento de esta.

El organismo operador debe emprender una campaña de concientización a los usuarios, respecto a la importancia de enviar al drenaje solamente el agua residual y también a la necesidad de llevar a cabo acciones tales como el mantenimiento y vaciado de fosas sépticas particulares. Remarcando la problemática asociada a cada uno de estos puntos.

Se requiere continuar realizando labores de mantenimiento y limpieza constante en las redes de alcantarillado.

Un punto fundamental por implementar es la capacitación constante del personal a todos los niveles, respecto a la importancia de llevar a cabo el tratamiento del agua residual, sus ventajas, el posible reúso del agua residual tratada, así como la normatividad vigente aplicable, tanto en agua como en lodos residuales. Es importante que todos conozcan como la falta de tratamiento influye en la salud humana y ambiental.

Se debe realizar el monitoreo constante de la calidad del agua residual cruda y tratada, en cada planta, especialmente en el municipio de Guasave.

Es necesario contar con equipos de reserva para que, en caso de falla, se evite el paro en la operación del sistema. Un punto adicional es la reducción en los tiempos de solución.

Dado que los organismos operadores son los encargados de prestar los servicios de agua y saneamiento, son un punto clave para lograr encaminarnos hacia el cumplimiento del ODS 6. Por ello se requiere continuar incrementando la cobertura del tratamiento del agua residual generada por la población y las mejoras en los sistemas ya existentes.

Capítulo V. Conclusiones

- Ambos municipios han tenido un importante crecimiento respecto a la cantidad de instalaciones para el tratamiento de las aguas residuales, así como en el caudal tratado.
- El municipio de Guasave ha avanzado, de dos PTAR tipo wetland en 2004 a 16 Fosas sépticas+wetland, en 2019. El caudal tratado se incrementó de 3.3 L/s a 24.9 L/s, lo cual equivale actualmente a casi el 13% del total del agua residual tratada en este municipio. A 2019, de manera general, se puede decir que las plantas se encuentran trabajando al 80% de su capacidad.
- Las lagunas de estabilización también tuvieron crecimiento, pasando de una instalación en 2004 a cuatro plantas en 2019 y el caudal tratado también se incrementó, de 22 L/s a 168.4 L/s. Cabe mencionar que a pesar de ser menor el número de instalaciones, comparadas con las Fosas sépticas+wetland, tratan una mayor cantidad de agua residual.
- La PTAR de Guasave es la más importante para el municipio, pues trata aproximadamente el 78% del total de agua residual tratado por lagunas de estabilización, y casi el 68% del total de agua residual tratada del municipio.
- En la medición en campo, se observó que las 10 plantas de tratamiento visitadas carecen de una operación y mantenimiento constante. Esto influye en la calidad del agua residual de salida, así como en la posibilidad de que las plantas de tratamiento continúen en funcionamiento. Sin ello, se incrementaría aún más la cantidad de aguas residuales sin tratar en el municipio. La mayoría de las plantas carecen de una barda perimetral y presentaron problemas de maleza; así como la presencia de moscos. En el caso de las fosas sépticas, algunas carecían de tapas. El organismo operador comenta no contar con personal suficiente para designar un operador a cada planta e incluso, tampoco para la PTAR Guasave; por lo que, también es posible que se pudieran continuar realizando acciones de vandalismo en las instalaciones.
- Al estimar la carga-habitante equivalente asociada a la población se obtuvo en promedio 12 g DBO₅/persona/día, valor que se encuentra muy por debajo de lo recomendado por el IPCC para América Latina. Incluso, está por debajo de lo recomendado en países como África. Al hacer el cálculo de la población servida considerando el valor de 40 g/habitante/día recomendado por el IPCC, se observa como en todos casos se reduce el número a un 30% en promedio, del valor proporcionado por el organismo operador. Esto puede indicar que existe descarga de agua residual previa a la entrada de la PTAR, como puede ser a los drenes o bien, derrames de aguas residuales los cuales impiden que llegue a la planta todo el caudal generado. En todos los casos

el valor obtenido es menor al recomendado, y aunque se trata de un valor puntual, es un indicador de cómo se encuentran trabajando las plantas de tratamiento y a la vez, reconoce la importancia de realizar mediciones en cada país, en distintas zonas, buscando que el valor usado en la estimación de los GEI sea lo más apegado posible a la realidad y evitando errores por sobreestimación o subestimación de los GEI.

- El uso de fosas sépticas como sistemas de tratamiento es común en lugares carentes de infraestructura municipal. Casi el 21% de la población del municipio de Guasave las utiliza para disponer de sus aguas residuales (57,176 hab.), por lo que es importante realizar fuertes campañas de concientización para que los usuarios realicen el mantenimiento y limpieza de forma apropiada. La mayoría de los habitantes (202,946 hab.) utilizan la red pública para el desalojo de sus desechos. Se deben realizar constantemente acciones de limpieza y mantenimiento en las redes, pues el estancamiento del agua puede provocar zonas anaerobias. De acuerdo con la capacidad instalada de tratamiento de aguas residuales del municipio de Guasave (432 L/s) al 2015, se tenía un déficit de 214 L/s, a pesar de que las plantas se encontraban trabajando al 70% de su capacidad instalada, aproximadamente, acorde a los datos reportados.
- Conforme a lo indicado en las Guías metodológicas del IPCC (2006) y de acuerdo con la estimación realizada al 2015, se tiene que la población del municipio de Guasave (295,353 hab.) aporta 18,919 tCO₂e/año, considerando el valor recomendado de 40 g/habitante/día.
- En el municipio de Ahome se han tenido cuatro tipos distintos de sistemas de tratamiento: Fosa séptica+wetland, lagunas de estabilización, lodos activados y biodiscos. Al último inventario analizado, la planta de lodos activados ya no se encuentra en funcionamiento. En el caso de la Fosa séptica+wetland, al 2004 se contaba con cuatro plantas de tratamiento de este tipo y, a 2019, ya son 18 las PTAR que lo utilizan. El caudal tratado se incrementó de 9.7 L/s a 31.2 L/s. Es decir, tratan el 2.6% del total del agua residual tratada en el municipio de Ahome.
- Las lagunas de estabilización se comenzaron a utilizar en 2005, iniciando con la instalación de la PTAR Los Mochis. A 2019, se cuenta con cinco PTAR que utilizan este sistema. El caudal tratado se incrementó de 604 L/s a 1,135.50 L/s, en ese mismo lapso. La PTAR Los Mochis es la más importante, ya que en ella se trata el 95% del agua residual tratada mediante lagunas de estabilización y, aproximadamente el 91% del total del agua residual tratada en el municipio de Ahome; además de que en esta planta se trata agua residual proveniente del Ejido 9 de

diciembre, Ejido Mochis, Ejido Compuertas, Puerto de Topolobampo y de la ciudad de Los Mochis. Sin embargo, cabe destacar que, al 2019 la planta se encuentra rebasada en su capacidad hidráulica, puesto que trata 1,080 L/s, teniendo una capacidad instalada de 920 L/s.

- En cuanto a los lodos activados, en 2015 inicia su uso en una PTAR, con capacidad para tratar 20 L/s, la cual se mantuvo en funcionamiento durante tres años. Actualmente, ya no aparece en el último inventario de la CONAGUA considerado.
- En ese mismo año comenzó a funcionar una PTAR por biodiscos y a 2019 se tienen dos plantas con este sistema de tratamiento. El caudal tratado se incrementó de 15 L/s a 26.9 L/s y las plantas se encuentran trabajando al 70 y 79%, respectivamente, de su capacidad instalada.
- En el municipio de Ahome, la mayor parte de la población dispone de sus desechos en el drenaje y el uso de fosas sépticas no es una práctica común. Tampoco lo es el desalojo en barrancas, ni en río, lago o mar. Con la capacidad instalada de tratamiento al 2015 (1,116 L/s), se mantiene un margen de 134 L/s, con las plantas trabajando aproximadamente al 95%, de su capacidad instalada. La estimación al 2015 indica que, la población del municipio de Ahome (449,033 hab.) aporta 20,085 tCO₂e/año.
- Un punto por remarcar es que, aunque el municipio de Ahome tiene mayor población que el de Guasave, la generación de metano es mayor en el de Guasave, tanto por el uso de fosas sépticas como por la menor cantidad de caudal tratado.
- De acuerdo con la estimación de la carga-habitante equivalente en distintas plantas de tratamiento del municipio de Guasave se tiene que los valores obtenidos se encuentran muy por debajo del valor recomendado por el IPCC (40 g/habitante/día), esto pudiese indicar que existe infiltración de agua freática hacia las tuberías de alcantarillado que conducen el agua residual cruda a diversas plantas de tratamiento, o bien, que la población real servida por cada una de las plantas es menor a la que proporcionó el organismo operador, siendo en promedio un 30% de las dichas poblaciones.
- Analizando la información proporcionada por 13 de los 18 organismos operadores de Sinaloa, se observa que todos ellos (con excepción de JAPAC) tienen múltiples rotaciones en el cargo de Gerente General durante los tres años que duran las administraciones municipales, contando con una permanencia promedio de 1.8 años (un año, diez meses). En el caso de JAPAC, el Gerente General se mantiene en promedio 3.7 años. Sin embargo, hubo un caso donde se ha mantenido 10 años en sus funciones. JUMAPAM es el caso contrario, donde dura 1.2 años en

promedio, pero teniendo cambios en múltiples ocasiones en menos de un año e incluso, durando de dos a cuatro meses.

- En el cargo de Gerente Técnico (u homólogo), en la gran mayoría de los municipios existe variación cuando el titular del organismo operador cambia. Sin embargo, en Angostura, Mocorito, Guasave, Elota y Salvador Alvarado, este cargo si se ha mantenido a través del paso de distintas administraciones municipales.
- El Titular del área de tratamiento de aguas residuales (o cargo similar), se mantiene durante periodos largos (excepto en el municipio de Mazatlán), siendo éste el cargo que presenta mayor permanencia durante este análisis. Esto es importante ya que tanto en JUMAPAG como en JAPAMA esta rotación no ha influido directamente en las plantas de tratamiento y, además, en los cargos técnicos se ha contado con personal con experiencia y buen conocimiento del tema, lo cual ha permitido mantener en operación las instalaciones existentes, con todas las oportunidades de mejora que existen.
- El análisis de la información obtenida durante las entrevistas indica que, para el cumplimiento de la normatividad vigente, se requiere que los organismos operadores atiendan las dificultades tanto internas como externas. Que realicen cursos de capacitación a todos los niveles respecto a temas técnicos y normativos, con lo cual se atendería a su vez la necesidad de contar con pleno conocimiento de las NOM's. Se requiere, además, que se mejoren los tiempos de solución de los problemas operativos en las plantas de tratamiento, especialmente en el municipio de Guasave, en el cual también es primordial que se implemente el monitoreo constante de la calidad del agua en las plantas para evitar sanciones por incumplimiento.
- En todos los niveles entrevistados existe conocimiento del impacto que puede tener el tratamiento de las aguas residuales en el cambio climático; aunque es importante reforzarlo en el nivel cuatro (operativo) en JAPAMA, lo cual es posible mediante la implementación de los cursos de capacitación.
- La importancia de llevar a cabo el tratamiento de las aguas residuales en las PTAR es notoria para todos los niveles. Para reforzarlo se deben realizar las acciones de mejora, atacar los problemas más frecuentes y, por supuesto, que también en los cursos de capacitación se brinde información que permita que todos los niveles estén enterados del por qué y para qué se realiza el tratamiento de las aguas residuales. Esto ayudaría a que se le brinde mayor atención al agua residual.

- Con la reforma al Art. 4 constitucional (DOF, 8 de febrero, 2012) se habla del derecho humano al agua y al saneamiento, así como a un ambiente sano. Por ello, se recalca la importancia de evitar el contacto de la población con las aguas residuales sin tratar; así como, a su vez, de incrementar los caudales tratados de las aguas residuales generadas por la población, especialmente en zonas carentes del recurso hídrico, tal como lo es la zona noroeste del país. Impulsando el saneamiento, a la vez se apoya el desarrollo social y con ello, la calidad de vida de la población. La falta de recolección de las aguas residuales generadas por la población y la carencia de tratamiento de estas, contaminan los cuerpos de aguas receptores, los cuales a su vez pueden ser fuentes de abastecimiento; además de que afectamos los servicios ambientales que nos proporcionan. Mientras se mantenga una porción de la población que carezca de saneamiento, este derecho humano no estará garantizado.
- No se debe olvidar que, aunque se tiene una cantidad mayor de plantas de tratamiento, muchas son pequeñas y se encuentran ubicadas en localidades rurales, de manera que, se requiere implementar estrategias para incrementar la cantidad de instalaciones, considerando siempre el mejor sistema de tratamiento, para continuar encaminándose hacia la sustentabilidad ambiental.
- En estos tiempos de pandemia por COVID-19 se ha enfatizado la necesidad de contar con agua disponible para el control de la misma. Sin embargo, ello trae como consecuencia una mayor generación de aguas residuales en cada uno de nuestros hogares, la cual necesita a su vez ser tratada para evitar la contaminación, o bien, para la protección de la población.
- La politización de los organismos operadores se vuelve parte importante de los problemas en los mismos. No existe permanencia en los cargos superiores. Al ser el presidente municipal la autoridad encargada de mantener o proponer la remoción del cargo a los titulares de los organismos operadores, es una prioridad lograr su sensibilización respecto a la importancia que tiene el tratamiento de las aguas residuales generadas por la población del municipio; así como enfatizarle que al contar con agua residual tratada, esta puede ser utilizada en otras actividades y con ello, lograr que no solamente se tenga un fuerte apoyo hacia el agua potable, sino que también se considere este rubro dentro de los proyectos, o bien, inversiones correspondientes.
- Se acepta la primera hipótesis, ya que, al existir rotación del personal, existe afectación en cuanto a la continuación de proyectos, requisiciones, compra de reactivos y materiales, etc. Sin embargo, a pesar de los constantes cambios existentes y gracias a que los cargos técnicos

generalmente no se ven removidos durante estos movimientos, se ha permitido continuar con la operación y tratamiento de las PTAR.

- Con los datos obtenidos, también se acepta la segunda hipótesis, ya que las estimaciones determinan que, en las plantas monitoreadas en el municipio de Guasave, el valor es menor al recomendado por el IPCC. Sin embargo, remarcando que estos valores son muy bajos, el organismo operador debe mantener actualizado su padrón de población servida y en conjunto con el monitoreo a la calidad del agua residual cruda, seguir recalculando este valor, el cual le puede servir para el diseño de instalaciones de tratamiento futuras.

Capítulo VI. Recomendaciones

En JAPAMA, se recomienda que se implemente la capacitación del personal a todos los niveles relacionados con el tratamiento de las aguas residuales. Es importante que, tanto el nivel gerencial como el nivel operativo conozcan por igual la importancia de llevar a cabo el tratamiento de las aguas residuales. De esta forma, es posible que se reciba mayor apoyo e impulso a este rubro.

También es importante que se cuente con equipos de reserva, especialmente en aquellas plantas que carecen de ello, para evitar que, al momento de las fallas operativas, se tenga que parar la operación de la PTAR.

En JUMAPAG, también se requiere brindar capacitación, a todos los niveles, respecto a la importancia de llevar a cabo el tratamiento de las aguas residuales. Desde el nivel gerencial al más básico, para que se busque incrementar el número de instalaciones, pero también la mejora en la operación y mantenimiento de las instalaciones ya existentes. Ya que actualmente se da prioridad al crecimiento en cuanto al agua potable, dejando de lado lo relacionado con el agua residual. Otro punto para considerar debe ser el monitoreo constante de la calidad del agua, tanto a la entrada como a la salida de las plantas, pues se dejó de realizar por falta de recursos económicos, según reporta el personal entrevistado. Ya que, debido a ello, la junta podría hacerse acreedora a sanciones ante la autoridad competente. Además, al desconocer la forma en la que están funcionando las plantas, tampoco es posible priorizar las mejoras, en beneficio de la sociedad en general. Asimismo, es importante que el organismo operador mantenga actualizado su padrón respecto a la población real servida por cada una de las plantas de tratamiento existentes y que, acorde a los datos que obtenga respecto a la calidad del agua cruda estime la carga-habitante equivalente en cada una de las plantas, ya que este valor puede ser importante para la proyección de futuras PTAR.

Se debe considerar que, al realizar el tratamiento apropiado de las aguas residuales generadas, es posible la reutilización del agua residual tratada en otras actividades que no requieran agua de primer uso, liberando caudales de agua potable. Punto especialmente importante, sobre todo en una zona que ya tiene problemas en cuanto a la disponibilidad del recurso hídrico y cuyas actividades económicas tales como la agricultura, acuicultura y pesca, entre otras, requieren de una buena cantidad y calidad del recurso.

Asimismo, al incrementar la capacidad de tratamiento y la mejora en la calidad del agua residual tratada, se favorece también el cumplimiento del ODS 6 Agua limpia y saneamiento, especialmente respecto a la meta 6.3, que habla de que a 2030 se deben realizar mejoras buscando la reducción de la contaminación; así como la reducción a la mitad del porcentaje de AR sin tratamiento e incrementar la reutilización sin riesgos (directamente en el indicador 6.3.1 Proporción de AR tratadas en forma adecuada); y la 6.4, que busca que a 2030 se incremente el uso eficiente de los recursos hídricos buscando enfrentar la escasez hídrica.

En ambos municipios se recomienda que cuenten con un padrón de usuarios confiable, lo cual les permitirá saber si la población servida en materia de agua potable realmente descarga a la red de alcantarillado pública; así como si dichas descargas efectivamente llegan a la planta correspondiente y el estado de ella. Sobre todo, considerando los valores que se obtuvieron durante los muestreos realizados en el municipio de Guasave.

Es importante recordar que, al realizar el tratamiento del agua apropiado, especialmente relacionados con sistemas de tratamiento aerobios, se reduce la cantidad de GEI emitidos durante el proceso mismo de tratamiento.

Referencias Bibliográficas

- Afini Júnior, B. (1989). DBO *per capita*. *Revista DAE*. Vol. 49, No. 156, pp. 176-178.
- ANEAS, Asociación Nacional de Empresas de Agua y Saneamiento de México, A.C. (2008). *El agua potable en México. Historia reciente, actores, procesos y propuestas*. Roberto Olivares y Ricardo Sandoval, coords. México, D.F.
- ANEAS. (2020). Retos de los organismos operadores ante el COVID-19. *Agua y saneamiento*. No. 88. Septiembre. Ciudad de México.
- ATLAS.ti Scientific Software Development GmbH [ATLAS.ti Version 9.1.7.0]. (2020). Retrieved from <https://atlasti.com>
- Ávila, R. (20 marzo, 2017). *Detectan ocho puntos rojos en el drenaje*. El Debate. <https://www.debate.com.mx/guasave/Detectan-ocho-puntos-rojos-en-el-drenaje-20170320-0093.html> Consultado el 27 abril, 2018.
- Birlain Escalante, M.O. (2017). Análisis de mitigación de gases de efecto invernadero en la industria química mexicana. *Tesis publicada* para obtener el Grado de Maestro en Ingeniería (Energía-Sistemas energéticos). Universidad Nacional Autónoma de México, Programa de Maestría y Doctorado en Ingeniería. México, D.F.
- Bogner, J.; Pipatti, R.; Hashimoto, S.; Diaz, C.; Mareckova, K.; Diaz, L.; Kjeldsen, P.; Monni, S.; Faaij, A.; Gao, Q.; Zhang, T.; Abdelrafie, M.; Sutamihardja, R. T. M. and Gregory, R. (2008). *Mitigation of Global Greenhouse Gas Emissions from Waste: Conclusions and Strategies from the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) Fourth Assessment Report. Working Group III (Mitigation)*. Waste Management & Research, vol. 26, no.1, pp.- 11-32.
- Caballero, M., Lozano, S. y Ortega, B. (2007). Efecto invernadero, calentamiento global y cambio climático: una perspectiva desde las ciencias de la tierra. *Revista Digital Universitaria DGSCA-UNAM*. Vol. 8, No. 10, pp. 2-12. <http://www.revista.unam.mx/vol.8/num10/art78/int78.htm>
- Campos, J.L., Valenzuela-Heredia, D., Pedroo, A., Val del Río, A., Belmonte, M., and Mosquera-Corral, A. (2016). Greenhouse Gases Emissions from Wastewater Treatment Plants: Minimization, Treatment, and Prevention. *Journal of Chemistry*. Vol. 2016, pp. 1-12. <https://doi.org/10.1155/2016/3796352>
- Castro, L. y Orozco, L. (2015). *Manejo de aguas residuales mediante un sistema de fosa séptica en el área rural, la Finca El Recuerdo, vereda centro del municipio Acacías-Meta*. Tesis de Tecnología en Saneamiento Ambiental. Universidad Nacional Abierta y a Distancia-

UNAD, Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente-ECAPMA. Acacías, Meta, Colombia.

Chacón C., B. (2017). México ante el ODS 13 y los retos ante el cambio climático. *Congreso Red de investigadores parlamentarios en línea, REDIPAL virtual X*. Mayo, pp. 1-20.

CONAGUA, Comisión Nacional del Agua (2005a). *Inventario Nacional de Plantas Municipales de Potabilización y de Tratamiento de Aguas Residuales en Operación. Diciembre de 2004*. ISBN 968-817-722-9. Subdirección General de Infraestructura Hidráulica Urbana, Unidad de Agua Potable y Saneamiento, Gerencia de Potabilización y Tratamiento. Subdirección General Técnica, Gerencia de Saneamiento y Calidad del Agua. Coyoacán, México, D.F.

CONAGUA. (2005b). *Inventario Nacional de Plantas Municipales de Potabilización y de Tratamiento de Aguas Residuales en Operación. Diciembre de 2005*. ISBN 968-817-785-7. Subdirección General de Infraestructura Hidráulica Urbana, Gerencia de Potabilización y Tratamiento. Subdirección General Técnica, Gerencia de Saneamiento y Calidad del Agua. Coyoacán, México, D.F.

CONAGUA. (2007). *Inventario Nacional de Plantas Municipales de Potabilización y de Tratamiento de Aguas Residuales en Operación. Diciembre 2006*. ISBN 968-817-845-4. Subdirección General de Agua Potable, Drenaje y Saneamiento. Agosto. Coyoacán, México, D.F.

CONAGUA. (2008). *Inventario nacional de plantas municipales de potabilización y de tratamiento de aguas residuales en operación. Diciembre de 2007*. Edición 2008. ISBN 978-968-817-889-8. Subdirección General de Agua Potable, Drenaje y Saneamiento. Tlalpan, México, D.F.

CONAGUA. (2009a). *Inventario nacional de plantas municipales de potabilización y de tratamiento de aguas residuales en operación. Diciembre 2008*. Edición 2009. ISBN 978-968-817-945-1. Subdirección General de Agua Potable, Drenaje y Saneamiento. Tlalpan, México, D.F.

CONAGUA. (2009b). *Inventario nacional de plantas municipales de potabilización y de tratamiento de aguas residuales en operación. Diciembre 2009*. Edición 2009. Subdirección General de Agua Potable, Drenaje y Saneamiento. Tlalpan, México, D.F.

CONAGUA. (2010). *Inventario nacional de plantas municipales de potabilización y de tratamiento de aguas residuales en operación. Diciembre de 2010*. Subdirección General de Agua Potable, Drenaje y Saneamiento. Tlalpan, México, D.F.

CONAGUA. (2011a). *Inventario nacional de plantas municipales de potabilización y de tratamiento de aguas residuales en operación. Diciembre de 2011*. Subdirección General de Agua Potable, Drenaje y Saneamiento. Tlalpan, México, D.F.

- CONAGUA. (2011b). *Situación del Subsector Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento*. Edición 2011. Subdirección General de Agua Potable, Drenaje y Saneamiento. Coyoacán, México, D.F.
- CONAGUA. (2012). *Inventario Nacional de Plantas Municipales de Potabilización y de Tratamiento de Aguas Residuales en Operación, Diciembre 2012*. Subdirección General de Agua Potable, Drenaje y Saneamiento. Coyoacán, México, D.F.
- CONAGUA. (2013). *Inventario Nacional de Plantas Municipales de Potabilización y de Tratamiento de Aguas Residuales en Operación. Diciembre 2013*. Subdirección General de Agua Potable, Drenaje y Saneamiento. Coyoacán, México, D.F.
- CONAGUA. (2014a). *Inventario Nacional de Plantas Municipales de Potabilización y de Tratamiento de Aguas Residuales en Operación. Diciembre 2014*. Subdirección General de Agua Potable, Drenaje [sic] y Saneamiento. Coyoacán, México, D.F.
- CONAGUA. (2014b). *Normas Oficiales Mexicanas, NOM-001-SEMARNAT-1996, NOM-002-SEMARNAT-1996, NOM-003-SEMARNAT-1997*. Subdirección General de Administración del Agua. Coyoacán, México, D.F.
- CONAGUA. (2015a). *Inventario Nacional de Plantas Municipales de Potabilización y de Tratamiento de Aguas Residuales en Operación. Diciembre 2015*. Subdirección General de Agua Potable, Drenaje y Saneamiento. Coyoacán, Ciudad de México.
- CONAGUA. (2015b). *Situación del Subsector Agua Potable, Drenaje y Saneamiento*. Edición 2015. México, D.F.
- CONAGUA. (2016a). *Inventario Nacional de Plantas Municipales de Potabilización y de Tratamiento de Aguas Residuales en Operación. Diciembre 2016*. Subdirección General de Agua Potable, Drenaje y Saneamiento. Coyoacán, Ciudad de México.
- CONAGUA. (2016b). *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. Datos básicos para proyectos de agua potable y alcantarillado*. Subdirección General de Agua Potable, Drenaje y Saneamiento. Coyoacán, México, D.F.
- CONAGUA. (2016c). *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. Integración de un organismo operador*. Subdirección General de Agua Potable, Drenaje y Saneamiento. Coyoacán, México, D.F.
- CONAGUA. (2016d). *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. Introducción al Tratamiento de Aguas Residuales Municipales*. Subdirección General de Agua Potable, Drenaje y Saneamiento. Coyoacán, México, D.F.

- CONAGUA. (2016e). *Situación del Subsector Agua Potable, Drenaje y Saneamiento*, Edición 2016. Subdirección General de Agua Potable, Drenaje y Saneamiento. Coyoacán, Ciudad de México.
- CONAGUA. (2017a). *Inventario Nacional de Plantas Municipales de Potabilización y de Tratamiento de Aguas Residuales en Operación. Diciembre 2017*. Subdirección General de Agua Potable, Drenaje y Saneamiento. Coyoacán, Ciudad de México.
- CONAGUA. (2017b). *Situación del Subsector Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento edición 2017*. Subdirección General de Agua Potable, Drenaje y Saneamiento. Coyoacán, Ciudad de México.
- CONAGUA. (2018a). *Atlas del Agua en México edición 2018*. Subdirección General de Planeación. Coyoacán, México, Ciudad de México.
- CONAGUA. (2018b). *Estadísticas del Agua en México edición 2018*. Subdirección General de Planeación. Coyoacán, México, Ciudad de México.
- CONAGUA. (2018c). *Inventario Nacional de Plantas Municipales de Potabilización y de Tratamiento de Aguas Residuales en Operación. Diciembre 2018*. Subdirección General de Agua Potable, Drenaje y Saneamiento. Coyoacán, Ciudad de México.
- CONAGUA. (2019a). *Inventario Nacional de Plantas Municipales de Potabilización y de Tratamiento de Aguas Residuales en Operación. Diciembre 2019*. Subdirección General de Agua Potable, Drenaje y Saneamiento. Coyoacán, Ciudad de México.
- CONAGUA. (2019b). *Situación del Subsector Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento edición 2019*. Subdirección General de Agua Potable, Drenaje y Saneamiento. Coyoacán, Ciudad de México.
- Congreso del Estado de Sinaloa. (18 febrero, 2021a). *Aprueba Comisión crear municipio de El Dorado*. Congreso del Estado de Sinaloa. <https://www.congresosinaloa.gob.mx/aprueba-comision-crear-municipio-de-eldorado/#:~:text=La%20Comisi%C3%B3n%20de%20Puntos%20Constitucionales,Pol%C3%ADtica%20del%20Estado%20de%20Sinaloa/> Consultado el 15 marzo, 2021.
- Congreso del Estado de Sinaloa. (18 febrero, 2021b). *En Comisión se aprueba crear municipio de Juan José Ríos*. Congreso del Estado de Sinaloa. <https://www.congresosinaloa.gob.mx/en-comision-se-aprueba-crear-municipio-de-juan-jose-rios/> Consultado el 15 marzo, 2021.
- Congreso del Estado de Sinaloa. (2019). *Leyes Estatales. Ley de gobierno municipal del estado de Sinaloa*. Congreso del Estado de Sinaloa. <https://www.congresosinaloa.gob.mx/leyes-estatales/> Consultado el 20 marzo, 2021.
- Copernicus Open Access Hub. (2021). <https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home>

- Cristancho M., D.L., Gámez P., W., Guerra A., J.A. y Dueñas E., M.F. (2018). Estimación de los gases efecto invernadero generados por las plantas de tratamiento de aguas residuales ubicadas en la cuenca del río Bogotá. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*. Vol. 18(34), enero-junio, pp. 25-44. <https://doi.org/10.22395/rium.v18n34a2>
- Demir, Ö. and Yapıcıoğlu, P. (2019). Investigation of GHG emission sources and reducing GHG emissions in a municipal wastewater treatment plant. *Greenhouse Gas Sci Technol*. 9:948–964 (2019); DOI: 10.1002/ghg.1912
- Díaz C., R. (2011). *Desarrollo sustentable. Una oportunidad para la vida*. McGraw-Hill. Segunda edición. México, D.F.
- DOF, Diario Oficial de la Federación. (1980). *NMX-AA-014-1980* Cuerpos receptores-Muestreo. 05 de septiembre. http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4859277&fecha=05/09/1980 Consultado el 28 de mayo, 2020.
- DOF. (2001a). *MX-AA-030-SCFI-2001* Análisis de agua-Determinación de la demanda química de oxígeno en aguas naturales, residuales y residuales tratadas-Método de prueba. 17 de abril. http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=767361&fecha=17/04/2001 Consultado el 25 de mayo, 2020.
- DOF. (2001b). *NMX-AA-028-SCFI-2001* Análisis de agua-Determinación de la demanda bioquímica de oxígeno en aguas naturales, residuales (DBO₅) y residuales tratadas-Método de prueba. 17 de abril. http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=767361&fecha=17/04/2001 Consultado el 25 de mayo, 2020.
- DOF. (2016). Ley de Aguas Nacionales. *Diario Oficial de la Federación*. 24 de marzo. http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/16_240316.pdf Consultado el 10 de octubre, 2019.
- DOF. (2018). Ley General de Cambio Climático. *Diario Oficial de la Federación*. 13 de julio. http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGCC_130718.pdf Consultado el 25 de mayo, 2020.
- DOF. (2021). Programa Especial de Cambio Climático 2021-2024. *Diario Oficial de la Federación*. 8 de noviembre. https://dof.gob.mx/2021/SEMARNAT/SEMARNAT_081121_EV.pdf Consultado el 9 de noviembre, 2021.
- Doorn, M. R. J.; Towprayoon, S.; Manso Vieira, S. M.; Irving, W.; Palmer, C.; Pipatti, R. and Wang, C. (2006). *Chapter 6. Wastewater Treatment and Discharge*. IPCC.

https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/5_Volume5/V5_6_Ch6_Wastewater.pdf

FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2021). *Datos*. <https://www.fao.org/faostat/es/#data> Consultado el 26 de noviembre, 2021.

FAO. (2019). *Código Internacional de Conducta para el Uso y Manejo de Fertilizantes*. Roma

Flick, Uwe (2007). *Introducción a la investigación cualitativa*. Ediciones Morata, S.L. Segunda edición. Madrid.

Fondo para la Comunicación y la Educación Ambiental, A.C. (2015). *Directorio de Organismos Operadores de Agua Potable y Alcantarillado 2015*. Centro Virtual de información del agua. https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2015/08/directorio_organismos_operadores_nuevo_diseno_e_hipervinculado.pdf Consultado el 08 de diciembre, 2020.

Fondo para la Comunicación y la Educación Ambiental, A.C. (s/f). *Guía para Organismos Operadores de Agua. Agua potable, alcantarillado y saneamiento*. María Teresa Gutiérrez Mercadillo, Josefa D. de Regules Ruíz-Funes y Gerardo Noria, coords. México, D.F.

Friese, S. (2021). *ATLAS.ti 9 User manual*. ATLAS.ti GmbH, Berlin.

Gobierno de México (2019). *¿Qué es la Agenda 2030?*. <https://www.gob.mx/agenda2030> Consultado el 18 de noviembre, 2019.

González-Díaz, R.R., Acevedo-Duque, Á. E., Guanilo-Gómez, S.L. y Cruz-Ayala, K. (2021). Ruta de Investigación Cualitativa – Naturalista: Una alternativa para estudios gerenciales. *Revista de Ciencias Sociales (Ve)*, 27(Especial 4), 334-350.

Hansen-Rodríguez, I.R., Longoria-Espinoza, R.M., Mantilla-Morales, G., Izaguirre-Díaz de León, F., Ahumada-Cervantes, R. (2021). La evolución del uso de Fosa séptica+Wetland para el tratamiento de las aguas residuales del municipio de Guasave, Sinaloa, México y su importancia para la sustentabilidad ambiental de localidades rurales. *Ra Ximhai*, 173(Especial), 145-169. DOI:10.35197/rx.17.03.2021.06.ih

Hernández S., R., Fernández C., C. y Baptista L., M.P. (2014). *Metodología de la Investigación*. McGraw-Hill/Interamericana Editores, S.A. de C.V. Sexta edición. México.

Hernández-Sampieri, R. y Mendoza Torres, C.P. (2018). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. Ciudad de México, McGraw-Hill Interamericana Editores, S.A. de C.V.

IDRC Canada and II-UNAM (2013). Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo e Instituto de Ingeniería-Universidad Nacional Autónoma de México. *Water and Sanitation:*

LAC cities adapting to climate change by making better use of their available bioenergy resources. <http://proyectos2.iingen.unam.mx/LACClimateChange/introduccion.html>
Consultado el 03 de mayo, 2018.

IMJUVE, Instituto Mexicano de la Juventud. (2018). Instituto Mexicano de la Juventud. *Agenda para las juventudes de México hacia el 2030. Alcances de la agenda de desarrollo sostenible.* Dirección de Investigación y Estudios sobre Juventud. San Rafael, Ciudad de México.

IMTA, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. (2007). Inventario de emisiones de gases de efecto invernadero 2005 por el tratamiento y descarga de las aguas residuales domésticas, *TC 0736.1*, México, D.F.

IMTA. (2011). *Impacto del Cambio Climático en la Calidad del Agua en México*, TC-0872.4. Coordinación de Tratamiento y Calidad del Agua, Subcoordinación de Calidad del Agua, México, D.F.

INE, Instituto Nacional de Ecología. (2012). *Inventario Estatal de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero Sinaloa 2012*. Mazatlán, Sin.

INECC, Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. (2018a). *Acciones y Programas. Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero.* <https://www.gob.mx/inecc/acciones-y-programas/inventario-nacional-de-emisiones-de-gases-y-compuestos-de-efecto-invernadero> Consultado el 30 de octubre, 2019.

INECC. (2018b). *Forzantes climáticos de vida corta.* <http://cambioclimatico.gob.mx:8080/xmlui/handle/publicaciones/36> Consultado el 01 de junio, 2020.

INECC. (2018c). *Mitigación del cambio climático.* <http://cambioclimatico.gob.mx:8080/xmlui/handle/publicaciones/327> Consultado el 01 de junio, 2020.

INECC. (2019). *México ante el cambio climático. Acción climática.* https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/461753/Aguas_residuales.pdf
Consultado el 31 de agosto, 2019.

INEGI, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. (2015). Encuesta Intercensal 2015. Dirección General de Estadísticas Sociodemográficas. México.

IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change. (1996). *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Reference Manual.*

IPCC. (2006). *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Reference Manual.* Intergovernmental Panel on Climate Change Consulted on May 15th, 2020.

- IPCC. (2013). Glosario [Planton, S. (ed.)]. En: *Cambio Climático 2013. Bases físicas. Contribución del Grupo de trabajo I al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex y P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido y Nueva York, NY, Estados Unidos de América.
- JAPAC, Junta Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Culiacán (01 de diciembre, 2020). Contestación a solicitud folio 01527820. Oficio JAPAC-UT-466/2020. Culiacán, Sin.
- JAPACO, Junta Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Cosalá (12 de diciembre, 2020). Contestación a solicitud folio 01527720. Oficio JAPACO/GG/063/2020. Cosalá, Sin.
- JAPAF, Junta Municipal de Agua Potable y Alcantarillado del Municipio de El Fuerte (14 de diciembre, 2020). Contestación a solicitud folio 01527920. Oficio JAPAF 0368/2020. El Fuerte, Sin.
- JAPAMA, Junta de Agua Potable y Alcantarillado del Municipio de Ahome (06 de enero, 2021). Contestación a solicitud folio 01527620. Oficios JAPAMA/GG/UT/016-2021 y JAP-RH-02-/2021. Ahome, Sin.
- JAPAME, Junta Municipal de Agua Potable y Alcantarillado del Municipio de Elota (10 de diciembre, 2020). Contestación a solicitud folio 01528120. Oficio 031/TRANSPARENCIA/2020. Elota, Sin.
- JAPAN, Junta Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Navolato (09 y 14 de diciembre, 2020). Contestación a solicitud folio 01528520. Dos oficios s/n. Navolato, Sin.
- JAPASA, Junta Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Salvador Alvarado (21 de abril, 2021). Contestación a solicitud folio 00531521. Oficio GG-109/2021. Salvador Alvarado, Sin.
- JMAPAM, Junta Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Mocorito (30 de noviembre, 2020). Contestación a solicitud folio 01528420. Oficio s/n. Mocorito, Sin.
- Jouravlev, A. (2004). *Los servicios de agua potable y saneamiento en el umbral del siglo XXI*. CEPAL-Serie Recursos Naturales e Infraestructura. Santiago de Chile.
- JUMAPAANG, Junta Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Angostura (30 de noviembre, 2020). Contestación a solicitud folio 01527320. Oficio JUMAPAANG2020/11/EXT013, Expediente 011/2020. Angostura, Sin.
- JUMAPAE, Junta Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Escuinapa (14 de diciembre, 2020). Contestación a solicitud folio 01528020. Oficio s/n. Escuinapa, Sin.

- JUMAPAG, Junta Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Guasave (14 de diciembre, 2020). Contestación a solicitud folio 01528220. Oficio GG-UT-2020-036. Guasave, Sin.
- JUMAPAM, Junta Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Mazatlán (06 de enero, 2021). Contestación a solicitud folio 01528320. Oficio JUM-CAI-0004/2021. Mazatlán, Sin.
- JUMAPARS, Junta Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de El Rosario Sinaloa (22 de enero, 2021). Contestación a solicitud folio 01528620. Archivo de Excel. El Rosario, Sin.
- López del P., S.J. y Martín C., S. (2017). *UF1666: Depuración de aguas residuales*. Certificado de Profesionalidad Operación de estaciones de tratamiento de agua SEAG0210. Ed. Elearning S.L. España.
- López L., V.M. (2009). *Cambio climático y calentamiento global ciencia, evidencias, consecuencias y propuestas*. Ed. Trillas. México, D.F.
- Mannina, G., Butler, D., Benedetti, L., Deletic, A., Fowdar, H., Fu, G., Kleidorfer, M., McCarthy, D., Steen Mikkelsen, P., Rauch, W., Sweetapple, C., Vezzaro, L., Yuan, Z. and Willems, P. (2018). Greenhouse gas emissions from integrated urban drainage systems: Where do we stand?. *Journal of Hydrology*. 559 (2018) 307–314; DOI: 10.1016/j.jhydrol.2018.02.058
- Manso Piñeros, D., Parrado Moreno, C.A., Aristizábal, A.J. (2017). Inventario de gases efecto invernadero en la Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano (Utadeo). *Mutis*, 7(2), 44-58. <https://doi.org/10.21789/22561498.1252>
- Mantilla Morales, G.; Hernández Cruz, N.; Sandoval Yoal, L.; Ramírez Camperos, M.E.; Tomasini Ortiz, A.C.; García Rojas, J.L.; y Calderón Mólgora, C.G. (2018). Estimación inicial de gases de efecto invernadero por la descarga de aguas residuales municipales en la cuenca del río Apatlaco, Morelos, México. En Lobato Sánchez, R. y Pérez Canales, A.A. (coord.). *Agua y cambio climático*. Jiutepec, Mor.
- Mantilla, G. y Hernández, N. (2018). *Emisiones de gases de efecto invernadero de aguas residuales municipales en la cuenca del río Apatlaco*. En D. Soares Moraes (coord.). *Impacto del cambio climático para la gestión integral de la cuenca hidrológica del río Apatlaco*. (271-310 p.) Jiutepec, Mor.
- Mañas R., M.P. (2017). Análisis de fitotoxicidad de aguas residuales procedentes de estaciones depuradoras de la Provincia de Albacete. *SABUCO Revista de Estudios Albacetenses*. No. 12, 13-41
- Metcalf and Eddy (2004). *Wastewater Engineering. Treatment and reuse*. Fourth edition. McGraw-Hill Education. Singapore.
- Muñoz Rojas, H.A. (2016). *La investigación cualitativa Práctica desde Atlas.ti*. Bogotá, D.C., Colombia, Ediciones USTA.

- Naciones Unidas México (2019). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. <http://www.onu.org.mx/agenda-2030/objetivos-del-desarrollo-sostenible/> Consultado el 23 de noviembre, 2019.
- Naciones Unidas. (2018). *La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe* (LC/G.2681-P/Rev.3), Santiago.
- Parlamento Europeo (2019). *La protección y la gestión de las aguas*. Fichas técnicas sobre la Unión Europea. http://www.europarl.europa.eu/ftu/pdf/es/FTU_2.5.4.pdf Consultado el 16 de diciembre, 2019.
- Parravicini, V., Svardal, K. y Krampe, J. (2016). Greenhouse Gas Emissions from Wastewater Treatment Plants. *Energy Procedia*, 97, 246-253. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2016.10.067>
- Periódico Oficial El Estado de Sinaloa (06 de mayo, 2002). Ley de Agua Potable y Alcantarillado del Estado de Sinaloa. No. 055.
- PNT. (2019). Solicitud de información folio 01179019 a JUMAPAG. Plataforma Nacional de Transparencia. 22 de septiembre.
- PNUD Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (2018). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible> Consultado el 04 de mayo, 2018.
- PNUMA, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (2002). *Perspectivas del medio ambiente mundial*. GEO-3. Grupo Mundi-Prensa. España.
- Prasad S., D. and Singh M., N. (2016). A Comparative Study of the Various Methodologies for Estimation of Green House Gas Emission from Wastewater Treatment Systems (A Review). *Oriental Journal of Chemistry*. 32(3), 1373-1380. <https://doi.org/10.13005/ojc/320311>.
- QGIS, versión 3.22.1. Se distribuye bajo Licencia Pública General GNU. <https://qgis.org/es/site/>
- Quille, S. (2019). *Alternativas de gestión de aguas residuales en la Caleta de Catarindo*. Tesis para obtener el Grado de Maestra en Medio Ambiente y Sistemas Integrados de Gestión. Universidad Nacional Abierta y a Distancia-UNAD, Escuela Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Escuela de Posgrado, Unidad de Posgrado de la Facultad de Ingeniería de Producción y Servicios. Arequipa, Perú.
- Rodrigues Moreira de Oliveira, A.; Carraro B., A.; Teixeira de Matos, A.; David da Silva, D. and Falco P., F. (2017). Alternative mechanisms of charging for use of water resources in wastewater assimilation. *Brazilian Journal of Water Resources*. v. 22, e3. Porto Alegre, Brazil. <https://doi.org/10.1590/2318-0331.011716080>

- Rossati, A. (2017). Global warming and its health impact. *Int J Occup Environ Med.* 8(1): 7-20. doi: 10.15171/ijoem.2017.963
- RStudio Team (2020). RStudio: Integrated Development for R. RStudio, PBC, Boston, MA. URL <http://www.rstudio.com/>.
- Rubio, K. (11 febrero, 2018). *Corregirán conexiones de drenaje sanitario a pluviales*. El Debate. <https://www.debate.com.mx/guasave/Corregiran-conexiones-de-drenaje-sanitario-a-pluviales-20180211-0163.html> Consultado el 27 abril, 2018.
- Ruiz O., J. I. (2012). *Metodología de la investigación cualitativa*. 5ta. Edición. Universidad de Deusto. Bilbao.
- Ruiz, F. (03 junio, 2018). *Limpieza en la red provoca brotes de aguas negras*. El Debate. <https://www.debate.com.mx/guasave/Limpieza-en-la-red-provoca-brotes-de-aguas-negras-20180603-0111.html> Consultado el 14 octubre, 2020.
- Sáenz Rondán, T. (2020). *Análisis de procesos de tratamiento de aguas residuales afectadas por vertidos de vendimia en poblaciones con elevada estacionalidad. Aplicación para el diseño de la EDAR de Sanlúcar de Barrameda*. Tesis para obtener el Grado de Ingeniera Química Industrial. Universidad de Sevilla, Escuela Politécnica Superior de Sevilla. Sevilla, España.
- Sánchez, I. (05 marzo, 2021). *Aprueban creación de dos nuevos municipios en Sinaloa*. La Jornada. <https://www.jornada.com.mx/notas/2021/03/05/estados/aprueban-creacion-de-dos-nuevos-municipios-en-sinaloa/> el 15 marzo, 2021.
- SE, Secretaría de Economía. Gobierno de México. (2016). *Competitividad y Normatividad / Normalización*. <https://www.gob.mx/se/acciones-y-programas/competitividad-y-normatividad-normalizacion> Consultado el 07 de noviembre, 2019.
- SEDESOL, Secretaría de Desarrollo Social. (2013). Catálogo de localidades. Dirección General Adjunta de Planeación Microrregional. <http://www.microrregiones.gob.mx/catloc/LocdeMun.aspx?tipo=clave&campo=loc&ent=25&mun=011> y <http://www.microrregiones.gob.mx/catloc/Default.aspx?buscar=1&tipo=nombre&campo=mun&valor=ahome&varent=25> Consultados el 26 de octubre, 2021.
- Tanmay, K. and Sridevi, H. (2019). Greenhouse gas emissions from wastewater treatment plant. *International Journal of Civil Engineering and Technology.* 10. 81-89. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2016.10.067>
- Tinoco Sáenz, R. y Espinoza-Correa, J. (2017). Tratamiento de aguas residuales mediante un sistema anaerobio para comunidades rurales. *Conference Proceedings UTMACH.* 2(1).

- UNAM-II, Universidad Autónoma de México-Instituto de Ingeniería. (2013). *Selección de Tecnologías para el tratamiento de aguas residuales municipales. Guía de apoyo para ciudades pequeñas y medianas*. México, D.F.
- USEPA, United States Environmental Protection Agency, Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de Norteamérica. (2010). *Guía del Ciudadano*. Oficina de Jueces de Derecho Administrativo. https://www.epa.gov/sites/production/files/2013-09/documents/citizens-guide-espanol_0.pdf Consultado el 12 de diciembre, 2019.
- USEPA. (2016). *Implementación de la [sic] leyes sobre el agua*. <https://espanol.epa.gov/espanol/implementacion-de-la-leyes-sobre-el-agua> Consultado el 12 de diciembre, 2019.
- WWAP, United Nations World Water Assessment Programme. (2015). *The United Nations World Water Development Report 2015: Water for a Sustainable World*. Paris, UNESCO.
- WWAP. (2017). Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2017. *Aguas residuales: El recurso desaprovechado*. París, UNESCO.
- Yapıcıoğlu, P. (2019). Energy cost estimation for a diary wastewater treatment plant in terms of organic load. *7th International Symposium on Innovative Technologies in Engineering and Science*, 22-24 November. Sanliurfa, Turkey. DOI:10.33793/acperpro.02.03.97

Anexo 1. Guía de Entrevista y Cuestionario a los Distintos Niveles

1A. Guía de la Entrevista

Reciba un cordial saludo. Esta entrevista forma parte del marco metodológico de la Tesis Doctoral de la entrevistadora Ivette Renée Hansen Rodríguez y permitirá conocer la posición del organismo operador y trabajadores, con respecto al tema de tratamiento del agua municipal y lodos residuales generados durante el tratamiento; así como de la generación de metano durante el mismo.

Le informo que la elección de la población para contestar la entrevista obedece al método de muestreo teórico. Los datos recopilados durante la entrevista permitirán aportar información importante en el rubro de la metodología.

Con el compromiso de aportar resultados reales y actualizados, solicitamos su valiosa colaboración, la cual consiste en responder una serie de preguntas relacionadas con el tema objeto de estudio. Es importante acordar con usted si puedo usar su nombre real o debo cambiarlo. Si usted lo autoriza, esta entrevista será grabada. Me gustaría saber si tiene dudas o si desea que amplíe la información de algún punto en específico.

1B. Cuestionario a Aplicarse al Nivel 1, Directores del Organismo Operador

1. ¿Cuáles son los beneficios que brinda al municipio el tratamiento de las aguas residuales?
2. ¿Qué dificultades se presentan en el O.O. para lograr el cumplimiento de las normas oficiales mexicanas respecto al tratamiento de las aguas residuales?
3. ¿Cuáles normas oficiales mexicanas tiene que cumplir el O.O. respecto al efluente de las plantas de tratamiento?
4. ¿Cuáles son los factores que le impiden al O.O. el cumplimiento pleno de estas normas?
5. (Se brinda al entrevistado un concepto de cambio climático)

El cambio climático es la “variación de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana, que altera la composición de la atmósfera global y se suma a la variabilidad natural del clima observada durante periodos comparables (DOF, 2018)”.

Las plantas de tratamiento realizan una labor muy importante mejorando la calidad del agua para reutilizarla en distintos usos. Sin embargo, de acuerdo con la Ley General de Cambio

Climático, las aguas residuales deben incluirse en el sector de residuos como generadoras de gases de efecto invernadero (CONAGUA, 2019).

De acuerdo con lo anterior, ¿cómo considera usted que impactan las plantas de tratamiento en el cambio climático?

6. ¿Considera usted que se han implementado acciones para mejorar el estado de las plantas de tratamiento? y de ser así, ¿cuáles han sido dichas acciones y los resultados que se han tenido?
7. ¿Qué sucedería en el O.O. si las plantas no pudieran alcanzar la eficiencia requerida para lograr el cumplimiento de los estándares establecidos en la normatividad vigente?
8. ¿Cuáles acciones se implementan para capacitar al personal que labora en las plantas de tratamiento de agua residual dependientes del O.O., buscando su actualización y mejora continua?
9. Debido a la contingencia por el COVID-19 y relacionada con el tratamiento de las aguas residuales generadas por la población atendida por este O.O., ¿hubo alguna actividad extra que se haya tenido que realizar en las plantas de tratamiento, para afrontarla adecuadamente?, y de ser así, ¿cuál fue?
10. Es común en México, en todos los niveles de gobierno que, cuando una administración releva a otra, incluso siendo del mismo partido, se trastoquen programas y proyectos que necesariamente son de largo plazo. En ese sentido, ¿hasta qué punto y de que maneras ha afectado la falta de continuidad gubernamental a la operación de la planta de tratamiento de agua residual?

1C. Cuestionario a Aplicarse al Nivel 2, Jefes Área de Tratamiento de Aguas Residuales

1. ¿Cuáles son los beneficios que brinda al municipio el tratamiento de las aguas residuales?
2. ¿Qué dificultades se presentan en el O.O. para lograr el cumplimiento de las normas oficiales mexicanas respecto al tratamiento de las aguas residuales?
3. ¿Cuáles normas oficiales mexicanas tiene que cumplir el O.O. respecto al efluente de las plantas de tratamiento?
4. (Se brinda al entrevistado un concepto de cambio climático)

El cambio climático es la “variación de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana, que altera la composición de la atmósfera global y se suma a la variabilidad natural del clima observada durante periodos comparables (DOF, 2018)”.

Las plantas de tratamiento realizan una labor muy importante mejorando la calidad del agua para reutilizarla en distintos usos. Sin embargo, de acuerdo con la Ley General de Cambio Climático, las aguas residuales deben incluirse en el sector de residuos como generadoras de gases de efecto invernadero (CONAGUA, 2019).

De acuerdo con lo anterior, ¿cómo considera usted que impactan las plantas de tratamiento en el cambio climático?

5. ¿Cree usted que se han implementado acciones para mejorar el estado de las plantas de tratamiento? y de ser así, ¿cuáles han sido dichas acciones?
6. ¿Qué sucedería en el O.O. si las plantas no pudieran alcanzar la eficiencia requerida para lograr el cumplimiento de los estándares establecidos en la normatividad vigente?
7. Cuando se detectan problemas de operación y mantenimiento en las plantas de tratamiento de aguas residuales, ¿cuál es el procedimiento por seguir para corregir las fallas detectadas?
8. ¿Cuáles son los problemas más frecuentes?
9. Referente al tiempo que tardan en resolverse los problemas para reanudar el funcionamiento de las plantas que se encuentren fuera de operación, ¿qué opina usted?
10. ¿Qué aspectos, considera usted que deben reforzarse para mejorar el tratamiento de las aguas residuales en las plantas a su cargo?
11. ¿Cuáles acciones se implementan para capacitar al personal que labora en las plantas de tratamiento de agua residual, buscando su actualización y mejora continua?
12. Debido a la contingencia por el COVID-19 y relacionada con el tratamiento de las aguas residuales generadas por la población atendida por este O.O., ¿hubo alguna actividad extra que se haya tenido que realizar, en las plantas de tratamiento, para afrontarla adecuadamente?, y de ser así, ¿cuál fue?

1D. Cuestionario a Aplicarse al Nivel 3, Jefes de las PTAR

1. ¿Cuáles son los beneficios que brinda al municipio el tratamiento de las aguas residuales?
2. ¿Considera que el O.O. crea necesario llevar a cabo el tratamiento de las aguas residuales?
3. ¿Qué dificultades se presentan en el O.O. para lograr el cumplimiento de las normas oficiales mexicanas respecto al tratamiento de las aguas residuales?
4. ¿Cuáles normas oficiales mexicanas tiene que cumplir el O.O. respecto al efluente de las plantas de tratamiento?

5. (Se brinda al entrevistado un concepto de cambio climático)

El cambio climático es la “variación de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana, que altera la composición de la atmósfera global y se suma a la variabilidad natural del clima observada durante periodos comparables (DOF, 2018)”.

Las plantas de tratamiento realizan una labor muy importante mejorando la calidad del agua para reutilizarla en distintos usos. Sin embargo, de acuerdo con la Ley General de Cambio Climático, las aguas residuales deben incluirse en el sector de residuos como generadoras de gases de efecto invernadero (CONAGUA, 2019).

De acuerdo con lo anterior, ¿cómo considera usted que impactan las plantas de tratamiento en el cambio climático?

6. ¿Cree usted que se hayan implementado acciones para mejorar el estado de las plantas de tratamiento? y de ser así, ¿cuáles han sido dichas acciones?
7. ¿Qué sucedería en el O.O. si las plantas no pudieran alcanzar la eficiencia requerida para lograr el cumplimiento de los estándares establecidos en la normatividad vigente?
8. Cuando se detectan problemas de operación y mantenimiento en las plantas de tratamiento de aguas residuales, ¿cuál es el procedimiento por seguir para corregir las fallas detectadas?
9. ¿Cuáles son los problemas más frecuentes?
10. Referente al tiempo que tardan en resolverse los problemas para reanudar el funcionamiento de las plantas que se encuentren fuera de operación, ¿qué opina usted?
11. ¿Qué aspectos, considera usted que deben reforzarse para mejorar el tratamiento de las aguas residuales en las plantas a su cargo?
12. ¿Cuáles son las actividades y/o procedimientos que considera que se deben mejorar en el O.O. para apoyar su trabajo en las PTARs?
13. ¿Cuáles acciones se implementan para capacitar al personal que labora en las plantas de tratamiento de agua residual, buscando su actualización y mejora continua?
14. Debido a la contingencia por el COVID-19 y relacionada con el tratamiento de las aguas residuales generadas por la población atendida por este O.O., ¿hubo alguna actividad extra que se haya tenido que realizar, en las plantas de tratamiento, para afrontarla adecuadamente?, y de ser así, ¿cuál fue?

1E. Cuestionario a Aplicarse al Nivel 4, Trabajadores de las PTAR

1. De acuerdo con su percepción, ¿cuáles son los beneficios que brinda al municipio el tratamiento de las aguas residuales?
2. ¿Considera que el O.O. crea necesario llevar a cabo el tratamiento de las aguas residuales?

3. ¿Qué dificultades existen para lograr cumplir con las normas oficiales mexicanas respecto al tratamiento de las aguas residuales?
4. ¿Cuáles normas oficiales mexicanas tiene que cumplir el efluente de las plantas de tratamiento en las que usted trabaja?
5. (Se brinda al entrevistado un concepto de cambio climático)
El cambio climático es la “variación de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana, que altera la composición de la atmósfera global y se suma a la variabilidad natural del clima observada durante periodos comparables (DOF, 2018)”.
Las plantas de tratamiento realizan una labor muy importante mejorando la calidad del agua para reutilizarla en distintos usos. Sin embargo, de acuerdo con la Ley General de Cambio Climático, las aguas residuales deben incluirse en el sector de residuos como generadoras de gases de efecto invernadero (CONAGUA, 2019).
De acuerdo con lo anterior, ¿cómo consideraría que impactan las plantas de tratamiento en el cambio climático?
6. ¿Cree usted que se hayan realizado acciones para mejorar el estado de las plantas de tratamiento? y de ser así, ¿cuáles han sido?
7. ¿Qué sucedería si las plantas no alcanzaran la eficiencia necesaria para cumplir con la normatividad vigente?
8. Cuando se detectan problemas de operación y mantenimiento en las plantas de tratamiento de aguas residuales, ¿cuál es el procedimiento por seguir para corregir las fallas detectadas?
9. ¿Cuáles son los problemas más frecuentes?
10. ¿Qué opina usted respecto al tiempo que tardan en resolverse los problemas para reanudar el funcionamiento de las plantas que se encuentran fuera de operación?
11. ¿Qué aspectos cree que deben reforzarse para mejorar el tratamiento de las aguas residuales en las plantas a su cargo?
12. ¿Cuáles son las actividades y/o procedimientos que considera que se deben mejorar en el O.O. para apoyar su trabajo en las plantas de tratamiento?
13. ¿Cómo lo capacitan, respecto a lo que usted realiza en las plantas de tratamiento?
14. Debido a la contingencia por el COVID-19 y relacionada con el tratamiento de las aguas residuales generadas por la población atendida por este O.O., ¿hubo alguna actividad extra que se haya tenido que realizar, en las plantas de tratamiento, para afrontarla debidamente?, y de ser así, ¿cuál fue?

Anexo 2. Transcripción Entrevistas Semiestructuradas (Prueba Piloto)

2A. Nivel 1-Directores del Organismo Operador

Gerente de ECCACIV

Fecha de entrevista: 29 de septiembre, 2020

A través de la plataforma zoom

Vamos a comenzar con las... con las preguntas, eh, vamos viendo, alguna que llegue a tener duda, me comenta y ya la platicamos. La primera sería, ¿cuáles son los beneficios que brinda al municipio el tratamiento de aguas residuales?

¿Cuáles son los beneficios? Limpiar el agua, que el agua pueda llegar a los cuerpos de agua más limpia y que se pueda reutilizar como sabemos, en el ciclo de agua y con eso poder pues tener un recurso sustentable, ¿no?

¿Qué dificultades se presentan para lograr el cumplimiento de las normas oficiales mexicanas respecto al tratamiento de las aguas residuales?

Bueno, las dificultades siempre son económicas, o sea, siempre es este, un presupuesto, en el caso de la planta que yo manejo que es ECCACIV, pues aquí tenemos, es una planta particular, por decirlo así, de CIVAC, aquí dependemos de un presupuesto y dependemos también de una norma. Entonces aquí lo que nosotros tenemos que hacer es un balance, entre el tratamiento y no salirnos tanto del presupuesto, del que manejamos, pero siempre cumpliendo la norma, en este caso, es la 01.

¿Cuáles normas oficiales mexicanas tiene que cumplir la planta respecto al efluente tratado?

La NOM-01-SEMARNAT-1996, que ahorita ya está en revisión, ya sacaron la nueva... el nuevo proyecto. Salió hace dos años y bueno, estamos apenas implementando algunos cambios todavía, en este nuevo proyecto.

Muy bien, ¿cuáles son los factores que le impiden a la planta el cumplimiento pleno de esta normatividad?

Pues ahorita, en específico, nosotros cumplimos la NOM-01, de repente tenemos problemas con el tratamiento de los sólidos, con el tratamiento a veces... bueno, nos llega espuma, no, no se trata, pero visualmente, pues en la comunidad si les afecta un poco que haya espuma en el efluente. Y pues prácticamente sería el nitrógeno, es el más, el mayor problema que tenemos.

El cambio climático es la variación del clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana, que altera la composición de la atmósfera global y se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos comparables, este es el concepto de cambio climático. Las plantas de tratamiento realizan una labor muy importante mejorando la calidad del agua para reutilizarla

en distintos usos. Sin embargo, de acuerdo con la Ley General de Cambio Climático las aguas residuales deben incluirse en el sector de residuos como generadoras de gases de efecto invernadero. De acuerdo con lo anterior ¿cómo consideraría usted que impactan las plantas de tratamiento en el cambio climático?

Pues como la mencionas, o sea realmente al generar estos gases de efecto invernadero, pues si nos están afectando en que... lo que yo entiendo es que, a que suba la temperatura, ¿no?, a que cambie el clima y que cada vez sea, sea menos la capa de ozono, y eso genera que tengas temperaturas más altas.

Muy bien, gracias. ¿Considera usted que se han implementado acciones para mejorar el estado de la planta? y de ser así ¿cuáles han sido dichas acciones y los resultados que se han tenido?

Bueno, como te comentaba ahorita, nosotros estamos implementando algunas acciones ya considerando el proyecto, del que salió en 2008. Estamos cambiando en la parte de primarios, compramos una máquina que se llama flubber, es un desnatador, y también para ayudarnos a separar sólidos, eso para eficientar el tratamiento primario. Porque tenemos muchos problemas ahí, sobre todo en mantenimiento porque ya son equipos muy viejos los que tenemos en la planta. Entonces cambiamos lo que viene siendo los primarios, y estamos adaptando unos tanques, que teníamos, para que ahí poder hacer como que un pretratamiento antes de entrar a las torres biológicas. Ya vamos a adaptar los digestores que tenemos, con unos difusores, para darle un pre antes de que entre a las torres y con eso ayudarnos a poder cumplir, bueno, en principio la DQO y con esto, como te comentaba, al tener mayor cantidad de oxígeno disponible, vamos a poder llevar a cabo el ciclo del nitrógeno, o sea, primero le va a nitrificar y luego ya a desnitrificar, o sea, tener el tiempo necesario para poder lograr esa... esa remoción completa.

Muy bien, ¿qué sucedería si la planta no pudiera alcanzar la eficiencia requerida para lograr el cumplimiento de los estándares establecidos en la normatividad vigente?

Pues a nosotros si nos afecta, como parte industrial, porque en ECCACIV se paga por cumplir la norma, entonces, de hecho, nosotros reportamos trimestralmente a la mayoría de usuarios, como UNILEVER, BAXTER, todos los que están aquí en NISSAN, y nosotros les reportamos trimestralmente nuestros datos de efluente, lo que reportamos a CONAGUA. En caso de no cumplir, pues primero nos multan. CONAGUA nos multa, es una multa como de tres millones de pesos, o algo así, que habría que pagar, y aparte, pues sería un incumplimiento para ellos, o sea, a nivel NISSAN, a nivel, los que me pagan, tendrían el incumplimiento hacia sus corporativos, o sea, sería... algo muy este, ¿qué te podría decir?... grave, por decirlo así.

Muy bien, ¿cuáles acciones se implementan para capacitar al personal que labora en la planta, eh, buscando su actualización y mejora continua?

¿Qué acciones tenemos? Bueno, pues estamos ahora sí que en cursos de actualización, a nivel, este, se puede decir nacional. Estamos inscritos en un organismo de Monterrey, que nos da actualizaciones en cuanto a los

tratamientos. Tenemos Convenios por ejemplo con UPEMOR, donde estamos trabajando con la Dra. Moeller y siempre está ayudándonos con nuevos tratamientos, tenemos varios tesisistas, ahí trabajan con nosotros, haciendo pruebas de diferentes problemas específicos que tenemos en la planta, y creo que con eso colaboramos tanto con los alumnos, con la, con la, ¿cómo se puede decir?, con la escuela, que sería la UPEMOR, también la UAEM, tenemos algunos trabajos de lodos, bueno, por ejemplo con Chapingo, que estuvimos haciendo el centro de compostaje. Si nos mantenemos ahora sí que vinculados, pues para seguir aprendiendo y seguir desarrollando nuevas... nuevos conocimientos.

Muy bien, debido a la contingencia por el COVID-19 y relacionada con el tratamiento de las aguas residuales generadas por la población atendida por la planta, ¿hubo alguna actividad extra que se haya tenido que realizar para poder afrontarla debidamente? Y si fue así, ¿cuál fue?

Bueno, a nivel tratamiento, no hicimos este ningún cambio, ahora sí que lo hicimos a nivel lo que marca el IMSS, con que marca la STPS, cuando salió en el Diario Oficial todos los requisitos, por ejemplo, lo del uso de cubrebocas, lo del gel, lo de poner tapetes anti... bueno, poner tapetes con solución, soluciones cuaternarias de amonio, para desinfección. Tomar temperaturas de... cuando llegas a la planta, lo primero que usas el tapete, para que se te limpien los pies, hay gel y te toman la temperatura. Llenas un cuestionario que dice... este, bueno, tu nombre, tu temperatura, que si tienes síntomas, fiebre, tos, algún familiar que tenga, algún contacto que hayas tenido con COVID, y ahí tu firmas, este, esto se verifica para hacer un seguimiento, con los, con los que están entrando, así sean proveedores, sean este, personal, practicantes, todos hacemos el mismo procedimiento y ya posteriormente, cada área igual, tiene su gel, su tapete. Ah, bueno, en el comedor se pusieron también distancias para poder comer, mínimo metro y medio, se marcaron y los baños, este, nos pidieron que pusiéramos unos... unas mamparas, como acrílico para poder dividirlos. Porque ya, este fue a hacernos una supervisión el IMSS, ante STPS, entonces ya nos revisaron todo ese check list, y ya cumplimos. De hecho, tenemos un distintivo por ahí, que nos otorga el cumplimiento de todas las medidas que ya tenemos.

Bueno, muchas felicidades. Y en el caso de la cantidad de agua que le llegaba a la planta, ¿hubo alguna modificación?, ¿le llegó más?, ¿le llegó menos?, ¿se mantuvo constante?, ¿qué pasó?

Bueno, ahí, al principio, cuando todo empezó, si hubo baja porque NISSAN, sobre todo, paró, prácticamente mes y medio. No se ve mucho, porque nosotros recibimos alrededor de 100 litros por segundo, NISSAN ha de haber bajado como 4 ó 5, entonces realmente, pues si bajó pero de 100 a 95, pero... como nosotros llevamos el control de cada usuario, pues si nos dimos cuenta, ¿no?, NISSAN prácticamente no produjo, en mes y medio, no cero, pero si 0.1, 0.2 litros por segundo, y todas las que trabajan para NISSAN, por ejemplo ALPHLA, todas las que están aquí, no tenían trabajo, cerraron mes y medio. Este, ya posterior, conforme fue pasando el tiempo, pues fue, este, recuperándose la producción, y ahorita, como consecuencia hemos tenido un poco de variaciones, en nuestra actividad, pues porque algunos pues perdieron este, pues por

ejemplo tenemos un usuario que se llama UQUIFA, que no tenía sus materias primas a tiempo, por todo este problema de las aduanas y todo esto, entonces tenía que atrasar sus programaciones que ya tenían que no las podían terminar en tiempo, porque no tenía los materiales, o sea, si nos ha traído un poco de cambios. No hemos tenido, una regularización, así como veníamos antes, sobre todo de fluctuaciones de flujo y de DQO.

Ah, ok. Es común en México, en todos los niveles de gobierno, que cuando una administración releva a otra, incluso siendo del mismo partido, se trastoquen programas y proyectos que necesariamente son de largo plazo. En ese sentido, ¿hasta qué punto y de qué manera ha afectado la falta de continuidad gubernamental a la operación de la planta de tratamiento de agua residual?

Bueno, nosotros específicamente como te comentaba, somos particulares, pero si tenemos aportación del municipio. Nos afectó mucho cuando estábamos trabajando un con... en conjunto el tema de lodos, mitad trabajaba el municipio y mitad nosotros, entonces, al momento que cambió el nuevo presidente, pues hubo cambios, ¿no?, que ya no, que esto ya no me parece, entonces de hecho ahí fue que se decidió que ya el centro de compostaje ya es de ECCACIV solo, o sea, nos independizamos, ya rentamos un terreno nosotros, ya es independiente. Ahora si tenemos relación, por ejemplo, que les recibimos poda o que luego nos piden composta, o cosas así, pero ya es este como más indirecto, o sea, al final de cuentas si afecta, porque tenemos una relación directa con ellos, pero en cuanto a la operación como tal, ya no nos afecta tanto.

Muy bien, por último, eh, ¿me podría dar su nombre completo?

Dato eliminado.

¿Su cargo en la planta de tratamiento?

Gerente de planta.

Y ¿el tiempo que lleva laborando en esta planta?

20 años.

20 años ya, excelente. Bueno, pues por mi parte eso sería todo, le agradezco mucho el tiempo que nos ha dedicado, y también que nos haya permitido trabajar pues con sus, eh, su personal, que nos haya abierto las puertas de la planta. Entonces, eh, muchísimas gracias a usted y a su personal por toda la información, estoy segura de que nos va a, a permitir mejorar este cuestionario. Por último, solamente quisiera saber si ¿hay alguna cuestión que considera que se deba de agregar? o ¿alguna pregunta que no le haya quedado clara y crea que deba de ser modificada? o alguna recomendación al respecto.

Pues no, creo que son claras las preguntas, se entienden bien.

Ok, pues eso sería todo. Muchísimas gracias.

Nivel 1-Directores del organismo operador

Ex Director del organismo operador de Santa Cruz de Juventino Rosas, Guanajuato

Fecha de entrevista: 29 de septiembre, 2020

A través de la plataforma zoom

Bueno, el primer... la primer pregunta sería ¿cuál es su nombre completo?

Dato eliminado.

Eh, ¿cuál es el cargo que tiene o que tuvo en el organismo operador?

Soy Ex Director del organismo operador de Santa Cruz de Juventino Rosas

¿Cuánto tiempo duró en ese cargo?

Tres años.

Excelente, muchas gracias. Entonces, vamos a comenzar con las preguntas, en las cuales usted me puede ir dando la información, conforme usted lo considere pertinente. La primera de ellas es ¿cuáles son los beneficios que brinda al municipio el tratamiento de aguas residuales?

Eh, en términos reales para los usuarios, ninguno. En términos de cumplimiento de obligación, pues es parte de los compromisos que tenemos al, y que contrajimos al aceptar el agua que se otorgó a los organismos operadores para el abasto público urbano.

Muy bien, ¿qué dificultades se presentan en el organismo operador para lograr el cumplimiento de las normas oficiales mexicanas respecto al tratamiento de las aguas residuales?

El... el primer, el principal problema, desde mi punto de vista es el entendimiento. El entendimiento de una obligación, de una obligación ambiental, de un compromiso administrativo y fiscal. Eh... desde mi punto de vista, tanto al ciudadano como a los funcionarios, como es el Alcalde y es el Ayuntamiento, eh, no les queda claro por qué se tiene que tratar el agua. Porque finalmente para ellos es, es solamente descargarla y eso no generaría un costo. Es decir, no, no asumen esa responsabilidad como parte del servicio que se está dando. Entonces, la concepción de ellos es como de evadir, evadir esa parte o no aceptar ese compromiso, porque ese compromiso genera un costo. El primero es la infraestructura en... el, en el desarrollar una infraestructura que no existe en el municipio, que es muy costosa y que también el municipio no tiene capacidad para solventar todo esa... esa... cantidad de dinero que se requiere. Esa es, por una parte, cuestión de desarrollo de infraestructura, y la otra es, la generación del personal que deba estar operando esa planta. En... en el organismo operador que yo dirigí, eh, pues es un organismo operador de chico a mediano. Eh, y el problema es el personal especializado que se ocupa. Todavía este, hay mucha gente que cree que cualquier persona puede operar una planta de tratamiento y... ciertamente si la puede operar, pero a su manera, no como se debe, o sea, hay principios científicos, que se deben de estar respetando, y que permiten llevar un buen control de la planta. Eh... en todas sus etapas. Entonces, eh... también tiene que ver mucho el como se está llevando, se está conduciendo el agua hacia la planta de tratamiento, eh... para que toda llegue hasta ella, ¿no? Y digo, finalmente, en el mejor de los casos, si la planta está operando de manera correcta, pues

ya es una ganancia. Eh, lo real es que no toda el agua residual que genera una localidad, una cabecera municipal, llegue hasta... hasta una sola planta. Solo llega un porcentaje. Entonces, eh... en términos de cumplimiento de normatividad pues estaría en posibilidad de cumplir, eh... digamos un cierto porcentaje nomás del agua que llega. La otra, pues se... se va a vertir [sic] por diferentes puntos, este, que obviamente pues no se reportan a la autoridad federal o a la autoridad competente. Eh, yo, desde mi punto de vista es lo que limita mucho el cumplimiento de la normatividad. Entonces, va a haber muchas etapas y considerando, por ejemplo, en el municipio, en el organismo operador, que... que yo estuve dirigiendo, pues si tuvimos la oportunidad de construir una planta, eh... si, este, más o menos tratamos el 70% del agua residual que se generaba. Y esa era la que, la que se tenía posibilidad de cumplir con la normatividad. Eh, la otra, el otro 30% restante, pues obviamente no.

Muy bien, muchas gracias. ¿Cuáles normas oficiales mexicanas tiene que cumplir el organismo operador respecto al efluente de las plantas de tratamiento?

Bueno, depende mucho del, del, del cuerpo receptor, pero la principal, pues es la NOM-001-SEMARNAT-1996. Esta norma pues tiene varios cuerpos receptores, en el que nos tocaba a nosotros era el río, es un riego agrícola, eh... era un cuerpo de agua, clasificado como tipo A, y pues digamos que esa es la calidad de más, más, más, eh... más común que tiene esa norma. No, no es la más laxa, porque es para suelo, suelo en riego agrícola. Eh, y esa es la que nos tocaba aplicar. No, no, no nos tocaba aplicar la norma de... para reúso, que es la NOM-003, y este... y la otra que nos tocaba aplicar pues es la de, la de lodos y biosólidos, ¿no?, la NOM-004.

Muy bien, ¿cuáles son los factores que le impiden al organismo operador el cumplimiento pleno de estas normas?

El... tener la infraestructura suficiente para que genere el manejo del agua residual. Yo creo que esa es la... lo principal y no se refiere nada más a la capacidad de la planta, sino... a la, a la cantidad de colectores, que sean los, los, los suficientes o los necesarios para conducir el agua. Eh, aquí enfrentamos nuevamente retos interesantes, que son las pendientes, eh... el diseño a veces de las ciudades no es de la mejor manera, en cuestión de como se construyó el... se construyeron los alcantarillados, entonces hay, hay zonas, que descargan o que su pendiente está del lado opuesto de la planta de tratamiento. Y eso dificulta mucho la conducción hasta, hasta la planta. Entonces, eh... son ese tipo de problemática los que representan, eh... un. un buen reto para cumplir con la normatividad.

Muy bien, eh, le voy a dar una información a continuación, antes de... de hacer la pregunta. El cambio climático es la variación del clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana, que altera la composición de la atmósfera global y se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos comparables, ese es el concepto. Las plantas de tratamiento realizan una labor muy importante mejorando la calidad del agua para reutilizarla en distintos usos. Sin embargo, de acuerdo

con la Ley General de Cambio Climático las aguas residuales deben incluirse en el sector de residuos como generadoras de gases de efecto invernadero. De acuerdo con lo anterior ¿cómo considera usted que impactan las plantas de tratamiento en el cambio climático?

Pues, eh... como, como es un agua residual doméstica, tienen una alta carga orgánica, y eso, pues son, es, eh... es un precursor de la generación de gases de efecto invernadero. En el caso particular de... de Santa Cruz de Juventino Rosas, eh... la planta tenía o incluía, eh... dos reactores anaerobios de flujo ascendente. Esto quiere decir que, eh... la generación de...de biogás era muy importante. Entonces generaba gran cantidad de metano, y que en el diseño inicial, eh... estoy hablando del año 2005, cuando se diseñó la planta, pues no, no estaba considerado, no estaba considerado atender los gases que se iban a estar generando. Eh... y pues obviamente sigue operando a la fecha así.

Muy bien, gracias. ¿Considera usted que se han implementado acciones para mejorar el estado de las plantas de tratamiento? y de ser así ¿cuáles han sido dichas acciones y los resultados que... se han tenido?

Si se han realizado acciones, pero van más encaminadas al aprovechamiento de los lodos, como tal. Eh... se creó un vivero, eh... para utilizar todos los lodos como mejoradores de suelo, y se han tenido algunos proyectos para aprovechar la biomasa, porque también parte de la planta de tratamiento son... unos humedales, eh... superficiales, entonces generan mucha, eh... mucha materia orgánica, a través de... de las plantas que se utilizan ahí para, como auxiliares en la remoción de... de materia orgánica. Eh... y... bueno, en general, eh... si se ha ayudado, ha ayudado en la cantidad de sólidos que se disponen, en el... en el reúso que se les da y en el aprovechamiento, pues para generar otro tipo de... de... de plantas o de, de productos alternos.

Muy bien ¿qué sucedería en el organismo operador si las plantas no pudieran alcanzar la eficiencia requerida para lograr el cumplimiento de los estándares establecidos en la normatividad vigente?

Bueno en, si no se cumpliera con... con, con las exigencias que tenemos, respecto a las metas de calidad, eh... podríamos ser multados. Multados por descargar fuera de la normatividad, y ese sería en una parte, la otra es que, eh... también se pagan derechos por descargar fuera de la... de los límites máximos permisibles, y eso es en cuestión de, de la Ley Federal de Derechos, y eso impacta de manera muy, muy severa. Yo creo que sería, el costo mayor sería ese.

Claro, ¿cuáles acciones se implementan para capacitar al personal que labora en las plantas de tratamiento de agua residual dependientes del organismo operador, buscando su actualización y mejora continua?

Bien, en este caso, eh...en mi caso en particular, para... para eh... para poder operar bien la planta, eh... nos dimos a la tarea de buscar un buen perfil, que tuviera esa formación, y también se le mandó a tomar cursos, eh... especializados en el tratamiento de... plantas de tratamiento, ¿no?

Muy bien. Debido a la contingencia por el COVID-19 y relacionada con el tratamiento de las aguas residuales generadas por la población atendida por este organismo operador, ¿hubo alguna actividad extra que se haya tenido que realizar en las plantas de tratamiento para afrontarla debidamente? Y si es así, ¿cuál fue?

Eh... no, no se... no se realizó ninguna actividad alterna, relacionada pues con la disposición y tratamiento de agua residual.

Claro. Es común en México, en todos los niveles de gobierno, que cuando una administración releva a otra, incluso siendo del mismo partido, se trastoquen programas y proyectos que necesariamente son de largo plazo. En este sentido, ¿hasta qué punto y de qué manera ha afectado la falta de continuidad gubernamental a la operación de la planta de tratamiento de aguas residuales?

Ese es un tema... muy, muy complicado, yo creo que es el, el punto crítico, el que, la parte medular de la problemática del tratamiento de aguas residuales en el país. En general, este... el primer reto pues es construir las plantas de tratamiento. Eh... ya cuando, cuando se construyen, también se con... se convierten en un instrumento político y esta es una parte muy delicada, que todavía nuestros políticos no terminan de entender que esa parte no lleva colores. Que se tiene que, eh... dar, este, se tiene que dar prioridad a la operación de, a la buena operación de una planta de tratamiento. Nuestro país, es un país muy grande, muy rico en muchas cosas y también de gente valiente, y digo esto, porque... eh, hay gente que no tiene el perfil, no tiene la formación, pero se avienta con una responsabilidad de operar una planta de tratamiento sin tener una formación que le permita entender el reto que está asumiendo. Este, esto lo digo porque, eh... hay veces, la gente participa en una campaña y lo que quiere es un cargo... un cargo público y entonces le... pues va a aceptar, va a aceptar y acepta responsabilidades que no son para él, para ellos. Y eso es muy común, entonces, eh... si, si han repercutido, si repercuten los cambios, y normalmente eh... ponen a gente valiente, solamente. Valiente, eh... que no tiene la formación, que lo hace a su entender, que lo hace con muy buenas intenciones. Eh... digo, nunca falta la persona que también le guste la naturaleza y entonces, eh... pues dicen, pues este es el bueno, ¿no?, para que se encargue de una planta de tratamiento. Y no, no, no es nada más, no es suficiente con que le, les guste la naturaleza, les guste el cuidado del medio ambiente, para que se hagan cargo de una planta de tratamiento. Ocupan una persona profesional, especializada y con ganas de servir, eh... digo, porque el operador de una planta de tratamiento, pues no, no es cualquier cosa. Si hay que tenerle amor a... al arte.

Claro, eh... bueno, hasta este momento ¿hay alguna pregunta que considere usted que podamos agregar?, que haga falta agregar algo, que... debemos hacer énfasis, o alguna pregunta que al contrario, no esté bien estructurada y que no la haya entendido bien, para poder modificarla, para... eh, aplicaciones posteriores. Algún... algún consejo que me pueda dar.

Eh... desde mi punto de vista, eh... pudiera haber nada más... algo que habría que preguntarles, y es un reto para la... tanto para la parte administrativa, la parte operativa y... en general, en todos los sentidos, la parte ambiental en un organismo operador y es que, eh... el agua residual como tal, no genera una ganancia. El organismo operador está al pendiente de los ingresos, entonces le presta atención y cuida lo que genera ingresos. Eh... la desventaja del agua residual es que es un costo, para ellos. Entonces, eh... desde ese punto de vista representa un reto muy importante para el encargado de la planta, conseguir recursos eh... para... operar de manera adecuada y continua, y estoy hablando en, en el sentido que le asignen presupuesto para la operación y mantenimiento. Siempre queda en último lugar y el otro punto crítico es que, eh... es muy difícil que un organismo operador, de pequeño a mediano, eh... asigne presupuesto para los monitoreos, no monitorean. Entonces, si lo hacen es por, es nada más por este cumplir con algunos requerimientos, pero no lo hacen por llevar un control de la planta de tratamiento de sus descargas.

Claro, sí, porque también implica costos.

Así es. Ese es uno de los principales retos que tiene una planta de tratamiento, el presupuesto asignado para operación de cada año. En, en nuestro caso, te comparto la planta de... Santa Cruz de Juventino Rosas se construyó pensando en esos retos. Eh... se utilizaron, eh... unidades de tratamiento que no generaran costos elevados. Se construyó pensando en que tenía que sobrevivir a los cambios políticos.

A lo mínimo posible.

Se construyó pensando también en que podían mandar un valiente que, que le gustara la naturaleza (río) y efectivamente sigue operando pues gracias a eso, a esas cuestiones. Porque el único costo que tiene es, eh... el del bombeo. Nada más. De todo lo demás son, este, eh, son reactores anaerobios, son lagunas y son humedales. Entonces, y todo es por gravedad, entonces...

No requiere reactivos... adicionales, ni.

No. Y eso le permite funcionar, más la desventaja pues es que se ocupan, eh... eh, una superficie grande, ¿no?, en este caso, se destinaron seis hectáreas para la planta de tratamiento, pero no todos... no todas las ciudades tienen esa, esa superficie disponible.

Claro.

Pero sí (sonríe).

Bueno, pues por mi parte, eso sería todo. Solamente me resta agradecerle el tiempo que, pues que me ha otorgado en este momento. Porque yo se que la agenda está bastante complicada, sobre todo ahorita con la contingencia de COVID, pero yo se que la información que me ha brindado y la recomendación de agregar esa.. esa parte, de, de, como pregunta adicional, se que me va a servir mucho para... el momento de la entrevista... a los organismos operadores de agua de acá, de Sinaloa. Si, yo creo que esa parte te va a permitir distinguir que tan comprometido, que tan maduro es un organismo operador.

Claro.

Si.

Que tanto compromiso hay.

Si, si un organismo operador ya en su presupuesto anual tiene considerado esa parte, estamos hablando que es, que tiene finanzas sanas, que es un organismo ya con planeación, y... y que ya tiene un trabajo importante detrás de esto.

Ok, muchísimas gracias.

Para servirte, ahí estamos a la orden.

2B. Nivel 2. Jefes Área de Tratamiento de Aguas Residuales

Supervisor de Operaciones Técnicas de ECCACIV

Fecha de entrevista: 28 de septiembre, 2020

A través de la plataforma zoom

Eh, pues como primer pregunta, su nombre completo, por favor.

Dato eliminado.

Y ¿cuál es su cargo en la... en la planta?

Soy el Supervisor de Operaciones Técnicas... de la planta.

Supervisor de Operaciones Técnicas. ¿Cuántos años tiene en... trabajando ahí en la planta?

15 años, cumplí este año.

15 años, bueno. Ahora sí, vamos a pasar a la serie de preguntas de las que consta esta entrevista. La primer de ellas sería ¿cuáles son los beneficios que brinda al municipio el tratamiento de aguas residuales?

Bueno, una [sic] de los beneficios es reincorporar el agua, en este caso la planta cumple con la norma 01, que es reincorporarla a la barranca Puente Blanco que es el nombre del cuerpo receptor, este... de tal manera que esta pueda ser utilizada para riego. En este caso, principalmente es el riego de rosas y ornamentales, que es para lo que se ocupa parte del agua de esta barranca.

Muy bien, ¿qué dificultades se presentan para lograr el cumplimiento de las normas oficiales mexicanas respecto al tratamiento de las aguas residuales?

Ok, eh, yo creo que la más grande es el costo de la energía eléctrica, es intrínseco a la cantidad de DQO que tenemos, entonces, eh, que no es muy estable. Que no se tiene en este caso un tipo de subsidio y prácticamente pues, el agua en este caso no se puede reutilizar, se le... se descarga a cuerpo receptor. Entonces el principal para mi es este.

Muy bien, eh, ¿cuáles normas oficiales mexicanas tiene que cumplir respecto al efluente tratado en la planta de tratamiento?

La norma que se cumple como tal en el efluente es la nom-001-semarnat-1996. Eso nada más como ya incluye pues todo lo que deriva en cuanto a normas oficiales, en cuanto a Secretaría de Trabajo, este.. Semarnat y todas esas.

Muy bien, muchas gracias. Eh, ahora, le voy a brindar una información, para poder aportar a las preguntas que le voy a hacer a continuación. El cambio climático es la variación del clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana, que altera la composición de la atmósfera global y se suma a la variabilidad natural del clima observada en períodos comparables. Las plantas de tratamiento realizan una labor muy importante mejorando la calidad del agua para reutilizarla en distintos usos. Sin embargo, de acuerdo con la Ley General de Cambio Climático las aguas residuales deben incluirse en el sector de residuos como generadoras de gases de efecto invernadero. De acuerdo con lo anterior ¿cómo considera usted que impactan las plantas de... las plantas de tratamiento de aguas residuales en el cambio climático?

Eh, bueno depende mucho del tipo de proceso, bueno, yo lo veo así, del tipo de proceso de tratamiento, y pues de esas derivará en que tanto afecta en la generación de gases, ¿no?, de efecto invernadero, por así decir. Este... en este caso, pues nosotros el tipo es aerobio, el reactor biológico, entonces creo que no es tanto lo que afecta como tal, además de que los lodos se mandan a un centro de compostaje, en el cual, no se mandan a un lugar este.. de disposición final, sino que se reintegran al suelo, entonces yo creo que esto debe de impactar en cierta parte, pero no tanto, como sería tirar o confinar los lodos u/o tratar en un tipo de sistema anaerobio que tendríamos que quemar el gas y hacer diferentes tipos de cosas.

Muy bien, ¿cree usted que se hayan implementado acciones para mejorar el estado de la planta de tratamiento? y de ser así ¿cuáles han sido dichas acciones?

Si, bueno, justo ahora estamos haciendo una implementación de hacer un pretratamiento, una reducción de la DQO antes de que entre a los reactores biológicos, por medio de un flujo pistón y una areación [sic] este.. por este biodisco, bueno por discos, perdón, burbuja fina, y esto aunque tal vez nos considera elevar un poco la... el consumo de energía eléctrica, eh, yo creo que nos va a dar una mejor calidad del agua, tanto en tipo de reducción de DQO como tal y en reducción de sólidos al final del proceso, lo cual pues beneficiaría este... directamente a la barranca, este... porque el agua pues va mucho más limpia, va mucho mejor y también el cambio que hemos hecho en cuanto a la composta realmente es increíble porque... al final el lodo, se reintegra completamente al suelo, sin ningún daño, cumple la norma 04, este y la excede, además de que en cuanto a nutrientes, lo que es la... materia orgánica, lo que es el nitrógeno total y el fósforo propio de los lodos, pues se reintegra a las plantas, ¿no?, que para las plantas es... su sustrato directamente.

Claro, muy bien. Estoy tomando nota de cualquier cosa, a pesar de que estamos grabando, ¿no?.

Si, si, no hay ningún problema.

¿Qué sucedería si las plantas no pudieran, si la planta, no pudiera alcanzar la eficiencia requerida para lograr el cumplimiento de los estándares establecidos en la norma?

Bueno, si no cumpliera yo creo que habría un impacto negativo, directamente en el cuerpo receptor, primero. En segundo, pues todo lo que deriva, ¿no?, en una mala disposición de lodos, una mala que... un manejo de los equipos pues también afecta, o incluso si excedemos en el consumo de energía pues también es un efecto que afecta al cambio climático, ¿no?, entonces tenemos que estar en el que sea eficiente, que cumpla la normatividad, pero tampoco gastándonos toda la energía del mundo, ¿no? Porque a fin de cuentas también eso genera un impacto en el cambio climático, porque la mayoría de energía que generamos aquí en México es pues por carbón u otros este... contaminantes, ¿no?.

Claro, gracias. Cuando se detectan problemas de operación y mantenimiento en la planta ¿cuál es el procedimiento por seguir para corregir las fallas detectadas?

Eh... para eso tenemos un plan de mantenimiento anual, este... dado caso que sea algún pro... mantenimiento correctivo, se requiere hacer un un [sic] levantamiento, se envían los equipos y se hace su reparación. Eh, afortunadamente aquí en la planta todos los equipos tienen este... son dobles o triples dependiendo si son equipos críticos, entonces es muy difícil que la planta pueda parar por un mantenimiento de este tipo. Entonces es, levantar una orden de trabajo, este... solicitar los recursos, y... este, solicitar la reparación del equipo.

Muy bien, gracias, eh, ¿cuáles son los problemas más frecuentes de la planta?

Bueno, en nuestro caso, el problema más frecuente es, eh... el poder este, equilibrar la DQO, por el tipo de planta. Este, nosotros estamos hablando de que de repente tenemos 11 toneladas y al siguiente día 20 toneladas, y al siguiente día 6 toneladas, el siguiente día 40 toneladas, es lo que más nos ha... pegado. Justamente ahorita con lo que se quiere hacer es estabilizar esa DQO a través de un sistema de pretratamiento, por así decirlo, y evitar las cargas en los reactores biológicos. Debido a que, pues estos entran en un, en un deste, una montaña rusa de repente. Normalmente eso normalmente es diciembre, porque aquí se produce es 12 días lo que se va a producir en todo el mes. Porque del 12 a 24 se utiliza para mantenimientos mayores, entonces toda la producción se hace del primero de diciembre al 12 de diciembre. Lo que es el Guadalupe-Reyes, prácticamente.

Referente al tiempo que tardan en resolver los problemas para reanudar el funcionamiento de la planta cuando se encuentra fuera de operación ¿qué opina usted?

Eh, yo creo que son muy buenos tiempos. No tenemos... el tiempo máximo para un mantenimiento por... programado es de seis horas. El tiempo máximo por un mantenimiento que tengamos, no sé, se cayó un poste principalmente, han sido los más altos, en cuanto a CFE, pues a veces se han llevado hasta 9 horas.

Afortunadamente la biomasa, pues nos aguanta muy bien hasta 24 horas, ya hemos este, hecho análisis y podemos aguantar las 24 horas sin ningún problema de aireación y recirculación.

Muy bien, ¿qué aspectos, considera usted que deben reforzarse para mejorar el tratamiento de las aguas residuales en la planta?

Yo creo que el, el origen, como no es de origen municipal, el evitar que los sólidos no tienen que ir a la... en los colectores, principalmente estamos hablando que aquí, escombros, llantas, todo ese tipo de residuos pues realmente no deben de ir ahí, ¿no?. Vienen de la parte municipal, pero pues si nos afectan en todo lo que es el cribado, este... todo lo que es lo grueso y... sobre todo, otro que he visto mucho, son los aceites que de repente vierten clandestinamente. En este caso, pareciera aceite de refaccionarias y todo este tipo de cosas. Es lo que realmente creo que se tendría que tener mucho cuidado.

¿Qué acciones se implementan para capacitar al personal que labora en la planta, buscando su actualización y mejora continua?

Ajá, eh, se tiene un programa anual de capacitación. En este programa anual de capacitación se dan todos los que son de RH por Secretaría del Trabajo y, con ellos se van actualizando en cuanto a la operación de la planta con reuniones, normalmente es una vez al mes, ahorita por esto de la pandemia hemos tenido un poco alejados. Pero, una vez al mes se hace una... reunión, se ve los detalles, algún problema que se pudo haber tenido u/o [sic] mejoras que se pudieran realizar. Se toman ellos en cuenta y pues, bueno poco a poco se van haciendo. Realmente sale muy poquitos porque la planta estamos hablando que desde... 96 que está funcionando, entonces se han hecho muchos cambios pero, si, siempre van saliendo mejoras u/o [sic] este... actualizaciones que tendríamos que dar. Sobre todo en equipos, en operación de equipos nuevos.

Muy bien, debido a la contingencia por el COVID-19 y relacionada con el tratamiento de las aguas residuales generadas por la población atendida por esta planta, ¿hubo alguna actividad extra que hayan tenido que realizar para afrontarla debidamente? De ser así, ¿cuál fue?

Eh, sí. En cuanto a bioseguridad, se dio mascarillas, protectoras a los trabajadores, para evitar, cuando estén en las áreas que se presenten aerosoles o... este, dispersiones... este por algún tipo de equipo, este... que mantuvieran, este... protegidos de la cara. Este, también se agregó más, este, en sus áreas de trabajo, lo que es geles, en áreas específicas, para que mayor tiempo de desinfección. Además de protocolos de toma de temperaturas, y que, y revisiones a personal que presentaba algún síntoma.

Muy bien, y en cuanto a lo que es el... lo que es eh, la cantidad de agua que les llegó a la planta, ¿hubo alguna modificación?, ¿les llegó más?, ¿les llegó menos?, ¿o fue exactamente igual?

Si, bueno, a partir de marzo, nos percatamos en lo que es abril-junio, aquí en esa época empezamos con lo que es el estiaje, este, hasta que empieza a llover que es julio-agosto, más o menos, plena lluvia, nos percatamos que sí. Normalmente el agua, nuestros horarios pico eran siete de la mañana y siete de la noche. Pero ahorita se mantuvo esas primeras semanas, ya después con las lluvias, pues ya es muy difícil saber si

realmente afectó. Pero si hubo un incremento de las primeras semanas, además de que, pues se vio un incremento yo creo que en cuanto a, de la DQO, por el tipo de desinfectantes que empezaron a utilizar. Y todo esto era parte que agregaban pues al, al, al fin y al cabo la limpieza iba a terminar al, al, al drenaje pues, al agua. Entonces si se notaron detalles en cuanto a aumentos de DQO, aumento de este, de este... de flujo y pues que se mantuvo más que lo normal en lo que es estiaje.

Muy bien, perfecto, listo. Eh, estas serían todas las preguntas que yo te haría, al final lo único que me gustaría es si crees que tengas alguna información adicional que me puedas proporcionar, o algo que creas que me falta preguntar, que me pueda ayudar a aportar en este tipo de temas, o si alguna pregunta no te quedó clara, que creas que la tengo que modificar.

No, yo creo que las preguntas están muy bien. Este, hacen referencia a todo lo que se solicita, y no... realmente creo que, está muy bien, está muy bien hecho.

Bueno, muchísimas gracias, agradezco muchísimo tu atención, tu tiempo.

2C. Nivel 3-Jefes de las PTAR

Auxiliar de Operación de ECCACIV

Fecha de entrevista: 28 de septiembre, 2020

A través de la plataforma zoom

Me podría decir por favor ¿cuál es su nombre?

Dato eliminado.

Primera pregunta, ¿cuánto tiempo lleva trabajando en la planta de tratamiento?

Este...

Aproximadamente.

Dos años.

Dos años, perfecto. Ahora bien, vamos, ¿no tienes ninguna duda hasta ahorita?

No, todo bien.

Bueno, vamos a comenzar con las preguntas, tu contestas lo, lo más, que como tú lo consideres respecto a lo que yo te voy preguntando, ¿no?

Ok.

¿Cuáles son los beneficios que brinda al municipio el tratamiento de las aguas residuales?

El principal es el cuidado del medio ambiente, eh, al tratar el agua, eh, tratamos de que ese pequeño porcentaje que es tratado, sea de mejor calidad y... para los organismos que están en los ríos, este... no, no

dañar su... su ecosistema. Y tratar que esa agua pueda utilizarse para regar o, o sea, bueno, se pueda reutilizar.

Gracias, ¿considera que el organismo operador crea necesario llevar a cabo el tratamiento de las aguas residuales? Es decir, el sistema de aguas.

Si.

Si. ¿Qué dificultades se presentan para lograr el cumplimiento de las normas oficiales mexicanas respecto al tratamiento de las aguas residuales?

¿El principal problema?, o ¿cómo era?

¿Qué dificultades se presentan para lograr cumplir con las normas oficiales mexicanas respecto al tratamiento de las aguas residuales?, ¿cuál considera que sea más importante? O ¿cuáles las más importantes dificultades?

Que no se lleve a cabo el... el cumplimiento con la norma, ¿no?, creo que, porque no podemos saber, más que nada, no podemos regular la descarga, que tan contaminada puede ser el agua, y esa es la mayor dificultad.

Gracias, ¿cuáles normas oficiales mexicanas tienen que cumplir la planta respecto al efluente de las plantas de tratamiento?

La norma 001, SEMARNAT.

Ok, muy bien. El cambio climático es la variación del clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana, que altera la composición de la atmósfera global y se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos comparables, eso viene siendo cambio climático. Las plantas de tratamiento realizan una labor muy importante mejorando la calidad del agua para reutilizarla en distintos usos. Sin embargo, de acuerdo con la Ley General de Cambio Climático las aguas residuales deben incluirse en el sector de residuos como generadoras de gases de efecto invernadero. De acuerdo con lo anterior ¿cómo consideraría usted que impacten las plantas de tratamiento en el cambio climático?

Mmm, yo creo que si tienen un gran impacto, porque si el agua se fuera descargada, así, este.. al efluente, obviamente afectaría a todos los animales y las especies que están en el agua, y que algunas si pueden, bueno, regular o... no sé, bueno, aportan ciertas, ciertas características buenas y... si nosotros hacemos la descarga del agua contaminada, afectaría directamente al, al ecosistema y eso es, lo que... lo que puede ser, un efecto.

¿Cree usted que se hayan implementado acciones para mejorar el estado de las plantas de tratamiento? y de ser así ¿cuáles habrían sido estas acciones?

Si, si se han generado acciones y yo creo que es el proyecto de la norma 001, igual, SEMARNAT. Creo que el reducir algunos parámetros ayuda muchísimo a... a tratar de que el agua sea con mejor calidad. Bueno, ya tratada.

Gracias, ¿qué sucedería si las plantas no pudieran alcanzar la eficiencia requerida para lograr el cumplir con los estándares establecidos en la normatividad vigente?

Si no, ¿si no cumplieran?

Si no cumplieran.

Pues afectaríamos, nuevamente a donde estamos haciendo la descarga, en... puede ser a un río, o a, a directamente a los océanos, y afectamos todos, todas las especies que viven, tanto plantas y animales.

Excelente, muchas gracias, permítame.

Si.

Cuando se detectan problemas de operación y mantenimiento en las plantas ¿cuál es el procedimiento por seguir para corregir las fallas detectadas?

Eh, primero, tratamos de identificar donde es el, el mayor problema y por ejemplo, si es en sólidos, aumentamos la dosificación de polímero o tratamos de... de que sea inmediato. Para que no...no sigamos teniendo problemas en la descarga del efluente.

Excelente, ¿cuáles son los problemas más frecuentes?

Eh, los sólidos suspendidos totales.

Si, ¿lo de los sólidos?, ¿solamente los sólidos son los más frecuentes?

Y algunas veces, el nitrógeno total.

Eh, referente al tiempo que tardan en resolver los problemas para reanudar el funcionamiento de las plantas cuando se encuentren fuera en operación ¿qué opina usted?, ¿qué le parece el tiempo que se tardan?

Mmm, algunas veces si es... si es un poco. Bueno, se aplaza, pero si deberíamos de tratar de optimizar ese tiempo, para evitar, este... descargar el agua de esa manera.

Gracias, ¿qué aspectos considera usted que deben reforzarse para mejorar el tratamiento de las aguas residuales en la planta a su cargo? En la planta de tratamiento.

¿Puedes repetirla?

Claro, ¿qué aspectos consideras que deben reforzarse para mejorar el tratamiento en la planta?, ¿qué hay que mejorar?

Podría ser, tener un valor más este... más rápido de DQO en el influente de la planta. Para automáticamente ver que tan... que tan contaminada está el agua y, que... que tiempo se le puede dar de tratamiento.

Gracias, ¿cuáles son las actividades o procedimientos que considera que se deben mejorar para apoyar el trabajo que usted realiza en la planta?

Mmm.

¿Qué considera que le falta?, ¿qué hay que apoyarla a usted para que pueda sacar su labor, su trabajo, eh, más rápidamente o más eficientemente?

Más que nada... esa, esos, esos en la, ¿cómo le explico? la facilidad en los datos de... en los resultados, no se. Podría ser.

La rapidez en obtener los datos, como lo de DQO, lo que me mencionaba.

Ajá. Así, claro.

Eh, ¿cuáles acciones se implementan para capacitar al personal que labora en la planta, buscando su actualización y mejora continua?

Eh, por el sistema de calidad, se les está capacitando continuamente a todo el personal, sobre la norma, sobre en caso de no cumplir con algún parámetro o en algunos puntos de muestreo, se le informa al personal y se le hace saber las consecuencias o... o que podría pasar. Si.

Debido a la contingencia por el COVID-19 y relacionada con el tratamiento de las aguas residuales que genera actualmente la población atendida por la planta, ¿hubo alguna actividad extra que se haya tenido que realizar en la planta para poder afrontarla debidamente? Y de ser así, ¿cuál fue?

Eh, se brindó mayor equipo de seguridad a todos los... los operadores, no únicamente, bueno, no como antes. Ahora se utilizaban caretas, cubrebocas, guantes, y... y se les informaba sobre que tuvieran más cuidado, al estar en... si es que llegaban a tener algún contacto, avisar y darles todo lo posible.

Y en cuanto a la cantidad de agua que les llegó, ¿hubo alguna modificación?, eh, ¿llegó menos?, ¿llegó más?, ¿hay alguna diferencia en cuanto al tiempo antes de que existiera la contingencia de la... de la pandemia por COVID?

Eh, si se tuvo un mayor, un mayor flujo en la entrada.

Ajá.

Y un poco la DQO si, si aumentó.

Aumento en la DQO.

Ajá.

Excelente, muchas gracias. Eh, ¿algo más que desees agregar?

No, está bien.

Bueno, te agradezco muchísimo el tiempo dedicado para responder el cuestionario. Yo se que las respuestas que... que me haces favor de brindarme, eh, pues me van a servir muchísimo. ¿Hay alguna pregunta que creas que pueda, que deba de ser modificada?, ¿algo de que se deba de agregar? Respecto a... al nivel en el que tú estás, siendo tú la jefa, eh, al nivel en que tú estás. ¿Alguna que creas que deba de modificar?, que, que no te haya quedado muy clara. Obviamente, yo entiendo que cuando manejamos organismo operador te causa un poco de conflicto, porque pues ustedes no son

organismo operador. Ustedes son un ente privado, pero, eh, ¿algo que sientas que se deba de modificar o de agregar que pudiera servir para conocer información acerca del tratamiento o de la emisión de gases de efecto invernadero en las plantas?

Este, no. Creo que.

¿Crees que así está?

Si.

Excelente. Entonces, sería toda la entrevista por mi parte contigo.

2D. Nivel 4-Trabajadores de las PTAR

Operador de Planta de ECCACIV

Fecha de entrevista: 28 de septiembre, 2020

A través de la plataforma zoom

Muy bien, vamos a iniciar. ¿Me podría proporcionar su nombre?, por favor.

Dato eliminado.

Muy bien, muchas gracias, ¿cuánto tiempo lleva trabajando en la planta de tratamiento?...

Aproximadamente.

15 años.

15 años, muy bien, durante todo este tiempo ha trabajado como operador de la planta.

Si.

Muy bien, de acuerdo con... con su percepción, como usted cree esta información. Las preguntas son como usted las entienda.

Si.

¿Cuáles son los beneficios que le brinda al municipio el tratamiento de aguas residuales?

Bueno, porque recolectamos el agua, de... ahora sí, de las casas, de sus drenajes y... le damos tratamiento para que pueda ser utilizada en la agricultura.

Muy bien, muchas gracias... estoy tomando nota.

Si.

¿Considera que el organismo operador, es decir, la junta de agua en este caso sería SAPAC crea necesario llevar a cabo el tratamiento de las aguas residuales?

Si, claro.

¿Qué dificultades existen para lograr cumplir con las normas oficiales mexicanas respecto al tratamiento del agua residual?, ¿qué dificultades tienen?

A ver, no le entendí muy bien la pregunta.

¿Qué dificultades tendría usted para que el efluente que sale, el agua que sale de la planta pueda cumplir con la NOM, la 001? que tienen que cumplir ustedes.

Como... como nuestra planta es industrial también, las dificultades son cuando las empresas descargan, sus descargas no están controladas y salen de parámetros.

Si, muy bien. ¿Cuáles normas oficiales mexicanas tiene que cumplir el efluente de la planta?

La 001.

Ahora le voy a dar una información.

Si.

El cambio climático es la variación del clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana, que altera la composición de la atmósfera y se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos comparables, esto es cambio climático. Las plantas de tratamiento realizan una labor muy importante mejorando la calidad del agua para reutilizarla en distintos usos. Sin embargo, de acuerdo con la Ley General de Cambio Climático las aguas residuales también deben incluirse en el sector de residuos como generadoras de gases de efecto invernadero, porque generan metano durante el tratamiento. De acuerdo a lo anterior, ¿cómo consideraría que impactan las plantas de tratamiento en el cambio climático? o ¿cómo le ayudan las plantas?, o ¿cómo favorecen las plantas de tratamiento al cambio climático?, ¿cómo cree usted que pueda pasar esa parte?

Bueno, eso, esos gases están controlados, porque nos vienen a muestrear para que estén dentro de, o sea que no... que no dañen el ambiente.

Muy bien, ¿cree usted que se hayan realizado acciones para mejorar el estado de las plantas de tratamiento? y de ser así ¿cuáles han sido?, es decir, ¿hay alguna acción que haya realizado la planta para mejorar el tratamiento del agua?

Si, si, si han habido acciones.

¿Cómo cuáles?

Pues son en equipos y este.

¿Adquisición de equipo?

Ajá, en equipos. Modernizándolos, actualizarlos y en sus mantenimientos, más que nada, actualizándolos.

¿Qué sucedería si la planta no alcanza la eficiencia para cumplir con la norma?

Ah, pues, entonces contaminaríamos. No cumpliríamos y estaríamos contaminando el ambiente.

Muy bien. Cuando se detectan problemas de operación y mantenimiento ¿cuál es el procedimiento a seguir para corregir la falla?

Tratamos de anticiparnos, para que no impacte y este... y detenemos el proceso, o sea.

Ajá, lo paran.

Tratamos de no hacer una descarga nosotros, hasta corregir.

Muy bien, ¿cuáles son los problemas más frecuentes?

¿Para el tratamiento del agua?

Si.

Pues son... como le digo que es industrial, por lo regular, este... hay cambios en el comportamiento del agua. No del agua, sino de los microorganismos que traen, que vienen en el agua, entonces constantemente cambia el método.

Si.

Y tenemos que estar muy pendientes para esos cambios y estarlos controlando, tenemos que bajar la descarga, hasta controlar, controlar la descarga.

Muy bien, ¿qué opina usted respecto al tiempo que tardan en resolverse los problemas para reanudar el funcionamiento de la planta cuando se encuentra fuera de operación?

Son necesarios, son necesarios, y el tiempo, pues... nos preparamos antes, porque cuando es algo que se prevé que se va a pasar, nos preparamos para ese tiempo, tratamos que así sea. Porque como el agua es continua que está llegando, pues nosotros nos preparamos, nos damos un espacio para no dejar pasar el agua directa.

Muy bien, ¿qué aspectos cree usted que deben reforzarse en la planta para mejorar el tratamiento del agua?, ¿hay algo que considere usted que se deba de mejorar?

¿De mejorar?

Si.

Bueno, hablar con los... este... con las empresas para que tengan mejor control de sus aguas. Nosotros también no se nos dificulte tratar sus aguas, y les... y nos cueste menos a todos, a ellos y a nosotros.

Claro. Eh, ¿cuáles son las actividades o procedimientos que considera usted que se debe de mejorar en la planta de tratamiento para apoyarlo a usted en la realización de su trabajo? Ya propiamente, ¿qué deben de mejorar para ayudarle a usted?

Mejorar. Bueno, este, más que nada, es... el retardo que hay en adquirir algunas cosas que se necesitan, para mejorar pues nosotros nuestro trabajo, nuestro sistema, que al final, no afecta, pero nos mejoraría.

Muy bien, eh, ¿cómo lo capacitan? respecto a lo que usted realiza en la planta, ¿cómo es la capacitación?

Es constantemente la capacitación, están dando capacitaciones de seguridad, de... el tratamiento del agua, de los parámetros, de las normas.

Si cuenta con capacitación.

Si.

Muy bien. Debido a la contingencia del COVID-19 y relacionada con el tratamiento de las aguas residuales generadas por la población atendida por la planta, ¿hubo alguna actividad extra que haya tenido que realizar para poder afrontar la contingencia del COVID? Y de ser así, ¿cuál fue?

Pues una actividad extra, no, solamente en tiempo, de algunos compañeros que se tuvieron que retirar para... para su seguridad de ellos, y nosotros cubrimos su tiempo, de ellos. Pero nada más, la actividad siguió siendo la misma.

¿Cambió la cantidad de agua que le llegó a la planta?, ¿bajó, subió, siguió igual?, ¿qué considera usted?

Bajó un poco, pero muy poco, en la... muy poco, en la descarga y por la temporada de lluvia, pues no se notó.

Ah, perfecto. Entonces bajó.

Ajá, un poco.

Muy bien, en este caso, ¿hay alguna pregunta que le haya quedado... que no le haya quedado muy clara?, que crea que necesito cambiar, ¿algo que le gustaría que se agregara?, alguna pregunta... que considere que pueda faltar respecto al tratamiento del agua, al nivel que usted trabaja en la planta, o ¿considera que las preguntas están claras?

Claro, si están claras. Pues, o sea, nosotros estamos conscientes de nuestro trabajo, que es importante.

Claro.

Y... pues a veces nos gustaría que la gente tomara conciencia de... de, como cuidar el agua, porque pues ahora sí, nosotros vivimos de aquí. Y hace tiempo nosotros veíamos los ríos limpios y todo, nos bañábamos, los reutilizábamos y ahora, pues ya no. Y... trabajando acá, se da cuenta de más cosas, ¿sí?

Claro.

De cómo podemos ayudar y... a veces nos gustaría a nosotros como trabajadores que, este, que la gente tomara conciencia, de cómo cuidar el agua.

Muy bien, si, bueno, pues le agradezco muchísimo su tiempo, el tiempo que me brindó para darme toda esta información, me va a servir mucho para... mi tema de tesis. Le agradezco muchísimo y pues quedo al pendiente con ustedes.

Y por acá la esperamos.

Muy amable, muchas gracias.

Anexo 3. Transcripción de Entrevistas Semiestructuradas a JAPAMA

3A. Nivel 2. Jefes Área de Tratamiento de Aguas Residuales

Fecha de entrevista: 08 de mayo, 2021

A través de la plataforma zoom

¿Cuál es su cargo en el organismo operador de JAPAMA?

Gerente Técnico y Operativo

¿Cuánto tiempo tiene en este cargo?

Eh, lo que es la administración, dos años siete meses... seis meses

¿Y en el organismo operador?

Eh, igual, dos años seis meses

Ah, ok. No estaba antes. ¿Cuáles son los beneficios que brinda al municipio el tratamiento de las aguas residuales?

El beneficio es no contaminar lo que es las bahías, o cuerpos receptores de aguas nacionales, lo que son ríos, lagos, la bahía, todo eso son aguas nacionales, que se hace el tratamiento para no producir la contaminación de los mismos.

¿Qué dificultades se presentan en el organismo operador para lograr el cumplimiento de las normas oficiales mexicanas respecto al tratamiento de las aguas residuales?

Eh, ahorita pues tenemos, eh, la mayoría de las comunidades ya con cobertura de saneamiento, ya contamos nosotros con plantas de aguas residuales. Eh, te puedo comentar que estamos dentro de la norma que nos exigen. Eh, en lo que va de la administración, no hemos hecho ningún pago por no cumplir norma. La ley nos dice que si nosotros cumplimos la norma somos exonerados de cualquier tipo de pago. Entonces, hemos tenido resultados positivos.

¿Cuáles normas oficiales mexicanas tiene que cumplir el O.O. respecto al efluente de las plantas de tratamiento?, ¿las conoce usted?

Es la de la SEMARNAT, la 001.

El cambio climático es la “variación del clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana, que altera la composición de la atmósfera global y se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos comparables” (DOF, 2018).

Las plantas de tratamiento realizan una labor muy importante mejorando la calidad del agua para reutilizarla en distintos usos. Sin embargo, de acuerdo con la Ley General de Cambio Climático las aguas residuales deben incluirse en el sector de residuos como generadoras de gases de efecto invernadero (CONAGUA, 2019).

De acuerdo con lo anterior ¿cómo considera usted que impactan las plantas de tratamiento en el cambio climático?

Existen varias hipótesis sobre el tema del, de los gas... eh, gas de efecto invernadero, que los conocemos en la industria del metanol y el etanol. Pues considero que es preferible tratarlas, aunque produzcamos un poco de gases, que mandar las aguas a las bahías con alto, eh, contenido de... de sustancias, eh... nocivas, para la flora y fauna marina. Tenemos lo que son los nitratos, los nitritos, que son producidos entonces, eh, tratamos de quitarlos, así como las, los coliformes, y no llevarlos directamente a la contaminación de... de los cuerpos nacionales de aguas.

¿Cree usted que se hayan implementado acciones para mejorar el estado de las plantas de tratamiento? y de ser así ¿cuáles han sido esas acciones?

Realmente, las acciones que estamos haciendo es el mantenimiento y operación de ellas, eh, requieren, por ejemplo, las lagunas, que son la mayoría de las que tenemos, de quien le da mantenimiento a los taludes, los bordos, eh, lo que es la poda de la vegetación, el pino salado que nos afecta el proceso, entonces continuamente hay un servicio de mantenimiento y limpieza de estas lagunas y lo que son los cárcamos de bombeo. Que es donde tenemos un poquito más de dificultad, son partes mecánicas y el agua es tipo corrosiva, lo que es mantenimiento a la estructura meca... metálica, etc. Es lo que se ha hecho, principalmente. En esta administración no ha habido creación de nuevas plantas, debido a que tenemos el problema del drenaje sanitario y casi toda la inversión fue hecha en ese rubro.

¿Qué sucedería en el organismo operador si las plantas no pudieran alcanzar la eficiencia requerida para lograr el cumplimiento de los estándares establecidos en la normatividad vigente?

Iniciaríamos inmediatamente una reingeniería, análisis del agua tanto en la entrada de las plantas como el agua a la salida, revisar procesos, y de ser necesario, modificar, aplicación de químicos o alguna otra etapa. Se ha buscado proyectos, el hacer un postratamiento en la laguna principal que es en la de Los Mochis, que produce aproximadamente 1200 litros por segundo, para tratar de llegar o... crear agua con la calidad de la norma 003 y ser reutilizada tanto para riego de jardines, en lo que es eh, las aguas industriales, eh, riegos de cultivos de tallo alto, etc. Darle un reuso a esta agua, más que se enfoca ahorita con el tema de... de sequías, pues si es... si el agua de reuso si comienza a impactar o a llamar la atención de los productores.

Cuando se detectan problemas de operación y mantenimiento en las plantas de tratamiento de agua residual ¿cuál es el procedimiento por seguir para corregir las fallas detectadas?

Eh, tenemos que generar un cambio en las plantas, para ello tenemos un jefe de plantas, y tenemos una coordinadora de lo que es, eh, el tratamiento de las aguas residuales, o el saneamiento, que es la Ing. (se omite el nombre). Eh, al momento que se detecte la falla, o el.. o el... mal funcionamiento, se levanta un reporte. Si el mal funcionamiento pertenece al área electromecánica o mantenimiento electromecánico, se crea una orden de servicio, se crean las requisiciones para... la adquisición o compra de los materiales o

equipos necesarios, y se va inmediatamente para lo que es la... la reparación. Y la puesta en marcha nuevamente.

Lo que digo, normalmente las lagunas son... son muy humildes en el tema de que como no contienen, no tienen muchas partes electromecánicas especializadas, su mantenimiento y reparación es más económica y más rápido; que si nos vamos a una planta muy tecnificada, pues dependemos de terceros y dependemos de... de productos extranjeros, y nos retrasa el proceso de... de operación.

Claro, porque sobre todo cuando... se tienen que traer las... las partes al país.

Así es, pero... ese tema de ¿por qué metemos tecnificadas? es el tema del área. Las lagunas requieren muchísima área y a veces no disponemos de esas áreas, esos terrenos. Una del... una planta tecnificada, pues son compactas. Acá, dependemos de eso, si tenemos área, lagunas, si no tenemos área, pues ya buscamos alternativas más tecnificadas.

Claro, ¿cuáles son los problemas más frecuentes? en las plantas que ustedes tienen actualmente.

Lo más frecuente son los bombeos. Eh, sabemos que Mochis es plano, entonces llegamos a ciertos puntos y hay que rebompear el agua. Entonces esta velocidad del rebompeo es lo que a veces se nos hace más complicado, por fallas eléctricas y fallas en los equipos de bombeos, es un agua demasiado corrosiva, entonces es frecuente que los mismos gases estén dañando los componentes eléctricos y presenten fallas.

Gracias, referente al tiempo que tardan en resolverse los problemas para reanudar el funcionamiento las plantas que se encuentren fuera de operación, cuando esto sucede ¿qué opina usted?, ¿es corto?, ¿es largo?, ¿considera que es el adecuado?

Eh, lo mencioné, es relativo. Hay reparaciones que es el mismo día, por ejemplo, la laguna de la ciudad de Los Mochis tiene un proceso de 21 días, entonces si se nos para un día realmente no tenemos afectación... de estar almacenada esa agua o de...tener retenida esa agua. La reparación... generalmente son rápidas, excepto cuando dependemos por ejemplo en un equipo de bombeo, que... los equipos de bombeo de la ciudad de Los Mochis, por ejemplo, son equipos muy grandes de 300 litros, son bombas alemanas, entonces el disponer de refacción o disponer de una bomba nueva si nos retrasa eso hasta tres o cuatro semanas.

Ok, ¿qué aspectos, considera usted que deben reforzarse para mejorar el tratamiento de las aguas residuales en las plantas a su cargo?

¿Procesos?

Si, ¿qué aspectos? Aspectos.

La parte electromecánica, los tableros, controles, esa es la (inaudible).

Gracias, ¿cuáles acciones se implementan para capacitar al personal que labora en las plantas de tratamiento de agua residual, buscando su actualización y mejora continua?

Realmente los cursos que reciben, las capacitaciones son la de la Escuela del Agua, que imparte... imparte el IMTA... IMTA, ANEAS, incluso está también el...el SAPAS, CONAGUA. Dan anualmente unos talleres, y es donde los capacitamos.

Excelente. ¿Tienen planes anuales de capacitación o no cuentan con planes anuales de capacitación?

Hay un presupuesto anual, entonces, cuando vienen los cursos, es donde los inscribimos, a petición de ellos también.

Muy bien.

Pero si es por ejemplo, muy... muy amplio, no es muy seguido el tema de capacitación para el tratamiento de las aguas residuales.

¿Solamente toman las de Escuela del Agua, o tienen un área de capacitación también, dentro de JAPAMA? O no está considerado.

No tenemos, no tenemos área de capacitación.

Realmente la coordinadora pues ya tiene más de 20 años trabajando en esa área. Ella es la que va preparando al personal nuevo, y los va actualizando. Ella es química, entonces es la que los va preparando y...formando.

Claro, debido a la contingencia por el COVID-19 y relacionada con el tratamiento de las aguas residuales generadas por la población atendida por este organismo operador, ¿hubo alguna actividad extra que se haya tenido que realizar, en las plantas de tratamiento, para afrontarla debidamente? Y de ser así, ¿cuál fue?

Es la aplicación de hipoclorito y es la protección del personal que se encuentra laborando ahí, tuvieron que usar trajes especiales, mayor protección, lentes, eh, capucha, guantes, el bañado y el... todo el día, y el lavado personal y, se estuvo aplicando hipoclorito.

Pero, en cuestión de la operación de la planta, ¿hubo alguna modificación? Es decir, notaron que, por ejemplo, precisamente que porque la población nos, nos debemos de estar lavando más las manos, etc. ¿han notado que les estén llegando mayor cantidad de agua a las plantas? O no hubo modificación.

Sí, una... si hubo una pequeña incremento de demanda, como de un 5%. Pero la planta tiene capacidad de hasta 1600 litros, no hubo ningún problema, tener que ampliarla ni modificarla.

Si. Perfecto.

Y nos ayudó a que como sirve que se usaba más el agua para lavado de manos, pues llegaban... las soluciones eran más bajas.

Claro, llega más diluido.

Así es.

Es común en México, en todos los niveles de gobierno, que cuando una administración releva a otra, incluso siendo del mismo partido, se trastoquen programas y proyectos que necesariamente son de

largo plazo. En ese sentido, ¿hasta qué punto y de qué maneras ha afectado la falta de continuidad gubernamental a la operación de las plantas de tratamiento de agua residual?

Eh, te menciono, realmente... eh, JAPAMA no tiene mucha movilidad en área técnico-operativa, por ello también ayuda el aprendizaje del personal. Eh, te quiero mencionar que la mayoría de las personas que, cuando yo llegué, siguen laborando, siguen trabajando con nosotros, realmente fueron contados los, los cambios. Fueron más del área administrativa. Todo el personal técnico-operativo de toda la experiencia, sigue laborando.

Cuando también tienen cambios, por ejemplo, que han tenido que cambiar al Gerente General, por distintas, eh... cuestiones que no vamos a entrar aquí, eh, ¿eso tampoco les modifica la parte técnica?

La parte técnica no, modifica un poquito la parte administrativa.

Administrativa, más que todo.

Administrativos, así es. En la requisición pendiente, a la compra de una bomba pendiente, hay cambios, se retrasó un poquito la compra, ese tipo de temas son los que están afectando.

Y ahí, por ejemplo, usted tenía un... algún proyecto, algo... alguna modificación que haya pensado, por ejemplo, en una planta para una mejora y si entra una nueva administración, ¿no hay problema, digamos, de la continuidad con su proyecto? No entra la, esa parte.

No, no entra. Normalmente los proyectos, hay un POA programa anual de obra, y se tiene que respetar, pero te mencioné, este año o este periodo, realmente no... se consideran nuevas plantas de agua residual, por el tema de... drenaje sanitario.

Si, claro, le dieron prioridad a esa parte, tan necesaria también.

Pues por mi parte sería todo, Ingeniero. Le agradezco mucho el tiempo que nos ha dedicado y sobre todo, la información brindada durante esta entrevista, porque pues va a aportar información muy importante, eh, precisamente para... para el tema de mi tesis, ¿no?. Muchas gracias.

Mención extraoficial, cuerpo de agua. Sería la nueva noticia y el proyecto a largo plazo que podemos manejar en esta administración, para que la versión que venga pueda continuar y que sea ya... un hecho a corto plazo el... reúso del agua residual.

3B. Nivel 3. Jefes de las PTAR's

Fecha de entrevista: 28 de octubre, 2020

A través de la plataforma zoom

Muy bien, ¿cuál es su cargo en JAPAMA?

Soy Coordinadora de Saneamiento.

¿Cuánto tiempo lleva laborando en JAPAMA?

Quince años.

Y... como coordinadora, ¿cuánto tiempo lleva?

Como coordinadora llevo... eh, cuatro años.

Cuatro años, perfecto.

Permítame... permítame.

Claro que sí.

(La interrumpe una llamada)

Si, continúe, por favor.

Claro que sí, muchas gracias. Comenz... (interrumpe la ingeniera)

De la coordinación ya le dije, ¿verdad?

Cuatro años en la coordinación, excelente. Entonces comenzamos con las... las preguntas de la entrevista. Eh, yo le voy a ir haciendo unas preguntas, usted me contesta lo que usted considere que, pues... eh, es lo que aplica en cada caso.

Claro.

¿Cuáles son los beneficios que brinda al municipio el tratamiento de aguas residuales?

Pues mire esto se, traduce en más salud para la población y para no contaminar lo que son los mantos acuíferos, tanto los mantos freáticos como el destino final de las aguas residuales, que al final de cuentas pues va a dar al mar. En distintos puntos, pero va a dar al mar. Entonces, es un beneficio para la población, puesto que ya las aguas no están cayendo contaminadas al, al cuerpo receptor.

Muy bien. ¿Considera usted que el organismo operador, es decir, JAPAMA, crea necesario llevar a cabo el tratamiento de las aguas residuales?

Si, si, de hecho, lo cree muy necesario y, y eso pues se observa en los apoyos en las diferentes plantas.

¿Qué dificultades se presentan para lograr el cumplimiento de las normas oficiales mexicanas respecto al tratamiento de las aguas residuales?

Pues las dificultades, la mayoría de las veces son económicas, este, cuando se llegan a presentar, puesto que, eh, el agua que, que cae o que nos llega a las plantas en su totalidad, la que llega pues se trata al 100%.

Ajá.

Aquí el detalle es cuando falla algún equipo, este... y que no, pues, le voy a contestar de una vez lo que me va a preguntar en adelante, que no tenemos equipo de, de reemplazo, entonces eh, porqué, pues porque la situación de las juntas a nivel nacional no es lo más óptimo, pues ¿por qué?, porque la gente no paga el agua y menos ahorita con, a como está la situación con la pandemia y pues los ingresos bajan. Y se tiene que seguir pagando... todos los insumos, los aguinaldos, los sueldos, la energía eléctrica, los servicios y... y pues no alcanza, no alcanza para tanto, pues ¿por qué? pues porque la gente dejó de pagar.

Claro que sí. Muy bien, eh, ¿cuáles normas oficiales mexicanas tiene que cumplir JAPAMA respecto al efluente de las plantas de tratamiento de aguas residuales?

Mire, oficialmente tenemos que... que cumplir la NOM-001-SEMARNAT-1996. Sin embargo, tenemos tres plantas que perfectamente pueden cumplir la NOM-003.

Ajá... También la 003.

No estamos obligados a cumplirla, eh.

Si, pero tienen los... los niveles para... el cumplimiento, para poder reusar el agua.

Así es.

Muy bien. El cambio climático es la variación del clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana, que altera la composición de la atmósfera global y se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos comparables. Las plantas de tratamiento, como usted ya lo comentó, realizan una labor muy importante mejorando la calidad del agua para reutilizarla en distintos usos. Sin embargo, de acuerdo con la Ley General de Cambio Climático, las aguas residuales deben incluirse en el sector de residuos como generadoras de gases de efecto invernadero. De acuerdo con lo anterior ¿cómo considera usted que impacten las plantas de tratamiento en el cambio climático?

No impactan mucho, al contrario, ¿por qué? porque, ya se hicieron estudios en una de las... en la planta más grande que tenemos aquí en cuanto a emisiones de gas metano, y pues en realidad no es mucho los niveles que tenemos de emisión no son, no afectan tan... considerablemente pues. Afectan, obviamente, porque pues si se emiten, pero no, no críticamente. Y del mismo modo, pues, las plantas de tratamiento apoyan, ayudan, eh, más adelante, como le decía, porque el agua pues llega al mar, y llega debidamente tratada y ahí ya no se tiene que realizar nada más, pues. Llegan los nutrientes y se aprovechan en el mar.

Claro, muy bien. ¿Cree usted que se hayan implementado acciones para mejorar el estado de las plantas de tratamiento? y de ser así ¿cuáles han sido?

Claro que sí, puesto que, nosotros aquí teníamos puras lagunas de estabilización y teníamos lagunas wetland, y... hace varios años que... se licitaron otro tipo de plantas, más modernas, de hecho tenemos la segunda a nivel nacional, que es la de... aireación extendida de lodos activados.

Ajá.

Y tenemos dos plantas de rotor biológico, entonces si se han... si se ha mejorado y donde la calidad del agua es superior o, o mejor dicho, eh, en menos tiempo cumple con la calidad requerida, sin embargo, es más costoso, ¿por qué? porque le inviertes mucha energía eléctrica.

Así es, sí. Está casada con la energía eléctrica.

Exacto.

Si, ¿qué sucedería en JAPAMA si las plantas de tratamiento no pudieran alcanzar la eficiencia requerida para cumplir con los estándares establecidos en la normatividad?

Bueno, pues, en primer lugar, pues tendríamos una sanción por parte de CONAGUA, porque estaríamos violando los límites máximos permisibles que ellos nos establecieron en el permiso de descarga que otorgan y, y aparte pues estaríamos contaminando ¿verdad?, que que es lo más crítico, no es tanto la multa sino el estar contaminando el medio ambiente.

Ajá.

Pues ese sería uno de los... de los, dos de los más importantes puntos.

Claro.

Las multas y la contaminación.

Ustedes ¿reportan constantemente a CONAGUA?

Trimestralmente. De las poblaciones arriba de 10,000 habitantes.

Muy bien. Cuando se detectan problemas de operación y mantenimiento en las plantas de tratamiento de aguas residuales ¿cuál es el procedimiento a seguir para corregir las fallas detectadas?

Muy bien, pues como ya le explicaba mi compañero, tenemos un grupo de chat en cada planta y en todos los, los demás... en todos tenemos grupo de chat, y el operador cuando... detecta alguna falla, algún problema, reporta por el grupo, donde están los operadores, estamos los encargados de saneamiento y están los supervisores del área de mantenimiento y su jefe. Entonces ellos ahí se enteran, sin embargo, nosotros mmm, elaboramos un reporte, para que quede asentado.

Claro.

Lo reportamos, pues que, ah pues no lo ví, no, se me pasó, no, y aparte al supervisor encargado del área, porque hay cuatro áreas, como si fueran cuatro cuadrantes, al supervisor ingeniero encargado le hablamos y le... por teléfono, y le decimos del problema. Ya el jefe inmediato de ellos les hace llegar el reporte.

Ajá.

Ya ellos, pues hay una cuadrilla de mantenimiento, el cual dependiendo de la hora, dependiendo del, del problema, la asigna al, al problema presentado en las plantas.

Muy bien, ¿cuáles son los problemas más frecuentes que se les presentan a ustedes en estas plantas de tratamiento?

Pues, definitivamente el, es... el desperfecto de las bombas, el taponamiento, eh, porque en la gran, en las más grandes que tenemos se cuenta con, con generadoras, no podemos decir que, que es por energía eléctrica. Sin embargo, en la zona noreste si falla bastante lo que es la energía eléctrica y ahí no contamos con generadoras. Es muy costoso y muy arriesgado por, por el vandalismo que hay.

Si.

Al tener una generadora en cada planta.

Muy bien, si, se las podrían robar.

Claro.

Así, referente al tiempo que tardan en resolverse los problemas para reanudar el funcionamiento de las plantas de tratamiento cuando se encuentran fuera de operación ¿qué opina usted?

Mire, definitivamente que, que es el adecuado puesto que, cuando... falla un equipo, como le digo pues, el procedimiento pues los muchachos van y si no es el mismo día pues al día siguiente atienden. Si es un, si es un mantenimiento correctivo.

Ajá.

Porque no nada más tienen las plantas de tratamiento de agua residual, tienen las potabilizadoras también.

Si.

Entonces, es adecuado, si es una falla mínima. Cuando ya es un equipo de bombeo es diferente porque atienden ellos rápido. Van y revisan el equipo, pero si tienen que embobinar, si tienen que, que cambiarle sellos, o algún otro detalle, pues eso si ya es tardado, pero es el mismo procedimiento de mantenimiento, pues. No es que no atiendan, sino que así es el procedimiento de ellos.

Si, muy bien. ¿Qué aspectos, considera usted que deben reforzarse para mejorar el tratamiento de las aguas residuales en las plantas a su cargo?

Bueno, yo le sería muy bueno el contar con equipos de, de... de reserva, porque ahorita pues en algunas plantas si hay dos equipos, en otras nada más hay uno, en la gran mayoría.

Si.

Y pues, contando con dos equipos de bombeo, pues sería muy bueno.

Claro.

Y otro aspecto fundamental sería, una capacitación para los operadores o auxiliares de tratamiento, eh, en cada, en cada uno de sus aspectos, pues, porque como tenemos lagunas de estabilización, lagunas wetland, este... rotor biológico y, y aeración extendida, pues a cada uno refrescarles, darles las novedades, de los sistemas de tratamiento.

Claro.

Sin embargo, pues no hay un programa que diga, este es mi programa de capacitación, por lo que le mencionaba anteriormente pues. No, no, no lo consideran primordial.

Ajá, sí. Muy bien, excelente. ¿Cuáles son las actividades o procedimientos que considera usted que se deben mejorar en JAPAMA para apoyar su trabajo en las plantas de tratamiento?

Pues aquí hay un, un procedimiento, que se llama, normatividad de las descargas a la red.

Ajá.

Los cuales visitan a los usuarios de tipo industrial y comercial.

Si.

Reforzar ese procedimiento, sería mundial, puesto que la contaminación más grande que tenemos es de los usuarios de tipo industrial y comercial, y a la vez, a la vez, a los usuarios de tipo doméstico, informarles, decirles, que el drenaje es nada más para agua, ¿por qué? porque la gente desconoce y si lo sabe, no le importa, desconoce, que no debe ir nada más que agua, pues.

Si.

Y la gente todo arroja al drenaje, yo creo sería algo muy importante darle más difusión, a la importancia del buen uso del alcantarillado, que a final de cuentas, es quien nos lleva todo al, a las plantas de tratamiento.

Así es.

Viera todo lo que sacamos en las plantas.

Si, ya... me imagino. Si, si, es común en todos lados que la gente arroje sus desechos pues, todo lo que encuentra, ¿no?, más bien para deshacerse de los problemas, los, los arroje en esa, es una de las mayores problemáticas que les arrojen a ustedes les producen taponamientos, ¿no?.

Exacto.

O les puede hasta parar las... las bombas o tronar equipos. Eh, en este caso, ¿qué tanto porcentaje del agua que le llegan a sus plantas es industrial?

No la tenemos medida, no, no le podría decir.

No.

Aquí el, el mayor porcentaje es...

Doméstico.

Si, es de tipo doméstico. Si, porque si hay un buen número de industrias, pero, pero pues son mínimas comparadas con el directorio de tipo doméstico. Son un poquito más comerciales que industriales, pero igual, o sea, no rebasan lo doméstico.

Si.

El agua que nosotros recibimos básicamente es doméstica. No, no trae mayor contaminante pues, más que lo normal.

Si. Perfecto, eh, ¿cuáles acciones se implementan para capacitar al personal que labora en las plantas de tratamiento de agua residual, buscando su actualización y mejora continua?

Ya, a ver, repítame la pregunta, por favor.

¿Cuáles acciones se implementan para capacitar al personal que labora en las plantas de tratamiento de agua residual, buscando su actualización y mejora continua?

La verdad que no hay ninguna acción ahorita establecida.

Ajá.

Lo que nosotros hacemos es, eh, si leemos, vemos, en... en internet, algún detalle pues lo bajamos a nuestro personal. Que, cuando entra, ingresa un personal, que es nuevo, pues lo tenemos que capacitar y le

explicamos los pros, los contras, lo que debe y lo que no debe hacer, porqué lo debe hacer, si lo deja de hacer ¿qué pasa?, eso es lo que nosotros hacemos, pero en sí, no hay una, una actualización, no la hay.

Y esa, esa capacitación inicial que le dan al, al personal nuevo, ¿quién la da?, ¿quién es el encargado?

(la interrumpe una llamada al celular)

Permítame, permítame.

Si, no, ya la escuché, no se preocupe.

Esa se la damos nosotros, este... su servidora.

Ajá.

Entre los tres que estamos, yo con la coordinación, el... Enoc, que es el supervisor y en ocasiones una persona que nos apoya que es jefe de planta, cuando se trata del nueve de diciembre.

Ajá.

Este... y ahí, eh, los mismos operadores, capacitan, los detalles, los tips, que...

Para facilitarle.

Si, exactamente, para facilitarles que ya les pasó, para que no les pase a los demás.

Claro, ahora bien, debido a la contingencia por el COVID, el COVID-19 y relacionada con el tratamiento de las aguas residuales generadas por la población atendida por JA... JAPAMA, precisamente lo que usted comentaba de que pues, ahora pues, pues hay gran cantidad de gente en casa, entonces pues utilizamos más el agua, eh, aunque nos como... como usuario generalmente nos importa más el agua potable, pues estamos generando agua residual en nuestros hogares ¿hubo alguna actividad extra que hayan tenido que realizar ustedes en las plantas de tratamiento, para afrontarla debidamente? Y de ser así, ¿cuál fue?

No, no hubo ninguna actividad extra puesto que, nosotros ya utilizamos los equipos de protección personal, tratándose de lo que se trata, que manejamos. Nada más reforzar, eso sí, el uso de, adecuado del cubrebocas, del desinfectante, de las áreas, la desinfección de las áreas, eh, y, y pues estar al pendiente de los trabajadores, que no nos llegaran enfermos o con algún síntoma del COVID. Pero una acción, así, así, directa, no. No la realizamos.

Les, ¿se le modificó la cantidad de agua que les está llegando a las plantas de tratamiento?

Si.

¿Qué tanto le aumentó?

¿Qué le diré? un 20%.

Perfecto, aumentó un 20% el caudal. Muy bien, en cuestiones de, de lo que es la calidad del agua, ¿también se le modificó?, o ¿más o menos se le mantiene constante?

No, se mantiene constante, de hecho, mayor agua, más diluidos van los contaminantes.

NIVEL 3-Jefes de las PTAR's

Fecha de entrevista: 28 de octubre, 2020

A través de la plataforma zoom

¿Cuál es su cargo? ahí en JAPAMA.

Soy supervisor de tratamiento.

Muy bien. ¿De tratamiento de aguas residuales?

Así es.

Muy bien. ¿Cuánto tiempo lleva laborando en JAPAMA?

En JAPAMA tengo.... nueve años.

Nueve años, y ¿en el cargo de supervisor?

En el cargo de supervisor tengo... siete años.

Siete años, entonces también ya lleva bastante ahí. Bueno, vamos a comenzar con las preguntas, si tiene alguna duda con toda confianza me, me dice y se la repito, se la, se la explico de otra manera, no hay ningún problema, ¿no?

Muy bien.

La primera sería, de acuerdo con su percepción ¿cuáles son los beneficios que brinda al municipio el tratamiento de aguas residuales?

Pues los beneficios son bastantes. Ya que, al momento de tratar el agua residual por principio de cuentas pues estamos pues eliminando factores biológicos, factores eh, que pueden contaminarnos los mantos de agua ya existentes. Dentro de, dentro de ellos en los drenes, en los esteros, en el mar, eh, al momento de sanear el agua pues estamos trabajando, ¿verdad?, para beneficio del medio ambiente.

Ajá... estoy tomando nota, eh. Permítame.

Ok.

¿Considera eh, que JAPAMA crea necesario llevar a cabo el tratamiento de las aguas residuales?

Así es, si.

¿Por qué?

Es necesario, mmm, para brindar una mejor calidad, tanto de vida a quienes eh, estamos aquí en el municipio de Ahome, porque estamos reduciendo la contaminación, como en este caso del agua ¿no?, como hay otras cosas importantes de contaminación, pero pues JAPAMA pone su granito de arena en lo que corresponde al agua residual.

Claro, muy bien. Eh, ¿qué dificultades existen para lograr cumplir con las normas oficiales mexicanas respecto al tratamiento de las aguas residuales?

No, no hay dificultades.

¿No tienen ningún problema en las plantas de tratamiento?

Problemas de... operacionales puede haber, pero... pues, dentro de lo posible tratamos de mantener funcionando la planta hasta seguir cumpliendo con las normas.

Muy bien, ¿cuáles normas oficiales mexicanas tiene que cumplir el efluente de las plantas de tratamiento en las que usted trabaja?

Deben de cumplir con la NOM-001-SEMARNAT-1996.

Muy bien. Le voy a brindar un concepto de cambio climático y posteriormente le voy a hacer una pregunta relacionada con el mismo. El cambio climático es la variación de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana, que altera la composición de la atmósfera global y se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos comparables. Las plantas de tratamiento realizan una labor muy importante mejorando la calidad del agua para reutilizarla en distintos usos. Sin embargo, de acuerdo con la Ley General de Cambio Climático las aguas residuales deben incluirse en el sector de residuos como generadoras de gases de efecto invernadero. De acuerdo con lo anterior ¿cómo considera usted que impactan las plantas de... las plantas de tratamiento de aguas residuales en el cambio climático?

De hecho el impacto tiene un poder benéfico, ¿no?, nosotros sabemos que desde el momento en que estamos tratando, como ya lo he dicho anteriormente, tratando de disminuir su, sus contaminantes... pues el impacto es benéfico. Si bien es cierto, puede haber otros factores, ¿no?, que, que tengan que... que ver durante el tratamiento, pero mayormente el efecto de... del trabajo, del del, de lo que se realiza en una planta de tratamiento, pues es benéfico.

Muy bien. Muchas gracias. Eh, ¿cree usted que se hayan realizado acciones para mejorar el estado de las plantas de tratamiento? y de ser así, ¿cuáles han sido?

Si, si se han realizado acciones.

¿Cómo cuáles?

Dentro de lo posible, pues el mantenimiento. El mantenimiento, porque sabemos que con el paso del tiempo pues las, las plantas van perdiendo a lo mejor algunas cualidades, pero dentro de lo posible, como la junta puede eh, está manteniendo las plantas operando.

¿Tienen, eh, los dos tipos de mantenimiento? o ¿solamente correctivo?

Mmm, los dos.

¿Qué sucedería si las plantas de tratamiento no alcanzaran la eficiencia necesaria para cumplir con la normatividad vigente?

¿Qué sucedería...? Ah no, me repite bien la pregunta.

Claro que sí. ¿Qué sucedería si las plantas de tratamiento no alcanzaran la eficiencia necesaria para cumplir con la normatividad vigente? Es decir, si descargarán con una calidad, eh, diferente a la que

tienen que, eh, descargar. Que no cumplieran con los estándares con los que tienen que descargar el agua residual tratada.

Pues al momento de no cumplir, eh, como... como parte de, de, la parte del tratamiento y que esta agua se descargara de una manera que no es adecuada, pues diríamos que habría que pagar algunas multas, a la CONAGUA, o algo así.

Ajá. Muy bien. Cuando se detectan problemas de operación y mantenimiento en las plantas de tratamiento de agua residual ¿cuál es el procedimiento a seguir para corregir las fallas detectadas?

Eh, dentro de... de, del departamento de saneamiento tenemos un grupo. Un grupo de WhatsApp donde se reportan las fallas de las plantas de tratamiento, dentro de él están, eh, los operadores de las plantas, estamos nosotros de departamento de saneamiento y está también el grupo de mantenimiento electromecánico, ahí ellos se pueden dar cuenta de las, de las fallas que hay. Sin embargo, se genera un reporte también para que haya evidencia de que se está trabajando en la falla.

Muy bien, ¿Cuáles son los problemas más frecuentes? Detectados por ustedes.

Generalmente los problemas más frecuentes tienen con... problemas eh, electromecánicos, son los equipos de bombeo casi siempre.

Ajá, ¿qué opina usted respecto al tiempo que tardan en resolverse los problemas para reanudar el funcionamiento de las plantas de tratamiento que se encuentran fuera de operación? Cuando hay una falla, y una planta se, se para o, o deja de... de tratar el agua, el tiempo que tarda en resolverse esos problemas.

Por lo general es, es un tiempo adecuado.

Ajá, ¿si está consciente la, la... lo que es JAPAMA de que es muy importante que sea ágil ese periodo?

Así es.

Muy bien, ¿qué aspectos cree usted que deben reforzarse para mejorar el tratamiento de las aguas residuales en las plantas a su cargo?

Pues yo pienso que, uno de los aspectos más importantes no tiene tanto que ver a veces con las plantas.

Ajá.

Sino con la consciencia de las personas que utilizan el drenaje, ya que tenemos muchos problemas, eh, con lo que nos llega a nuestras plantas.

Si.

De parte de los usuarios, pues. Muchas veces encontramos, eh, objetos o cosas que no tendrían porque estar dentro de las redes de... de drenaje, sin embargo, ahí están y a veces nos generan problemas dentro de la red como taponamientos, esto es.

Muy bien, entonces, falta de consciencia de la población.

Pues sí, como... vamos a decir de, no tanto de consciencia sino de, de, eh, tener, eh, saber el uso correcto que tienen que dar al, al drenaje.

Ajá, muy bien. ¿Cuáles son las actividades o procedimientos que considera usted que se deben mejorar en JAPAMA para apoyar el trabajo que usted realiza en la planta de tratamiento?

Actividades como ¿qué se refiere?

Pues algo que, alguna mejora al, a lo mejor hay algún procedimiento, alguna actividad que se, que le complique a usted realizar su trabajo y usted considera que se podría hacer de otra manera, o podría ser más rápido, o a lo mejor usted necesita por ejemplo, necesita que, que la compra de productos químicos sea más rápida, necesita que no tenga que pasar por muchísimas firmas el proceso de solicitud de, de cierto reactivo, para que, eh, se agilice, todo y llegue más rápido a la planta. Algo que usted detecte que, que usted considere que, si se mejorara, a usted se le haría más fácil su labor dentro de las plantas de tratamiento.

Pues de hecho en, en cuestiones de... de material de productos químicos, nosotros no tenemos, ninguna de nuestras plantas los utilizamos. Ninguna de nuestras plantas usan productos químicos, lo crítico generalmente en la, en la, planta sería, vamos a decir, quizá tener eh, como hay mucha diferencia en equipos de bombeo, y pues tener disponible siempre algo de reserva, ¿no?

Ajá.

En la reparación para que fuera, deste.

Más ágil.

Aún más rápido, así evito el que, el tiempo en el que me dan respuesta, es adecuado, pues, sin embargo, si fuera más rápido, fuera mejor.

Claro. ¿No cuentan con equipos de, básicos de reserva? Por ejemplo, la, una bomba, que tengan otra disponible, por si falla una, cambiar rápidamente y que siga funcionando la planta.

No, lo que pasa es que, como son muuuy diferentes las capacidades de cada planta, cada una cuenta con diferentes equipos de bombeo.

Si, pero, dentro de la misma planta. No tienen, no cuentan con, ya está considerada una extra, ¿no la tienen?, a eso me refiero.

No, tal y como eso no. En algunas sí, pero en algunas otras no.

Ah, ok, perfecto. No generalizado, pues. No todas cuentan con ello.

Así es.

Muy bien.

Así es.

A ver, ¿cuáles son las actividades?, ah, a ver, ¿cuáles son las actividades que considera usted que se deben de mejorar para apoyar su trabajo?

Pues hasta ahorita, por parte de la paramunicipal, pues, nos apoyan ah, hasta ahorita bien. Dentro de lo que cabe y... lo que puede hacer la junta, y ah, si hemos contado con el apoyo dentro de la junta.

¿Considera usted que les falta apoyo por parte de alguien más?

Mmm, no... como trabajadores, de quienes recibimos apoyo, pues, sería de la junta, y hasta ahorita ha sido satisfactorio.

Muy bien, ¿cómo lo capacitan? Respecto a lo que usted debe de realizar en las plantas de tratamiento. Es decir, hay un... un plan de capacitación anual, o usted nada más se capacitó hace nueve años que entró y le dijeron estas van a ser sus actividades y ya no se ha vuelto a capacitar, o ¿cómo es el plan de capacitación para usted?

Pues mire, del tiempo en que yo entre yo, mmm cuando entré si era operador de una, de una, era auxiliar de tratamiento y trabajaba en un cárcamo de bombeo. Eh, en ese momento se me capacitó, vamos a decir, teórica y prácticamente en el punto.

Si.

Y... de ahí en adelante, ya que entré al departamento de saneamiento, como supervisor, cuando hay alguna novedad o alguna planta nueva, con diferente tecnología que es la que ya estamos manejando, se le pide a quien haya fabricado la planta que nos de cursos sobre el trabajo, sobre el mantenimiento y sobre la, la correcta operación.

Si.

Asimismo, también se capacita en campo. En la planta misma, estando ahí, se capacita a quienes van a ser los operadores.

Si. ¿Y cuentan con un plan de capacitación anual?

No, no, porque no... no hay mucha variación ya. En el proceso de la planta no hay mucha variación ya, en lo que a operación se refiera, ¿no?

Claro. Debido a la contingencia por el COVID-19 y relacionada con el tratamiento de las aguas residuales generadas por la población que atiende JAPAMA, ¿hubo alguna actividad extra que se haya tenido que realizar en las plantas de tratamiento para poder afrontar esta contingencia adecuadamente? y de ser así, ¿cuál fue?

Pues no hubo una actividad extra como, como sabemos que el... el tema del agua residual es algo delicado, generalmente se mantiene con... con el equipo de protección, ¿no?, brindando apoyo al, al, a los trabajadores, el equipo de protección, cubrebocas, guantes, gel antibacterial, todo eso para nosotros ya era común utilizarlo.

3C. Nivel 4-Trabajadores de las PTAR

Fecha de entrevista: 28 de octubre, 2020

A través de la plataforma zoom

¿Su cargo ahí en JAPAMA?

Auxiliar de... tratamiento.

Muy bien. ¿Cuánto tiempo lleva laborando en JAPAMA?

Cinco años.

Muy bien. Entonces vamos a comenzar la, la entrevista, le voy a hacer una serie de preguntas y usted me las va contestando conforme a usted en, vaya, eh, pensando que es la respuesta. De acuerdo con su percepción ¿cuáles son los beneficios que brinda al municipio el tratamiento de aguas residuales?

Eh, sería.. quitar menos la contaminación, en la comunidad pues, como en los ríos, lagos, canales.

Muy bien. ¿Algo más?

No, está bien así.

¿Considera que JAPAMA crea necesario llevar a cabo el tratamiento de las aguas residuales?

Mmm, si.

Si, ¿por qué?

Porque como lo mencioné en la pregunta anterior es un beneficio que obtiene pues, toda la comunidad.

Ajá, ¿qué dificultades existen para lograr cumplir con las normas oficiales mexicanas respecto al tratamiento de las aguas residuales?

Ninguna.

¿Ninguna?, ¿no tienen ningún problema ahí en, en JAPAMA para cumplir con las normas?

No.

Ok, ¿cuáles normas oficiales mexicanas tiene que cumplir el efluente de las plantas de tratamiento en las que usted trabaja?, ¿sabe cuáles son?

Es la... NOM, N-O-M.

Ajá.

001.

Si.

Semarnat.

Ajá.

1996.

Muy bien, tiene que cumplir con la NOM-001.

Así es.

Ahora le voy a dar una información para que usted conozca un concepto y después le voy a hacer una pregunta, mire, el cambio climático es la variación de clima atribuida directa o indirectamente a la actividad humana, que altera la composición de la atmósfera global y se suma a la variabilidad natural de clima observada durante períodos comparables, ese es el concepto de cambio climático. Las plantas de tratamiento realizan una labor muy importante mejorando la calidad del agua para reutilizarla en distintos usos. Sin embargo, de acuerdo con la Ley General de Cambio Climático, las aguas residuales deben incluirse en el sector de residuos como generadoras de gases de efecto invernadero. De acuerdo con lo anterior ¿cómo consideraría usted que impactan las plantas de tratamiento de aguas residuales en el cambio climático?

Destruyéndolas.

¿Destruyéndolas qué? ¿destruyendo qué?

(Se escucha atrás “pues más bien, que se corta) Eh, pues yo entendí así, destruyendo el medio ambiente.

Ah, destruyendo el medio ambiente, muy bien. Si, para que quede más claro, nada más. ¿Cree usted que se hayan realizado acciones para mejorar el estado de las plantas de tratamiento?

Si.

¿Cuáles han sido esas acciones?, ¿qué han hecho?... para mejorar el estado de las plantas.

Pues en el mejoramiento es que en las plantas, si les surge algún detalle, mmm, inmediatamente pues las, se puede decir que las arreglan, las reparan, ¿para qué? para que estén funcionando al 100% pues y que ya no pueda afectar.

Perfecto. Permítame, nada más estoy tomando nota. Ehhh, ¿qué sucedería si las plantas de tratamiento no alcanzaran la eficiencia necesaria para cumplir con la normatividad vigente? que tuvieran algún problema para cumplir con esta normatividad.

(Se escucha atrás “que se salga el agua”) Pues... podría ser una que el agua se derrama, en el, en el tratamiento, pues.

Mmmj.

En el tratamiento, y ya no cumple pues. Ya no cumpliría con las normas, ya no.

Y si no cumplieran, ¿qué pasaría?, o sea, ¿habría algún problema ahí en JAPAMA?, este... ¿habría algún problema en la planta?, ¿qué pasaría?

Pues... ahí, mmm, no le podría decir.

Muy bien. Perfecto. No hay problema, no se preocupe. Cuando se detectan problemas de operación y mantenimiento en las plantas de tratamiento de aguas residuales ¿cuál es el procedimiento a seguir para corregir las fallas detectadas?

El procedimiento, uno como operador, eh, lo que uno hace, que uno es operador, y cuando surge algún problema, se le, se le habla a la cuadrilla de mantenimiento, y ellos son los asignados a resolver el... dicho problema.

Ah, ok. Perfecto, entonces si está considerada. ¿Cuáles son los problemas más frecuentes?

Pues, que una bomba se puede, puede ser, agarran sólidos, se tapan, que es lo más frecuente eso. Se tapan las bombas y ya la planta pues ya no está operando.

Si.

Es lo... es lo más frecuente que pasa en las plantas.

¿Es lo más frecuente?, ¿algún otro problema que se acuerde usted? Aparte del taponamiento.

Pues, en las plantas donde estoy yo... es, es una planta con rotor biológico y el rotor también muchas veces, falla la máquina.

Si.

Puede ser que se... por falta de un fusible, o que se vaya la energía eléctrica y por decir, cuando llega, cuando se restablece.

Si.

Pasan, por ejemplo, es cuando surgen los problemas.

Muy bien, ¿qué opina usted respecto al tiempo que tardan en resolverse los problemas para reanudar el funcionamiento de las plantas cuando se encuentran fuera de operación?

Eh, pues... ¿qué le puedo decir? (se ríe).

¿Es poco, es mucho, es el suficiente?

Pues es poco. Es poco tiempo, si.

¿Es poco tiempo?

Pues a veces que tarda pero.

Generalmente, ¿cómo es?

Generalmente, es poco.

Y cuando dice poco, es como aproximadamente ¿cuánto tiempo?

(Se escucha atrás "horas") Horas, podrían ser.

Mmm, perfecto.

En el transcurso del día van.

O sea que es relativamente rápido

Pues que puede ser, si (ríe).

¿Qué aspectos cree usted que deben reforzarse para mejorar el tratamiento de las aguas residuales en las plantas que usted tiene a su cargo?, en la planta en la que usted trabaja.

Ehhh, ¿me podría repetir la pregunta?

Claro que sí. ¿Qué aspectos cree usted que deben reforzarse o mejorarse para lograr un mejor tratamiento de las aguas residuales? en las plantas en las que usted está.

Pues, en, en mi opinión pues, por ejemplo, cuando hay un desperfecto, que lo, que lo atiendan más a tiempo.

Mmj, ¿algo más?

No.

Es el problema, digamos, que más le genera a usted, eh, conflicto. El tiempo.

Mmm, pues... a veces que sí.

Ok, ¿cuáles son las actividades o procedimientos que considera se deben mejorar en JAPAMA para apoyar el trabajo que usted realiza en la planta de tratamiento?, ¿qué mejorías debería de haber en JAPAMA?, ¿qué cosas que hay que, que podrían mejorar que, que le hagan a usted el trabajo más, eh, más simple?

Mmm, pues ahí... no le podría contestar ahí (Se escucha atrás "pues, no tengo ningún problema") no tengo ningún problema, ¿cómo le podría decir? Pues no.

No tiene ningún problema. Muy bien. ¿Cómo lo capacitan, respecto a lo que usted realiza en las plantas de tratamiento?, ¿le dan cursos de capacitación?, o nada más usted va a la planta y... realiza actividades, ¿o hay alguna persona encargada?, ¿cómo es la forma de capacitación?

No, se me capacitó con cursos.

¿Y cada año tiene cursos de actualización? o ya con la actualización, con el curso que tomó, eh, ¿ya es suficiente?

No, ya. Ya con el curso que tomé.

¿No le vuelven a dar cada año?, ¿no tiene actualización anual?

No.

Ok. Muy bien, Debido a la contingencia por el COVID-19 y relacionada con el tratamiento de las aguas residuales generadas por la población que atiende JAPAMA, ¿hubo alguna actividad extra que se haya tenido que realizar en las plantas de tratamiento para poder afrontar esta contingencia debidamente? Y de ser así, ¿cuál fue?

Pues no, no.

¿No se modificaron las actividades?, ¿todo siguió igual?

Si, si, todo igual.

Anexo 4. Transcripción de Entrevistas Semiestructuradas a JUMAPAG

4A. Nivel 1-Directores del Organismo Operador

Fecha de entrevista: 30 de septiembre, 2020

A través de la plataforma zoom

¿Me podría dar el cargo que haya desempeñado... en el organismo operador?

Eh, fui desde el 08 de noviembre de 2018 al 16 de julio del 2019, llegué a ser Gerente General de la Paramunicipal Descentralizada, Junta Municipal de Agua [sic] y Alcantarillado de Guasave.

Muy bien, muchas gracias. Comenzamos con las preguntas, eh, ¿cuáles son los beneficios que brinda al municipio el tratamiento de aguas residuales?

Bueno, el tratamiento de las aguas residuales presenta el beneficio que estamos nosotros más que todo en una zona pesquera, muy importante, en unos manglares muy importantes y nuestro valle es muy grande y aparte toda esa agua recorre muchas comunidades, a su paso. Que va pasando, eh, que va... esa agua también se usa, me animo a decir, en muchos de los casos para riegos agrícolas. En unos, en unos... en unas partes. Y pues muy importante, tirar el agua tratada. Sin embargo, no creo yo, que se cumplan todavía los porcentos que se pide, la media.

Muy bien, gracias, ¿qué dificultades se presentan en el organismo operador para lograr el cumplimiento de las normas oficiales mexicanas respecto al tratamiento de las aguas residuales?

El organismo operador es el... el único proveedor de agua potable en el municipio. Un municipio con alrededor de 300,000 habitantes y un área de 200,000 hectáreas, de las cuales más de 10,000 hectáreas son ocupadas por, por zona rural de comisarías y sindicaturas más el casco urbano de la ciudad. El problema que yo ví, es que cada tres años las políticas municipales cambian y no hay un seguimiento de proyectos. No hay un seguimiento de... mmm, de personal... institucional, y... pues todo lo que se dejó empezado muchas veces no se termina de hacer.

Muy bien, ¿conoce usted cuáles normas oficiales mexicanas tiene que cumplir el organismo operador respecto al efluente de las plantas de tratamiento? el agua tratada.

No te las puedo nombrar, pero son las normas oficiales de CONAGUA, para sus tratamientos de agua. Eh, en ese rubro, me encontré yo muchas plantas abandonadas. Eh, vandalizadas, falta de material como bombas y electricidad. Eh, CONAGUA estaba haciendo un censo nuevo para ver si de preferencia echar a andar las que las poblaciones que más se quejaban de problemas, más que todo de drenajes. Acuérdate que, los famosos cárcamos también sirven para jalar a los drenajes, que se tratan las aguas y se tiran, pero más que todo las quejas eran porque los drenajes se colapsaban por no tener cárcamos. Las normas oficiales, te repito, son las oficiales de CONAGUA, eh, sería cuestión de checar.

Claro que sí, gracias. ¿Cuáles son los factores que le impiden al organismo operador el cumplimiento pleno de estas normas?

Falta de proyectos, eh, repito, cada tres años llegan nuevas administraciones políticas y... los proyectos son, mmm, solamente potabilizadoras. Potabilizadoras y... hacer más grande el área comercial, tratar de cobrar más, más usuarios. Pero básicamente, a lo que yo vi, potabilizadoras, es el plan número uno.

Muy bien, le voy a dar un concepto de cambio climático, para posteriormente hacerle una pregunta. El cambio climático es la variación del clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana, que altera la composición de la atmósfera global y se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos comparables. Las plantas de tratamiento realizan una labor muy importante mejorando la calidad del agua para reutilizarla en distintos usos. Sin embargo, de acuerdo con la Ley General de Cambio Climático las aguas residuales deben incluirse en el sector de residuos como generadoras de gases de efecto invernadero. De acuerdo con lo anterior ¿cómo considera usted que impactan las plantas de tratamiento en el cambio climático?

En lo personal creo que muy positivamente, ya que se tiran aguas, que según las normas, son aguas que se puedan reusar, en la mayoría de sus casos. Aquí está en Guasave, por echarse a andar una planta de tratamientos de agua que va a tirar aguas al río Sinaloa. Va a ser la única en su género aquí en el norte del estado. Eh, va a estar muy revisada de cerca, ya que va a estar muy su, su, su, donde van a caer esas aguas, ya tratadas, pues va a ser en el río Sinaloa, en una parte poblada.

Ajá.

Y en caso de que haya problemas, pues va a ser muy... muy hablado de eso. Confiamos que va a cumplir con todas las normas, para poder que el río reciba esas aguas ya tratadas, y... por el paso que va pues. va a dejar de contaminar. Eso a su vez, pues el cambio climático florece en la... en la hábitat de manglares, y de toda la fauna que hay en el paso del río, hasta llegar a sus... a sus bocas del río y sus manglares al final, su camino.

Muy bien, ¿considera usted que se han implementado acciones para mejorar el estado de las plantas de tratamiento? y de ser así ¿cuáles han sido dichas acciones y los resultados que han tenido?

En el periodo, en el corto periodo en que yo estuve, de donde más se trató es sobre esa planta. Era una planta de unos biodiscos. Es una planta de biodiscos que se activará con la misma bacteria de las aguas sanitarias. De las otras plantas, eh, no, eran plantas al estilo de, mmm, económicas que se tiran a drenes. A mí se me hace muy interesante esta planta que tirará sus aguas en el río Sinaloa. Sus aguas... las aguas, como tu sabrás, del río, son aguas muy puras, muy dulces, que vienen desde las montañas, de la Sierra Madre y va a ser muy notable cualquier, pues cualquier falla que tenga esta planta. Eh, ¿que se está haciendo para las demás plantas? lo único que pude ver es que nos estaban pidiendo reportes para poderlas equipar, más no vi yo algún proyecto nuevo, tecnológico, o que estuviera pensado en el cambio climático.

Muy bien, muchas gracias. ¿Qué sucedería en el organismo operador si las plantas de tratamiento no pudieran alcanzar la eficiencia requerida para lograr el cumplimiento de los estándares establecidos en la normatividad vigente?

Mmm, pienso que vamos a empezar a experimentar enfermedades gastrointestinales, en muchos de nuestros poblados. Eh, como te digo, hay gran recorrido de esas aguas, todavía, hasta llegar a su destino, y pasan por muchas comunidades, que en esas comunidades me ha tocado ver que todavía las usan para riego agrícola. Eh, definitivamente, es a donde los organismos de aguas potables deben llegar a cumplir al 100-100. Eh, lo que tiras lo tratas, sin excusa, pero estamos todavía, me animo a decir, que estamos muy bajos en ese por ciento, en tratamiento de aguas residuales. Y esos son los problemas que yo veo a futuro. Mmm, podemos padecer de nuevas enfermedades gastrointestinales por, por, por el ambiente de nuestros tratamientos.

Claro, ¿cuáles acciones se implementan para capacitar al personal que labora en las plantas de tratamiento de agua residual, dependientes del organismo operador, buscando su actualización y mejora continua?

La capacitación que se le daba al personal, casi todo era de electromecánico, ¿no? Pero operación, y de tener, llevar una bitácora de horas trabajadas. En su caso, cada tantos meses se tenían que limpiar esas plantas, pero era... casi todo electromecánico, el... la capacitación, para operarlas.

Muy bien, eh, debido a la contingencia por el COVID-19 y relacionada con el tratamiento de las aguas residuales generadas por la población atendida por este organismo operador, ¿hubo alguna actividad extra que se haya tenido que realizar en las plantas de tratamiento para afrontarla debidamente? Y si es así, ¿cuál fue?

No, yo... yo salí del organismo el... el 16 de julio de 2019. Todavía no se hablaba de COVID, todavía no oíamos de este virus. Y, mmm, estábamos en punto de empezar obras de... de ese año, de 2019. Obras, más que todo de drenajes, acondicionamiento de drenajes, reparaciones y para hacer más... ampliaciones de plantas potabilizadoras. Más no había algo, ni preventivo, ni acciones ni nada, del COVID, aún.

Claro. Es común en México, en todos los niveles de gobierno, que cuando una administración releva a otra, incluso siendo del mismo partido, se trastoquen programas y proyectos que necesariamente son de largo plazo. En este sentido, ¿hasta qué punto y de qué manera ha afectado la falta de continuidad gubernamental a la operación de la planta de tratamiento de aguas residuales, a las plantas?

A los organismos operadores de agua potable del estado de Sinaloa, los regula una institución llamada CEAPAS, que es eh, que es el... CEAPAS está en la capital, y creo yo que este organismo pudiera ser el enlace perfecto para la continuidad de todos esos proyectos. Ese organismo cambia de administraciones cada seis años, no es cada tres años, como en los municipios. Sin embargo, noté yo que no se implementaba todavía con los... que no teníamos la información deseada. Más que todo el trabajo de CEAPAS en el poco

tiempo que estuve yo ahí, era de proyectos... de proyectos de agua potable. En comunidades que muchas veces ese proyecto no pasaba por el municipio, sino lo aprobaban directamente en CONAGUA o en el estado, pero sin pasar por el municipio. Entonces me enfoqué que era, CEAPAS, eh, era como un sensor de comunidades sensibles, que accionaba el... la autorización de un proyecto en tal comunidad que el municipio no la tenía en cuenta. Eso es lo que yo noté, no había más que proyectos ahí.

NIVEL 1-Directores del organismo operador

Fecha de entrevista: 01 de mayo, 2021

A través de la plataforma zoom

¿Cuál es su cargo en el organismo operador?

Gerente General.

¿Cuánto tiempo lleva en este organismo operador?

30 años.

Y ¿en el cargo de Gerente?

11 días.

Comenzamos con las preguntas. Yo le voy haciendo preguntas y usted me va contestando conforme a lo que usted considere que, que es lo que aporta de su parte, ¿no?, como especialista.

Claro.

¿Cuáles son los beneficios que brinda al municipio el tratamiento de aguas residuales?

El tratamiento que se les da a las aguas residuales ayuda a que este recurso pueda regresar al ecosistema sin ningún contaminante que ponga en peligro la vida de los seres vivos. Sobre todo, cuidar la salud de las personas que... sería el mayor de los beneficios.

Muy bien, gracias. ¿Qué dificultades se presentan en el organismo operador para lograr el cumplimiento de las normas oficiales mexicanas respecto al tratamiento de las aguas residuales?

La falta de cultura de parte de los usuarios que, en el buen uso del sistema del drenaje sanitario, hace que se dificulte la operación propia de la red y así como la operación de los equipos de bombeo. Esto hace que los costos de operación sean... se incrementen considerablemente.

Muy bien, eh. ¿Cuáles normas oficiales mexicanas tiene que cumplir el organismo operador respecto al efluente de las plantas de tratamiento?

Pues nosotros estamos con la norma NOM-001 de SEMARNAT-1996.

Muy bien.

Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas... y bienes nacionales.

Gracias. ¿Cuáles son los factores que le impiden al organismo operador el cumplimiento pleno de estas normas?

El factor económico.

Eh, a continuación, le voy a dar un concepto de lo que es cambio climático. En función de ese concepto, le voy a hacer una pregunta, para que usted si no está familiarizada con él, pues conozca de este término.

Claro.

El cambio climático es la “variación del clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana, que altera la composición de la atmósfera global y se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos comparables”. Las plantas de tratamiento realizan una labor muy importante mejorando la calidad del agua para reutilizarla en distintos usos. Sin embargo, de acuerdo con la Ley General de Cambio Climático las aguas residuales deben de incluirse en el sector de residuos como generadoras de gases de efecto invernadero. De acuerdo con lo anterior ¿cómo considera usted que impactan las plantas de tratamiento en el cambio climático?

Las plantas tienen como principal característica, a eficiencias [sic], a eficiencias altas de remoción de carga orgánica, disminuyen las emisiones de gases de efecto invernadero que se presentan en las fases del proceso de tratamiento, de las aguas residuales. Esto es, que si las aguas residuales [sic], residuales no tuvieran tratamiento entonces estos gases, se dieran en mayor porcentaje.

Muy bien, perfecto. ¿Considera usted, que se han implementado acciones para mejorar el estado de las plantas de tratamiento? y de ser así ¿cuáles han sido dichas acciones y los resultados que se han obtenido?

Si, si se han hecho. La, los, el tratamiento... se ha dado el mantenimiento y desazolve de los cárcamos, y... de los cárcamos de bombeo y el mantenimiento a las, a los sistemas lagunares.

Muy bien, gracias.

Y con ello pues, se ha ido mejorando el proceso de, de, de tratamiento y la, y sobre todo la presentación de las, de las plantas, porque la verdad con el desazolve teníamos en las, en los ... en los taludes... de las lagunas, en el caso de los sistemas lagunares, pues mucha... mucho monte. Mmm, o sea, nos dimos a la tarea, ahora que entre yo a la Gerencia Técnica, pues, ya ves que estaba en otros puestos, a, a, a ver con el Ingeniero encargado, eh, de que, por lo menos hacer eso y, y, y así nos facilitaría, la, la.. el proceso de, de, de tratamiento en las, en las, en las plantas de aguas residuales.

Claro, y además evita que lleguen además ahí vectores, como ratas, etc.

Ratas, así es.

Todo ese tipo de animales, ¿no?, que también es... problemática también. Eh, ¿qué sucedería en el organismo operador si las plantas no pudieran alcanzar la eficiencia requerida para lograr el cumplimiento de los estándares establecidos en la normatividad vigente?

Pues, nosotros ahí en ese sentido, mon... [sic], se ha tomado el monitoreo de la eficiencia de cada una de las plantas... existentes, y de alguna... y si alguna de ellas no alcanzara la eficiencia, pues... nos analizaríamos en particular, eh, eh, esa planta, para detectar la causa y así poder, mmm, hacer lo necesario para corregir... ese problema.

Muy bien, cuando se detectan problemas de operación y mantenimiento en las plantas de tratamiento de agua residual ¿cuál es el procedimiento a seguir para corregir las fallas detectadas?

Pues, dependiendo del tipo de, de problema. En, en, en.. en la experiencia que, que tengo, aquí en lo de la Junta, hay diferentes... problemas que nos, que nos... que se causan, por ejemplo si es un equipo de bombeo, para... de las, de las... en donde nosotros tenemos un cárcamo y rebombeamos las aguas negras a, a las, a donde, a las lagunas, y si el tratamiento está muy alejado, pues a veces tenemos problemas en las líneas que, que nos rompen, por ejemplo para... cuando... hay necesidad de agua, la... la... la toman para regar, eh. O la, o la meten a los drenes y de ahí la rebombean. Hemos tenido ese tipo de problemas, pues a veces tardamos en, en detectarlas, porque... si son muchos los kilómetros y que no nos llega agua allá pues hacemos el recorrido y, y créeme que las, las, las necesidades aquí en la Junta y por los problemas son muchos, y, y, no, no les... el gobierno no ha volteado mucho a, a, a resolver este tipo de problemas. Resolvemos más pronto, yo se que es, es, es de, es de vital importancia lo del agua, y, y, y eso lo resolvemos inmediatamente. ¿Cómo? Cómo sea. Pero si a lo de las plantas de aguas residuales que yo siento que es algo muchísimo muy importante porque ponemos en peligro la salud de los... de la gente, también lo hacemos cuando no dejamos de suministrar el agua, ¿no?, pero, el, el hecho de los, de los derrames de aguas negras, de no poder... o que por ejemplo, si no la estamos bombeando y se nos está acumulando en el cárcamo, pues se empieza a derramar en los colectores.

Claro.

Y, y, yo siento que, más que nada es, es el factor económico, pues, que no poder resolver el, inmediatamente.

Muy bien. Si, además es un problema el no tratar el agua residual que puede generar un problema de salud pública

Pública, si.

¿Cuáles son los problemas más frecuentes que se presentan? Aparte de lo del rebombeo.

Pues los problemas de los equipos, por ejemplo, las fugas en las, en las líneas de alejamiento del, del cárcamo hacia donde está... tenemos... las lagunas, en el caso de las que son de sistema lagunar.

Tenemos pues de otro tipo, tenemos eh, el tipo portland que está ahí pegadito el cárcamo y nada más se... se hace, por... esos son otros procedimientos. Pero, sobre todo el, el no contar con la... la, el, el factor

económico es muy importante, tú lo sabes, porque si cualquier problema que se tenga, si yo, eh, tengo lo suficiente... eh, la suficiente economía, para yo poder resolver de inmediato, créeme que lo haría porque, tengo la experiencia y yo, por ejemplo, se como se puede resolver, si tenemos, eh... por ejemplo, proveedores de equipos que, si tenemos el dinero y le digo ahorita te mando el 50%, tú mándamelos mañana, embácamelo y en lo que llega te lo mandamos, pero, pues, nos limitan, de si lo queremos hacer. De hecho, tenemos muchas plantas fuera de operación.

Ajá, si. A ver, permítame tantito, porque estoy tomando nota. Referente al tiempo que tardan en resolverse estos problemas para reanudar el funcionamiento de las plantas cuando se encuentran precisamente fuera de operación ¿qué opina usted? ¿es corto?, ¿es largo?

Pues es que tenemos de todos, dependiendo si hay plantas que es, es mínimo, pues lo podemos hacer en corto plazo, pero incluso hay, hay plantas, que se han ido deteriorando en la cual si se necesita una inversión más grande, que decir, que el organismo operador no lo tiene, pues tendríamos que ver, eh, a los gobernantes, que es el, el, el, el proceso, que nos ayudaran con las rehabilitaciones. De hecho, eh, es lo que comúnmente venimos... se viene haciendo, de, de meternos a los diferentes programas de obras para poder hacer una rehabilitación. Y esa es que, a veces que si quieren y a veces no quieren que, que... si quieren obras nuevas para, para aumentar las coberturas, pero van dejando lo que ya tenemos pues. Yo... en ese, en ese sentido he, he sido muy... reiterativa con, con los gobiernos cuando... bueno, ahorita ya tengo contacto directo con el gobierno... municipal, y créeme que en esta administración, estando yo de gerente, yo no los dejaba, nombre era un cuchillito, vi eso. Es preferible rehabilitar, casi la mayoría de las obras, las inversiones, nos la llevamos rehabilitando. Colectores, plantas de agua residuales, si se hicieron unas nuevas, que están en el... se hizo una nueva en el, en El Sacrificio, que ya la vamos a, ya la, ya la, ya la echamos a operar. Y se está haciendo otra nueva en Maximiliano, otra en el Marcol.

Si.

Son las, son las nuevas que se están, pero tengo... varias que tienen años que están, que están sin trabajar y pues el agua vierte directamente al... o sea, con aguas crudas sin tratar a los, a los drenes. Que al final de cuentas viene a contaminar lo que es el mar, porque toda esa agua llega por ahí.

Claro. Al mar, claro. Estas tres plantas nuevas ¿son también fosa séptica+wetland?

No, esas son de sistema lagunar.

Ah, ¿las tres son lagunares?

Si, de hecho, Maximiliano R. López, se va a conectar a, al, al, al sistema de... de Sacrificio.

Ah, ok, perfecto.

Y... y el Marcol, es de sistema lagunar.

Muy bien.

No son de tipo wetland.

Listo. Son más grandes.

Son más grandes, así es.

¿Qué aspectos, considera usted que deben reforzarse para mejorar el tratamiento de las aguas residuales en las plantas a su cargo?

A ver, otra vez.

¿Qué aspectos, considera usted que deben reforzarse para mejorar el tratamiento de las aguas residuales en las plantas de tratamiento a su cargo?

Pues debemos de reforzar... en la capacitación de las personas, que están, que atienden, para que le den la importancia que tienen, porque es una gran importancia y créeme que eso no lo tenemos nosotros. No nos hemos ocupado de, de capacitar y darles a conocer los procesos y la importancia que se le debe de dar a las, a las plantas de aguas residuales. En segunda, si tenemos personal capacitado pues... eso haría que, que estén ellos al pendiente, darles todas... todas las, la rehabilitaciones o implementar pro... el proceso de, de, de rehabilitación y mantenimiento para cada una de las plantas, porque ya las íbamos, las vamos a tener más observadas y veríamos en sí eh, que es lo que se... está pasando con ese procedimiento de esa planta y tratar de hacer... de hacer un un preventivo, no cuando ya... no cuando ya, “ah, no es que el cárcamo, ya en las bombas, por el azolve ya no están sacando agua porque el azolve del cárcamo se, se llegó hasta los equipos y, y pues ya no tenemos”. Y eso nos ha pasado, cree, mucho nos ha pasado, de... de esta situación. Porque no se prevé, no tenemos capacidad... la gente que tenemos nosotros... el Ingeniero DATO ELIMINADO es única y exclusivamente él plantas de agua potable, o sea se encarga de calidad y del tratamiento. Entonces, eh, la gente eh, créeme que la gente sindicalizada están... están de remate aquí. Quieren nomás hacer una cosa y no hacer otra y, y pues si, si necesitamos gente, o sea, capacitar a la gente, concientizarla del proceso y de, y de la salud que vamos, o sea mejorar la salud del medio ambiente que viene a afectarnos a todos.

Claro.

Y la verdad que si es un tema muy preocupante. Y ojalá volteen el, los, el gobierno para acá, yo les puedo decir con cuánto, aquí yo tengo una cartera de proyectos... del Departamento Técnico no paramos. Nosotros tenemos cuanto cuesta la rehabilitación porque esta planta tiene esto, porque esta planta... o sea, los... todas las fallas que tienen o, o lo que necesita nosotros ya lo tenemos. Tenemos un abanico de, de propuestas para poder resolver. Pero, pues necesitamos en sí que volteen a, a ver... y el dinero.

Claro.

Que sea bien invertido pues.

Que se den cuenta de que realmente si echan a andar esas plantas y esa agua ya no se descarga contaminada, pueden reutilizarla para otras cuestiones y precisamente, cuando tienes la problemática de que no tenemos agua por la sequía que existe.

Así es.

Y que, y que este año no pinta para nada bien, entonces se puede utilizar esa agua para otras cuestiones para que no te estén exigiendo agua de primer uso.

Si, de hecho, de hecho para... de la planta de aquí de Guasave, que está para allá para el dren de, de Las Cañadas, ellos la levantan, los agricultores. Y no, y no se las vendo, les dije (ríe), y ustedes, si porque la, la descargamos al dren ya, pero ya tratada.

Claro, ya lo tienen.

Y créeme que, en el... nosotros por norma en la CONAGUA nosotros entregábamos, el 2008 yo era Gerente de Operación, llegué... estaba en la Gerencia de Operación. Y fue cuando se echaron a andar las primeras plantas de, de hecho la de aquí de la ciudad que es del 2005. Nosotros, en la llegada de Rigoberto Félix, aquí a la, de Gerente a la Junta, yo estaba en la Gerencia de, en la Gerencia de Operación porque la Gerencia Técnica se dividía en Operación, Construcción y... era Construcción y Obras. O sea, había proyectos, construcción y, y operación. Yo estaba en la Gerencia de Operación. Duré varios años en la Gerencia de Operación. Estando el ingeniero, nos dimos a la tarea de darle un tratamiento... y nos llegaba o sea, incentivos, por parte de la CONAGUA, o sea, a nosotros hacíamos cada mes, era la toma de muestras. Era caro, pero de alguna manera nos beneficiaba porque ese dinero que nos entraba lo podíamos utilizar para... para equipos, para rehabilitar en sí, para aplicárselo a las mismas plantas. Y lo hicimos en la, en la de aquí de la ciudad.

Si.

Creo que llegó un incentivo para la de Leyva Solano y para... para esas dos se me hace, Guasave y Leyva Solano. Ahorita, por ejemplo, es preocupante que en Leyva Solano no estamos tratando y son muchos habitantes ahí. Ya tenemos habitantes, flotante de. Y no la tenemos operando ahorita.

Si.

Ni Juan José Ríos. Ocupamos ahí como 15 millones para poder rehabilitar.

Si.

Este año, yo no sé que puerta voy a tocar. No se si vaya a ir a México y me escuchen o no sé, pero yo, ya les dije. En este, es un lapso muy corto. Que yo les decía a los del, a los del consejo hay muchas cosas por hacer, la Junta tiene muchas necesidades, pero aquí el problema de la Junta es... la continuidad. Puede... han venido de muchos Gerentes, yo los he visto, con muchas ganas. Por ejemplo, el Ingeniero Rigoberto Félix, un master en, en... ha durado toda su vida en las aguas. En las, estuvo en JAPAM de Gerente, como 30, yo creo. Se fue a la de.. Mazatlán.

A la de Acapulco, ¿no?

Entró, entró una vez de Gerente y ya, y volvió en otra administración de Gerente. Estuvo en Acapulco, estuvo de Director General de la ANEAS, o sea, y, y estuvo aquí. Y por no apoyarlo...

Se fue.

Se fue.

¿Cuáles acciones implementan para capacitar al personal que labora en las plantas de tratamiento de agua residual dependientes del organismo operador, buscando su actualización y mejora continua?

Ahorita, actualmente, ninguna. El único que ha ido, es el Ingeniero DATO ELIMINADO, cuando van a la Escuela del... del agua.

Ok.

Que vemos que sea en... pero trabajadores en sí, que estén, eh, que estén constantes y que estén en los cárcamos y eso, ningún. A ninguno. El único es el ingeniero.

Muy bien. Debido a la contingencia por el COVID-19 y relacionada con el tratamiento de las aguas residuales generadas por la población atendida por este organismo operador, ¿hubo alguna actividad extra que se haya tenido que realizar, en las plantas de tratamiento, para afrontarla debidamente?

De ser así, ¿cuál fue?

No hicimos ninguna, la verdad.

Pero, ¿si han notado incremento en el caudal?, en el que les ha llegado, porque la población pide más agua, ¿o no?

Pues fíjate que no lo comenté con el ingeniero, pero me imagino pues si estamos produciendo más agua, está y pues, en donde no tenemos tratamiento, pues ni cuenta nos damos.

No pues, no hay manera de conocer el...

No hay manera de conocer así.

Es común en México, en todos los niveles de gobierno, que cuando una administración releva a otra, incluso siendo del mismo partido, se trastoquen programas y proyectos que necesariamente son de largo plazo. En ese sentido, ¿hasta qué punto y de qué maneras ha afectado la falta de continuidad gubernamental a la operación de las plantas de tratamiento de aguas residuales?

Pues, es lo que te comentaba, si afecta... si ha afectado mucho porque depende del criterio de cada gobierno para atender los problemas que se tienen en el organismo operador y de acuerdo a las decisiones que se tomen para la asignación del recurso financiero, las rehabilitaciones de la infraestructura de las plantas de aguas residuales y de las lagunas, o sea... ahí, créeme que yo siempre he sido muy... ahorita que yo estuve en la Gerencia, eh, de meter las rehabilitaciones de las plantas, pero como las lagunas están allá entre las parcelas y no se ven, pues. Y son criterios que créeme que yo... no me callo, yo les digo la verdad, o sea porque viene a afectar la salud de, de las... de, de, de la población.

Claro, si, por último, eh, actualmente las plantas... ¿no están haciendo monitoreos de la calidad del agua o si se están haciendo?

No.

¿No?

No lo estamos haciendo.

Ok, perfecto.

Nos cuesta muy... bueno, para las, para las, porque ya ves que... tiene que ser de un, de un, de un...

De un laboratorio acreditado.

De un laboratorio oficial, que, que, que esté dentro de la norma y que miles de cosas. Nosotros, hace mucho, porque como nos costaba muy caro, lo dejamos de hacer. Pero si, antes si lo hacíamos.

Ok, pero actualmente no.

Pero actualmente no.

4B. Nivel 3- Jefes de las PTAR

Fecha de entrevista: 27 de enero, 2021

A través de la plataforma zoom

¿Cuál es su cargo?

Jefe del Departamento de Saneamiento y Calidad del Agua.

¿Cuánto tiempo tiene en el cargo?

Eh... dos años.

Dos años. Y ¿en el organismo operador? En JUMAPAG.

16 años.

16 años en total.

Afirmativo.

Muy bien. Comenzamos entonces con las preguntas. ¿Cuáles son los beneficios que brinda al municipio el tratamiento de las aguas residuales?

Pues el tratamiento de aguas residuales nos permite no estar contaminando el medio ambiente y sobre todo la, eh, las aguas que van a dar a, a la marisma, al mar. Eso es lo que no, lo... el tratamiento del agua nos... es el objetivo del tratamiento del agua.

Gracias. ¿Considera que el organismo operador, es decir JUMAPAG, crea necesario llevar a cabo el tratamiento de las aguas residuales?

Si.

¿Por qué?

Eh... es preocupación del organismo y ocupación de darles tratamiento de agua, eh... desgraciadamente los recursos no son suficientes para atender al 100 este rubro, eh... y ese... rubro es el que nos... dice cuanto y en que cantidad es el agua tratada que vamos a tener.

Muy bien. ¿Qué dificultades existen para lograr el cumplimiento de las normas oficiales mexicanas respecto al tratamiento de las aguas residuales?

Eh, ¿me podría repetir la pregunta, por favor?

Ajá. Estoy tomando nota, permítame. ¿Qué dificultades se presentan en el organismo operador para lograr el cumplimiento de las normas oficiales mexicanas respecto al tratamiento de aguas residuales?

Pues el principal obstáculo que tenemos es el económico. Es el económico. El segundo es, es, es causa del primero, que es la... las condiciones de la infraestructura que tenemos para el tratamiento de agua.

Ajá. Para... para poderla estar actualizando y todo eso.

Si, pues más... para mantener el buen estado de operación los... los equipos.

Claro.

Y las instalaciones.

Muy bien. ¿Cuáles normas oficiales tiene que cumplir el organismo operador respecto al efluente de las plantas de tratamiento?

La norma 001.

Muy bien.

A esa norma es a la que nos apegamos, aunque no llevamos una... un muestreo... como dice la norma, eh, las veces que se ha realizado esos muestreos, estamos cumpliendo con esa norma.

Muy bien. ¿No hacen el, el muestreo de manera constante? Entonces.

De manera constante, no.

Muy bien, o sea ya... (interrumpe el entrevistado) porque también... porque también eso cuesta.

Claro. Les genera el costo de... de lo que es el laboratorio eh... acreditado.

Es correcto.

Muy bien. Entonces no se lleva monitoreo de la calidad del agua de salida.

No, ahorita en la actualidad no se está monitoreando ni el del influente ni el del efluente.

Excelente. Ahora, le voy a dar un concepto para que usted lo conozca y a partir de ese concepto yo le voy a hacer una pregunta.

El concepto es: el cambio climático es la variación del clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana, que altera la composición de la atmósfera global y se suma a la variabilidad natural del clima observada durante periodos comparables, este es el concepto. Las plantas de tratamiento realizan una labor muy importante mejorando la calidad del agua para reutilizarla en distintos usos. Sin embargo, de acuerdo con la Ley General de Cambio Climático, las aguas residuales deben incluirse en el sector de residuos como generadoras de gases de efecto invernadero.

Aaaa, a ver, a ver. Todo lo anterior se cortó. No la escuché.

Perfecto, se lo repito. El cambio climático es la variación del clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana, que altera la composición de la atmósfera global y se suma a la variabilidad natural del clima observada durante periodos eh, comparables. Las plantas de tratamiento realizan una labor muy importante mejorando la calidad del agua para reutilizarla en distintos usos. Sin embargo, de acuerdo con la Ley General de Cambio Climático, las aguas residuales deben incluirse en el sector de residuos como generadoras de gases de efecto invernadero.

De acuerdo con lo anterior ¿cómo considera usted que impactan las plantas de tratamiento en el cambio climático?

Toda la explicación que me dio no la logré escuchar pues se... se cortó la comunicación.

Ah, ok. Se, se la vuelvo a repetir, permítame.

Ok, gracias.

El cambio climático es la variación del clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana, que altera la composición de la atmósfera global y se suma a la variabilidad natural del clima observada durante periodos comparables. Las plantas de tratamiento realizan una labor muy importante mejorando la calidad del agua para reutilizarla en distintos usos. Sin embargo, de acuerdo con la Ley General de Cambio Climático, las aguas residuales deben incluirse en el sector de residuos como generadoras de gases de efecto invernadero. De acuerdo con lo anterior ¿cómo cree usted que impacten las plantas de tratamiento en el cambio climático?

Pues tomando en cuenta la... la, el beneficio.

Ajá.

Tomando en cuenta el beneficio, pues es más el beneficio que el, que... que lo malo. Eh, me imagino que la producción de los gases, del efecto invernadero es mínimo comparado con el... con el beneficio de llevar a cabo el tratamiento.

Muy bien. ¿Cree usted que se hayan realizado acciones para mejorar el estado de las plantas de tratamiento en la JUMAPAG?

Si.

De ser así, ¿cuáles han sido esas acciones?

Se han dado mejoras a las instalaciones, sobre todo en, en, en donde tenemos lagunas de oxidación. Mmm, se les ha dado mejora a donde... más que nada en los bordos, en el des... en el mantenimiento a los bordos, lagunas de oxidación y las wetland.

Ajá.

Eh... nos ha hecho falta, de hecho en ninguna de las, de las plantas que tenemos nunca se ha retirado los... los lodos que se producen con el propio tratamiento.

Si.

Eh, algunas ya están saturadas... saturadas y... pues es necesario retirarlas.

Claro. ¿En ninguna se han retirado nunca?

Ninguna, nunca.

Muy bien, gracias. ¿Qué sucedería en el organismo operador, o sea en JUMAPAG, si las plantas no pudieran alcanzar la eficiencia requerida para lograr el cumplimiento de los estándares establecidos en la normatividad vigente?

¿Qué pasaría en JUMAPAG?

Si.

Pues no estaríamos cumpliendo para el cual son... construidas y diseñadas esa infraestructura.

Claro.

No estaríamos cumpliendo con la norma y pues al no cumplir con la norma, posiblemente fuéramos acreedores a algunas sanciones, sí, si la autoridad nos hiciera alguna evaluación.

Muy bien, muy bien. Cuando se detectan problemas de operación y mantenimiento en las plantas de tratamiento ¿cuál es el procedimiento a seguir para corregir las fallas detectadas?

Normalmente y, el más común es que sean los equipos de bombeo, los que tienen... problema.

Si.

Eh, se le da, se re...retira el equipo, se le da mantenimiento, se repara y se vuelve a instalar.

Ajá, ¿cuáles son los problemas más frecuentes que tienen?

Ese, ese, los equipos de bombeo y que... eh... originado por la... la construcción de los cárcamos de rebombeo, no fueron... diseñados, construidos mejor dicho, diseñados quien sabe, diseñados para... para elimi [sic]... para llevar a cabo el pretratamiento en cada uno de los cárcamos.

Ah, ok.

Eh... Y eso hace que las... los equipos de bombeo se dañen, o se estén obstruyendo muy seguido.

Claro. Referente al tiempo que tardan en resolverse los problemas para reanudar el funcionamiento las plantas que se encuentran fuera de operación, ¿qué opina usted?

Pues dependiendo eh, la causa de la... de la cual están fuera de operación, es el...

¿El tiempo que tardan?

El tiempo que tarda, afirmativo. El tiempo que tarda. Eh... dependiendo del tamaño del equipo ya no.. el equipo ya no, se tiene que reemplazar. Y eso pues, cuesta.

Claro.

Y dependiendo de la disposición de lo económico pues es el tiempo que va a tardar en...

Así es.

En ponerse en operación otra vez.

¿Qué aspectos considera usted que deben reforzarse para mejorar el tratamiento de las aguas residuales en las plantas a su cargo?

¿Qué aspectos? Para mí desde la, desde la construcción, ubicación, y.. el personal en... y el personal que operará esas plantas. Eh... ¿por qué le digo ubicación? Ah, es muy importante que cuando se construye una planta se busque la mejor ubicación, que eso nos permita estar, en dado caso que tengamos una eventualidad de... de dejar fuera de operación una planta, tener donde disponer esa agua, esa agua que no se trata disponerla a un dren, al dren que se va a descargar. Eh... Y tener siempre, en lo económico, es primordialmente eso es lo que... lo que debemos atender. Tener siempre, eh... algún... algo de que echar manos para que... minimizar los tiempos fuera de operación de las plantas. Si el, y si tenemos el personal adecuado para estar operando esas plantas pues podemos estar llevando a cabo, como les repito, el pretratamiento es importante para darle... para mantener, eh, prolongar la vida de los equipos de bombeo y eso, pues, nos va a minimizar los costos.

Muy bien. ¿Cuáles son las actividades o procedimientos que considera usted que se deben mejorar en el organismo operador para apoyar su trabajo dentro de las plantas de tratamiento?

Las actividades que deberían de mejorar, lo que es en saneamiento de agua... es tener, tener personal de base en cada uno de los cárcamos. Eh, de los equipos de donde se rebombea el agua hacia las lagunas.

Ajá.

Eh, y llevar a cabo, llevar a cabo el pretratamiento. Sobre todo. Es una actividad que nos, no, no se hace. Normalmente, no se hace.

Muy bien, así se manda, ¿sin pretratamiento? Con toda la problemática.

Con todo lo que lleva después.

Exacto.

Sobre todo, como le digo, pues eso daña los equipos de bombeo.

Si, claro, y se los va a seguir dañando.

Daña, y se los va a seguir dañando y además, eh... se nos saturan más luego las, las lagunas, las lagunas en sí, se nos saturan más.

Así es.

Les acortamos la, la, el periodo de vida.

Si, la profundidad útil.

Es correcto.

¿Cuáles acciones implementan para capacitar al personal que labora en las plantas de tratamiento de agua residual buscando su actualización y mejora continua?

Mire, eh, pues... desgraciadamente no llevamos esa parte.

Ajá.

Es parte de lo que carecemos aquí en JUMAPAG, eh... no se lleva a cabo eso.

¿No hay un plan de.. capacitación anual ni nada?

No hay un plan de capacitación.

Anual.

No.

¿Cuándo fue la última vez que se capacitó usted?

Yo... unos cinco años.

O sea, que si tarda.

Y yo iba como... pues ni siquiera iba como Jefe de Departamento esa vez.

Ok, ahorita como Jefe de Departamento, ¿no ha habido nada?

No.

Muy bien. Eh, debido a la contingencia por el COVID-19 y relacionada con el tratamiento de las aguas residuales generadas por la población atendida por este organismo operador ¿hubo alguna actividad extra que se haya tenido que realizar en las plantas de tratamiento de agua residual, para afrontarla debidamente? Y de ser así, ¿cuál fue?

No, no hubo.

¿Todo continuó igual?

Todo continuó igual.

Todo igual. ¿Les ha llegado mayor cantidad de agua?

No.

4C. Nivel 4- Trabajadores de las PTAR

Fecha de entrevista: 27 de enero, 2021

A través de la plataforma zoom

¿Cuál es su cargo?

Soy Encargado de una planta de... de... es Encargado de una planta de tratamiento de aguas residuales.

Muy bien ¿Cuánto tiempo tiene en el cargo?

Tengo... cuatro meses.

Cuatro meses. Y ¿cuánto tiempo lleva trabajando en... JUMAPAG?

Tres años.

Tres años, muy bien. Vamos a comenzar con las preguntas.

Ok.

De acuerdo con su percepción ¿cuáles son los beneficios que brinda al municipio el tratamiento de las aguas residuales?

La reducción de la contaminación... y... pues eso, la... reducir la contaminación en aguas, en aguas de... fluyente.

Muy bien. ¿Considera que para JUMAPAG sea necesario llevar a cabo el tratamiento de las aguas residuales?

Si, porque el tratamiento de aguas residuales eh, además de reducir la contaminación también... eh... nos beneficiaría por reducción de costos por mantenimiento de equipos de bombeo y de... de... eso. Reducción de costos para equipo de bombeo.

Muy bien. ¿Qué dificultades existen para lograr el cumplimiento de las normas oficiales mexicanas respecto al tratamiento de las aguas residuales?

Eh, ¿me podría repetir la pregunta, por favor?

Claro. ¿Qué dificultades existen para lograr cumplir con las normas oficiales mexicanas respecto al tratamiento de las aguas residuales?, ¿qué dificultades tienen ustedes para poder lograr cumplir estas normas?

Pues... los recursos... los recursos económicos y... los recursos económicos, nomás.

¿El dinero para las cosas de las plantas?

Si, para...

Muy bien. ¿Cuáles normas oficiales mexicanas tiene que cumplir el efluente de la planta de tratamiento en la que usted trabaja?

Eh... la norma, la 001 de, de SEMARNAT, eh, que consiste en los niveles máximos permisibles de...

Se cortó su... su conexión. ¿Bueno?

Contaminación al medio ambiente. Y la 003.

Perdón, espérame porque se cortó. ¿Me lo podrías repetir, por favor? Porque se cortó tu conexión.

No estamos obligados a cumplirla, eh.

Si, pero tienen los... los niveles para... el cumplimiento, para poder reusar el agua.

Si, es que llamaron.

Ah, perdón, si, es cuando se corta. No te preocupes. ¿Cuáles serían las normas con las que tienen que cumplir en la planta?

La norma 001 de SEMARNAT, de, de los niveles máximos permisibles de contaminación, y la 002, también que es de niveles máximos permisibles de contaminación al ambiente, y la 003 que es igual, de niveles máximos permisibles de contaminación al medio ambiente.

Ok, te voy a dar un concepto para que sepas respecto a cambio climático y posteriormente voy a hacer una pregunta.

El cambio climático es la variación del clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana, que altera la composición de la atmósfera global y se suma a la variabilidad natural de clima observada durante un periodo comparable. Las plantas de tratamiento realizan una labor muy importante mejorando la calidad del agua para reutilizarla en distintos usos. Sin embargo, de acuerdo con la Ley General de Cambio Climático, las aguas residuales deben incluirse en el sector residuos como generadoras de gases de efecto invernadero. De acuerdo con lo anterior ¿cómo consideras que impactan las plantas de tratamiento en el cambio climático?

Pues, le, al reducir la contaminación, eh, podemos porque los animales también se alimentan, los animales y las plantas se alimentan de todo lo que hay ahí en el agua, pues, y... si los animales eh, mueren podría afectar, podría afectar todo el ... ¿cómo le diré? Se podría afectar todo el ciclo de... de, todo el ciclo biológico.

Ajá.

Que se encuentra.

Muy bien. ¿Cree usted que se hayan realizado acciones para mejorar el estado de las plantas de tratamiento?

Eh, ¿me podría repetir la pregunta?

Si, claro. No te preocupes, pues como está el ruido de la planta. ¿Cree usted que se hayan realizado acciones para mejorar el estado de las plantas de tratamiento en JUMAPAG?

Eh... pues, la verdad no, porque pues no, no, no nos proveen los recursos necesarios para poder mantener las plantas, eh, a su... para poder mantener bien las plantas, pues.

Ajá. Muy bien, eh. ¿Qué sucedería si las plantas no alcanzan la eficiencia necesaria para cumplir con la normatividad vigente?

Eh, ¿me podría repetir?

¿Qué sucedería si las plantas no alcanzaran la eficiencia necesaria para cumplir con la normatividad vigente?

Pues podríamos, nos podrían... multar alguna autoridad. Y, pues si, nos podrían sancionar por, por la contaminación.

Muy bien. Cuando se detectan problemas de operación y mantenimiento en las plantas de tratamiento de agua residual ¿cuál es el procedimiento por seguir para corregir las fallas detectadas?

Eh, pues, man.. poner fuera de servicio la planta. Mandar, mandar el agua así a... mandar el agua sin tratar y... y... poner corrección a los problemas que se, que se presenten.

Ajá, ¿cuáles son los problemas más?

La obstrucción de la, de la succión de las bombas. Eh, la obstrucción de rejillas por, por los sólidos, por los sólidos... eh...

¿Voluminosos?

Si. De gran tamaño, y... pues, eso nada más.

Muy bien, si, se las podrían robar.

Claro.

Muy bien. ¿Qué opina usted respecto al tiempo que tardan en resolverse los problemas para reanudar el funcionamiento de las plantas cuando se encuentran fuera de operación?

Eh... pues que, ¿me podría repetir? Por favor.

Claro. ¿Qué opina usted respecto al tiempo que tardan en resolverse los problemas para reanudar el funcionamiento las plantas cuando se encuentran fuera de operación?

Que el tiempo es muy importante, porque mientras, mientras pase más tiempo habría más contaminación, más.. más... si, más contaminación. Y... deste, eso nos causaría problema, el problema que se tiene que reparar, por ejemplo, si una bomba se obstruye pues sería nada más de sacarla y limpiarla.

Ajá.

Y si, pero si, si el equipo se quema o pasa algo eléctrico, pues la, la, la bomba se tendría que, que llevar a reparar y eso... o cambiar de bomba. Y eso, pues, sería más tiempo y más costoso.

Claro, eh. ¿Qué aspectos cree que deben reforzarse para mejorar el tratamiento del agua residual en la planta a su cargo?

Eh, pues, poner mááás cuidado en el, en el, el mantenimiento de la planta.

¿Alguna otra cosa que pudieran hacer y que le facilitaría a usted el trabajo?

Eh, pues automatizar el proceso de, de limpieza de cárcamo.

Si.

Y de... pues de toda la planta, en sí.

Ajá. ¿Esa planta en la que usted trabaja es 24/7? Todo el día, toda la noche.

Si. Trabaja las 24 horas.

Muy bien, eh. ¿Cuáles son las actividades o procedimientos que considera usted que se deben mejorar en JUMAPAG para apoyar el trabajo que usted realiza en las plantas de tratamiento?

Eh, pues... el apoyo económico. Y la, y la colaboración de todos los departamentos para, para así facilitar todo el trabajo, el trabajo de todos.

Si. ¿Hay alguna área con la que batalle más?, ¿qué le, le alenté más digamos sus trámites?, ¿o no?

Eh, pues, el área pues comercial, nada más.

Muy bien... ¿Cómo lo capacitan? respecto a lo que usted realiza en la planta. ¿Qué tipo de capacitación tiene?

Eh, no hay... ningún tipo de capacitación.

¿No hay ninguno?

Eh, no. Uno por su cuenta, tiene que investigar todo.

Ah, ok. Ni cuando iba a entrar en la planta, ¿no le dieron la capacitación inicial?

Eh, no. Solo me entregaron un manual de...

Ajá.

Un manual. De operación.

Un manual de operación (al mismo tiempo que el entrevistado).

Si.

Muy bien. Debido a la contingencia por el COVID-19 y relacionada con el tratamiento de las aguas residuales generadas por la población atendida por este organismo operador ¿hubo alguna actividad extra que se haya tenido que realizar en las plantas de tratamiento, para afrontarla debidamente? Y de ser así, ¿cuál fue?

No, ninguna.

¿Ninguna?, ¿todo igual?

Todo igual. Solo, solo fue cubrebocas y la desinfección de manos.

Si, pero eso como cuidado personal, pero ya en la planta que, que haya habido algún problema, que les haya llegado más agua.

No. Ningún problema.

¿Todo igual?

Todo, todo normal.

Carta de cesión de derechos

La que suscribe: Ivette Renée Hansen Rodríguez del trabajo escrito con el título “La sustentabilidad ambiental en el tratamiento de aguas residuales: recolección, tratamiento y emisión de metano asociado a las descargas de la ciudad de Los Mochis y el municipio de Guasave, Sin.”. Por medio de la presente con fundamento en lo dispuesto en los artículos 5, 18, 24, 25, 27, 30, 32 y 148 de la Ley Federal de Derechos de Autor, manifiesto mi autoría y originalidad de la obra mencionada que se presentó en la Universidad Autónoma de Occidente Unidad Regional Guasave, para ser evaluada con el fin de obtener el Título Profesional de Doctora en Sustentabilidad.

Asimismo expreso mi conformidad de ceder los derechos de reproducción, difusión y circulación de esta obra, en forma NO EXCLUSIVA, a la Universidad Autónoma de Occidente Unidad Regional Guasave; se podrá realizar a nivel nacional e internacional, de manera parcial o total a través de cualquier medio de información que sea susceptible para ello, en una o varias ocasiones, así como en cualquier soporte documental, todo ello siempre y cuando sus fines sean académicos, humanísticos, tecnológicos, históricos, artísticos, sociales, científicos u otra manifestación de la cultura.

Entendiendo que dicha cesión no genera obligación alguna para la Universidad Autónoma de Occidente y que podrá o no ejercer los derechos cedidos. Por lo que el autor da su consentimiento para la publicación de su trabajo escrito de evaluación profesional. Se firma presente en la ciudad de Guasave, Sinaloa, México a los 29 días del mes de abril de 2022.