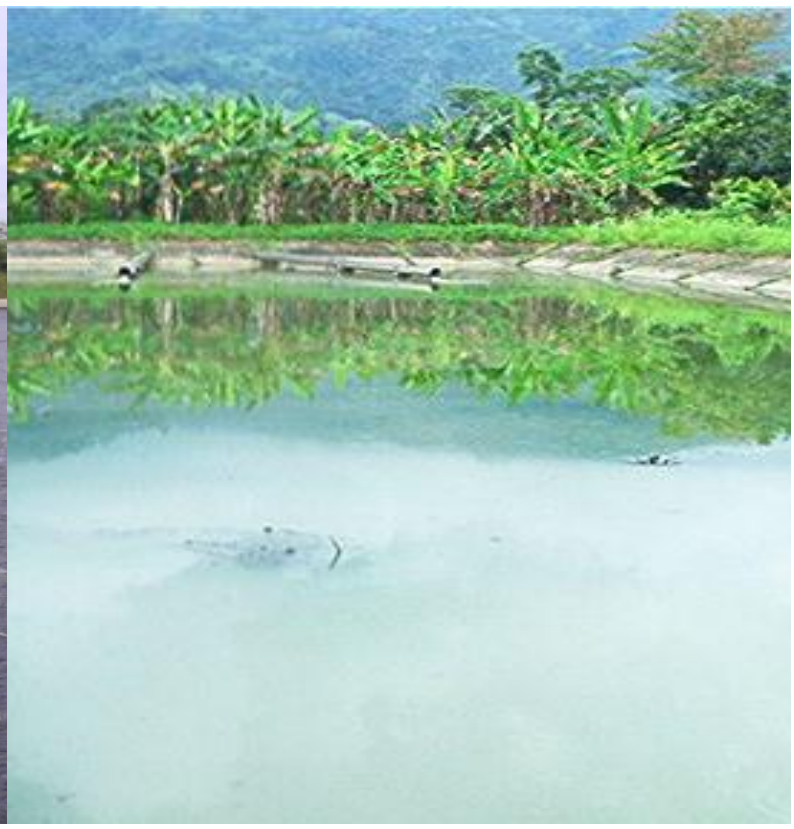


Academia Nacional de la Ingeniería y el Hábitat

LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN EN EL MEDIO RURAL DE LA ZONA PANAMERICANA DE LOS ESTADOS MÉRIDA Y TRUJILLO, VENEZUELA

Carlos F. Espinosa Jiménez





Academia Nacional
de la Ingeniería y el Hábitat

LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN EN EL MEDIO RURAL DE LA ZONA PANAMERICANA DE LOS ESTADOS MÉRIDA Y TRUJILLO, VENEZUELA

Espinosa Jiménez, Carlos Francisco Abel.
Ingeniero Civil, Magister Scientiae en Obras Hidráulicas, Master of Engineering in Sanitary Engineering y Magister en Ingeniería Sanitaria y Ambiental.
Profesor Investigador Titular (J) del CIDIAT-ULA.
Miembro Correspondiente por el estado Trujillo de la Ilustre Academia Nacional de la Ingeniería y el Hábitat de Venezuela.
Miembro Correspondiente Estatal de la Ilustre Academia de Mérida.

Depósito Legal: BA2021000043

ISBN: 978-980-18-2130-4

Ediciones de la Academia Nacional de la Ingeniería y el Hábitat, ANIH

Diagramación: Ing. Stefanny Ramírez Rodríguez

Diseño de portada: Ing. Stefanny Ramírez Rodríguez

©2021 Espinosa Jiménez, Carlos Francisco Abel.

ISBN: 978-980-18-2130-4



Reservados todos los derechos.
Prohibida la reproducción total
o parcial de esta obra en cualquier medio
de impresión electrónico o tipográfico,
sin la autorización por escrito del autor.

ACADEMIA NACIONAL DE LA INGENIERIA Y EL HABITAT DE VENEZUELA, ANIH

Palacio de las Academias, Bolsa a San Francisco, Caracas, 1010 – Venezuela. Oficina Administrativa: Edif. Araure, Piso 1, Oficina 104, Sabana Grande, Caracas, 1050 - Venezuela. Teléfonos: (+58-212) 761.03.10 / 761.20.70 Correo-e: acadingven@gmail.com / url: www.acading.org.ve Caracas - Venezuela

Caracas, Venezuela, 2021

LA ACADEMIA NACIONAL DE LA INGENIERÍA Y EL HÁBITAT DE LA REPUBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA, HACE CONSTAR QUE LAS PUBLICACIONES QUE PROPICIA ESTA CORPORACIÓN SE REALIZAN RESPETANDO EL DERECHO CONSTITUCIONAL A LA LIBRE EXPRESIÓN DEL PENSAMIENTO Y MANIFIESTA EXPRESAMENTE QUE NO SE HACE SOLIDARIA DEL CONTENIDO GENERAL DE LAS OBRAS O TRABAJOS PUBLICADOS, NI DE LAS IDEAS Y OPINIONES QUE EN ELLOS SE EMITAN, LAS CUALES SON DE RESPONSABILIDAD DE LOS AUTORES, CUANTO EN DERECHO SE REFIERE.

ISBN: 978-980-18-2130-4

9 789801 821304

El autor manifiesta su compromiso con los derechos establecidos en el marco legal vigente y las normativas internacionales sobre propiedad intelectual, por lo cual, para cualquier solicitud o sugerencia, pone a disposición su dirección de correo electrónico: caesji1958@gmail.com

A la memoria de
mi esposa Paulanita por su amor, su apoyo y su paciencia.
El tiempo dedicado a este trabajo me lo dio ella.

A la memoria del
Dr. Felipe Jesús Rodríguez Mora
Maestro y amigo

Índice de Contenido

Índice de Contenido iv
Índice de Tablas vi
Índice de Figuras vii
CAPITULO I. Introducción. 1
CAPITULO II. La salud pública y el saneamiento en Venezuela. 4
CAPITULO III. La Zona Panamericana del Estado Mérida 8
CAPITULO IV. Lagunas de Estabilización 18
4.2. Reflexiones sobre el comportamiento hidrodinámico de los prototipos implementados. 26
4.3. Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en los prototipos implementados 28
CAPITULO V. Una Propuesta Organizacional para la Gestión de los Sistemas Lagunares. 32
5.1. Antecedentes 32
5.2. Metodología 32
5.3. Selección e Identificación de los Actores 42
5.4. Análisis de posibles Responsables 45
5.5. Percepción en cuanto a los Responsables 47
5.6. Propuesta Organizacional 50
CAPITULO VI. Lagunas de Estabilización en la Parroquia La Esperanza del Municipio Andrés Bello en la Zona Panamericana del Estado Trujillo. 52
6.1 Las condiciones sanitarias de la zona. 52
6.2 Los alcances de la asesoría. 55
6.3 Inventario y descripción del sistema de lagunas. 55
6.4 Diseño y ejecución del muestreo. 61
6.5 Análisis e interpretación de resultados 62
6.5.1. Definiciones 62
6.5.2. Análisis de resultados 63
CAPITULO VII. Reflexiones Finales. 68
Referencias bibliográficas 73
HOJA DE VIDA RESUMIDA DE CARLOS F. ESPINOSA JIMÉNEZ 76

Apéndices 77

APÉNDICE 1 78

GASES DE EFECTO INVERNADERO POR AGUAS RESIDUALES EN LAS PARROQUIAS DE LOS MUNICIPIOS DE LA ZONA PANAMERICANA DEL ESTADO MÉRIDA, Y DE LA PARROQUIA LA ESPERANZA DEL MUNICIPIO ANDRÉS BELLO DE LA ZONA PANAMERICANA DEL ESTADO TRUJILLO 78

APÉNDICE 2 88

FUNCIONES DE LOS ACTORES Y ANÁLISIS LEGAL 88

APÉNDICE 3 94

INGENIERÍA BÁSICA DEL HUMEDAL CONSTRUIDO PROPUESTO PARA LA PLANTA BENEFICIADORA DE AVES. PARROQUIA LA ESPERANZA, MUNICIPIO ANDRES BELLO, ZONA PANAMERICANA DEL ESTADO TRUJILLO 94

Índice de Tablas

Tabla 1. Lagunas de estabilización construidas por el Estado Venezolano y operadas por el Ministerio de Salud, las Alcaldías, la Gobernación del Estado y la Empresa Regional Aguas de Mérida, en la Zona Panamericana del Estado Mérida. 9
Tabla 2. Frecuencia de abastecimiento de agua potable en viviendas venezolanas. 10
Tabla 3. Formas de eliminación de desechos fisiológicos (excretas) en viviendas en Venezuela para el año 2011. 11
Tabla 4. Abastecimiento de Agua por Municipios y Parroquias en la Zona Panamericana del Estado Mérida. 12
Tabla 5. Viviendas con frecuencia en servicio de agua, por municipios y parroquias, en la Zona Panamericana del Estado Mérida. 15
Tabla 6. Disposición de excretas por Municipios y Parroquias en la Zona Panamericana del Estado Mérida. 16
Tabla 7. Clasificación típica de Lagunas de Estabilización en el contexto de la Ingeniería Sanitaria. 20
Tabla 8. Criterios de dimensionamiento de lagunas de estabilización implementadas en el medio rural no disperso venezolano. 30
Tabla 9. Actores identificados. 34
Tabla 10. Rasgos principales de los actores identificados 43
Tabla 11. Oraciones en Consenso y Oraciones en las que se diferencian los grupos de las poblaciones de Tucaní, Santa Elena de Arenales y Mérida para la pregunta: ¿Quién se debe responsabilizar por la Operación y Mantenimiento del Sistema Lagunar? 47
Tabla 12. Oraciones en Consenso y Oraciones en las que se diferencian los grupos en la unión de los municipios y estado para la pregunta: ¿Quién se debe responsabilizar por la Operación y Mantenimiento del Sistema Lagunar? 49
Tabla 13. Formas de abastecimiento de agua potable de las viviendas de las Parroquias del Municipio Andrés Bello de la Zona Panamericana del Estado Trujillo. 54
Tabla 14. Frecuencia del servicio de agua en las viviendas de las Parroquias del Municipio Andrés Bello, de la Zona Panamericana del Estado Trujillo. 54
Tabla 15 Disposición de excretas en las viviendas de las Parroquias del Municipio Andrés Bello de la Zona Panamericana del Estado Trujillo. 54
Tabla 16. Diagrama del Sistema de Lagunas que conforma el Sistema de Tratamiento de efluentes industriales de la Planta de Beneficio de Aves. 56
Tabla 17. Resumen de los resultados del inventario del sistema de lagunas. 57
Tabla 18. Duración e intervalo del muestreo para la caracterización. 61
Tabla 19. Eficiencia de Remoción Másica Global de Contaminantes en el Sistema Lagunar de Estabilización. 64
Tabla 20. Caracterización del efluente final del Sistema de Lagunas de la Planta de Beneficio de Aves. (efluente de la Primera Laguna Facultativa). 65

Índice de Figuras

Figura 1. Ubicación geográfica de las Lagunas de Estabilización construidas en la Zona panamericana del Estado Mérida, Venezuela..... 10
Figura 2. Procesos Bioquímicos que ocurren en una Laguna Facultativa. 19
Figura 3. Tanquilla de entrada. Sistema de Lagunas de Caño Seco, Municipio Alberto Adriani, Zona Panamericana del Estado Mérida. 21
Figura 4. Primera Laguna Facultativa, vista aguas arriba. Sistema de Lagunas de Caño Seco, Municipio Alberto Adriani, Zona Panamericana del Estado Mérida. 21
Figura 5. Segunda Laguna Facultativa, vista aguas abajo. Se observa la caseta de cloración para desinfección. Sistema de Lagunas de Caño Seco, Municipio Alberto Adriani, Zona Panamericana del Estado Mérida. 22
Figura 6. Tanquilla de entrada. Sistema de Lagunas de Caño Amarillo, Municipio Alberto Adriani, Zona Panamericana del Estado Mérida. 22
Figura 7. Laguna Facultativa (única), vista aguas abajo. Sistema de Lagunas de Caño Amarillo, Municipio Alberto Adriani, Zona Panamericana del Estado Mérida. 23
Figura 8. Laguna Facultativa (única), vista aguas arriba. Sistema de Lagunas de Caño Amarillo, Municipio Alberto Adriani, Zona Panamericana del Estado Mérida. 23
Figura 9. Tanquilla de entrada. Sistema de Lagunas de Guayabones, Municipio Obispo Ramos de Lora, Zona Panamericana del Estado Mérida. Se puede observar dentro de la tanquilla material de grava que ingresa al alcantarillado por incorporación de aguas pluviales. 24
Figura 10. Laguna Facultativa Primaria, vista aguas arriba. Sistema de Lagunas de Guayabones, Municipio Obispo Ramos de Lora, Zona Panamericana del Estado Mérida. Se observan los efectos de un desbordamiento reciente por incorporación de aguas de lluvia al sistema. 24
Figura 11. Laguna Facultativa Secundaria, vista aguas abajo. Sistema de Lagunas de Guayabones, Municipio Obispo Ramos de Lora, Zona Panamericana del Estado Mérida. Se observa la caseta de cloración para desinfección del efluente. 25
Figura 12. Laguna Primaria de la población de El Pinar, Municipio Caracciolo Parra, Zona Panamericana, Mérida. Se aprecia una laguna sobrecargada. 25
Figura 13. Laguna Secundaria de la población de El Pinar, Municipio Caracciolo Parra, Zona Panamericana, Mérida. Se puede observar la presencia de Lemnas (macrofita flotante) en todo el espejo de agua. 26
Figura 14. Tuberías de entrada a las lagunas. Sistema de Lagunas de Estabilización de Caño Seco, Municipio Alberto Adriani, Zona Panamericana del Estado Mérida. 27
Figura 15. Tubería de salida a las lagunas. Sistema de Lagunas de Estabilización de Caño Seco, Municipio Alberto Adriani, Zona Panamericana del Estado Mérida. 28
Figura 16 Esquema Metodológico propuesto por Mejías (2008) para definir el Modelo de Gestión. 33
Figura 17. Árbol de Problemas (Causa- Efecto). 35
Figura 18. Árbol de Objetivos (Medios - Fines). 36
Figura 19. Tabla en donde se ordenan las fichas entregadas a los participantes. 40

Figura 20. Esquema de la Propuesta Organizacional para la Gestión de los Sistemas Lagunares, tomando en cuenta las etapas de un proyecto. 51
Figura 21. División político territorial del Estado Trujillo, y ubicación del Municipio Andrés Bello de la Zona Panamericana del Estado. 53
Figura 22. Primera laguna anaerobia del sistema de lagunas. Se observa la nata superficial que cubre todo el espejo de agua de la laguna. Vista aguas abajo. 58
Figura 23. Segunda laguna anaerobia del sistema de lagunas. Se observa la nata superficial cubriendo el espejo de agua de la laguna. Vista aguas arriba. 58
Figura 24. Salida de la laguna facultativa (tercera laguna) del sistema de lagunas. Se pueden observar las tuberías de Ø 200 mm en concreto que conectan las tanquillas en el sistema. 59
Figura 25. Laguna facultativa (tercera laguna) del sistema de lagunas. Se observa importante cantidad de sólidos flotantes. Vista aguas arriba. 59
Figura 26. Tanquilla que recibe las aguas residuales crudas de la planta de beneficio. Fotografía tomada durante el ciclo de matanza. 60
Figura 27. Tanquilla que recibe la salida de la tercera laguna –facultativa- que constituye el fluente final del Sistema. Se observa el color verde amarillento de este efluente. 60
Figura 28. Conceptualización del Sistema Integrado para el manejo de efluentes y subproductos de la Planta de Beneficio de Aves y su Sistema de Lagunas de Estabilización complementado con un Humedal Construido. 66

CAPITULO I. Introducción.

El saneamiento en la era moderna tiene un hito muy importante en el Informe de Edwin Chadwick en 1842 ante el Parlamento Británico titulado "Reporte general sobre las condiciones sanitarias de la población trabajadora de Gran Bretaña". Edwin Chadwick, Abogado de profesión, Reformador Social y Presidente de la Comisión Legislativa de los Pobres del Parlamento Británico, elaboró este Documento desde 1840 a solicitud del Parlamento Británico y con el apoyo del gremio médico inglés. Chadwick describe en su Reporte las condiciones sanitarias de la clase obrera en los suburbios ingleses como "un miasma ambiental". Literalmente los desechos sólidos, las aguas servidas y los desechos fisiológicos humanos eran dispuestos en las calles de los suburbios donde habitaba la clase obrera británica en ese momento. El Informe de Chadwick no sólo describe crudamente las condiciones ambientales de los suburbios donde habitaba la clase obrera, sino que plantea acciones concretas para enfrentar esta insalubridad, a saber: dotar las viviendas de "agua segura", recolectar y evacuar las aguas residuales de los suburbios disponiendo de ellas y recolectar, evacuar y disponer los desechos sólidos fuera del ambiente urbano. Es así como en este Documento Oficial del Parlamento Británico se sientan las bases de la Ingeniería de Salud Pública y la Ingeniería Sanitaria clásicas. El Reporte de Chadwick tuvo mucho impacto en la opinión pública e influyó en la promulgación de la Ley de Salud Pública de 1848 en Inglaterra.

El saneamiento en Venezuela se inició en el Siglo XX bajo el paradigma de "la solución a la contaminación es su dilución", el cual fue la estrategia seguida durante la primera mitad del Siglo XX a nivel mundial. En otras palabras, los ingenieros aspiraban lograr una dilución al menos 1 a 8 en volumen, de los líquidos residuales –crudos o tratados- en el cuerpo receptor. Es, finalmente, en 1995 cuando se promulgan las Normas de Efluentes contenidas en el conocido Decreto 883 en su Capítulo III, de fecha 11-10-1995.

En Venezuela desde 1955 se han utilizado Lagunas de Estabilización como sistemas de tratamiento de efluentes crudos de origen doméstico y municipal. A partir de 1963, el Ministerio de Sanidad y Asistencia Social (MSAS) y el Instituto Nacional de Obras Sanitarias (INOS) incluyeron las Lagunas de Estabilización complementadas con sistemas cloacales en sus actividades de estudios y proyectos para el saneamiento. El MSAS lo hizo con mayor intensidad y desempeño que el INOS, ya que atendía el saneamiento de poblaciones menores en el medio

rural no disperso y periurbano. Es así como a partir de 1963 el MSAS incluyó como complemento a sus actividades de cloacas rurales el diseño, construcción y operación de Plantas de Tratamiento basadas en Lagunas de Estabilización, a través de su Dirección de Malariología y Saneamiento Ambiental (Rengel, 1977).

El Sexto Objetivo de la Agenda 2030 del Desarrollo Sostenible plantea "garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos" (CEPAL, 2016). Alcanzar este objetivo implica el logro de seis (6) metas, a saber:

1. Para el año 2030 lograr el acceso universal y equitativo al agua potable a un precio asequible para todos.
2. Para el año 2030 lograr el acceso a servicios de saneamiento e higiene adecuados y equitativos para todos y poner fin a la defecación al aire libre, prestando especial atención a las necesidades de las mujeres y las niñas y las personas en situaciones de vulnerabilidad.
3. Para el año 2030 mejorar la calidad del agua reduciendo la contaminación, eliminando el vertimiento y minimizando la emisión de productos químicos y materiales peligrosos, reduciendo a la mitad el porcentaje de aguas residuales sin tratar y aumentando considerablemente el reciclado y la reutilización sin riesgos a nivel mundial.
4. Para el año 2030 aumentar considerablemente el uso eficiente de los recursos hídricos en todos los sectores y asegurar la sostenibilidad de la extracción y el abastecimiento de agua dulce para hacer frente a la escasez de agua y reducir considerablemente el número de personas que sufren falta de agua.
5. Para el año 2030 implementar la gestión integrada de los recursos hídricos a todos los niveles, incluso mediante la cooperación transfronteriza, según proceda.
6. Para el año 2020, proteger y restablecer los ecosistemas relacionados con el agua, incluidos los bosques, las montañas, los humedales, los ríos, los acuíferos y los lagos.

La Gestión Integral de Recursos Hídricos (GIRH) tiene su fundamento en cuatro (4) postulados, a saber:

1. El agua es un recurso finito y como tal debe ser considerado en su Gestión.
2. La Gestión debe tomar en cuenta a todos los actores involucrados, lo que implica una Gestión participativa.

3. La mujer juega un papel fundamental en la provisión, el manejo, la protección y el uso racional del recurso y por lo tanto en la Gestión.
4. El agua tiene un valor económico, lo cual implica que intrínsecamente el agua en su Gestión es un bien social y un bien económico.

La Gestión Integral de Recursos Hídricos (GIRH) es un marco general de actuación y persigue dos objetivos fundamentales:

1. Garantizar la conservación y el uso sostenible de las aguas, a fin de satisfacer necesidades humanas, ambientales y demanda generada por procesos productivos de un país.
2. Prevenir y controlar posibles efectos negativos de las aguas sobre la población y sus bienes.

El desafío de la GIRH es la integración del Sistema Natural del agua con el Sistema Socio-Económico-Político del hombre.

La Conferencia General de las Naciones Unidas, reunida el 25-11-2015 en la ciudad de Nueva York, EUA, aprobó en su Tercera Comisión, adoptar un nuevo texto basado en la Resolución 68/157 de 2013, en el cual se reconocen el Derecho Humano al Agua Potable y el Derecho Humano al Saneamiento, como dos Derechos Humanos Fundamentales por separado.

El presente Documento tiene como finalidad reconocer y hacer visible el gran esfuerzo realizado por el Estado Venezolano -a través de sus Instituciones- en la depuración de los efluentes domésticos en el medio rural no disperso del país y en particular en la Zona Panamericana de los Estados Mérida y Trujillo. Es el primer paso de un arduo trabajo por hacer, a fin rescatar infraestructura sanitaria básica y lograr más salubridad en esta estratégica zona agropecuaria y agroindustrial, para impulsar el desarrollo regional desde adentro. Crear mejores condiciones de vida en el medio rural, permitirá arraigar y empoderar a sus habitantes del medio que le pertenece y en el cual son los actores fundamentales.

CAPITULO II. La salud pública y el saneamiento en Venezuela.

Desde que se inició en Venezuela la explotación petrolera a principios del Siglo XX, exceptuando cortos períodos de repunte de la actividad agropecuaria, ha predominado un marcado deterioro del medio rural, que ha traído como consecuencia la migración del campesino a la ciudad, conformando los llamados cordones de miseria (OPS,1997). Con base en el Censo Nacional de 2011 se estima que en la actualidad un 90% de la población venezolana habita en zonas urbanas y apenas un 10% en el medio rural (INES, 2013).

En 1909 se crea en Venezuela la Comisión de Higiene Pública a instancias de la Academia Nacional de Medicina, constituida por cinco médicos y un ingeniero. Esta Comisión se considera un hito en la sanidad de Venezuela, ya que por primera vez un gobierno venezolano considera la Salud como un asunto de Estado. En 1910 la Comisión de Higiene Pública fue sustituida por el Consejo Superior de Higiene y Salubridad (Buroz, 2014).

Gutiérrez (1998) presenta una cronología de la temática de la Salud Pública, el abastecimiento de agua y el saneamiento en el país. Afirma que en 1911 se creó en Venezuela la Oficina de Sanidad Nacional (OSN) adscrita al Ministerio del Interior, que actuaba fundamentalmente en Caracas, sin los recursos económicos y personal para llevar su actuación a todo el país. En 1919 la OSN se trasformó en la Dirección de Sanidad Nacional responsable de la Salud Pública en el país, con las mismas limitaciones de recursos económicos y personal para abarcar todo el territorio nacional.

Durante el quinquenio 1916-1920 el paludismo y otras enfermedades metaxénicas hicieron estragos en el país, lo cual llevó al Gobierno Nacional a promulgar en 1923 un Decreto sobre el "Saneamiento de los Llanos de Venezuela". En ese momento se dio inicio en el país a un proceso de cambios basado en la actividad petrolera y la distribución por parte del Estado de la renta del petróleo. La malaria y las precarias condiciones de salubridad en el medio rural eran un serio impedimento para avanzar en la consolidación de la actividad petrolera del país. Las empresas petroleras comprendieron que era necesario hacer y mejorar la infraestructura de salud en el medio rural y exigieron a las autoridades venezolanas que les garantizaran condiciones básicas de salubridad.

Los sectores agropecuario-agroindustrial constituyen para un país actividades económicas estratégicas, lo que las convierte en una constante preocupación para los gobiernos nacionales.

Cualquier programa que se conciba para impulsar estos sectores tan importantes, debe contemplar resolver los problemas básicos de saneamiento en el medio rural, como son el suministro de agua potable, la recolección, tratamiento y disposición de las aguas residuales y de los desechos sólidos, así como el control de enfermedades metaxénicas endémicas, sin los cuales es imposible el desarrollo social y económico esperado. No caben dudas de que para lograr en un país el desarrollo agropecuario y agroindustrial requerido, hay que lograr como se ha dicho, arraigar al campesino en el espacio que le pertenece y donde es un actor fundamental, porque la actividad agropecuaria y agroindustrial no se puede ejercer a distancia.

En Venezuela, hasta la creación del Instituto Nacional de Obras Sanitarias (INOS) en 1943, el saneamiento era ejecutado localmente por las Gobernaciones de Estado y las Alcaldías, mediante la implementación de pequeñas y sencillas obras sanitarias. A partir de ese año, el INOS asume la ejecución y operación de la infraestructura sanitaria del saneamiento en las ciudades capitales de estado y principales centros poblados del país. En paralelo, y como consecuencia de lo anterior, el Ministerio de Sanidad y Asistencia Social (MSAS) asume las funciones del saneamiento en las poblaciones menores. Es así como a través de la Oficina Cooperativa Interamericana de Salud Pública (OCISP) se establece el Programa Nacional de Acueductos Rurales (PNAR) en Venezuela. Entre 1946 y 1959 la OCISP a través del PNAR construyó 168 acueductos rurales beneficiando a un estimado de 261.000 habitantes; en esta experiencia no se logró una gestión adecuada que garantizara la operación y el mantenimiento de las obras. En consecuencia, las obras sanitarias construidas tuvieron una vida útil corta generando la pérdida total o parcial de la infraestructura y la inversión realizada. OPS (1997).

Entre 1959 y 1962, con la finalidad de impulsar una acción sanitaria más eficaz en el medio rural –poblaciones menores-, el MSAS se encarga directamente del suministro de agua potable, a través de la Sección de Acueductos Rurales (más tarde Dirección de Malariología y Saneamiento Ambiental) y con la colaboración de las Gobernaciones de Estado. (OPS, 1997).

El 29 de octubre de 1975, son publicados en la Gaceta Oficial de la República de Venezuela N° 30l.845 del 13 de noviembre del mismo año, los Decretos N° 1.245 y N°1.247, en los que se le establece a la Dirección de Malariología y Saneamiento Ambiental, la función siguiente: "Acueductos y disposición de excretas en beneficio de la población rural dispersa con el objeto de lograr su concentración en centros organizados". La población rural no dispersa ubicada en

1.137 de los acueductos construidos en poblaciones mayores de 1.000 habitantes se adscribe al INOS en la misma oportunidad, por instrucción presidencial N° 17 del 21 de octubre de 1975 (OPS, 1997).

Entre 1961 y 1974 se crearon y operaron las Juntas Administradoras Autónomas (JAA), como entes encargados de la gestión de los acueductos, mediante una ordenanza municipal elaborada por los Concejos Municipales. Estas Juntas recibieron el asesoramiento técnico-administrativo del MSAS (Barone, 1995). Las Juntas Administradoras Autónomas estaban integradas por representantes de la comunidad, de la autoridad municipal y del Ministerio de Sanidad y Asistencia Social. Contaban con un Fondo Cooperativo de Juntas Administradoras, el cual tenía como misión: garantizar asistencia técnica, aprovisionamiento de materiales, reducción de costos y otorgamiento de créditos a todas aquellas juntas que pertenecían a dicho fondo. La modalidad de gestión a través de las JAA se consideró la más ventajosa para la operación, mantenimiento y administración de los acueductos rurales con la asesoría técnica del MSAS. En 1974 se elimina esta modalidad de gestión al considerar que el sistema de gestión presentaba fallas importantes por falta de capacidad local. El MSAS asume nuevamente, en 1975, la administración directa de todos los acueductos rurales a través de la División de Obras de Saneamiento (OPS, 1997).

El INOS en 1975 asume la responsabilidad de los sistemas transferidos por el MSAS creando la Oficina Coordinadora de Acueductos Rurales, mediante concesiones a Empresas Operadoras Privadas, asignando ingenieros inspectores a cada una de dichas empresas.

En 1985, mediante un Decreto Presidencial se establece que la Corporación Venezolana de Guayana (CVG) se ocuparía del servicio de acueductos y cloacas en todas las poblaciones urbanas y rurales del estado Bolívar y de los entonces Territorios Federales Amazonas y Delta Amacuro (OPS, 1997).

En 1991, se inicia un proceso de transferencia de los sistemas a los gobiernos regionales y locales, y se crea mediante Decreto No. 2.708, el Servicio Autónomo Programa Nacional de Vivienda Rural (PNVR) estructurado en tres divisiones operativas: la División de Acueductos Rurales, la División de Vivienda Rural y la División de Cloacas Rurales. Este Servicio, mediante ordenanzas, estableció el Modelo de Gestión de las Juntas Administradoras a nivel municipal, como órgano encargado de administrar el sistema de acueductos y cloacas. El PNVR adscrito al

MSAS, se encargó además de la elaboración de proyectos y ejecución de los mismos. Todas estas actividades las realizó en coordinación estrecha con las Gobernaciones de Estado y Alcaldías.

En 1991 la recién creada Empresa Hidrológica Nacional (HIDROVEN) y sus filiales las Empresas Hidrológicas Regionales (EHR), sustituyen al INOS, a raíz del proceso -descentralizador- de reestructuración del sector. Es así como HIDROVEN y sus Filiales asumen la responsabilidad de administrar, operar y mantener los sistemas anteriormente atendidos por el INOS. Las Empresas Hidrológicas implementan la misma modalidad de gestión del INOS, en la cual las Gerencias Estatales filiales se encargaron de todo lo concerniente a la prestación del servicio, en muchos casos coordinados con las Gobernaciones de Estado y las Alcaldías, "con la particularidad de no involucrar a la comunidad en su administración**"**. A partir de 1999 el Modelo de Gestión descentralizado iniciado en 1991 es revertido, conservando la misma estructura organizativa de la Empresa Hidrológica Nacional y sus Filiales Regionales.

Uzcátegui (2019) señala que ha sido un acierto haber mantenido en Venezuela los ámbitos de prestación de las empresas hidrológicas regionales establecidos en 1991, los cuales abarcaron uno o más estados, impidiendo así la minimización de los ámbitos que hace inviable la prestación del servicio de agua potable y saneamiento.

Es importante destacar que en Venezuela el saneamiento en el medio rural ha implicado la dotación a la población de agua segura, la recolección y tratamiento (y/o disposición) de las aguas residuales domiciliarias, la recolección y disposición final de los desechos sólidos y adicionalmente el control de vectores de enfermedades endémicas y la dotación de viviendas adecuadas. En otras palabras, se ha ejercido un saneamiento integral en el medio rural, más allá de su concepción clásica.

Por todo lo anteriormente expuesto, se puede concluir que la organización de la prestación del servicio de agua potable y saneamiento, y por ende, la Gestión del Saneamiento en el medio rural, ha sido hasta ahora definida por el Gobierno Central, lo cual es razonable dentro de un modelo histórico centralista de administración pública. En la actualidad, las obras de saneamiento en el medio rural no disperso del país enfrentan un problema histórico en el momento en que son construidas y puestas en marcha, ya que no se ha logrado establecer e implementar un "Modelo de Gestión" que garantice la sostenibilidad de tan importante infraestructura sanitaria. Por esta razón, muestran deficiencias es su desempeño por falta de operación y mantenimiento adecuados.

CAPITULO III. La Zona Panamericana del Estado Mérida.

La Zona Panamericana del estado Mérida, está definida por una franja territorial que se extiende a lo largo de la carretera Panamericana en el costado noroeste del estado. Comprende los municipios Alberto Adriani, Obispo Ramos de Lora, Andrés Bello, Caracciolo Parra y Olmedo, Julio César Salas, Tulio Febres Cordero y Justo Briceño. El gobierno nacional, en el año 2000, declaró en esta zona una de las "Áreas Estratégicas de Desarrollo Agrícola Sustentable" del país. El Estado Venezolano a través de entes gubernamentales nacionales y estatales, han construido una serie de obras de saneamiento en la Zona Panamericana del estado Mérida, a fin de crear las condiciones sanitarias requeridas para impulsar el desarrollo rural en la zona. Entre estas obras sanitarias destacan los sistemas lagunares para el tratamiento de las aguas residuales de los centros poblados y los asentamientos campesinos. La Tabla 1 presenta un resumen de estas obras sanitarias. La Figura 1 ilustra su ubicación geográfica en el estado Mérida.

Desde su puesta en servicio estos sistemas no han sido estudiados para su evaluación y seguimiento. Muestran evidencias de una precaria operación y mantenimiento, razón por la cual se los considera apropiados para analizarlos a la óptica de un juicio crítico que oriente el logro de la sostenibilidad.

IIES (1999) presenta un interesante proyecto de investigación financiado por PDVSA denominado "Plan Estratégico a largo plazo Mérida Estado Competitivo 2020". Este estudio pretendía definir las potencialidades, fortalezas, debilidades y amenazas del estado Mérida para el año 2000, con miras a formular un Plan Estratégico que convirtiera a Mérida en un estado competitivo, local y regionalmente, para el año 2020.

Uno de los documentos del proyecto de investigación, titulado "Antecedentes para el Análisis de Competitividad", coordinado por los Profesores Adelis Graterol y Alejandro Gutiérrez del IIES-FACES-ULA, aporta importantes datos socioeconómicos de la Zona Panamericana del estado Mérida, para el año 2000. Se afirma que, con base en el método de la línea de pobreza, en el estado Mérida para febrero de 1999, los hogares presentan una pobreza extrema de 20,4%, una pobreza total o crítica del 27,4% y el 52,2% de los hogares estaban fuera de la pobreza. Al sumar pobreza extrema y total se reconoce un 47,8% de pobres en el estado para 1999, que estaba por debajo del promedio nacional. Reporta para la Zona Panamericana los siguientes índices: pobreza

extrema 26,3%, pobreza total 30% y fuera de la pobreza 43,7%, lo que representaba un 56,3% de pobreza en la Zona Panamericana.

Al analizar los índices de analfabetismo en la Zona Panamericana la incidencia era de 42,8% en los hogares de pobreza extrema, 20% en los hogares de pobreza crítica y 13% en los hogares fuera de la pobreza.

Pese a ser un estudio realizado hace 20 años, por su consistencia, rigor científico y metodológico, el Autor lo considera una buena aproximación a la realidad actual de la Zona Panamericana.

Tabla 1. Lagunas de estabilización construidas por el Estado Venezolano y operadas por el Ministerio de Salud, las Alcaldías, la Gobernación del Estado y la Empresa Regional Aguas de Mérida, en la Zona Panamericana del Estado Mérida.

COMUNIDAD	MUNICIPIO	TIPO DE SISTEMA	UBICACION
Caño Seco	Alberto Adriani	Dos (2) lagunas de estabilización en serie	Sector Ambulatorio
Caño Amarillo	Alberto Adriani	Una (1) laguna de estabilización	Vía Hacienda los Grisolía
Guayabones	Obispo Ramos de Lora	Dos (2) lagunas de estabilización en serie	Parte baja de la comunidad. Vía 4 esquinas
San Rafael de Alcázar	Obispo Ramos de Lora	Dos (2) lagunas de estabilización en serie	Parte baja de la comunidad
El Pinar	Caracciolo Parra y Olmedo	Dos (2) lagunas de estabilización en serie	Parte baja de la comunidad
Guachizón	Obispo Ramos de Lora	Dos (2) lagunas facultativas	Finca del Sr. Tulio Viloria
Guachicapazón	Obispo Ramos de Lora	Dos (2) lagunas aerobias	Finca del Sr. César Contreras
Tucanizón	Caracciolo Parra y Olmedo	Dos (2) lagunas de estabilización en serie	Parte baja del poblado
Arapuey	Julio César Salas	Dos (2) lagunas de estabilización en serie	Parte baja del poblado

Fuente: Servicio Autónomo de Vivienda Rural. Ministerio de Infraestructura región Mérida. Empresa Hidrológica Regional Aguas de Mérida

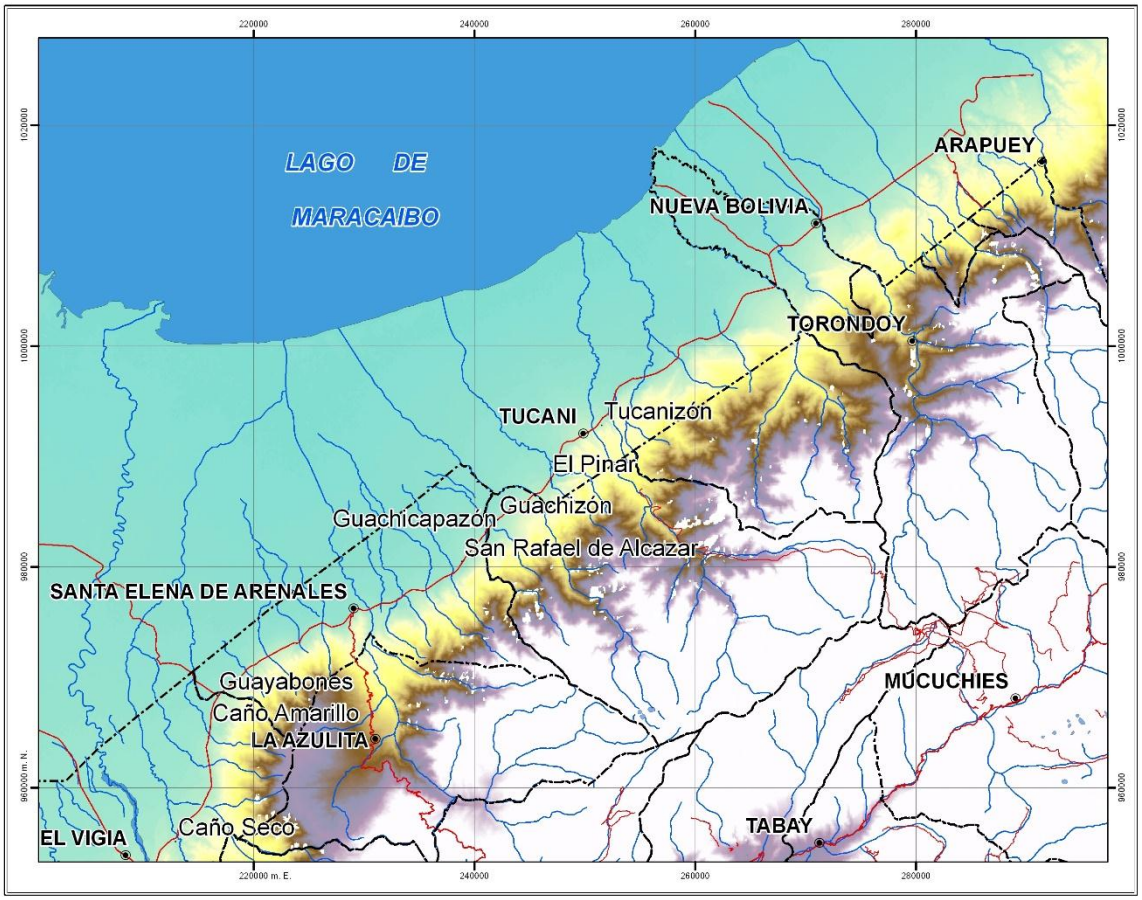


Figura 1. Ubicación geográfica de las Lagunas de Estabilización construidas en la Zona panamericana del Estado Mérida, Venezuela.

Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 2 resume la frecuencia de abastecimiento de agua potable en las viviendas donde habitaba la población venezolana conforme al Censo Nacional de 2011. Se observa que el 62% de las viviendas recibían agua todos los días, y el 27% cada dos o tres días. El 11% restante recibía agua con una frecuencia superior a una semana.

Tabla 2. Frecuencia de abastecimiento de agua potable en viviendas venezolanas.

	Diaria	Cada dos o tres días	Semanal	Cada dos semanas
Número de viviendas	3 863 402	1 673 571	463 236	228 274
Porcentaje de viviendas (%)	62,0	26,9	7,4	3,7

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del INE (2011).

La Tabla 3 presenta las formas como eran dispuestos los desechos fisiológicos (excretas) humanos en las viviendas a nivel nacional, conforme al Censo Nacional de 2011. Se observa que el 70% de las viviendas estaban conectadas a cloacas sanitarias y el 22% a tanques sépticos. El 8% restante lo hacía por otras vías.

Tabla 3. Formas de eliminación de desechos fisiológicos (excretas) en viviendas en Venezuela para el año 2011.

Total de viviendas empadronadas 6 929 968	Número de viviendas	Porcentaje del total de viviendas (%)
Poceta conectada a cloacas sanitarias	4 824 954	69,6
Poceta conectada a tanque séptico	1 525 760	22,0
Poceta sin conexión a cloacas sanitarias o tanque séptico	87 917	1,3
Excusado de hoyo o letrina	96 339	1,4
No tiene poceta o excusado	394 998	5,7

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del INE (2011).

La Tabla 4 presenta la manera como son abastecidas de agua las viviendas en las distintas Parroquias de los Municipios de la Zona Panamericana del Estado Mérida, conforme al Censo Nacional del 2011. Se observa que en la mayoría de las Parroquias censadas en los distintos Municipios las opciones "Acueducto o Tubería" y "Pozo con Tubería o Bomba" sumadas reportan los mayores porcentajes cercanos o mayores al 90%, lo cual significa un alto porcentaje de cobertura de abastecimiento de agua potable. Son excepciones a esta tendencia las Parroquias Justo Briceño Capital y San Cristóbal de Torondoy del Municipio Justo Briceño y las Parroquias María Concepción Palacios Blanco y Santa Apolonia del Municipio Tulio Febres Cordero, en las cuales las opciones "Acueducto o Tubería" y "Río, Caño o Quebrada" sumadas arrojan los mayores porcentajes, en el orden del 90%. Estos buenos índices de cobertura de abastecimiento de agua potable en la Zona Panamericana demuestran la implementación regional de los Programas de Acueductos Rurales.

Tabla 4. Abastecimiento de Agua por Municipios y Parroquias en la Zona Panamericana del Estado Mérida.

Municipio	Parroquia	Total de Viviendas	Acueducto o Tubería %	Camión Cisterna %	Pila Pública %	Pozo con Tubería o Bomba %	Pozo o Manantial Protegido %	Aljibes o Jagüeyes %	Rio, Caño, Quebrada %	Lago, Laguna %
Zona Panamericana del Estado Mérida										
Obispo Ramos de Lora	Obispo Ramos de Lora	3 137	94,17	0,06	0,10	3,00	0,16	0,00	0,61	0,13
	Eloy Paredes	1 818	93,40	0,06	0,11	0,83	1,38	0,11	2,20	0,61
	San Rafael de Alcázar	1 246	94,94	0,00	0,00	3,77	0,64	0,00	0,24	0,00
Caracciolo Parra y Olmedo	Caracciolo Parra Capital	5 184	92,34	0,39	0,06	2,18	0,91	0,08	2,66	0,04
	Florencio Ramírez	1 892	93,18	0,74	0,05	1,37	0,32	0,00	2,54	0,00
Julio César Salas	Capital Julio César Salas	3 137	89,96	2,52	0,13	3,70	0,19	0,00	2,61	0,00
	Palmira	732	82,65	0,41	0,00	0,27	0,00	0,00	15,30	0,00
Alberto Adriani	Presidente Betancourt	5 530	89,78	0,09	0,02	9,95	0,05	0,00	0,00	0,00
	Presidente Páez	9 708	92,28	0,06	0,08	7,06	0,03	0,03	0,02	0,01
	Presidente Rómulo Gallegos	7 342	88,35	1,31	0,01	6,85	0,41	0,03	1,23	0,00
	Gabriel Picón González	1 078	87,11	0,56	0,00	1,39	9,55	0,00	0,09	0,00
	Héctor Amable Mora	2 758	83,21	0,04	0,04	2,43	2,28	0,04	10,59	0,00
	José Nucete Sardi	159	44,03	0,00	0,00	55,35	0,00	0,00	0,63	0,00
	Pulido Méndez	7 317	96,09	0,74	0,05	1,69	0,51	0,01	0,30	0,00

Tabla 4. Abastecimiento de Agua por Municipios y Parroquias en la Zona Panamericana del Estado (continuación).

Municipio	Parroquia	Total de Viviendas	Acueducto o Tubería %	Camión Cisterna %	Pila Pública %	Pozo con Tubería o Bomba %	Pozo o Manantial Protegido %	Aljibes o Jagüeyes %	Rio, Caño, Quebrada %	Lago, Laguna %
Zona Panamericana del Estado Mérida										
Tulio Febres Cordero	Capital Tulio Febres Cordero	4 344	97,93	0,12	0,05	0,76	0,14	0,00	0,55	0,00
	Independencia	2 284	83,93	5,69	0,04	6,48	1,58	0,00	0,53	0,00
	María de la Concepción Palacios Blanco	1 083	89,47	0,00	0,00	0,74	1,85	0,00	6,09	0,00
	Santa Apolonia	1 114	73,97	0,27	0,00	4,67	4,04	0,00	14,81	0,09
Andrés Bello	La Azulita	4 320	88,06	0,05	0,00	0,42	5,49	0,02	5,69	0,14
Justo Briceño	Capital Justo Briceño	967	76,84	0,21	0,72	0,83	0,83	2,59	16,34	0,00
	San Cristóbal de Torondoy	351	67,81	0,57	0,28	1,42	0,57	0,28	28,49	0,00

Fuente: Elaboración propia a partir del Censo Nacional del 2011.

La Tabla 5 presenta, conforme al Censo Nacional de 2011 para los Municipios y Parroquias que conforman la Zona Panamericana del Estado Mérida, la frecuencia con la cual eran abastecidas de agua potable las viviendas donde habitaba la población. Llama la atención que el Municipio Alberto Adriani, principal motor económico y donde se localiza El Vigía la ciudad más importante de la Zona Panamericana, es el que presenta las menores frecuencias de abastecimiento de agua diario, con un máximo de 76% en la parroquia Héctor Amable Mora y un mínimo de 1,43% en la parroquia José Nucete Sardi. Las mayores frecuencias de abastecimiento ocurren cada 2 ó 3 días con un máximo de 97% en la parroquia José Nucete Sardi y un mínimo de 21% en la parroquia Héctor Amable Mora.

Destaca el Municipio Obispo Ramos de Lora con las más altas frecuencias de abastecimiento diario de viviendas en sus tres parroquias Capital Obispo Ramos de Lora con 92%, Eloy Paredes con 92% y San Rafael de Alcázar con 98%. El resto de las parroquias acusan frecuencias de abastecimiento diario con valores máximos de 97% en La Azulita en Andrés Bello, María Concepción Palacios en Tulio Febres Cordero y Florencio Ramírez en Caracciolo Parra y Olmedo, y un mínimo de 73% en la parroquia Independencia del municipio Tulio Febres Cordero. Estas mayores frecuencias de abastecimiento diario se pueden atribuir a que, a excepción del municipio Alberto Adriani, los demás municipios y parroquias están constituidos por poblaciones rurales no dispersas y consolidadas, servidas por acueductos rurales construidos por el Ministerio de Sanidad y Asistencia Social, las Alcaldías Municipales y la Gobernación del Estado.

La Tabla 6 presenta la disposición de excretas por municipios y parroquias en la Zona Panamericana del Estado Mérida conforme al Censo Nacional de 2011. En este caso el municipio Alberto Adriani, el municipio más urbano de todos, posee la mayor cobertura de pocetas conectadas a cloacas con valores de 96% en la Parroquia Pulido Méndez y 63% en la Parroquia Héctor Amable Mora. Cabe destacar el caso de la Parroquia José Nucete Sardi con 0%, donde es obvio que no existen cloacas para empotrar las pocetas, pero la cobertura de pocetas conectadas a sépticos es de 86% para las 159 viviendas censadas.

Tabla 5. Viviendas con frecuencia en servicio de agua, por municipios y parroquias, en la Zona Panamericana del Estado Mérida.

Municipio	Parroquia	Total Viviendas (unidades)	Porcentaje del Total de viviendas que recibe el servicio de agua (%)			
			Todos los días	Cada dos o tres días	Una vez por semana (Cada 8 días)	Una vez cada quince días
Obispo Ramos de Lora	Capital Obispo Ramos de Lora	2 956	91,78	5,95	1,66	0,61
	Eloy Paredes	1 699	91,94	6,12	1,65	0,29
	San Rafael Alcazar	1 183	98,39	0,51	0,76	0,34
Caracciolo Parra y Olmedo	Capital Caracciolo Parra	4 807	83,67	13,48	2,52	0,33
	Florencio Ramírez	1 777	97,30	2,03	0,68	0,00
Julio César Salas	Capital Julio César Salas	2 901	76,46	17,06	4,62	1,86
	Palmira	608	91,45	7,40	0,99	0,16
Alberto Adriani	Pdte. Betancourt	4 970	39,76	55,05	4,25	0,95
	Pdte. Páez	8 965	36,16	62,23	1,61	0,00
	Pdte. Rómulo Gallegos	6 583	18,93	69,16	9,31	2,60
	Gabriel Picón González	945	9,21	35,98	54,29	0,53
	Héctor Amable Mora	2 296	75,96	21,47	2,40	0,17
	José Nucete Sardi	70	1,43	97,14	1,43	0,00
	Pulido Méndez	7 085	21,52	66,80	11,07	0,61
Tulio Febres Cordero	Capital Tulio Febres Cordero	4 259	79,57	18,95	1,15	0,33
	Independencia	2 047	73,13	19,54	6,25	1,07
	Ma. de la C. Palacios Blanco	969	96,80	2,17	0,83	0,21
	Santa Apolonia	827	94,68	4,84	0,48	0,00
Andrés Bello	La Azulita	3 806	96,93	2,23	0,39	0,45
Justo Briceño	Capital Justo Briceño	745	80,00	18,93	1,07	0,00
	San Cristóbal de Torondoy	240	95,00	4,58	0,42	0,00

Fuente: Elaboración propia a partir del Censo Nacional de 2011 (INE, 2011).

Tabla 6. Disposición de excretas por Municipios y Parroquias en la Zona Panamericana del Estado Mérida.

Municipio	Parroquia	Total Viviendas (unidades)	Disposición de excretas como porcentaje del total de viviendas (%)				
			Poceta Conectada a Cloaca	Poceta Conectada a Pozo Séptico	Poceta s/ Conexión a Cloaca o a Pozo Séptico	Excusado de Hoyo o Letrina	No Tiene Poceta o Excusado
Obispo Ramos de Lora	Capital Obispo Ramos de Lora	3 137	54,57	35,70	4,91	0,83	3,98
	Eloy Paredes	1 818	67,82	14,19	12,82	0,44	4,73
	San Rafael Alcázar	1 246	30,98	55,30	4,49	0,40	8,83
Caracciolo Parra Olmedo	Capital Caracciolo Parra	5 184	49,73	38,97	4,67	1,12	5,52
	Florencio Ramírez	1 892	35,15	52,22	3,91	1,22	7,51
Julio César Salas	Capital Julio César Salas	3 137	54,77	34,40	3,83	0,64	6,38
	Palmira	732	0,00	77,05	11,34	0,55	11,07
Alberto Adriani	Pdte. Betancourt	5 530	77,67	20,74	0,90	0,20	0,49
	Pdte. Páez	9 708	75,19	22,93	1,08	0,21	0,60
	Pdte. Rómulo Gallegos	7 342	72,77	21,68	3,39	0,49	1,66
	Gabriel Picón González	1 078	78,57	15,68	3,53	0,65	1,58
	Héctor Amable Mora	2 758	62,51	28,39	5,77	0,69	2,65
	José Nucete Sardi	159	0,00	85,53	0,00	12,58	1,89
	Pulido Méndez	7 317	94,86	2,83	0,63	0,19	1,49
Tulio Febres Cordero	Capital Tulio Febres Cordero	4 344	60,06	33,72	1,82	0,23	4,17
	Independencia	2 284	12,35	74,04	1,53	0,96	11,12
	Ma. de la C. Palacios Blanco	1 083	25,02	37,95	23,36	0,74	12,93
	Santa Apolonia	1 114	14,45	50,72	10,59	3,23	21,01
Andrés Bello	La Azulita	4 320	40,37	51,48	5,51	0,58	2,06
Justo Briceño	Capital Justo Briceño	967	35,57	46,43	7,45	0,52	10,03
	San Cristóbal de Torondoy	351	0,00	77,49	7,98	0,85	13,68

Fuente: Elaboración propia a partir del Censo Nacional de 2011 (INE, 2011).

En el resto de los municipios la parroquia Eloy Paredes del municipio Obispo Ramos de Lora tiene conectadas el 68% de sus pocetas a cloacas y la parroquia Santa Apolonia en el municipio Tulio Febres Cordero apenas el 14%. En las parroquias Palmira de Julio César Salas y San

Cristóbal de Torondoy de Justo Briceño no existen cloacas y por lo tanto reportan 0% de conexión de pocetas, pero ambas reportan 77% de conexión de pocetas a pozo séptico.

La información presentada por el Censo Nacional de 2011, permitió describir cuantitativamente las condiciones de cobertura de las Obras Sanitarias implementadas por el Estado Venezolano en la Zona Panamericana del Estado Mérida. Demuestra, sin lugar a dudas, la implementación de los Programas de la Dirección de Malariología y Saneamiento Ambiental, a través de la División de Obras de Saneamiento y su Departamento de Cloacas Rurales, del Ministerio de Sanidad y Asistencia Social.

Ante la ausencia de información por parte del Ministerio de Salud, la Empresa Hidrológica Nacional (HIDROVEN) y su filial Aguas de Mérida, el Autor considera que la información del Censo Nacional (2011) es la mejor aproximación a la realidad actual.

Con base en las Tablas resúmenes elaboradas y presentadas en este Título Tercero a partir del Censo Nacional de 2011, se presenta en el Apéndice 1, la cuantificación de Gases de Efecto Invernadero (GEI) por Aguas Residuales para el año 2020, de todas las parroquias de los municipios de la Zona Panamericana del Estado Mérida, siguiendo la metodología del IPCC (2006) y sistematizada por Espinosa (2019).

CAPITULO IV. Lagunas de Estabilización.

En el pasado, el hombre observó que en ambientes naturales donde interactúan el agua, las plantas y el suelo se daban de manera "espontánea" procesos de depuración. Esta observación fue incorporando nuevos actores en la medida que el dominio del conocimiento se fue expandiendo. Esa progresiva observación motivó al hombre a plantearse la necesidad de "aprovechar" en "ambientes controlados" y "construidos" por él, esos procesos naturales "espontáneos" para depurar aguas contaminadas. Clásicamente, en tratamiento de aguas residuales domésticas y municipales, las Lagunas de Estabilización se clasifican conceptualmente en anaerobias, facultativas y de maduración.

Las lagunas anaerobias son las más profundas (de 2,50 m a 5,00 m), con menor espejo de agua y reciben las mayores cargas orgánicas. Estas características favorecen la conformación de un ambiente anóxico y la proliferación de organismos anaerobios en toda la columna de agua y en el fondo de la laguna. Son las lagunas que generan mayores espesores de lodo anaerobio en sus fondos. Generan además natas superficiales de algunos centímetros de espesor. Son en esencia grandes tanques sépticos descubiertos. Los olores que generan estas lagunas puede ser un tema controversial. En estas lagunas la materia orgánica es metabolizada en forma anaerobia generando los subproductos del metabolismo anaerobio: CO_2 (Dióxido de Carbono), H_2S (Sulfuro de Hidrógeno), NH_3 (Amoníaco) y CH_4 (Metano). Son usadas en Tratamiento Secundario.

Las lagunas facultativas tienen profundidades intermedias (entre 1,20 m y 2,50 m), mayores espejos de agua y reciben menores cargas orgánicas. Estas condiciones generan un ecosistema basado en una simbiosis entre algas y bacterias en la cual las algas, localizadas cerca de la superficie, realizan fotosíntesis a expensas de la luz solar y formas mineralizadas de Carbono (CO_2), Nitrógeno (NH_4^+) y Fósforo (PO_4). Por la fotosíntesis se libera Oxigeno Molecular (O_2), que pasa por difusión a estratos inferiores en la columna de agua. Las bacterias a su vez en la columna de agua metabolizan materia orgánica soluble a expensas del O_2 y generan formas mineralizadas de Carbono (CO_2), Nitrógeno (NH_4^+) y Fósforo (PO_4). La materia orgánica particulada que ingresa a la laguna sedimenta y conforma los lodos anaerobios del fondo de la laguna. En estos lodos la materia orgánica es metabolizada en forma anaerobia generando los subproductos del metabolismo anaerobio: CO_2 (Dióxido de Carbono), H_2S (Sulfuro de

Hidrógeno), NH_3 (Amoníaco) y CH_4 (Metano). Son usadas en Tratamiento Secundario. La Figura 2 presenta los Procesos Bioquímicos que ocurren en una Laguna Facultativa.

Las lagunas de maduración son en esencia lagunas aerobias. Son las lagunas menos profundas (menores de 1,00 m), las de mayores espejos de agua y las que reciben menores cargas orgánicas por ubicarse en tratamiento terciario. Su función fundamental es inactivar patógenos y como consecuencia garantizar la desinfección del efluente. Los mecanismos asociados a la inactivación de patógenos son: radiación UV (luz solar en toda la columna de agua), fluctuaciones de pH entre el día y la noche (en el día la fotosíntesis consume CO_2 y el pH sube en el sistema y en la noche las algas introducen CO_2 y el pH baja en el sistema), inanición (por escasez de sustratos a nivel terciario) y predación (por la cadena trófica).

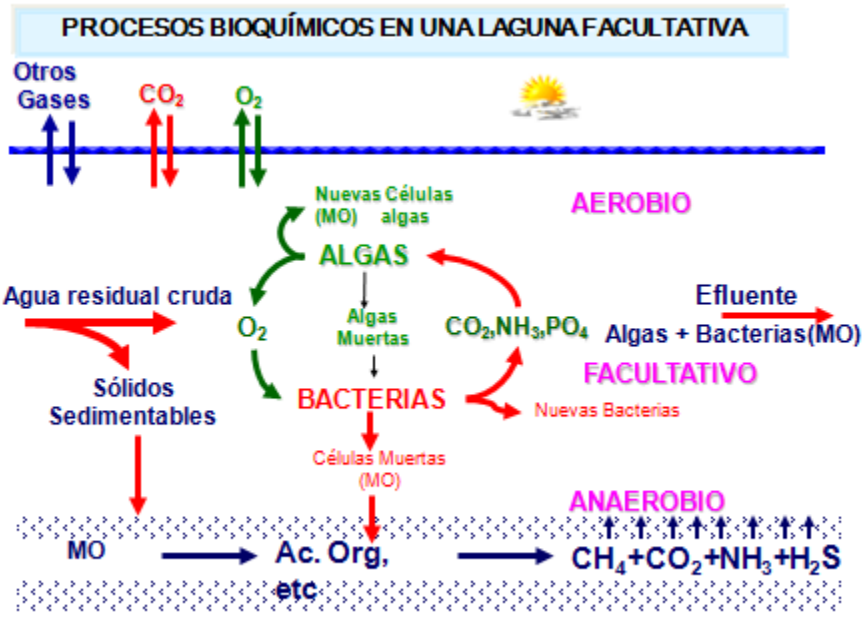


Figura 2. Procesos Bioquímicos que ocurren en una Laguna Facultativa.

Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 7 presenta una clasificación típica de los tipos de Lagunas de Estabilización en el contexto de la Ingeniería Sanitaria.

Tabla 7. Clasificación típica de Lagunas de Estabilización en el contexto de la Ingeniería Sanitaria.

Tipo	Carga Orgánica	Afluente	Dimensiones
Aerobia	85-170 Kg DBO/ha*d	Tratado en otros procesos previos	Profundidad de 30 a 45 cm (menor de 1m)
Facultativa	22-67 Kg DBO/ha*d	Agua residual cruda. Efluente primario o tratado en procesos previos	Profundidad 1,2 a 2,5 m.
Anaerobia	160-800 $gDBO/m^3*d$	Residuos industriales	Profundidad de 2,5 a 5 m.

Fuente: Elaboración propia

4.1. Los Prototipos Implementados

Los prototipos implementados en el medio rural de la Zona Panamericana de los Estados Mérida y Trujillo son Lagunas Facultativas en sistemas de una (1) o dos (2) lagunas en serie. La secuencia de operaciones y procesos más frecuente es:

1. Cribado. Se realiza en la misma tanquilla de entrada.
2. Laguna Facultativa Primaria.
3. Laguna Facultativa Secundaria.
4. Desinfección. Para este proceso se instala una caseta de cloración.

Otra secuencia de operaciones y procesos encontrada en los Sistemas Lagunares de la Zona Panamericana es:

1. Cribado. Se realiza en la misma tanquilla de entrada.
2. Laguna Facultativa única.
3. Desinfección mediante una caseta de cloración.

La Tabla 1 presenta información sobre los Sistemas de Lagunas construidos en la Zona Panamericana del Estado Mérida. Se observa que estas Obras Sanitarias fueron ejecutadas con buena ingeniería en cuanto a materiales, métodos constructivos y acabados. Todas las lagunas son revestidas, en fondo y taludes, con losas de hormigón armadas con mallas electrosoldadas. Por lo general, el área que ocupa el Sistema de Lagunas está cercado para aislarlo, y así evitar que

animales y personas tengan libre acceso a las lagunas. Las Figuras 3, 4 y 5 presentan el Sistema de Lagunas de Estabilización construido en Caño Seco, municipio Alberto Adriani del Estado Mérida.

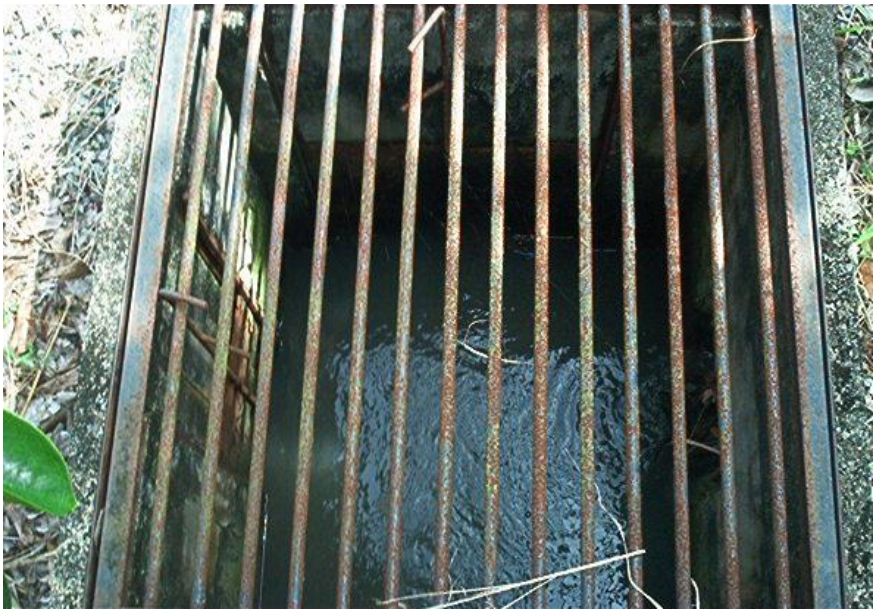


Figura 3. Tanquilla de entrada. Sistema de Lagunas de Caño Seco, Municipio Alberto Adriani, Zona Panamericana del Estado Mérida.



Figura 4. Primera Laguna Facultativa, vista aguas arriba. Sistema de Lagunas de Caño Seco, Municipio Alberto Adriani, Zona Panamericana del Estado Mérida.



Figura 5. Segunda Laguna Facultativa, vista aguas abajo. Se observa la caseta de cloración para desinfección. Sistema de Lagunas de Caño Seco, Municipio Alberto Adriani, Zona Panamericana del Estado Mérida.

Las Figuras 6, 7 y 8 presentan el Sistema de Lagunas de Caño Amarillo, Municipio Alberto Adriani, Zona Panamericana del Estado Mérida.



Figura 6. Tanquilla de entrada. Sistema de Lagunas de Caño Amarillo, Municipio Alberto Adriani, Zona Panamericana del Estado Mérida.



Figura 7. Laguna Facultativa (única), vista aguas abajo. Sistema de Lagunas de Caño Amarillo, Municipio Alberto Adriani, Zona Panamericana del Estado Mérida.



Figura 8. Laguna Facultativa (única), vista aguas arriba. Sistema de Lagunas de Caño Amarillo, Municipio Alberto Adriani, Zona Panamericana del Estado Mérida.

Las Figuras 9, 10 y 11 muestran el Sistema de Lagunas de Guayabones, municipio Obispo Ramos de Lora, Zona Panamericana, Mérida. Es importante destacar que este Sistema con frecuencia desborda por incorporación de aguas pluviales al sistema de cloacas sanitarias.



Figura 9. Tanquilla de entrada. Sistema de Lagunas de Guayabones, Municipio Obispo Ramos de Lora, Zona Panamericana del Estado Mérida. Se puede observar dentro de la tanquilla material de grava que ingresa al alcantarillado por incorporación de aguas pluviales.



Figura 10. Laguna Facultativa Primaria, vista aguas arriba. Sistema de Lagunas de Guayabones, Municipio Obispo Ramos de Lora, Zona Panamericana del Estado Mérida. Se observan los efectos de un desbordamiento reciente por incorporación de aguas de lluvia al sistema**.**



Figura 11. Laguna Facultativa Secundaria, vista aguas abajo. Sistema de Lagunas de Guayabones, Municipio Obispo Ramos de Lora, Zona Panamericana del Estado Mérida. Se observa la caseta de cloración para desinfección del efluente.

Las Figuras 12 y 13 presentan el Sistema Lagunar de El Pinar, municipio Caracciolo Parra de la Zona Panamericana del Estado Mérida.



Figura 12. Laguna Primaria de la población de El Pinar, Municipio Caracciolo Parra, Zona Panamericana, Mérida. Se aprecia una laguna sobrecargada.

Fuente: Tomada de Mejías (2008).



Figura 13. Laguna Secundaria de la población de El Pinar, Municipio Caracciolo Parra, Zona Panamericana, Mérida. Se puede observar la presencia de Lemnas (macrofita flotante) en todo el espejo de agua.

Fuente: Tomada de Mejías (2008).

Si bien se observa cierta sistematización en la topología de las lagunas de estabilización implementadas, el Autor no ha encontrado evidencia de la existencia de alguna publicación oficial del entonces Ministerio de Sanidad y Asistencia Social (MSAS) o de alguna de sus Direcciones incumbentes en el tema, que apunte a la estandarización de estos sistemas en un "Manual" o una "Guía Metodológica". Vale la pena recordar la existencia del "Manual de Acueductos Rurales" del MSAS.

Mejías (2008), mediante muestreo compuesto integrado reporta para el Sistema de Lagunas de Guayabones remociones para DBO de 40,5% en la primera laguna y 9% en la segunda, para una remoción total de 46%. Para el Sistema de El Pinar 23% en la laguna primaria y 35% en la segunda laguna, para una remoción global de 50%. Estas remociones se consideran por debajo de lo esperado.

4.2. Reflexiones sobre el comportamiento hidrodinámico de los prototipos implementados.

Llama la atención en la configuración de las lagunas de estabilización, la muy peculiar manera de ingreso y salida del agua en las mismas. El ingreso se realiza mediante dos tuberías que salen de

la tanquilla aguas arriba, en esviaje y se extienden sobre la superficie de las lagunas hasta descargar a un tercio de su longitud. La Figura 14 ilustra la situación descrita.



Figura 14. Tuberías de entrada a las lagunas. Sistema de Lagunas de Estabilización de Caño Seco, Municipio Alberto Adriani, Zona Panamericana del Estado Mérida.

La salida se hace mediante una tubería colocada a nivel superficial, con una "T" abierta puesta verticalmente, por todo el eje central desde el último tercio de la laguna hasta la tanquilla aguas abajo. La Figura 15 presenta la condición de salida descrita. Unas condiciones tales de entrada y salida pueden implicar que el primer y tercer tercio de la laguna tienda a un comportamiento hidráulico deficiente con velocidades bajas o nulas que favorecen la formación de zonas muertas de deposición de materia particulada. Lo anterior, con base en la teoría de reactores, puede implicar que el volumen útil de la laguna se reduce al tercio medio de la misma, disminuyendo considerablemente el tiempo medio de residencia y por lo tanto el desempeño del sistema. Las Figuras 4 y 5 ilustran esta condición.

Investigaciones realizadas por Espinosa y colaboradores (2021) y Ramírez y colaboradores (2021) para estudiar el comportamiento hidrodinámico de los prototipos implementados consideran las peculiares condiciones descritas de entrada y salida de estos sistemas. Estas investigaciones permitieron estudiar el desempeño de otras condiciones propuestas de entrada y salida, a fin de mejorar el desempeño hidrodinámico de las lagunas. Para tal fin, se implementó el Modelo MIKE21 (basado en Dinámica de Fluidos Computacional), desarrollado por el Instituto

Danés de Hidráulica (DHI), mediante una licencia de "Investigación Doctoral" (PhD Thesis) gestionada ante el DHI.



Figura 15. Tubería de salida a las lagunas. Sistema de Lagunas de Estabilización de Caño Seco, Municipio Alberto Adriani, Zona Panamericana del Estado Mérida.

4.3. Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en los prototipos implementados

Hernández-Paniagua *et al.* (2014) citado por Butler *et al.* (2017) sostienen que una laguna de estabilización en condiciones de clima tropical emite unos 85 g CO_2/m^2dia y 86 g CH_4/m^2dia. Para un Sistema Típico de dos (2) Lagunas en serie como los de Caño Seco y Guayabones, con lagunas de 15m x 25m cada una, se predicen emisiones de GEI por 682,46 t CO_2-eq/año.

4.4 Criterios de Dimensionamiento de los Prototipos de Lagunas de Estabilización Implementados.

Las Lagunas de Estabilización pueden ser dimensionadas mediante diferentes Modelos y Concepciones, a saber:

- Modelos cinéticos de primer orden, bajo la concepción de "Mezcla y Flujo" y "Flujo de Pistón", como los de Marais, Mara y otros autores.

- Modelos de Carga Orgánica Superficial, como los de MacGarry y Pescod, Mara, Yánez, Cubillos y otros.
- Modelos Empíricos, como los de Hermann y Gloyna, entre otros.

Es muy importante hacer compatible el Modelo y la Concepción del dimensionamiento con la geometría del sistema lagunar. Si esto no se logra, las predicciones estarán muy lejos del desempeño del sistema, una vez construido y puesto en marcha.

La revisión de algunos documentos contentivos de Memorias Descriptivas de Sistemas Lagunares de la Zona Panamericana de los Estados Mérida y Trujillo, y autores como Rengel (1977) que han tratado el tema, fue la base para la elaboración de la Tabla 8, en la cual se presentan resumidos criterios de dimensionamiento.

En la Tabla 8 se puede observar que para los Sistemas Lagunares localizados en la Zona Panamericana de los Estados Mérida y Trujillo hay similitud en los criterios de diseño en cuanto al dimensionamiento mediante modelos de carga y a las Cargas Orgánicas Aplicadas (COA) entre 425 y 500 kg DBO/ha.d, las profundidades entre 1,35 m y 1,50 m, el número de lagunas, las dotaciones de agua potable (asumidos como consumos de agua por persona) y la desinfección se garantiza mediante cloración o a través de cinética de remoción de primer orden de coliformes como indicador de patógenos en las lagunas. La información aportada por Rengel (1977) se corresponde con sistemas lagunares a nivel nacional, analizados por el Profesor Manuel Rengel Avilés del Departamento de Ingeniería Hidráulica y Sanitaria de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Los Andes.

Tabla 8. Criterios de dimensionamiento de lagunas de estabilización implementadas en el medio rural no disperso venezolano.

Centro Poblado y Documento Fuente	Población (Hab)	Número de Lagunas	Criterios de Dimensio-namiento	Dotación Agua Potable (l/hab.d)	Temperatura (°C)	Profundidad de la Laguna (m)	Desin-fección
Guachi-capazón Obispo Ramos de Lora, Mérida. MSAS (1)	500	Dos (2)	Modelo de Carga Superficial. COA 500 kgDBO/ha.d. Predice mediante un Modelo Cinético de primer orden de Mezcla y Flujo.	200	27,2	1,50	Cinética de remoción en las lagunas
San Rafael de Alcázar. Obispo Ramos de Lora, Mérida. MSAS (2)	3 600	Dos (2)	Modelo de Carga Superficial. COA 450 kgDBO/ha.d.	200	24	1,50	Sistema de Cloración
El Gallo. La Esperanza, Andrés Bello, Trujillo MSAS (3)	954	Una (1)	Modelo de Carga Superficial. COA 425 kgDBO/ha.d	200	32	1,35	Cinética de remoción en las lagunas
Rengel (1977)	Entre 864 y 8 640	Una (1) o dos (2)	Modelos de Carga Superficial. COA entre 387 y 556 kgDBO/ha.d.	200	S/I	0,90 a 2,10	Cinética de remoción en las lagunas

Fuente: Elaboración propia a partir del análisis de los documentos señalados.
COA: Carga Orgánica Aplicada.

Blanco *et al.* (2015) presenta información producida en la Planta Experimental de Tratamiento de Aguas de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Central de Venezuela (PETA-FI-UCV), generada en experiencias entre 1974 y 2004. Para Lagunas Facultativas, reporta Cargas Orgánicas Aplicadas (COA) entre 200 y 1 600 kg DBO/ha.d, tiempos de retención entre 14 y 2,5

días, y remociones de DBO total entre 52% y 88% y de DBO soluble entre 68% y 93%. Para Lagunas Aerobias reporta COA entre 200 y 500 kg DBO/ha.d, tiempos de retención entre 8 y 1,6 días, y remociones de DBO total entre 52% y 78% y de DBO soluble entre 68% y 83%.

CAPITULO V. Una Propuesta Organizacional para la Gestión de los Sistemas Lagunares.

5.1. Antecedentes

Como fue descrito y explicado en el desarrollo del Título Segundo de este Trabajo "La Salud Pública y el Saneamiento en Venezuela", desde el período 1946-1959 se puso en evidencia los poco exitosos Modelos de Organizacionales implementados en la gestión de los sistemas de saneamiento en el medio rural, a fin de garantizar su sostenibilidad. Concretamente, vale la pena mencionar las Juntas Administradoras Autónomas (JAA) que gestionaron los sistemas entre 1961 y 1974 con precarios resultados. Posteriormente, en 1991 se establecen las Juntas Administradoras Municipales mediante ordenanza del Servicio Autónomo Programa Nacional de Vivienda Rural, con similares resultados. Entre el 2001 y 2005, un grupo de docentes e investigadores del CIDIAT-ULA visitó la Zona Panamericana del Estado Mérida para observar la situación precaria de los Sistemas Lagunares construidos y en funcionamiento en ese estratégico e importante sector geográfico del Estado. En esas Giras Técnicas participaron los Profesores Armando Cubillos Zárate, Pedro Misle Benítez (Qepd), José Pérez Roas y Carlos Espinosa Jiménez y el Ingeniero Jorge Rodríguez Ayala, en compañía del Ingeniero Egar de Jesús Pérez del Programa de Cloacas Rurales del MSAS Región Mérida recién adscrito a SAVIR-MINFRA. Estas Giras generaron en los participantes toma de conciencia del problema que observaron. Posteriormente, en 2006 se propuso la Tesis de Maestría en Gestión de Recursos Naturales Renovables, de la Ingeniero Químico Mabel Mejías Monsalve. En esa Tesis de Maestría titulada "Propuesta de un Modelo de Gestión para Lagunas de Estabilización. Caso: Zona Panamericana del Estado Mérida**",** participaron Carlos Espinosa Jiménez como TUTOR y José Pérez Roas y Pedro Misle Benítez (Qepd) como ASESORES. Este trabajo de investigación referenciado bibliográficamente como Mejías (2008), es la fuente primaria de la Propuesta Organizacional que a continuación se expondrá.

5.2. Metodología

La Figura 16 presenta la metodología general establecida para formular el Modelo de Gestión propuesto por Mejías (2008).

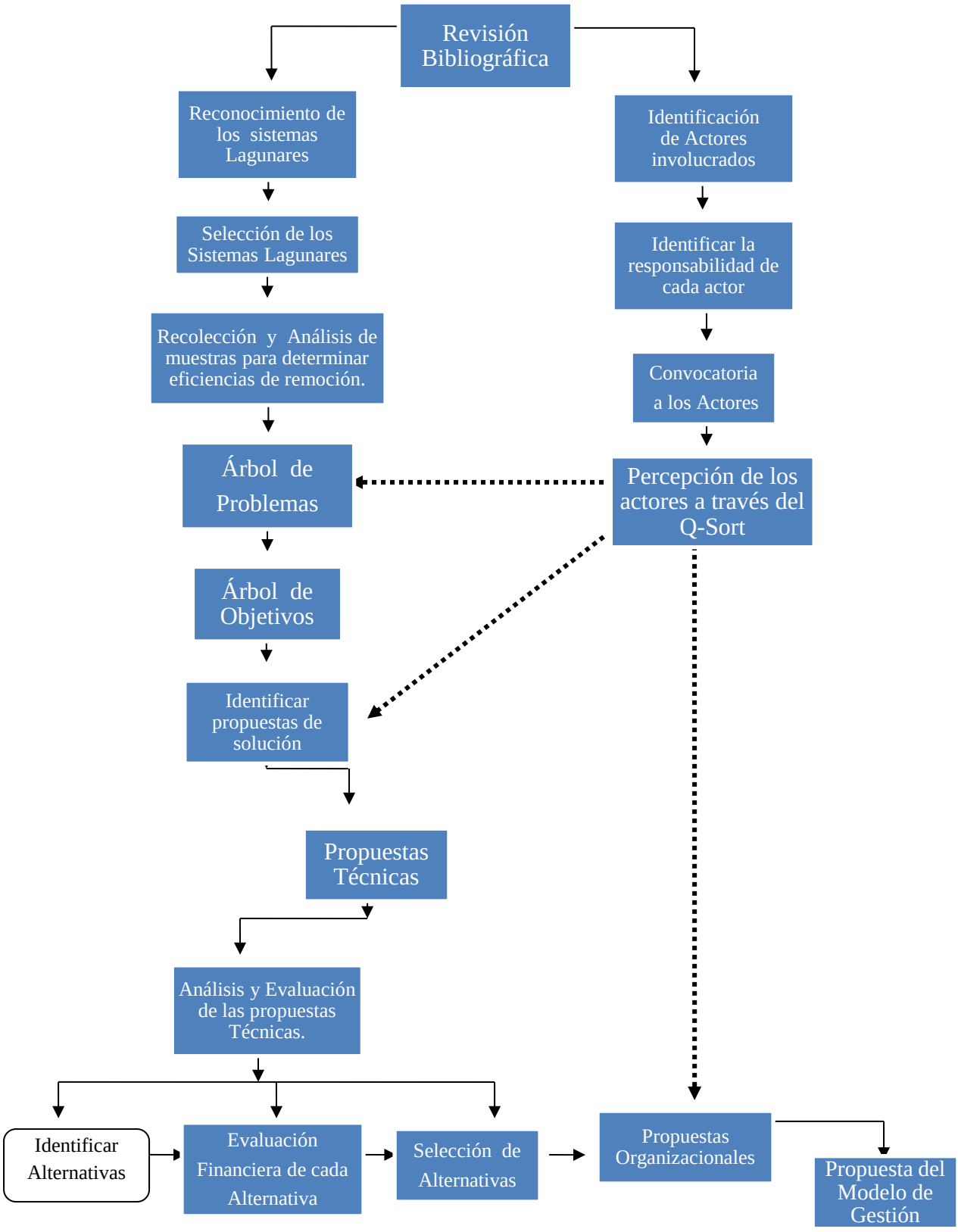


Figura 16 Esquema Metodológico propuesto por Mejías (2008) para definir el Modelo de Gestión.

Se realizó un análisis causa-efecto a los principales problemas presentes en los Sistemas Lagunares, con base en el Marco Lógico, en donde se esquematizaron las causas y efectos de los problemas. Con el árbol de problemas ya esquematizado, se definió el árbol de objetivos, en donde las causas pasan a ser medios y los efectos se convierten en fines, los cuales se presentan en las Figuras 17 y 18 respectivamente.

Luego de tener definidos los problemas, se procedió a identificar a diferentes actores para determinar su percepción en los problemas existentes en los Sistemas Lagunares, las posibles soluciones que ellos consideran y la responsabilidad que pudiera tener cada uno de ellos en la Gestión del sistema. Los actores identificados fueron clasificados en estadales y municipales, y se presentan en la Tabla 9.

Tabla 9. Actores identificados.

Actores Municipales	Actores Estadales
- Alcaldías de los Municipios - Consejos Comunales - Mesas Técnicas de Agua Municipales - Cámara Municipal - Juntas Parroquiales - Comités de Salud - Ministerio de Educación - Fundos Zamoranos - Cooperativas de Mataderos	- Aguas de Mérida. - Ministerio para el Poder Popular del Ambiente - Servicio Autónomo de Vivienda Rural (SAVIR) - Instituto para la Conservación del Lago de Maracaibo (ICLAM) - Gobernación del Estado - Consejos Locales de Planificación - Universidad de Los Andes

Fuente: Mejías (2008).

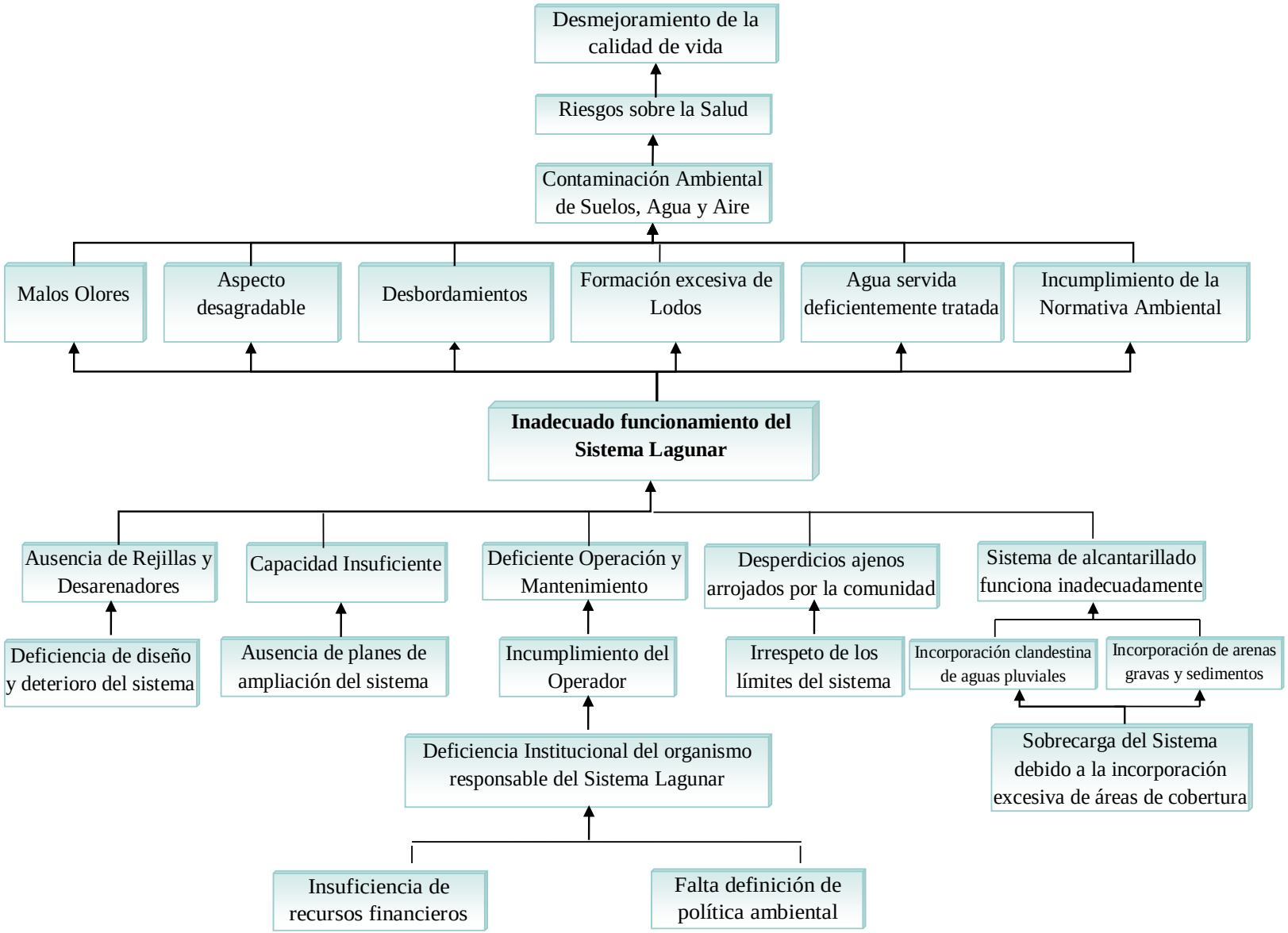


Figura 17. Árbol de Problemas (Causa- Efecto).

Fuente: Tomado de Mejías (2008).

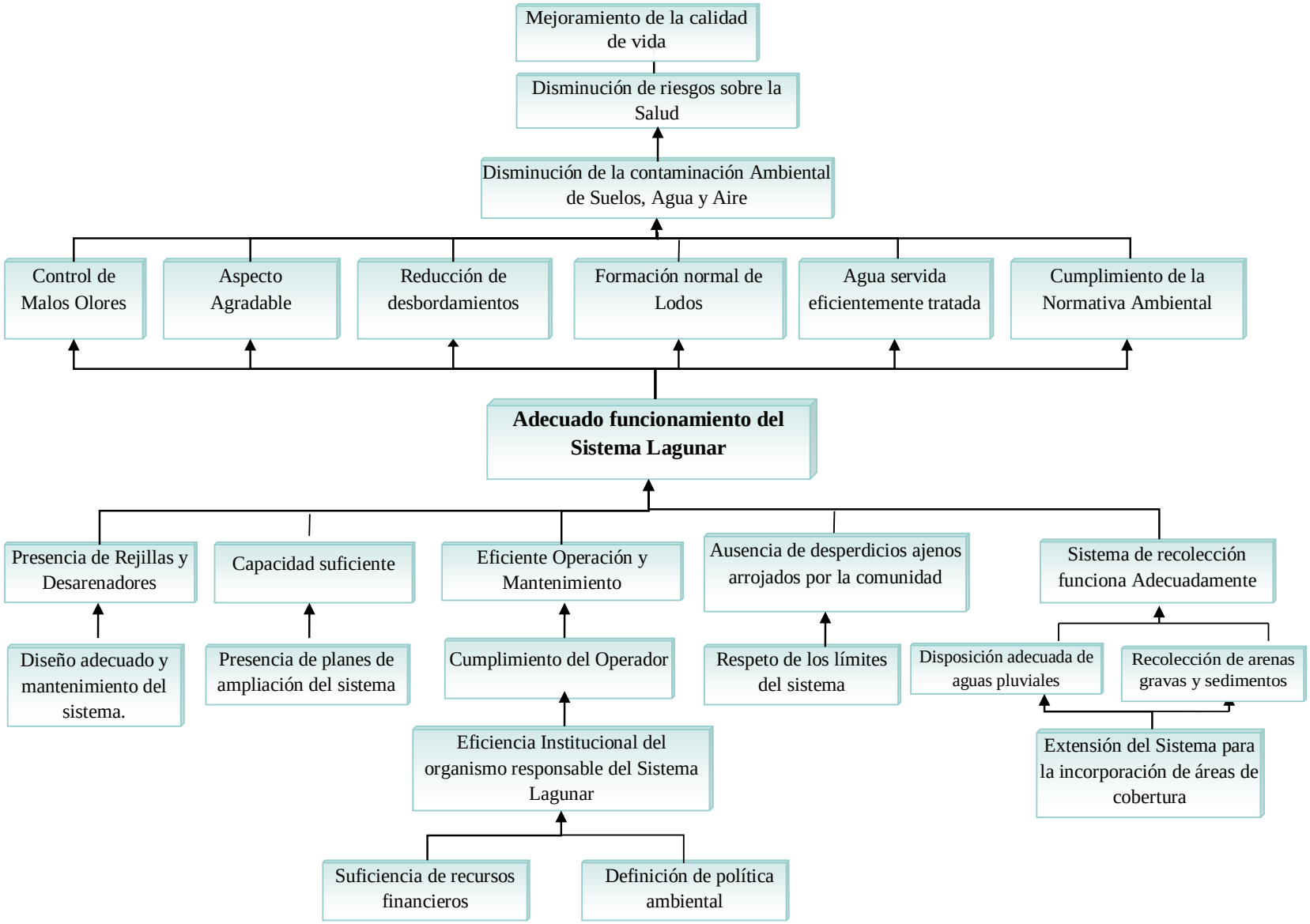


Figura 18. Árbol de Objetivos (Medios - Fines).

Fuente: Tomado de Mejías (2008)

Se convocó a los actores identificados y se les realizó una encuesta. Se tomó como herramienta una metodología que cuenta con un programa estadístico llamado “Quantitative Sorting” (Q-SORT), ambos instrumentos de dominio público. La herramienta consiste en la elaboración de preguntas sencillas y concretas en donde los participantes no dan una respuesta específica sino le dan un orden de prioridad a las posibles respuestas, que se deben analizar desde el punto de vista del entrevistado.

William Stephenson, estadístico norteamericano, propuso la denominación de Q-Técnica o Q. Método para designar una técnica de investigación de la personalidad (donde la letra Q representa qualities). Es una técnica que propone un método estadístico para analizar la distribución y la interrelación de actitudes individuales dentro de la evaluación de una situación dada por parte de un grupo de personas. Esta técnica usa un instrumento: el llamado Q-Sort. La palabra SORT en su nombre, informa que se trata de una elección de enunciados cualitativos (Stephenson, 1953).

La encuesta contaba con tres preguntas paraguas, a cada una de ellas les correspondía veintitrés oraciones. Estas preguntas fueron elaboradas tomando en cuenta el diagnóstico técnico, el árbol de problemas y el árbol de objetivos. La primera pregunta realizada tenía que ver con los problemas existentes en los sistemas, la segunda con las soluciones propuestas por los participantes en la encuesta y en la tercera con la organización que debía de encargarse del Sistema Lagunar. (Mejías, 2008).

Las preguntas paraguas con sus respectivas oraciones se muestran a continuación.

¿Qué problemas a su juicio presenta el Sistema Lagunar?

1. Malos olores
2. Infiltración.
3. Desbordamientos.
4. Aspecto desagradable a la vista.
5. No se respetan los límites de la Laguna, construyendo viviendas en los alrededores.
6. Plagas y mosquitos.
7. Enfermedades como diarrea.
8. Pérdida de valor de las viviendas cercanas.
9. Contaminación del río donde cae el agua residual.
10. Rechazo de la comunidad al sistema lagunar.
11. Falta de información a la población.
12. Riesgo de accidentes que se pueden presentar con personas y animales.

13. Ocupa grandes espacios.
14. Ausencia de un operador.
15. Falta de capacitación del operador.
16. Incumplimiento del pago del operador.
17. Insuficiencia de recursos para la Operación y Mantenimiento.
18. El sistema de alcantarillado no funciona adecuadamente.
19. Carencia del organismo encargado en la Operación y Mantenimiento.
20. Desperdicios ajenos a las Aguas residuales arrojados por la comunidad.
21. Defectos en la construcción de la Laguna
22. Crecimiento excesivo de malezas dentro del área de la laguna.
23. Falta de Rejillas y desarenadores.

¿Qué soluciones propone usted a los problemas presentes en el Sistema Lagunar?

1. Contratación de operador para operación y mantenimiento.
2. Utilizar o construir otro sistema de tratamiento que no sean lagunas.
3. Mudar el sistema lagunar a otro lugar.
4. Contratación de un grupo multidisciplinario (ingenieros, técnicos, analistas de laboratorio) que se encarguen de la O&M del sistema lagunar.
5. Que se encargue la población de la O&M.
6. Planificación para el manejo y disposición de subproductos. (Lodos, residuos sólidos, natas).
7. Obtener colaboración de los usuarios del sistema.
8. Despertar interés en futuros beneficios sanitarios.
9. Participación de empresas privadas para la O&M.
10. Cursos de capacitación para los operadores del sistema.
11. Plan de manejo ambiental para prevenir, mitigar, corregir y compensar los impactos ambientales generados por las lagunas.
12. Cumplir la normativa establecida para las descargas a cuerpos de agua. (Decreto 883).
13. Identificar los recursos disponibles para proyectar acciones para el adecuado manejo de la laguna.
14. Introducir la reutilización de las aguas residuales.
15. Mejorar el sistema de alcantarillado de la población.
16. Implementar rejillas, desarenadores y trampas de grasa.
17. Reubicar las viviendas que se encuentran en los alrededores.
18. Garantizar los recursos para el pago del operador y de la O&M.
19. Campañas de información sobre la importancia que existe en el tratamiento y los beneficios que aporta a la población.
20. Elaborar un manual de O&M para que sirva de guía a las personas que laboren en el sistema.

21. Facilitarle al operador los implementos necesarios para la O&M.
22. Implementar un muestreo permanente en donde se midan parámetros que permita verificar el funcionamiento y la eficiencia de la laguna.
23. Implementar un modelo de gestión adecuado para el sistema de tratamiento.

¿Quién cree usted que se debe responsabilizar por la operación y mantenimiento del Sistema Lagunar?

1. MARNR. (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales Renovables).
2. Aguas de Mérida.
3. ICLAM (Instituto para la conservación del Lago de Maracaibo).
4. Alcaldía del Municipio.
5. INTI (Instituto Nacional de Tierras).
6. Consejos Comunales.
7. SAVIR (Servicio Autónomo de Vivienda Rural).
8. Malariología.
9. Ministerio de Educación.
10. Mesas Técnicas de Agua Municipales.
11. Gobernación del estado…Consejos locales de planificación.
12. CORPOANDES.
13. Cámara Municipal.
14. Juntas Parroquiales.
15. Comité de Salud.
16. Cooperativas de Mataderos, Aguas de Mérida y MARNR.
17. INMUVI. Instituto Municipal de Vivienda.
18. MAT (Ministerio de Agricultura y Tierras)
19. Aguas de Mérida y Alcaldía del Municipio.
20. MARN. (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales y Aguas de Mérida.
21. Malariología y Aguas de Mérida.
22. Mesas Técnicas de Agua Municipales y Aguas de Mérida.
23. Universidad, Aguas de Mérida y MARNR.

A cada una de estas preguntas le correspondía una Tabla con valores desde -3 hasta +3, con 23 cuadros vacíos, se les entregó a los entrevistados una hoja guía, 23 fichas con el número de las oraciones y el cuadro que tenían que llenar con los números de las oraciones. Cada participante en la encuesta le daba un orden a las oraciones y acomodaba sus fichas en el cuadro, dándole el valor por ellos escogido; teniendo en cuenta que el +3 era la oración más atractiva, – 3 la menos

atractiva y el cero (0) era la que se consideraba neutral. Este cuadro se puede apreciar en la Figura 19.

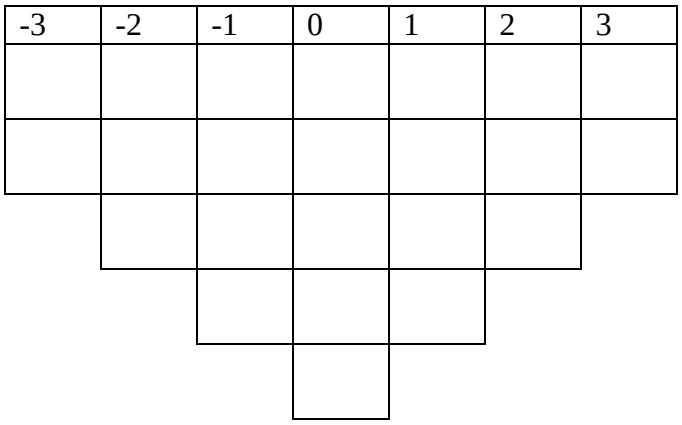


Figura 19. Tabla en donde se ordenan las fichas entregadas a los participantes.

Fuente: Tomado de Mejías (2008).

Luego, cada participante colocaba la ficha de acuerdo a su prioridad, al terminar recibían la ayuda de levantar cada ficha y colocar en el cuadro en blanco el número de la oración por ellos escogida. Esta hoja fue la necesaria para ejecutar el programa Q-Sort.

El programa se ejecutó y analizó cada pregunta de diferentes formas:

- Actores Municipales y Actores Estadales por separado.
- Unión de Actores Estadales con Actores de Municipales.
- Actores Municipales y Actores Estadales.

A los Actores Municipales se les invitó a través de las Alcaldías. Estas encuestas fueron realizadas en las Alcaldías de los Municipios Obispo Ramos de Lora y Caracciolo Parra y Olmedo en las Salas de Sesiones de las Cámaras Municipales. A los Actores Estadales se les impartió la encuesta en la sede de cada Organismo, ya que fue difícil organizar un taller conjunto, dado lo apartada y dispersa de la zona (Mejías, 2008).

Con la identificación de los problemas mediante el diagnóstico técnico, y tomando en cuenta el análisis de las preguntas suministradas en la encuesta impartida a los diferentes actores, se plantearon algunas propuestas de soluciones técnicas para la situación actual de los sistemas con el fin de mejorar la operatividad de los Sistemas Lagunares.

Considerando que los Sistemas Lagunares de las poblaciones de Guayabones y El Pinar tienen una capacidad insuficiente, para obtener una eficiencia mayor en éstos se estudiaron algunas alternativas de solución técnica. Estas eran:

1. Situación Actual con ampliación del Sistema, que consiste en: Inversión de Tratamiento Primario, ampliación al sistema de Lagunas y Operación y Mantenimiento para una población futura con proyección a 15 años.
2. Un Sistema Nuevo, que consta de Inversión en terreno, tratamiento primario, tratamiento secundario y tratamiento terciario como también costos de operación y mantenimiento para una población futura con vida útil de 15 años.

Se analizaron y evaluaron las alternativas de ampliación del sistema y del sistema nuevo; tomando en cuenta los costos de construcción y de operación y mantenimiento. Las condiciones comunes a las dos alternativas serían el periodo de proyección de 15 años y la operación y mantenimiento del sistema por este tiempo. A estas se les aplicó un instrumento de análisis matemático financiero que ayudara a tomar decisiones económicas, como lo es el Costo Anual Equivalente (CAE).

A cada alternativa se le aplicó el indicador [CAE/ Número de Habitantes]. El indicador fue aplicado para las dos poblaciones, Guayabones y El Pinar, en cada una de las alternativas. Seguidamente se pudo obtener la alternativa con mayor viabilidad financiera para las soluciones técnicas de este proyecto.

Para llevar a cabo la Propuesta Organizacional se comenzó por analizar los Actores Identificados anteriormente y precisar aquellos que tuvieran de una u otra forma capacidad en las etapas de un proyecto para diseñar, financiar, construir e inspeccionar y operar y mantener los sistemas lagunares de acuerdo con la alternativa seleccionada. Luego, a estos actores seleccionados se les aplicó una Matriz de Análisis de Involucrados para poder obtener los mandatos, recursos, intereses y problemas percibidos por los actores involucrados.

Se realizó un Análisis al Marco Legal, tomando en cuenta diferentes leyes vigentes en Venezuela como son: la Constitución de la República Bolivariana de Venezuela, la Ley de Aguas, la Ley Orgánica de Régimen Municipal, la Ley Orgánica para la Prestación de Servicios de Agua Potable y Saneamiento, la Ley Orgánica del Ambiente y la Ley de Consejos Comunales. El Análisis del Marco Legal se presenta en el Apéndice 2.

Con los actores seleccionados y el análisis de involucrados realizado a cada uno de ellos, se pudo proponer un grupo de Organizaciones responsables para llevar a cabo las diferentes etapas del proyecto y así poder implementar la alternativa seleccionada. Finalmente, con base en las propuestas de evaluación técnica y organizacional, analizando algunas alternativas de solución identificadas y la percepción de los Actores mediante la metodología Q-Sort, se desarrolló la Propuesta sostenible del Modelo de Gestión para las Lagunas de Estabilización.

5.3. Selección e Identificación de los Actores

Debido a la multiplicidad de Actores institucionales y no institucionales relacionados con los servicios de agua potable y saneamiento, se deben identificar aquellos que tengan capacidad y competencia para ejecutar las distintas fases de un proyecto, las cuales son:

- Diseñar.
- Financiar.
- Construir e Inspeccionar.
- Operar y Mantener.

Muchos de los Actores involucrados con la problemática del saneamiento en la zona rural ya han sido previamente identificados. De ellos es necesario seleccionar aquellos con las capacidades requeridas y que por ley tengan incumbencia en la problemática. Por esta razón es necesario realizar una identificación de actores y sus rasgos principales.

La identificación de actores llevó a seleccionar los siguientes:

Actores seleccionados:

- Alcaldía de los Municipios.
- Ministerio del Poder Popular para el Ambiente.
- Aguas de Mérida.
- Instituto para la Conservación del Lago de Maracaibo (ICLAM).
- Servicio Autónomo de Vivienda Rural (SAVIR).
- Consejos Comunales.
- Juntas Parroquiales.

A continuación, se muestra en la Tabla 10 los rasgos principales de estos actores.

Tabla 10. Rasgos principales de los actores identificados**.**

Actores[1]	Competencias y Recursos	Problemas Percibidos	Intereses
Alcaldía del Municipio	**Competencia:** - Incorporar la participación ciudadana en el proceso de definición y ejecución de la gestión pública. - Son de la competencia propia del Municipio las siguientes materias: - Acueductos, cloacas, drenajes y tratamiento de aguas residuales. - Protección del ambiente y cooperación con el saneamiento ambiental. **Recursos:** - Autonomía Municipal para definir una modalidad de gestión más adecuada. - Acceso a programas de financiamiento para la ejecución de obras requeridas en la infraestructura de saneamiento. - Recursos propios para la ejecución de obras requeridas en la infraestructura de saneamiento. - Recursos humanos para estructurar una nueva modalidad de gestión, capacitar su personal y realizar las correspondientes actividades de control y seguimiento.	1. Disminución de la calidad de vida de las personas. 2. Incapacidad presupuestaria para asumir los costos del servicio. 3. Falta de información sobre competencias del municipio.	1. Bienestar de la Población. 2. Lograr un nivel de gestión eficiente.
Ministerio para el Poder Popular del Ambiente	**Competencia:** - Servir como ente regulador de la Normativa Ambiental existente en el país con respecto a las aguas vertidas a los cuerpos de agua (Decreto 883). **Recursos:** - Leyes - Decretos - Personal capacitado para ejercer el control y fiscalización de las fuentes de contaminación de las aguas.	1. Incumplimiento de la Normativa Ambiental. 2. Disminución de la calidad de vida de las personas.	1. Cumplimiento de la Normativa Ambiental. 2. Bienestar de la población.
Aguas de Mérida	**Competencia:** - Garantizar de manera efectiva y oportuna, la administración de la prestación de los servicios públicos de agua potable, recolección, tratamiento y disposición de aguas servidas. **Recursos:** - Personal capacitado para el asesoramiento técnico. - Laboratorio de análisis de aguas para cumplir la normativa ambiental. - Recursos propios para la ejecución de obras de saneamiento.	1. Dificultad para asumir los costos del servicio de saneamiento. 2. Incremento de quejas de la comunidad.	1. Saneamiento de las principales cuencas del Estado Mérida. 2. Bienestar de la Población.

[1] En el Apéndice 2 se describen las funciones de cada uno de los actores, así como sus competencias de acuerdo al Marco Legal vigente en Venezuela.

Tabla 10. Rasgos principales de los actores identificados (continuación).

Actores[1]	Competencias y Recursos	Problemas Percibidos	Intereses
SAVIR	**Competencia:** - Ejecutar las políticas de vivienda y dotación de servicios de agua y disposición de aguas servidas en el medio rural. **Recursos:** - Personal capacitado para la construcción de obras de disposición de aguas servidas	1. Evitar que futuras viviendas se incorporen al sistema de tratamiento de aguas servidas y no a uno nuevo.	1. Mejorar la calidad de vida de las personas de las zonas rurales. 2. Evitar la morbilidad y mortalidad de la población rural.
ICLAM	**Competencia:** - Asesorar la toma de decisiones técnicas. Brindar apoyo de expertos. - Evaluar en forma integral los daños que se ocasionen al ambiente, a los fines de formular políticas, programas y normas de uso. **Recursos:** - Personal Capacitado para asesoramiento técnico	1. No poder controlar la contaminación de los ríos tributarios a la cuenca del Lago de Maracaibo.	1. Controlar y evaluar en forma integral los daños que se ocasionen al ambiente
Consejos Comunales: Mesas Técnicas de Agua	**Competencia:** - Conocer la gestión de los servicios, opinar sobre las propuestas de inversión ante las autoridades nacionales, estatales y municipales, así como en la evaluación y supervisión de obras destinadas a la prestación de los servicios de agua potable y de saneamiento de dicha comunidad. **Recursos:** - Manejo de recursos financieros otorgados por el estado. - Sirve de enlace entre el estado y la comunidad.	1. Enfermedades Hídricas. 2. Malos Olores. 3. Contaminación de las Aguas. 4. Quejas de la población.	1. Mejorar la calidad de vida. 2. Promover la participación de la comunidad en las necesidades que los aquejan.
Juntas Parroquiales	**Competencia:** - Promover la participación ciudadana en los asuntos comunitarios. - Tienen el deber de comunicarle al Alcalde y al Concejo Municipal, las aspiraciones de los vecinos en torno a la prioridad, urgencia, ejecución, reforma o mejora de las obras y servicios locales. **Recursos:** - Recursos humanos para realizar actividades de control y seguimiento de los servicios públicos.	1. Incremento de las quejas de la población. 2. Falta de operadores en los sistemas de tratamiento.	1. Responder a las necesidades de las comunidades. 2. Disminuir las quejas de la población.

Fuente Mejías (2008).

5.4. Análisis de posibles Responsables

De la Tabla 10, se puede agrupar a los actores en función de las actividades requeridas para desarrollar las etapas del proyecto de la alternativa seleccionada.

Para diseñar el Proyecto, los actores considerados serian:

- Servicio Autónomo de Vivienda Rural (SAVIR).
- Las Mesas Técnicas de Agua.

El Servicio Autónomo de Vivienda Rural (SAVIR) como ente adscrito al Ministerio de Infraestructura, es el encargado del diseño, construcción e inspección de obras requeridas para la disposición de aguas residuales en las zonas rurales del país y al mismo tiempo cuenta con recursos financieros aportados por el Estado para la ejecución de las obras.

Las Mesas Técnicas de Agua son Comités de Trabajo que se conforman en los Consejos Comunales. Son los encargados de presentar proyectos para resolver los problemas de la comunidad en materia de servicios de agua potable y saneamiento, pudiendo aportar ideas y criterios para que el diseño más adecuado a las características de la Zona.

Para obtener los fondos para su financiamiento, se consideraron:

- Alcaldía del Municipio.
- Servicio Autónomo de Vivienda Rural (SAVIR).
- Las Mesas Técnicas de Agua

Con frecuencia el financiamiento de la construcción, de las mejoras y ampliaciones de sistemas las ejecutan de forma coordinada las Alcaldías de los Municipios con los otros organismos mencionados. La Alcaldía del Municipio, cuenta con financiamiento para obras tanto de programas estadales y nacionales como de recursos propios. El servicio Autónomo de Vivienda Rural (SAVIR) como ente adscrito al Ministerio de Infraestructura, cuenta con recursos financieros aportados por el Estado Venezolano para la ejecución de las obras y los Consejos Comunales cuentan con transferencias de recursos financieros provenientes de la República, de los estados, de los municipios, los que provengan de lo dispuesto en la Ley de Creación del Fondo Intergubernamental para la Descentralización (FIDES), los que provengan de la

administración de los servicios públicos transferidos por el Estado, los generados por actividad propia o por donaciones.

Usualmente, el financiamiento de la construcción, de las mejoras y ampliaciones de sistemas las ejecutan de forma coordinada las Alcaldías de los Municipios con otros Organismos

Para Construir e Inspeccionar los Sistemas Lagunares los actores idóneos serían:

- Alcaldía del Municipio.
- Servicio Autónomo de Vivienda Rural (SAVIR).
- Consejos Comunales.

Estos tres Organismos pueden delegar o contratar a terceros la construcción e inspección de las obras requeridas. También los Consejos Comunales a través de la Unidad de Contraloría Social puede contribuir a fiscalizar, controlar y supervisar el manejo de los recursos asignados y apoyar en esta fase del proyecto.

Para Operar y Mantener los Sistemas Lagunares se consideraron los siguientes organismos:

- Alcaldía de los Municipios o Empresas o personas delegadas por este.
- Aguas de Mérida.
- Ministerio del Poder Popular para el Ambiente.
- Instituto para la Conservación del Lago de Maracaibo (ICLAM).
- Consejos Comunales.

La Alcaldía del Municipio puede asumir directamente las labores de Operar y Mantener, o bien transferir, mediante contrato o convenio, la competencia del manejo de sus acueductos, cloacas y sistemas de tratamiento a empresas públicas o privadas siempre y cuando lo apruebe el Consejo Municipal en plenaria. De ser este el caso la empresa más idónea para ello sería Aguas de Mérida.

Al Ministerio del Poder Popular para el Ambiente como ente Rector le corresponde velar por el control del recurso hídrico a nivel de fuentes y descargas y es el encargado de dictar las normas relativas a la calidad de efluentes líquidos y vigilar por su cumplimiento.

Cuando las Alcaldías Municipales de la Zona asumen directamente el Servicio, pueden firmar Convenios de Asistencia Técnica con Aguas de Mérida y el Instituto para la Conservación del Lago de Maracaibo (ICLAM).

5.5. Percepción en cuanto a los Responsables

Para proponer el actor o actores a encargarse de la Operación y Mantenimiento, se tomó en cuenta la percepción de los actores involucrados; por lo tanto a ellos se les suministro la encuesta basada en la metodología Quantitative Sorting (Q-Sort) realizándo la siguiente pregunta: ¿Quién se debe responsabilizar por la Operación y Mantenimiento del Sistema Lagunar**?** Los resultados obtenidos se encuentran en la Tabla 11.

Tabla 11. Oraciones en Consenso y Oraciones en las que se diferencian los grupos de las poblaciones de Tucaní, Santa Elena de Arenales y Mérida para la pregunta: ¿Quién se debe responsabilizar por la Operación y Mantenimiento del Sistema Lagunar?

Actores	Oraciones en consenso	Oraciones en que se diferencian los grupos
Municipio Caracciolo Parra y Olmedo. Población: Tucaní	- Mesas Técnicas de Agua. - Ministerio de Ambiente y Aguas de Mérida. - Aguas de Mérida y Alcaldía del Municipio. - SAVIR.	- Alcaldía del Municipio. - Consejos Comunales. - Aguas de Mérida. - Mesas Técnicas de Agua y Aguas de Mérida.
Municipio Obispo Ramos de Lora. Población: Santa Elena de Arenales (Caño Zancudo)	- Malariología y Aguas de Mérida. - Consejo Comunal. - Comité de Salud - INMUVI	- Aguas de Mérida. - Aguas de Mérida y Alcaldía del Municipio. - Alcaldía del Municipio - MARN
Estado Mérida	- Alcaldía del Municipio. - MARN y Aguas de Mérida - Aguas de Mérida - INTI.	- Aguas de Mérida y Alcaldía del Municipio. - Mesas Técnicas de Agua y Aguas de Mérida. - MARN - Consejos Comunales.

La población de Tucaní en los dos grupos en que se dividió, llegan a un consenso de que el organismo que se debe de encargar de la Operación y el Mantenimiento del Sistema son las Mesas Técnicas de Agua, le sigue, una unión del MARN y Aguas de Mérida y Aguas de Mérida con la Alcaldía del Municipio. También opinan que un organismo que no debería de estar encargado de la Operación y el Mantenimiento es SAVIR.

Por otro lado, los grupos opinan en forma diferente respecto a los siguientes Organismos: Alcaldía del Municipio, Consejos Comunales, Aguas de Mérida y la unión de dos organismos como lo son Mesas Técnicas de Agua y Aguas de Mérida. Los grupos le asignan valores diferentes a la misma oración, positivo y negativo, por lo tanto se dice que los grupos se distinguen con relación a estos organismos.

En la población de Santa Elena de Arenales, los grupos estuvieron de acuerdo en sólo dos de los Organismos propuestos en la encuesta, la unión de Malariología y Aguas de Mérida y los Consejos Comunales, asignándole el valor positivo los dos grupos, y coinciden en que no debería de responsabilizarse por el sistema el Comité de Salud e INMUVI. Se diferencian los dos grupos, dándoles puntuaciones diferentes a los siguientes organismos: Aguas de Mérida, la unión de Aguas de Mérida y Alcaldía del Municipio, Alcaldía del Municipio y el MARN.

Mientras que, para la población de Mérida, los grupos llegan a un acuerdo en que la Alcaldía del Municipio es la que debería de responsabilizarse de la operación y mantenimiento de los Sistemas Lagunares, le siguen en el siguiente orden de prioridad la unión del MARN y Aguas de Mérida, y la empresa Hidrológica Aguas de Mérida. Están en común acuerdo en que el INTI no debe de encargarse de los Sistemas Lagunares. Se diferencian en las uniones Agua de Mérida-Alcaldía del Municipio y Mesas Técnicas de Agua-Aguas de Mérida.

Como en los casos anteriores al aplicar el Q-Sort se debe analizar las uniones de los municipios con los estados. A continuación, se detalla en la Tabla 12 los resultados obtenidos.

Tabla 12. Oraciones en Consenso y Oraciones en las que se diferencian los grupos en la unión de los municipios y estado para la pregunta: ¿Quién se debe responsabilizar por la Operación y Mantenimiento del Sistema Lagunar?

Actores	Oraciones en consenso	Oraciones en que se diferencian los grupos
Unión: Municipio Caracciolo Parra y Olmedo y Estado Mérida. Poblaciones: Tucaní y Mérida	- Alcaldía del Municipio. - MARN. - Mesas Técnicas de Agua. - INMUVI.	- Aguas de Mérida. - Aguas de Mérida y Alcaldía del Municipio. - Malariología y Aguas de Mérida. - MARN y Aguas de Mérida.
Municipios: Obispo Ramos de Lora y Estado Mérida. Poblaciones: Santa Elena de Arenales y Mérida.	- Mesas Técnicas de Agua y Aguas de Mérida. - Malariología y Aguas de Mérida. - MARN y Aguas de Mérida. - Comité de Salud.	- Aguas de Mérida y Alcaldía del Municipio. - Alcaldía del Municipio. - Aguas de Mérida. - MARN.
Municipios: Obispo Ramos de Lora, Caracciolo Parra y Olmedo. Estado: Mérida. Poblaciones: Santa Elena de Arenales, Tucaní y Mérida	- Mesas Técnicas de Agua y Aguas de Mérida. - Malariología y Aguas de Mérida. - MARN y Aguas de Mérida. - Comité de Salud.	- Alcaldía del Municipio. - Aguas de Mérida y Alcaldía del Municipio. - Cámara Municipal. - Juntas Parroquiales.

La unión Tucaní-Mérida opina que el organismo que debe de responsabilizarse por la O&M de los sistemas debería ser un organismo que trabaje de forma individual, como lo son, la Alcaldía del Municipio, el MARN y las Mesas Técnicas de Agua; también opinan que no debería de responsabilizarse el Instituto Municipal de Vivienda (INMUVI).

Por otro lado, los grupos formados por Santa Elena de Arenales-Mérida y Santa Elena de Arenales-Tucaní-Mérida se van más hacia las uniones de dos organismos para que se encarguen de la O&M de los sistemas como lo son las Mesas Técnicas de Agua-Aguas de Mérida,

Malariología-Aguas de Mérida y MARN-Aguas de Mérida y están de acuerdo en que el organismo que no debe de estar encargado es el Comité de Salud.

El grupo de Tucaní-Mérida se diferencia en la opción de Aguas de Mérida como Organismo que se encargue de los Sistemas Lagunares, así como también en la unión de Aguas de Mérida-Alcaldía del Municipio.

Mientras, el grupo de Santa Elena de Arenales-Mérida y Tucaní-Santa Elena de Arenales-Mérida se diferencian en la opción Aguas de Mérida-Alcaldía del Municipio y Alcaldía del Municipio, entre otras.

5.6. Propuesta Organizacional

Con fundamento en toda la discusión y análisis anteriores, se formula la siguiente propuesta:

Para el diseño del proyecto se propone al Servicio Autónomo de Vivienda Rural (SAVIR), como ente adscrito al Ministerio de Infraestructura, quien es el ente encargado de ejecutar los diseños de las obras requeridas para la disposición de aguas residuales en las zonas rurales del país, funciones heredadas de la Dirección de Malariología del MSAS.

Para el financiamiento del proyecto se propone a la Alcaldía del Municipio, ya que este cuenta con recursos propios, así como recursos asignados a obras tanto de programas estadales y nacionales. Para construir e inspeccionar el proyecto se propone al Servicio Autónomo de Vivienda Rural (SAVIR), quienes podrían apoyarse en las Alcaldías y en las Mesas Técnicas de Agua. Para Operar y Mantener los Sistemas Lagunares, se propone a la Alcaldía del Municipio, o bien al organismo que este decida ceder o transferir, el cual puede ser la Empresa de Aguas Regional, o bien a los Consejos Comunales a través de las Mesas Técnicas de Agua; en este caso bajo la supervisión técnica de un ente técnicamente competente.

La Figura 20 esquematiza la conformación de la Propuesta Organizacional del Sistema de Gestión, tomando en cuenta las etapas del proyecto.

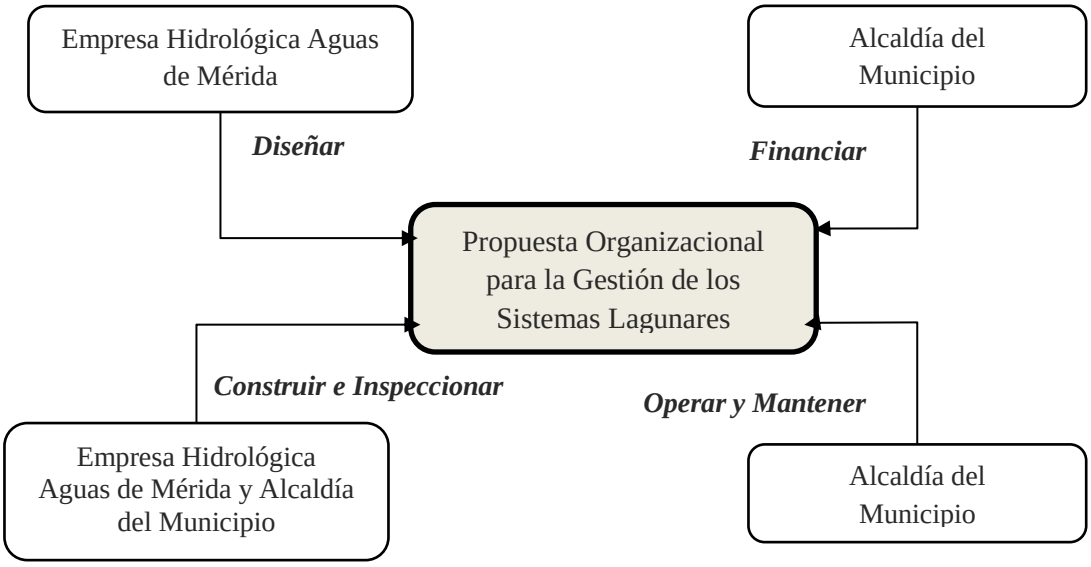


Figura 20. Esquema de la Propuesta Organizacional para la Gestión de los Sistemas Lagunares, tomando en cuenta las etapas de un proyecto.

Fuente: Tomado de Mejías (2008) y modificado conforme a las nuevas competencias de los entes involucrados.

.

CAPITULO VI. Lagunas de Estabilización en la Parroquia La Esperanza del Municipio Andrés Bello en la Zona Panamericana del Estado Trujillo.

6.1 Las condiciones sanitarias de la zona.

El municipio Andrés Bello de la Zona Panamericana del Estado Trujillo está conformado por las parroquias Santa Isabel, Araguaney, El Jagüito y La Esperanza. La Figura 21 presenta la división político territorial del Estado Trujillo, donde se puede localizar el municipio Andrés Bello. La Tabla 13 presenta las formas de abastecimiento de agua potable de las viviendas de las Parroquias del municipio Andrés Bello de la Zona Panamericana del Estado Trujillo, conforme a los resultados del Censo Nacional de 2011. Se puede observar que las formas "acueducto o tubería" y "pozo con tubería o bomba" representan los más altos porcentajes del total de viviendas censadas, que sumadas ambas formas de abastecimiento reportan valores entre 91% y 99% del total de viviendas censadas. En el caso de la parroquia La Esperanza es 92%.

La Tabla 14 presenta la frecuencia con que eran abastecidas de agua potable las viviendas empadronadas en el Censo Nacional de 2011, en las parroquias del municipio Andrés Bello del Estado Trujillo. Contrastan la parroquia Santa Isabel con 96% de abastecimiento diario y la parroquia Araguaney con 23%; en esta última parroquia el abastecimiento con frecuencia cada dos o tres días era de 59% y con frecuencia semanal el 8%. La parroquia La Esperanza era abastecida con una frecuencia diaria en el 82% de sus viviendas.

La Tabla 15 presenta la disposición de excretas o desechos fisiológicos humanos en las viviendas de las parroquias del municipio Andrés Bello para el Censo Nacional de 2011. La mayor parte de las viviendas disponían las excretas mediante pocetas conectadas a pozos sépticos. En el caso de la parroquia La Esperanza contrastan 6% de pocetas conectadas a cloacas con 58% de pocetas conectadas a pozos sépticos.

Los resultados anteriores ratifican de alguna manera, la efectividad y el alcance de los Programas de Acueductos Rurales y Saneamiento implementados por el Ministerio de Sanidad y Asistencia Social en el medio rural venezolano. La Tabla 15 aportó la información para la cuantificación de GEI por aguas residuales del municipio Andrés Bello del estado Trujillo para el año 2020, presentada en el Apéndice 1.

La parroquia La Esperanza del municipio Andrés Bello de la Zona Panamericana del estado Trujillo posee instalaciones avícolas y agroindustriales entre las que destacan Granjas Avícolas y

Plantas Beneficiadoras de Aves. Las Lagunas de Estabilización son utilizadas en esta zona tanto para tratar aguas residuales de los centros poblados, así como para depurar efluentes de Plantas para el Beneficio de Aves. Una de estas Plantas Beneficiadora de Aves perteneciente a un reconocido Grupo Industrial, solicitó en el año 2009 asesoría al CIDIAT para la evaluación de un Sistema de Lagunas de Estabilización que recibía los efluentes de la Planta Beneficiadora de Aves. Esta asesoría fue realizada bajo la Responsabilidad y Coordinación del Profesor Carlos Espinosa Jiménez Docente Investigador adscrito al CIDIAT.



Figura 21. División político territorial del Estado Trujillo, y ubicación del Municipio Andrés Bello de la Zona Panamericana del Estado.

Fuente: https://steemit.com/photo/@artelita/valera-estado-trujillo-venezuela

Tabla 13. Formas de abastecimiento de agua potable de las viviendas de las Parroquias del Municipio Andrés Bello de la Zona Panamericana del Estado Trujillo.

Municipio	Parroquia	Total de Viviendas	Acueducto o Tubería %	Camión Cisterna %	Pila Pública %	Pozo con Tubería o Bomba %	Pozo o Manantial Protegido %	Aljibes o Jagüeyes %	Rio, Caño, Quebrada %	Lago, Laguna %
Andrés Bello	Santa Isabel	1474	79,85	0,14	0,00	19,06	0,34	0,00	0,00	0,00
	Araguaney	523	83,56	6,31	0,00	7,27	0,96	0,19	1,15	0,00
	El Jagüito	897	78,26	0,67	0,00	19,51	0,00	0,00	0,00	0,00
	La Esperanza	685	83,65	3,07	0,00	8,47	2,34	0,00	1,02	0,01

Fuente: Elaboración propia a partir del Censo Nacional de 2011 (INES,2011).

Tabla 14. Frecuencia del servicio de agua en las viviendas de las Parroquias del Municipio Andrés Bello, de la Zona Panamericana del Estado Trujillo.

Municipio	Parroquia	Total Viviendas (unidades)	Porcentaje del Total de viviendas que recibe el servicio de agua (%)			
			Todos los días	Cada dos o tres días	Una vez por semana (Cada 8 días)	Una vez cada quince días
Andrés Bello	Santa Isabel	1179	95,67	2,04	1,27	1,02
	Araguaney	470	31,28	59,15	8,51	1,06
	El Jagüito	708	94,92	3,95	0,99	0,14
	La Esperanza	594	82,32	12,96	3,54	1,18

Fuente: Elaboración propia a partir del Censo Nacional de 2011 (INE, 2011).

Tabla 15 Disposición de excretas en las viviendas de las Parroquias del Municipio Andrés Bello de la Zona Panamericana del Estado Trujillo.

Municipio	Parroquia	Total Viviendas (unidades)	Disposición de excretas como Porcentaje del total de viviendas (%)				
			Poceta Conectada a Cloaca	Poceta Conectada a Pozo Séptico	Poceta sin Conexión a Cloaca o a Pozo Séptico	Excusado de Hoyo o Letrina	No Tiene Poceta o Excusado
Andrés Bello	Santa Isabel	1474	37,04	45,59	0,00	0,20	17,16
	Araguaney	523	38,43	42,26	1,53	0,76	17,02
	El Jagüito	897	38,80	36,23	1,90	0,00	23,08
	La Esperanza	685	5,69	57,52	0,58	3,50	32,70

Fuente: Elaboración propia a partir del Censo Nacional de 2011 (INE, 2011).

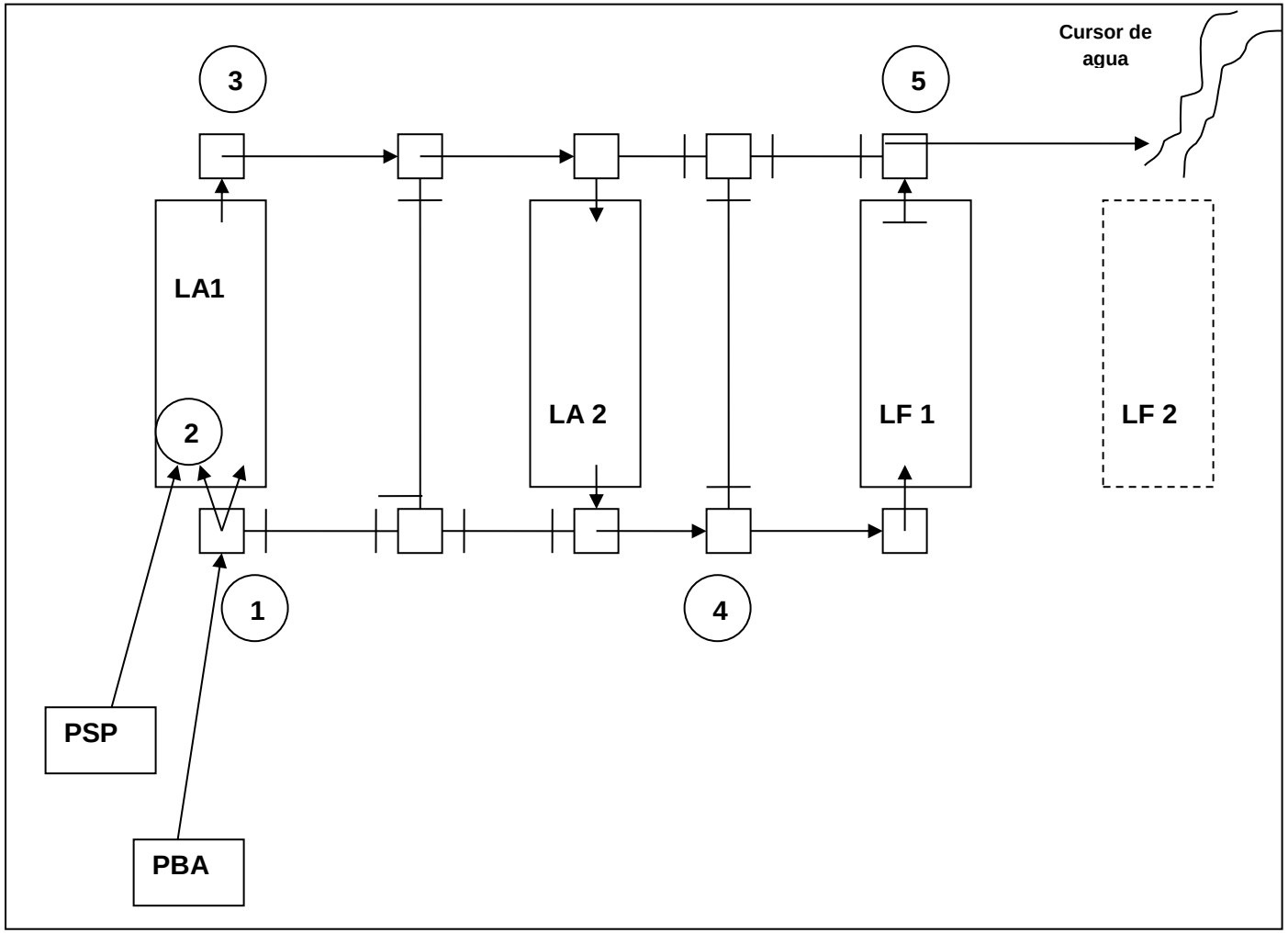
6.2 Los alcances de la asesoría.

Después de conocer y observar la problemática se recomendó al Grupo Industrial realizar un diagnóstico integral del sistema de lagunas de estabilización y, de ser posible, una revisión de todos los procesos involucrados en el beneficio de las aves y el procesamiento de los subproductos, con énfasis en la recuperación de subproductos y producción más limpia. El Grupo Industrial se comprometió a suministrar la información requerida para tal fin.

6.3 Inventario y descripción del sistema de lagunas.

El sistema de lagunas presente en la Planta Beneficiadora de Aves consistía de tres (03) lagunas en serie: dos (02) lagunas anaerobias y una (01) laguna facultativa. La primera laguna recibía los efluentes crudos de la Planta Beneficiadora y la Planta de Subproductos. El efluente final de la tercera laguna –facultativa- descarga a un cuerpo receptor superficial. Las dos lagunas anaerobias tienen un espejo de agua de 49 m x 24 m (1 176 m^2) y la laguna facultativa 68,3 m x 24,6 m (1 680 m^2). Los taludes de las lagunas eran 2h:1v. Todas la conexiones hidráulicas para la operación de este sistema están conformadas por tuberías de concreto y PVC de diámetro 200 mm (8”) así como tanquillas en concreto (1m x1m en planta y profundidad variable) con sus respectivas tapas.

Se realizó la medición de la profundidad de cada laguna así como la profundidad del manto de lodo y las natas de superficie. La profundidad media de las dos lagunas anaerobias es del orden de 2,00 m y de la laguna facultativa es de 1,80 m. El espesor promedio de los lodos medido en la primera laguna anaerobia es de unos 0,33 m y en la segunda 0,26 m; el espesor medio de las natas en ambas lagunas es de unos 0,05 m (5 cm). La Figura 22 esquematiza la topología del Sistema de Lagunas y los puntos de muestreo. La Tabla 16 presenta un resumen de los resultados del inventario realizado al sistema de lagunas.



NOTA: Todas las conexiones de flujo son en tuberías de concreto ò PVC de Ø =8”

Leyenda:

PSP: Planta de subproductos.

PBA: Planta de beneficio de aves.

LA1: Laguna anaerobia primaria.

LA2: Laguna anaerobia secundaria.

LF1: Laguna facultativa primaria.

LF2: Laguna facultativa secundaria (por construir).

1 … 5 **:** Sitios de muestreo.

Tabla 16. Diagrama del Sistema de Lagunas que conforma el Sistema de Tratamiento de efluentes industriales de la Planta de Beneficio de Aves.

Fuente: Elaboración propia**.**

Tabla 17. Resumen de los resultados del inventario del sistema de lagunas.

Unidad de Tratamiento	Espejo de Agua	Talud (H:V)	Profundidad media (m)	Profundidad media de lodos (m)	Espesor medio de la nata superficial (m)
Laguna Anaerobia Primaria	49 m x 24 m 1 176 m^2	2:1	2,00	0,33	0,05
Laguna Anaerobia Secundaria	49 m x 24 m 1 176 m^2	2:1	2,00	0,26	0,05
Laguna Facultativa	68,3 m x 24,6 m 1.680 m^2	2:1	1,80	-	-

Las Figuras 23 a 28 ilustran el Sistema de Lagunas existente y en operación, para la depuración de las aguas residuales efluentes de la Planta Beneficiadora de Aves. Las Figuras 23 y 24 presentan las dos lagunas anaerobias donde destacan las natas superficiales propias de estos sistemas. La Figura 25 ilustra la tubería de conexión entre la segunda laguna anaerobia y la primera laguna facultativa (tercera laguna de la serie). La Figura 26 presenta una vista desde aguas abajo de la laguna facultativa donde destacan sólidos flotantes. La Figura 27 ilustra la tanquilla de entrada a la primera laguna anaerobia durante el ciclo de matanza y la Figura 28 presenta la tanquilla de salida de la laguna facultativa (tercera laguna de la serie) que constituye el efluente final del sistema lagunar, donde destaca el color verde amarillento del efluente.



Figura 22. Primera laguna anaerobia del sistema de lagunas. Se observa la nata superficial que cubre todo el espejo de agua de la laguna. Vista aguas abajo.



Figura 23. Segunda laguna anaerobia del sistema de lagunas. Se observa la nata superficial cubriendo el espejo de agua de la laguna. Vista aguas arriba**.**



Figura 24. Salida de la laguna facultativa (tercera laguna) del sistema de lagunas. Se pueden observar las tuberías de Ø 200 mm en concreto que conectan las tanquillas en el sistema.



Figura 25. Laguna facultativa (tercera laguna) del sistema de lagunas. Se observa importante cantidad de sólidos flotantes. Vista aguas arriba.



Figura 26. Tanquilla que recibe las aguas residuales crudas de la planta de beneficio. Fotografía tomada durante el ciclo de matanza.



Figura 27. Tanquilla que recibe la salida de la tercera laguna –facultativa- que constituye el fluente final del Sistema. Se observa el color verde amarillento de este efluente.

6.4 Diseño y ejecución del muestreo.

El diseño del muestreo fue realizado por personal del CIDIAT-ULA conjuntamente con el Jefe de la Planta Beneficiadora y personal de apoyo, en visita realizada a las instalaciones de la Planta de Beneficio de Aves. Se observó y analizó la rutina de un día completo típico de producción.

Se realizó una inspección de campo para identificar y definir los sitios de muestreo en el sistema de lagunas. Los sitios de muestreo fueron seleccionados e identificados sobre el terreno con los números: 1. Tanquilla que recibe los residuales de la Planta de Beneficio, 2. Descarga en la primera laguna de la Planta de Subproductos, 3. Tanquilla de salida de la primera laguna, 4. Tanquilla intermedia salida de la segunda laguna y 5. Tanquilla de salida de la tercera laguna. Lo anterior se ilustra en la Figura 22. Se realizó la limpieza y acondicionamiento de los sitios de muestreo, conforme a instrucciones dadas al personal de apoyo de la Planta de Beneficio de Aves. Con la participación del Jefe de Planta se pudo definir el ciclo de producción de la Planta de Beneficio de Aves. Las fases identificadas son:

Planta de Beneficio:

- Matanza de las 05 a las 16 horas.
- Limpieza de las 16 a las 24 horas.

Luego de analizar y discutir los ciclos de producción y sus fases, se decidió por consenso realizar los muestreos para las caracterizaciones de los residuales y los efluentes conforme al contenido de la Tabla 17.

Tabla 18. Duración e intervalo del muestreo para la caracterización**.**

Planta y Ciclo y/o Lagunas	Duración	Intervalo del muestreo
Beneficiadora - Matanza	De 05 a las 16 horas	0,5 hora (30 min)
Beneficiadora - Limpieza	De 16 a las 24 horas	1,0 hora (60 min)
Planta de Subproductos (*)	De 05 a las 24 horas	0,5 hora (30 min)
Laguna 1 (LA1)	De 05 a las 24 horas	1,0 hora (60 min)
Laguna 2 (LA2)	De 05 a las 24 horas	1,0 hora (60 min)
Laguna 3 (LF1)	De 05 a las 24 horas	1,0 hora (60 min)

(*): Por la incertidumbre y precaución la Planta de Subproductos fue muestreada cada 30 min durante todo el ciclo de muestreo (desde 05:00 hasta 24:00 Horas).

El muestreo para caracterización de efluentes de las Plantas de Beneficio y Subproductos y efluentes de las lagunas fue realizado los días 18 y 19 de marzo de 2009. El muestreo fue realizado por una Empresa de Servicios Analíticos debidamente acreditada ante el Ministerio de Ambiente y con sede en la ciudad de Maracaibo, Estado Zulia, mediante orden de servicio emitida por la Empresa.

6.5 Análisis e interpretación de resultados

6.5.1. Definiciones

a. Concentración Media Ponderada en función del Caudal:

En el caso de la primera laguna donde se tienen tres (3) entradas diferentes (limpieza por 8 horas, matanza por 10 horas y planta de subproductos por 19 horas), fue necesario calcular el valor de la concentración media ponderada en función de los caudales, utilizando la siguiente expresión:

$$C = \frac{\sum_{i=1}^{n} c_i * q_i}{\sum_{i=1}^{n} q_i}$$

Donde:
C = concentración media del constituyente en función del caudal, (mg/l)
n = número de observaciones
c_i = concentración media del constituyente durante el periodo i, (mg/l)
q_i = caudal medio horario durante el periodo i, (l/s).

b. Carga Másica:

Representa la masa de contaminante emitida, expresada generalmente en kg/d. Si el caudal está expresado en l/s y la concentración en mg/l, se puede determinar mediante la ecuación:

$$CM\ (Kg/d) = \frac{Concentración\ (mg/l) * Caudal\ (l/s) * 86400 \frac{s}{d}}{10^6 \frac{mg}{Kg}}$$

c. Eficiencia Másica de Remoción Global del Sistema de Lagunas:

Es el porcentaje (%) retenido de la carga másica de contaminante que entra al sistema. En este caso la carga másica entrante se refiere a la masa de contaminante que entra a la primera laguna

(residual crudo) y la carga másica que sale se refiere a la carga másica del efluente de la última laguna.

$$EMRG\ (\%) = \frac{C\,\text{arg}\,a\ Másica\ Entra\ (\frac{Kg}{d}) - C\,\text{arg}\,a\ Másica\ Sale\ (\frac{Kg}{d})}{C\,\text{arg}\,a\ Másica\ Entra\ (\frac{Kg}{d})} * 100$$

6.5.2. Análisis de resultados

La Tabla 18 presenta la eficiencia global de remoción del Sistema de Lagunas existente. Se observan valores de eficiencias másicas de remoción globales satisfactorios y algunos de ellos muy promisorios. En general las eficiencias másicas de remoción calculadas son razonables. Se observa que la remoción de Materia Orgánica en términos de DBO y DQO fueron en el orden del 90%, Fósforo 88%, Nitrógeno 77% y Sólidos Totales 71%.

La Tabla 19 presenta la caracterización del efluente de la Laguna Facultativa Primaria (Efluente Final del Sistema de Lagunas de Estabilización). Se puede observar que los parámetros Aceites y Grasas Totales, NMP de Coliformes Totales, DQO y el Nitrógeno Total están fuera de la Norma de Efluentes (Decreto 883). Con el objetivo de garantizar un efluente final que cumpla con la Norma de Efluentes se propuso incluir aguas abajo de la Laguna Facultativa Primaria un Humedal Construido.

Esta unidad adicional funcionará como un filtro que retendrá gran cantidad de Sólidos Totales (principalmente algas provenientes de la Laguna Facultativa Primaria), propiciará la eliminación de Nitrógeno vía desnitrificación (paso de NO_3^{-2} a N_2) y absorción (incorporación a biomasa vegetal de NO_3^{-2} y NH_4^{+}), mediante complejos mecanismos físicos y bioquímicos reducirá el conteo de Coliformes Totales en aproximadamente una unidad logarítmica y removerá materia orgánica remanente (aceites y grasas, DQO y DBO).

Tabla 19. Eficiencia de Remoción Másica Global de Contaminantes en el Sistema Lagunar de Estabilización.

Parámetros	Carga Másica Inicio (kg/d)	Carga Másica Final (kg/d)	Remoción Porcentaje (%)
Aceites y Grasas Totales	53,17	8,99	83,09
DBO	205,00	13,43	93,45
DQO	1 101,49	101,32	90,80
Detergentes	0,71	0,07	90,15
Fósforo Total	7,81	0,96	87,71
Nitrógeno	81,66	18,71	77,09
Sólidos Sedimentables	2,02	0,03	98,52
Sólidos Suspendidos	250,26	11,23	95,51
Sólidos Totales	1 030,41	302,33	70,66
Sulfuros	0,57	0,03	94,74

De ser posible se recomienda emplazar un aireador de cascada aguas abajo del Humedal Construido, antes de descargar el efluente en el cuerpo receptor final o al lugar para reúso del efluente. La aireación es una operación unitaria de múltiple propósito mediante la cual se mejora el contenido de oxígeno disuelto y se liberan gases disueltos (NH_3, H_2S, CO_2 y CH_4) en el efluente final, mejorando el pH y su estética. La Ingeniería Básica del Humedal Construido propuesto se presenta en el Apéndice 3.

Tanto el Sistema de Lagunas existente como el Humedal recomendado, pueden acoplarse y conformar un Sistema Integrado con énfasis en reúso de efluentes y subproductos. Implementar un Sistema Integrado permitirá un mejor balance y aprovechamiento de los nutrientes y la energía presentes en los residuales líquidos efluentes de la Planta de Beneficio de Aves bajo estudio.

Tabla 20. Caracterización del efluente final del Sistema de Lagunas de la Planta de Beneficio de Aves. (efluente de la Primera Laguna Facultativa).

Parámetros	Concentración en el Efluente del Sistema de Lagunas	Límite Decreto 883 Capítulo III
pH	7,26	6-9
Aceites y Grasas Totales, g/m^3	**32,00**	20
Coliformes Fécales, NMP/100ml	4 400,00	N/A
Coliformes Totales, NMP/100ml	**7 200,00** **$7,2\ 10^3$**	1 000 10^3
D.B.O. $_{5\ a\ 20°C}$, g/m^3	47,90	60
D.Q.O., g/m^3	**360,82**	350
Detergentes, g/m^3	0,26	2
Fósforo Total, g/m^3	3,42	10
Nitritos, g/m^3	0,01	10
Nitrógeno Total, g/m^3	**66,64**	40
Sólidos Sedimentables, ml/l	0,10	1,00
Sólidos Suspendidos, g/m^3	40,00	80
Sólidos Totales, g/m^3	1 076,67	SR
Sulfuro, g/m^3	< 0,10	0,50

a. Conceptualización del Sistema Integrado propuesto.

La Filosofía de los Sistemas Integrados proviene del medio rural asiático, donde se ha practicado por siglos. Hay además evidencias de implementación de Sistemas Integrados en la Era Prehispánica del Continente Americano. Diversos autores como Polprasert (1998), Polprasert y Xinang (2000), Espinosa (2005) y Espinosa y Focca (2018) se han referido a la conveniencia de implementar estos Sistemas en el Medio Rural, como una herramienta eficaz para el manejo del agua. La Figura 29 presenta la conceptualización del Sistema Integrado Propuesto para la Planta de Beneficio de Aves y su Sistema de Lagunas de Estabilización complementado con un Humedal Construido.

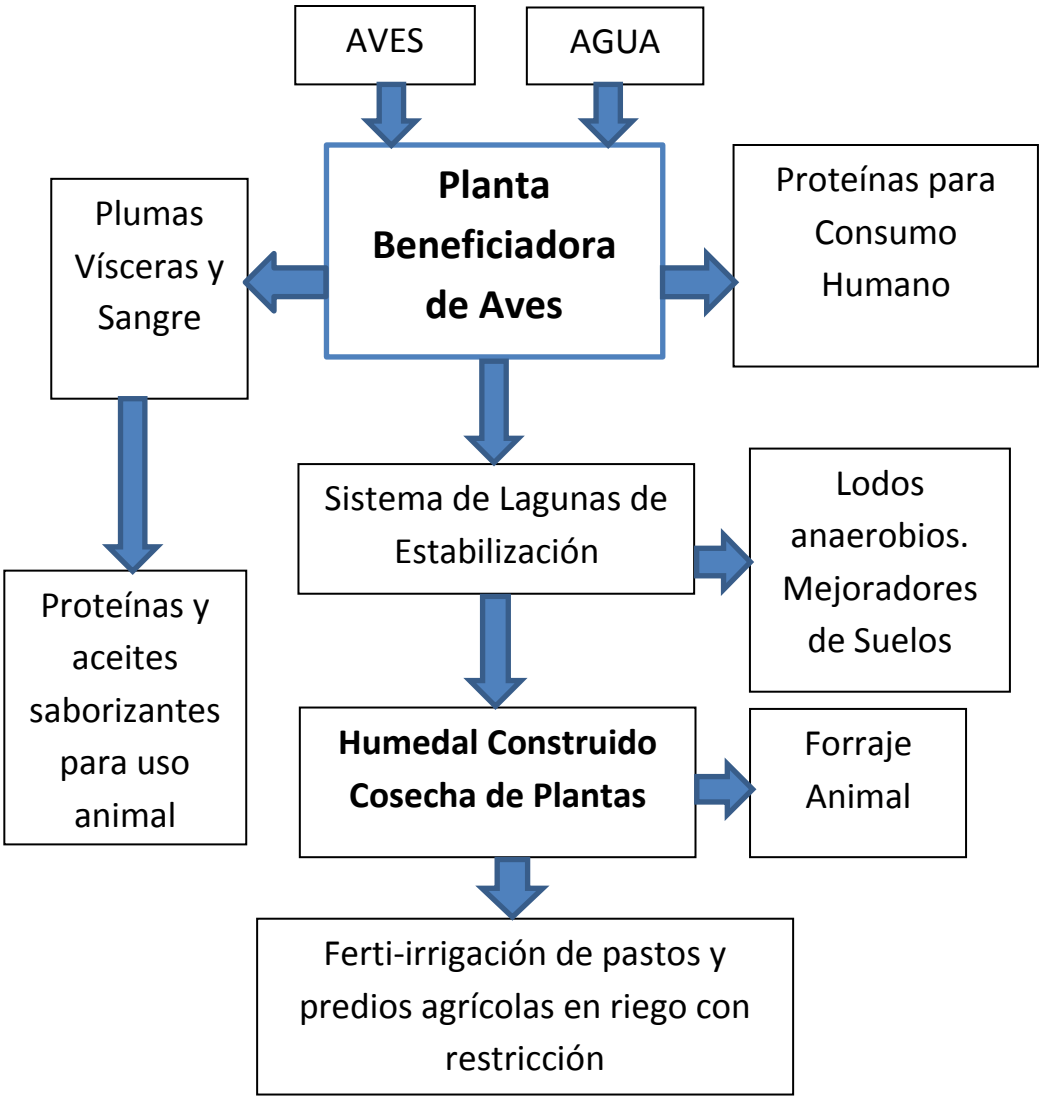


Figura 28. Conceptualización del Sistema Integrado para el manejo de efluentes y subproductos de la Planta de Beneficio de Aves y su Sistema de Lagunas de Estabilización complementado con un Humedal Construido.

Fuente: Elaboración propia.

La Planta Beneficiadora de Aves (PBA) recibe como insumos básicos agua y aves para beneficio, aves criadas en Granjas Avícolas ubicadas en la Parroquia La Esperanza y Parroquias vecinas. La PBA produce Pollos Beneficiados embolsados, proteína que abastece el mercado regional a razón de unos 70 000 kg de pollo por jornada diaria para el año 2009. La PBA genera sangre, vísceras y plumas que son procesadas en la Planta de Subproductos allí instalada donde producen proteína y aceites saborizantes para consumo animal. Los efluentes residuales líquidos

de la PBA son depurados en el Sistema de Lagunas de Estabilización donde se generan lodos anaerobios que pueden ser usados como mejoradores de suelos agrícolas en la zona. El Humedal Construido recibe y pule los efluentes del Sistema de Lagunas y a su vez produce biomasa vegetal que sirve como forraje animal. El efluente del Humedal Construido puede ferti-irrigar pastos y predios agrícolas en riego con restricción.

CAPITULO VII. Reflexiones Finales.

En Venezuela el Saneamiento es un Derecho Constitucional y se reconoce además como un derecho humano consagrado en Resoluciones de las Naciones Unidas. En el país el concepto de Saneamiento no sólo implica abastecimiento de agua segura y manejo adecuado de las aguas residuales; implica además control de vectores endémicos y dotación de vivienda adecuada y salubre.

El Saneamiento del medio rural venezolano se inicia en 1923 con el "Decreto sobre el Saneamiento de Los Llanos de Venezuela" y se consolida a partir de 1946 con la creación del Programa Nacional de Acueductos Rurales, asesorado por la Oficina Cooperativa Interamericana de Salud Pública (OCISP), establecida en el Ministerio de Sanidad y Asistencia Social. En 1975 mediante Decretos de N° 1245 y N°1247 se responsabiliza a la Dirección de Malariología y Saneamiento Ambiental las funciones de: "Acueductos y disposición de excretas en beneficio de la población rural dispersa con el objeto de lograr su concentración en centros organizados". A 100 años del inicio del Saneamiento en el medio rural venezolano, se han invertido muchos recursos en infraestructura sanitaria, pero seguimos cabalgando sobre los mismos problemas.

El sector agua y saneamiento en Venezuela, históricamente centralista, en la década 1990-1999 trató con cierto éxito, de migrar a un modelo mixto descentralizado. A partir del año 2000 este proceso fue revertido al modelo centralista, conservando la misma estructura del modelo mixto descentralizado implementado en la década anterior. Bajo la óptica socialista se percibe que el agua tiene un sesgo social, ignorando que el agua es además un bien económico, conforme al cuarto postulado de la Gestión Integral de Recursos Hídricos.

En la Zona Sur del Lago de Maracaibo se localiza el 10% de las mejores tierras del país. La Zona Panamericana del Estado Mérida (ZPEM) se ubica en este territorio. La ZPEM es una región rica en recursos agua y tierra, con importantes extensiones de tierras con vocación agrícola pero en uso agropecuario y surcada por numerosos ríos y caños provenientes del piedemonte andino. Este divorcio entre uso y vocación de la tierra ha generado conflictos entre el Gobierno Nacional y los actores socioeconómicos locales. A lo anterior hay que añadir la no equitativa distribución de la tierra entre sus habitantes. La ZPEM se ha convertido en receptora de desplazados colombianos por la violencia, desde hace unos 30 años, quienes constituyen hoy la mayor parte

de la mano de obra agropecuaria en la zona. Los índices socioeconómicos reportados por IIES (1999), hace a la fecha unos 20 años, a juicio del Autor representan una buena aproximación a la realidad actual. No se conoce otro estudio más reciente de la rigurosidad del anteriormente citado. Resumiendo la ZPEM es un territorio con alto potencial de desarrollo agropecuario y agroindustrial, pero también de alto potencial de conflictividad social por la poca equidad en la distribución de la tierra y la riqueza.

Existe una importante infraestructura de obras sanitarias construida por el Estado Venezolano en la ZPEM, constituida por acueductos rurales, alcantarillados sanitarios rurales (cloacas rurales) y sistemas individuales de disposición de aguas residuales domésticas tipo tanque séptico y sumideros o campos de infiltración. A lo anterior hay que añadir nueve Sistemas de Lagunas de Estabilización, descritos en la Tabla 1 y geográficamente ubicados en la Figura 1. Las estadísticas básicas de los servicios de abastecimiento de agua, así como la cobertura de los sistemas de cloacas sanitarias, elaboradas con base en la información del Censo Nacional de 2011, corrobora la cobertura de los programas de saneamiento ambiental del medio rural implementados por el MSAS.

Dado el grado de crispación política del país, la información epidemiológica reciente sobre morbilidad de enfermedades de origen hídrico está vetada y tampoco se publica. El Autor no tuvo acceso a esta información básica de estadística médica.

Los prototipos de Lagunas de Estabilización construidos en la ZPEM por la calidad de los materiales, los buenos métodos constructivos implementados y la adecuada inspección durante su construcción, conservan en buen estado sus obras civiles. No obstante se observa que muchos Sistemas están sobrecargados por incorporación de nuevos sectores y de aguas pluviales, no contemplados en sus proyectos originales. Caso típico es el Sistema de Lagunas de Estabilización de Guayabones en el municipio Obispo Ramos de Lora, el cual con cierta frecuencia se desborda afectando a la comunidad aledaña. Es importante decir que los sistemas de cloración implementados, que garantizan la desinfección del efluente, han sido hurtados y/o desmantelados.

Se percibe que la Dirección de Malariología y Saneamiento Ambiental del MSAS no sólo fue desmantelada a partir del año 2000, sino que desaparecieron en “Archivos Muertos” todos sus Documentos Básicos de Estudios y Proyectos. No fue posible conseguir una Memoria Descriptiva de alguno de los Sistemas Lagunares de la Zona Panamericana de Mérida, en la

antigua sede de la Dirección de Malariología en Campo Claro, Mérida, donde el Autor las gestionó personalmente. Las pocas Memorias Descriptivas a las que se tuvo acceso fueron gentilmente suministradas por exfuncionarios de esta Dirección, hoy jubilados. Es una desgracia que información tan valiosa de Estudios y Proyectos de Obras Sanitarias realizados y construidos por la Dirección de Malariología se pierda en "Archivos Muertos", ubicados en depósitos donde no se garantizan las condiciones para su conservación ni el acceso al público.

Al analizar los prototipos de Lagunas de Estabilización implementados y sus criterios de dimensionamiento se observan ciertas incongruencias. Las Lagunas Facultativas se dimensionan con base a una carga aplicada y luego la remoción se calcula por un modelo cinético de primer orden, bajo la concepción de reactor de mezcla y flujo, para lo cual se estima una constante cinética de reacción (de primer orden) y el tiempo de retención teórico se calcula como el cociente entre el volumen total de la laguna y el flujo volumétrico diario (caudal diario). Cuando se observa la configuración y ubicación de los dispositivos de entrada y salida de agua en la laguna, resalta como se ha dicho anteriormente, que la configuración prácticamente reduce a un tercio del volumen total el "volumen útil" de la laguna. Actualmente se realiza una investigación que mediante análisis hidrodinámico a través de simulación (Modelo MIKE21 basado en Dinámica Computacional de Fluidos), permitirá estudiar esta situación y eventualmente proponer mejoras.

La información producida en la Planta Experimental de Tratamiento de Aguas de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Central de Venezuela (PETA-FI-UCV), generada en experiencias entre 1974 y 2004 y presentada por Blanco et al (2016), a pesar de haberse obtenido en modelos experimentales aporta valiosa información sobre criterios de dimensionamiento para Lagunas de Estabilización. Complementa y corrobora los criterios resumidos en la Tabla 8. Es parte de la poca información que se ha generado y divulgado en Venezuela.

Los distintos modelos de gestión implementados para la administración y/o gerencia de los sistemas de saneamiento en el medio rural no disperso en Venezuela, no fueron exitosos. Un denominador común a este fracaso parece ser la poca capacidad técnica local de los actores en las regiones. La Propuesta Organizacional para la Gestión de los Sistemas Lagunares presentada es metodológicamente válida, novedosa y posible de implementar. Se basa en la percepción y actitudes que tienen los involucrados sobre el problema (Stephenson, 1953). En los permanentes

cambios de la Estructura del Estado realizados en los últimos años, habría que identificar en cuál Organismo y/o Ministerio han recaído las funciones de SAVIR que en el año 2008 era un Organismo adscrito al Ministerio de Infraestructura. Lo que sí está claro en la propuesta es que los actores involucrados identificaron un "ente" u "Organismo" técnicamente competente en los ámbitos nacional y regional.

En la parroquia La Esperanza del municipio Andrés Bello de la Zona Panamericana del estado Trujillo, existen instalaciones avícolas, agropecuarias e industriales entre las cuales destacan las Granjas Avícolas y las Plantas Beneficiadoras de Aves. Los Sistemas de Lagunas de Estabilización implementados en tratamiento de efluentes domésticos y municipales son similares a los descritos y tratados para la Zona Panamericana del Estado Mérida. De hecho uno de los Sistemas analizados en la Tabla 8 está ubicado en el Sector El Gallo de la Parroquia La Esperanza. Otro uso común de los Sistemas de Lagunas de Estabilización en esta zona es como sistemas depuradores de efluentes líquidos en instalaciones avícolas industriales como las Plantas Beneficiadoras de Aves.

El ejemplo presentado en este trabajo se corresponde con un caso típico. Estas instalaciones agroindustriales generan empleos formales y con todas las reivindicaciones legales para los trabajadores. De allí su importancia para el desarrollo endógeno de la zona. No obstante desde el punto de vista ambiental hay que hacer algunas acotaciones. Los efluentes líquidos de estas instalaciones industriales se caracterizan por sus altas cargas orgánicas, lo cual favorece la implementación de sistemas anaerobios para la depuración de los mismos. Los sistemas anaerobios a su vez potencian las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI), Metano (CH_4) y Óxido Nitroso (N_2O), causales del Cambio Climático. La Planta Beneficiadora de Aves analizada en 2008, desde el punto de vista de emisiones másicas de DBO, con unos 205 kg DBO/día (205 000 gDBO/día) a razón de 35 g DBO/persona-día, computan 5 857 poblaciones equivalentes. Lo anterior significa que en términos de emisiones másicas de DBO esa Planta Beneficiadora de Aves genera cada día laborado las emisiones de un conglomerado humano de 5 857 personas. Estimaciones similares pueden hacerse con otros contaminantes: Nitrógeno Total 10 207 poblaciones equivalentes y Fósforo Total 2 603 poblaciones equivalentes. En cuanto a emisiones de GEI la Parroquia La Esperanza en 2008 tenía una población de 3 680 habitantes y generó emisiones de CH_4 por unas 791,97 t CO_2-eq y por N_2O unas 68,85 t CO_2-eq, para un total de emisiones de 860,82 t CO_2-eq. Con base al razonamiento anterior, se estima que en el año

2008 la Planta Beneficiadora de Aves totalizó emisiones por CH_4 =716,35 t CO_2-eq y por N_2O = 44,21 t CO_2-eq, para un total de 760,56 t CO_2-eq, para jornadas laborables de 5 días por semana. Lo anterior demuestra que la Planta Beneficiadora de Aves estudiada en el año 2008 generó emisiones de GEI equivalentes al 88% de las emisiones de la Parroquia La Esperanza en eso mismo año.

Las Lagunas de Estabilización como tecnología de tratamiento son consideradas de bajos costos de implementación, operación y mantenimiento. Son sistemas simples de operar y mantener. Además, son compatibles con la implementación de Sistemas Integrados, bajo la óptica de reúso de efluentes y subproductos. La Zona Panamericana de los Estados Mérida y Trujillo, representa un territorio con idóneas condiciones físico-naturales para su implementación.

Como se dijo en la Introducción este Documento tiene como finalidad reconocer y hacer visible el gran esfuerzo realizado por el Estado Venezolano -a través de sus Instituciones- en la depuración de los efluentes domésticos e industriales en el medio rural no disperso del país y en particular en la Zona Panamericana de los Estados Mérida y Trujillo. Es el primer paso de un arduo trabajo por hacer para rescatar infraestructura sanitaria básica, a fin de lograr más salubridad en esta estratégica zona e impulsar el desarrollo regional desde adentro. Crear mejores condiciones de vida en el medio rural, permitirá arraigar y empoderar a sus habitantes del medio que le pertenece y en el cual son los actores fundamentales.

Referencias bibliográficas

BARONE F (1995) Marco histórico del programa nacional de acueductos rurales en Venezuela. I *Taller de participación comunitaria, HIDROVEN, Gerencia de Comercialización.* Caracas.

BLANCO H, NAJUL M y SÁNCHEZ R (2015) Calidad del Agua y su Contaminación en *Agua en Venezuela: una riqueza escasa*. Fundación Empresas Polar. Caracas.

BUROZ E (2014) El agua en Venezuela: pasado, presente y futuro. *Trabajo de Incorporación como Individuo de Número de la Ilustre Academia Nacional de la Ingeniería y el Hábitat de Venezuela*. Caracas.

BUTLER E, YUNG-TSE H, SULEIMAN M, YU-LI YEH R, LIAN-HUEY LIU R and YEN-PEI F (2017) Oxidation pond for municipal wastewater treatment. *Appl Water Sci* (2017) 7:31–51 DOI 10.1007/s13201-015-0285-z.

CEPAL (2016) Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Una oportunidad para América Latina y el Caribe. Recuperado de: https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40155/10/ S1700334_es.pdf

CUBILLOS A (1981) Lagunas de Estabilización. Casa Editora CIDIAT. Mérida, Venezuela.

ESPINOSA C (2005) Humedales construidos para el tratamiento de aguas residuales municipales. Casa Editora CIDIAT. ISBN 980-6483-18-9. Mérida, Venezuela.

ESPINOSA C (2019) Gases de Efecto Invernadero por Aguas Residuales Municipales en la ciudad de Mérida, Venezuela. Trabajo de Incorporación como Miembro Correspondiente Estatal a la Ilustre Academia de Mérida. Mérida, Venezuela.

ESPINOSA C Y FOCCÁ V (2018) Sistemas Integrados para el manejo de Aguas Residuales en el Medio Rural. En *Avances, desarrollo y sustentabilidad agroambiental en el Ecuador y Venezuela*. Universidad de Los Andes de Venezuela y Pontificia Universidad Católica de Ecuador.

ESPINOSA, C., RAMÍREZ, S., JÉGAT, H Y BARRETO, W. (2021). Estudio hidrodinámico de las condiciones de entrada y salida de lagunas de estabilización implementadas en el medio rural venezolano. Caso Zona Panamericana del Estado Mérida, Venezuela. Artículo N20-18 bajo arbitraje en la Revista de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Central de Venezuela

GLOYNA E (1971) Waste Stabilization Ponds. *World Health Organization*, Geneve, Switzerland.

GUTIÉRREZ A (1998) Tiempos de guerra y paz. Arnoldo Gabaldón y la investigación sobre la malaria en Venezuela 1936-1990. ISBN: 980-00-1394-6. *Centro de Estudios del Desarrollo*. Universidad Central de Venezuela. Caracas.

HERMANN E R AND GLOYNA E F (1957) Development of Design Criteria For Waste Stabilization Ponds. Final Report. *Sanitary Engineering Laboratories University of Texas Austin*, Texas. USA.
HERMANN E R AND GLOYNA E F (1958) Waste Stabilization Ponds, Part I: Experimental Investigations, Part II: Field Practices and Part III Formulation for Design Equations. *Sewage and Industrial Wastes*. USA.

HERNÁNDEZ-PANIAGUA I Y, RAMIREZ-VARGAS R, RAMOS-GÓMEZ M S, DENDOOVEN L, AVELAR-GONZÁLEZ F J, THALASSO F (2014) Greenhouse gas emissions from stabilization ponds in subtropical climates. *Environ Technol* 35:727–734.

IIES (1999) Plan Estratégico a largo plazo Mérida Estado Competitivo 2020. Convenio ULA-PDVSA. *Instituto de Investigaciones Económicas y Sociales*. Facultad de Ciencias Económicas y Sociales. Universidad de Los Andes. Mérida, Venezuela.

IPCC (2006) Directrices para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. *Panel Intergubernamental para el Cambio Climático*. Volumen 2, Capitulo 3.

MCGARRY, M.G. AND PESCOD, M.B. (1979). "Stabilization Pond Design Criteria for Tropical Asia". 2nd Int. Symp. for Waste Treatment Lagooms, Kansas City, Mo.

MSAS (1). Laguna de Estabilización de Guachicapazón, Municipio Obispo Ramos de Lora, Estado Mérida. *Ministerio de Sanidad y Asistencia Social. Dirección de Malariología y Saneamiento Ambiental. División de Obras de Saneamiento. Departamento de Cloacas Rurales*.

MSAS (2) Laguna de Estabilización de San Rafael de Alcázar, Municipio Obispo Ramos de Lora, Estado Mérida. *Ministerio de Sanidad y Asistencia Social. Dirección de Malariología y Saneamiento Ambiental. División de Obras de Saneamiento. Departamento de Cloacas Rurales.*

MSAS (3). Laguna de Estabilización Sector El Gallo, Parroquia La Esperanza, Municipio Andrés Bello, Estado Trujillo. *Ministerio de Sanidad y Asistencia Social. Dirección de Malariología y Saneamiento Ambiental. División de Obras de Saneamiento. Departamento de Cloacas Rurales.*

MEJÍAS M (2008) Propuesta de un modelo de gestión para lagunas de estabilización. caso: Zona Panamericana del estado Mérida. Trabajo de grado para optar al título de *Magíster Scientiae* en Gestión de los Recursos Naturales y Medio Ambiente con énfasis en Impacto Ambiental. *Centro Interamericano de Desarrollo e Investigación Ambiental y Territorial. Universidad de los Andes*. CIDIAT-ULA. Mérida. Venezuela.

OPS (1997) Propuestas para el mejoramiento financiero, físico e institucional de los sistemas de saneamiento básico a nivel de las comunidades rurales. *Organización Panamericana de la Salud. Programa de Saneamiento Básico Rural*. Caracas.

POLPRASERT C (1996) Organic Waste Recycling. *John Wiley and Sons*. UK.

POLPRASERT C Y XINAG R. (2000) Constructed wetlands for wastewater treatment: principles and practices. *Environmental Engineering Program. School of Environment, Resources and Development. Asian Institute of Technology*, Bangkok, Thailand.

RAMÍREZ, S., ESPINOSA, C., JÉGAT, H. Y BARRETO, W. (2021). Estudio hidrodinámico de lagunas de estabilización implementadas en el medio rural de la Zona Panamericana del Estado Mérida, Venezuela. Revista Ciencia e Ingeniería. Vol. 42, No. 1 pp. 113-126, diciembre-marzo, 2021. ISSN 1316-7081. ISSN Elect. 2244-8780. Universidad de los Andes, Venezuela.

RENGEL M (1977) Lagunas de Estabilización para el Tratamiento de Aguas Residuales de Origen Doméstico. Experiencia Venezolana. *Serie Ambiente y Recursos Naturales* N°AR-5. Casa Editora CIDIAT. Mérida, Venezuela.

UZCÁTEGUI G (2019) Discurso de Incorporación como Miembro Honorario de la Ilustre Academia Nacional de la Ingeniería y el Hábitat. *Boletín N° 45 de la ANIH, Diciembre 2019*. Palacio de las Academias. Caracas, Venezuela.

YÁNEZ F (1976) Lagunas de Estabilización. Curso Intensivo sobre Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales para Países en Desarrollo. *CEPIS-OPS-OMS*. Lima, Perú.

HOJA DE VIDA RESUMIDA DE CARLOS F. ESPINOSA JIMÉNEZ

- **Formación:** Ingeniero Civil INTEC-RD 1981 / *Magíster Scientiae* en Obras Hidráulicas. ULA 1985 / Master of Engineering in Sanitary Engineering. DELFT-Holanda 1997/ Magister en Ingeniería Sanitaria y Ambiental UNIVALLE-Colombia 1999/ Otros cursos de formación realizados en NIED-Tsukuba-Japón, UFZ-Leipzip-Alemania, IHE-Delft-Holanda, ICTP-Trieste-Italia, UNIVALLE-Colombia, UCV y CIDIAT en Venezuela.
- **Escalafón Universitario:** Profesor Investigador Titular de la Universidad de Los Andes (ULA) de Mérida, adscrito al CIDIAT.
- **Docencia**: *Pregrado:* en la ULA desde 2014. *Postgrado*: en la ULA y CIDIAT desde 1989/ en UNELLEZ 1990-1995 y 2010-2013/en UCLA 1999-2004. Docencia en al menos 30 cursos de Extensión y Actualización de Conocimientos.
- Ha realizado **Investigación, Docencia, Estudios y Proyectos** en los siguientes temas: Control de Inundaciones, Pequeñas Centrales Hidroeléctricas, Erosión y Transporte de Sedimentos en Cuencas, Sedimentación en Embalses, Calidad del Agua, Estudios de Impacto Ambiental y Sociocultural, Adaptación al Cambio Climático, Gestión del Recurso Hídrico en el Ambiente Urbano, Sistemas no Convencionales de Tratamiento de Aguas, Sistemas Integrados para el Manejo de Aguas Residuales, Humedales Construidos, Lagunas de Estabilización y Cuantificación de Gases de Efecto Invernadero. Como resultado ha sido Coordinador y Ejecutor de 52 Estudios y Proyectos en Venezuela y el exterior.
- **Asesorías: ha realizado asesorías para** MARNR, PDVSA-DCS, PDVSA-Agrícola, PDVSA-Nuevos Proyectos de Refinación, HIDROANDES, HIDROVEN, Aguas de Mérida, FUNDACITE-Mérida
- **Árbitro** de la Revista de la Facultad de Ingeniería de la UCV, de la Revista de la Facultad de Ingeniería de LUZ y de la Revista de la UNET. Jurado y Evaluador de 10 Tesis de Maestría. Jurado Evaluador del Consejo Consultivo de Postgrado de la OPSU-CNU.
- **Conferencista Invitado** en eventos académicos, técnicos y científicos en Venezuela, Indonesia, México y República Dominicana.
- **Trabajos de Grado:** Tutor **y**/o co-Tutor de 19 Tesis de pregrado y postgrado.
- **Gerencia Universitaria**: Coordinador del Programa de Investigación del CIDIAT (2002-2008). Coordinador y Jefe del Laboratorio de Aguas e Isótopos Estables del CIDIAT (2002-2008). Coordinador del Programa de Enseñanza del CIDIAT (2008-2011). Coordinador del Consejo Técnico de Postgrado del CIDIAT (2008-2011). Director del CIDIAT (2011-2014). Secretario Permanente y Miembro del Consejo Directivo del CIDIAT (2011-2014). Miembro del Consejo Académico del CIDIAT (desde 2008). Coordinador del Programa de Asistencia Técnica del CIDIAT (desde 2014). Coordinador de la Comisión de Coordinación Ambiental de la Universidad de Los Andes (2018-2019).
- **Autor y Co-autor** de más de 35 publicaciones en Revistas Arbitradas, Libros y Capítulos de Libros y Memorias de Congresos, en eventos Nacionales e Internacionales.
- **Academias:** Miembro Correspondiente Estatal de la Ilustre Academia de Mérida. Fecha de ingreso 23-10-19/ Miembro Corrrespondiente por el Estado Trujillo y miembro de las Comisiones de Ambiente y Educación de la Academia Nacional de la Ingeniería y el Hábitat de Venezuela (Fecha de ingreso 25-05-21/Reunión de la JIN-ANIH del 19-02-19 y 16-06-20)**.**
- **Consultor Privado y Asesor** de Estudios y Proyectos en Venezuela, la República Dominicana y en la República de El Salvador (desde 2015).

Apéndices

APÉNDICE 1
GASES DE EFECTO INVERNADERO POR AGUAS RESIDUALES EN LAS PARROQUIAS DE LOS MUNICIPIOS DE LA ZONA PANAMERICANA DEL ESTADO MÉRIDA, Y DE LA PARROQUIA LA ESPERANZA DEL MUNICIPIO ANDRÉS BELLO DE LA ZONA PANAMERICANA DEL ESTADO TRUJILLO

A1.1. El Cambio Climático

Desde el Siglo XIX destacados hombres de ciencia advirtieron sobre el efecto invernadero de la atmósfera terrestre:

- Joseph Fourier, matemático y científico francés, en 1824, sugirió que la atmósfera terrestre podría estar actuando como un aislante.
- John Tyndall, físico irlandés, en 1850, fue el primero en señalar el efecto invernadero de la atmósfera terrestre.
- Svante Arrehenius, científico sueco, en 1896, calculó el poder térmico del exceso de CO_2 y predijo que, si las actividades humanas incrementaban la presencia de CO_2 en la atmósfera terrestre, la tendencia podría ser al calentamiento global del planeta.

Hay evidencias probatorias de que el Cambio Climático es causado por el hombre. Se ha demostrado que la Tierra se está calentando producto del aumento de concentración de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en su atmósfera. Se sabe que el hombre es el responsable del aumento de GEI en la atmósfera del planeta. Se conoce que ese calentamiento no es causado por el Sol y que tampoco es producto de ciclos naturales. Se ha demostrado que, como producto del calentamiento global, por dilatación de las masas de agua, el deshielo de glaciares, capas y mantos de hielo que se derriten, el nivel de los océanos ha aumentado desde 1870 unos 20 cm (0,20 m). Estas evidencias están muy bien documentadas, fundamentadas y explicadas en una Publicación del Consejo Nacional de Investigación (NRC, 2013) un Apéndice de la Academia Nacional de Ciencias, de la Academia Nacional de Ingeniería y el Instituto de Medicina de los Estados Unidos, titulado: “Cambio Climático: Evidencias, Impactos y Opciones”.

La Agenda 2030 de la Organización de las Naciones Unidas, establecida en el año 2015, constituye una visión transformadora hacia la sustentabilidad económica, social y ambiental de

los estados miembros, y es la hoja de ruta de las Naciones Unidas para el logro de esta visión trasformadora. La Agenda 2030 contempla 17 Objetivos para lograr el Desarrollo Sostenible (ODS).

El ODS N°13 de la Agenda 2030 se titula "Acción por el Clima: Adoptar medidas urgentes para combatir el Cambio Climático y sus efectos". CEPAL (2016). El ODS N°13 de la Agenda 2030 a su vez plantea el logro de 3 metas, a saber:

1. Fortalecer la resiliencia y la capacidad de adaptación a los riesgos relacionados con el clima y los desastres naturales en todos los países.
2. Incorporar medidas relativas al cambio climático en las políticas, estrategias y planes nacionales.
3. Mejorar la educación, la sensibilización y la capacidad humana e institucional respecto de la mitigación del cambio climático, la adaptación a él, la reducción de sus efectos y la alerta temprana.

Es una opinión de consenso que el Cambio Climático representa el mayor riesgo que actualmente enfrenta la humanidad. La Ciencia del Cambio Climático elabora y plantea los escenarios más o menos severos que enfrentaremos, y los presenta en función de emisiones de GEI e incrementos globales de la temperatura del planeta Tierra. Corresponde a los ingenieros interpretar cómo esos escenarios de cambio climático impactarán la infraestructura y las actividades que soportan nuestra actual civilización, y lo más importante cómo disminuir esas emisiones de GEI, cómo generar medidas de mitigación y de adaptación, cómo generar resiliencia y la alerta temprana en nuestra infraestructura vital. Espinosa (2019).

A1.2. Gases de Efecto Invernadero (GEI)

Apartando el Dióxido de Carbono (CO_2), se puede afirmar que el Metano (CH_4) es el gas de efecto invernadero antropogénico más profuso, significando más o menos el 20% de las emisiones globales. Se le considera un "forzador del clima a corto plazo", lo cual significa que su permanencia en la atmósfera es de corta duración, alrededor de doce (12) años. Sin embargo, a pesar de esta característica y el hecho de que se emite en cantidades inferiores al Dióxido de Carbono (CO_2), su Potencial de Calentamiento Global (PCG), es decir, la capacidad del gas de atrapar calor en la atmosfera, es 28 veces mayor. Por esta razón, las emisiones de Metano (CH_4) contribuyeron con un tercio (1/3) del calentamiento antropogénico actual.

Para el Óxido Nitroso (N_2O), su presencia en la atmósfera es menos profusa que el Dióxido de Carbono (CO_2), aunque su permanencia está alrededor de 114 años y su Potencial de Calentamiento Global (PCG) es 265 veces superior. La agricultura es la mayor fuente de N_2O de origen humano (representa dos tercios de estas emisiones). Otras son, la industria y la quema de combustibles fósiles, así como, la quema de biomasa y las aguas residuales. En aguas residuales, es importante el cálculo de este gas de efecto invernadero debido a que se produce en Plantas de Tratamiento de Aguas residuales, como subproducto durante los procesos de nitrificación/desnitrificación o en cursos de agua donde el agua residual cruda o parcialmente tratada es descargada.

El informe del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), titulado "Reducir el N_2O para proteger el clima y la capa de ozono", señala que el N_2O es ahora la emisión más importante de una sustancia que agota el ozono y el tercero en importancia de los gases de efecto invernadero que se liberan a la atmósfera terrestre.

En el tema de emisión de gases de efecto invernadero (GEI) revisten mucha importancia la desnitrificación y la metanogénesis. En el caso de la desnitrificación su vinculación con las emisiones de GEI no es tan evidente como en la metanogénesis, lo cual es oportuno aclarar.

En la desnitrificación a gas Nitrógeno (N_2) la secuencia reductora desasimilatoria se establece de la siguiente manera (Madigan *et al*., 1997) y (Stanier *et al.*, 1976):

$$NO_3 \rightarrow NO_2 \rightarrow NO \rightarrow \mathbf{N_2O} \rightarrow N_2$$

Como se observa en la secuencia reductora desasimilatoria, aparece como producto intermedio el Óxido Nitroso (N_2O), que como se ha dicho es un GEI con un Potencial de Calentamiento Global de 265 veces más potente que el CO_2 y un tiempo de permanencia atmosférico de unos 114 años.

Además, el N_2O es un gas que afecta la capa de Ozono, conforme se deduce de las Ecuaciones de Chapman, que explican cómo ciertos radicales en las altas capas de la atmósfera terrestre y en presencia de la Radiación UV, transforman el Ozono (O_3) en Oxígeno Molecular (O_2).

A1.3. Cuantificación de Gases de Efecto Invernadero (GEI) por aguas residuales municipales en las parroquias de los municipios de la Zona Panamericana del estado Mérida y de las parroquias del municipio Andrés Bello de la Zona Panamericana del estado Trujillo

La cuantificación de GEI por aguas residuales en las parroquias de los distintos municipios de la Zona Panamericana fue calculada siguiendo las directrices y la metodología establecida por el IPCC (2006) y sistematizada por Espinosa (2019).

La Tabla A1.1 presenta las emisiones de Metano (CH_4) para las parroquias de los municipios de la Zona Panamericana del estado Mérida, para el año 2020. En ella se observa que el municipio Alberto Adriani totaliza por emisiones de Metano unas 16 905,12 t CO_2-eq, donde la parroquia Presidente Betancourt emite prácticamente el 50%, unas 8 568,75 t CO_2-eq y la parroquia Pulido Méndez apenas 28,2 t CO_2-eq. En el otro extremo, el municipio Justo Briceño con 692 t CO_2-eq donde su parroquia San Cristóbal de Torondoy sólo emite 233,85 t CO_2-eq.

La Tabla A1.2 presenta las emisiones de Metano (CH_4) para las parroquias del municipio Andrés Bello de la Zona Panamericana del estado Trujillo, calculadas para el año 2020. El municipio Andrés Bello totaliza emisiones por 2 337,09 t CO_2-eq y su parroquia La Esperanza totaliza emisiones por 690,48 t CO_2-eq.

La Tabla A1.3 presenta las emisiones de Óxido Nitroso (N_2O) para las parroquias de los municipios de la Zona Panamericana del estado Mérida, para el año 2020. En ella se observa que el municipio Alberto Adriani totaliza por emisiones de Óxido Nitroso unas 5 486,24 t CO_2-eq, donde la parroquia Presidente Betancourt emite más del 50%, unas 3 095,59 t CO_2-eq y la Parroquia Pulido Méndez apenas 15,57 t CO_2-eq. En el otro extremo, el municipio Justo Briceño con 110,78 t CO_2-eq donde su parroquia San Cristóbal de Torondoy sólo emite 29,84 t CO_2-eq.

La Tabla A1.4 presenta las emisiones de Óxido Nitroso (N_2O) para las parroquias del municipio Andrés Bello de la Zona Panamericana del estado Trujillo, calculadas para el año 2020. El municipio Andrés Bello totaliza emisiones por 381,63 t CO_2-eq y su parroquia La Esperanza totaliza emisiones por 87,19 t CO_2-eq.

Tabla A1.1. *Cuantificación de emisiones de Metano (CH_4) por aguas residuales municipales, en las Parroquias y Municipios de la Zona Panamericana del Estado Mérida, para el año 2020.*

Municipio	Parroquia	Población	TOW_i	EF_i	Emisiones CH_4	Emisiones CO_2-eq
		(habitantes)	kg DBO/año	$kgCH_4$/ kgDBO	Toneladas (t)	Toneladas (t)
Obispo Ramos de Lora.	Capital Obispo Ramos de Lora.	15.936	255.175,20	0,180688556	46,11	1.291,00
	Eloy Paredes	8.144	130.405,80	0,158811881	20,71	579,88
	San Rafael de Alcázar	5.772	92.424,15	0,24211878	22,38	626,57
Total		29.852	478.005,15		89,19	2.497,46
Caracciolo Parra Olmedo.	Capital Caracciolo Parra Olmedo.	24.034	384.844,43	0,194212963	74,74	2092,77
	Florencio Ramírez	9.389	150.341,36	0,194212963	29,2	817,55
Total		33.423	535.185,79		103,94	2.910,32
Julio César Salas.	Capital Julio César Salas.	14.398	230.547,98	0,181568377	41,86	1.172,09
	Palmira	3.057	48.950,21	0,327540984	16,03	448,93
Total		17.455	279.498,19		57,89	1.621,02
Alberto Adriani	Presidente Betancourt.	165.458	2.649.396,23	0,115508137	306,03	8.568,75
	Presidente Páez.	26.108	418.054,35	0,121817058	50,93	1.425,93
	Presidente Rómulo Gallegos.	46.403	743.028,04	0,131996731	98,08	2.746,16
	Gabriel Picón González.	36.157	578.963,96	0,118330241	68,51	1.918,25
	Héctor Amable Mora.	5.460	87.428,25	0,160899202	14,07	393,88
	José Nucete Sardi.	12.820	205.280,25	0,317358491	65,15	1.824,13
	Pulido Méndez.	832	13.322,40	0,075104551	1	28,02
Total		293.238	4.695.473,48		603,77	16.905,12

Tabla A1.1. *Cuantificación de emisiones de Metano (CH_4) por aguas residuales municipales, en las Parroquias y Municipios de la Zona Panamericana del Estado Mérida, para el año 2020. (Continuación)*

Municipio	**Parroquia**	**Población**	**TOW_i**	**EF_i**	**Emisiones CH_4**	**Emisiones CO_2-eq**
		(habitantes)	**kg DBO/año**	**$kgCH_4$/ kgDBO**	**Toneladas (t)**	**Toneladas (t)**
Tulio Febres Cordero.	Capital Tulio Febres Cordero.	19.885	318.408,56	0,163314917	52	1.456,02
	Independencia	10.447	167.282,59	0,286707531	47,96	1.342,91
	María de la Concepción Palacios y Blanco.	5.009	80.206,61	0,28437673	22,81	638,65
	Santa Apolonia.	4.827	77.292,34	0,307109515	23,74	664,64
Total		40.168	643.190,10		146,51	4.102,23
Andrés Bello	Andrés Bello	17.111	273.989,89	0,188666667	51,69	1.447,40
Total		17.111	273.989,89		51,69	1.447,40
Justo Briceño	Capital Justo Briceño.	4.326	69.270	0,236215098	16,36	458,15
	San Cristóbal de Torondoy.	1.595	25.540	0,327008547	8,35	233,85
Total		5.921	94.810		24,71	692

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A1.2 Cuantificación de emisiones de Metano (CH_4) por aguas residuales para las Parroquias del Municipio Andrés Bello de la Zona Panamericana del Estado Trujillo, calculadas para el año 2020.

Municipio	**Parroquia**	**Población**	**TOW_i**	**EF_i**	**Emisiones CH_4**	**Emisiones CO_2-eq**
		(habitantes)	**kg DBO/año**	**$kgCH_4$/** kgDBO	**Toneladas (T)**	**Toneladas (T)**
Andrés Bello	Santa Isabel	7.520	120.414,00	0,231940299	27,93	782,01
	Araguaney	3.055	48.918,19	0,230936902	11,3	316,32
	El Jagüito	5.163	82.672,54	0,236856187	19,58	548,28
	La Esperanza	4.660	74.618,25	0,330481752	24,66	690,48
Total		20.398	326.623		83,47	2337,09

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A1.3. *Cuantificación de emisiones de Óxido Nitroso (N_2O) por aguas residuales municipales, en las Parroquias y Municipios de la Zona Panamericana del Estado Mérida, para el año 2020.*

Municipio	**Parroquia**	**Población**	**$N_{EFLUENTE}$**	**Emisiones N_2O**	**Emisiones CO_2-eq**
		(habitantes)	**kg. N/año**	**Toneladas (t)**	**Toneladas (t)**
Obispo Ramos de Lora.	Capital Obispo Ramos de Lora.	15.936	143.194,04	*1,13*	298,15
	Eloy Paredes	8.144	73.178,48	*0,57*	152,37
	San Rafael de Alcazar.	5.772	51.864,71	*0,41*	107,99
Total		**29.852**	**268.237,24**	**2,11**	**558,51**
Caracciolo Parra Olmedo.	Capital Caracciolo Parra Olmedo.	24.034	215.959,19	1,7	449,66
	Florencio Ramírez	9.389	84.365,52	0,66	175,66
Total		**33.423**	**300.324,71**	**2,36**	**625,32**
Julio César Salas.	Capital Julio César Salas.	14.398	129.374,24	1,02	269,38
	Palmira	3.057	27.468,89	0,22	57,19
Total		**17.455**	**156.843,12**	**1,23**	**326,57**
Alberto Adriani	Presidente Betancourt.	165.458	1.486.734,44	11,68	3.095,59
	Presidente Páez.	26.108	234.595,26	1,84	488,46
	Presidente Rómulo Gallegos.	46.403	416.957,40	3,28	868,16
	Gabriel Picón González.	36.157	324.891,25	2,55	676,46
	Hector Amable Mora.	5.460	49.061,21	0,39	102,15
	José Nucete Sardi.	12.820	115.195,01	0,91	239,85
	Pulido Mendez.	832	7.475,99	0,06	15,57
Total		**293.238**	**2.634.910,58**	**20,7**	**5.486,24**

Tabla A1.4. *Cuantificación de emisiones de Óxido Nitroso (N_2O) por aguas residuales municipales, en las Parroquias y Municipios de la Zona Panamericana del Estado Mérida, para el año 2020 (continuación).*

Municipio	Parroquia	Población	$N_{EFLUENTE}$	Emisiones N_2O	Emisiones CO_2-eq
		(habitantes)	kg. N/año	Toneladas (t)	Toneladas (t)
Tulio Febres Cordero.	Capital Tulio Febres Cordero.	19.885	178.678,06	1,4	372,03
	Independencia	10.447	93.872,25	0,74	195,46
	María de la Concepción Palacios y Blanco.	5.009	45.008,72	0,35	93,71
	Santa Apolonia.	4.827	43.373,35	0,34	90,31
Total		**40.168**	**360.932,38**	**2,84**	**751,51**
Andrés Bello	Andrés Bello	17.111	153.752,09	1,21	320,13
Total		**17.111**	**153.752,09**	**1,21**	**320,13**
Justo Briceño	Capital Justo Briceño.	4.326	38.871,58	0,31	80,94
	San Cristóbal de Torondoy.	1.595	14.331,98	0,11	29,84
Total		**5.921**	**53.203,56**	**0,42**	**110,78**

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A1.5. *Cuantificación de emisiones de Óxido Nitroso (N_2O) por aguas residuales para las Parroquias del Municipio Andrés Bello de la Zona Panamericana del Estado Trujillo, calculadas para el año 2020.*

Municipio	Parroquia	Población	$N_{EFLUENTE}$	Emisiones N_2O	Emisiones CO_2-eq
		Habitantes	kg. N/año	Toneladas (T)	Toneladas (T)
Andrés Bello	Santa Isabel	7.520	67.571,49	0,53	140,69
	Araguaney	3.055	27.450,92	0,22	57,16
	El Juagüito	5.163	46.392,50	0,36	96,6
	La Esperanza	4.660	41.872,76	0,33	87,19
TOTALES		**20.398**	**183.287,66**	**1,44**	**381,63**

Fuente: Elaboración propia.

Referencias Bibliográficas

ESPINOSA C (2019) Gases de Efecto Invernadero por Aguas Residuales Municipales en la ciudad de Mérida, Venezuela. Trabajo de Incorporación a la Ilustre Academia de Mérida, como Miembro Correspondiente Estatal. Casa de los Antiguos Gobernadores. Mérida, Venezuela.

IPCC (2006) Directrices para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. *Panel Intergubernamental para el Cambio Climático.* Volumen 2, Capitulo 3.

MADIGAN M, MARTINKO J y PARKER K (1997) Biología de los Microorganismos. Octava Edición. ISBN 84-89660-36-0. *Prentice Hall International*, UK.

Naciones Unidas - Comisión Económica para América Latina y el Caribe, CEPAL (2016) Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Una oportunidad para América Latina y el Caribe. Recuperado de: https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40155/10/S1700334_es.pdf

NRC (2013) Cambio Climático: Evidencias, Impactos y Opciones. Consejo Nacional de Investigaciones de las Academias Nacionales de Ciencias, Ingeniería y del Instituto de Medicina de los Estados Unidos. *Red Interamericana de Academias de Ciencias (IANAS).* Washington, DC, USA.

REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA (2011) Censo Nacional 2011. *Instituto Nacional de Estadísticas*. Caracas.

STANIER, R., ADELBERG, E. and INGRAHAM, J. (1976) The Microbial World. Fourth Edition. *Prentice Hall*, Inc. New Jersey. USA.

APÉNDICE 2
FUNCIONES DE LOS ACTORES Y ANÁLISIS LEGAL

Tomado, revisado y adaptado de Mejías (2008)

A2.1. Alcaldías de los Municipios

El poder público municipal está conformado por el Alcalde a quien le corresponde el gobierno y la administración. Este órgano en el ejercicio de sus funciones incorporará la participación ciudadana en el proceso de definición y ejecución de la gestión pública y en el control y evaluación de sus resultados, en forma efectiva, suficiente y oportuna, para lo cual deberá crear los mecanismos que lo garanticen.

Por otra parte, el poder público municipal deberá regirse por las diferentes leyes que lo rigen así como la Ley Orgánica Municipal.

En el Artículo 36 de la Ley de Régimen Municipal (LRM) ordinal 1º y 10º expresa que "Son de la competencia propia del Municipio las siguientes materias:

1º. Acueductos, cloacas, drenajes y tratamiento de aguas residuales.

10º. Protección del ambiente y cooperación con el saneamiento ambiental.

Dentro de una alcaldía se encuentran los "Institutos Autónomos Municipales" que son entidades locales de carácter público dotadas de personalidad jurídica y patrimonio propio e independiente del Fisco Municipal y cuyas competencias, atribuciones o actividades serán determinadas en la ordenanza que los crea". Artículo 43, Ley Orgánica de Régimen Municipal –LORM-.

El Artículo 41 en su ordinal 2º dice que la prestación de los servicios públicos municipales podrá ser realizada por los Institutos Autónomos Municipales mediante delegación.

Por su condición de persona jurídica de carácter público, creado como tal por la Cámara Municipal por medio de Ordenanza, el Instituto Autónomo Municipal recibe a través de su máxima autoridad o Presidente la potestad de contratación individual del personal técnico requerido para el ejercicio de sus funciones tanto administrativas como operativas, las cuales se regirán por la Ley Orgánica del Trabajo y su Reglamento, siempre y cuando así lo establezca la ordenanza respectiva como norma de excepción. Este régimen jurídico puede facilitar la administración de los recursos humanos requeridos para el mejor desempeño del instituto.

A2.2. Ministerio del Poder Popular para el Ambiente

En su función corresponde la regulación, formulación y seguimiento de la política ambiental del Estado Venezolano, la planificación, la coordinación y realización de actividades del Ejecutivo Nacional para el fomento y el mejoramiento de la calidad de vida del ambiente y de los recursos naturales; el diseño y la implementación de las políticas educativas ambientales, el ejercicio de la autoridad nacional de las aguas; la planificación y ordenación del territorio; la administración y gestión en cuencas hidrográficas; la conservación, defensa, manejo, restauración, aprovechamiento, uso racional y sostenible de los recursos humanos y de la biodiversidad; el manejo y control de los recursos forestales.

Se tiene que en el Decreto Presidencial Nº 5246 sobre Organización y Funcionamiento de la Administración Pública Central, se le asigna al Ministerio del Poder Popular para el Ambiente, la competencia nacional en materia de aguas. Esa competencia es lo que da lugar a la Autoridad Nacional de las Aguas, según el Artículo 23 de la Ley de Aguas. Al respecto se crea (Artículo 13 de la LOPSAPS) "la Oficina Nacional para el Desarrollo de los Servicios de Agua Potable y de Saneamiento (ONDESAPS), como servicio autónomo sin personalidad jurídica, con autonomía administrativa, financiera y de gestión de sus recursos físicos, presupuestarios y de personal. Dicha oficina estará adscrita administrativamente al Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales y se regirá por las disposiciones contenidas en Ley y sus Reglamentos".

A2.3. Aguas de Mérida

La Empresa Aguas de Mérida C. A., garantiza de manera efectiva y oportuna, la administración de la prestación de los servicios públicos de agua potable, recolección, tratamiento y disposición de aguas servidas, preserva los recursos hídricos, protege el ambiente y contribuye a elevar la calidad de vida de la población del Estado Mérida.

Entre sus políticas se encuentra "Promover modelos de gestión (cooperativas o micro-empresas) que estimulen la participación activa de las municipalidades y comunidades organizadas, en la prestación de los servicios de Agua Potable y Recolección, Tratamiento y Disposición de Aguas Residuales".

En los últimos años, la empresa Aguas de Mérida C.A. ha iniciado un arduo trabajo en el área de Saneamiento en el Estado, para cumplir con lo que establece la Misión de la empresa: **"**garantizar de manera efectiva y oportuna, la administración de los servicios públicos de agua potable,

recolección, tratamiento y disposición de aguas servidas…", dando cumplimiento, a su vez, a lo contemplado en la Ley Orgánica para la prestación de los Servicios de Agua Potable y de Saneamiento.

A2.4. Instituto para la Conservación del Lago de Maracaibo. (ICLAM)

El Instituto para el Control y la Conservación de la Cuenca Hidrográfica del Lago de Maracaibo (ICLAM) es un Organismo Autónomo, adscrito al Ministerio del Ambiente, con el propósito de lograr el manejo sustentable y racional de los recursos naturales de la Cuenca del Lago.

En su misión se encuentra "controlar, coordinar, diseñar y desarrollar proyectos de investigación, asesorar la toma de decisiones técnicas, brindar apoyo experto, fomentar, identificar y aprovechar oportunidades de cooperación nacional e internacional y evaluar en forma integral los daños que se ocasionen al ambiente, a los fines de formular políticas, programas y normas de uso, con el propósito de garantizar el aprovechamiento sustentable de los recursos de la Cuenca del Lago de Maracaibo, conformada por los estados Zulia, Mérida, Táchira, Trujillo y parte de Lara y Falcón y el Norte de Santander de la República de Colombia.

A2.5. Servicio Autónomo de Vivienda Rural SAVIR (antigua Dirección de Malariología y Saneamiento Ambiental)

Este Servicio está encargado de la ejecución de políticas de vivienda y dotación de servicios de agua y disposición de aguas servidas en el medio rural y en otras áreas que ameriten su atención, a fin de disminuir la morbilidad y mortalidad de estas poblaciones y el saneamiento ambiental, permitiendo así, mejorar la calidad de vida de las familias, su arraigo y consolidación al medio, impulsando así, al desarrollo social y económico de esta parte del país.

A2.6. Consejos Comunales

El Consejo Comunal es la forma de organización más avanzada que pueden darse los vecinos de una determinada comunidad para asumir el ejercicio real del poder popular, es decir, para poner en práctica las decisiones adoptadas por la comunidad. Es, además, la instancia básica de planificación, donde el pueblo formula, ejecuta, controla y evalúa las políticas públicas. Así, incorpora a las diferentes expresiones organizadas de los movimientos populares. Entre las organizaciones comunitarias se encuentran las Mesas Técnicas de Agua y los Comités de Salud.

A2.7. Mesas Técnicas de Aguas

Las Mesas Técnicas de Aguas tendrán por objeto conocer la gestión de los servicios, opinar sobre las propuestas de inversión ante las autoridades nacionales, estatales y municipales, así como en la evaluación y supervisión de obras destinadas a la prestación de los servicios de agua potable y de saneamiento de dicha comunidad.

La Figura de la Mesa Técnica de Agua aparece perfectamente definida en el Artículo 77 de la LOPSAPS, y sus funciones son las siguientes:

1. Representar las comunidades y grupos vecinales organizados ante los prestadores de los servicios.
2. Divulgar información sobre aspectos relativos a la prestación de los servicios y en particular sobre los derechos y obligaciones de los suscriptores.
3. Exigir el cumplimiento de sus derechos y cumplir los deberes inherentes a los servicios prestados.
4. Orientar la participación de la comunidad en general y de los suscriptores y usuarios en particular, en el desarrollo y en la supervisión de la prestación de los servicios.
5. Proponer a los prestadores de los servicios los planes y programas que pudieran concederse a los suscriptores para el pago de la prestación de los servicios y así resolver las deficiencias o fallas que pudiesen existir.
6. Colaborar con los prestadores de los servicios en los asuntos que sometan a su consideración y cualquier otro que permita satisfacer adecuadamente sus derechos.

A2.8. Juntas Parroquiales.

Según el Artículo 78 de la Ley Orgánica del Régimen Municipal, “La Junta Parroquial tendrá facultades administrativas y de prestación de servicios, conforme a lo dispuesto en la Ordenanza respectiva y demás instrumentos jurídicos municipales”. Constituyen un mecanismo para desconcentrar las funciones administrativas del municipio en los asuntos que le sean delegados**.** Representan un mecanismo de consulta y comunicación permanente entre todos los ciudadanos, sus organizaciones sociales y los órganos de gobierno más próximos. Las Juntas Parroquiales son importantes porque promueven la participación ciudadana en los asuntos comunitarios. Tienen el

deber de comunicarle al Alcalde y al Concejo Municipal, las aspiraciones de los vecinos en torno a la prioridad, urgencia, ejecución, reforma o mejora de las obras y servicios locales.

A2.9. Análisis Legal.

En nuestro país, en la Constitución de la República Bolivariana de Venezuela, se establece (Artículo 304) que las aguas son bienes de dominio público de la Nación y que la ley garantizará su protección, al tiempo que en el Artículo 127 se consagra la obligación del Estado, con la activa participación de la sociedad, de garantizar la protección del agua, además de otros elementos de los ecosistemas.

En la Ley de Aguas, en su Artículo 4, se hace referencia a la gestión integral de las aguas, asociada a su conservación y protección y a la prevención y control de los posibles efectos negativos de las aguas sobre la población y sus bienes. Por su parte en el Artículo 5 se menciona, entre otros aspectos, que el agua es un derecho humano y un bien social. Como parte de las medidas de protección del agua, esta ley ordena en su Artículo 12 el establecimiento de rangos y límites máximos de elementos contaminantes en los efluentes líquidos generados por fuentes puntuales y el establecimiento de condiciones y medidas para controlar el uso de agroquímicos y otras fuentes de contaminación no puntuales. Además, en el Artículo 18 se hace referencia a los programas y proyectos que deben ser implementados para la conservación de las cuencas hidrográficas, mientras que en el Artículo 54 se menciona y se define a las zonas protectoras de cuerpos de agua y en el Artículo 55 a las reservas hidráulicas como Figura de régimen de administración especial.

Por otra parte, en la Ley Orgánica para la Prestación de los Servicios de Agua Potable y Saneamiento (LOPSAPS) se señala (Artículo 3) que los servicios serán prestados en consonancia con la preservación de la salud pública, el recurso hídrico y el ambiente, y que todos los ciudadanos deben tener acceso a la provisión de los servicios de agua potable y saneamiento, ampliándose este aspecto en el Artículo 36, en el que se precisa que los servicios de agua potable y de saneamiento deberán ser prestados en condiciones que garanticen su calidad, generalidad y costo eficiente. Por su parte, en el Artículo 66 se señala que los prestadores de los servicios deberán publicar periódicamente información actualizada sobre la calidad de los servicios.

En la misma LOPSAPS, se especifican claramente las competencias para cada nivel de gobierno: El nivel nacional se encarga fundamentalmente de la definición de políticas, formulación de

normativas, financiamiento y fiscalización (Artículo 9); el nivel estadal tiene que ver con asistencia técnica, administrativa y financiera (Artículo 10); y el nivel municipal con la prestación y control de los servicios de agua potable y saneamiento (Artículo 11). Esto último coincide con lo establecido en el Numeral f, Artículo 56, de la Ley Orgánica del Poder Público Municipal. La prestación de los servicios de agua potable y saneamiento se puede hacer bajo la Figura de la concesión otorgada, por un período máximo de veinte (20) años, por distritos metropolitanos, municipios o mancomunidades de municipios, a empresas públicas o privadas, quienes asumen por su cuenta y riesgo dichas funciones (Artículos 54 y 55 de la LOPSAPS).

Adicionalmente a las instituciones del gobierno propiamente, la ley consagra una serie de posibilidades para que la sociedad organizada colabore con el proceso de gestión del agua. En el Artículo 2 de la Ley de los Consejos Municipales se le permite al pueblo organizado (organizaciones comunitarias) ejercer directamente la gestión de las políticas públicas y proyectos orientados a responder a las necesidades y aspiraciones de las comunidades en la construcción de una sociedad de equidad y justicia social. Así como en el numeral 8 del Artículo 4 de la misma ley, se menciona, entre las organizaciones comunitarias, a las mesas técnicas de aguas.

La Ley Orgánica del Ambiente en el Capítulo II, Artículo 39 expresa "Todas las personas tienen el derecho y el deber de participar en los asuntos relativos a la gestión del ambiente"

La Ley Orgánica para la Prestación de los Servicios de Agua Potable y de Saneamiento (LOPSAPS), estipula un conjunto de organizaciones orientadas a garantizar la participación de la comunidad en los procesos de planificación y gestión de los servicios de agua potable y saneamiento, así como supervisión y control de su prestación.

El Artículo 5, referido a los objetivos de la ley, establece textualmente en el literal h: "promover la participación de los ciudadanos organizados en el desarrollo y en la prestación de los servicios". Esta participación puede darse de dos maneras: a través de la gestión directa de los servicios (Artículos 42, 46, 62) o en mediante el ejercicio de la contraloría social de éstos.

En este sentido, la empresa Aguas de Mérida ha puesto en marcha estos mecanismos, a través de la Unidad de Participación Comunitaria, que brinda la atención que requieren de la Empresa todos los ciudadanos.

APÉNDICE 3

INGENIERÍA BÁSICA DEL HUMEDAL CONSTRUIDO PROPUESTO PARA LA PLANTA BENEFICIADORA DE AVES. PARROQUIA LA ESPERANZA, MUNICIPIO ANDRES BELLO, ZONA PANAMERICANA DEL ESTADO TRUJILLO

A3.1. Justificación

El efluente de la primera laguna facultativa (efluente final del sistema de tratamiento) indica en su caracterización que los parámetros Aceites y Grasas Totales, NMP de Coliformes Totales, DQO y Nitrógeno Total están fuera de lo especificado en la Norma de Efluentes (Decreto 883). Es importante notar, además, el contenido de Sólidos Totales (mayor de 1 000 g/m^3) y el color verde amarillento del efluente final en muestreos de control realizados antes de 2009, y a partir de la incorporación de los efluentes crudos de la Planta de Subproductos al Sistema de Lagunas de la Planta Beneficiadora de Aves (PBA), estos parámetros se han incrementado hasta salirse de Norma.

Se considera, a diferencia de lo que se ha planteado en los últimos años al Grupo Agroindustrial propietario de la PBA, que la incorporación de una laguna facultativa secundaria aguas abajo de la Laguna Facultativa Primaria existente, no resolvería el problema de los Sólidos Totales, ya que gran parte de estos sólidos son de origen algal, producidos por la fertilidad de las aguas en la laguna facultativa primaria existente. Por otra parte, el Nitrógeno Total presente en el efluente final, que es 50% mayor que el valor de la Norma, debe estar principalmente en forma de NO_3^{-2} (forma muy soluble y estable de Nitrógeno). Para remover nitrógeno en forma de NO_3^{-2} de un sistema acuático se requiere de un ambiente anóxico que favorezca la desnitrificación (paso mediante una secuencia reductora desasimilatoria de NO_3^{-2} a N_2). En conclusión, la construcción de una Laguna facultativa secundaria no resolvería el problema de los sólidos algales, más bien los incrementaría; por otra parte, es bueno aclarar que al incrementarse los sólidos algales se incrementarán la DBO y la DQO del efluente final del sistema.

Un Humedal Construido es una alternativa para dar solución a los parámetros fuera de Norma. El Humedal funciona como un filtro que retendría los sólidos algales producidos en la laguna facultativa primaria, disminuyendo a la vez la DBO y la DQO. El medio anóxico predominante en el Humedal favorecería la desnitrificación, actuando esta como mecanismo de remoción al transformar los Nitratos (NO_3^{-2}) a Nitrógeno gas (N_2). Las plantas macrofitas del Humedal requieren de formas mineralizadas de Nitrógeno y Fósforo, las cuales tomarían del agua residual

a través de sus raíces, estableciendo un mecanismo adicional de remoción de N y P denominado absorción o asimilación vegetal.

Con base en lo anteriormente expuesto, se considera que el emplazamiento de un Humedal Construido aguas abajo de la Laguna Facultativa Primaria existente, constituye una opción más viable para solucionar la problemática planteada.

A3.2. Mecanismos de remoción

Los humedales construidos pueden reducir significativamente la materia orgánica expresada en términos de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) y Sólidos Suspendidos Totales (SST), los nutrientes (N y P), además de patógenos y metales pesados. Los mecanismos básicos del tratamiento incluyen sedimentación, precipitación química, adsorción, e interacción microbiana (biodegradación) de DBO, SST, y nutrientes (N y P), así como absorción por la vegetación presente.

La Tabla A.3.1 presenta los principales mecanismos de remoción de contaminantes que se establecen en Humedales Construidos, ya sea para Humedales de tipo Flujo Superficial Libre o de Flujo Subsuperficial.

A.3.3. Predimensionamiento del Humedal Construido.

Para realizar el predimensionamiento se seguirán los criterios desarrollados por Polprasert et al (2000).

A.3.3.1. Planteamiento

Se requiere predimensionar un humedal construido para producir un efluente secundario avanzado, con una temperatura media del agua residual de 25°C. El caudal a tratar es 281 m^3/d (3,25 l/s) y proviene de una laguna facultativa primaria con una DBO = 60 g/m^3. Se requiere un efluente final con DBO = 30 g/m^3. Se fija la DBO en 60 g/m^3 por ser la condición más desfavorable dada por la Norma de Efluente.

Para poblar los humedales se utilizará la *Typha* (cola de gato), una planta herbácea adaptada a vivir en suelos saturados y disponible en la zona.

A.3.3.1.1. Humedal de Flujo Superficial Libre (HFSL)

a. Se asume una pendiente para el fondo del humedal de 1% (S = 0,01), para facilitar el drenaje del mismo de ser requerido.

b. Cálculo de la constante de reacción K_T y del tiempo hidráulico de residencia T:

$K_T = K_{25} = K_{20}\,(1,1)^{(T-20)} = 0,0057\ (1,1)^{(25-20)} = 0,00992\ d^{-1}$
$T = ((\ln C_e - \ln C_s) - 0,6539) / (65\ K_T) = ((\ln 60 - \ln 30) - 0,6539) / (65\ (0,00992))$
$T = 0,0656\ d$

b. Se adopta una profundidad de agua en el humedal de 10 cm (0,10 m) y se calcula un estimado del área superficial requerida.

$A = (Q(\ln C_e - \ln C_s - 0,6539)) / (65\ K_T\ H)$
$A = (281(\ln 60 - \ln 30 - 0,6539)/(65(0,0092)(0,10)))\ (1ha/10.000m^2$
$A = 0,01844\ ha = 184,42\ m^2$

c. Asumiendo una relación largo:ancho de 10:1 se determinan las dimensiones del canal del humedal.

$A = \text{largo x ancho} = 10\ \text{ancho x ancho} = 10\ (\text{ancho})^2 = 184,42\ m^2$

Resolviendo:

ancho = 4,30 m
largo = 430 m

Usar dos (2) unidades en paralelo de 4,5 m x 45 m, con una berma intermedia de 2,00 m. Área requerida para el emplazamiento 11,00 m x 45,00 m, o sea, 495 m^2.

La Figura A3.1 presenta en planta y sección el emplazamiento propuesto para el Humedal de Flujo Superficial Libre (HFSL), basado en la Ingeniería Básica realizada.

A.3.3.1.2 Humedal de Flujo Subsuperficial Horizontal (HFS).

a. Se considera que la *Typha* penetra sus raíces unos 30 cm (0,30m) en el medio de soporte. Para facilitar el drenaje de la unidad se adopta una pendiente de 1% (S = 0,01).

b. Se escoge como medio de soporte una arena gravosa con $K_s = 500\ m^3/m^2.d$ y porosidad N = 0,35. Se verifica el producto K_sN para evitar la disgregación del medio.

$K_sN = 500\ m^3/m^2.d\ (0,01) = 5\ m/d < 8,6\ m/d$ OK

c. Cálculo de la constante de remoción a 25 °C

$K_{25} = K_{20}\ (1,1)^{(25-20)} = 0,86\ (1,1)^5 = 1,39\ d^{-1}$
$K_{20} = 0,86\ d^{-1}$

d. Se calcula el área de la sección transversal del lecho.

$A_c = Q / K_s S = 281\ m^3\ d^{-1} / 5\ m\ d^{-1} = 56,20\ m^2$

e. Cálculo del ancho del humedal.

$W = A_c / d = 56,20\ m^2 / 0,50\ m$
$W = 112,4\ m$

f. Cálculo del área superficial requerida:

$As = (Q\ (\ln Ce - \ln Cs))/(K_{25}\ N\ H) = (281(\ln 60 - \ln 30))/((1,39)(0,35)(0,50))$
$As = 800,72\ m^2$

g. Cálculo de la longitud del lecho y el tiempo hidráulico de residencia del sistema.

$L = As / W = 800,72\ m^2 / 112,4\ m = 7,12\ m$
$T = V / Q = LWHN / Q = (7,12m)(112,4m)(0,50m)(0,35m) / 281\ m^3 d^{-1}$

$T = 0,50\ d$

Para diseño usar dos unidades de:

Ancho W = 50 m
Largo L = 7,5 m
Área requerida estimada para el emplazamiento 20m x 50 m ($1.000 m^2$)

La Figura A3.2 presenta en planta y sección el emplazamiento propuesto para el Humedal de Flujo Subsuperficial (HFS), basado en el predimensionamiento realizado.

La Tabla A3.2 presenta un resumen de los resultados para ambos tipos de humedales considerados.

Tabla A.3.1. *Resumen de los principales mecanismos de remoción y transformación en humedales construidos para los contaminantes presentes en las aguas residuales.*

Contaminantes	**Humedal de flujo superficial libre (HFSL)**	**Humedal de flujo subsuperficial (HFS)**
Compuestos orgánicos biodegradables.	Biodegradación por bacterias aerobias, facultativas y anaerobias de DBO soluble, adsorción, filtración y sedimentación de la DBO particulada.	Bioconversión por bacterias facultativas y anaerobias en las plantas y detritos de la superficie.
Sólidos suspendidos	Sedimentación, filtración	Filtración, sedimentación
Nitrógeno	Amonificación seguida de Nitrificación/desnitrificación, asimilación vegetal, volatilización.	Amonificación seguida de Nitrificación/desnitrificación, asimilación vegetal, volatilización.Adsorción mátrica.
Fósforo	Sedimentación, asimilación vegetal	Filtración sedimentación asimilación vegetal
Metales pesados	Adsorción de las plantas y detritos de la superficie, sedimentación,asimilación vegetal	Adsorción de las raíces de las plantas y detritos de la superficie, sedimentación, asimilación vegetal
Organismos patógenos	Muerte progresiva, predación, irradiación UV, sedimentación, excreción de antibióticos por parte de las raíces de las plantas.	Muerte progresiva, predación, sedimentación, excreción de antibióticos por parte de las raíces de las plantas.

Fuente: Tomado y adaptado de Espinosa (2005).

Tabla A3.2**.** *Características de los Humedales propuestos, con base en su Ingeniería Básica.*

Característica o Parámetro	**Humedal Flujo Superficial Libre**	**Humedal Flujo Subsuperficial**
Caudal (m^3/d)	281	281
DBO_e (gO_2/m^3) (Ce)	60	60
DBO_s (gO_2/m^3) (Cs)	30	30
K_{25} (d^{-1})	0,0092	1,39
Tiempo Residencia (d)	0,13	0,50
Área Superficial (m^2)	405	750
Ancho (m)	4,5	100 (2 unidades 50m)
Largo (m)	90 (2 unidades 45m)	7,5
Pendiente del fondo	0,01	0,01

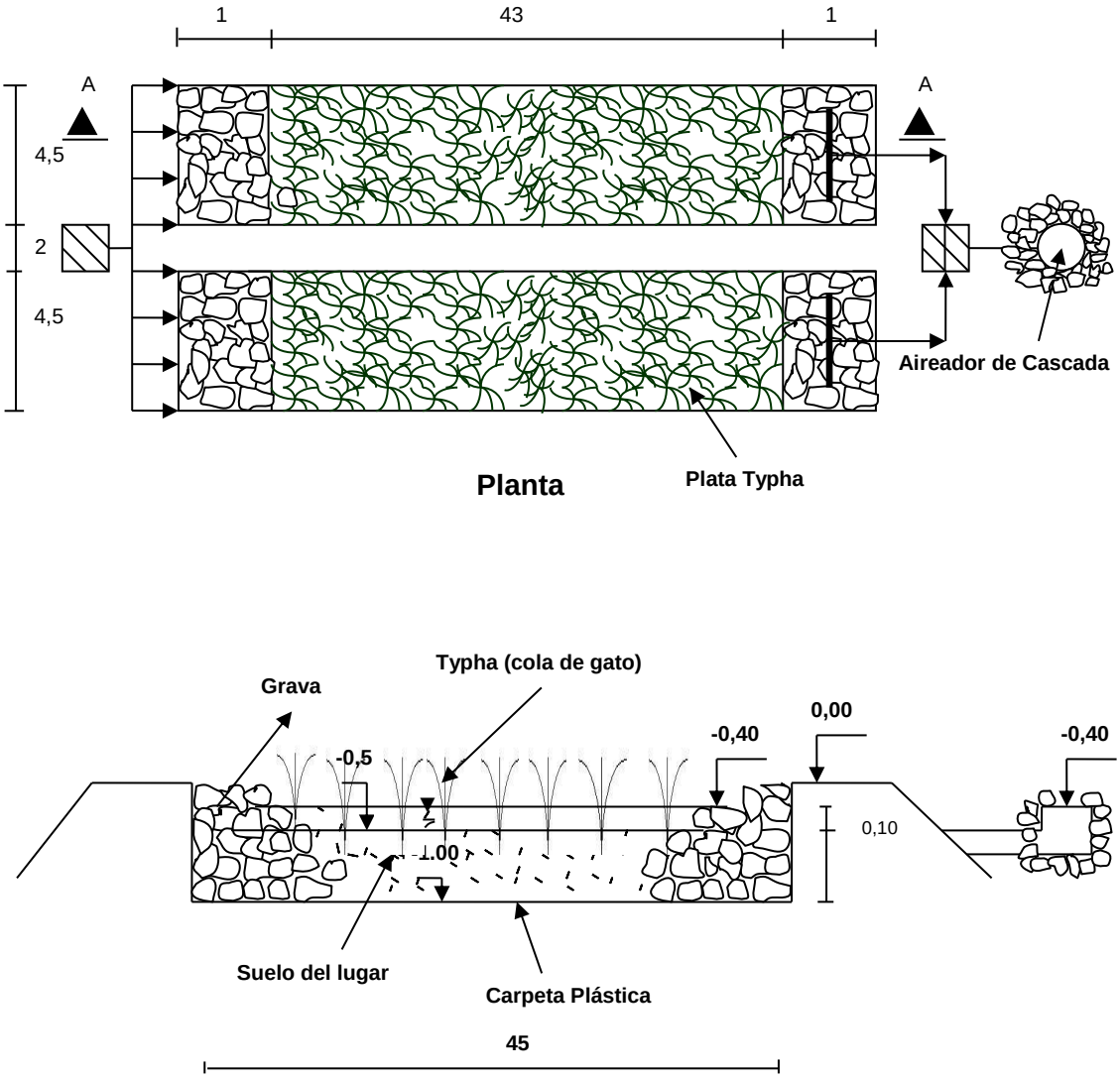


Figura A.3.1. *Planta y sección para el emplazamiento propuesto del humedal de flujo superficial libre. Las cotas están en metros.*

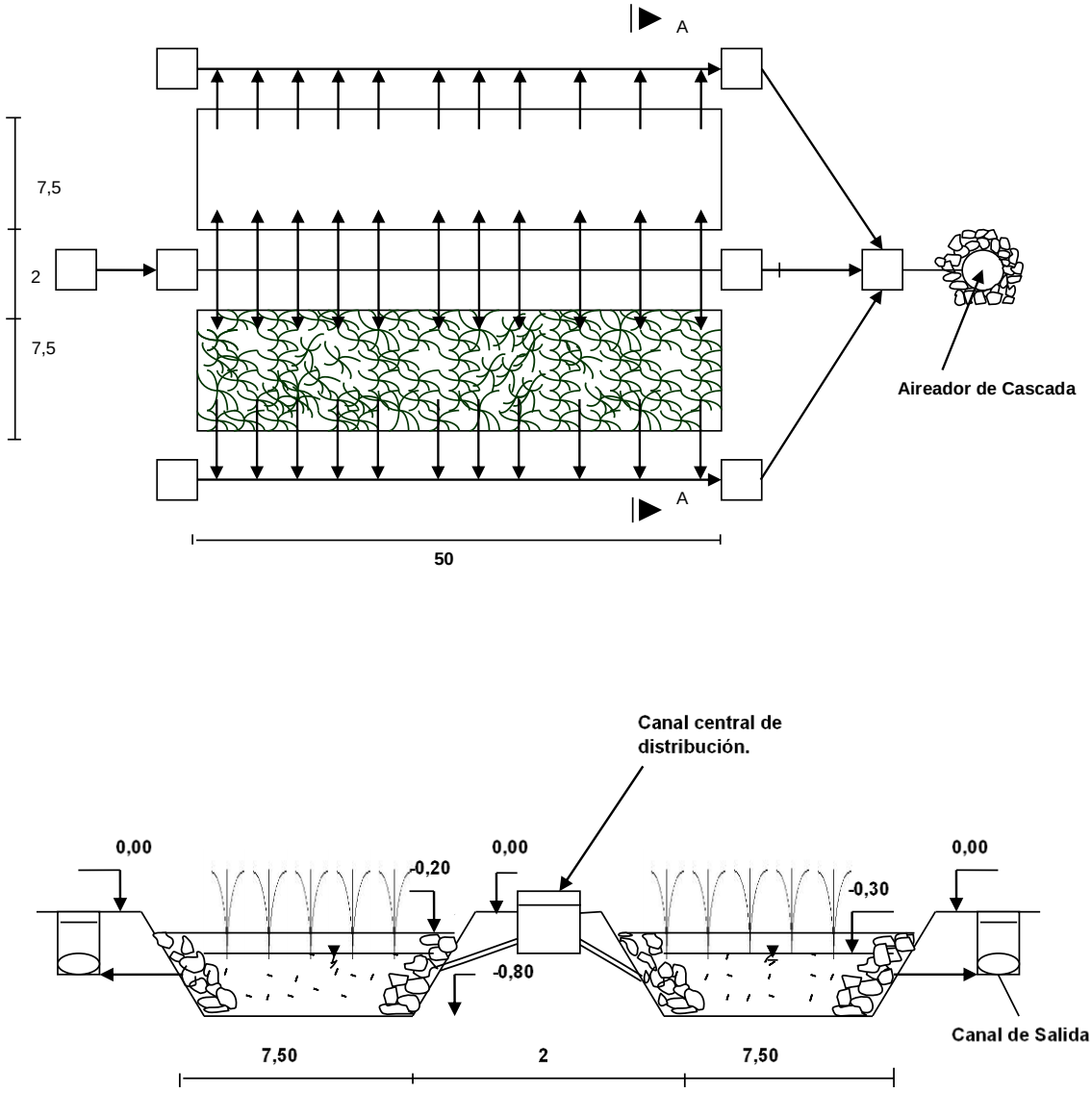


Figura A.3.2. *Planta y sección para el emplazamiento propuesto del humedal subsuperficial de flujo horizontal. Las cotas están en metros.*

Bibliografía Consultada

ESPINOSA C (2002) Humedales Construidos para el tratamiento de aguas residuales domésticas. *Casa Editora CIDIAT-ULA*. Mérida, Venezuela.

GORDON E (2000) Notas del curso Uso de humedales para el tratamiento de efluentes industriales y domésticos. Doctorado en Ecología. *Facultad de Ciencias. Universidad Central de Venezuela*. Caracas.

IWA (2000) Constructed wetlands for water pollution control. International Water Association. *Scientific and Technical Report # 8.* IWA Publishing. London. UK.

POLPRASERT C y XINAG R (2000) Constructed wetlands for wastewater treatment: principles and practices. Environmental Engineering Program. *School of Environment, Resources and Development. Asian Institute of Technology*, Bangkok, Thailand.

USEPA (1988) Constructed wetlands and aquatic plants systems for municipal wastewater treatment. *Design Manual. EPA-625/1-88/022*. USEPA, Office Res. Devel., Cincinnati, Ohio, USA.

VEENSTRA S y POLPRASERT C (1997) Wastewater Treatment. Lecture Notes EE010/97/1. *IHE-Delft.* The Netherlands.

WPCF (1990) Natural Systems for Wastewater Treatment. Manual of Practice FD-16. *Water Pollution Control Federation Alexandria*, VA, USA.

ISBN: 978-980-18-2130-4

