

Conceptualización de un modelo de gestión para lagunas de estabilización en el medio rural venezolano. Caso: Zona Panamericana del Estado Mérida, Venezuela.

Conceptualization of a management model for stabilization ponds in the Venezuelan rural environment.

Case: Pan-American zone of Mérida State, Venezuela

Espinosa – Jiménez, Carlos ^{1*}; Ramírez – Rodríguez, Stefanny ²; Mejías – Monsalve, Mabel ³; Jégat – Nicolo, Hervé ¹; Bachá – Peña, Miguel ⁴

¹ Centro Interamericano de Desarrollo e Investigación Ambiental y Territorial (CIDIAT). Vice Rectorado Académico, Universidad de Los Andes.

² Departamento de Ingeniería Hidráulica y Sanitaria. Escuela de Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad de Los Andes.

³ Universidad Nacional Experimental Sur del Lago Manuel María Semprún. Santa Bárbara, Estado Zulia. Venezuela

⁴ Instituto Tecnológico de Santo Domingo, República Dominicana

*caesji1958@gmail.com

Resumen

Se presenta la propuesta de un Modelo de Gestión basado en el Triángulo de la Sostenibilidad, para los sistemas lagunares del medio rural de la Zona Panamericana del Estado Mérida, Venezuela. Los aspectos ambientales considerados son la identificación y mitigación de los impactos ambientales en las fases de construcción y operación, así como el reúso del efluente y los subproductos de los Sistemas Lagunares. Para los aspectos sociales se contemplan los indicadores de Equidad Social Ambiental de cobertura de los servicios de agua potable y de alcantarillado. Los aspectos técnico-económicos involucran el Estudio Hidrodinámico de los prototipos de lagunas implementados, el Modelo Organizacional y la Viabilidad Económica. Entre las conclusiones y recomendaciones destacan que el modelo de gestión propuesto, de ser adaptado e implementado, tiene plena vigencia, ya que resolvería un problema de saneamiento, histórico y común, en todo el medio rural venezolano.

Palabras claves: modelo de gestión, lagunas de estabilización, sostenibilidad, saneamiento del medio rural, zona panamericana de Mérida.

Abstract

The proposal for a Management Model based on the Sustainability Triangle is presented for the pond systems of the rural environment, Pan American Zone, Merida State, Venezuela. The environmental aspects considered are the identification and mitigation of environmental impacts in the construction and operation phases, as well as the use of effluent and by-products of Pond Systems. For social aspects, the indicators of Environmental Social Equity coverage of drinking water and sewage services are provided. The technical-economic aspects involve the Hydrodynamic Study of the implemented pond prototypes, the Organizational Model and Economic Viability. Among the conclusions and recommendations are that the proposed management model, if adapted and implemented, is in full force and effect, as it would solve a problem of sanitation, historical and common, throughout the Venezuelan rural environment.

Keywords: management model, stabilization ponds, sustainability, rural sanitation, Pan-American zone of Merida

1 Introducción.

Diversos autores como Rengel (1977), Cubillos (1981), Tchobanoglous (1987), Arceivala (1999) y Espinosa (2021) se han referido a la conveniencia de utilizar lagunas de estabilización para el saneamiento en el medio rural en países tropicales. Se refieren además a que los sistemas de lagunas son fáciles de operar y mantener y por lo general de bajos costos de implementación. En Venezuela 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 existe un Modelo de Gestión que garantice la sostenibilidad de tan importante infraestructura sanitaria (Espinosa 2021).

2 Objetivos.

El objetivo de esta investigación es desarrollar conceptualmente un Modelo de Gestión que garantice la sostenibilidad de las lagunas de estabilización como herramienta fundamental del saneamiento en el medio rural de la Zona Panamericana del Estado Mérida, Venezuela.

3 Desarrollo Conceptual del Modelo.

El Modelo de Gestión que se propone se basa en el concepto de sostenibilidad definido como el equilibrio entre los aspectos ambientales, sociales y técnico-económicos involucrados. La Figura 1 esquematiza este concepto.

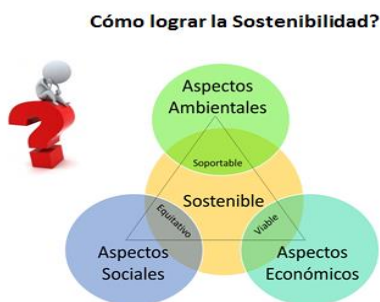


Fig. 1. Ilustración de la sostenibilidad considerando aspectos ambientales, sociales y técnico-económicos.

Fuente: Elaboración propia.

En los aspectos ambientales serán considerados la Identificación de los Impactos Ambientales en las fases de construcción y operación del proyecto para la formulación

de las medidas de atenuación, así como el reúso del efluente y los subproductos en los sistemas lagunares.

En los aspectos sociales se contemplarán el Indicador de Equidad Social Ambiental de cobertura del servicio de agua potable y el Indicador de Equidad Social Ambiental de cobertura del servicio de alcantarillado.

En los aspectos Técnicos y Económicos serán considerados el Estudio Hidrodinámico de los prototipos de lagunas implementados, el Modelo Organizacional y la Viabilidad Económica.

3.1 Aspectos Ambientales.

3.1.1 Identificación de los Impactos Ambientales en las fases del proyecto:

La Tabla 1 presenta para la fase de construcción de los sistemas de lagunas la identificación de los impactos ambientales y sus respectivas medidas de mitigación. Se puede observar que los impactos ambientales identificados pueden ser perfectamente mitigados con las medidas propuestas. La Tabla 2 muestra para la fase de operación de las lagunas los impactos ambientales asociados, así como las medidas de mitigación propuestas. Para ambas fases, construcción y operación, se razona que los impactos identificados son perfectamente controlados y atenuados con las medidas de mitigación propuestas. El manejo de los lodos biológicos y los desechos sólidos del cribado serán contemplados en el sistema integrado propuesto basado en el reúso del efluente y los subproductos en el siguiente punto. Los lodos biológicos removidos del fondo y los flotantes en superficie, así como los desechos sólidos retenidos en el cribado, deben ser manipulados con precaución y con la debida protección sanitaria por el personal obrero involucrado, ya que contienen patógenos

3.1.2 Reúso del efluente y los subproductos en los sistemas lagunares:

La Figura 2 presenta el Sistema Integrado propuesto para los sistemas lagunares ubicados en el medio rural de la Zona Panamericana del Estado Mérida, el cual está basado en el reúso del efluente y los subproductos.

La comunidad rural se abastece de agua potable de un acueducto y genera aguas residuales eminentemente domésticas. Estas aguas residuales domésticas son recolectadas por un alcantarillado sanitario que las lleva hasta los Sistemas Lagunares para su depuración. Las lagunas generan un efluente que contiene cantidades necesarias y suficientes de nutrientes (N y P) y que puede ser usado en ferti-irrigación en predios agropecuarios. Los predios agropecuarios a su vez producen cultivos y productos que abastecen la comunidad rural y otros mercados. Las lagunas además generan lodos anaerobios que previamente deshidratados pueden ser usados en los predios agrícolas como mejoradores de suelos.

Tabla 1. Identificación de Impactos ambientales y medidas de mitigación propuestas durante la fase de construcción de los sistemas lagunares. Fuente: Elaboración Propia

Fase	Identificación de Impactos	Medidas de Mitigación
Construcción	<p>Incremento del tráfico de vehículos pesados como camiones de acarreo de materiales construcción y maquinaria para excavación y movimiento de tierras como tractores, motoniveladoras y excavadoras de porte mediano.</p> <p>Generación de ruido.</p> <p>Generación de polvo.</p> <p>Derrame involuntario ó accidental de productos refinados de hidrocarburos, como combustibles, aceites y lubricantes para vehículos de combustión interna.</p> <p>Movimiento de capa vegetal para fundar las obras civiles sanitarias.</p>	<p>Con personal obrero entrenado o inducido ordenar el tráfico de los vehículos pesados de acarreo de materiales hacia ó desde la obra. Controlar la velocidad máxima de circulación de los vehículos de acarreo de materiales.</p> <p>No permitir la circulación permanente en la zona de acceso y construcción de vehículos de acarreo de materiales y maquinaria para movimiento de tierra, con escapes libres ó sin silenciadores. Controlar la velocidad máxima de circulación de los vehículos de acarreo de materiales en los accesos no pavimentados.</p> <p>Mantener húmedos ó rociar con agua regularmente los accesos no pavimentados.</p> <p>Tener en la zona durante la construcción un equipo capacitado ó inducido para detectar los derrames de hidrocarburos refinados y retirar el suelo afectado por el derrame, entregando el material de suelo contaminado a una empresa prestadora de servicios ambientales especializada en manejo y disposición final de desechos contaminados. La zona afectada por la extracción del material contaminado será restaurada con material adecuado y debidamente compactado, de ser posible con material proveniente de la excavación de las lagunas.</p> <p>La remoción de la capa vegetal para fundar las obras civiles sanitarias está compuesta por vegetación menor y suelo orgánico. Separar la vegetación menor y aprovechar el suelo orgánico en tierras agrícolas cercanas.</p>

Tabla 2. Identificación de Impactos ambientales y medidas de mitigación propuestas durante la fase de operación de los sistemas lagunares. Fuente: Elaboración propia.

Fase	Identificación de Impactos	Medidas de Mitigación
Operación	<p>Malos olores.</p> <p>Generación y extracción periódica de los lodos anaerobios del fondo de las lagunas.</p> <p>Generación y extracción diaria del material flotante en el espejo de agua de las lagunas.</p> <p>Generación y extracción diaria del material retenido en las rejas de guarda del sistema lagunar (cribado), que básicamente son desechos sólidos (basuras).</p>	<p>Respetar los criterios y reglamentos de ubicación de sistemas lagunares tales como distanciamiento a centros poblados y la dirección predominante del viento en la zona del emplazamiento. Construir barreras vivas con árboles adaptados a la zona.</p> <p>Construir en sitio lechos de secado de los lodos biológicos para su deshidratación, estabilización y posterior reúso como mejoradores de suelos agrícolas en la zona.</p> <p>El material retirado diariamente del espejo de agua son básicamente lodos biológicos, material algal y restos vegetales como hojas. Se recomienda deshidratar este material en los lechos de secado y una vez estabilizados utilizarlos como mejoradores de suelos agrícolas en la zona.</p> <p>El material retenido en el cribado es fundamentalmente basura (compuesto de materia orgánica e inorgánica). Lo más conveniente es disponer de este material en el vertedero de basura de la mancomunidad.</p>

El material retenido en el cribado (rejas de guarda del sistema de lagunas) debe ser incorporado al sistema de recolección de desechos sólidos local y dispuesto en el vertedero de basura de la mancomunidad. Se estima que cada persona genera y aporta entre 6 y 12 g de N por día a las aguas residuales domésticas. Los principales mecanismos de remoción de Nitrógeno (N) en lagunas de estabilización son: pérdida en la biomasa algal en el efluente, por infiltración y por desnitrificación. Cada

persona aporta entre 0,6 y 4,5 g de Fósforo (P) por día a las aguas residuales domésticas. Los principales mecanismos de remoción del P en lagunas de estabilización son: pérdida en la biomasa algal del efluente y por precipitación. El contenido de P en las algas es cercano al 1% de su peso. Es conocido que la solubilidad del P es muy dependiente del pH (Arceivala 1999). Los lodos biológicos no deben ser aplicados directamente al suelo debido a la carga microbiana que contienen y por

esta razón requieren tratamiento. Los lodos de las lagunas son lodos anaerobios. Estos lodos deshidratados o secados en lechos, son buenos acondicionadores de suelos que incrementan su capacidad de retención de humedad y mejora su actividad microbiana. Adicionalmente aportan nutrientes al suelo. Los patógenos no son inactivados en su totalidad durante la digestión -anaerobia en este caso- y por lo tanto el secado al sol favorece la desinfección (Arceivala 1999).

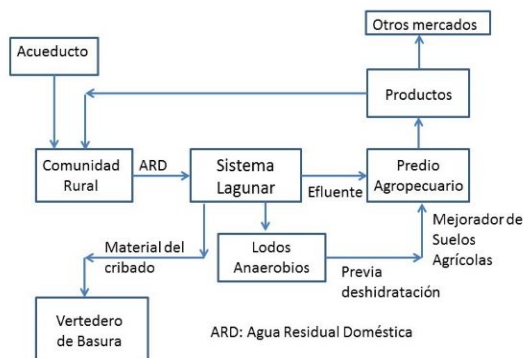


Fig. 2. Sistema Integrado propuesto para el manejo del efluente y los subproductos en los Sistemas Lagunares emplazados en la Zona Panamericana del Estado Mérida.

Fuente: Elaboración propia.

3.2 Aspectos Sociales.

Siguiendo los lineamientos del tercer postulado de la Gestión Integral de los Recursos Hídricos, que reconoce el rol protagónico de la mujer en la provisión, el manejo, la protección y el uso racional del recurso hídrico y por lo tanto en la gestión del agua, se considerarán dos indicadores de equidad social de género. Estos indicadores se vinculan directamente con el rol de la mujer en el hogar. La deficiencia de estos indicadores implicaría para la mujer mayor esfuerzo y desgaste físico, por su rol de promotora de salud de su familia. Es importante recordar y resaltar la estrecha vinculación entre los servicios de agua potable y saneamiento y la salud pública, además del rol de la mujer como promotora de salud en el hogar. Estos indicadores básicos se vinculan directamente con la mujer, la familia, la comunidad y la salud pública, (OPS 2004, BID 2018).⁷

3.2.1 Indicador de Equidad Social Ambiental de Cobertura del Servicio de Agua Potable:

Este indicador se refiere a la manera como los hogares -viviendas- son abastecidos de agua potable, y se expresa como el porcentaje de hogares -viviendas- de la comunidad que reciben agua en sus casas mediante conexión a un acueducto o sistema de agua potable u otros medios de suministro. La Tabla 3 presenta el cálculo de este indicador a partir del Censo Nacional de 2011, para todas las parroquias de los municipios que conforman la

Zona Panamericana del Estado Mérida. Un complemento de este indicador es la frecuencia con la cual se abastecen las viviendas de agua potable, el cual se presenta en la Tabla 4.

3.2.2 Indicador de Equidad Social de Cobertura del Servicio de Alcantarillado.

Este indicador se refiere a la manera como los hogares -viviendas- disponen de las aguas residuales o los desechos fisiológicos humanos que allí se generan, y se expresa como el porcentaje de hogares de la comunidad que están conectados a alcantarillados municipales y cloacas rurales, u otras vías de disposición como sépticos e infiltración, letrinas, o simplemente las viviendas no tienen medios de disposición. La Tabla 5 presenta el cálculo de este indicador a partir del Censo Nacional de 2011, para todas las parroquias de los municipios que conforman la Zona Panamericana del Estado Mérida.

3.3 Aspectos Técnicos y Económicos.

3.3.1 Estudio Hidrodinámico de los prototipos de lagunas implementados.

Mediante la implementación de un modelo de simulación basado en dinámica computacional de fluidos (MIKE 21 del Danish Hydraulic Institute, autorizado mediante licencia para Tesis Doctoral) se simuló la hidrodinámica de los prototipos de lagunas implementados en el medio rural de la Zona Panamericana del Estado Mérida. En una primera fase se simuló condiciones de geometría y configuración de entrada y salida originales, basadas en mediciones y observaciones de campo, para las variables elevación del nivel de agua, y campos de dirección de flujo y de velocidades. Luego de analizar los resultados, en una segunda fase se plantearon mejoras en las condiciones de entrada y salida para los prototipos implementados, se simulan las mismas variables, se compararon, y se escogió y desarrolló la considerada más práctica y que incrementara el desempeño hidrodinámico de cada prototipo. Como avances del estudio hidrodinámico de esta investigación se ha realizado la publicación de Ramírez y col (2021) y está en proceso de arbitraje Espinosa y col (2021).

3.3.2 Una Propuesta Organizacional para la Gestión de los Sistemas Lagunares

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.

Tabla 3: Indicador de Equidad Social Ambiental de Cobertura del Servicio de Agua Potable para todas las parroquias de los Municipios de la Zona Panamericana del Estado Mérida. Fuente: Elaboración propia a partir del Censo Nacional de 2011.

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
Febres Cordero	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

En esas Giras Técnicas participaron los Profesores Armando Cubillos Zárata, 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 desarrollará.

Tabla 4: Frecuencia del servicio de agua en las viviendas, por municipios y parroquias, en la Zona Panamericana del Estado Mérida. Fuente: Elaboración propia a partir del Censo Nacional de 2011 (INE, 2011)

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

La Figura 3 presenta la metodología general establecida para formular el Modelo de Gestión propuesto por Mejías (2008).⁴

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. 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.

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

Tabla 5: Disposición de excretas por Municipios y Parroquias en la Zona Panamericana del Estado Mérida. Fuente: Elaboración propia a partir del Censo Nacional de 2011 (INE, 2011)

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
	Capital Tulio Febres Cordero	4 344	60,06	33,72	1,82	0,23	4,17
Tulio Febres Cordero	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
	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

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). 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. 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. Con fundamento en toda la discusión y análisis anteriores, Mejías (2008) 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 Malaria 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 estatales 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.

El Servicio Autónomo Programa Nacional de Vivienda Rural (SAVIR) del Ministerio de Sanidad y Asistencia Social (MSAS) fue adscrito al Ministerio de Vivienda y Hábitat (MPPVH) mediante Decreto con Rango y Fuerza de Ley sobre adscripciones de Institutos Autónomos y Fundaciones del Estado, aprobado el 30-08-1999. Luego SAVIR ya adscrito al MPPVH fue suprimido y liquidado mediante Decreto N°5621 publicado en Gaceta Oficial del 05-10-2007. Años después en Gaceta Oficial N°40329 de fecha 10-01-2014 el MPPVH delegó en el Banco Nacional de Vivienda y Hábitat (BANAVIH) la administración, recaudación y cobranza de la cartera inmobiliaria de SAVIR y otros entes adscritos. Todo indica que la función técnica y de ingeniería de SAVIR la ha asumido la Empresa Hidrológica Regional Aguas de Mérida CA, la cual tiene jurisdicción en la Zona Panamericana del Estado Mérida.

La Figura 4 esquematiza la conformación de la Propuesta Organizacional del Sistema de Gestión, tomando en cuenta las etapas del proyecto y las nuevas competencias de los entes involucrados.

3.3.3 Viabilidad Económica.

Existen diferentes métodos para evaluar una inversión o un proyecto. Entre los métodos clásicos está la Tasa Interna de Retorno (TIR). El criterio de este método implica que para aprobarse el proyecto la TIR debe ser mayor que la tasa de descuento de la inversión del proyecto, de lo contrario el proyecto se rechaza. Un argumento que respalda la escogencia del TIR es que resume los méritos del proyecto en una cifra, la cual es independiente de las tasas de interés del mercado de capitales. Por las razones expuestas la viabilidad económica del modelo propuesto se basa en la Tasa Interna de Retorno.

4 Desarrollo Conceptual del Modelo.

La Figura 5 resume la Conceptualización del Modelo propuesto para la gestión de los sistemas lagunares ubicados en el medio rural de la Zona Panamericana del Estado Mérida. Lo sostenible es lo que conlleva a que exista una relación razonable entre lo ambiental, lo social y lo económico, con respaldo legal para lograr garantía de derechos. Soportable implica que la población haga uso de los recursos naturales con el menor impacto negativo posible para el medio ambiente. Viable significa que sea económicamente posible. Equitativo implica equilibrio

entre lo económico y lo social, y que la población tenga acceso a los servicios a costos razonables.

5 Conclusiones y recomendaciones

El modelo conceptual planteado para gestionar lagunas de estabilización en el medio rural de la Zona Panamericana del estado Mérida tiene plena vigencia, ya que resolvería un problema histórico y común en el medio rural venezolano, de ser adaptado e implementado. Durante años el Estado Venezolano ha invertido recursos económicos en la construcción de obras sanitarias básicas para sanear el medio rural no disperso y en el momento de su puesta en marcha no hay lineamientos claros para su gestión sostenible en el tiempo. El saneamiento del medio rural implica mayor calidad de vida para sus habitantes.

Los aspectos ambientales considerados mitigan los impactos negativos durante las fases de construcción y operación de los sistemas lagunares. El planteamiento de un sistema integrado para el manejo del efluente y los subproductos es válido y acertado, contribuyendo a un buen balance del procesamiento de los nutrientes en el medio rural. El uso de sólidos biológicos (lodos biológicos de las lagunas) debidamente procesados y dispuestos en predios agrícolas como mejoradores de suelos, puede aportar fertilidad a los suelos agrícolas y mejorar su estructura. Los efluentes depurados pueden ser reusados en "ferti-irrigación" en predios agrícolas, mejorando el balance hídrico local, especialmente en épocas de estiaje.

Los indicadores sociales contemplados son además indicadores sociales de género, y se identifican con el tercer postulado de la Gestión Integral de los Recursos Hídricos. A la mujer en su rol de promover y cuidar de la salud de los miembros de la familia y la higiene general del hogar, se le favorecen y facilitan sus roles en la medida que tiene acceso al agua potable en su propia vivienda y esta posee además conexión a un sistema de alcantarillado o de disposición de aguas servidas. Es importante además resaltar la estrecha relación entre el abastecimiento de agua potable, el manejo adecuado de las aguas servidas y la salud pública, a nivel de hogar y comunitario.

Los aspectos técnicos fueron abordados mediante una poderosa herramienta basada en dinámica computacional de fluidos. Las simulaciones realizadas para la geometría y condiciones de entrada y salida originales permitieron proponer las modificaciones requeridas para mejorar la hidrodinámica de las lagunas. El modelo organizacional propuesto está basado en la percepción que los actores involucrados tienen sobre el problema, aportando así un novedoso y eficaz método participativo. La viabilidad financiera está propuesta mediante la Tasa Interna de Retorno, un método clásico que resume los méritos del proyecto en una cifra, la cual es independiente de las tasas de interés del mercado de capitales.

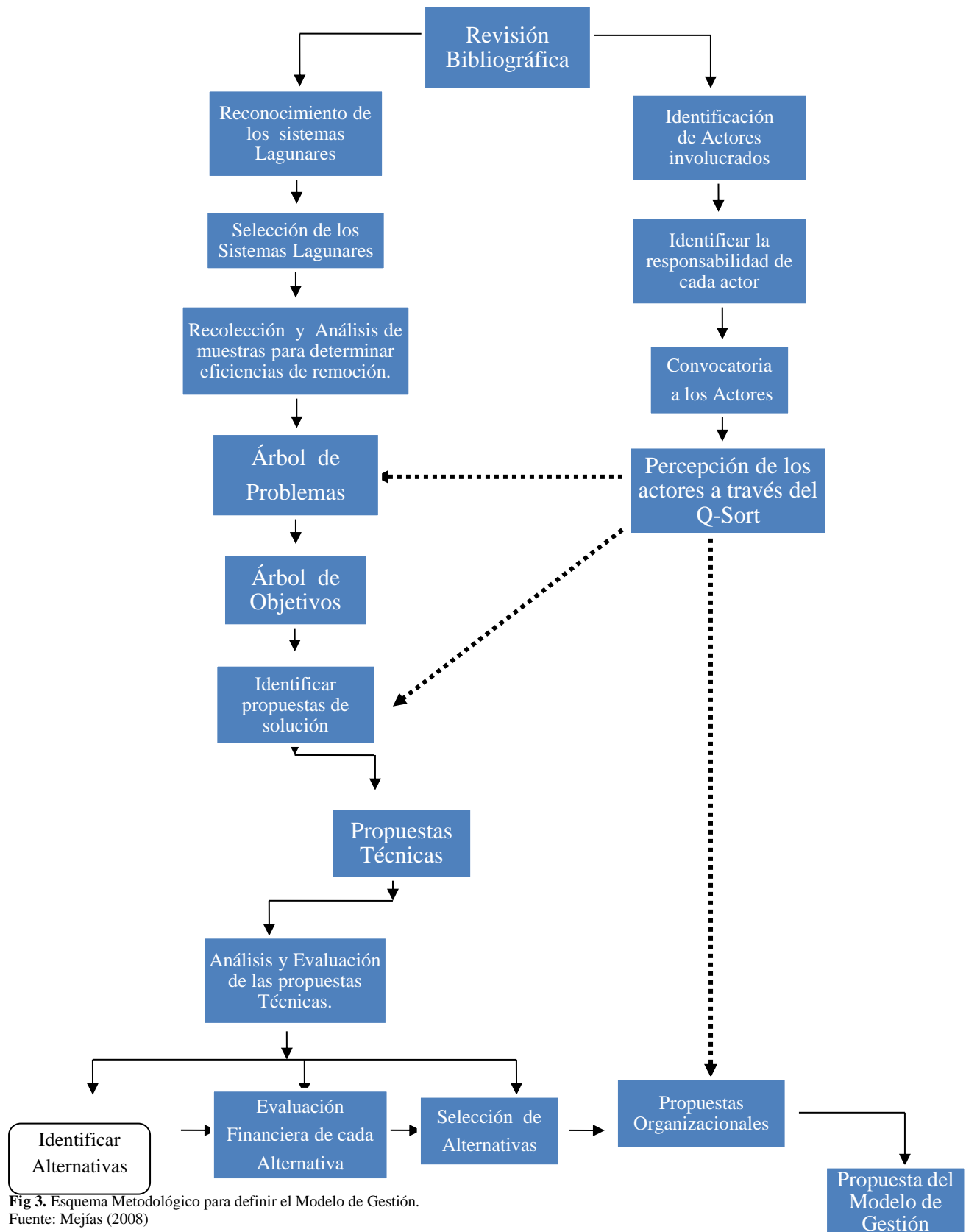


Fig 3. Esquema Metodológico para definir el Modelo de Gestión.
Fuente: Mejías (2008)

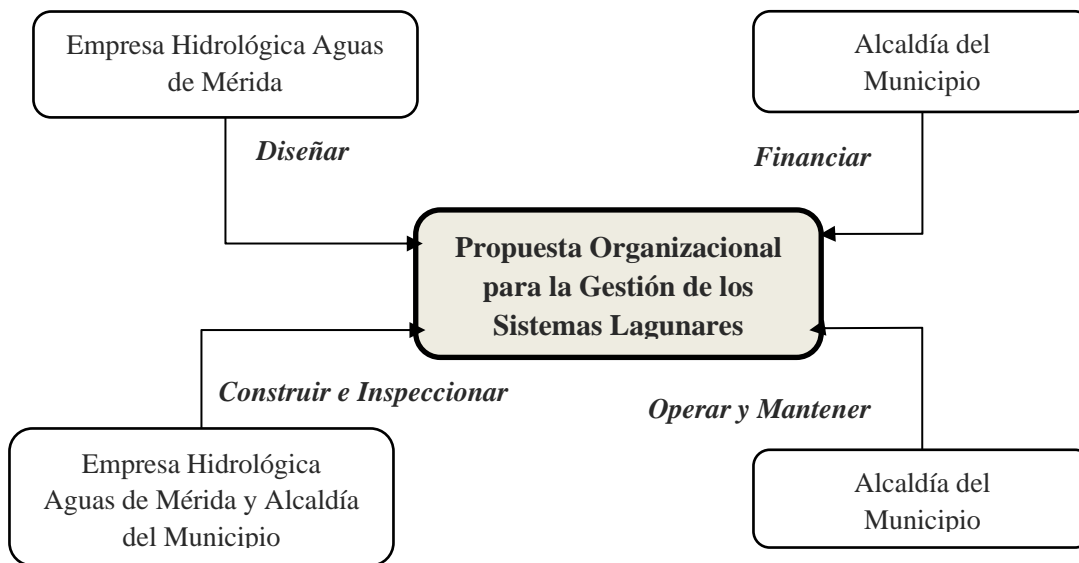


Fig. 4. Esquema de la Propuesta Organizacional para la Gestión de los Sistemas Lagunares, tomando en cuenta las etapas de un proyecto. Fuente: Tomado de Mejías (2008) y modificado conforme a las nuevas competencias de los entes involucrados.

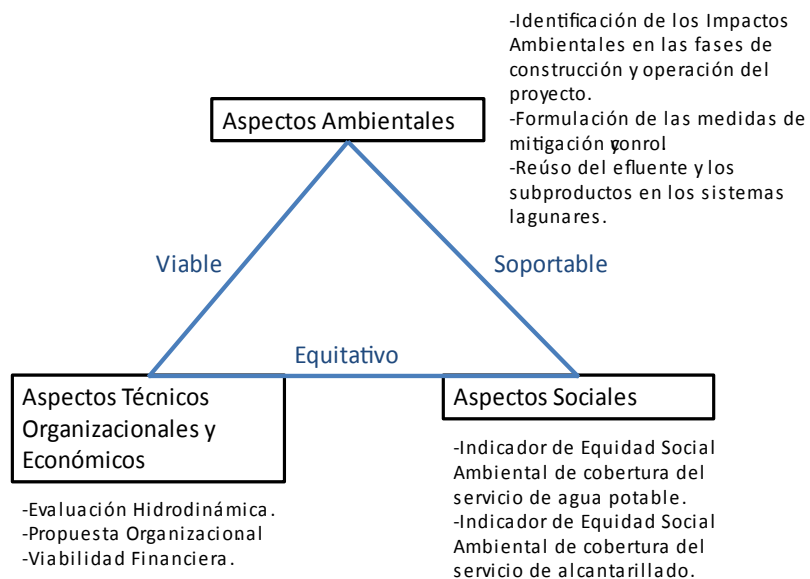


Fig. 5. Conceptualización del Modelo propuesto para la gestión de los Sistemas Lagunares ubicados en el medio rural de la Zona Panamericana del Estado Fuente: Elaboración Propia.

Se recomienda aplicar el modelo conceptual desarrollado a un sistema de lagunas implementado en el medio rural de la Zona Panamericana del Estado Mérida,

a fin de verificarlo metodológicamente en la práctica de la ingeniería.

Agradecimientos

Los Autores desean expresar su agradecimiento y reconocimiento al Instituto Danés de Hidráulica (DHI) de Dinamarca, por otorgarnos la Licencia correspondiente para el uso del modelo de simulación MIKE 21, una herramienta básica e indispensable para esta investigación.

Referencias

Arceivala S, 1999, Wastewater Treatment for Pollution Control, Tata McGraw Hill. ISBN 0-07-463002-4. New Delhi, India.

BID 2018, Lineamientos para la gestión social en proyectos de agua potable y saneamiento en comunidades rurales, Banco Interamericano de Desarrollo. Primera Edición. Quito, Ecuador.

Cubillos A, 1981, Lagunas de Estabilización". Casa Editora CIDIAT. Mérida, Venezuela.

Espinosa C, 2021, Lagunas de estabilización en el medio rural venezolano. Caso: Zona Panamericana de los Estados Mérida y Trujillo, Venezuela". Trabajo de Incorporación a la Ilustre Academia Nacional de la Ingeniería y el Hábitat de Venezuela. Boletín N°50. Academia Nacional de la Ingeniería y el Hábitat de Venezuela. Palacio de las Academias, Caracas. ISSN: 1317-6781. Marzo 2021.

Espinosa C, Ramírez S, Jégat H, 2021, Dinámica computacional de fluidos: una herramienta para el estudio y diseño hidrodinámicos de lagunas de estabilización, Artículo bajo arbitraje en la Revista de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Central de Venezuela. Código de Arbitraje N20-18 del 14-10-20.

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 2004, Indicadores básicos para el análisis de la equidad de género en salud", Organización Panamericana de la Salud., ISBN 92 7 532546 4. Whashington, D. C. USA.

Ramírez S, Espinosa C, Jégat H, 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, diciembre-marzo, 2021, pp 113-126.

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.

Tchobanoglous G, Schroeder E, 1987, Water Quality, Addison -Wesley Publishing Company. ISBN: 0-201-05433-7. USA.

Recibido: 13 de diciembre de 2020

Aceptado: 23 de marzo de 2021

Espinosa-Jiménez, Carlos: Ingeniero Civil (Intec, República Dominicana, 1981). Magister Scientiae en Obras Hidráulicas (Universidad de los Andes, Venezuela, 1985). Master of Engineering en Ingeniería Sanitaria (IHE-Delft, Holanda, 1997). Magister en Ingeniería Sanitaria y Ambiental (UNIVALLE, Colombia, 1999). Especialista en Abastecimiento de Agua Potable y Saneamiento Ambiental. Profesor Titular y Coordinador de Asistencia Técnica del Centro Interamericano de Desarrollo e Investigación Ambiental y Territorial de la Universidad de los Andes (CIDIAT-ULA). Mérida, Venezuela. Correo electrónico: caesji1958@gmail.com

Ramírez-Rodriguez, Stefanny Andreina: Ingeniero Civil Cum Laude (Universidad de Los Andes, 2018). Participante de la Especialización en Sistemas de Gestión de Abastecimiento, Recolección y Tratamientos de Aguas en el Centro Interamericano de Desarrollo e Investigación Ambiental y Territorial de la Universidad de los Andes (CIDIAT-ULA). Profesora de la Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Hidráulica y Sanitaria de la Universidad de los Andes. Representante de la Escuela de Ingeniería Civil ante la Unidad de Información Institucional (UDI-OFAE) de la Universidad de los Andes. Mérida, Venezuela. Correo electrónico: stefa19r@gmail.com

Mejías-Monsalve, Mabel Onedis: Ingeniero Químico (Universidad de los Andes, 2002). Magister Scientiae en Gestión de Recursos Naturales Renovables (Universidad de Los Andes, 2008). Profesora de la Universidad Nacional Experimental Sur del Lago Manuel María Semprún. Santa Bárbara, Estado Zulia. Venezuela. Correo electrónico: caesji1958@gmail.com

Jégat-Nicolo, Hervé: Ingeniero Hidráulico (Grenoble, Francia, 1972). DEA en Mecánica de Fluidos (Grenoble, Francia, 1973). Doctor (Grenoble, Francia, 1975). Especialista en Hidráulica aplicada a agua superficial y subterránea. Profesor Titular y Coordinador de Enseñanza del Centro Interamericano de Desarrollo e Investigación Ambiental y Territorial de la Universidad de los Andes (CIDIAT-ULA). Mérida, Venezuela. Correo electrónico: [hjega@gmail.com](mailto:hjegat@gmail.com)

Bachá-Peña, Miguel Camilo: Ingeniero Civil Magna Cum Laude (Intec, República Dominicana, 1980). Maestro en Ingeniería Ambiental Mención Honorífica,

Universidad Nacional Autónoma de México, México, 1985). Profesor de Ingeniería Sanitaria en la Escuela de Ingeniería Civil del Instituto Tecnológico de Santo Domingo (Intec) y Asesor de la Dirección Ejecutiva del Instituto Nacional de Aguas Potables y Alcantarillados (INAPA) de la República Dominicana. Correo Electrónico: miguel_bacha@inapa.gob.do