



La Universidad que Siembra

**VICERRECTORADO  
DE PLANIFICACIÓN Y DESARROLLO SOCIAL  
ESTADO BARINAS**

**Jefatura de Estudios  
Avanzados**

**MODELO TEÓRICO PARA LA GESTIÓN  
SUSTENTABLE DE LAS AGUAS RESIDUALES**

Autora: MSc. Mayerling Castillo

Tutor: PhD. Nelson Castillo

Universidad Nacional Experimental  
de los Llanos Occidentales  
"EZEQUIEL ZAMORA"



La Universidad que siembra

Vicerrectorado de Planificación y Desarrollo Social  
Jefatura de Estudios Avanzados  
Doctorado en Ambiente y Desarrollo

## MODELO TEÓRICO PARA LA GESTIÓN SUSTENTABLE DE LAS AGUAS RESIDUALES

Requisito parcial para optar al grado de

*Doctor en Ambiente y Desarrollo*

Autora:

MSc. Mayerling Castillo

C.I.: 13.882.756

Tutor: PhD. Nelson Castillo

Barinas, enero de 2023

### ACTA DE ADMISIÓN

Siendo las 10.30 a.m. del día 12 de Enero 2023, reunidos en la Sede del Programa de Estudios Avanzados del Vicerrectorado de Planificación y Desarrollo Social de la UNELLEZ, los profesores: **Dr. Nelson Castillo** (Tutor coordinador Unellez), **Dra. María Adela Mendoza** (Jurado Principal UNELLEZ) **Dr. Francisco Contreras** (Jurado Externo UPTJFR ) titulares de las cédulas de identidad N°:8.141.289, 8.145.895 y 12.554.599, respectivamente, quienes fueron designados por la Comisión Asesora de Estudios Avanzados del Vicerrectorado de Planificación y Desarrollo Social UNELLEZ, según **RESOLUCIÓN N° CAEA/2022/11/24 DE FECHA: 30/11/2022, ACTA N° 11 ORDINARIA, N°24** como miembros del Jurado para conocer el contenido de la Tesis Doctoral titulada **"MODELO TEÓRICO PARA LA GESTIÓN SUSTENTABLE DE LAS AGUAS RESIDUALES"**. presentado por la doctorando: **Mayerling Castillo C.I.: 13.882.756** con el cual aspira obtener el Grado Académico de **DOCTOR EN AMBIENTE Y DESARROLLO**; quienes decidimos por unanimidad y de acuerdo con lo establecido en el **Artículo 36 y siguientes de la Normativa para la Elaboración de los Trabajos Técnicos, Trabajos Especiales de Grado, Trabajos de Grado y Tesis Doctorales y 54 del Reglamento de Estudios Avanzados Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales "Ezequiel Zamora" – UNELLEZ 2021, ADMITIR** la tesis doctoral presentado y fijar la fecha de defensa pública, para el día 18 de Enero del 2023 a las 09:00 a.m. Dando fe y en constancia de lo aquí señalado firman:

  
**Dr. Nelson Castillo**  
C.I. N° 8.141.289  
(Tutor Coordinador Unellez)

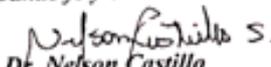
  
**Dra. María Adela Mendoza**  
C.I. N° 8.145.895  
(Jurado Principal UNELLEZ)



  
**Dr. Francisco Contreras**  
C.I. N° 12.554.599  
(Jurado Externo UPTJFR)

### ACTA DE VEREDICTO

Siendo las 09:00 a.m. del día 18 de Enero 2023, reunidos en la Sede del Programa de Estudios Avanzados del Vicerrectorado de Planificación y Desarrollo Social de la UNELLEZ, los profesores: **Dr. Nelson Castillo** (Tutor coordinador Unellez), **Dra. María Adela Mendoza** (Jurado Principal UNELLEZ) **Dr. Francisco Contreras** (Jurado Externo UPTJFR ) titulares de las cédulas de identidad N°:8.141.289, 8.145.895 y 12.554.599, respectivamente, quienes fueron designados por la Comisión Asesora de Estudios Avanzados del Vicerrectorado de Planificación y Desarrollo Social UNELLEZ, según **RESOLUCIÓN N° CAEA/2022/11/24 DE FECHA: 30/11/2022, ACTA N° 11 ORDINARIA, N°24** como miembros del Jurado para conocer el contenido de la Tesis Doctoral titulada **"MODELO TEÓRICO PARA LA GESTIÓN SUSTENTABLE DE LAS AGUAS RESIDUALES"**. Presentado por la doctorando: **Mayerling Castillo C.I.: 13.882.756** con el cual aspira obtener el Grado Académico de **DOCTOR EN AMBIENTE Y DESARROLLO**; procedemos a dar apertura al acto de defensa y a presenciar la sustentación de dicho trabajo por la Doctorante. Con una duración de Treinta (30) minutos. Posteriormente, la ponente respondió a las preguntas formuladas por el jurado y defendió sus opiniones. Cumplidas todas las fases de la defensa, el jurado, después de sus deliberaciones, por unanimidad acordó **APROBAR CON MENCIÓN PUBLICACIÓN** la Tesis Doctoral aquí mencionado. Dando fe y en constancia de lo aquí expresado firman:

  
**Dr. Nelson Castillo**  
C.I. N° 8.141.289  
(Tutor Coordinador Unellez)

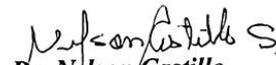
  
**Dra. María Adela Mendoza**  
C.I. N° 8.145.895  
(Jurado Principal UNELLEZ)



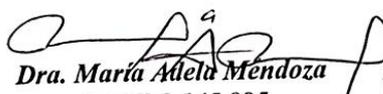
  
**Dr. Francisco Contreras**  
C.I. N° 12.554.599  
(Jurado Externo UPTJFR)

### ACTA DE MENCIÓN PUBLICACIÓN

Siendo las 09:00 a.m. del día 18 de Enero 2023, reunidos en la Sede del Programa de Estudios Avanzados del Vicerrectorado de Planificación y Desarrollo Social de la UNELLEZ, los profesores: **Dr. Nelson Castillo** (Tutor coordinador Unellez), **Dra. María Adela Mendoza** (Jurado Principal UNELLEZ) **Dr. Francisco Contreras** (Jurado Externo UPTJFR ) titulares de las cédulas de identidad N°:8.141.289, 8.145.895 y 12.554.599, respectivamente, quienes fueron designados por la Comisión Asesora de Estudios Avanzados del Vicerrectorado de Planificación y Desarrollo Social UNELLEZ, según **RESOLUCIÓN N° CAEA/2022/11/24 DE FECHA: 30/11/2022, ACTA N° 11 ORDINARIA, N°24** como miembros del Jurado decidimos otorgar Mención Publicación a la Tesis Doctoral titulada: **"MODELO TEÓRICO PARA LA GESTIÓN SUSTENTABLE DE LAS AGUAS RESIDUALES"**. Presentado por la doctorando: **Mayerling Castillo C.I.: 13.882.756** Por su Pertinencia social al abordar una problemática de demanda de las comunidad Barinesa, por su Originalidad y aporte Científico demostrado en el dominio del tema a partir del abordaje Ontológico, Epistemológico y Metodológico, el trabajo responde al perfil del Doctorado en Ambiente y Desarrollo.

  
**Dr. Nelson Castillo**  
C.I. N° 8.141.289

(Tutor Coordinador Unellez)

  
**Dra. María Adela Mendoza**  
C.I. N° 8.145.895  
(Jurado Principal UNELLEZ)



  
**Dr. Francisco Contreras**  
C.I. N° 12.554.599  
(Jurado Externo UPTJFR)

**UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL DE LOS LLANOS  
OCCIDENTALES "EZEQUIEL ZAMORA"  
VICERRECTORADO DE PLANIFICACIÓN Y DESARROLLO SOCIAL  
PROGRAMA DE ESTUDIOS AVANZADOS  
DOCTORADO EN AMBIENTE Y DESARROLLO**

**ACEPTACIÓN DEL TUTOR**

Yo, PhD. Nelson B. Castillo Sulbarán, cédula de identidad N° V-8.141.289, hago constar que he leído el Proyecto de Tesis Doctoral titulado: **MODELO TEÓRICO PARA LA GESTIÓN SUSTENTABLE DE LAS AGUAS RESIDUALES**, presentado por la ciudadana Mayerling Carolina Castillo Nuñez, C.I. 13.882.756, para optar al título de Doctor en Ambiente y Desarrollo, y acepto asesorar al estudiante, en calidad de tutor, durante el periodo de desarrollo del trabajo hasta su presentación y evaluación.

En la ciudad de Barinas, a los 27 días del mes de octubre de 2021.



*Nelson Castillo S.*  
Firma de Aprobación del tutor

PhD. Nelson Castillo  
C.I.- 8.141.289

**UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL DE LOS LLANOS  
OCCIDENTALES "EZEQUIEL ZAMORA"  
VICERRECTORADO DE PLANIFICACIÓN Y DESARROLLO SOCIAL  
PROGRAMA DE ESTUDIOS AVANZADOS  
DOCTORADO EN AMBIENTE Y DESARROLLO**

**APROBACIÓN DEL TUTOR**

Yo, PhD. Nelson B. Castillo Sulbarán, cédula de identidad N° V-8.141.289, en mi carácter de tutor de la tesis doctoral, titulada: **MODELO TEÓRICO PARA LA GESTIÓN SUSTENTABLE DE LAS AGUAS RESIDUALES**, presentado por la ciudadana Mayerling Carolina Castillo Nuñez, C.I. 13.882.756, para optar al título de Doctor en Ambiente y Desarrollo, por medio de la presente certifico que he leído el trabajo y considero que reúne las condiciones necesarias para ser defendido y evaluado por el jurado examinador que se designe.

En la ciudad de Barinas a los 30 días del mes de marzo de 2022.



*Nelson Castillo S.*  
Firma de Aprobación del tutor

PhD. Nelson Castillo  
C.I.- 8.141.289

## DEDICATORIA

*A mis Padres Julio y Gisela,  
Hermanos Julio, Cesar y Marianela  
Mis queridos Esposo Gerardo e Hijo Cesar,  
A toda mi amada familia,  
A mis dos amores:  
Ingeniería Sanitaria  
Y las Universidades*

## TABLA DE CONTENIDO

	<b>pp.</b>
LISTA DE CUADROS.....	ix
LISTA DE FIGURAS.....	x
RESUMEN .....	xi
ABSTRAC .....	xii
INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO I .....	3
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	3
OBJETIVOS.....	10
Objetivo General.....	10
Objetivos Específicos .....	10
Justificación de la Investigación.....	10
CAPÍTULO II .....	13
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA .....	13
Modelo Teórico.....	18
Perspectiva para la Gestión Sustentable de Aguas Residuales .....	20
Aguas Residuales.....	26
Características Físicas .....	31
Características Químicas.....	35
Disposición de las Aguas Residuales.....	38
Tratamiento de las Aguas Residuales .....	39
Cuerpo Normativo de las Aguas Residuales .....	43
DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.....	55
CAPÍTULO III .....	56
ORIENTACIÓN METODOLÓGICA.....	56
Tipo de Investigación.....	56
Diseño de la investigación.....	60
Definición de los eventos de estudio .....	60
Técnicas de Recolección de Datos .....	61
Validez del Instrumento .....	61
Técnicas de Análisis.....	62
CAPÍTULO IV .....	66

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS .....	66
Presentación.....	84
Justificación .....	85
Fundamentación Teórica.....	87
CAPÍTULO V .....	98
CONCLUSIONES .....	98
BIBLIOGRAFÍA .....	101
ANEXOS .....	108
ANEXO A. Sistemas de tratamiento de aguas residuales y efluentes del municipio Barinas estado Barinas. ....	109
ANEXO B. Modelo del cuestionario aplicado .....	114
ANEXO C. Actas de validación .....	120

## LISTA DE CUADROS

pp.

Cuadro 1. Niveles de organización del estado venezolano para el saneamiento. .....	26
Cuadro 2. Contaminantes de importancia en el tratamiento de aguas residuales.....	28
Cuadro 3. Características físicas, químicas y biológicas del agua residual y su procedencia.....	29
Cuadro 4. Análisis comunes usados para estimar los constituyentes encontrados en las aguas residuales. ....	30
Cuadro 5. Definiciones para sólidos encontrados en aguas residuales. ....	34
Cuadro 6. Clasificación de las aguas. ....	51
Cuadro 7. Rangos y límites máximos de calidad de vertidos líquidos. ....	52
Cuadro 8. Holopráctica.....	57
Cuadro 9. Variables,dimensiones, indicadores y frecuencia relativa de las opciones de respuesta obtenidas.....	76
Cuadro 10. Inventario de los Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales y Efluentes del municipio Barinas estado Barinas.....	110

## LISTA DE FIGURAS

pp.

Figura 1. Determinantes de la Salud. ....	4
Figura 2. Análisis sistémico de las aguas residuales recolectadas pero no tratadas correctamente antes de su eliminación o reutilización. ....	8
Figura 3. El Objetivo 6 del Desarrollo Sustentable. ....	23
Figura 4. Pirámide de Kelsen de las políticas nacionales ambientales y sanitarias de las aguas residuales. ....	54
Figura 5. Red conceptual del evento de estudio situación actual del manejo de aguas residuales. ....	69
Figura 6. Red conceptual del evento de estudio elementos de la gestión sustentable de aguas residuales. ....	71
Figura 7. Red conceptual del evento de estudio gestión sustentable de aguas residuales. ....	74
Figura 8. Modelo teórico para la gestión sustentable de las aguas residuales. .	91

**UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL DE LOS LLANOS  
OCCIDENTALES “EZEQUIEL ZAMORA”  
VICERRECTORADO DE PLANIFICACIÓN Y  
DESARROLLO SOCIAL  
PROGRAMA DE ESTUDIOS AVANZADOS  
DOCTORADO EN AMBIENTE Y DESARROLLO**

**MODELO TEÓRICO PARA LA GESTIÓN SUSTENTABLE  
DE LAS AGUAS RESIDUALES**

Autora: Mayerling Castillo  
Tutor Académico: PhD. Nelson Castillo  
Año: 2023

**RESUMEN**

La presente investigación tiene por objetivo general Desarrollar un modelo teórico para gestión sustentable de las aguas residuales, en el contexto empírico del municipio Barinas estado Barinas. Esta investigación se realizó en la modalidad de métodos mixtos. Seleccionando como sujetos de estudio a aquellas personas que se relacionan de manera directa con los sistemas de tratamiento de aguas residuales, los cuales son el personal técnico del Ministerio del Poder Popular para el Ecosocialismo, Ministerio del Poder Popular para la Salud, Hidrológica de los Andes (HIDROANDES), Ministerio del Poder Popular para el Agua, y Laboratorio de Aguas UNELLEZ Barinas. Los resultados arrojados permitieron establecer desde el paradigma positivista junto al razonamiento deductivo y la transdisciplinariedad, una nueva variable a considerar para la evaluación técnica de los sistemas de tratamiento de aguas residuales su Vulnerabilidad y además consolidar una Matriz de Indicadores para Resultados, y definir un programa para la vigilancia y control sanitario de las aguas residuales en el Ministerio del Poder Popular para la Salud. El modelo propuesto para la gestión sustentable de las aguas residuales, desarrolla en líneas generales el fin, propósito, componentes y actividades que se deben desarrollar, destaca la capacitación para fomentar la participación comunidad-institución, donde se promueva el desarrollo sustentable.

**Descriptor:** Aguas residuales, sistema, tratamiento, gestión sustentable.

**UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL DE LOS LLANOS  
OCCIDENTALES“EZEQUIEL ZAMORA”  
VICERRECTORADO DE PLANIFICACIÓN Y  
DESARROLLO SOCIAL  
COORDINACIÓN DE POSTGRADO  
DOCTORADO EN AMBIENTE Y DESARROLLO**

**THEORETICAL MODEL FOR SUSTAINABLE MANAGEMENT OF  
WASTEWATER**

Autora: Mayerling Castillo  
Tutor Académico: PhD. Nelson Castillo  
Año: 2023

**ABSTRAC**

The general objective of this research is to develop a theoretical model for sustainable management of wastewater, in the empirical context of the Barinas municipality, Barinas state. This research was carried out in the modality of mixed methods. Selecting as study subjects those people who are directly related to wastewater treatment systems, which are the technical staff of the Ministry of People's Power for Ecosocialism, Ministry of People's Power for Health, Hydrology of the Andes (HIDROANDES), Ministry of Popular Power for Water, and UNELLEZ Barinas Water Laboratory. The results obtained allowed to establish, from the positivist paradigm together with deductive reasoning and transdisciplinarity, a new variable to consider for the technical evaluation of wastewater treatment systems, their vulnerability and also to consolidate a Matrix of Indicators for Results, and define a program for the monitoring and sanitary control of wastewater in the Ministry of Popular Power for Health. The proposed model for the sustainable management of wastewater, develops in general terms the goal, purpose, components and activities that must be developed, highlights the training to encourage community-institution participation, where sustainable development is promoted.

**Describers:** Wastewater, treatment system, sustainable management

## INTRODUCCIÓN

Actualmente es un desafío para el desarrollo sustentable la necesidad de remediar el impacto ambiental y a la salud pública, que ocasionan las descargas de aguas residuales sin ningún tipo de tratamiento, estando lejos de ser exitoso en América Latina y el Caribe; por lo que se requiere su abordaje de una manera prioritaria.

En Venezuela no se aborda el saneamiento de las aguas residuales como una prioridad política, tal como lo evidencian las limitadas asignaciones presupuestarias, la restringida cobertura de las redes cloacales en los barrios pobres y asentamientos informales, así como el abandono de la infraestructura existente para el tratamiento de las aguas residuales.

Es evidente que el suministro de agua potable a los centros poblados lleva aparejado la necesidad de recolectar y evacuar las aguas residuales que se generan tras su uso. Así como el creciente requerimiento de que esas aguas residuales sean tratadas antes de ser vertidas a los cuerpos receptores para minimizar su impacto ambiental y permitir su reuso en otras actividades económicas, recreativas y ambientales.

Cabe mencionar que los costos de inversión en los sistemas de recolección y evacuación de aguas residuales (es decir, los alcantarillados), y los de operación y mantenimiento, son significativos. Igualmente, las obras de tratamiento de aguas residuales tienen costos considerables tanto de inversión como de operación y mantenimiento, los cuales, en muchos casos, han sido desmantelados.

Ante este panorama, el plantear un modelo teórico para la gestión sustentable de las aguas residuales en el contexto empírico del municipio Barinas estado Barinas, pretenden coadyuvar a alcanzar la sustentabilidad del recurso conjuntándose con las necesidades de los usuarios del agua, la seguridad alimentaria y las medidas prioritarias de las autoridades motivando la preservación del vital líquido para las futuras generaciones.

Cabe señalar que este estudio responde al interés de ofrecer lineamientos para el manejo sustentable de las aguas residuales, así como las aportaciones y contribuciones que deben hacerse para su tratamiento y mejoramiento, la gestión del agua residual, a través de la planta de tratamiento se traduce en conservar los recursos ambientales.

A continuación se presenta la estructura formal del proyecto de investigación:

Un primer capítulo donde se hace referencia al objeto de estudio, se presenta el planteamiento del problema, objetivos y justificación de la investigación, un segundo capítulo referido a la fundamentación teórica de las aguas residuales y gestión sustentable, así como las vinculaciones entre ambos temas, y los aspectos legales más importantes, un tercer capítulo que recoge la orientación metodológica de la investigación, el tipo y diseño de la investigación, definición de los eventos de estudio, técnicas e instrumentos de recolección de datos y técnicas de análisis.

El cuarto capítulo se denominó análisis de resultados donde se presenta los resultados del estudio empírico realizado y el modelo teórico, que dan respuesta a cada uno de los objetivos de la investigación. El quinto capítulo corresponde a las conclusiones producto de la investigación. También se muestran las publicaciones y ponencias presentadas en congresos tanto a nivel nacional como internacional.

Finalmente, se presenta las referencias bibliográficas y anexos.

## **CAPÍTULO I**

### **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

La actual visión del ambiente y desarrollo, no sólo busca satisfacer las necesidades de las sociedades humanas y poner fin a la pobreza, sino que demanda la protección del planeta, la preservación y conservación del ambiente, garantizar que todas las personas gocen de paz y prosperidad, asegurar condiciones de vida en armonía con la biodiversidad, y lograr entornos que integre las variables ambientales, sociales, y económicas, todas consideradas bajo la premisa del desarrollo sustentable.

Esta idea integra tres dimensiones: la sostenibilidad ambiental, social, y económica, anteponiendo el problema de la contaminación ambiental que tan habitualmente sigue al crecimiento económico y, al mismo tiempo, entender la necesidad de ese crecimiento para aliviar la pobreza.

Es importante señalar que la esencia del desarrollo sustentable gira en torno a la conservación de los recursos naturales sin afectarlos, en un mundo donde los principales problemas ambientales a decir de Amanquez (2020) son la contaminación (agua, aire y suelo), acidificación de los océanos, cambio climático (emisiones de gases de efecto invernadero), consumo ineficiente, sobre explotación de los recursos y pérdida de la biodiversidad. Además, están las implicaciones que acarrearían sino se aplican estrategias que permitan dar prioridad a la satisfacción de las necesidades de una población, comunidad, país, entre otras.

En esta idea Bastidas (2003), alertaba de la profunda crisis económica, socio-sanitaria y ético-política en Venezuela, donde los valores del ambiente se deterioran a una velocidad exponencial, frente a un estado ineficiente que luce desbordado, lo cual requiere una actuación distinta como profesionales, buscando afanosamente una cultura de la salud y no de la enfermedad, deseosos de alcanzar lo que hoy es una necesidad impostergable: el desarrollo sustentable.

Ante estos planteamientos, es lógico que el recurso hídrico juegue un papel esencial para la supervivencia de la biodiversidad y avanzar en el

desarrollo sustentable. Bastidas (2003) expone que para el saneamiento básico destaca el manejo de las aguas residuales, sin lo cual no es posible proteger la salud de la comunidad, propiciar el mejoramiento de la calidad de vida, su progreso material y su bienestar espiritual.

De acuerdo, a la Norma Venezolana COVENIN 2634 (2002), el agua residual es la proveniente de cualquier proceso industrial, actividad doméstica, agropecuaria, comercial y que perdió sus características originales debido a la incorporación de compuestos orgánicos e inorgánicos.

Al respecto la Organización de la Naciones Unidas (ONU, 2009) señala que la insuficiente cobertura y mala calidad de los servicios de saneamiento no sólo dañan la salud de la población y contribuyen al recrudecimiento de la pobreza sino que, además, afectan el ambiente, el desarrollo socioeconómico, la inserción de los países en una economía globalizada, la estabilidad política, la cohesión social y disponibilidad de agua para diversos usos, tanto relacionados con el desarrollo productivo como con los intereses sociales y ambientales. De hecho en la Figura 1 destaca la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2008) las condiciones de saneamiento como un determinante social de la salud, capaz de reducir los factores de riesgo al proteger a las personas y comunidades de agentes patógenos causantes de enfermedad y muerte.



Figura 1. Determinantes de la Salud.  
Fuente: Alvarez (2019).

En la Declaración de Nueva Delhi, la India (ONU, 1990), señalan que el saneamiento no es simplemente una tarea técnica de construcción de infraestructura, sino un componente decisivo del desarrollo social y económico de la población. En esta perspectiva, es posible brindar servicios sustentables y aceptables mediante el adecuado uso de tecnologías apropiadas, la gestión comunitaria y la calificación de los recursos humanos.

Al respecto, Peña (2019) sostiene:

El agua se convierte en el centro y motor del Desarrollo Sostenible y resulta fundamental para la supervivencia de la vida humana, y es hora, que los gobiernos, industrias, empresas y sociedad en general, trabajen mancomunadamente en busca de encontrar la manera de gestionarla de forma sostenible adoptando un enfoque holístico e integrado, que permita la seguridad hídrica y alcanzar el equilibrio y conservación de los ecosistemas, ya que es un recurso limitado e insustituible y sólo funciona como recurso renovable, si está bien gestionado (p. 20).

Sin lugar a dudas que uno de los primeros retos de América Latina y el Caribe continúa siendo el saneamiento urbano y rural, en virtud de que el tratamiento de las aguas residuales no se ha desarrollado de forma paralela al ritmo de incremento de la población en las últimas décadas. En 2015, el 88% de la población urbana tenía acceso a instalaciones de saneamiento mejoradas. En América Latina y el Caribe aún hay cerca de 20 millones de personas que continúan practicando la defecación al aire libre, algo que ocurre en mayor proporción en las zonas rurales (CEPAL, 2018).

Para 2014, en Venezuela el acceso al servicio de aguas residuales alcanzó el 84%. Durante 2015 se logró un promedio nacional aproximado de 396 litros per cápita lo que significa unos 316,8 litros per cápita de reingreso de aguas residuales. La tarifa del servicio de saneamiento goza de regulación por parte del Estado, representando un desembolso muy inferior al 1% del salario mínimo mensual. La organización estado-comunidad se plasma en las 7.400 Mesas Técnicas de Agua instaladas en todo el país. Combinadas con las Salas de Gestión Comunitaria del Agua, para la articulación y mayor eficiencia en la gestión de las redes de recolección de aguas residuales (República Bolivariana de Venezuela, 2016).

Por lo que actualmente se considera de manera prioritaria para el país una gestión sustentable de las aguas residuales que son descargadas en los

cuerpos de aguas naturales, representando un problema que se ha agravado con el tiempo y debe ser resuelto de manera eficaz y eficiente.

Ante esta realidad la gestión que se haga del agua es indispensable para el mantenimiento y desarrollo de la vida en la tierra a una escala global. Para Robles (2014) los tres principales factores que causaron un aumento en la demanda de agua y agravaron esta problemática son el crecimiento demográfico, el desarrollo industrial y la expansión del cultivo de regadío.

Entonces el tratamiento de las aguas residuales, es necesario para la prevención de la contaminación ambiental y del agua, al igual que para la protección de la salud pública y producir un agua que pueda ser dispuesta y llevar a cabo su reutilización según la normativa ambiental y sanitaria vigente. En este particular, Crites, Tchobanoglous, Camargo, Pardo y Mejía (2000) resumen los objetivos de los sistemas de tratamiento de aguas residuales, en los siguientes: 1) proteger la salud pública, 2) proteger de la degradación o de la contaminación al ambiente receptor, y 3) reducir los costos de tratamiento mediante la retención de aguas y sólidos.

Cabe mencionar que en Venezuela se han sumado esfuerzos con la aparición de normativas y una planificación para gestionar y aprovechar el agua disponible teniendo en cuenta la demanda futura de la misma, sin lugar a dudas, que el énfasis se ha centrado en el abastecimiento de agua, combinado con una débil aplicación de los reglamentos, limita la eficacia de la ordenación de los recursos hídricos. Se puede afirmar que solo responden al tratamiento de las aguas para abastecimiento y las residuales no se usan para satisfacer los usos posteriores que se derivan de una gestión sustentable, y son dispuestas al ambiente, con o sin tratamiento previo, y que tienen un potencial de reciclado y reuso sin riesgos con eficientes sistemas de tratamientos físicos, químicos y biológicos, potenciados con los recursos tecnológicos de la región.

También Bastidas (2003) afirma que los gobernantes le confieren poca importancia a los sistemas de aguas residuales sobre todo en el medio rural, por desconocimiento del papel fundamental que juegan para el control de enfermedades diarreicas.

Al respecto, en el último Boletín Epidemiológico del Ministerio del Poder Popular para la Salud (2016) publicado por el estado venezolano, el segundo evento más reportado de las enfermedades de notificación obligatoria fue las

diarreas (20,98%) constituyéndose en unas de las principales causas de consulta en la población menor de 5 años, principalmente en los menores de 1 año (razón endémica de 1,36).

Esta realidad se presenta en el municipio Barinas estado Barinas, donde se contextualiza este estudio, conformado por un extensa superficie de 3.304 Km<sup>2</sup> donde su población realiza diferentes actividades domésticas, comerciales e industriales, las cuales debido a su naturaleza ocasionan un impacto en el ambiente, sobre todo la contaminación por efecto de las aguas residuales no tratadas, que degradan y contaminan los ecosistemas, amenazan la salud y el sustento de las personas que dependen de ellos.

De acuerdo al Inventario de los Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales y Efluentes, en el municipio Barinas existen instaladas treinta y siete (37) plantas para el tratamiento de aguas residuales domésticas e industriales, las cuales son objeto de control sanitario y ambiental, y sus efluentes tratados son descargados a los cuerpos de agua de la localidad. Cabe destacar que los cuerpos de agua del municipio Barinas confluyen al Rio Santo Domingo, cercano a la Ciudad de Barinas, el cual está altamente contaminado, situación que a nivel local constituye un problema de proporciones críticas porque es la fuente superficial para el agua de abastecimiento de parte del municipio Barinas.

También la calidad del agua subterránea se ha deteriorado como consecuencia del manejo inadecuado de las aguas residuales. Por esta razón la investigación que se propone parte de la valoración de la diversidad de tratamientos físicos, químicos y biológicos existentes en el municipio Barinas estado Barinas, para crear políticas y estrategias para la prevención y solución de esta problemática ambiental con las potencialidades de la región; así como también reflexionar en torno a las necesidades del desarrollo sustentable.

Ante los planteamientos expuestos, no se concibe que las aguas residuales sean recolectadas pero no tratadas correctamente antes de su reutilización, con cualesquiera de las técnicas disponibles, por ello se considera como una problemática ambiental objeto de un análisis situacional que se presenta a continuación en la Figura 2.

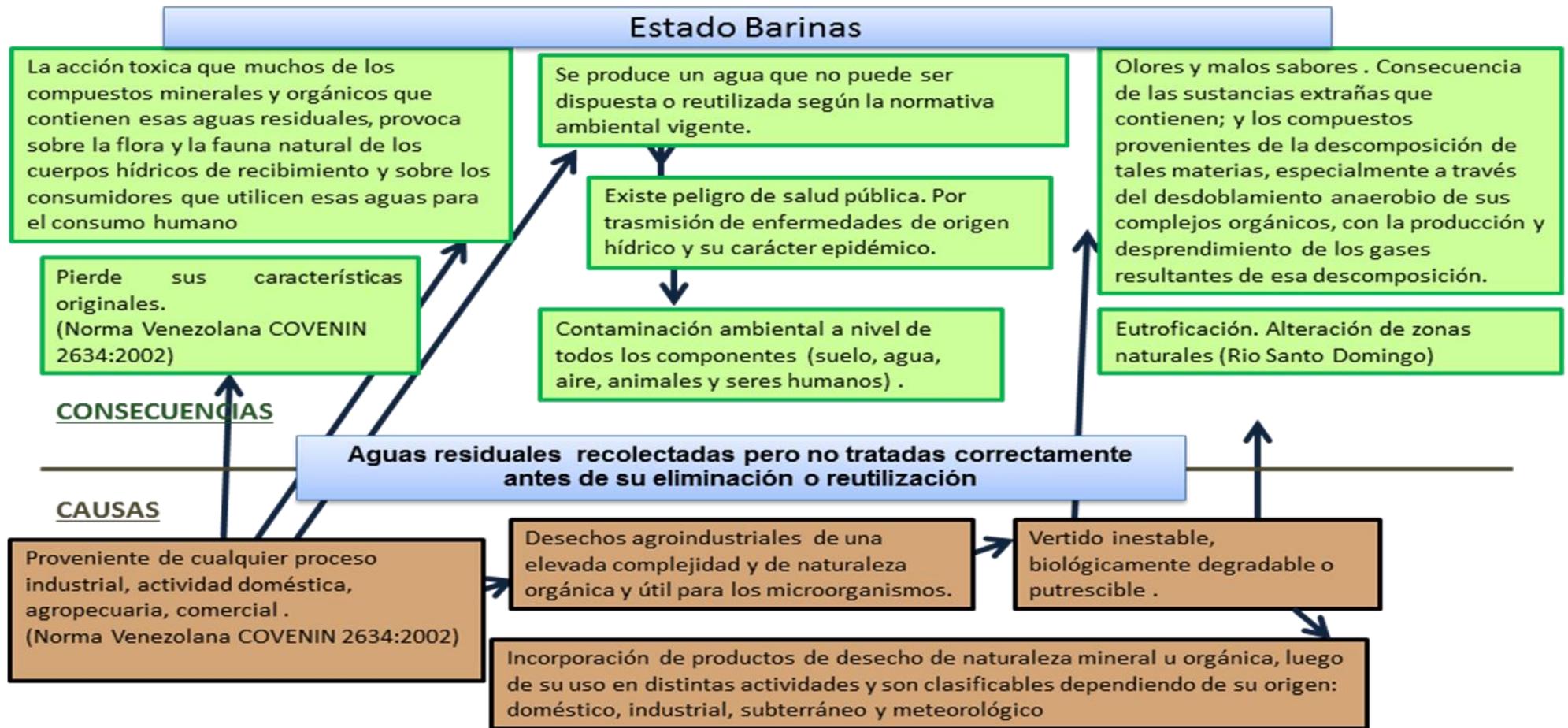


Figura 2. Análisis sistémico de las aguas residuales recolectadas pero no tratadas correctamente antes de su eliminación o reutilización.

Fuente: Elaboración propia (2023).

A partir del planteamiento del problema anterior se formula la siguiente interrogante de la investigación:

¿Es posible establecer un modelo teórico para la gestión sustentable de las aguas residuales?

Desde las perspectivas expuestas, surge el tema del presente estudio; Modelo teórico para la gestión sustentable de las aguas residuales en el contexto empírico del municipio Barinas estado Barinas, el cual permitirá un acercamiento transdisciplinario para el estudio y solución de un problema ambiental relacionado con la interacción hombre-ambiente.

La presente investigación se fundamenta desde el punto de vista legal en la Constitución de la República Bolivariana de Venezuela (1999), la Ley de Agua (2007) y su reglamento (2018), entre otros instrumentos, así como también en las líneas de investigación del Doctorado en Ambiente y Desarrollo de la UNELLEZ, se asume la de Gestión Sustentable de los Recursos Naturales y Desarrollo Sustentable, respectivamente; con el fin de garantizar un desarrollo cónsono con la naturaleza, social y económicamente sustentable.

Indudablemente generará el conocimiento base, a través de las diversas investigaciones sobre aguas residuales y la gestión sustentable, se espera obtener los elementos necesarios para contribuir a la conservación de la dinámica del equilibrio natural, y su uso racional, de tal forma que, el mejoramiento en el tratamiento de las aguas residuales conlleva a un uso potencialmente sustentable.

Parte del problema a estudiar en la presente investigación es si el manejo de las aguas residuales en el municipio Barinas responde al desarrollo sustentable, el cual es el Objetivo de Desarrollo Sustentable N° 6: Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sustentable y el saneamiento para todos, así como a las líneas de investigación Gestión Sustentable de los Recursos Naturales y Desarrollo Sustentable.

Por último, cabe mencionar que del diagnóstico realizado vía electrónica, no se encontró ninguna tesis doctoral en Venezuela que trate la relación de las aguas residuales con el desarrollo sustentable; esto lo convierte en un proyecto ineludible y novedoso.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo General**

Desarrollar un modelo teórico para la gestión sustentable de las aguas residuales, en el contexto del municipio Barinas estado Barinas.

### **Objetivos Específicos**

Determinar la situación actual del manejo de las aguas residuales en el contexto del municipio Barinas estado Barinas.

Comprender los elementos de la gestión sustentable de las aguas residuales en el contexto del municipio Barinas estado Barinas.

Diseñar el modelo teórico para la gestión sustentable de las aguas residuales en el contexto del municipio Barinas estado Barinas.

### **Justificación de la Investigación**

La presente investigación contempla desarrollar un modelo teórico que permita la gestión sustentable de las aguas residuales en el contexto empírico del municipio Barinas estado Barinas, y parte de un profundo análisis sobre la situación actual de un recurso natural sometido a una intensa presión por el incremento de la población tanto en el ambiente urbano y rural, la afectación y deterioro progresivo de la cuenca hidrográfica del Río Santo Domingo y la contaminación de fuentes superficiales y subterráneas para el abastecimiento.

El agua un recurso ambiental indispensable para la vida y de vital importancia para alcanzar el desarrollo sustentable, sin embargo, su disposición luego de su uso se hace cada vez más insostenible, comprometiendo la disponibilidad del recurso por la contaminación a nivel de todos los componentes que causa su vertido sin ningún tipo de tratamiento o realizado este de manera deficiente. Es por ello que representa un grave problema que incide directamente sobre el ciclo hidrológico, al disminuir la disponibilidad de agua para todos.

De hecho Peña (2019) señala que la contaminación y progresiva degradación de la calidad de las aguas tienden a provocar déficit hídrico y

escasez económica, debido al grave deterioro de los sistemas de tratamiento en las plantas de potabilización, que dificulta que el agua cruda se transforme en agua potable y cumpla satisfactoriamente con las normas internacionales y nacionales de calidad para que sea apta para el consumo humano.

En cuanto al para qué de la investigación, ésta se realizará con la finalidad de aportar un modelo teórico dirigido a mejorar a nivel institucional la gestión sustentable de las aguas residuales, lo cual se encuentra contemplado en la Ley Orgánica del Ambiente (2006). Sin embargo, no se vislumbra en la citada ley como se articulan las diferentes direcciones, coordinaciones y sus actividades. Además adolecen de reglamentos que sistematicen su ejecución.

Cabe mencionar que en los planes nacionales de desarrollo se ha incorporado la variable ambiental, sin embargo los planes de gestión ambiental de las aguas residuales siguen en mora, y por ello el control previo y posterior de las actividades capaces de degradar el ambiente, no responde a una visión nacional y no se articulan a los planes locales, regionales y nacionales a largo plazo para alcanzar el tal esquivo desarrollo sustentable.

De allí, se considera que el proceso investigativo, basado en el análisis y la reflexión filosófica a partir del razonamiento deductivo y la transdisciplinariedad orientada a generar aportes teóricos pudiera servir como propuesta que direccionen y responda a las necesidades de las instituciones tanto públicas como privadas del municipio Barinas estado Barinas para la planificación, ejecución, y evaluación de las políticas públicas para mejorar la calidad de vida, además de ser un insumo para estudiantes e investigadores.

La relevancia e importancia social se centra en la responsabilidad de todos los habitantes del planeta de fomentar la sostenibilidad en el uso de los recursos ambientales para garantizar las necesidades alimentarias, sociales y económicas de la población actual y futura, basada en la capacidad que tienen los ecosistemas y su biodiversidad.

Desde el punto de vista científico se hace necesaria la sustentación teórica de la gestión de las aguas residuales, desde una perspectiva transdisciplinar, afianzada en los fundamentos ontológicos, epistemológicos y metodológicos, para intentar ofrecer interpretaciones que expliquen la realidad y exigencias del entorno. Así como el nuevo abordaje conceptual ante las emergencias ambientales, latentes por el efecto climático y la crisis mundial

sobre el agua para consumo humano no de disponibilidad del recurso sino de gobernanza.

Por último, al abordar la relevancia e importancia técnica de instrumentar un modelo teórico para la gestión sustentable de las aguas residuales en el contexto del municipio Barinas estado Barinas, se traduce en una herramienta capaz de alcanzar los objetivos, misión y visión a partir del manejo integral de un recurso valioso.

## CAPÍTULO II

### FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

En el proceso de investigación la fundamentación teórica constituye un soporte explicativo y lógico de la temática en estudio por lo tanto es señalado para orientar y comprender el ámbito del problema, al respecto, permitiendo hacer explicaciones en un área específica del conocimiento.

Sabino (2000), afirma que la intención de este apartado es asimilar el bagaje conceptual y las teorías ya elaboradas respecto al tema, pero reenfocadas para los fines específicos. Entre otras ventajas es la de hacer inferencia entre los datos empíricos obtenidos en la realidad con la fundamentación conceptual y/o teórica derivándose de este contraste de conocimientos.

Justo con lo anterior, se presenta una revisión sobre tesis doctorales, artículos científicos, ponencias relacionadas con la gestión sustentable y aguas residuales, en los ámbitos internacional y nacional, lo cual implica por lo tanto la investigación y ordenación de los conocimientos previos disponibles sobre el tema, en lo que se describen particularmente al problema que se ha planteado y el punto de vista que se ha asumirá acerca del mismo.

En primer lugar, se considera la tesis doctoral de Peña (2019) para el Programa de Doctorado en Diseño, Fabricación y Gestión de Proyectos Industriales CONVENIO ULA–UPV titulada **Desarrollo de una metodología para la evaluación del desempeño y la sostenibilidad ambiental en la gestión del agua potable. Caso de Estudio: Aguas de Mérida C.A. (Venezuela)**. Dicha propuesta, se origina a partir de la selección y combinación de cuatro metodologías: modelo FPEIR (Fuerzas motrices, Presiones, Estado, Impacto, Respuesta); modelo diagnóstico de la sostenibilidad de un abastecimiento de agua; metodología propuesta para el incremento de la eficiencia física, hidráulica y energética en sistemas de agua potable; metodología para la medición de la gobernabilidad y gobernanza del agua.

Esta tesis doctoral se fundamentó en un proceso de investigación descriptiva, exploratoria, documental y de campo, delimitándose al desarrollo de una propuesta metodológica para la evaluación del desempeño y la sostenibilidad del servicio de agua potable, que abarca la planificación y gestión desde la disponibilidad y captación en la cuenca hidrográfica abastecedora a través de fuentes superficiales sin regulación (1), potabilización (2), almacenamiento(3) y distribución (4) para la dotación del recurso natural transformado en agua potable a ciudadanos en ámbitos urbanos para uso doméstico.

Por tanto, es un estudio cuyo abordaje es de una variable de carácter compleja referida a la sostenibilidad y sus dimensiones aplicadas a la prestación del servicio de agua potable, lo cual implica la determinación e integración de indicadores estratégicos de sostenibilidad y desempeño ambiental, que permitan su evaluación en un tiempo determinado.

Éstas, permitieron, de manera innovadora, incorporar el parámetro ambiental como un pilar de la prestación del servicio de agua potable y romper paradigmas de los sistemas de indicadores tradicionales aplicados al sector, especialmente, en los aspectos de cobertura, calidad, cantidad y continuidad; así, se logró interrelacionar las dimensiones de la sostenibilidad y construir un Sistema de Indicadores para la Evaluación del Desempeño y Sostenibilidad (SIEDSA), conformado por 21 Indicadores Estratégicos (cuali-cuantitativos), que representan una proporción convergente, numérica y descriptiva de la interrelación de las dimensiones de la sostenibilidad en los procesos de gestión ecoeficiente, para la prestación del servicio de agua potable.

Tras un proceso de agregación, se consolidó y se generó el Índice del Desempeño y Sostenibilidad de la Prestación del Servicio de Agua Potable (IDSAAP), resultando, en su conjunto, un modelo innovador para la gestión ecoeficiente del agua, el cual pretende ser una herramienta útil y flexible para el uso de las empresas prestadoras del servicio de agua potable, a fin que los planificadores y gerentes de la gestión de este servicio, puedan valorar y predecir el estado inicial de la Empresa, así como identificar y basar técnicamente la propuesta con las medidas prioritarias, en las dimensiones de la sostenibilidad, que se relacionan con la gestión de la Empresa en estudio,

dando pie a la toma de decisiones oportunas con visión prospectiva y propositiva para alcanzar la ecoeficiencia del sistema.

Esta investigación, sirvió de aporte al presente trabajo debido a que presenta como se diseñan los instrumentos de medición, análisis de información y cuestionarios necesarios para conocer la situación actual de una empresa de Prestación del Servicio de Agua Potable, permitiendo identificar las variables claves de éxito que permitirán el monitoreo continuo del abastecimiento de las poblaciones en ámbitos urbanos por la Autoridad Nacional de las Aguas a los usuarios del recurso hídrico en Venezuela, pudiendo ser replicado, el presente modelo metodológico, a otros países con las debidas adaptaciones a su contexto institucional, operativo y ambiental.

Al respecto, Ruiz (2019) para el Programa de Doctorado en Ciencias Ambientales presento una tesis titulada **“Evaluación Ambiental del Uso y Gestión del Agua de Riego en la Junta de Usuarios del Sector Hidráulico Chira, Provincia de Sullana – Región Piura Perú”**. El presente trabajo de investigación tiene como finalidad promover la gestión sustentable del agua que le permita realizar una gestión institucional más eficiente; fue elegido en base a que el agua es un recurso hídrico vital e imprescindible para el funcionamiento del sistema ambiental y los seres vivos que la utilizan de acuerdo a sus diferentes necesidades, y en su aprovechamiento introducen ciertas modificaciones en el ciclo hidrológico que afectan la disponibilidad, calidad y cantidad de la misma.

El uso y gestión ambiental del agua de riego en la Junta de Usuarios del Sector Hidráulico Chira, orientada a promover la protección de la calidad del agua; se enfrenta a uno de los mayores problemas como es el deficiente servicio de suministro de agua de riego que brinda a sus usuarios; generándose la no sostenibilidad económica, social, organizacional y ambiental para el manejo del sistema hidráulico existente.

El presente trabajo fue realizado en forma participativa compartiendo decisiones sobre el futuro deseado, con la intervención de directivos, trabajadores y usuarios de la Junta y Comisiones de usuarios logrando el entendimiento de lo que es la gestión sustentable del agua, que promuevan actividades para la protección de la calidad del agua en el sector hidráulico y que permita realizar una gestión institucional más eficiente.

La presente investigación dio como resultado que la gestión actual del agua de riego en el sector hidráulico Chira según los usos del recurso hídrico, se describe como multisectorial; resaltando con mayor demanda el uso agrario; pero según la evaluación, el 67.64% de los usuarios de agua de riego califican a la gestión como regular, se determinaron las diversas fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas con que se enfrenta la Junta de Usuarios y que mediante sus interacciones se muestran las diversas propuestas estratégicas y operativas para la planificación y ejecución de las actividades que van a contribuir al éxito de la gestión de la organización; así como los indicadores de sustentabilidad ambiental útiles para la evaluación y el monitoreo de la gestión del agua de riego y apoyo en la toma de decisiones.

Este estudio se identifica de vital importancia y aporte para la presente investigación, debido a que presenta un modelo de gestión sustentable del agua que promueve actividades para la protección de la calidad del agua, y se ha propuesto pautas que hacen énfasis en sus aspectos sociales, económicos, institucionales y técnicos, tales como: una gobernanza adecuada del agua del uso agrario, una planificación estratégica, participación de los usuarios y distintos actores en la toma de decisiones, promover una educación ambiental, sensibilización y capacitación sobre la calidad del agua y conservación del ambiente a los usuarios y el uso adecuado de los instrumentos técnicos y administrativos de gestión, que favorece la gestión integrada de los recursos hídricos.

En este particular, Duek (2017) en su tesis del doctorado en Ordenamiento Territorial y Desarrollo Sostenible presentada ante la Universidad Nacional de Cuyo titulada **Uso sostenible del agua en Mendoza. Estimación de la disponibilidad hídrica actual y escenarios futuros**. La metodología utilizada contempla las entrevistas en profundidad a informantes calificados de diversos organismos de Mendoza y a personal idóneo de diversos establecimientos industriales alimenticios, los cuales fueron visitados.

Entre las conclusiones se tiene que actualmente, en la provincia de Mendoza los tres principales sectores (agrícola, poblacional e industrias alimenticias) demandan un volumen de agua de 6.147,9 hectómetros cúbicos por año, de los cuales el 95,2 % corresponde al sector agrícola, el 4,5 % al sector poblacional y el 0,3 % a las industrias alimenticias. En la cuenca de los

ríos Mendoza y Tunuyán Inferior se concentra la mayor demanda, que representa el 48,9 % del total, seguida por la cuenca de los ríos Diamante y Atuel, con el 33,9 %, y el 17,2 % restante correspondiente a la cuenca del río Tunuyán Superior.

Si se optimizaran las variables externas (eficiencia externa de riego y pérdidas por conducción y distribución del agua potable), la demanda podría reducirse a 5.090,8 hectómetros cúbicos por año, lo que implica una merma del 17,2 % respecto del agua demandada actualmente. En cambio, si se alcanzaran valores potenciales de las variables internas (eficiencias sectoriales), el volumen de agua demandado podría disminuirse hasta 4.620,3 hectómetros cúbicos anuales, generando un ahorro del 24,9 % en relación a la demanda actual. Si se consideran eficiencias potenciales, tanto internas como externas, en los tres sectores demandantes, se alcanzaría un escenario óptimo, reduciendo la demanda a 3.848,5 hectómetros cúbicos por año, con el consecuente ahorro del 37,4 % respecto del volumen actualmente demandado.

Esta investigación aporta a la investigación elementos para la gestión sustentable de los recursos hídricos, mediante una propuesta orientada a la asignación eficiente del uso del agua en el marco de escenarios futuros de escasez hídrica.

También Cañizales y Martín (2016) en su artículo sobre el **Procedimiento para cuantificar los costos de las actividades ambientales en la gestión de sostenibilidad del recurso agua potable**. El objetivo de la presente investigación es mostrar el diseño de un procedimiento que permite calcular los costos de las actividades ambientales en el recurso agua potable, como una concepción teórica novedosa para los actuales procedimientos contables. Dentro de las principales conclusiones se plantea que los problemas ambientales y la sostenibilidad de los recursos naturales deben ser abordados con carácter sistémico e interdisciplinario, para integrar conocimientos y mostrar la información necesaria para el cuidado y conservación del ambiente.

La aplicación del procedimiento para la cuantificación de costos ambientales demuestra que su diseño establece una concepción teórica novedosa para los actuales procedimientos contables, teniendo en cuenta las limitaciones identificadas en la aplicación de la contabilidad de gestión ambiental. Además, los elementos teóricos que aborda la contabilidad de

gestión ambiental permiten derivar criterios sobre el cálculo de los costos de las actividades ambientales y su aplicación en los análisis de sostenibilidad, aspectos que forman parte de los aportes teóricos de la presente investigación, donde se comprobó la factibilidad de herramientas de gestión como el ciclo de vida del producto, los procesos y la identificación de actividades para el cálculo del costo de actividades ambientales.

El aporte de esta investigación, es que demuestra el procedimiento que permite identificar los problemas ambientales y la sostenibilidad de los recursos naturales con un carácter sistémico e interdisciplinario que integre conocimientos y muestre la información necesaria para el cuidado y conservación del ambiente.

Cabe mencionar el artículo de González, Retamoza, Albores y Guerrero (2016) titulado **Gestión integral de cuencas hidrográficas: una alternativa a la sustentabilidad de los recursos hídricos en México**. La presente investigación reflexiona en torno a la sustentabilidad de los recursos hídricos en el territorio de México desde el enfoque de la gestión integral de cuencas hidrográficas.

La investigación cuestiona el recorrido que ha experimentado el proceso de gestión integral de los recursos hídricos en México. Por lo que, el objetivo central del trabajo analiza los eventos que han sido decisivos en la actual definición y práctica de la gestión integral, y reflexiona sobre el escenario de los recursos hídricos desde el enfoque de la sustentabilidad ambiental.

El aporte a la investigación, es que presenta como abordar la sustentabilidad de los recursos hídricos desde el enfoque de la gestión integral de cuencas hidrográficas. Metodológicamente, se recapitulan las actuaciones en territorio mexicano mediante la revisión documental, la cual ha proporcionado información valiosa para la conformación del presente trabajo. Asimismo, las fuentes hemerográficas han ayudado a complementar el desarrollo del objeto de estudio.

### **Modelo Teórico**

La construcción teórica es un proceso que acompaña la investigación e inseparable de una posición activa y productiva del investigador quien al

asumirse como sujeto de aquella tiene que superar la imagen de recolector de información que ha dominado el imaginario de la investigación. Las ideas se van integrando en un tejido dinámico, mediante la reflexión del investigador, donde diferentes aspectos de la información aparecen articulados en la teoría.

Si bien el producto de la teorización se presenta en este momento, es un proceso que se da a lo largo de la investigación. En tal sentido, existen diferentes caminos hacia la teoría y se pueden producir distintas clases de teorías.

La teoría se puede presentar mediante un diagrama que según Strauss y Corbin (2002) “son representaciones visuales de las relaciones entre los conceptos” (p.262). Luego se elaboran oraciones que vinculen cada parte y subpartes teniendo en cuenta la relación de las partes con el todo. Implica un trabajo intelectual creativo, para especular sobre la información y así pasar conceptualmente desde el ambiente de la investigación propia a un nivel más general e incluso abstracto de pensamiento. Al desarrollar, refinar o crear conceptos se busca trascender lo local y lo particular.

Bunge (1985) expresa que en general las teorías científicas son aproximaciones, por lo que sería redundante la expresión aproximación teórica para referirse al constructo o teoría generada en una tesis doctoral. No obstante, Arias (2018) define la aproximación teórica como: 1. Primer esbozo en la construcción de una teoría. 2. Explicación incipiente acerca de un hecho. 3. Versión preliminar de una teoría no acabada. 4. Teoría no consolidada que se encuentra en proceso de evaluación y que poco explica el fenómeno en estudio.

El citado autor, propone un procedimiento lógico para la construcción de teorías, con carácter flexible, corregible, adaptable y modificable, el cual se cita a continuación:

a) Obtenga un conocimiento profundo y exhaustivo del hecho o fenómeno acerca del cual pretende teorizar, que implica conceptualizar, relacionar, explicar o interpretar y predecir.

b) Descubra e identifique los conceptos inmersos en la información obtenida y construya nuevos conceptos o constructos.

c) Establezca asociaciones, vínculos y relaciones (causales y no causales) entre dichos conceptos.

d) Si se trata de una teoría enmarcada en el enfoque positivista, mediante un procedimiento deductivo cuyo punto de partida es la teoría existente, formule nuevas hipótesis o posibles explicaciones acerca del fenómeno objeto de estudio.

e) Si se pretende generar una teoría interpretativa o comprensiva desde el paradigma postpositivista, a través de un proceso inductivo que parte de los datos, se deberá hacer énfasis en el sentido y significado de los mismos, para la elaboración de conceptos y categorías generales.

f) Exprese lo que ocurrirá si se presentan determinadas condiciones, es decir, desarrolle la fase predictiva de la construcción de teoría.

g) Este procedimiento no debe terminar en simples descripciones, conclusiones o reflexiones, así como en figuras o gráficos desvinculados de un desarrollo conceptual.

h) Antes de intentar verificar la teoría formulada con la realidad (verificación empírica), aplique los criterios para evaluar teorías propuestos por Martínez (2004).

i) Por último, es importante precisar que este procedimiento se refiere fundamentalmente a teorías de mediano y de corto alcance (teorías sustantivas).

En tal sentido, en la presente investigación el modelo teórico se va a estructurar en: presentación, argumentación, síntesis interpretativa y aportes. La presentación se refiere a un esbozo claro del asunto principal y las partes del relato que se quiere comunicar. La argumentación como su nombre lo dice es el desarrollo de la teoría, la síntesis interpretativa define los componentes fundamentales de la teoría. Además la teoría se va a presentar como un esquema lógico general que incorpora los componentes importantes a través del uso de una representación grafica vinculante con el desarrollo conceptual.

### **Perspectiva para la Gestión Sustentable de Aguas Residuales**

La gestión sustentable tiene su origen en las premisas del desarrollo sustentable: satisfacer las necesidades actuales sin comprometer la disponibilidad de los recursos para las generaciones futuras. Se define como un proceso sistémico que engloba los elementos económicos, políticos,

ambientales y sociales a partir de la conducción de recursos humanos, sociales, económicos y tecnológicos, para crear una mejor calidad de vida. Para algunos autores se articulan tres dimensiones: ambiental (recursos naturales, tecnologías verdes, manejo de agua, reciclaje, movilidad, impacto ambiental), social (ética, justicia, equidad, cultura, valores, democracia e impactos sociales), y económicas (aspectos económicos, la gestión, las partes interesadas, y las políticas).

Para lograr la gestión sustentable del agua residual se requiere la asociación sinérgica entre la administración y el aprovechamiento, considerando las relaciones existentes entre los recursos y los objetivos económicos y sociales, así como sus posibilidades de reutilización y reuso, sin riesgo. La gestión se ocupa de la dirección, gobierno, procesos de transformación de la realidad y para el cumplimiento de objetivos.

Para Sandoval y Günther (2013) existen diversas maneras de caracterizar la gestión del agua, uno de ellas es en cuanto a la función de quién gestiona, de qué manera toma las decisiones y cuáles son los objetivos finales que motivan su accionar. Bajo este foco las autoras identifican tres tipos generales de gestión del agua: privada, pública y social.

Así la gestión privada está tradicionalmente ligada a la empresa y busca satisfacer el abasto de agua bajo intereses económicos. La gestión pública del agua, se asienta sobre la idea de responsabilidad compartida entre los actores involucrados. El concepto de gestión social está asociado a la gestión comunitaria, alude también a la organización y administración del agua desde lo local, en cuanto a su acceso, distribución y uso.

El esquema de gestión integral muestra la forma en que se da respuesta a las preguntas básicas de toda gestión institucional y la ONU (2009) formula las siguientes interrogantes:

¿Para qué se logran los resultados? Se logran para prestar servicios. Esta pregunta hace alusión a la misión en el marco institucional y estratégico vigente. Los objetivos estratégicos deben orientar la planificación operativa y, si los contextos cambian, requieren también ajustarse en su proyección estratégica. El método que se utiliza es el cuadro de mando integral.

¿Qué resultados se alcanzarán? Esta interrogante tiene relación con la planificación operativa. ¿Cómo? Esta pregunta expresa la manera en que se

lograrán los resultados (procesos de impacto y los rutinarios de funcionamiento). ¿Quién? Esta interrogante define a los responsables dentro de la estructura organizacional que comparten tareas y actividades, bajo la coordinación, seguimiento y evaluación de la coordinación operativa y planificación (COP), instancia donde convergen todos los responsables de sistemas, departamentos funcionales y áreas de trabajo, para mejorar los resultados y la responsabilidad en la empresa. ¿Con qué? Esta pregunta responde a los recursos necesarios o al presupuesto, el mismo que se debería formular después de que se han concertado los objetivos estratégicos, los objetivos de gestión, los procesos de impacto y los procesos rutinarios.

Al respecto la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL, 2016), señala en la Figura 3 que el Objetivo 6 de la Agenda 2030 son:

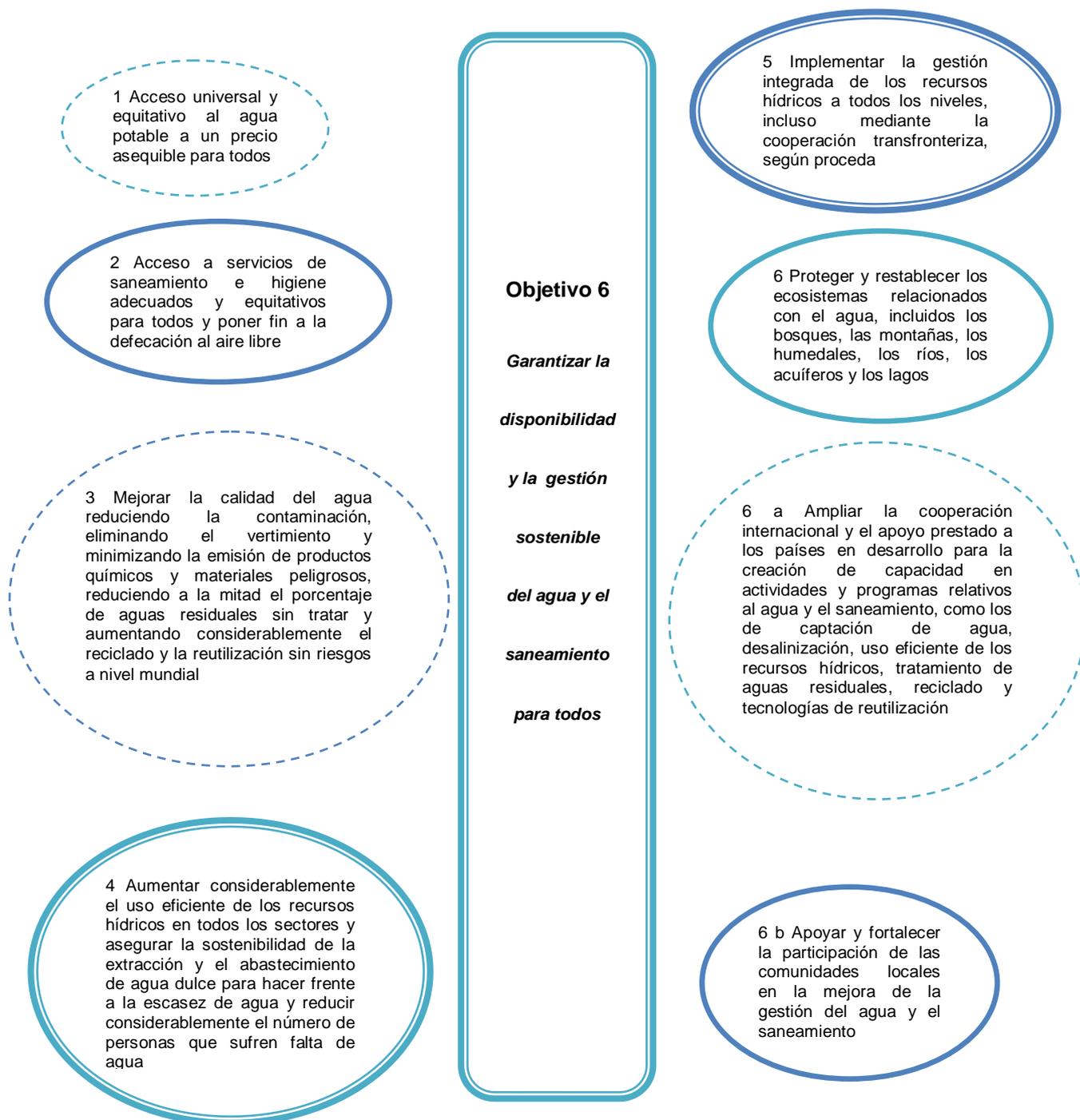


Figura 3. El Objetivo 6 del Desarrollo Sustentable.  
 Fuente: CEPAL (2016).

Se observa que el Objetivo 6: Garantizar la disponibilidad y la gestión sustentable del agua y el saneamiento para todos de la Agenda 2030, establece una estrecha interrelación entre la dimensión social y la ambiental, de hecho, existe una fuerte interrelación entre gestionar y el saneamiento del agua de forma sustentable.

En este sentido el Objetivo 6 del Desarrollo Sustentable (ODS) vincula con otros ODS a través de metas a cumplir, así se señala en el documento de CEPAL (2016) por ejemplo el ODS 1 Fin de la Pobreza en todas sus formas en todo el mundo, la meta 1.4 De aquí a 2030, garantizar que todos los hombres y mujeres, en particular los pobres y los vulnerables, tengan los mismos derechos a los recursos económicos y acceso a los servicios básicos incluido los de saneamiento, y el ODS 2 Hambre Cero, debido a que la seguridad alimentaria depende de la protección del ecosistema y el mantenimiento del ciclo hidrológico.

En el ODS 3 Salud y Bienestar Garantizar una vida sana y promover el bienestar para todos en todas las edades, establece 3 metas relacionadas con el manejo sustentable del agua residual. En primer lugar, la meta 3.3 De aquí a 2030, incluye poner fin a las epidemias de las enfermedades transmitidas por el agua, luego la meta 3.9 De aquí a 2030, reducir considerablemente el número de muertes y enfermedades causadas por la polución y contaminación del aire, el agua y el suelo. Y por último la 3.9.c Aumentar considerablemente la financiación de la salud y la contratación, el perfeccionamiento, la capacitación y la retención del personal sanitario en los países en desarrollo, especialmente en los países menos adelantados y los pequeños Estados insulares en desarrollo.

Al respecto, el ODS 4 Educación de Calidad, requiere contar con instalaciones y servicios sanitarios adecuado, que permitan que alumnos y alumnas adquieran los conocimientos teóricos y prácticos necesarios para promover el desarrollo sustentable, el cuidado de los recursos naturales, incluyendo al agua, y crear las condiciones y oportunidades para que las personas accedan a empleos de calidad, que estimulen un desarrollo económico que no dañe el ambiente ni contribuyan a generar las emisiones de gases de efecto invernadero.

También para el ODS 5 Igualdad de Género, es posible establecer una relación entre la mejora de los servicios de saneamiento (metas 6.2) y la reducción del tiempo destinado al trabajo doméstico no remunerado por parte de las mujeres y las niñas (meta 5.4). De acuerdo con los datos de las encuestas de uso del tiempo, en las zonas rurales del Ecuador, Guatemala y el Perú, las mujeres participan en mayor medida que los hombres en el acarreo

del agua (CEPAL, 2017d, pág. 211). Por lo tanto, las políticas de ampliación de los servicios de saneamiento pueden tener un impacto considerable en materia de igualdad de género y aliviar la sobrecarga de trabajo no remunerado de las mujeres

El ODS 7 Energía Asequible y No Contaminante, en América del Sur la producción de hidroenergía ocupa un lugar fundamental y, por ejemplo, garantiza cerca del 69% de la generación eléctrica. La meta 7.2 De aquí a 2030, aumentar considerablemente la proporción de energía renovable en el conjunto de fuentes energéticas requiere contar con fuentes superficiales de agua no contaminadas.

Al respecto el ODS 8 Trabajo Decente y Crecimiento Económico, donde se promueven la creación de puestos de trabajo en un entorno seguro y sin riesgo, con condiciones sanitarias adecuadas. También El ODS 9 Industria, Innovación e Infraestructura, promueve el construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización inclusiva y sustentable y fomentarla innovación, fomentando procesos limpios y ambientalmente racionales, lo cual abarca el manejo adecuado de las aguas residuales.

También el ODS 11 Ciudades y Comunidades Sostenibles, para Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles, propone en la meta 11.1 De aquí a 2030, asegurar el acceso de todas las personas a viviendas y servicios básicos adecuados, seguros y asequibles y mejorar los barrios marginales.

En cuanto al ODS 12 Producción y Consumo Responsable, establece en la meta 12.2 De aquí a 2030, lograr la gestión sustentable y el uso eficiente de los recursos naturales incluidos el agua. En cuanto al ODS 13 Acción por el Clima, incluye la inversión en conocimiento y tecnología que posibiliten una gestión más eficiente del agua. También el ODS 16 Paz, Justicia e Instituciones Sólidas, busca la adopción en todos los niveles de decisiones inclusivas, participativas y representativas que respondan a las necesidades y garanticen las libertades fundamentales.

Luego el ODS 14 Vida Submarina, para Conservar y utilizar en forma sustentable los océanos, los mares y los recursos marinos para el desarrollo sostenible. Establece en su meta 14.1 De aquí a 2025, prevenir y reducir significativamente la contaminación marina de todo tipo, en particular la

producida por actividades realizadas en tierra, incluidos los detritos marinos y la contaminación por nutrientes.

En lo particular el ODS 15 Vida de Ecosistemas Terrestre, fija en su meta 15.1 De aquí a 2020, asegurar la conservación, el restablecimiento y el uso sustentable de los ecosistemas terrestres y los ecosistemas interiores de agua dulce y sus servicios, en particular los bosques, los humedales, las montañas y las zonas áridas, en consonancia con las obligaciones contraídas en virtud de acuerdos internacionales. Por último el ODS 17 Alianzas para lograr los Objetivos, la movilización de conocimientos, tecnología y recursos financieros, para apoyar el logro de los ODS incluyendo el de saneamiento.

Para responder al ¿Quién o Quiénes? en Venezuela, son los responsables de las actividades de saneamiento a nivel nacional, estatal y local, se presenta en el Cuadro 1, la estructura organizacional enmarcada en estos tres niveles de acción gubernamental en el sector saneamiento.

Cuadro 1. Niveles de organización del estado venezolano para el saneamiento.

Nivel	Competencia
Nacional	Ministerio del Poder Popular para el Ecosocialismo Hidrológica venezolana Ministerio del Poder Popular para la Salud Ministerio del Poder Popular para el Comercio Ministerio del Poder Popular para la Educación
Estadal	Gobernación Empresas públicas y privadas de aguas potable y saneamiento
Municipal	Alcaldía Consejo municipal Empresas públicas y privadas de aguas potable y saneamiento
Local	Mesas técnicas de agua Usuarios Comunidad organizada

Fuente: Peña (2019).

Para responder el ¿Quién o Quiénes? ¿Cómo? Y ¿Con qué? se alcanzara la gestión sustentable de las aguas residuales, es el resultado que se pretende alcanzar con esta investigación.

### **Aguas Residuales**

Las aguas residuales son el resultado de la actividad antropogénica en el ámbito doméstico, comercial e industrial; y requieren para ser dispuestas en al

ambiente, estar tratadas preliminarmente. Tchobanoglous y Burton (1995) definen las aguas residuales como el resultante de la incorporación de productos de desecho de naturaleza mineral u orgánica, luego de su uso en distintas actividades y son clasificables dependiendo de su origen: doméstico, industrial, subterráneo y pluvial. Aunque la captación y drenaje de las aguas pluviales data de tiempos antiguos, la disposición de las aguas residuales no comienza sino a partir del siglo XIX, y su tratamiento a fines del siglo pasado.

Las aguas residuales domésticas, comprenden tanto productos químicos orgánicos como inorgánicos y los gases presentes en el agua residual. El aspecto fundamental resultante de la contaminación por compuestos orgánicos es la disminución de oxígeno como resultante de la utilización del existente en el proceso de degradación biológica de dichos compuestos, esta disminución del oxígeno disuelto lleva perturbaciones indeseables del medio y de la biota en ella asentada (Ramalho, 1996).

Una de las prácticas más comunes de disposición final de las aguas residuales domésticas ha sido la disposición directa sin tratamiento en los cuerpos de agua superficiales y en el suelo; sin embargo, la calidad de estas aguas puede generar dos tipos de problemas: de salud pública, particularmente importantes en países tropicales por la alta incidencia de enfermedades infecciosas, cuyos agentes patógenos se dispersan en el ambiente de manera eficiente a través de las excretas o las aguas residuales crudas y los problemas ambientales, por afectar la conservación o protección de los ecosistemas acuáticos y del suelo, lo que contribuye a la pérdida de valor económico del recurso y del ambiente y genera a su vez una disminución del bienestar para la comunidad ubicada aguas abajo de las descargas (Silva, Torres y Madera, 2008).

En general los residuos que generan los efluentes residuales le imparten a los cuerpos receptores una serie de contaminantes, los cuales se muestran en el Cuadro2.

Cuadro 2. Contaminantes de importancia en el tratamiento de aguas residuales.

Contaminantes	Razón de la importancia
Sólidos en suspensión	Los sólidos en suspensión pueden dar lugar al desarrollo de depósitos de fango y de condiciones anaerobias cuando se vierte agua residual sin tratar al entorno acuático. Se deposita en el fondo de ríos, lagos y mares modificando los nichos naturales.
Materia orgánica biodegradable	Compuesta principalmente por proteínas, carbohidratos, grasas animales, la materia orgánica biodegradable se mide, en la mayoría de las ocasiones en función de la DBO (demanda bioquímica de oxígeno) y de la DQO (demanda química de oxígeno). Si se descargan al entorno sin tratar su estabilización biológica puede llevar al agotamiento de los recursos naturales de oxígeno y al desarrollo de condiciones sépticas. Demanda de oxígeno disuelto del agua para su oxidación, rebaja las concentraciones de oxígeno disuelto, y afecta adversamente la biota natural hasta desaparecer especies como los peces. Originan sabores desagradables, algunos no son transformados por la acción de microorganismos, persisten en el medio acuático y se acumulan en la cadena alimentaria del ecosistema.
Patógenos	Pueden transmitirse enfermedades contagiosas por medio de los organismos patógenos presentes en el agua residual.
Nutrientes	Tanto el nitrógeno como el fósforo, junto con el carbono, son nutrientes esenciales para el crecimiento. Cuando se vierten al entorno acuático, estos nutrientes pueden favorecer el crecimiento de una vida acuática no deseada. Cuando se vierten al terreno en cantidades excesivas, también pueden provocar la contaminación del agua subterránea.
Contaminantes prioritarios	Son compuestos orgánicos o inorgánicos determinados en base a su carcinogenicidad, mutagenicidad, teratogenicidad o toxicidad aguda conocida o sospechada. Muchos de estos compuestos se hallan en el agua residual.
Materia orgánica refractaria	Esta materia orgánica tiende a resistir los métodos convencionales de tratamiento. Ejemplos típicos son los agentes tensoactivos, los fenoles y los pesticidas agrícolas.
Metales pesados	Los metales pesados son, frecuentemente, añadidos al agua residual en el curso de ciertas actividades comerciales e industriales, y puede ser necesario eliminarlos si se pretende reutilizar el agua residual. En concentraciones pequeñas, afectan adversamente a la vida acuática y a los usuarios del agua
Sólidos inorgánicos disueltos	Los constituyentes inorgánicos tales como el calcio, sodio y los sulfatos se añaden al agua de suministro como consecuencia del uso del agua, y es posible que se deban eliminar si se va a reutilizar el agua residual. El nitrógeno y fósforo, fertilizan las aguas, pueden originar crecimientos masivos de algas.
Aceite, grasa y materia flotante	Generan condiciones desagradables a la vista, restringen la transferencia de oxígeno del aire al agua y afectan la biota.
Color y turbiedad	Crean problemas estéticos y hacen inadecuado su uso doméstico e industrial.

Fuente: Tchobanoglous y Burton (1995), Bastidas (2003).

## Características de las Aguas Residuales

Para cualquier plan de manejo de aguas residuales, es de importancia la caracterización de las mismas, con el fin de evaluar de una forma sistemática sus condiciones de deterioro. La caracterización se realiza a partir de la determinación de diferentes parámetros físicos, químicos y biológicos; los cuales permiten describir su carga contaminante. El Cuadro 3 muestra las principales propiedades físicas, químicas y biológicas del agua en cuestión, así como también su procedencia.

Cuadro 3. Características físicas, químicas y biológicas del agua residual y su procedencia.

Características	Procedencia
<u>Constituyentes biológicos</u>	
Animales	Cursos de agua y plantas de tratamiento.
Plantas	Cursos de agua y plantas de tratamiento.
Eubacterias y Archeobacterias Virus	Aguas residuales domésticas, infiltración de agua superficial, plantas de tratamiento. Aguas residuales domésticas.
<u>Propiedades físicas</u>	
Color	Aguas residuales domésticas e industriales, degradación natural de materia orgánica.
Olor	Agua residual en descomposición, residuos industriales.
Sólidos	Agua de suministro, aguas residuales domésticas e industriales, erosión del suelo, infiltración y conexiones incontroladas.
Temperatura	Aguas residuales domésticas e industriales.
<u>Constituyentes químicos</u>	
Carbohidratos	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales.
Grasas animales, aceites y grasa	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales.
Pesticidas	Residuos agrícolas.
Fenoles	Vertidos industriales.
Proteínas	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales.
Contaminantes prioritarios	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales.
Agentes tensoactivos	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales.
Compuestos orgánicos volátiles	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales.
Otros	Degradación natural de materia orgánica.
Alcalinidad	Aguas residuales domésticas, agua de suministro, infiltración de agua subterránea.
Cloruros	Aguas residuales domésticas, agua de suministro, infiltración de agua subterránea.
Metales pesados	Vertidos industriales.
Nitrógeno	Residuos agrícolas y aguas residuales domésticas.
pH	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales.
Fósforo	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales; agua de escorrentía.
<u>Contaminantes prioritarios</u>	
Azufre	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales.
Gases	Aguas de suministro; aguas residuales domésticas, comerciales e industriales.
Sulfuro de hidrógeno	Descomposición de residuos domésticos.
Metano	Descomposición de residuos domésticos.

Fuente: Tchobanoglous y Burton (1995).

Los análisis empleados usualmente para cuantificar las aguas residuales son reportados en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Análisis comunes usados para estimar los constituyentes encontrados en las aguas residuales.

Prueba	Abreviatura/Unidades	Uso o significado del resultado
<b>Características físicas</b>		
Sólidos disueltos totales	SDT(ST-SST) (mg/L)	Estimar la reutilización potencial del agua residual
Sólidos disueltos volátiles	SDV(mg/L)	
Sólidos disueltos fijos totales	SDF(mg/L)	
Sólidos sedimentables		Determinar aquellos sólidos que se sedimentan por gravedad en un tiempo específico
Distribución de partículas por tamaño	DPT(mg/L)	Evaluar el desempeño de los procesos de tratamiento
Turbiedad	UNT	Evaluar la calidad del agua residual tratada
Color	Café claro, gris, negro	Estimar la condición del agua residual (fresca o séptica)
Transmitancia	%T	Estimar si el efluente tratado es apropiado para desinfección con radiación UV
Olor	NUO	Determinar si el olor puede ser un problema
Temperatura	°C o °F	Importante en el diseño y operación de instalaciones de tratamiento con procesos biológicos
Densidad	$\rho$ (Kg/m <sup>3</sup> )	
Conductividad	CE	Estimar si el efluente tratado es apto para uso agrícola
<b>Características químicas inorgánicas</b>		
Amonio libre	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/L)	Usado como medida de nutrientes y para establecer el grado de descomposición del agua residual; las formas oxidadas pueden tomarse como una medida del grado de oxidación. Usado como medida de nutrientes
Nitrógeno orgánico	Norg (mg/L)	
Nitrógeno total Kjeldahl	NTK(Norg + NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )(mg/L)	
Nitritos	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	
Nitratos	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	
Fósforo total	FT (mg/L)	
Alcalinidad	$\Sigma\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{2-} + \text{OH}^- + \text{H}^+$ (mg/L)	Medida de la capacidad amortiguadora del agua residual
Metales	As, Cd, Ca, Cr, Co, Cu, Pb, Mg, Hg, Mo, Ni, Se, Na, Zn (mg/L)	Estimar la posibilidad de reutilizar el agua residual y los posibles efectos tóxicos en el tratamiento. Las cantidades de metales son importantes en el tratamiento biológico
Gases	O <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub> , NH <sub>3</sub> , H <sub>2</sub> S, CH <sub>4</sub>	Presencia o ausencia de un gas específico
<b>Características químicas orgánicas</b>		
Demanda bioquímica carbonácea de oxígeno a cinco días	DBOC <sub>5</sub> (mg/L)	Medida de la cantidad de oxígeno requerido para estabilizar biológicamente un residuo
Demanda bioquímica carbonácea de oxígeno última	DBOU (DBO <sub>u</sub> , L) (mg/L)	
Demanda de oxígeno nitrogenácea	DON (mg/L)	Medida de la cantidad de oxígeno requerida para oxidar biológicamente el nitrógeno amoniacal de un agua residual a nitratos
Demanda química de oxígeno	DQO (mg/L)	Usada con frecuencia como sustituto de la prueba de DBO
Carbono orgánico total	COT (mg/L)	

Fuente: Crites, Tchobanoglous, Camargo, Pardo y Mejía (2000).

### Características Físicas

Los efluentes residuales presentan características físicas que pueden ser interpretadas y evaluadas de acuerdo a los resultados obtenidos a nivel de laboratorio. Los parámetros físicos que rutinariamente se evalúan en aguas residuales son los siguientes: Temperatura, color, conductividad eléctrica y sólidos. Cada uno de estos parámetros va a permitir la caracterización física de estos efluentes y su conocimiento permite delinear el tratamiento a seguir, de allí la importancia de su determinación.

**Temperatura:** La temperatura generalmente se expresa en grados centígrados (°C), constituye un parámetro de gran importancia dada su influencia en el desarrollo de la vida acuática, igualmente en lo que respecta a las reacciones químicas y su cinética, en donde las velocidades de reacción se incrementan al aumentar la temperatura. Cabe señalar que la velocidad de una reacción enzimática casi se duplica por el incremento en diez grados centígrados (10°C), definido por el  $Q_{10}$  de la reacción;

$$Q_{10} = \frac{\text{Velocidad de reacción } (T + 10^{\circ}\text{C})}{\text{Velocidad de reacción a la } T} \quad \text{Ecuación N}^{\circ} (1)$$

El aumento en la temperatura del agua residual puede provocar cambios en las especies acuáticas presentes, así como aumentar su mortalidad y conducir a una proliferación indeseada de plantas acuáticas y hongos. La temperatura del agua residual generalmente es mayor que las de aguas no contaminadas, debido a que la energía liberada en las reacciones bioquímicas se presenta en la biodegradación de la materia orgánica. Sin embargo, las descargas calientes constituyen otra de las causas de este incremento (Tchobanoglous y Burton, 1995).

Como ocurre con todos los procesos biológicos, la temperatura presenta una influencia marcada en todas las etapas. En general, y para los intervalos de temperatura normales (de 0-30° C), se puede decir que la velocidad de la depuración aumenta con la temperatura, en especial en lo que concierne a la actividad de las bacterias. La temperatura óptima para el desarrollo de la

actividad bacteriana se sitúa entre los 25 y los 35°C. Los procesos de digestión aerobia y de nitrificación se detienen cuando se alcanzan los 50°C. A temperaturas de alrededor de 15°C, las bacterias productoras de metano cesan su actividad, mientras que las bacterias nitrificantes autótrofas dejan de actuar cuando la temperatura alcanza valores cercanos a los 5°C. Si se alcanzan temperaturas del orden de 2°C, incluso las bacterias quimioheterótrofas que actúan sobre la materia carbonosa dejan de actuar (Aragón, 2009).

Siendo las cosas así, la temperatura es un parámetro de capital importancia ya que los mecanismos metabólicos de la célula y los balances energéticos dependen de ésta. Según el rango de temperaturas estarán más favorecidas unas poblaciones u otras. En cualquier caso, el proceso no es muy efectivo por debajo de los 20°C (Aragón, 2009).

Las temperaturas por debajo de la óptima tienen efectos más importantes sobre el crecimiento bacteriano que las superiores a aquella; se ha podido comprobar que las tasas de crecimiento se doblan por cada aumento de 10°C en la temperatura ambiental hasta alcanzar el valor óptimo. Según el intervalo de temperatura en el que el desarrollo bacteriano es óptimo, las bacterias se pueden clasificar en psicrófilas (-2 a +20°C), mesófilas (+20 a +45°C) y termófilas (+45 a +75°C) (Aragón, 2009).

Sin embargo, y en lo que respecta a las algas, se han detectado retardos importantes en la actividad fotosintética a temperaturas elevadas (superiores a 28° C), relacionadas con la estimulación del crecimiento de algas verdiazules (cianofíceas), menos productivas que las algas verdes (clorofíceas) a las que sustituyen. Puesto que este fenómeno coincide con una gran actividad de las bacterias, y por tanto, grandes consumos de oxígeno, pueden desarrollarse zonas anaerobias en las lagunas facultativas en épocas muy calurosas, especialmente si el calentamiento se produce de forma brusca. Normalmente esta situación es transitoria y las lagunas vuelven a funcionar correctamente al cabo de poco tiempo (Ministerio de Obras Públicas y Transporte, MOPT 1991).

**Color:** La Norma Venezolana COVENIN 2634 (2002), establece que el color del agua es debido a la presencia de sustancias disueltas y suspendidas. El color del agua residual fresca es gris, con sólidos en suspensión o flotantes fácilmente reconocibles. Si se deja pasar un tiempo excesivo entre la generación del agua residual y su tratamiento, el color pasa a ser negro y los

sólidos se hacen menos distinguibles. En estas condiciones se dice que el agua residual está séptica, y surgen también problemas de olores.

Por ende, el color representa uno de los parámetros físicos de gran relevancia para la caracterización de los efluentes residuales, siendo un indicador de la contaminación, y puede ser el resultado de una elevada concentración de iones metálicos (Fe y Mg) o bien puede originarse por materia orgánica en suspensión (plantas, algas, limo o desechos industriales) y disolución de sustancias coloreadas, tales como ácido húmico y humatos que provienen de la descomposición de la lignina. Por otra parte, el color gris oscuro o negro es debido a la formación de sulfuros metálicos, producto de la reacción del sulfuro liberado en condiciones anaerobias con los metales presentes (Tchobanoglous y Burton, 1995).

En el color debe distinguirse: a) color real o verdadero, que es el producido por las sustancias en solución solamente; y b) color aparente o total, que es el que incluye, además del color real, aquel producido por sustancias en suspensión. Por definición se comprende que el color real no puede ser removido sino mediante procesos químicos, y en cambio, que parte del color aparente puede ser removido por sedimentación y filtración. Se ha elegido una escala arbitraria para efectos comparativos, la de platino cobalto, en la cual la unidad de color está definida por el que produce 1 mg de platino, como cloroplatinado de potasio, y 0,5 mg de cobalto como cloruro cobaltoso. Para determinar, pues, el color del agua se compara con esos patrones estándar (Rivas, 1983).

**Conductividad:** La conductividad eléctrica del agua es una medida de su capacidad para conducir corriente eléctrica, transportada en solución por los iones presentes. El valor de la conductividad eléctrica es usado como parámetro sustitutivo de la concentración de sólidos disueltos totales, dado que permite conocer la concentración de sustancias disueltas disociadas en solución. Además, este parámetro determina si el agua puede ser usada para riego. La conductividad eléctrica se expresa por el inverso de la resistencia eléctrica en ohm ( $\Omega$ ), siendo su unidad el siemens ( $S=1/\Omega$ ) (Crites y colaboradores, 2000).

**Sólidos Totales:** Los sólidos presentes en las aguas residuales, varían en formas es decir desde hilachas hasta materiales coloidales, pudiendo ser

clasificados según su naturaleza en orgánicos y/o inorgánicos. La definición más acertada de los sólidos totales, es la que se refiere a toda materia sólida que permanece como residuo, después de una evaporación y secado a una temperatura de 105 °C. Los residuos sólidos comprenden los sólidos disueltos y en suspensión. Los sólidos disueltos (dispersión homogénea, molecular o iónica de  $1 \times 10^{-3}$  a  $2 \times 10^{-4}$  micras de diámetro) pueden ser parcialmente removidos o transformados, mediante la acción biológica de microorganismos que los utilizan como substratos solubles en su mecanismo metabólico. Estos aumentan la turbidez de las aguas e impiden el paso de la luz, retardan el crecimiento de las plantas (Crites y colaboradores, 2000).

Los sólidos en suspensión (de tamaño mayor a una micra de diámetro) precipitan en el fondo o se depositan en las orillas, se descomponen originando malos olores en consecuencia disminuye el oxígeno. Los sólidos que precipitan pueden cubrir las zonas de desove de muchas especies de peces, disminuyendo su reproducción. La clasificación de los diferentes tipos de sólidos, se muestra en el Cuadro 5, así como las condiciones en las que se realiza su determinación (Crites y colaboradores, 2000).

Cuadro 5. Definiciones para sólidos encontrados en aguas residuales.

Prueba	Descripción
Sólidos totales (ST)	Residuo remanente después que la muestra ha sido evaporada y secada a una temperatura específica (103 a 105 °C)
Sólidos volátiles totales (SVT)	Sólidos que pueden ser volatilizados e incinerados cuando los ST son calcinados (500 ± 50 °C)
Sólidos fijos totales (SFT)	Residuo que permanece después de incinerar los ST (500 ± 50 °C)
Sólidos suspendidos totales (SST)	Fracción de ST retenido sobre un filtro con un tamaño de poro específico, medido después que ha sido secada a una temperatura específica.
Sólidos suspendidos volátiles (SSV)	Estos sólidos pueden ser volatilizados e incinerados cuando los SST son calcinados (500 ± 50 °C)
Sólidos suspendidos fijos (SSF)	Residuo remanente después de calcinar SST (500 ± 50 °C)
Sólidos disueltos totales (SDT) (ST - SST)	Sólidos que pasan a través del filtro y luego son evaporados y secados a una temperatura específica. La medida de SDT comprende coloides y sólidos disueltos. Los coloides son de tamaño 0.001 a 1 µm
Sólidos disueltos volátiles (SDV) (SVT - SST)	Sólidos que pueden ser volatilizados e incinerados cuando los SDT son calcinados (500 ± 50 °C)
Sólidos disueltos fijos (SDF)	Residuo remanente después de calcinar los SDT (500 ± 50 °C)
Sólidos sedimentables	Sólidos suspendidos, expresados como mililitros por litros, que se sedimentarán por fuera de la suspensión dentro de un período de tiempo específico.

Fuente: Tchobanoglous y Burton (1995)

## Características Químicas

Los constituyentes químicos de las aguas residuales a menudo se clasifican en inorgánicos y orgánicos, el análisis de los compuestos orgánicos se realiza para estimar el desempeño de los procesos de tratamiento y estudiar su comportamiento en las fuentes receptoras. Generalmente se emplean la demanda bioquímica de oxígeno a los cinco días ( $DBO_5$ ), y la demanda química de oxígeno (DQO).

Los constituyentes químicos inorgánicos de interés abarcan nutrientes, constituyentes no metálicos y gases. Entre los nutrientes inorgánicos se encuentra el nitrógeno bajo la forma de nitrato y nitrito, uno de los responsables del crecimiento indeseable de plantas acuáticas. Otros ensayos como pH, alcalinidad, dureza, son utilizados para evaluar la capacidad de reutilización de aguas residuales tratadas y la efectividad de varios procesos de tratamiento.

**pH:** La alcalinidad y acidez de un agua se expresa frecuentemente en términos de pH, el cual indica la intensidad de esa alcalinidad o acidez. La acidez es causada por iones de H, positivamente cargados, y la alcalinidad por los iones OH, negativamente cargados. El mayor o menor grado de disociación mostrará un mayor o menor pH dentro de su rango de positividad o negatividad (Rivas, 1983).

La concentración del ion hidrógeno es un parámetro de calidad de gran importancia tanto para el caso de aguas naturales como residuales. El intervalo de concentraciones adecuado para la adecuada proliferación y desarrollo de la mayor parte de la vida biológica es bastante estrecho y crítico. El agua residual con concentraciones de ion hidrógeno inadecuadas presenta dificultades de tratamiento con procesos biológicos, y el efluente puede modificar la concentración de ion hidrógeno en las aguas naturales si ésta no se modifica antes de la evacuación de las aguas. La concentración de ion hidrógeno presente en el agua está muy estrechamente relacionada con la cuantía en que se disocian las moléculas de agua. El agua se disocia en iones hidroxilo e hidrógeno (Tchobanoglous y Burton, 1995).

**Oxígeno Disuelto:** El oxígeno disuelto es necesario para la respiración de los microorganismos aerobios, así como para otras formas de vida. Sin embargo, el oxígeno es sólo ligeramente soluble en agua. La cantidad real de

oxígeno y otros gases que puede estar presente en la solución, viene condicionada por los siguientes aspectos: (1) solubilidad del gas; (2) presión parcial del gas en la atmósfera; (3) temperatura, y (4) pureza del agua (salinidad, sólidos en suspensión, entre otros). Debido a que la velocidad de las reacciones bioquímicas que consumen oxígeno aumenta con la temperatura, los niveles de oxígeno disuelto tienden a ser más críticos en las épocas estivales. El problema se agrava en los meses de verano, debido a que el caudal de los cursos de agua es generalmente menor, razón por la cual la cantidad total de oxígeno disponible es también menor. Dado que evita la formación de olores desagradables en las aguas residuales, es deseable y conveniente disponer de cantidades suficientes de oxígeno disuelto (Tchobanoglous y Burton, 1995).

Es considerado uno de los parámetros más significativos en la caracterización de un agua residual. Indica su grado de frescura o ranciedad, la calidad del efluente para mantener el equilibrio ecológico y evita la formación de olores desagradables, resultado de la formación de amoníaco, sulfuro de hidrógeno, gas metano, entre otros, en lugar de aquellos que se forman en condiciones aeróbicas como nitrito, nitrato, anhídrido sulfuroso, dióxido de carbono y agua (Rivas, 1983).

**Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>):** De acuerdo a su definición, en la Norma Venezolana COVENIN 2634 (2002), es la cantidad de oxígeno requerido por las bacterias para estabilizar la materia orgánica susceptible a degradación bajo condiciones aerobias, en un tiempo dado y a una temperatura específica. Por tanto, es el oxígeno necesario para la respiración de los microorganismos responsable de la estabilización (oxidación) de la materia orgánica, a través de su actividad metabólica en medio aerobio y a un tiempo y temperatura dados. La DBO ocurre en dos etapas, en la primera etapa el proceso de hidrólisis de los compuestos que contienen carbono por los microorganismos y en una segunda etapa por la acción de la materia orgánica presente en el líquido, los compuestos que contienen nitrógeno es nitrificado.

La DBO<sub>5</sub> es una de las determinaciones más importante dado que representa indirectamente el contenido de materia orgánica que es biodegradable y por tanto es dependiente de la temperatura y del tiempo. Uno de las modalidades para su determinación es la DBO<sub>5</sub>, que representa la

cantidad de oxígeno disuelto que es utilizado por los microorganismos, para descomponer la materia orgánica presente en el agua residual o superficial a una temperatura de 20°C, en un periodo de cinco días.

**Demanda Química de Oxígeno (DQO):** La Norma Venezolana COVENIN 2634 (2002), indica es la medida del oxígeno equivalente a la cantidad de materia orgánica susceptible a oxidación mediante un agente oxidante fuerte. En efecto, este ensayo representa la cantidad de oxígeno requerido para la oxidación de la materia carbonosa presente en los distintos tipos de materia orgánica, dado que en medio ácido - salvo raras excepciones- y en presencia de un agente fuertemente oxidante, como el permanganato de potasio ( $\text{KMnO}_4$ ) o el dicromato de potasio ( $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ); estas sustancias dan lugar a dióxido de carbono y agua.

El determina la cantidad de oxígeno necesario para oxidar la materia orgánica tanto en aguas de origen residual como naturales. El valor de la DQO es en general superior al de la  $\text{DBO}_5$ , dado que casi completamente todas las sustancias orgánicas pueden oxidarse químicamente, pero no biológicamente. Tiene entre sus desventajas la imposibilidad de realizar la diferenciación entre la materia orgánica biológicamente oxidable y la materia orgánica no biodegradable.

**Nitrógeno:** El nitrógeno, tanto para las bacterias como para los demás seres vivos evolucionados, es uno de los elementos esenciales para la vida biológica; pero su exceso puede ser nefasto bajo el punto de vista ecológico, puesto que vertido en un curso de agua produce los siguientes efectos:

En forma amoniacal, consumirá oxígeno para pasar al estado oxidado de nitratos: para 1 g de  $\text{N-NH}_4$  se necesitan 4,6 g de oxígeno, es decir, de 3 a 4 veces más que para estabilizar 1 g de materia orgánica. Es tóxico para algunos peces y plantea dificultades en el tratamiento del agua potable.

En forma de nitratos; contribuye a la eutrofización de los lagos, pantanos y cursos de agua lentos. Puede ser perjudicial para la salud humana al pasar al agua potable (Ronzano y Dapena, 1995).

Es muy útil relacionar las concentraciones de nitrógeno con las de  $\text{DBO}$ . La relación  $\text{NTK/DBO}_5$  es indispensable para el estudio de la desnitrificación y de la desfosfatación biológica. El valor 0,2 puede considerarse representativo de esta relación. A falta de análisis más precisos, podemos adoptar esta

relación como buena para el cálculo de las instalaciones (Ronzano y Dapena, 1995).

Los nitritos y nitratos aparecen generalmente en concentraciones casi siempre despreciables. Cuando la concentración de  $\text{NH}_4$  es elevada, se produce una mayor acción inhibitoria sobre los nitrobacter que sobre los nitrosomonas; debido a esto la nitratación no puede seguir a la nitrificación, y por lo tanto las concentraciones de nitritos son bastante apreciables (Ronzano y Dapena, 1995).

El nitrógeno total Kjeldahl (N-NTK) (el nombre del método de análisis) representa el total de nitrógeno en forma orgánica y amoniacal (no incluye nitritos ni nitratos). El nitrógeno orgánico puede ser inerte o degradable, con un orden de magnitud del 12% (10% en suspensión y 2% soluble) y 88% respectivamente. Las dos principales fuentes de contaminación nitrogenada son los vertidos de proteínas y urea; algunos autores clasifican esta última independientemente (como forma orgánica). La fracción orgánica degradable se transforma, por acción enzimática, en forma amoniacal, mediante el proceso denominado amonificación. La cinética de esta reacción es muy rápida para la urea, pero inferior para las proteínas; aun así, se puede considerar que al final del tratamiento no subsiste más que la fracción orgánica inerte. (Ronzano y Dapena, 1995).

### **Disposición de las Aguas Residuales**

Para el Departamento de Sanidad de New York (DSNY) (1996), existen tres métodos para la disposición final de las aguas residuales:

**Disposición por Irrigación:** Según el DSNY (1996) “consiste en derramar las aguas residuales sobre la superficie del terreno, lo cual se hace generalmente mediante zanjas de regadío” (p.32). Este método solo es aplicable a pequeños volúmenes de aguas residuales provenientes de poblaciones relativamente pequeñas. Como quiera, que siempre exista la posibilidad de que las aguas residuales contengan organismos patógenos, no es conveniente la producción de alimentos para consumo humano que hayan de ser ingeridos sin cocimiento.

**Disposición Sub-superficial:** En este punto, el DSNY (1996) señala que “consiste en llevar las aguas residuales a la tierra por debajo de su superficie, a través de excavaciones o enlozados (p.32). Usualmente se eliminan las aguas residuales sedimentadas provenientes de instituciones o residencias en las que su volumen es muy limitado.

**Disposición por Dilución:** Para el DSNY (1996) “consiste simplemente en descargar las aguas residuales en aguas superficiales como las de un río, un lago o un mar” (p.32). Este método, consiste en descargar los líquidos cloacales dentro de masas de aguas que por sus características, sean capaces de satisfacer las demandas de oxígeno de esos líquidos sin provocar malos olores, apariencias contrarias al ornato público y sin que contamine o aun pululen esas masas hasta el punto de provocar un problema sanitario.

En consecuencia, el grado de contaminación depende del volumen de las aguas residuales y de su composición, en comparación con el volumen de las aguas con que se mezclan. Cuando es pequeño el volumen de las aguas residuales y su contenido orgánico, en comparación con el volumen del área receptora, el oxígeno disuelto presente en el agua receptora es suficiente para que se produzca la descomposición aerobia de los sólidos orgánicos de las aguas residuales, no desarrollándose condiciones molestas. Sin embargo, aunque las aguas receptoras mantengan su condición aerobia, la contaminación bacteriana se mantiene.

### **Tratamiento de las Aguas Residuales**

Es un proceso por el cual los sólidos que el líquido contienen son separados parcialmente, haciendo que el resto de los sólidos orgánicos complejos muy putrescibles queden convertidos en sólidos minerales o en sólidos orgánicos relativamente estables. La magnitud de este cambio depende del proceso de tratamiento empleado. Una vez completado todo proceso de tratamiento, es aun necesario disponer de los líquidos y los sólidos que se haya separado. En este sentido, son muchos los métodos usados para el tratamiento de las aguas residuales, se pueden simplificar en los cinco procesos siguientes de acuerdo a su orden de aparición: a) tratamiento preliminar, b) tratamiento

primario, c) tratamiento secundario, d) cloración y e) tratamiento de los lodos. A continuación se explica, cada uno de los procesos:

**Tratamiento Preliminar:** Busca acondicionar el agua residual para facilitar los tratamientos propiamente dichos y preservar la instalación de erosiones y taponamientos. Para alcanzar los objetivos del tratamiento preliminar se emplean comúnmente los siguientes dispositivos: Rejas de barras o más finas, desmenuzadores, ya sea molinos, cortadoras o trituradoras, desarenadores y tanques de pre-aeración. El tratamiento preliminar sirve para proteger el equipo de bombeo y hacer más fáciles los procesos subsecuentes del tratamiento. Los dispositivos para el tratamiento preliminar están destinados a eliminar o separar los sólidos mayores o flotantes, a eliminar los sólidos inorgánicos pesados y eliminar cantidades excesivas de aceites o grasas (Crites y colaboradores, 2000).

**Tratamiento Primario:** Por este tratamiento se separan o eliminan la mayoría de los sólidos suspendidos en las aguas residuales, o sea aproximadamente del 40 a 60 %, mediante el proceso físico de asentamiento en tanques de sedimentación. Cuando se agregan ciertos productos químicos en los tanques primarios, se eliminan casi todos los sólidos coloidales, así como los sedimentables, o sea un total de 80 a 90 % de los sólidos suspendidos. La actividad biológica en las aguas residuales durante este proceso, tiene escasa importancia (Crites y colaboradores, 2000).

El propósito fundamental de los dispositivos para el tratamiento primario, consiste en disminuir suficientemente la velocidad de las aguas residuales para que puedan sedimentarse los sólidos. Por consiguiente, a estos dispositivos se les puede distinguir bajo el nombre de tanques de sedimentación. Debido a la diversidad de diseños y operación, los tanques de sedimentación pueden dividirse en cuatro grupos generales, que son: tanques sépticos, tanques de doble acción, como son los de Imhoff y algunas otras unidades patentadas, tanques de sedimentación simple con eliminación mecánica de lodos, clarificadores de flujo ascendentes con eliminación mecánica de lodos. Cuando se usan productos químicos, se emplean otras unidades auxiliares, que son: unidades alimentadoras de reactivos, mezcladores y floculadores. En muchos casos el tratamiento primario es suficientemente adecuado para que se pueda permitir la descarga del afluente a las aguas receptoras, sin que se interfiera

con el uso adecuado subsecuente de dichas aguas (Crites y colaboradores, 2000).

**Tratamiento Secundario:** Para Crites y colaboradores (2000) los objetivos de este tratamiento son “estabilizar la materia orgánica y coagular y remover los sólidos coloidales que no sedimentan y que se encuentran en las aguas residuales domésticas” (p.397), este debe hacerse cuando las aguas residuales todavía contienen, después del tratamiento primario, más sólidos orgánicos en suspensión o solución que los que puedan ser asimilados por las aguas receptoras sin oponerse a su uso normal. El tratamiento secundario depende principalmente de los organismos aerobios, para la descomposición de los sólidos orgánicos hasta transformarlos en sólidos inorgánicos o en sólidos orgánicos estables. Los dispositivos que se usan para el tratamiento secundario puede dividirse en los cuatro grupos siguientes: filtros goteadores con tanques de sedimentación secundaria, tanques de aeración (lodos activados con tanques de sedimentación simple), aeración por contacto, filtros de arena intermitentes, estanques de estabilización.

**Cloración:** Este es un método de tratamiento que puede emplearse para muy diversos propósitos, en todas las etapas de un tratamiento de aguas residuales y aun antes del tratamiento preliminar. Generalmente se aplica el cloro a las aguas residuales con los siguientes propósitos: a) desinfección o destrucción de organismos patógenos, b) prevención de la descomposición de las aguas residuales (controlar el olor), c) protección de las estructuras de la planta. Como auxiliar en la operación de la planta para: 1) sedimentación, 2) en los filtros goteadores, 3) abultamiento de los lodos activados, 4) ajuste o abatimiento de la demanda bioquímica de oxígeno (Tchobanoglous y Burton, 1995).

Crites y colaboradores (2000) señalan que infortunadamente algunos compuestos orgánicos de aguas residuales pueden interferir con el proceso de cloración y formar compuestos tóxicos que pueden tener efectos adversos de largo plazo en los usos benéficos de las aguas a las que son descargados, como por ejemplo los trihalometanos (THM) que se forman por la reacción entre compuestos orgánicos tales como los ácidos húmicos y fúlvicos y el cloro.

Sin embargo Zafra (2008) concluye que dentro de un análisis del manejo de riesgos para la salud, en países con enfermedades diarreicas y parasitarias

endémicas, el riesgo potencial derivado de los subproductos del cloro (posible de reducir con tratamientos del agua) es significativamente menor al que se expondría la población al suspenderse la práctica del uso de este desinfectante.

**Tratamiento de los Lodos:** Los lodos de las aguas residuales están constituidos por los sólidos que se eliminan en las unidades de tratamiento primario y secundario, junto con el agua que se separa con ellos. Mientras que en algunos casos es satisfactoria la disposición de ellos sin someterlos a tratamiento, generalmente es necesario tratarlos en alguna forma para prepararlos o acondicionarlos para disponer de ellos sin originar condiciones inconvenientes. Este tratamiento tiene dos objetivos, siendo el primero de estos eliminar parcial o totalmente el agua que contienen los lodos, para disminuir su volumen en fuerte proporción y, en segundo lugar, para que se descompongan todos los sólidos orgánicos putrescibles transformándose en sólidos minerales o sólidos orgánicos relativamente estables. Esto se logra con la combinación de dos o más de los métodos siguientes: 1) espesamiento, 2) digestión con o sin aplicación de calor, 3) secado en lechos de arena (cubiertos o descubiertos), 3) acondicionamiento con productos químicos, 4) elutriación, 5) filtración al vacío, 6) secado aplicando calor, 7) incineración, 8) oxidación húmeda, 9) flotación con productos químicos y aire, 10) centrifugación (Tchobanoglous y Burton, 1995).

Aragón (2009) indica que las distintas unidades que pueden integrar un sistema de tratamiento de lodos son:

-Espesamiento: esta etapa se incluye para reducir el volumen de los lodos mediante concentración o eliminación parcial del agua. El espesado se realiza, generalmente, por medio físicos, incluyendo la sedimentación por gravedad, la flotación y la centrifugación.

-Sistemas de estabilización: el objetivo es disminuir el contenido en materia orgánica de los lodos y reducir, de esta manera, el potencial para producir malos olores y entrar en fase de putrefacción. Los sistemas de estabilización se dividen en: digestión biológica (aerobia o anaerobia), estabilización química y compostaje.

-Acondicionamiento: tratamientos físico y/o químicos para eliminar el agua intersticial y favorecer la unión entre los sólidos.

-Deshidratación: operación física para reducir el contenido en humedad del lodo.

-Destino final.

### **Cuerpo Normativo de las Aguas Residuales**

En la Venezuela del siglo XXI, el Estado Social de Derecho y de Justicia, garantiza la incorporación de la dimensión ambiental en sus políticas, planes, programas y proyectos; para alcanzar el desarrollo sustentable. Con rango constitucional se garantiza los derechos ambientales de los venezolanos, lo cual ha permitido consolidar grandes avances y se ha logrado estructurar un marco jurídico que responde a estos derechos.

La Constitución Bolivariana de Venezuela (1999), norma suprema en materia ambiental, en su Título III, Capítulo IX, en los artículos 127, 128 y 129 De los Derechos Ambientales, colectivos y difusos, establece los derechos y deberes de los venezolanos de proteger y mantener el ambiente en beneficio de sí misma y del mundo futuro, con la activa participación de la sociedad, y la obligatoriedad de que todas las actividades susceptibles de generar daños a los ecosistemas deben ser previamente acompañadas de estudios de impacto ambiental y sociocultural.

En consecuencia, los planes nacionales de desarrollo promulgados en la Ley de la Patria 2013-2019, y 2019-2025 se hace énfasis en el tema ambiental, y se plantea en el Quinto Objetivo “Contribuir con la preservación de la vida en el planeta y la salvación de la especie humana”, a través de un modelo alternativo y socialista, el ecosocialismo en una política pública nacional.

Como señala Carballo, Granadillo, Jaimes y Mendoza (2014), refiriéndose particularmente a Venezuela, el derecho ambiental sustenta su normativa jurídica en la concepción ecológica del ecosistema, generando su protección jurídica de modo específico, al ordenar la preservación, conservación y creación de espacios regulados por normativas ambientales que resguarden especialmente los ecosistemas, cuya noción ha enriquecido la legislación patria.

En este particular, desde la Constitución de la República Bolivariana de Venezuela (1999) se consagran en el Artículo 304, todas las aguas como bienes de dominio público de la Nación, insustituibles para la vida y el desarrollo. Y se establece que la ley establecerá las disposiciones necesarias a fin de garantizar su protección, aprovechamiento y recuperación, respetando las fases del ciclo hidrológico y los criterios de ordenación del territorio.

También en el Artículo 127, establece los derechos y deberes de cada generación para proteger y mantener el ambiente para el beneficio de todos con una proyección futurista así como es deber del estado venezolano de vigilar y proteger el ambiente, con la activa participación de la sociedad, para garantizar que la población se desenvuelva en un ambiente libre de contaminación, en donde, el agua, sea especialmente protegida.

Y asume en el Artículo 156 numeral 16 la competencia el poder público nacional del régimen y administración de las aguas, y en el numeral 23 las políticas nacionales y su legislación, numeral 29 el régimen general del servicio público domiciliario del agua. Cabe mencionar que en el Artículo 178 se indica la competencia y actuaciones que corresponden al municipio en la administración del servicio de agua potable y de disposición de aguas residuales, es decir, establece la responsabilidad a los municipios.

Cabe destacar que el estado venezolano a través del Ministerio del Poder Popular para el Ecosocialismo y el Ministerio del Poder Popular para la Salud, son los responsables de dictar las normas técnicas, brindar asesoría, y autorizar los proyectos relacionados con los servicios de saneamiento de las aguas residuales.

La normativa que sustenta la regulación de las actividades del sector de saneamiento básico en Venezuela, está constituido por las siguientes leyes:

### **Ley Orgánica del Ambiente (LOA, 2006)**

El estado venezolano en el año 2006, publica en gaceta oficial la Ley Orgánica del Ambiente (LOA), como parte de su política ambiental fundamentada en los principios establecidos en la Constitución de la República Bolivariana de Venezuela, y conforme a los compromisos internacionales contraídos válidamente por la República Bolivariana de Venezuela. Su objeto

extiende su función de rectoría de la gestión ambiental hasta el sostenimiento del planeta, en interés del género humano (Art. 1).

La LOA (2006) está conformada por ciento treinta y siete (137) artículos, cuatro (04) disposiciones transitorias, una (01) disposición derogatoria y una (01) disposición final, dentro de once (11) títulos, donde la gestión del ambiente es entendida como las actividades de la función administrativa, que determinen y desarrollen las políticas, objetivos y responsabilidades ambientales y su implementación, a través de la planificación, el control, la conservación y el mejoramiento del ambiente (Art. 3).

Esta gestión ambiental se logra con un conjunto de acciones o medidas orientadas a diagnosticar, inventariar, restablecer, restaurar, mejorar, preservar, proteger, controlar, vigilar y aprovechar los ecosistemas, la diversidad biológica y demás recursos naturales y elementos del ambiente (Art. 2), así como el control sobre las actividades capaces de degradar el ambiente y la evaluación de sus efectos, en garantía del desarrollo sustentable y se le declara de utilidad pública y de interés general (Art. 5), por lo cual se estimula la participación ciudadana como derecho y deber.

Sus diez (10) principios rectores (Art. 4) son: 1. Corresponsabilidad, 2. Prevención, 3. Precaución, 4. Participación ciudadana, 5. Tutela efectiva, 6. Educación ambiental, 7. Limitación a los derechos individuales, 8. Responsabilidad en los daños ambientales, 9. Evaluación de impacto ambiental, y los 10. Daños ambientales se consideran daños al patrimonio público.

Se ratifica que la Autoridad Nacional Ambiental será ejercida por el ministerio con competencia en materia ambiental como órgano rector, ya existente de hecho y de derecho dentro de la administración pública desde el año 1976, promoviendo la desconcentración y descentralización en materia ambiental hacia los estados, municipios, parroquias, consejos comunales y comunidad organizada. Además intervienen en defensa del ambiente los demás órganos y entes nacionales, estatales y municipales (Artículos 18 y 20).

Sostiene que el instrumento para las decisiones ambientales es el estudio de impacto ambiental y sociocultural, comprendiendo distintos niveles de análisis, de acuerdo con el tipo de acción de desarrollo propuesto para predecir, analizar e interpretar los efectos ambientales potenciales de una

propuesta en sus distintas fases y verificar el cumplimiento de las disposiciones ambientales, proponer las correspondientes medidas preventivas, mitigantes y correctivas a que hubiere lugar. Fin último verificar si las predicciones de los impactos ambientales son válidas y las medidas efectivas para contrarrestar los daños (Art. 84).

Se crea el control ambiental previo bajo el criterio de afectación tolerable (Art. 82 al 91) a través de los siguientes instrumentos: Autorizaciones, Aprobaciones, Permisos, Licencias, Concesiones y Asignaciones, Contratos, Planes de manejo y Registros. Y el control posterior ambiental (Art. 92 al 99) a través de los siguientes mecanismos: Guardería Ambiental (ejercida por siete (07) ministerios diferentes a la vez, entre otros Art. 100), Auditoría Ambiental, Supervisión Ambiental y Policía Ambiental.

Se establece la necesidad de la formulación del Plan Nacional del Ambiente, cuyo instrumento fundamental es el Plan Nacional de Ordenación del Territorio (Artículos 26 al 28), donde se definirán los objetivos, lineamientos, estrategias; metas y programas que orienten la gestión del ambiente (agua-aire-suelo), así como prever la viabilidad social, política, económica, financiera y técnica a los fines de lograr sus objetivos. También, se crea el Registro de Información Ambiental (Art. 66 al 76), para el inventario de los sistemas ambientales, el cual deberá contener los datos biofísicos, económicos y sociales, así como la información legal, relacionados con el ambiente.

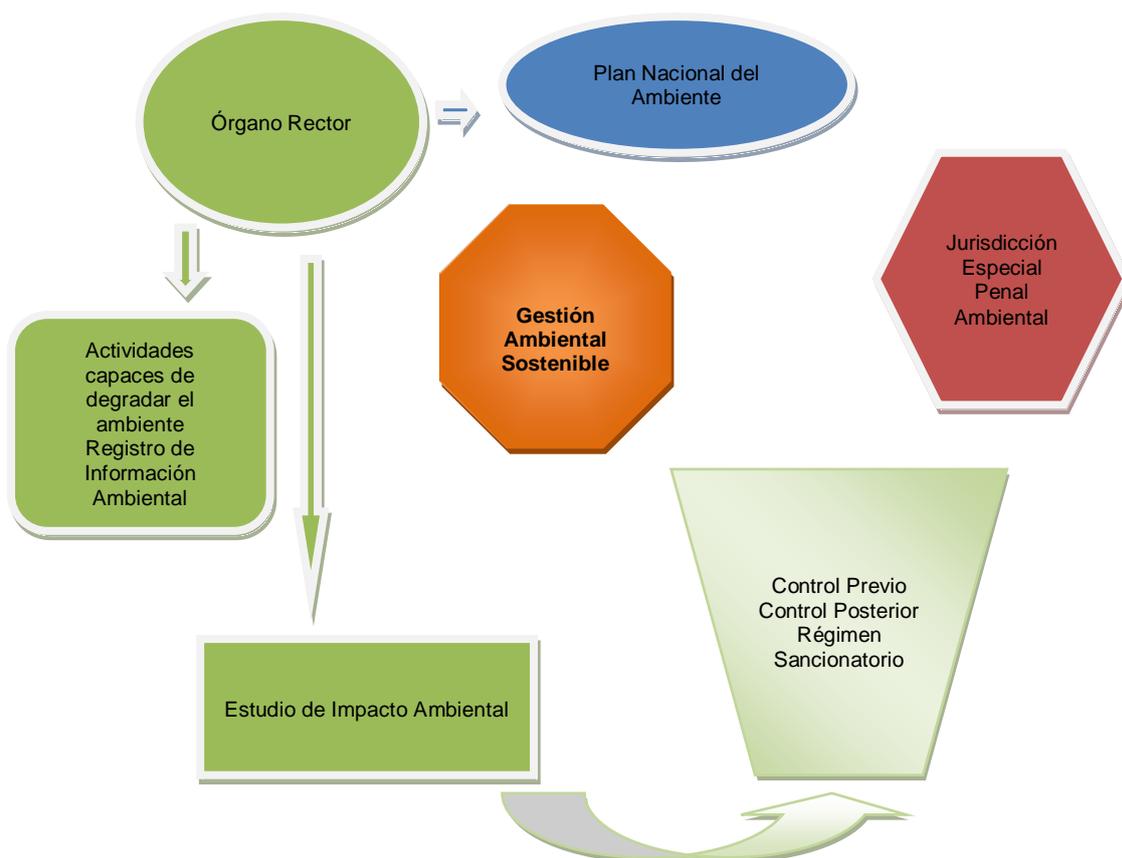
Como actividades capaces de degradar el ambiente (Art. 80), se consideran aquellas actividades antropogénicas que afecten: la atmósfera, agua, fondos marinos, suelo y subsuelo o incidan desfavorablemente sobre las comunidades biológicas, vegetales y animales, procesos erosivos y/o incentiven la generación de movimientos morfodinámicos, alteraciones nocivas del flujo natural de las aguas, sedimentación en los cursos y depósitos de agua o alteren las dinámicas físicas, químicas y biológicas de los cuerpos de agua, afectación de humedales, sustancias, materiales y desechos peligrosos, radiactivos y sólidos, productos o sustancias no biodegradables, ruidos, vibraciones y olores molestos o nocivos, a la capa de ozono, modifiquen el clima, radiaciones ionizantes, energía térmica, energía lumínica o campos electromagnéticos, residuos y desechos sólidos, eutrofización de lagos, lagunas y embalses, especies exóticas, organismos vivos modificados

genéticamente, tramas tróficas, flujos de materia y energía de las comunidades animales y vegetales, especies amenazadas, vulnerables o en peligro de extinción, cambios negativos en los ecosistemas de especial importancia, y todas aquellas que puedan dañar el ambiente o incidir negativamente sobre las comunidades biológicas, la salud humana y el bienestar colectivo.

Se establecen una clara diferencia entre infracción administrativas, infracciones y delitos ambientales, atendiendo a la valoración del daño causado (Art. 117) mediante experticia, con multas de hasta diez mil unidades tributarias (10.000 U.T.) y penas privativas de libertad de hasta diez años, medidas preventivas (Art.111), medidas accesorias (Art.112) y de seguridad (Art.114) para prevenir, evitar o paralizar el daño ambiental. Se crea la Jurisdicción Especial Penal Ambiental (Art. 136-137) para responder a los juicios relacionados con la materia ambiental.

Al reflexionar críticamente sobre las innovaciones en materia ambiental al legislar tomando en cuenta la experticia científica y asumiendo el estado venezolano las premisas del desarrollo sustentable, para proteger los espacios y conservar los recursos naturales, elevando los niveles de conciencia ambiental, preservando el equilibrio del ecosistema y la biodiversidad, disminuyendo el impacto ambiental de la intervención del hombre y reduciendo los niveles de contaminación de las aguas, aire y suelo, se puede coincidir con lo concluido por León, 2007 “existe una perfectibilidad de las leyes positivas en razón del devenir del tiempo”. (pág. 83)

En resumen la LOA (2006), se conjugan en la Figura N°1 elementos de la gerencia para el ambiente: Dirección (Órgano Rector), Planificar (Plan Nacional del Ambiente y RACDA), Control (Previo y Posterior) y la Jurisdicción Especial Penal del Ambiente como complemento, para alcanzar el desarrollo sustentable.



**Figura N°1.** Elementos claves que contempla la LOA (2006), para una Gestión Ambiental Sustentable.

Fuente: Elaboración propia (2023).

También la Ley Orgánica para la Planificación y Gestión de la Ordenación del Territorio (2006), la cual establece las disposiciones que regirán el proceso general para la planificación y gestión de la ordenación del territorio en concordancia con las realidades ecológicas y los principios, criterios, objetivos estratégicos del desarrollo sustentable, que incluyan la participación ciudadana y sirvan de base para la planificación del desarrollo endógeno, económico y social de la Nación.

Cabe mencionar la Ley Orgánica para la Prestación de los Servicios de Agua Potable y de Saneamiento (2001) tiene por objeto regular la prestación de los servicios públicos de agua potable y de saneamiento, establecer el régimen de fiscalización, control y evaluación de tales servicios y promover su desarrollo, en beneficio general de los ciudadanos, de la salud pública, la preservación de los recursos hídricos y la protección del ambiente, en concordancia con la política sanitaria y ambiental que en esta materia dicte el

Poder Ejecutivo Nacional y con los planes de desarrollo económico y social de la Nación.

Al respecto la Ley de Aguas (2007) y su reglamento (2018), establece las disposiciones que rigen la gestión integral de las aguas, como elemento indispensable para la vida, el bienestar humano y el desarrollo sustentable del país, y es de carácter estratégico e interés del Estado. Se establece las regiones hidrográficas e hidrogeológicas del país: Las provincias hidrogeológicas son: Provincia Andina (Vertiente Atlántica y del Caribe), Provincia Planicies Costeras (Mar Caribe y Océano Atlántico), Provincia Orinoco o Llanos (Llanos Occidentales y de Apure, Llanos Centrales y Orientales), Provincia Escudo Septentrional o de Guayana (Llanos del Orinoco, Ígneo Metamórfica, Roraima).

También la Ley Orgánica de Salud (2007) y su reglamento, rige todo lo relacionado con la salud en el territorio de la República. Establece que los servicios de saneamiento ambiental realizarán las acciones destinadas al logro, conservación y recuperación de las condiciones saludables del ambiente. El Ministerio de la Salud actuará coordinadamente con los organismos que integran el Consejo Nacional de la Salud a los fines de garantizar: El tratamiento de las aguas para el consumo humano, de las aguas residuales y de las aguas de playas, balnearios y piscinas.

En este particular la Ley de Calidad de las Aguas y del Aire (2015), tiene por finalidad establecer las disposiciones acerca de la gestión de la calidad de las aguas y del aire; las molestias ambientales y las condiciones bajo las cuales se debe realizar el manejo de los residuos líquidos y gaseosos; con el fin de proteger la salud de los seres vivos y los ecosistemas.

Al respecto las Normas Sanitarias para el Proyecto, Construcción, Ampliación, Reforma y Mantenimiento de Edificaciones, Gaceta Oficial (E) (1988). Regula la construcción, reparación, ampliación o reforma total o parcial, de las edificaciones de cualquier tipo, tanto públicas como privadas quedan sometidas al control y a la vigilancia por parte del Ministerio de Sanidad y Asistencia Social, en todo cuanto se refiere al cumplimiento de las disposiciones sanitarias contenidas en estas normas.

También las Normas Sanitarias para el Proyecto, Construcción, Ampliación Reforma y Mantenimiento de las Instalaciones Sanitarias para

Desarrollos Urbanísticos (1989). El proyecto, construcción, ampliación, reforma y mantenimiento de las instalaciones sanitarias para desarrollos urbanísticos, con usos únicos o combinados y aprovechamiento permitidos, residenciales, comerciales, industriales, deportivos, recreacionales, turísticos y otros; tanto públicos como privados. El Capítulo XI Del Tratamiento Requerido y del Sistema para el Tratamiento de las Aguas Residuales de Origen Doméstico e Industrial, contempla las directrices y requisitos mínimos que deben cumplir los proyectos de servicios sanitarios para el manejo de las aguas residuales.

También las Normas para la Clasificación y el Control de la Calidad de los Cuerpos de Agua y Vertidos o Efluentes Líquido (1995), dan las disposiciones para establecer el vínculo entre las normas de calidad de las aguas receptoras y las normas de efluentes o vertidos líquidos. Esto con el fin de proteger los cursos y cuerpos de agua receptores (ríos, quebradas, embalses, lagos, sectores marino-costeros) de los efectos dañinos y nocivos de las descargas contaminantes. Por ello, es que contempla el control de los vertidos líquidos para alcanzar o mantener los niveles de calidad de los receptores, a partir de la clasificación de las aguas en 7 tipos que se suministra en el Cuadro 6.

Cuadro 6. Clasificación de las aguas.

<i>Tipo 1</i>	<p>Aguas destinadas al uso doméstico y al uso industrial que requiera de agua potable, siempre que está forme parte de un producto o subproducto destinado al consumo humano o que entre en contacto con él.</p> <p>Las aguas del tipo 1 se desagregan en los siguientes sub-tipos:  <b>Sub-Tipo 1A:</b> Aguas que desde el punto de vista sanitario pueden ser acondicionadas con la sola adición de desinfectantes.  <b>Sub-Tipo 1B:</b> Aguas que pueden ser acondicionadas por medio de tratamientos convencionales de coagulación, floculación, sedimentación, filtración y cloración.  <b>Sub-Tipo 1C:</b> Aguas que pueden ser acondicionadas por proceso de potabilización no convencional.</p>
<i>Tipo 2</i>	<p>Aguas destinadas a usos agropecuarios.</p> <p>Las aguas del tipo 2 se desagregan en los siguientes sub-tipos:  <b>Sub-Tipo 2A:</b> Aguas para riego de vegetales destinados al consumo humano  <b>Sub-Tipo 2B:</b> Aguas para riego de cualquier otro tipo de cultivo y para uso pecuario.</p>
<i>Tipo 3</i>	<p>Aguas marinas o de medios costeros destinadas a la cría y explotación de moluscos consumidos en crudo.</p>
<i>Tipo 4</i>	<p>Aguas destinadas a balnearios, deportes acuáticos, pesca deportiva, comercial y de subsistencia.</p> <p>Las aguas del tipo 4 se desagregan en los siguientes sub-tipos:  <b>Sub-Tipo 4A:</b> Aguas para el contacto humano total.  <b>Sub-Tipo 4B:</b> Aguas para el contacto humano parcial.</p>
<i>Tipo 5</i>	<p>Aguas destinadas para usos industriales que no requieren de agua potable.</p>
<i>Tipo 6</i>	<p>Aguas destinadas a la navegación y generación de energía.</p>
<i>Tipo 7</i>	<p>Aguas destinadas al transporte, dispersión y desdoblamiento de poluentes, sin que se produzca interferencia con el medio ambiente adyacente.</p>

Fuente: Decreto N° 883 Normas para la Clasificación y el Control de la Calidad de los Cuerpos de Agua y Vertidos o Efluentes Líquidos (1995).

En esta clasificación se ha estudiado el uso y el valor de los cursos de agua para satisfacer el abastecimiento de agua potable, propagación de la pesca, recreo y otros usos como los destinados a las actividades agrícolas e industriales; siendo un intento de lograr un mejor aprovechamiento de los mismos. La ley establece claramente los parámetros fisicoquímicos y los

rangos o límites máximos de sus valores y además la obligatoriedad de la depuración previa de los vertidos que no cumplan con los mismos, los cuales se presentan en el Cuadro 7.

Cuadro 7. Rangos y límites máximos de calidad de vertidos líquidos.

<b>Parámetro Físico-Químico</b>	<b>Límites máximos o rangos</b>
Aceites minerales e hidrocarburos.	20 mg/l
Aceites y grasas vegetales y animales.	20 mg/l
Alkil Mercurio.	No detectable
Aldehídos.	2.0 mg/l
Aluminio total.	5.0 mg/l
Arsénico total.	0.5 mg/l
Bario total.	5.0 mg/l
Boro.	5.0 mg/l
Cadmio total.	0.2 mg/l
Cianuro total.	0.2 mg/l
Cloruros.	1000 mg/l
Cobalto total.	0.5 mg/l
Cobre total.	1.0 mg/l
Color real.	500 Unidades de Pt-Co
Cromo total.	2.0 mg/l
DBO <sub>5</sub> .	60 mg/l
DQO.	350 mg/l
Detergentes.	2.0 mg/l
Dispersantes.	2.0 mg/l
Espumas.	Ausente
Estaño.	5.0 mg/l
Fenoles.	0.5 mg/l
Fluoruros.	5.0 mg/l
Fósforo total (expresado como fósforo).	10 mg/l
Hierro total.	10 mg/l
Manganeso total.	2.0 mg/l
Mercurio total.	0.01 mg/l
Nitrógeno total (expresado como nitrógeno).	40 mg/l
Nitritos + Nitratos (expresado como nitrógeno).	10 mg/l
pH.	6 – 9
Plata total.	0.1 mg/l
Plomo total.	0.5 mg/l
Selenio.	0.05 mg/l
Sólidos flotantes.	Ausentes
Sólidos suspendidos.	80 mg/l
Sólidos sedimentables.	1.0 mg/l
Sulfatos.	1000 mg/l
Sulfitos.	2.0 mg/l
Sulfuros.	0.5 mg/l
Zinc	5.0 mg/l
Biocidas.	
Órgano fosforado y Carbamatos	0.25 mg/l
Organoclorados	0.05 mg/l
Radiactividad.	
Actividad $\alpha$ .	Máximo 0.1 Bq/l
Actividad $\beta$ .	Máximo 1.0 Bq/l

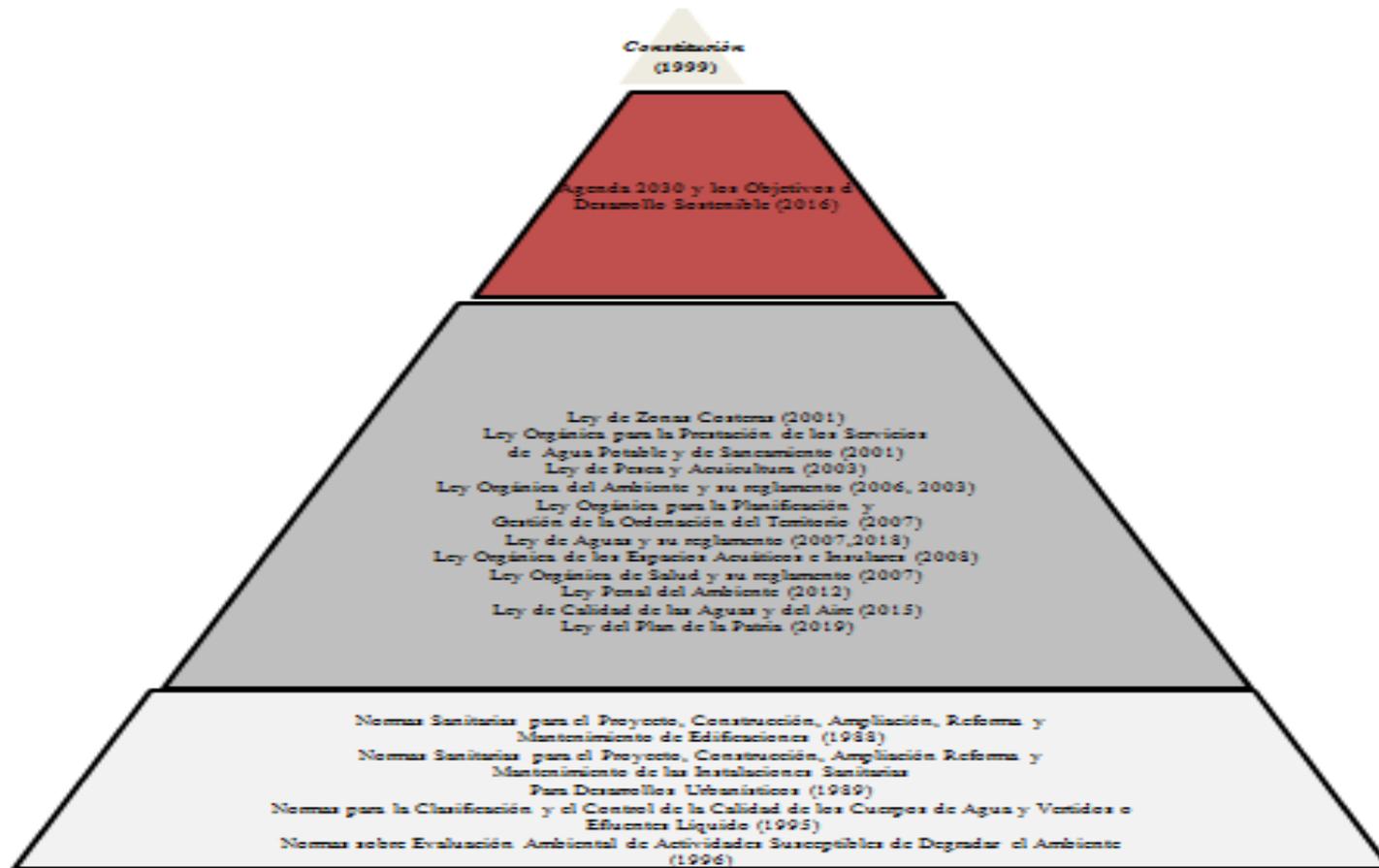
Fuente: Decreto N° 883 Normas para la Clasificación y el Control de la Calidad de los Cuerpos de Agua y Vertidos o Efluentes Líquidos (1995).

Por último el Decreto 1257 Normas sobre Evaluación Ambiental de Actividades Susceptibles de Degradar el Ambiente (1996), se establecen los procedimientos conforme a los cuales se realizará la evaluación ambiental de actividades susceptibles de degradar el ambiente, para predecir y evaluar los efectos del desarrollo de una actividad sobre los componentes del ambiente natural y social y proponer las correspondientes medidas preventivas, mitigantes y correctivas, y así determinar los parámetros ambientales que conforme a la misma deban establecerse para cada programa o proyecto.

Para consolidar el manejo y tratamiento de aguas residuales es importante para su justificación, validación e implementación considerar la regulación y la normatividad relacionada con éste. Todo proyecto debe estar acorde con las políticas y planes nacionales y regionales que lo sustenten y justifiquen, hecho que facilita la disponibilidad de recursos económicos y el respaldo institucional.

Igualmente a nivel sectorial se deben cumplir con las normas y criterios que se han planteado para el sector a nivel técnico, institucional, socioeconómico, financiero y ambiental. La formulación de proyectos de tratamiento de aguas residuales, independiente de la fuente de financiación, debe considerar el marco legal, entre otras regulaciones.

En síntesis, la gestión integral de las aguas residuales tiene como objetivo principal garantizar su adecuado manejo, en aras de contribuir con la preservación de la vida en el planeta y la salvaguardia de las especies. En la Figura N° 4 se establece la pirámide de Kelsen de las políticas nacionales ambientales y sanitarias para el manejo de las aguas residuales.



**Figura 4.** Pirámide de Kelsen de las políticas nacionales ambientales y sanitarias de las aguas residuales.

Fuente: Elaboración propia (2023).

## DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

**Aguas residuales:** Las aguas residuales son el resultante de la incorporación de productos de desecho de naturaleza mineral u orgánica, luego de su uso en distintas actividades y son clasificables dependiendo de su origen: doméstico, industrial, subterráneo y meteorológico (Tchobanoglous y Burton, 1995).

**Desarrollo sustentable:** Proceso de cambio continuo y equitativo para lograr el máximo bienestar social, mediante el cual se procura el desarrollo integral, con fundamento en medidas apropiadas para la conservación de los recursos naturales y el equilibrio ecológico, satisfaciendo las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las generaciones futuras (LOA, 2006).

**Educación ambiental:** Proceso continuo, interactivo e integrador, mediante el cual el ser humano adquiere conocimientos y experiencias, los comprende y analiza, los internaliza y los traduce en comportamientos, valores y actitudes que lo preparen para participar protagónicamente en la gestión del ambiente y el desarrollo sustentable (LOA, 2006).

**Manejo:** Prácticas destinadas a garantizar el aprovechamiento sustentable y la conservación de los recursos naturales, así como aquéllas orientadas a prevenir y minimizar efectos adversos por actividades capaces de degradarlos (LOA, 2006).

**Política ambiental:** Conjunto de principios y estrategias que orientan las decisiones del Estado, mediante instrumentos pertinentes para alcanzar los fines de la gestión del ambiente, en el marco del desarrollo sustentable (LOA, 2006).

**Recursos naturales:** Componentes del ecosistema, susceptibles de ser aprovechados por el ser humano para satisfacer sus necesidades (LOA, 2006).

### **CAPÍTULO III**

#### **ORIENTACIÓN METODOLÓGICA**

En este capítulo se expone el procedimiento metodológico para desarrollar el modelo teórico para la gestión sustentable de las aguas residuales en el contexto empírico del municipio Barinas, estado Barinas.

De acuerdo a Hurtado (2012) la tabla holopróxica permite presentar en forma resumida los criterios metodológicos a utilizar. En el Cuadro 8 se presenta de forma resumida para cada uno de los objetivos específicos las etapas, los eventos de estudio, la unidad de estudio, la población, la muestra, la fuente, el diseño de investigación, la técnica empleada, el instrumento y el tipo de análisis, que conforman la tabla holopróxica.

#### **Tipo de Investigación**

El abordaje del estudio se ha basado en la investigación explicativa, a través de la cual se exponen las razones de ocurrencia de un fenómeno, lo que permitió conjugar definiciones y supuestos entre el manejo de las aguas residuales de acuerdo a la opinión de los entrevistados y que resultarán ser significativos para establecer los criterios de un modelo teórico para su gestión sustentable.

Para Hernández, Fernández y Baptista (2014) los métodos mixtos caracterizan a los objetos de estudio mediante números y lenguaje e intentan recabar un rango amplio de evidencia para robustecer y expandir nuestro entendimiento de ellos. La triangulación, la expansión o ampliación, la profundización y el incremento de evidencia mediante la utilización de diferentes enfoques metodológicos proporcionan mayor seguridad y certeza sobre las conclusiones científicas.

Cuadro 8. Holopráctica.

Objetivos específicos	Etapas	Eventos de estudio	Unidad de estudio	Población	Muestra	Fuente	Diseño	Técnica	Instrumento	Análisis
Determinar la situación actual del manejo de las aguas residuales en el municipio Barinas estado Barinas.	Descriptiva	Situación actual del Manejo de las aguas residuales.	STAR*	STAR del municipio Barinas estado Barinas	STAR del municipio Barinas estado Barinas	-Licenciada en Gestión Ambiental, Coordinadora del Departamento de Calidad Ambiental del MINEC Barinas. -Ingeniero Civil, Coordinador de Gestión de Riesgos Ambientales del Ministerio del Poder Popular para la Salud Barinas. -Ingeniero Químico, Jefe de Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Hidroandes Barinas. -Ingeniero Químico, Director del Ministerio del Poder Popular para el Agua Barinas. -Ingeniero Químico, Laboratorio de Aguas UNELLEZ VPDS Barinas.	Campo, transeccional y contemporáneo	Entrevista	Guía de entrevista	Descriptivo Categorización Cuantitativo

Comprender los elementos de la gestión sustentable de las aguas residuales en el municipio Barinas estado Barinas.	Descriptiva	Elementos de la gestión sustentable de las aguas residuales.	STAR	STAR del municipio Barinas estado Barinas	STAR del municipio Barinas estado Barinas	-Licenciada en Gestión Ambiental, Coordinadora del Departamento de Calidad Ambiental del MINEC Barinas. -Ingeniero Civil, Coordinador de Gestión de Riesgos Ambientales del Ministerio del Poder Popular para la Salud Barinas. -Ingeniero Químico, Jefe de Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Hidroandes Barinas. -Ingeniero Químico, Director del Ministerio del Poder Popular para el Agua Barinas. -Ingeniero Químico, Laboratorio de Aguas UNELLEZ VPDS Barinas.	Campo, transeccional y contemporáneo	Entrevista	Guía de entrevista	Descriptivo Cualitativo Categorización abierta
Diseñar el modelo teórico para la gestión sustentable de las aguas	Explicativa	Gestión sustentable y aguas residuales.	STAR	STAR del municipio Barinas estado Barinas	STAR del municipio Barinas estado Barinas	-Licenciada en Gestión Ambiental, Coordinadora del Departamento de Calidad Ambiental del MINEC Barinas. -Ingeniero Civil,	Campo, transeccional y contemporáneo	Entrevista	Guía de entrevista	Explicativo: Correspondencias múltiples

residuales  
en el  
contexto del  
municipio  
Barinas  
estado  
Barinas.

Coordinador de  
Gestión de Riesgos  
Ambientales del  
Ministerio del Poder  
Popular para la  
Salud Barinas.

-Ingeniero Químico,  
Jefe de Planta de  
Tratamiento de  
Aguas Residuales  
Hidroandes  
Barinas.

-Ingeniero Químico,  
Director del  
Ministerio del Poder  
Popular para el  
Agua Barinas.

-Ingeniero Químico,  
Laboratorio de  
Aguas UNELLEZ  
VPDS Barinas.

Fuente: Elaboración propia (2023).

Nota:\*STAR: Sistemas de tratamiento de aguas residuales.

## **Diseño de la investigación**

El diseño de la investigación es la estrategia general que adopta el investigador para responder al problema planteado (Arias, 2006). Para Hurtado (2012) los criterios generales para un diseño de investigación son: el origen de los datos, la perspectiva de la temporalidad y la amplitud del foco.

En atención al diseño, el origen de los datos se realizó utilizando una estrategia de campo, la cual consiste en el “análisis sistemático de problemas en la realidad, con el propósito bien sea de describirlos, interpretarlos, entender su naturaleza y factores constituyentes, explicar sus causas y efectos, o predecir su ocurrencia” (UPEL 2003, p. 14). Al respecto, Sabino (2000) indica que los estudios de campo, se basan en informaciones o datos primarios obtenidos directamente de la realidad.

Su innegable valor reside en que le permite cerciorarse al investigador de las verdaderas condiciones en que se han conseguido sus datos, haciendo posible su revisión o modificación en el caso de que surjan dudas respecto a su calidad. Con esta investigación se obtuvieron datos de interés recogidos directamente de la realidad, a través de un cuestionario con la finalidad de realizar un diagnóstico y describir lo que ocurre con el manejo de las aguas residuales en el contexto empírico del municipio Barinas estado Barinas.

Con respecto a la temporalidad es transeccional, debido a que los datos fueron recogidos en un momento dado (Hernández et al., 2014) y contemporáneo, porque los datos se obtuvieron en el presente, es decir el evento está ocurriendo durante el estudio (Hurtado, 2012).

En cuanto a la amplitud del foco es multivariado, porque la gestión sustentable abarcan un grupo de eventos o categorías valorativas y hay interés por estudiar más de un evento de cada tipo (Hurtado, 2012).

## **Definición de los eventos de estudio**

De acuerdo a Hurtado (2012), la definición de los eventos consiste en precisar los fenómenos, hechos, características, comportamientos o situaciones que son el interés a investigar. En este estudio los eventos son: situación actual del manejo de las aguas residuales, elementos de la gestión

sustentable de las aguas residuales y la gestión sustentable de las aguas residuales, en el contexto empírico del municipio Barinas estado Barinas.

### **Técnicas de Recolección de Datos**

Para Hernández et al. (2014), la recolección de los datos requiere de un proceso de planificación que involucra determinar cuáles son las fuentes de los datos, donde se localizan tales fuentes y de qué modos o maneras se van a recoger los datos, para posteriormente analizarlos.

En función de los objetivos definidos en el presente estudios, se ha seleccionado diferentes maneras de recolectar la información: la revisión documental, la entrevista, y la observación directa, las cuales permitieron recoger la información de acuerdo al objetivo de estudio. El tipo de entrevista fue formal o estructurada, por cuanto las preguntas se hicieron manteniendo siempre el mismo orden y con los mismos términos (Hurtado, 2012 y Hernández et al. 2014).

En relación con el instrumento utilizado en la investigación, el guión de la entrevista, contuvo toda la temática relacionada con la información requerida para dar respuesta al objetivo planteado.

### **Validez del Instrumento**

La validez, en términos generales, se refiere al grado en que un instrumento mide realmente la variable que pretende medir (Hernández et al. 2014).

Para que los instrumentos de recolección de información sean reconocidos deben ser sometidos a una prueba de validez, la cual se refiere al grado en que el instrumento mide lo que se pretende validar, de esta manera podrá ser validado su funcionamiento. En la presente investigación se hizo uso de la validez de criterio o juicio de experto lo cual permitió comprobar la relación de cada ítem con los objetivos planteados y el marco teórico. Para ello fue entregado a tres expertos en el tema para su revisión de estructura, redacción y contenido, una vez hecha la revisión y efectuadas las correcciones a que diere lugar se procedió a su aplicación. Para determinar la validez del contenido se utilizará un cuestionario conformado por preguntas cerradas.

En referencia al mismo hecho, para la validación del instrumento se debe utilizar el criterio de expertos, quienes se encargaran de valorar el mismo en cuanto al contenido, coherencia, pertinencia, además de su correspondencia con los objetivos y variables en estudio. En consecuencia, la técnica de juicio de expertos se usará mediante la consulta a tres especialistas; uno en metodología de la Investigación y dos en el tema objeto de estudio, quienes hacen las observaciones y recomendaciones pertinentes.

### **Los Entrevistados**

Un aspecto muy importante en este estudio, lo constituye la fuente de información, por cuanto los entrevistados deben ser actores en el manejo de los sistemas de tratamiento de aguas residuales de estudio, puesto que son los conocedores de los principios que rigen la realidad que se desea estudiar.

En esta investigación se define “informante clave” a:

-Licenciada en Gestión Ambiental, Coordinadora del Departamento de Calidad Ambiental del MINEC Barinas.

-Ingeniero Civil, Coordinador de Gestión de Riesgos Ambientales del Ministerio del Poder Popular para la Salud Barinas.

-Ingeniero Químico, Jefe de Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Hidroandes Barinas.

-Ingeniero Químico, Director del Ministerio del Poder Popular para el Agua Barinas.

-Ingeniero Químico, Laboratorio de Aguas UNELLEZ VPDS Barinas.

### **Técnicas de Análisis**

Una vez obtenida toda la información el paso siguiente es analizarla. El análisis se trata de una operación importante, con el finaliza todo el proceso de investigación y en la que se obtienen resultados.

En esta investigación se siguió el procedimiento de las técnicas de análisis cualitativa y cuantitativa para procesar toda la información obtenida de las entrevistas y dar respuesta al estudio planteado, a través de una estrategia de combinación, de conformidad con lo propuesto por Hernández et al. (2014).

Por tanto, en la investigación se consideran dos etapas para el análisis de los datos, a saber: la cualitativa y la cuantitativa.

### **Etapas cualitativa**

El análisis cualitativo se utiliza cuando se requiere un entendimiento profundo y los datos no han sido codificados con números y por tanto el análisis estadístico no es pertinente (Hurtado, 2012). Para Velázquez (2015) la técnica de análisis cualitativo, es un proceso no matemático de interpretación, cuyo propósito es descubrir conceptos y relaciones con los datos brutos y luego organizarlos en un esquema explicativo teórico.

En esta investigación para el análisis cualitativo de los datos se empleó la teoría fundamentada, donde el investigador produce una explicación general o teoría respecto a un fenómeno, proceso, acción o interacciones que se aplican a un contexto concreto y desde la perspectiva de diversos participantes, deben basarse o derivarse de datos recolectados en el campo (Hernández, et al. 2014).

Strauss y Corbin (2002) consideran tres procesos importantes que se pueden dar en una investigación, los cuales se identifican como:

a) Descripción: proceso referido al uso de palabras para expresar imágenes mentales de un acontecimiento, un aspecto del panorama, una escena, experiencia, emoción o sensación. La descripción es la base para interpretar la información.

b) Ordenamiento conceptual: como el término lo sugiere, consiste en organizar la información de manera de que se generen categorías con sus propiedades y dimensiones, producto de las clasificaciones que surgen de las interpretaciones realizadas.

c) Construcción de teoría o teorización: es un trabajo que implica no sólo concebir o intuir ideas (conceptos), sino también formularlos en un esquema lógico, sistemático y explicativo.

En relación al análisis de los datos cualitativos, Puig, Baños y Esteban (2014) señalan que las técnicas informáticas para el tratamiento de la información constituyen una herramienta de indudable valor para mantener una visión sobre las decisiones que han de tomarse y su modificación sin dificultad

a lo largo de todo el proceso. Algunos de los programas más conocidos y utilizados son ATLAS ti, NVivo y MAXQDA2

En esta investigación el proceso de análisis de los datos se realizó a través del paquete informático ATLAS.ti.7., que es un paquete de software especializado en análisis cualitativo de datos que permite extraer, categorizar e inter-vincular segmentos de datos desde diversos documentos. Basándose en su análisis, el software ayuda a descubrir patrones (Puig et al., 2014).

Para realizar el análisis cualitativo, se utilizó el procedimiento de Hurtado (2012), que consiste en las siguientes etapas:

1. Revisión y organización del material: consiste en transcribir las entrevistas, de acuerdo al formato requerido por el programa Atlas.ti.6.0., esto es, texto plano, sin negritas, letra cursiva, subrayados, ni caracteres especiales.

Cada entrevista se transcribe en un archivo de texto separado, y se guarda en un archivo con extensión RTF. Dentro de cada entrevista se identifica la participación del entrevistado y entrevistador y se conforma la unidad hermenéutica. Strauss y Corbin (2002), citan a Heyner Llegeiwe, uno de los desarrolladores de este programa, quien define la unidad hermenéutica como un contenedor electrónico a través del cual se almacenan los datos, códigos, memorandos y diagramas del objeto de estudio que se quiere analizar.

2. Categorización de la información: consiste en agrupar la información obtenida de las entrevistas en conceptos similares o relacionados, denominados unidad de análisis y se procede a dar una denominación (categoría) a cada grupo de información, de acuerdo con la característica que permitió agruparla.

En esta investigación, las categorías se establecerán a priori, y se predefinen en función de lo que se preguntaba en las entrevistas.

3. Codificación de las categorías: consiste en asignar un símbolo a cada categoría. Estos símbolos (códigos) son palabras relacionadas con el concepto que representa. Los códigos se marcan en el documento para observar los segmentos que representan cada categoría.

4. Tabulación de los datos: Una vez finalizado el proceso de categorización y codificación, se obtienen los datos, los cuales una vez procesados permiten llegar a las interpretaciones y conclusiones sobre lo que

se está investigando. La tabulación consiste en organizar los datos en tablas que permitan resumir la información y visualizarla fácilmente. Algunas de las tablas descriptivas que se pueden originar son el listado de códigos, el listado de citas, la tabla general de categorías y las tablas de frecuencias por cada categoría, entre otras.

5. Procesamiento: el procesamiento consiste en relacionar los datos, encontrarles sentido y llegar a una interpretación que permite dar respuesta al evento estudiado.

6. Representación gráfica: consiste en representar los hallazgos producto del procesamiento en gráficos, dibujos, figuras. En esta investigación se utilizaron las redes de conceptos (networks), que proporciona el programa Atlas Ti para representar los resultados.

7. Interpretación de resultados: consiste en explicar los resultados del análisis realizado, que son producto de las evidencias empíricas.

### **Etapa Cuantitativa**

En la etapa cuantitativa se integran los elementos que permiten definir la gestión sustentable de las aguas residuales, los cuales fueron obtenidos de la etapa cualitativa. Las técnicas cuantitativas que se aplicaron para analizar la información obtenida de las entrevistas por medio de la tabla de frecuencia y su respectivo gráfico donde se explican las relaciones de frecuencia-porcentaje para elaborar su análisis e interpretación. Como resultado del análisis surgen las conclusiones, las cuales son aportes al conocimiento.

Una vez recopilada la información los datos fueron procesados mediante narración descriptiva, de igual manera se hicieron los análisis respectivos. Por otra parte, la información recabada en las encuestas y entrevistas fueron tabuladas y procesada aplicando métodos simples estadísticos (distribución de frecuencias) ordenados por categorías. Su análisis estadístico se hará en términos cuantitativos y cualitativos.

## **CAPÍTULO IV**

### **ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS**

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos producto de las entrevistas aplicadas a los informantes seleccionados y de las observaciones realizadas a los sistemas de tratamientos ubicados en el municipio Barinas del estado Barinas, contexto empírico de esta investigación.

Para el análisis cualitativo, se usa el programa Atlas ti.7, por lo cual se realizó la importación de cada uno de las entrevistas transcritas en el programa Microsoft Word y se guardo en formato RFT, luego se precisa en cada uno de estos documento que contienen las respuesta de los entrevistados, las ideas principales que emergen en función de los eventos de estudio y se le asigna un código. Posteriormente, se establece una red gráfica, se importan los nodos y se construyen las relaciones entre los códigos, y las unidades hermenéuticas asociados a cada código.

Para la interpretación de los resultados cuantitativos, se identificaron las variables, sus dimensiones e indicadores que emergieron del primer momento de la investigación y que son relevantes para la construcción de tabla, gráfico, y establecer tendencias.

Estas dimensiones son: Planificación (con el indicador políticas, objetivos y estrategias, política y mecanismos de financiación), Control (con los indicadores protección del agua, importancia del reuso, administración pública y privada), Origen (con los indicadores origen doméstico, comercial e industrial, evaluación), Características (con los indicadores físicas, biológicas y químicas), Tratamiento (sistemas de tratamiento y aspectos socioeconómicos, sistemas de tratamiento y potencial de reuso) y Marco Legal (indicadores fundamentos jurídicos y su promoción, formación ambientalista).

Luego de identificadas las dimensiones y sus indicadores, se procedió a la construcción de la tabla de frecuencia y su gráfico, es decir, la información obtenida de los entrevistados, tomando en cuenta el contexto de la situación que se investigó y en función de los objetivos planteados en la investigación.

Para la representación espacial de los resultados se utilizó el gráfico radial, el cual permite la comparación entre indicadores de manera directa, y hacer más visible una realidad, porque da una visión de conjunto y se observar más fácilmente la dinámica interna del fenómeno objeto de estudio.

### **Análisis cualitativo**

Para la interpretación de los hallazgos, se identificaron las categorías que emergieron del discurso de los entrevistados y que son relevantes para la contratación de la información. Estas categorías son: Situación actual del manejo de las aguas residuales (con las subcategorías planta de tratamiento y funcionamiento), elementos de la gestión sustentable de las aguas residuales (con las subcategorías manejo, personal capacitado, legislación, ambiente, tecnología y social) y gestión sustentable de aguas residuales (con las subcategorías política y mecanismos de financiación, educación, instrumentos de mercado, legislación, comunidad, y planificación).

### **Contrastación de los resultados cualitativos**

Para determinar la situación actual del manejo de las aguas residuales en el contexto empírico del municipio Barinas estado Barinas, se le pregunto a los entrevistados, los cuales manifestaron lo siguiente;

El informante 1, afirma que “la empresa Hidroandes Barinas, cuenta con una planta de tratamiento de aguas servidas de origen doméstico, que trata un considerable volumen de las aguas servidas

recolectadas en los diferentes colectores existentes en la ciudad ubicada en el sector Punta Gorda”.

Además señala que “está en un gran problema ya que algunas empresas tanto públicas como privadas con instalaciones que vierten en los colectores sus aguas residuales sin ningún tipo de tratamiento, tales como auto lavados, mataderos entre otras, lo que dificulta la operatividad de la planta”.

En cuanto a la opinión del informante 2, sostienen que “las aguas residuales están siendo recolectadas a través del sistema de recolección (redes de recolección, colectores secundarios y principales) y llevadas a las plantas de tratamiento”, el sistema de tratamiento está funcionando parcialmente, por lo que las aguas residuales después del tratamiento se están descargando a los cuerpos receptores (rio Santo Domingo y quebradas adyacentes) del municipio Barinas.

Destaca que es un problema muy grave y quienes tienen que ver con el manejo de este importante servicio, deben asumir el reto de mejorar cuanto antes la infraestructura que actualmente está en malas condiciones de operatividad. Otro problema son las descargas de aguas de lluvia y de aguas residuales de empresas como auto lavados, mataderos, entre otras, que descargan sus aguas a los colectores de la ciudad sin tratamiento, esto dificulta el tratamiento y control en las plantas de la Hidrológica”.

El informante 3 manifestó que en la actualidad se presenta como un sistema donde son llevadas el agua servida cruda en Punta Gorda y pareciera que el tratamiento solo es pasarlo por el desbaste para entrar a la planta de tratamiento y después descargarla al rio Santo Domingo.

Con respecto a esto, el informante 4 considera: “actualmente una falta desmedida en el manejo sustentable de las aguas residuales, debido a los sistemas de tratamiento de la parroquia Alto Barinas en su mayoría no están funcionando”. El manejo de las aguas residuales en el municipio Barinas estado Barinas, se realiza mediante plantas de tratamiento, es deficiente, debido a que no se tratan en su totalidad”.

Por último, el informante 5 señala que “la situación actual de las aguas residuales en el municipio Barinas estado Barinas, es que se han construido sistemas de tratamiento de aguas residuales con todos las etapas para garantizar su adecuado funcionamiento, en lo que no se avanza es en el mantenimiento de los sistemas, por ello, conseguimos en la ciudad de Barinas que la mayoría de los sistemas no están prestando el servicio para el que fueron diseñados”.

Para la representación gráfica de estas unidades hermenéutica se utilizó el programa Atlas ti.7, y se creó una red gráfica a partir de las categorías emergentes que se obtuvieron.

En la figura 5 se muestra la red conceptual del evento de estudio situación actual del manejo de las aguas residuales, con algunas de las opiniones dadas por los entrevistados.

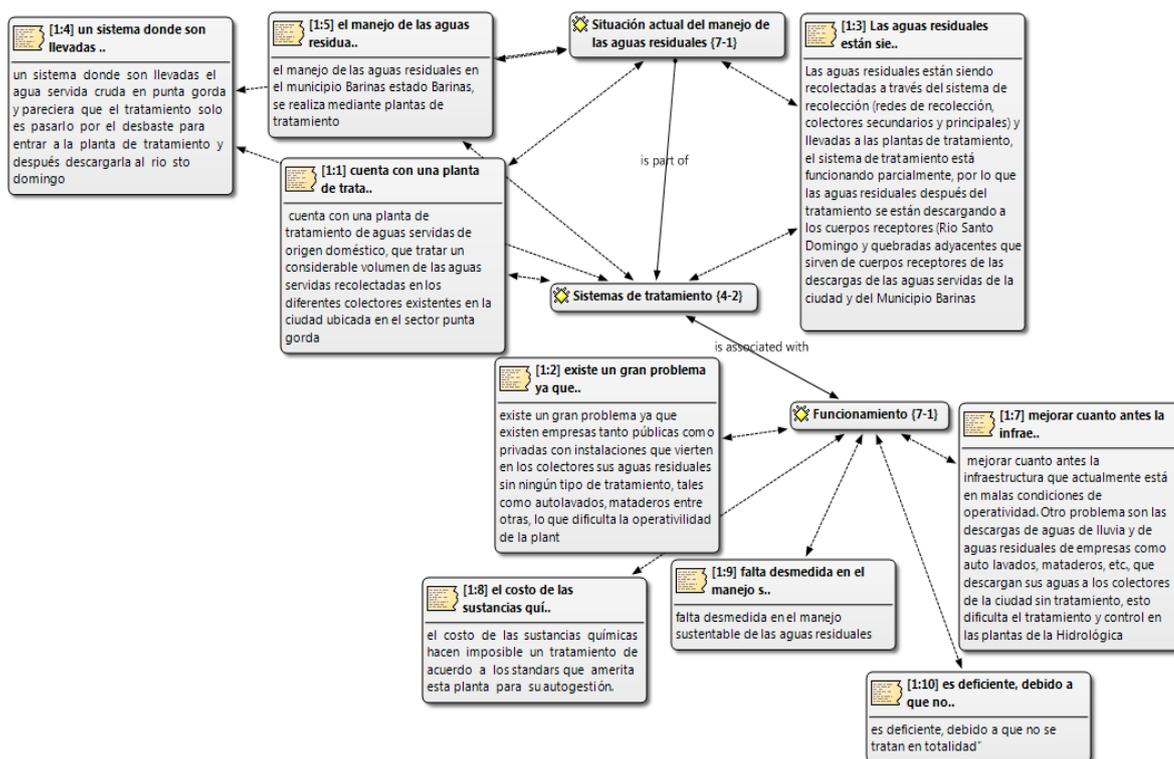


Figura 5. Red conceptual del evento de estudio situación actual del manejo de aguas residuales.

Fuente: Elaboración propia (2023).

Para comprender los elementos que prevalecen en la gestión sustentable de las aguas residuales, se relacionan las opiniones de los informantes claves a continuación.

El informante 1 opina que los recursos hídricos se encuentran sometidos a presión a causa del continuo crecimiento demográfico y urbano. En tal sentido, destaca que esto constituye una amenaza tanto para la salud y el bienestar humano como para los ecosistemas a nivel mundial.

En relación a esto, el informante 2 señala que un buen manejo de las aguas residuales, sistemas de tratamiento adecuado que cumplan con los decretos y la legislación socio-ambiental y proteger de la contaminación ambiental los cuerpos receptores de las aguas servidas descargadas, evitando la contaminación de la biota de los cursos de agua, esto contribuirá con el mejoramiento de la calidad de vida de las personas que utilizan las aguas del río Santo Domingo.

Mientras que el informante 3 opina que los elementos que prevalecen serían el personal dedicado a este fin de comprobada vocación y profesionalidad al momento de la aplicación de los productos químicos sin poseer los elementos de seguridad para tal fin, pero se hace y se realiza.

En este particular el informante 4 señala que “deben prevalecer elementos ambientales, sociales y tecnológicos que garantice el saneamiento para todos”.

Al respecto, el informante 5 opina que en la gestión sustentable de las aguas residuales debe preponderar la misión de proteger la salud pública y el ambiente, existe la tecnología para garantizar el tratamiento y son económicas, lo que se debe atender es la administración de estos sistemas por el ente rector, en este caso, Hidroandes.

En la figura 6 se muestra la red conceptual del evento de estudio elementos de la gestión sustentable de las aguas residuales, con las opiniones dadas por los entrevistados.



En cuanto al evento de estudio denominado gestión sustentable de las aguas residuales, los entrevistados manifestaron lo siguiente:

El informante 1 opina que las soluciones para la gestión de las aguas residuales deben basarse en una serie de políticas y mecanismos de financiación nuevos y existentes, para lograr una planificación y gestión integradas, minuciosas y exhaustivas de los recursos hídricos y las aguas residuales a nivel nacional y municipal.

A tal efecto, estos deberían incluir desde mejoras en la legislación sobre la calidad del agua y acuerdos voluntarios hasta instrumentos de mercado y modelos de gestión y financiación basados en la colaboración, articulando los sectores público y privado, sin olvidar el papel fundamental de la educación.

Por tal razón, el informante 2, destaca que todos los objetivos, políticas y estrategias emanadas del Ministerio del Poder Popular para las Aguas y la empresa que administra y maneja los sistemas de aguas residuales en el municipio (Hidroandes), deben estar direccionados y orientados a mejorar estos sistemas, sobre todo el tratamiento y disposición final de las aguas servidas, lo que contribuiría con el desarrollo de proyectos cuya fuente principal es el río Santo Domingo, si se descontaminan sus aguas pueden ser aprovechadas aguas abajo para el abastecimiento de las zonas ganaderas e industrias agropecuarias, también como zonas de recreación y turismo, así como el aprovechamiento de la pesca sobre su curso fluvial, por lo que se contribuiría con la satisfacción de necesidades de índole social ambiental, con alimentación sana a nuestra querida Barinas”.

En cuanto al informante 3, una buena gestión debe hacerse utilizando o contratando una empresa que se dedique a este fin y la misma sea ejecutada por personal de la comunidad, mediante buena remuneración y sea competente con cursos de actualización, prevención de manejo de los químicos para que no llegase a ocurrir enfermedades laborales y por ende sufrimiento de las personas que hacen este noble

trabajo muchas veces sin seguridad y sin los implementos de seguridad que se requieren.

Para el informante 4 una vez puesta en práctica la planificación y ejecución de programas inmersos en tecnologías y manejo de agua residuales para lograr un impacto ambiental sustentable. Tomando en cuenta una gestión integrada de acuerdo con las políticas públicas imperantes. Se deben “construir y mantener sistemas de tratamiento que respondan a las necesidades sociales, ambientales, económicas, acordes a la tecnología, con administración privada”.

Por último el informante 5 opina que la gestión sustentable de las aguas residuales es la planificación, organización, dirección y control para garantizar el manejo de las aguas residuales que satisfaga su función primordial proteger la salud pública y el ambiente. Y se puede caracterizar por un conjunto de estrategias encaminadas a garantizar el saneamiento para todos.

Finalmente se visualizan en la figura 7 el evento de estudio Gestión sustentable de aguas residuales y subcategorías que emergen de los informantes claves, en la figura se muestra la red conceptual con algunas opiniones expresadas por los entrevistados.

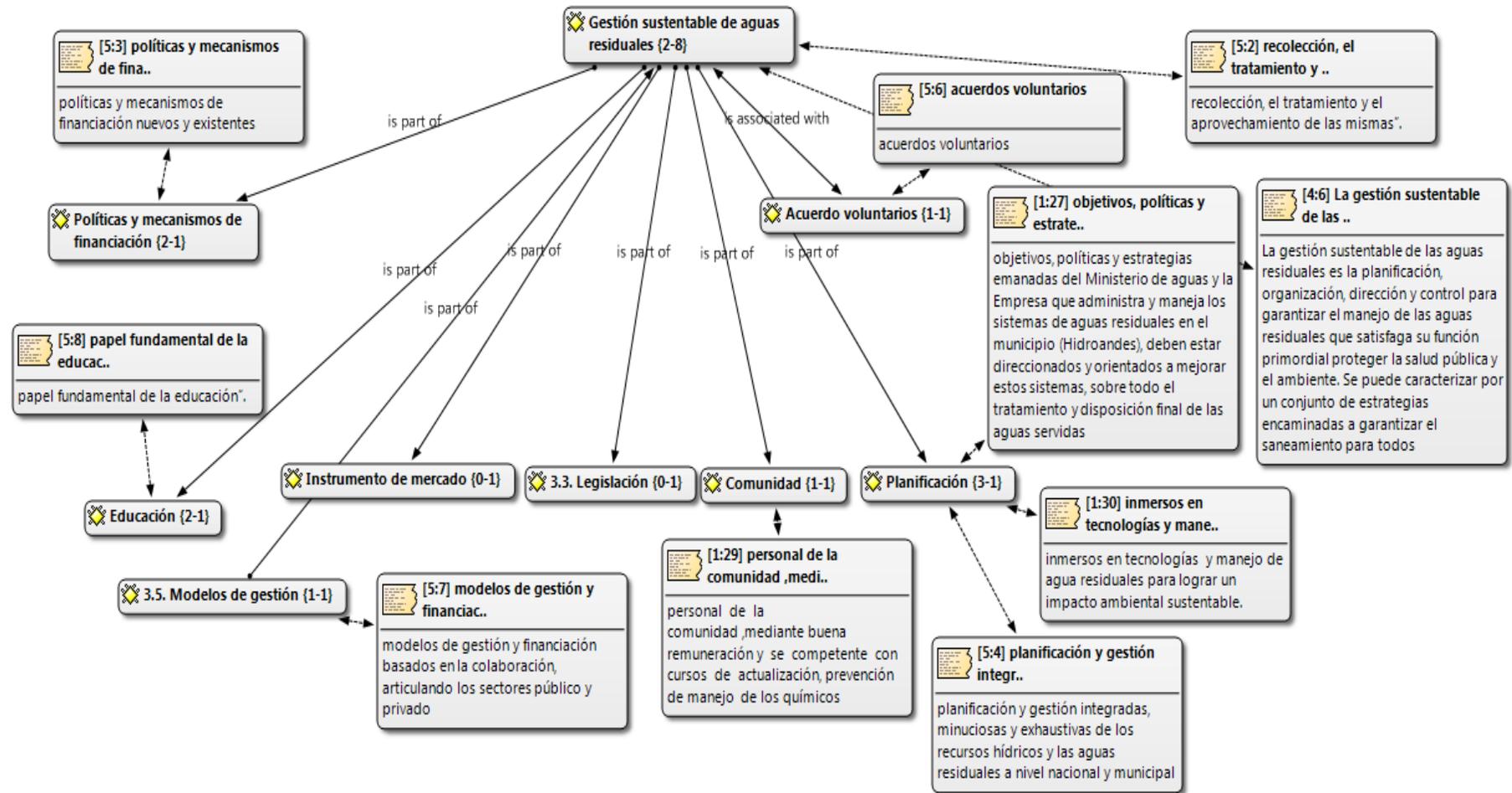


Figura 7. Red conceptual del evento de estudio gestión sustentable de aguas residuales.  
Fuente: Elaboración propia (2023).

### **Triangulación y análisis cualitativo de los resultados**

Una vez procesadas y analizadas las estructuras particulares de los entrevistados, se puede percibir que existe uniformidad en cuanto a los resultados obtenidos, lo que indica la fiabilidad de los resultados; por otra parte, se enfatiza que según los informantes los principales problemas están asociados al funcionamiento de las plantas de tratamiento de aguas residuales, infraestructura, descargas incontroladas de sedimentos y aguas de lluvia que se vierten en los colectores cloacales.

Es importante destacar, que en la percepción de los informantes claves, los elementos que prevalecen en la gestión sustentable de las aguas residuales son el manejo adecuado que garantice el saneamiento, personal capacitado con vocación de servicio y profesionalidad, legislación para proteger de la contaminación ambiental los cuerpos receptores de las aguas residuales, ambiente, tecnología y sociedad, y que también influye la presión demográfica sobre todo de los barrios marginales, que no disponen de sistemas adecuados de tratamiento de las aguas residuales, educación y protección de la salud pública.

De allí que para alcanzar la gestión sustentable de las aguas residuales se deben establecer en primer lugar, una planificación con políticas, objetivos y estrategias definidos, acompañadas de mecanismos de financiación, reivindicar el cumplimiento de la legislación sobre la calidad del agua y la educación en el uso del servicio y en la capacitación del personal encargados de las plantas de tratamiento, además de la suma de acuerdos voluntarios basados en la colaboración, lo cual enfatizan debe incluir a las comunidades.

### **Análisis cuantitativo**

Una vez realizado el análisis cualitativo y de la revisión documental, emergen categorías, que ahora son llamadas dimensiones con sus respectivos indicadores para el tratamiento cuantitativo, este se realiza para establecer las tendencias.

Cuadro 9. Variables, dimensiones, indicadores y frecuencia relativa de las opciones de respuesta obtenidas.

Variables	Dimensiones	Indicadores	Frecuencia Relativa (%)		
			Opciones de Respuesta		
			Siempre	A Veces	Nunca
Gestión sustentable	Planificación	Política, objetivo y estrategias	100	0	0
		Políticas y mecanismos de financiación	100	0	0
	Control	Protección del Agua	60	20	20
		Importancia del Reuso	80	20	0
		Administración Pública	60	20	20
		Administración Privada	20	80	0
Aguas residuales	Origen	Potencial de Reuso Aguas Domésticas	100	0	0
		Potencial de Reuso Aguas Industriales	40	60	0
		Evaluación y Potencial de Reuso	100	0	0
	Características	Características Físicas	20	80	0
		Características Biológicas	20	80	0
		Características Químicas	40	60	0
	Tratamiento	Sistemas de Tratamiento y Aspectos Socioeconómicos	80	0	20
		Sistemas de Tratamiento y Potencial de Reuso	80	20	0
	Marco Legal	Problemática Ambiental por Aguas Residuales	80	20	0
		Fundamentos Jurídicos	60	0	40
		Promoción del Fundamento Jurídico	20	20	60
		Formación Ambientalista	100	0	0

Fuente: Elaboración propia (2023).

En el Cuadro 9, se muestran un resumen de los resultados obtenidos al aplicar el instrumento a los entrevistados, con su correspondiente cálculo de la frecuencia relativa por cada variable, dimensión e indicador, considerado como son: políticas objetivos y estrategias, políticas y mecanismos de financiación, protección del agua, importancia del reuso, administración pública, administración privada, potencial de reuso aguas domésticas, potencial de reuso aguas industriales, evaluación y potencial de reuso, características físicas, características biológicas, características químicas, sistemas de tratamiento y aspectos socioeconómicos, sistemas de tratamiento y

potencial de reuso, problemática ambiental por aguas residuales, fundamentos jurídicos, promoción del fundamento jurídico, y formación ambientalista.

Los resultados del Cuadro 9, para el indicador políticas, objetivos y estrategias, muestran que las 5 personas encuestadas, correspondientes al 100% de los entrevistados sostienen que siempre se deben establecer para la gestión sustentable de las aguas residuales, una planificación que contemple políticas objetivos y estrategias, enmarcadas en el saneamiento para todos.

Sin lugar a dudas, dado el extraordinario y creciente proceso de sostenibilidad ambiental que tiene lugar en la actualidad, se hace necesario el manejo o disposición segura, sin riesgo potencial de las aguas residuales que se generan en los ámbitos doméstico e industrial, lo cual es la política de la gestión sustentable, saneamiento para todos.

En la LOA (2006) se establece que la gestión de un recurso comprende todas las actividades de la función administrativa, que determinen y desarrollen las políticas, objetivos y responsabilidades en marco del desarrollo sustentable y su implementación, a través de la planificación, el control, la conservación y el mejoramiento del ambiente.

En igual medida, como refleja el Cuadro 9, la dimensión planificación, para el indicador políticas y mecanismos de financiación, el 100% de los entrevistados manifiesta que siempre el estado venezolano vigila y proteger el ambiente con la activa participación de la sociedad, para garantizar que la población se desenvuelva en un ambiente libre de contaminación, en donde, el agua, sea especialmente protegida, por lo cual, se deben establecer mecanismos de financiación nuevos y existentes.

Castillo (2020) señala la creciente preocupación por las consecuencias de la disposición de efluentes líquidos que son descargados sin un tratamiento apropiado; contribuyendo con materia orgánica, nutrientes y sólidos suspendidos a la eutrofización y turbidez, el crecimiento de algas, cambios en los ecosistemas acuáticos, disminución

de la diversidad biológica e incidentes de mortandad de peces por agotamiento de oxígeno, los malos olores producto de la descomposición de la materia orgánica biodegradable, desoxigenación del agua, proliferación de fauna nociva, incremento de la temperatura, por lo cual representa un agente nocivo, causante de enfermedad y muerte.

Lo anterior se refuerza al observar en el Cuadro 9, que los 5 entrevistados correspondientes al 100% de la muestra, responden igualmente en que siempre los organismos encargados de la gestión sustentable deben planificar, controlar, supervisar y promocionar la importancia del reuso del agua residual en el contexto del estado Barinas, lo cual es considerada una política de la gestión sustentable.

Siendo así en el Cuadro 9, se presentan los resultados comparativos de la administración de los sistemas de tratamiento, el 60% de los entrevistados coinciden en que siempre deben tener una administración pública y por el contrario solo el 20% establece que siempre debe ser privada (mesas técnicas, asociaciones de vecinos, cooperativas, empresas, entre otras formas de organización).

A partir de los valores del Cuadro 9, para el indicador origen se encontró que el 100% señaló que siempre las aguas residuales domésticas contienen básicamente desechos de origen orgánico (sólidos suspendidos, materia orgánica, acidez, grasas y aceites, restos de comida y jabón) y pueden ser rehusadas para el mantenimiento de las áreas verdes y sanitarios, una vez tratadas.

También Castillo (2020) explica que las principales fuentes de contaminación, que originan las actividades domésticas, por los efluentes líquidos son por las concentraciones muy altas, especialmente, de materia orgánica, grasas, sólidos y coli-fecales y su impacto en los ecosistemas se hace más notorio en poblaciones medianas y grandes. La cantidad de agua residual se estima en 200 L/hab/día, valor que está normado, y más aún, el 70% de las aguas residuales no tienen tratamiento, lo cual dificulta alcanzar el ciclo del agua, particularmente por el reuso del agua debido a su contaminación.

De igual manera, el Cuadro 9 muestra que el 60 % coincide en que algunas veces las aguas residuales de origen industrial pueden ser rehusadas dependiendo de su tratamiento y de su evaluación una vez tratadas.

En esta idea Robles (2014) explica que para poder llevar a cabo la reutilización del agua residual de forma adecuada y en función de su uso posterior, es imprescindible conocer su estado de contaminación, teniendo en cuenta que las aguas residuales y superficiales están relacionadas por los vertidos que se producen en estas últimas, y que la contaminación asociada a las mismas puede tener consecuencias muy negativas para el ambiente y la salud humana.

Al respecto Castillo y Méndez (2018) señalan que el desarrollo tecnológico e industrial, el incremento de la producción industrial y el crecimiento de las poblaciones ha ocasionado que los contaminantes de los residuos líquidos (industriales, domésticos) se incrementen día a día, en volumen, carga, concentración y multiplicidad, que al verterlas sobre los cuerpos receptores (ríos, lagos, entre otros) generan también aumentos en el nivel de contaminación y efectos nocivos sobre las distintas formas de vida presentes en estos ecosistemas, afectando el equilibrio biológico, incluso llegando al extremo de causar enfermedad y muerte.

En el Cuadro 9, se muestra la relación entre la evaluación de las características del agua residual. Además se encontró que el 80% está de acuerdo en que algunas veces el agua residual tratada se le deben evaluar las características físicas del (temperatura, color, conductividad y sólidos), las características biológicas (microorganismos) y las características química (pH, DBO, DQO, N, P, OD), las cuales limitan su potencial de reuso. Esto concuerda con los objetivos estratégicos de la Ley del Plan de la Patria (2019) para definir las alternativas de uso de las aguas residuales de carácter obligatorio.

Al respecto Robles (2014) pone de manifiesto la necesidad de continuar con el seguimiento de la contaminación de las aguas al

ambiente, desde un punto de vista tanto cuantitativo como cualitativo, ya que cada vez es mayor el número de sustancias químicas que llegan al ambiente y de las que se desconoce aún su efecto, destino y concentración.

En el Cuadro 9 se observa que el 80% de los entrevistados coinciden en que siempre los sistemas de tratamiento de aguas residuales deben ser diseñados tomando en consideración los aspectos socioeconómicos y el potencial de reuso. Esto concuerda con los objetivos estratégicos de la Ley del Plan de la Patria (2019) de continuar incrementando y mejorando los sistemas de recolección y tratamiento de las aguas servidas en todo el territorio nacional, garantizando el vertido adecuado. Y asegurar el saneamiento, preservar y/o recuperar las cuencas hidrográficas y los cuerpos de agua.

Castillo (2020) explica que en la actualidad existen diversos sistemas de tratamiento de aguas residuales; que van desde primarios para la remoción de materiales sólidos (plásticos, bolsas, entre otros) que mejoran las características físicas. Los tratamientos secundarios para la remoción de la carga orgánica y terciarios con la desinfección, que permiten el reuso del agua en diferentes actividades del hombre. El tratamiento de aguas residuales consiste en una serie de procesos físicos, químicos y biológicos con el fin de eliminar los contaminantes presentes en el agua, las cuales pueden ser tratadas dentro del sitio en el cual son generadas (por ejemplo, tanques sépticos, campos de absorción u otros medios de depuración) o bien pueden ser recogidas y llevadas mediante una red de tuberías y sistemas de bombas a una planta de tratamiento.

Asimismo en el Cuadro 9, muestran que el 80% de los entrevistados manifiestan que existe una problemática ambiental ocasionada por las aguas residuales sin tratamiento en el contexto del estado Barinas. En este particular Castillo y Méndez (2018) exponen que las masas receptoras de estos residuos, es decir, los ríos, corrientes subterráneas, lagos, estuarios y el mar, en un sin número de ocasiones con especial mención en las zonas más densas pobladas y desarrolladas

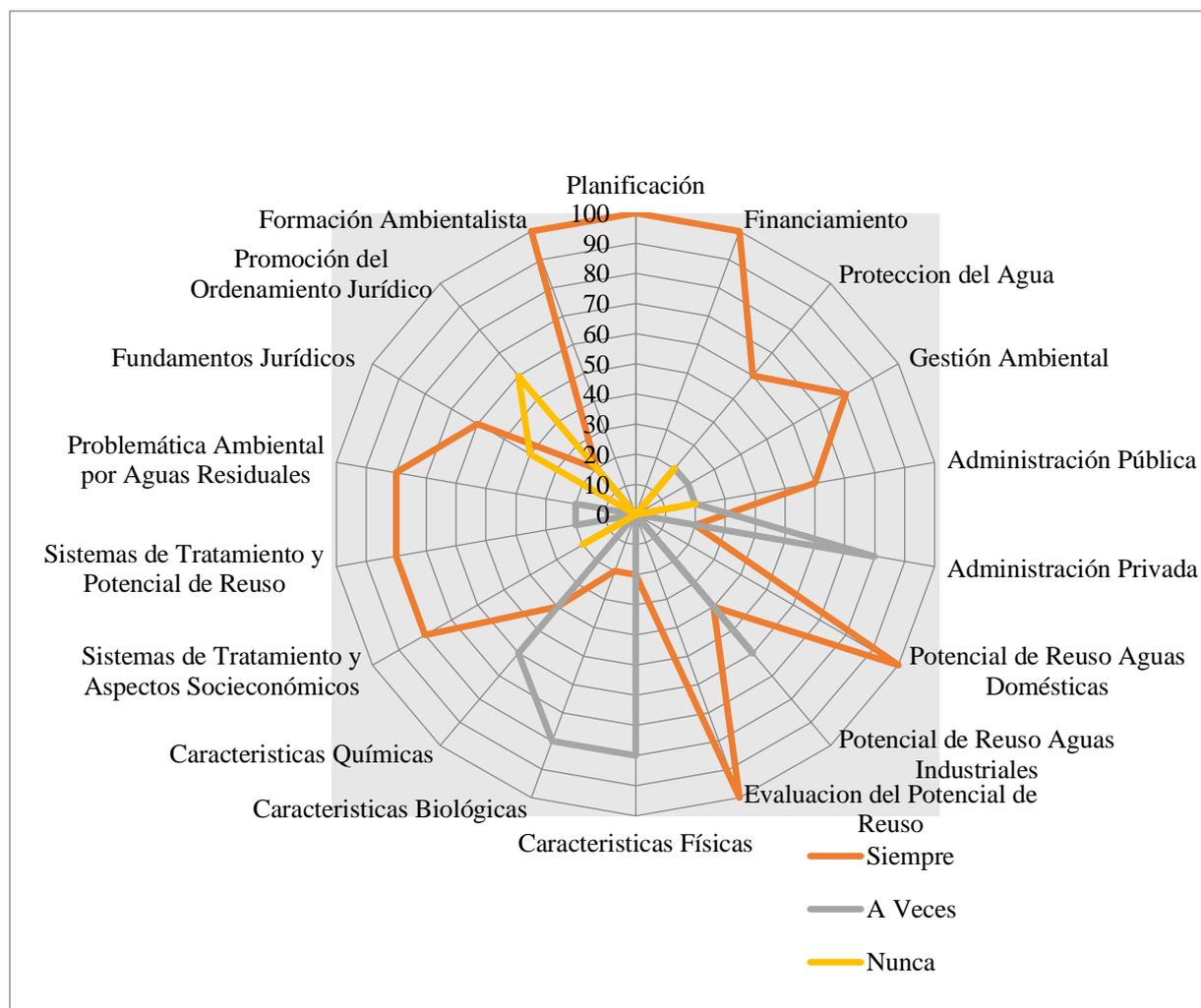
de Venezuela han sido incapaces por si mismas de absorber y neutralizar el impactos en sus respectivos ecosistemas, ya que ellos contienen, generalmente, cantidades apreciables de compuestos extraños que son ofensivos.

En el Cuadro 9, se muestra que los entrevistados manifiestan que existen fundamentos jurídicos en relación a la gestión sustentable de las aguas residuales. Sin embargo solo 60% coincide en que siempre el estado venezolano realiza actividades para el conocimiento del ordenamiento jurídico relacionado con la gestión sustentable del agua residual.

También en el Cuadro 9, se evidencia que el 100% afirman que siempre se debería implementar la formación ambientalista respecto al reuso del agua residual en el contexto del Estado Barinas.

Para Castillo (2020) es necesario señalar que la salud pública depende del acceso al agua potable y del saneamiento ambiental. Contaminar las fuentes de agua superficial y subterránea y el medio ambiente con aguas residuales sin tratamiento, solo trae enfermedad y muerte. Eliminar los vertidos de aguas residuales sin control y tratar de la mejor manera el medio ambiente y comunidades es una tarea urgente e impostergable.

En el Gráfico 1, se consolidan los resultados obtenidos y se contrastan las respuestas de aplicar el cuestionario a los entrevistados, se puede apreciar que existe uniformidad en cuanto a los deducciones conseguidas, lo que indica la fiabilidad de los resultados; por otra parte, se destaca que según los entrevistados los principales problemas residen en los sistemas de tratamiento, lo cual constituye el elemento principal para garantizar la gestión sustentable de las aguas residuales en el enclave geográfico objeto de estudio.



**Gráfico 1.** Representación espacial de los resultados obtenidos para las variables gestión sustentable y aguas residuales.

Fuente: Elaboración propia (2023).

Es importante destacar, que en la apreciación de los entrevistados, la disposición inadecuada de las aguas residuales, así como el manejo incorrecto de los sistemas de tratamiento influyen en la contaminación de los cuerpos de agua, el cual es otro problema que se debe atacar, así como el no considerar la variable socioeconómica al proyectar estos sistemas.

En todos estos ámbitos, el componente de la participación juega un papel importante, de hecho, los entrevistados manifiestan la falta de organización y responsabilidad comunitaria por parte de los diferentes actores, en los miembros de los consejos comunales; así como, en la

integración estado-comunidad, comunidad-organismos públicos, entre otros.

Además, se detecta la necesidad de promover la participación comunitaria en actividades de sensibilización, fortaleciendo y educando para el trabajo grupal, la responsabilidad colectiva a través de talleres, charlas y carteleras informativas, que entre otras estrategias, permitan contrarrestar la indiferencia de los ciudadanos hacia la gestión sustentable de las aguas residuales, para de esta manera, neutralizar las consecuencias de la disposición inadecuada de las aguas residuales en los cuerpos de agua.

Por último de las observaciones realizadas a los sistemas de tratamiento ubicados en el municipio Barinas del estado Barinas, de acuerdo al Inventario de los sistemas de tratamiento de aguas residuales y efluentes del municipio Barinas estado Barinas suministrado por la Coordinación de Gestión de Riesgos Ambientales, se constató que están operativos solo 19% de los sistemas de tratamiento de aguas residuales, los cuales la mayoría son de administración privada.

Por otra parte, los administrados por la alcaldía han sido abandonados y en el peor de los casos desmantelados y las aguas residuales son descargadas a los cuerpos de agua sin ningún tipo de tratamiento. Sin embargo, la planta de tratamiento de la Ciudad de Barinas operada por Hidroandes, empresa del estado venezolano, continua operativa.

## **Postura Personal**

# **MODELO TEÓRICO PARA LA GESTIÓN SUSTENTABLE DE LAS AGUAS RESIDUALES**

### **Presentación**

La formulación de un modelo teórico, como visión para la gestión sustentable de las aguas residuales, significa una alternativa útil y es pertinente para responder desde la universidad a las necesidades locales, regionales y nacionales en los diversos ámbitos del quehacer humano al saneamiento.

En esta idea, Guevara (2017) explica que es preciso que las instituciones actúen en coordinación con las políticas públicas y sus entes centralizados y descentralizados para que puedan emerger resultados eficaces a mediano y largo plazo en cuanto al crecimiento económico, aumento de la conservación del ambiente, la biodiversidad y apertura de nuevos espacios para la participación ciudadana, que combinadas con actividades responsables salvaguardaran la vida planetaria.

En tal sentido, el saneamiento puede considerarse como el mayor de los retos del siglo XXI, ya bastante se ha documentado que en el contexto empírico del municipio Barinas estado Barinas carecen de instalaciones operativas para el tratamiento del agua residual, lo que trae como consecuencia enfermedad y muerte.

El conocimiento de la naturaleza de las aguas residuales desde la postura filosófica del razonamiento deductivo afianzada en la evidencia empírica y con visión transdisciplinaria, permite establecer los fundamentos de un modelo teórico para la gestión sustentable de las aguas residuales en tres dimensiones: Origen de las Aguas Residuales, Tratamiento de la Aguas Residuales y Disposición o Reuso de las Aguas Residuales.

Ante esta nueva realidad es necesario plantear la utilización de modelos que permitan redescubrir nuevas formas de gestión sustentables de las aguas residuales, para hacer compatible la calidad de vida con el cuidado del planeta.

En ese marco de referencia, se tiene que un modelo teórico para la gestión sustentable de las aguas residuales, parte del razonamiento deductivo junto con la transdisciplinariedad de los entrevistados, cuando se discute la naturaleza misma del problema, la transdisciplinariedad permitió determinar los problemas más relevantes y dar respuesta a la causa de los problemas actuales y su desarrollo futuro (conocimiento del sistema). Además de definir la episteme y el marco legal que se puede usar para establecer los objetivos del proceso de resolución de problemas (conocimiento objetivo) y finalmente dar respuesta a una situación problemática que puede transformarse y mejorarse (conocimiento de transformación).

El modelo teórico para la gestión sustentable de las aguas residuales, de acuerdo a lo planteado por la ONU (2019) para una gestión integral se deben responder las siguientes preguntas: ¿Para qué se logran los resultados? ¿Qué resultados se alcanzarán? ¿Cómo? ¿Quién? Y ¿Con qué?, por ello se seleccionó la Metodología de Marco Lógico (MML) para dar respuesta a estas interrogantes y así proponer la aplicación de un programa para la vigilancia y control sanitario de las aguas residuales desde la perspectiva del desarrollo sustentable.

### **Justificación**

El porqué del modelo teórico para la gestión sustentable de las aguas residuales responde a la necesidad de transformar la situación actual de descarga de las aguas residuales sin ningún tipo de tratamiento al ambiente, en particular en el contexto empírico del municipio Barinas estado Barinas, lo cual ocasiona procesos de deterioro y perturbación al ambiente, derivados de la aplicación de un modelo inadecuado de desarrollo basado en la dominación, la explotación y el desequilibrio, y es el saneamiento básico el comienzo para alcanzar el tan anhelado desarrollo sustentable.

En cuanto al para qué de un modelo teórico para la gestión sustentable de las aguas residuales, éste se realiza con la finalidad de

aportar datos empíricos y actividades dirigidas a explicar y predecir los resultados de propuestas para el saneamiento básico.

Otra razón que justifica la realización de un modelo teórico para la gestión sustentable de las aguas residuales, radica en la escasez de investigaciones realizadas sobre la aplicación de las premisas del desarrollo sustentable en el saneamiento básico.

Ante esta situación de poca producción de investigaciones científicas en el campo del saneamiento básico sustentable se aspira que este modelo cumpla con los criterios señalados por Ramírez (1999): relevancia científica, relevancia social y relevancia contemporánea.

Relevancia científica: porque se formula un modelo teórico dirigido a explicar y predecir el éxito en la evaluación y operación de sistemas de tratamiento de aguas residuales. También, significa un claro ejemplo de la aplicación del desarrollo sustentable al saneamiento básico.

Relevancia social: por cuanto el modelo teórico para la gestión sustentable de las aguas residuales podrá ser utilizado para evaluar sistemas de tratamiento de aguas residuales, además de que incluye una Matriz de Indicadores para Resultados (MIR) para el programa de vigilancia y control sanitario de aguas residuales del Ministerio del Poder Popular para la Salud, con una serie de parámetros que puedan ser empleados en forma rápida y sencilla para medir a través del uso de indicadores el impacto en su aplicación.

Relevancia contemporánea: debido a que el hecho del saneamiento básico, forma parte de la sociedad actual. El desarrollo sustentable, es decir, lo relativo a la situación ambiental y el riesgo al futuro del patrimonio mundial y el de la propia sociedad marcada por graves problemas ecológicos como la deforestación, el deterioro de los suelos, la emisión descontrolada de partículas y gases, la inadecuada disposición de desechos sólidos, la contaminación de cuerpos agua y la pérdida acelerada de la biodiversidad y asimetrías sociales estructurales se asocian de manera íntima, siendo indispensables para el desarrollo de la humanidad.

## **Fundamentación Teórica**

El modelo teórico para la gestión sustentable de las aguas residuales, bajo las posturas filosóficas del razonamiento deductivo y la transdisciplinariedad, como aporte para dilucidar la incertidumbre producida en este escenario, a la vez tiene por objetivo impulsar el ODS 6 Garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos.

Desde el concepto filosófico, el razonamiento deductivo parte de una regla general hasta lo particular y se propone demostrar la veracidad de las proposiciones a las que se llegaron por deducción, centrándose en el análisis de los principios del razonamiento que son independientes del contenido sobre el que se razona y que permiten alcanzar un razonamiento formalmente válido (Díaz, Espeleta, Zapata, Cortina, Zambrano, Fernández, 2010).

Así el racionalismo deductivo proclama la necesidad de plantear problemas a partir de los cuales sugerir hipótesis alternativas, con el propósito de explicar las observaciones que se obtienen de los fenómenos estudiados (Hernández Chanto, 2008). De acuerdo con lo anterior, cada fenómeno se estudia a partir de la identificación de un problema que da origen a una teoría, la cual luego debe contrastarse con la evidencia empírica.

En unión con la transdisciplinariedad definida por Nicolescu (2002) a través de tres postulados metodológicos: la existencia de niveles de realidad, la lógica del tercero incluido y la complejidad. En presencia de varios niveles de realidad, el espacio entre disciplinas y más allá de las disciplinas está lleno de información. La transdisciplinariedad ocurre cuando dos o más disciplinas son combinadas utilizando metodologías de una disciplina en la otra y viceversa o creando metodologías abarcadoras e integradoras.

La formulación del problema desde la transdisciplinariedad a partir del conocimiento del sistema, es decir, el diagnóstico de la situación actual desde la visión de diferentes entrevistados con un enfoque

integrador y en el contexto con todos los sujetos-objetos involucrados con sus saberes espirituales, ancestrales, artísticos, ideas, emociones, experiencias, valores, culturas, teorías y metodologías.

Luego establecer los objetivos del proceso de resolución de problemas (conocimiento objetivo) a través de la episteme o estado del arte de la situación objeto de estudio (antecedentes, marco referencial y legal). Por último, establecer cómo una situación problemática puede transformarse y mejorarse (conocimiento de transformación), a través de la propuesta de un modelo y con ellos pensar y construir las respuestas de la académica y los no académicos sin reduccionismos, a los cada vez más acuciosos desafíos sociales.

El razonamiento deductivo junto con la transdisciplinariedad, reflejan el nivel más completo de colaboración en la investigación científica (académica y no académica) (Zurro, 2020). Contemplar los desafíos complejos y globales, motiva a la academia a encontrar nuevas vías para la producción de conocimientos orientados a encontrar soluciones (Estrada y Estrada, 2020). La transdisciplinariedad busca el desarrollo de conocimientos científicos, significados culturales y políticas sociales que respondan a los complejos problemas de nuestros tiempos (St. Onge, 2017).

Desde estas posturas filosóficas se indaga sobre la realidad existente en relación a la gestión de las aguas residuales y su articulación con las políticas del estado venezolano en cuanto a su recolección, tratamiento y disposición final, entre otros aspectos de interés. Es por esto que la propuesta surge luego de un profundo diagnóstico que permitió verificar la situación existente y presentar una nueva dimensión: la vulnerabilidad de los sistemas de tratamiento de aguas residuales y por último consolidar una matriz de indicadores para resultados, para definir un programa para la vigilancia y control sanitario de las aguas residuales.

Bajo estos planteamientos, se expone un conjunto estructurado de componentes y actividades, que están conceptualizados para que se

integren al Programa para la Vigilancia y Control Sanitario de Aguas Residuales del Ministerio del Poder Popular para la Salud (ver Figura 8).

El modelo teórico para la gestión sustentable de las aguas residuales, pretende desarrollar en líneas generales el fin, propósito, componentes y actividades que se deben desarrollar, destaca la capacitación para fomentar la participación comunidad-institución, y resaltante la educación para la vida como un continuo de manera integral, en correspondencia a cada realidad social, incluyendo principalmente la formación a partir del aprendizaje significativo, y fomentar los valores para la independencia, la integralidad, pertinencia socioproductiva y la transdisciplinariedad, donde se promueva el desarrollo sustentable.

El modelo teórico para la gestión sustentable de las aguas residuales es un sistema de gestión integrado por un conjunto de factores estructurados mediante normas, procedimientos y actuaciones que permite la materialización de las políticas, los objetivos y las metas a través de una participación activa en relación con la tecnología y los procesos.

El objetivo final es contribuir a mejorar el acceso de los servicios de recolección, conducción, tratamiento y reuso de aguas residuales y efluentes, mediante acciones para la evaluación, revisión, capacitación, asesorías e inspección de proyectos de sistemas de tratamiento de aguas residuales y efluentes, en una visión de desarrollo sustentable.

Existe la afirmación que un modelo teórico, en tanto, estudio del conocimiento o explicación de la realidad, es un producto importante si sus proposiciones exponen de forma pormenorizada, evidente y realizable los elementos estructurales y funcionales de la realidad que se ha abordado para hacerla conocer. Tal postura, se refiere claramente a la apreciación humana por razón del hecho reflexivo y deliberado para razonar las cualidades del fenómeno que se observa.

Al respecto, el modelo teórico para la gestión sustentable de las aguas residuales, bajo las posturas filosóficas del razonamiento deductivo y la transdisciplinariedad que conllevan a un proceso transicional

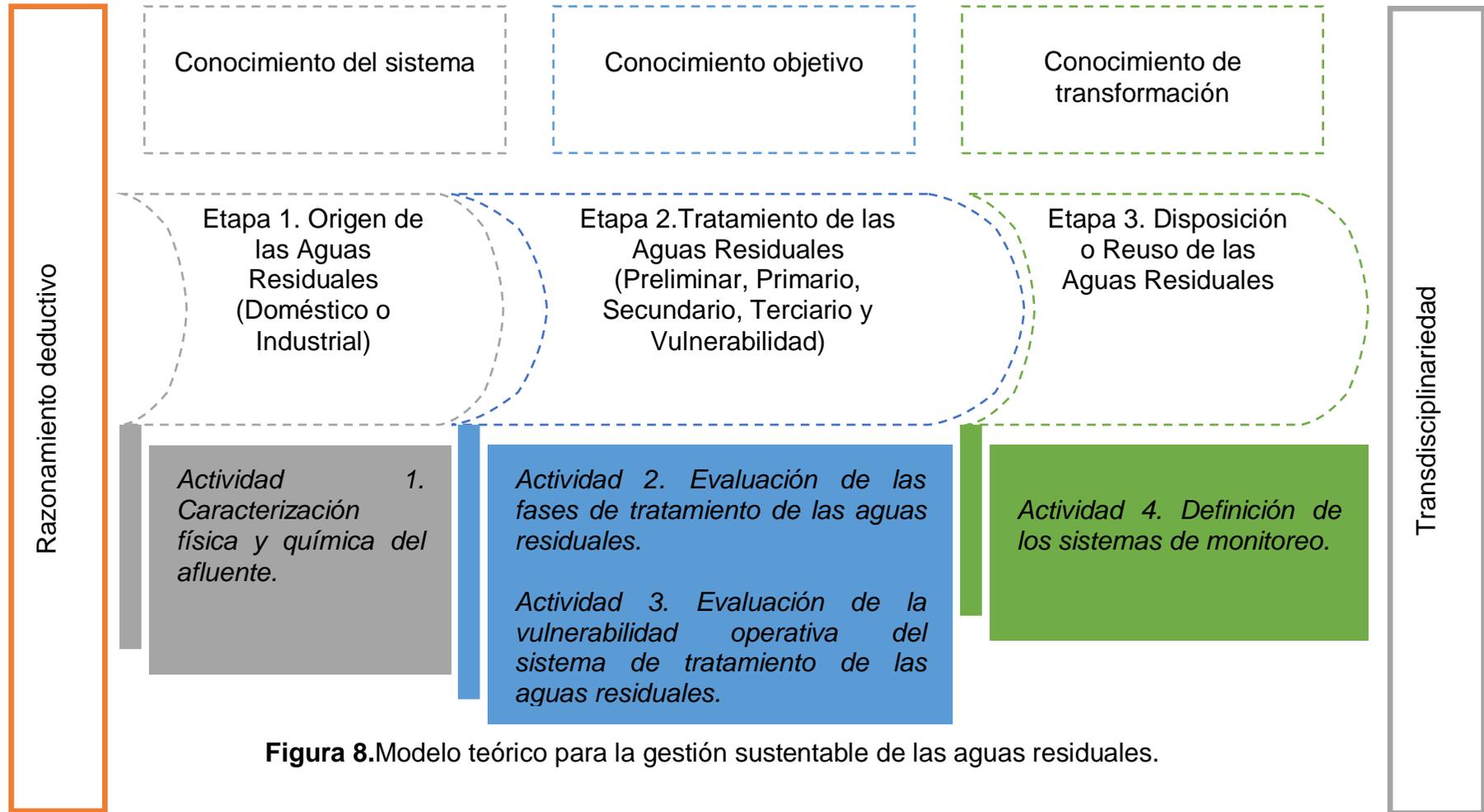
transformador, dispuesto a contribuir a las premisas del desarrollo sustentable, está formado por tres etapas consecutivas de evaluación, las cuales a su vez están compuestas por un conjunto de actividades, que se exponen a continuación.

Etapa1. Origen (doméstico o industrial). *Actividad 1. Caracterización física y química del afluente.*

Etapa2. Tratamiento (preliminar, primario, secundario, terciario y la vulnerabilidad). *Actividad 2. Evaluación de las fases de tratamiento de las aguas residuales. Actividad 3. Evaluación de la vulnerabilidad operativa del tratamiento de las aguas residuales.*

Etapa 3. Disposición y/o reuso. *Actividad 4. Definición de los sistemas de monitoreo.*

Se han conceptualizado tres etapas como dimensiones claves que permiten dar respuesta a la problemática del saneamiento, como se resumen en la Figura 8.



**Figura 8.** Modelo teórico para la gestión sustentable de las aguas residuales.

Fuente: Elaboración propia (2023).

Enseguida, se describen las etapas que permiten la implementación del modelo teórico para la gestión sustentable de las aguas residuales y las actividades que la componen, con las herramientas recomendadas para su ejecución.

### **Etapa 1. Origen de las aguas residuales (doméstico o industrial).**

En esta etapa se identifica la naturaleza del afluente, la UNESCO (2012) afirma que las aguas residuales domésticas son aguas evacuada por una comunidad después de haber sido contaminada por diversos usos y que contiene residuos, es decir, materia líquida o sólida. Las aguas residuales pueden ser una combinación de líquidos o agua cargada de residuos domésticos, municipales e industriales, que están mezclados con aguas subterráneas, superficiales y de tormenta.

Las aguas residuales domesticas pueden ser definidas como los vertidos o desechos líquidos que se generan de la actividad diaria en los hogares como la limpieza, aseo personal y de la vivienda, lavandería, la cocina, entre otros, y que luego de su uso son conducidas por sistemas de recolección hasta los sistema de tratamiento para su disposición final y/o reuso.

#### *Actividad 1. Caracterización física y química del afluente.*

En esta actividad se procede a caracterizar el efluente líquido, a través de parámetros tales como sólidos suspendidos y totales, demanda bioquímica de oxígeno a los cinco días ( $DBO_5$ ), y la demanda química de oxígeno (DQO), pH, oxígeno disuelto, conductividad eléctrica, temperatura, entre otros, los cuales permiten definir el sistema de tratamiento y sus etapas necesarias para estabilizar la carga orgánica y los sólidos presentes en el afluente.

### **Etapa 2. Tratamiento de las Aguas Residuales.**

En esta etapa se realiza la evaluación del sistema de tratamiento de las aguas residuales, el cual se puede definir como un proceso por el cual

los sólidos son separados del líquido sobrenadante mediante sedimentación por gravedad o tratamiento químico, por retención hidráulica, descomposición aerobia y anaerobia, estabilización de lodos y desinfección.

*Actividad 2. Evaluación de las fases de tratamiento de las aguas residuales.*

Se procede a evaluar el sistema de tratamiento como una totalidad, considerando las partes necesarias para garantizar la adecuación del afluente. En primer lugar, se tiene la fase preliminar para la retención de sólidos de gran tamaño.

Luego en la fase primaria ocurre la retención de los sólidos sedimentables. En la fase secundaria es donde se estabiliza la carga orgánica, y finalmente en la fase terciaria se estabiliza la carga microbiológica por desinfección.

Actualmente los sistemas de tratamiento de aguas residuales no toman en cuenta la dimensión vulnerabilidad del sistema donde será implantado, es decir, si las fases de tratamiento requiere para su funcionamiento de equipos mecánicos, estos deben ser custodiados para evitar su robo y garantizar su funcionamiento, y de allí la problemática actual de desmantelamiento de los sistemas de tratamiento y que se encuentren inoperativos, razón deductiva que conlleva a que no se garantice el saneamiento, apoyada en la evidencia empírica.

*Actividad 3. Evaluación de la vulnerabilidad operativa del sistema tratamiento de las aguas residuales.*

De acuerdo a las consideraciones realizadas y según la experiencia de los expertos consultados, como son los analistas de proyectos de sistemas de tratamientos de aguas residuales del Ministerio del Poder Popular para la Salud y Ministerio del Poder Popular para el Ecosocialismo, e Hidroandes, se concluye que si a la autorización sanitaria de los sistemas de tratamiento se incluye la vulnerabilidad, permitirá consolidar avances progresivos en el saneamiento y la consolidación de proyectos que consideren estas condiciones.

La vulnerabilidad operativa de los sistemas de tratamiento de las aguas residuales, consiste en la evaluación de los componentes eléctricos y mecánicos necesarios para la operatividad del sistema, así como de la integridad de los materiales de construcción.

En esta actividad es necesario establecer características de diseño y operación que garanticen la funcionalidad del sistema, con especial inclinación a los diseños hidráulicos y no mecánicos.

### **Etapas 3. Disposición o reuso de las aguas residuales.**

En esta etapa se indica el sitio de descarga de efluente tratado. Actualmente esta actividad es realizada por el Ministerio del Poder Popular para el Ecosocialismo, previa aprobación sanitaria del sistema de tratamiento por el Ministerio del Poder Popular para la Salud.

#### *Actividad 4. Definición de los sistemas de monitoreo.*

Una vez identificadas las fases de control, se procede a establecer un sistema de monitoreo del proceso. Bajo estas consideraciones, se proponen indicadores de gestión para el programa de control sanitario de aguas residuales del Ministerio del Poder Popular para la Salud, con la aplicación de la Matriz de Indicadores para Resultados (MIR), la cual es una herramienta de planeación que identifica en forma resumida los objetivos de un programa, incorpora los indicadores de resultados y gestión que miden dichos objetivos; especifica los medios para obtener y verificar la información de los indicadores, e incluye los riesgos y contingencias que pueden afectar el desempeño del programa.

De allí pues, se tiene que un indicador según la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE, 2002) es una medida que permite ir observando el parámetro de avance en el cumplimiento de objetivos y metas que proporciona un medio sencillo y fiable para medir logros, reflejar los cambios vinculados con una intervención o ayudar a evaluar los resultados de un organismo de desarrollo, lo cual en términos generales un indicador es la medida cuantitativa o la observación cualitativa que permite identificar cambios en el tiempo y cuyo propósito

es determinar qué tan bien está funcionando un sistema, dando la voz de alarma sobre la existencia de un problema y permitiendo tomar medidas para solucionarlo, una vez se tenga claridad sobre las causas que lo generaron.

Uno de los grandes dilemas en la aplicación de un programa, es justamente la evaluación de los resultados, muchas ONG, fundaciones y entes gubernamentales trabajan y desarrollan programas en base a las necesidades que observan a través de indicadores. Las políticas públicas su efectividad se basa en cambiar una necesidad visible por una solución, pero su efecto debe ser cuantificable.

A partir de esta construcción epistémica se establece la Matriz de Indicadores para Resultados (MIR) del Programa para la Vigilancia y Control Sanitario de Aguas Residuales del Ministerio del Poder Popular para la Salud, la cual es una herramienta de planeación que identifica en forma resumida los objetivos de un programa, incorpora los indicadores de resultados y gestión que miden dichos objetivos; especifica los medios para obtener y verificar la información de los indicadores, e incluye los riesgos y contingencias que pueden afectar el desempeño del programa.

A continuación se definen cada una de las actividades a desarrollar:

Inspecciones ocular para verificar las condiciones de construcción, operación, mantenimiento, funcionamiento, y descarga de los sistemas de tratamiento de aguas residuales y efluentes.

Asesoramiento que orientan a particulares, miembros de instituciones públicas y privadas que requieran orientación, cooperación, capacitación, adiestramiento en proyectos, reparación, reforma, mantenimiento y construcción de sistemas de tratamiento de aguas residuales.

Procedimientos de mejoras documento escrito resultante de la revisión del proyecto de sistema de tratamiento de aguas residuales y efluentes, de inspecciones sanitarias al sistema, realizados rutinariamente que prevengan riesgos a la salud y garantizar el cumplimiento de la

Norma Sanitaria en lo relativo a proyecto, construcción, operaciones, mantenimiento, descarga, uso y vulnerabilidad a través de la evaluación de sistemas de tratamiento de aguas residuales.

Autorizaciones Sanitarias de proyectos, operación, y reuso de las aguas residuales siguiendo los requisitos técnicos establecidos en las normas legales vigentes.

Capacitaciones desde un enfoque transformador que busque concretar acciones y cambios positivos, no solo debe limitarse a sensibilizar, sino a informar e involucrar la participación de los diferentes actores en la resolución de la problemática ocasionada por las aguas residuales. Por tal motivo, es necesario originar conductas pro ambientales, auto reflexionar sobre la conducta y hasta cambio en estilos de vida para impactar realmente en el manejo de las aguas residuales.

Lo expuesto en párrafos anteriores, se consolidó en el Cuadro 10 mediante una Matriz de Indicadores para Resultados (MIR), la cual se tomó como línea de base para el diseño de indicadores, lo cual fue posible a partir de la implementación de la Metodología de Marco Lógico (MML).

Cuadro 1. Matriz de Indicadores para Resultados (MIR) del Programa para la Vigilancia y Control Sanitario de Aguas Residuales.

	Resumen narrativo	Indicadores	Medios de verificación	Supuestos
<b>Fin</b>	Contribuir a mejorar el acceso de los servicios de recolección, conducción, tratamiento y reuso de aguas residuales y efluentes de la población del Estado Barinas mediante acciones para la evaluación, revisión, capacitación, asesorías e inspección de proyectos de sistemas de tratamiento de aguas residuales y efluentes.	<b>%Revisión de proyectos STARE</b> $= \frac{\text{Número de solicitudes de revisión de proyectos recibidas mensual}}{\text{Número de solicitudes de revisión de proyectos respondidas mensual}} \times 100$	Informes fotográficos. Informes sanitarios. Libro de registro de denuncias. Libro de revisión de proyectos. Libro de control de certificados de capacitaciones.	-Recursos tecnológicos: Computadora, proyector, impresora, acceso a internet, papelería.
<b>Propósito</b>	Garantizar condiciones sanitarias adecuadas en el ambiente urbano y rural mediante el control sanitario de las aguas residuales y efluentes. La salud pública depende del acceso al agua potable y del saneamiento. Contaminar las fuentes de agua superficial y subterránea y el medio ambiente con aguas residuales sin tratamiento, pone la vida de todos en peligro, especialmente en las comunidades más desfavorecidas. Reducir los vertidos de aguas residuales sin control y tratar de la mejor manera el medio ambiente y comunidades es una tarea impostergable.	<b>%Capacitacion STARE</b> $= \frac{\text{Número de solicitudes de capacitaciones de recibidas mensual}}{\text{Número de solicitudes de capacitaciones respondidas mensual}} \times 100$		-Vehículo disponible en la Dirección de Salud Ambiental para el cumplimiento de las actividades.
<b>Componentes</b>	Procedimientos de mejoras. Informes de inspección sanitaria. Hoja de observación de revisión de proyectos de sistemas de tratamiento de aguas residuales y efluentes (STARE). Cursos de capacitación. Asesorías a particulares, instituciones, entre otros. Atención de denuncias.	<b>%Inspecciones Sanitarias STARE</b> $= \frac{\text{Número de inspecciones sanitarias realizadas mensual}}{\text{Número de inspecciones sanitarias programadas mensual}} \times 100$		
<b>Actividades</b>	Atender las solicitudes para el otorgamiento de la autorización sanitaria de proyectos (STARE) (Tratamiento: preliminar, primario, secundario, terciario y vulnerabilidad). Atender las asesorías a particulares, organismos, entre otros de STARE. Capacitaciones mediante cursos, talleres, foros, seminarios, entre otros de STARE. Inspección sanitaria a STARE.	<b>%Denuncias STARE</b> $= \frac{\text{Número de solicitudes de denuncias recibidas mensual}}{\text{Número de solicitudes de denuncias respondidas mensual}} \times 100$		

Fuente: Elaboración propia (2023).

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES**

El objetivo planteado en la presente investigación es Desarrollar un modelo teórico para la gestión sustentable de las aguas residuales en el contexto empírico del municipio Barinas estado Barinas.

Producto de los objetivos planteados y de los resultados obtenidos se tienen las siguientes conclusiones:

Para determinar la situación actual de las aguas residuales en el contexto empírico del municipio Barinas estado Barinas, se utilizó la técnica de la entrevista con un cuestionario estructurado, además de la consulta a los entes responsables de la recolección, tratamiento y disposición final de las aguas residuales. De allí se comprobó que no existe un modelo para el control y seguimiento de actividades que permitan consolidar una efectiva gestión sustentable.

Para comprender los elementos de la gestión sustentable de las aguas residuales, sin lugar a dudas, fue la intención de la construcción del andamiaje ontológico y epistemológico, el cual permitió el conocimiento del sistema desde la transdisciplinariedad y establecer las dimensiones que permiten develar las causas de la problemática del saneamiento y reconocer la dimensión de la vulnerabilidad de los sistemas de tratamiento de aguas residuales.

Luego para examinar los paradigmas para el manejo de las aguas residuales y su relación desde la perspectiva del desarrollo sustentable, se realizó la revisión documental y así consolidar el estado del arte, además de definir las premisas de un modelo de gestión sustentable para las aguas residuales.

Al examinar el marco institucional, los fundamentos jurídicos, y el soporte de políticas públicas, vinculantes con el modelo teórico, se diseñó la pirámide de Kelsen que se incluye en este trabajo, y que es el conocimiento objetivo transdisciplinar.

En cuanto al diseño del modelo de gestión sustentable de las aguas residuales en el contexto del municipio Barinas estado Barinas, se definió una

nueva dimensión la vulnerabilidad para la evaluación de los sistemas de tratamiento y se establecieron los elementos necesarios para diseñar la Matriz de Indicadores para Resultados (MIR) de un programa de vigilancia y control sanitario de aguas residuales para el Ministerio del Poder Popular para la Salud, con lo cual se espera en el corto, mediano y largo plazo, con un tiempo máximo del 2025, en el que se espera que la aplicación de esta nueva dimensión permita lograr con éxito el saneamiento para todos.

Finalmente, se definen cada una de las actividades objeto de medición en la Matriz de Indicadores para Resultados (MIR) del programa de vigilancia y control sanitario de aguas residuales para el Ministerio del Poder Popular para la Salud.

### **Aportaciones**

En este apartado se hace referencia a los productos intelectuales realizados durante el periodo de investigación sobre la gestión sustentable de las aguas residuales. En primer lugar, se presenta un breve resumen de los artículos publicados y en fase de publicación en revistas científicas.

Artículos de revistas científicas:

Castillo M. Evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales en la Ciudad de Barinas, publicado el 21.05.2020 en el ejemplar Vol. 3 N° 1 (2020) de la Revista (AMBIENTELLANÍA), cuyo link está disponible en: <http://revistas.unellez.edu.ve/index.php/ambientellania/article/view/885>.

Castillo M. Aproximación ontológica a la gestión sustentable de las aguas residuales, publicado en el Volumen 6 N° 2, Julio-Diciembre Año 2020 de la Revista Politécnica y Territorial, cuyo link está disponible en: <https://revistapt.edublogs.org/2020/12/16/vol-6-nro-2-2020/>

Castillo M. Evaluación de un humedal artificial en el tratamiento de aguas residuales agroindustriales, el cual fue arbitrado y aprobado para su publicación en el Volumen 2, N°1(2021) de la Revista Palenque Universitario, cuyo link está disponible en: <http://revistas.unellez.edu.ve/index.php/rpalenque/article/view/1691>

Castillo M. Planificación ambiental en Venezuela: Un derecho constitucional, el cual fue arbitrado y aprobado para su publicación en las

Memorias de la Jornada Internacional para la Sustentabilidad Ambiental en el Marco del Día Mundial del Voluntario y el Ciudadano Ambiental 2020, cuyo link está disponible en: [http://libreria.unellez.edu.ve/wp-content/uploads/2022/05/Memorias-Jornadas-de-Sustentabilidad-Ambiental\\_Version-Final09042022.pdf](http://libreria.unellez.edu.ve/wp-content/uploads/2022/05/Memorias-Jornadas-de-Sustentabilidad-Ambiental_Version-Final09042022.pdf)

Ponencias en eventos internacionales y nacionales:

2do. Congreso; Conocimiento y manejo de la biodiversidad venezolana. Barinas 11 al 13 de Diciembre de 2019, con la ponencia titulada: Políticas Ambientales y Sanitarias del Recurso Hídrico (Agua) y sus Implicaciones en la Protección de la Biodiversidad.

Jornada Internacional para la Sustentabilidad Ambiental, Portuguesa 8 y 9 de Diciembre de 2020, con la ponencia titulada: Planificación ambiental en Venezuela: Un derecho constitucional.

Jornada Científica Nacional Cultura Ambiental Sustentable, Barinas 10 y 11 de Marzo de 2021, con la ponencia titulada: Aproximación ontológica a la gestión sustentable de las aguas residuales.

I Congreso Internacional y II Congreso Nacional de Investigación en Productos Naturales, Barinas 09, 10 y 11 de Febrero de 2022, con la ponencia titulada: Evaluación de un humedal artificial en el tratamiento de aguas residuales agroindustriales.

I Congreso Internacional y II Congreso Nacional de Investigación en Productos Naturales, Barinas 09, 10 y 11 de Febrero de 2022 (Poster científico) con la ponencia en la modalidad de poster virtual titulada: Evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales en la Ciudad de Barinas.

## BIBLIOGRAFÍA

- Alvarez, I. (2019). *Determinantes sociales de la salud mental*. [Documento en línea]. Recuperado de: [http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/108662/secme-25780\\_1.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/108662/secme-25780_1.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Amanquez, C. (2020). *Objetivos de Desarrollo Sostenible. Red Internacional Promotores ODS. Foro Chat «Situación de los ODS del Eje Ambiente, y los Derechos Humanos vinculados, en el contexto de Venezuela y la Región de ALC»*. Agosto 4, 2020.
- Aragón, C. (2009). *Optimización del proceso de lodos activos para reducir la generación de fangos residuales* [Tesis Doctoral]. Universidad de Cádiz, España.
- Arias, F. (2006). *El proyecto de investigación: Introducción a la metodología*. (5ª ed.). Caracas: Editorial Espíteme.
- Arias, F. (2018). *Editorial: Diferencia entre teoría, aproximación teórica, constructo y modelo teórico*. Revista Electrónica Actividad Física y Ciencias 10 (2).
- Banco Interamericano de Desarrollo. Oficina de Evaluación y Supervisión. *Matriz de Marco Lógico una Herramienta de Formulación de Proyectos*. [En línea]: <http://www.iadb.org/ove/spbook/lamatriz.htm#TOP>
- Bastidas, R. (2003). *Salud y Ambiente*. (2ª ed.). Mérida: Talleres Gráficos Universitarios.
- Bunge, M. (1985). *Investigación científica*. Barcelona: Ariel.
- Cañizales, M. y Martín, M. (2016). *Procedimiento para cuantificar los costos de las actividades ambientales en la gestión de sostenibilidad del recurso agua potable*. [Revista en línea]. Recuperado de: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2073-60612016000200009](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2073-60612016000200009) [Consulta: noviembre 01, 2021].
- Carballo, N. Granadillo, D. Jaimes, E. y Mendoza, J. (2014). *Leyes Ambientales en Venezuela. Una Reflexión Necesaria*. [Documento en línea]. Recuperado de: <http://www.postgradovipi.50webs.com> [Consulta: junio 12, 2021].
- Castillo, M. (2020). *Evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales en la Ciudad de Barinas*. *Revista Ambientellanía*, 3 (1), 11-20.
- Castillo, M. y Méndez, N. (2018). *Manejo de aguas residuales en el Matadero Waryna C.A. Barinas Venezuela*. *Revista Ambientellanía*, 1(2), 9-18
- 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:  
[www.un.org/sustainabledevelopment/es](http://www.un.org/sustainabledevelopment/es)

Comisión Económica para América Latina y el Caribe CEPAL (2018). *Segundo informe anual sobre el progreso y los desafíos regionales de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible en América Latina y el Caribe (LC/FDS.2/3/Rev.1), Santiago, 2018.* Recuperado de:  
<https://www.cepal.org/es/publicaciones/43415-segundo-informe-anual-progreso-desafios-regionales-la-agenda-2030-desarrollo>

Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL). (2013). *Manual para el Diseño y la Construcción de Indicadores. Instrumentos principales para el Monitoreo de Programas Sociales de México* (1° ed.). México: El Autor.

Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL). *Matriz Indicadores de Resultados.* [En línea]. Recuperado de:  
<https://www.coneval.org.mx/coordinacion/Paginas/monitoreo/mir/mir.aspx>

Coordinación de Gestión de Riesgos Ambientales (2020). *Inventario de los Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales y Efluentes del municipio Barinas estado Barinas.* Barinas: Autor.

Crites, R. Tchobanoglous, G. Camargo, M. Pardo, L. y Mejía, G. (2000). *Sistemas de manejo de aguas residuales. Tomo I, II y III.* Colombia: McGraw-Hill.

Departamento de Sanidad del Estado de Nueva York (1996). *Manual de Aguas Negras.* México: Editorial Limusa.

Díaz I., Espeleta F.; Zapata E.; Cortina L.; Zambrano E.; Fernández F. (2010). *El razonamiento lógico en estudiantes universitarios.* Zona Próxima, núm. 12, enero-junio, 2010, pp. 40-61 Universidad del Norte Barranquilla, Colombia. Recuperado de:  
<https://www.redalyc.org/pdf/853/85316155003.pdf>

Duek, A. (2017). *Uso sostenible del agua en Mendoza. Estimación de la disponibilidad hídrica actual y escenarios futuros.* [Tesis Doctoral]. Universidad Nacional de Cuyo, Argentina.

Estrada A., Estrada J. (2020). *Pensar el conocimiento universitario desde la transdisciplinariedad.* [Revista en línea]. Recuperado de:  
[https://www.researchgate.net/profile/Alex\\_Estrada\\_Garcia/publication/344259967\\_Pensar\\_el\\_conocimiento\\_universitario\\_desde\\_la\\_transdisciplinariedad/links/5f6157b7299bf1d43c073f56/Pensar-el-conocimiento-universitario-desde-la-transdisciplinariedad.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Alex_Estrada_Garcia/publication/344259967_Pensar_el_conocimiento_universitario_desde_la_transdisciplinariedad/links/5f6157b7299bf1d43c073f56/Pensar-el-conocimiento-universitario-desde-la-transdisciplinariedad.pdf)

Guevara, J. (2017). TEORÉTICA ACERCA DE LA CONSTRUCCIÓN DE ESTRATÉGIAS INNOVADORAS ENTRAMADAS EN EL MODELO CLÚSTER QUE IMPULSEN EL DESARROLLO SUSTENTABLE DESDE EL CONTEXTO UNIVERSITARIO DEL VICERRECTORADO DE

PLANIFICACIÓN Y DESARROLLO REGIONAL (V.P.D.R.). Tesis Doctoral presentada como requisito para optar al Grado de Doctor en Ambiente y Desarrollo. Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales Ezequiel Zamora.

- Hernández Chanto, A. (2008). El método hipotético-deductivo como legado del positivismo lógico y el racionalismo crítico: Su influencia en la economía. *Ciencias Económicas* 26-No. 2: 2008 / 183-195 / ISSN: 0252-9521.
- Hernández, R. Fernández, C. y Baptista, M. (2014). *Metodología de la Investigación*. (4ª ed.). Editorial McGraw Hill. D.F/México.
- Hurtado, J. (2012). *Metodología de la investigación*. Ediciones Quirón. Colombia-Venezuela.
- Instituto Nacional de Estadística (2020). Proyección de la población al 30 de junio, según entidad federal, 2000-2050. [Documento en línea] [http://www.ine.gov.ve/index.php?option=com\\_content&view=category&id=98&Itemid=51](http://www.ine.gov.ve/index.php?option=com_content&view=category&id=98&Itemid=51) [Consulta: marzo 14, 2020].
- León J. (2007). *Análisis comparativo entre las leyes orgánicas del ambiente promulgadas en los años 1976 y 2006*. [Revista en línea]. Recuperado de: <http://www.saber.ula.ve/bitstream/handle/123456789/24919/articulo3.pdf;jsessionid=FC18E0DEC4317EE59F85B55266B9F980?sequence=2>
- Martínez, M. (2004). *Ciencia y Arte en la Metodología Cualitativa* (2ª ed.). Editorial Trillas. México.
- Ministerio de Obras Públicas y Transportes MOPT (1991). *Depuración por lagunaje de aguas residuales. Manual de operadores*. Recuperado de: <http://webcd.usal.es/web/EDAR/Unidades/LIBROS/logo/IndiDoc.htm>
- Ministerio del Poder para la Salud (2016). *Boletín Epidemiológico. Semana Epidemiológica N° 52 (25 al 31 de Diciembre de 2016)*. Recuperado de: <https://www.ovsalud.org/descargas/publicaciones/documentos-oficiales/Boletin-Epidemiologico-2016.pdf>
- Nicolescu, B. (2002). *Manifiesto of Transdisciplinarity* (en inglés). SUNY Press. ISBN 9780791452615.
- Norma venezolana COVENIN 2634 (2002). *Aguas naturales, industriales y residuales. Definiciones (1ª Revisión)*. Caracas: Fondonorma.
- Organización de las Naciones Unidas (2016). *Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: Una oportunidad para América Latina y el Caribe*. [Documento en línea]. Recuperado de: [www.un.org/sustainabledevelopment/es](http://www.un.org/sustainabledevelopment/es)
- Organización de las Naciones Unidas ONU (1990). *Declaración de la Cumbre de Nueva Delhi (1990)*. Recuperado de: <http://www.bvsde.ops-oms.org/eswww/fulltext/repind52/nueva/nueva.html>

- Organización de las Naciones Unidas ONU (2009). *Contabilidad regulatoria, sustentabilidad financiera y gestión mancomunada: temas relevantes en servicios de agua y saneamiento*. Recuperado de: <https://bivica.org/files/contabilidad-regulatoria.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia, y la Cultura (UNESCO, 2012). *¿Sabía que...? Hechos y cifras sobre las aguas residuales*. Recuperado de: [http://www.unesco.org/water/news/newsletter/184\\_es.shtml](http://www.unesco.org/water/news/newsletter/184_es.shtml)
- Organización Mundial de la Salud OMS (2008). *Informe final de la Comisión OMS sobre Determinantes Sociales de la Salud*. Recuperado de: [https://www.who.int/social\\_determinants/final\\_report/media/csdh\\_report\\_wrs\\_es.pdf](https://www.who.int/social_determinants/final_report/media/csdh_report_wrs_es.pdf)
- Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE). (2002). *Indicadores*. Recuperado de: <https://www.oecd.org/acerca/>
- Peña, K. (2019). *Desarrollo de una metodología para la evaluación del desempeño y la sostenibilidad ambiental en la gestión del agua potable. Caso de Estudio: Aguas de Mérida C.A. (Venezuela)* [Tesis Doctoral] Universidad de los Andes CONVENIO ULA – UPV, Valencia España.
- Puig, M., Baños, R., y Esteban, M. (2014). *El análisis cualitativo de datos con ATLAS ti*. REIRE Revista d'Innovació i Recerca en Educació 7(2), 119-133.
- Ramalho, R. (1996). *Tratamiento de Aguas Residuales*. España: Ed. Reverté.
- Ramírez, T. (1999). *Cómo hacer un proyecto de investigación*. Caracas: Panapo.
- República Bolivariana de Venezuela (2016). *Informe nacional presentado con arreglo al párrafo 5 del anexo de la resolución 16/21 del Consejo de Derechos Humanos. Consejo de Derechos Humanos Grupo de Trabajo sobre el Examen Periódico Universal 26º período de sesiones 31 de octubre a 11 de noviembre de 2016*. Recuperado de: [https://www.ovsalud.org/descargas/publicaciones/documentos-oficiales/Informe-Oficial-de-Venezuela-presentado-en-el-Examen-Periodico-Universal-\(EPU\).pdf](https://www.ovsalud.org/descargas/publicaciones/documentos-oficiales/Informe-Oficial-de-Venezuela-presentado-en-el-Examen-Periodico-Universal-(EPU).pdf)
- Rivas, G. (1983). *Abastecimiento de aguas y alcantarillados*(3ª ed.). Caracas: Editorial: Ediciones Vega S.R.L.
- Robles, J. (2014). *Desarrollo de metodologías analíticas mediante cromatografía/espectrometría de masas para el control de contaminantes orgánico prioritarios y emergentes en aguas residuales y superficiales*. [Tesis Doctoral] Universidad de Jaén, España.
- Ronzano, E. y Dapena, J. (1995). *Tratamiento biológico de las aguas residuales*. Pridesa.

- Ruiz, E. (2019, julio 18). *Evaluación Ambiental del Uso y Gestión del Agua de Riego en la Junta de Usuarios del Sector Hidráulico Chira, Provincia de Sullana – Región Piura* [Tesis Doctoral] Universidad Nacional de Piura, Perú.
- Sabino, C. (2000). *El Proceso de Investigación: Una Introducción Teórico-Práctica*. Caracas: Panapo.
- Sandoval, A. y Günther, M. (2013). *La gestión comunitaria del agua en México y Ecuador: Otros acercamientos a la sustentabilidad*. [Revista en línea]. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46128964012>
- Silva, J. Torres, P. y Madera, C. (2008). *Reuso de aguas residuales domésticas en agricultura. Una revisión*. [Revista en línea]. Recuperado de: <http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=180314732020>
- St. Onge J. M. (2017). Transición a una ciencia y cultura transdisciplinarias. Revista de la Academia/ISSN 0719-6318 Volumen 24/Primavera 2017. Recuperado de: <https://core.ac.uk/download/pdf/234786212.pdf>
- Strauss, A. y Corbin, E. (2002). *Bases de la Investigación Cualitativa y Cuantitativa. Técnicas y Procedimientos para Desarrollar la Teoría Fundamentada*. Medellín, Colombia: Universidad de Antioquia.
- Tchobanoglous, G. y Burton, F. (1995). *Ingeniería de aguas residuales, Tratamiento, Vertido y Reutilización*. METCALF Y EDDY. Inc Vol. I. Tercera edición. España: Editorial Mc Graw Hill.
- Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales “Ezequiel Zamora” (UNELLEZ) (2021). *Normativa de los Trabajos Técnicos, Trabajos Especiales de Grado, Trabajos de Grado y Tesis Doctorales de la UNELLEZ*. Barinas: Autor.
- Universidad Pedagógica Experimental Libertador (2003). *Manual de Trabajos de Grado de Especialización y Maestría y Tesis Doctorales*. Venezuela: Autor.
- Velásquez, Y. (2015). *Modelo explicativo de la relación entre productividad y valores organizacionales, en la pyme del sector metalúrgico y minero de Venezuela*. [Tesis Doctoral] Universidad Politécnica de Madrid, España.
- Venezuela (2019). *Ley del Plan de la Patria. Tercer Plan Socialista de Desarrollo Económico y Social de la Nación 2019-2025*. Gaceta Oficial N° 6.118 Extraordinario. Caracas, Diciembre 4.
- Venezuela 1988. *Normas Sanitarias para el Proyecto, Construcción, Ampliación, Reforma y Mantenimiento de Edificaciones* (1988). Gaceta Oficial N° 4.044 (Extraordinaria). Caracas, septiembre 08.
- Venezuela 1989. *Normas Sanitarias para el Proyecto, Construcción, Ampliación, Reforma y Mantenimiento de las Instalaciones Sanitarias para*

*Desarrollos Urbanísticos*. Gaceta Oficial de la República de Venezuela N° 4.103 (Extraordinario). Caracas, junio 2.

Venezuela 1995. *Decreto N° 883 Normas para la Clasificación y el Control de la Calidad de los Cuerpos de Agua y Vertidos o Efluentes Líquidos*. Gaceta Oficial de la República de Venezuela N° 5.021 (Extraordinario). Caracas, diciembre 18.

Venezuela 1996. *Decreto N° 1257 Normas sobre Evaluación Ambiental de Actividades Susceptibles de Degradar el Ambiente*. Gaceta Oficial de la República de Venezuela N° 35.946. Caracas, abril 25.

Venezuela 1999. *Constitución de la República Bolivariana de Venezuela*. Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela N° 36.860 (Extraordinario). Caracas, diciembre 30.

Venezuela 2001. *Ley de Zonas Costeras*. Gaceta Oficial N° 37.319. Caracas, noviembre 07.

Venezuela 2001. *Ley Orgánica para la Prestación de los Servicios de Agua Potable y de Saneamiento*. Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela N° 5568 (Extraordinaria). Caracas, diciembre 31.

Venezuela 2003. *Ley de Pesca y Acuicultura*. Gaceta Oficial N° 37.727. Caracas, julio 08.

Venezuela 2006. *Ley Orgánica del Ambiente*. Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela N° 5.833. Caracas, diciembre 22.

Venezuela 2006. *Ley Orgánica para la Planificación y Gestión de la Ordenación del Territorio*. Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela N° 38.388. Caracas, marzo 01.

Venezuela 2007. *Ley de Aguas*. Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela N° 38.595. Caracas, enero 02.

Venezuela 2007. *Ley Orgánica de Salud*. Gaceta Oficial N° 38.650. Caracas, marzo 22.

Venezuela 2008. *Ley Orgánica de los Espacios Acuáticos e Insulares*. Gaceta Oficial N° 5.889 (Extraordinaria). Caracas, julio 31.

Venezuela 2012. *Ley Penal del Ambiente*. Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela N° 39.913 (Extraordinario). Caracas, mayo 02.

Venezuela 2013. *Ley del Plan de la Patria*. Gaceta Oficial No 6.118 Extraordinario. Caracas, Diciembre 4.

Venezuela 2015. *Ley de Calidad de las Aguas y del Aire*. Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela N° 6.207 (Extraordinario). Caracas, diciembre 28.

Venezuela 2018. *Reglamento de la Ley de Aguas*. Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela N° 41.377. Caracas, abril 13.

Venezuela 2019. *Ley del Plan de la patria. Tercer Plan Socialista de Desarrollo Económico y Social de la Nación 2019-2025*. Gaceta Oficial N° 6.118 Extraordinario. Caracas, Diciembre 4.

Zafra A. (2008). *Efectos de los trihalometanos sobre la salud*. [Revista en línea]. Recuperado de: <http://aquasana.com.co/docsArticulos/Cloro%20residual%20efectos%20n ocivos.pdf>

Zurro (2020). *Multidisciplinariedad, interdisciplinariedad, transdisciplinariedad*. Recuperado de: <https://digital.csic.es/bitstream/10261/220557/1/Zurro-2020-Multidisciplinariedad%2c%20interdisciplinariedad.pdf>

## **ANEXOS**

**ANEXO A. Sistemas de tratamiento de aguas residuales y efluentes del municipio Barinas estado Barinas.**

Cuadro 10. Inventario de los Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales y Efluentes del municipio Barinas estado Barinas.

Nº	PARROQUIA	EMPRESA-ESTABLECIMIENTO	UBICACIÓN	DESCRIPCIÓN DEL TIPO DE SISTEMA	POBLACIÓN SERVIDA	COMUNIDADES CERCANAS
1	San Silvestre	Alcaldía	San Silvestre	Lagunas De Oxidación	8542	San Silvestre
2	San Silvestre	Hotel Eco turístico "Doña Barbará"	San Silvestre	Lagunas De Oxidación (02)		San Silvestre
3	San Silvestre	PDVSA Estación Sinco D	San Silvestre	Lagunas De Oxidación (03) Y Torre De Enfriamiento		San Silvestre
4	San Silvestre	PDVSA Estación Mingo	San Silvestre	Lagunas De Oxidación (02) Y Torre De Enfriamiento		San Silvestre
5	Alto Barinas	Edificio Silvestre PDVSA	El Toreño	Lagunas De Oxidación Con Aireación Extendida		San Silvestre
6	Alto Barinas	Comedor Estación Mayor PDVSA	El Toreño	Lagunas De Oxidación Con Aireación Extendida		
7	Corazón De Jesús	Alcaldía	Punta Gorda	Tanques Sépticos		Punta Gorda
8	Torunos	Alcaldía	Torunos	Lagunas De Oxidación	5376	Torunos
9	Alto Barinas	PDVSA Oficinas	Campo La Mesa	Lagunas De Oxidación Con Aireación Extendida		Alto Barinas
10	Alto Barinas	GNB PDVSA El Toreño	El Toreño	Lagunas De Oxidación Con Aireación Extendida		Alto Barinas
11	Alto Barinas	Alcaldía	Urbanización El Remanso	Anaeróbico De Varias Etapas		Alto Barinas
12	Alto Barinas	Alcaldía	Urbanización Belén San Juan	Lodos Activados Con Aireación Extendida		Alto Barinas
13	Alto Barinas	Alcaldía	Urbanización Palma Sola Sector B	Aereación Prolongada		Alto Barinas
14	Alto Barinas	Alcaldía	Urbanización Palma Sola Sector C	Aereación Prolongada		Alto Barinas

15	Alto Barinas	Alcaldía	Urbanización Colinas Del Llano (Ciudad Varyna) Sector Araguaney	Lodos Activados Con Digestión Aerobia De Los Lodos Excedentes		Alto Barinas
16	Alto Barinas	Alcaldía	Urbanización Colinas Del Llano (Ciudad Varyna) Sector El Bucare	Lodos Activados Con Digestión Aerobia De Los Lodos Excedentes		Alto Barinas
17	Alto Barinas	Alcaldía	Urbanización Colinas Del Llano (Ciudad Varyna) Sector El Jabillo	Torre Biológica		Alto Barinas
18	Alto Barinas	Alcaldía	Urbanización Colinas Del Llano (Ciudad Varyna) Sector El Samán	Torre Biológica		Alto Barinas
19	Alto Barinas	Alcaldía	Urbanización Colinas Del Llano (Ciudad Varyna) Sector Los Apamates	Lodos Activados Con Digestión Aerobia De Los Lodos Excedentes		Alto Barinas
20	Alto Barinas	Alcaldía	Urbanización Altos de la Arenosa	Lodos Activados Con Digestión Aerobia De Los Lodos Excedentes		Alto Barinas
21	Alto Barinas	Alcaldía	Urbanización Ciudad Varyna II Etapa	Lodos Activados Con Digestión Aerobia De Los Lodos Excedentes		Alto Barinas
22	Alto Barinas	Alcaldía	Urbanización Ciudad Varyna III Etapa	Lodos Activados Con Digestión Aerobia De Los Lodos Excedentes		Alto Barinas
23	Alto Barinas	Alcaldía	Urbanización Ciudad Varyna IV Etapa	Lodos Activados Con Digestión Aerobia De Los Lodos Excedentes		Alto Barinas
24	Alto Barinas	Alcaldía	Urbanización Ciudad Varyna V Etapa	Lodos Activados Con Digestión Aerobia De Los Lodos Excedentes		Alto Barinas

25	Alto Barinas	Alcaldía	Conjunto Residencial Mi Refugio	Torre Biológica		Alto Barinas
26	Alto Barinas	Alcaldía	Urbanización Alto Barinas	Lodos Activados		Alto Barinas
27	Alto Barinas	Alcaldía	Urbanización Lomas De Alto Barinas Y Ampliación Para Conjunto Residencial Agua Clara	Tanque Imhoff y Filtros Biopercoladores		Alto Barinas
28	Alto Barinas	Alcaldía	Escuela Agronómica La Salesiana	Lagunas De Oxidación Con Aireación Extendida		Alto Barinas
29	Juan Antonio Rodríguez Domínguez	Estación De Servicio y Restaurante El Corozo	Estación de Servicio y Restaurante El Corozo	Aireación Prolongada Por Difusión De Aire		El Corozo
30	Corazón De Jesús	Hidroandes	Planta De Tratamiento De La Ciudad De Barinas	Lagunas De Oxidación		Corazón De Jesús
31	Alto Barinas	Parmalat	Parmalat	Tanque Aerobio Con Aireación Y Filtración De Los Lodos		Alto Barinas
32	Alto Barinas	Alcaldía	Urbanización Don Simón	Sistema Modular Digestor Anaerobio Y Filtro Biopercolador		Alto Barinas
35	Manuel Palacio Fajardo	Hotel Kamaruk Suite Ca	Hotel Kamaruk Suite Ca	Sistema Modular Digestor Anaerobio Y Filtro Biopercolador		La Caramuca
36	Alto Barinas	Alcaldía	Urbanización Villa Las Colinas	Sistema Modular Digestor Anaerobio Y Filtro Biopercolador		Alto Barinas

37	Alto Barinas	Alcaldía	Conjunto Residencial Monte De Los Olivos	Lodos Activados Con Digestión AerobiaDe Los Lodos Excedentes		Alto Barinas
----	--------------	----------	---	---	--	--------------

Fuente: Ministerio del Poder Popular para la Salud. Dirección Estatal de Salud Ambiental. Coordinación de Gestión de Riesgos Ambientales (2020).

## **ANEXO B. Modelo del cuestionario aplicado**

**UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL DE LOS LLANOS  
OCCIDENTALES "EZEQUIEL ZAMORA"  
VICERRECTORADO DE PLANIFICACIÓN Y DESARROLLO SOCIAL  
PROGRAMA DE ESTUDIOS AVANZADOS  
DOCTORADO EN AMBIENTE Y DESARROLLO**

**MODELO TEÓRICO PARA LA GESTIÓN SUSTENTABLE DE LAS AGUAS  
RESIDUALES**

**Barinas, Febrero de 2022**

Ciudadano(a):

---

Presente.-

Me dirijo a usted, en la oportunidad de solicitar su valiosa colaboración, dada su experiencia en el área temática, para responder el presente cuestionario que será aplicado para realizar un trabajo de investigación titulado: **MODELO TEÓRICO PARA LA GESTIÓN SUSTENTABLE DE LAS AGUAS RESIDUALES**, en el contexto del municipio Barinas, estado Barinas Venezuela Año 2022, el cual será presentado como Trabajo Especial de Grado para optar al título de: Doctora en Ambiente y Desarrollo

Los objetivos del estudio son:

**Objetivo General**

Desarrollar un modelo teórico para la gestión sustentable de las aguas residuales, en el municipio Barinas estado Barinas.

**Objetivos Específicos**

Determinar la situación actual del manejo de las aguas residuales en el municipio Barinas estado Barinas.

Comprender los elementos de la gestión sustentable de las aguas residuales en el municipio Barinas estado Barinas.

Diseñar el modelo teórico para la gestión sustentable de las aguas residuales en el contexto del municipio Barinas estado Barinas.

Atentamente,

Ing<sup>a</sup>. MSc. Mayerling Castillo



**UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL DE LOS LLANOS  
OCCIDENTALES "EZEQUIEL ZAMORA"  
VICERRECTORADO DE PLANIFICACIÓN Y DESARROLLO SOCIAL  
PROGRAMA DE ESTUDIOS AVANZADOS  
DOCTORADO EN AMBIENTE Y DESARROLLO**

**Instrumento: Cuestionario**

Estimado señor(a): La presente entrevista contiene un conjunto de preguntas que forman parte de un trabajo de investigación; la información suministrada es confidencial y muy valiosa para la realización del mismo, por lo tanto, se le agradece la mayor veracidad posible. Muchas gracias por su atención, tiempo y colaboración.

Nombre: \_\_\_\_\_

Cargo: \_\_\_\_\_

1. ¿Cuál es la situación actual del manejo de las aguas residuales en el contexto del municipio Barinas estado Barinas?
  
2. En su opinión ¿cuáles son los elementos que deben prevalecer en la gestión sustentable de las aguas residuales?
  
3. ¿En su opinión, ¿Cómo se pueden realizar la gestión sustentable de las aguas residuales?

<b>Pregunta</b>		<b>Opción de Respuesta</b>		
<b>Nº</b>	<b>Enunciado</b>	<b>Siempre (S)</b>	<b>A Vece s (AV)</b>	<b>Nunca (N)</b>
4	Para a gestión sustentable de las aguas residuales deben establecerse políticas, objetivos y estrategias.			
5	La gestión sustentable de las aguas residuales requiere de políticas y mecanismos de financiación.			
6	El estado venezolano vigila y proteger el medio ambiente, con la activa participación de la sociedad, para garantizar que la población se desenvuelva en un ambiente libre de contaminación, en donde, el			

	agua, sea especialmente protegida.			
7	Los organismos encargados de la gestión ambiental deberían planificar, controlar, supervisar y publicar la importancia del reuso del agua residual en el contexto del Estado Barinas.			
8	Los sistemas de tratamiento de aguas residuales deben tener una administración pública.			
9	Los sistemas de tratamiento de aguas residuales deben tener una administración privada.			
10	Las aguas residuales domésticas contienen básicamente desechos de origen orgánico (sólidos suspendidos, materia orgánica, acidez, grasas y aceites, restos de comida y jabón) y pueden ser reusadas para el mantenimiento de las áreas verdes y sanitarios, una vez tratadas.			
11	Las aguas residuales de origen industrial pueden ser reusadas dependiendo de su tratamiento.			
12	La evaluación del agua residual tratada indica su potencial de reuso.			
13	Las características físicas del agua residual tratada a evaluar (temperatura, color, conductividad y sólidos) limitan su potencial de reuso.			
14	Las características biológicas (microorganismos) limitan su potencial de reuso.			
15	Las características química (pH, alcalinidad y dureza, DBO, DQO, N, P, OD) limitan su potencial de reuso.			
16	Los sistemas de tratamiento de aguas residuales deben ser diseñados tomando en consideración los aspectos socioeconómicos del Estado Barinas.			
17	Los sistemas de tratamiento de aguas residuales deben ser diseñados tomando en consideración el potencial de reuso como recurso ambiental.			
18	Existe una problemática ambiental ocasionada por las aguas residuales sin tratamiento en el contexto del Estado Barinas.			
19	Existen fundamentos jurídicos en relación a la gestión sustentable de las aguas residuales.			
20	El Estado venezolano realiza actividades para el			

	conocimiento del ordenamiento jurídico relacionado con la gestión sustentable del agua residual como recurso ambiental.			
21	Se debería implementar la formación ambientalista en las diferentes instituciones educativas de Barinas respecto al reuso del agua residual como recurso ambiental en el contexto del Estado Barinas.			

## **ANEXO C. Actas de validación**

**UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL DE LOS LLANOS  
OCCIDENTALES“EZEQUIEL ZAMORA”  
VICERRECTORADO DE PLANIFICACIÓN Y DESARROLLO SOCIAL  
PROGRAMA DE ESTUDIOS AVANZADOS  
DOCTORADO EN AMBIENTE Y DESARROLLO**

**VALIDACIÓN**

Quién suscribe, Eduardo José Delgado Hernández, titular de la cedula de identidad N° 5.114.992 en mi condición de Docente de la UNELLEZ en la especialidad de Doctorado en Ambiente y Desarrollo, a través de la presente, manifiesto que he validado el modelo de encuesta diseñado por la MSc. Mayerling Castillo, titular de la cédula de identidad N° 13.882.756, para el Trabajo de Grado titulado: **MODELO TEÓRICO PARA LA GESTIÓN SUSTENTABLE DE LAS AGUAS RESIDUALES.** Y considero que el cuestionario presentado: CUMPLE, para el propósito de la investigación.

En Bogotá a los 18 días del mes de febrero de 2022.



Eduardo Delgado  
CI N° 5.114.992

**UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL DE LOS LLANOS  
OCCIDENTALES“EZEQUIEL ZAMORA”  
VICERRECTORADO DE PLANIFICACIÓN Y DESARROLLO SOCIAL  
PROGRAMA DE ESTUDIOS AVANZADOS  
DOCTORADO EN AMBIENTE Y DESARROLLO**

**VALIDACIÓN**

Quién suscribe, Ken Alessio Cañas Duran, titular de la cedula de identidad N° 5.666.892 en mi condición de Docente de la UNELLEZ en la especialidad de Doctorado en Ambiente y Desarrollo, a través de la presente, manifiesto que he validado el modelo de encuesta diseñado por la MSc. Mayerling Castillo, titular de la cédula de identidad N° 13.882.756, para el Trabajo de Grado titulado: **MODELO TEÓRICO PARA LA GESTIÓN SUSTENTABLE DE LAS AGUAS RESIDUALES.** Y considero que el cuestionario presentado: APROBADO, para el propósito de la investigación.

En Barinas a los 21 días del mes de febrero de 2022.



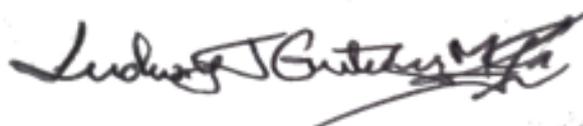
Ken Alessio Cañas Duran  
CI N° 5.666.892

**UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL DE LOS LLANOS  
OCCIDENTALES "EZEQUIEL ZAMORA"  
VICERRECTORADO DE PLANIFICACIÓN Y DESARROLLO SOCIAL  
PROGRAMA DE ESTUDIOS AVANZADOS  
DOCTORADO EN AMBIENTE Y DESARROLLO**

**VALIDACIÓN**

Quién suscribe, Ludwing Jesús Gutiérrez Montilla, titular de la cedula de identidad N° 10.564.524 en mi condición de Dr. en Ciencias Pedagógicas, a través de la presente, manifiesto que he validado el modelo de encuesta diseñado por la MSc. Mayerling Castillo, titular de la cédula de identidad N° 13.882.756, para el Trabajo de Grado titulado: **MODELO TEÓRICO PARA LA GESTIÓN SUSTENTABLE DE LAS AGUAS RESIDUALES**. Y considero que el cuestionario presentado: APROBADO, para el propósito de la investigación.

En Barinas a los 24 días del mes de febrero de 2022.



Ludwing Gutiérrez  
CI N° 10.564.524