

**UCLV**  
Universidad Central  
"Marta Abreu" de Las Villas



**FC**  
Facultad de  
Construcciones

Departamento de Ingeniería Hidráulica

## **TRABAJO DE DIPLOMA**

Título del trabajo:

Esquema Hidráulico Provincia Sancti Spíritus. Modelo ideal.

Autor del Trabajo: César Darío Remón Gutiérrez

Tutores del trabajo: Waldo Conlledo

Santa Clara, June, 2019  
Copyright©UCLV

**UCLV**  
Universidad Central  
"Marta Abreu" de Las Villas



**FC**  
Facultad de  
Construcciones

Academic Department of Hydraulic Engineering

## DIPLOMA THESIS

Title: Sancti Spíritus Province Hydraulic Scheme, Ideal Model.

Author: César Darío Remón Gutiérrez

Thesis Director: Waldo Conlledo

Santa Clara, June, 2019  
Copyright©UCLV

Este documento es Propiedad Patrimonial de la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, y se encuentra depositado en los fondos de la Biblioteca Universitaria “Chiqui Gómez Lubian” subordinada a la Dirección de Información Científico Técnica de la mencionada casa de altos estudios.

Se autoriza su utilización bajo la licencia siguiente:

**Atribución- No Comercial- Compartir Igual**



Para cualquier información contacte con:

Dirección de Información Científico Técnica. Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas. Carretera a Camajuaní. Km 5½. Santa Clara. Villa Clara. Cuba. CP. 54 830

Teléfonos.: +53 01 42281503-1419

## **RESUMEN**

En la provincia de Sancti Spíritus, luego de unas décadas de inactividad, se ha retomado el trabajo de planeamiento hidráulico, herramienta de planificación imprescindible para estudiar y ordenar la explotación del agua en las obras e inversiones de la rama. El Esquema de Aprovechamiento Hidráulico Provincial del año 2018 arrojó una serie de problemáticas referidas a los recursos hídricos y la infraestructura hidráulica en la provincia, alejados de las potencialidades reales de la misma. A partir de esta problemática se trabajó en cómo confeccionar, a partir de la situación actual de los recursos e infraestructura hidráulica, un documento que establezca los fundamentos básicos para garantizar en el futuro el cumplimiento de los principios establecidos en la Política Nacional del Agua y otros documentos rectores. En este trabajo se elaboró un Esquema de Aprovechamiento Hidráulico (ideal) que optimiza el uso de este recurso en total conformidad con las prioridades y principios establecidos en la Política Nacional del Agua. Además se evaluó integralmente la situación de los recursos e infraestructura hidráulica para determinar las deficiencias en cada uno de los elementos que conforman el Esquema Provincial de Aprovechamiento Hidráulico.

## **ABSTRACT**

In the province of Sancti Spiritus, after a few decades of inactivity, the work of hydraulic planning has been resumed, an essential planning tool to study and order the exploitation of water in the works and investments of the branch. The Scheme of Provincial Hydraulic Use of the year 2018 threw a series of problems related to water resources and hydraulic infrastructure in the province, far from the real potential of it. Based on this problem, we worked on how to prepare, based on the current situation of the resources and hydraulic infrastructure, a document that establishes the basic foundations to guarantee in the future compliance with the principles established in the National Water Policy and others guiding documents. In this work, a Hydraulic Exploitation Scheme (ideal) was developed that optimizes the use of this resource in full compliance with the priorities and principles established in the National Water Policy. In addition, the situation of the hydraulic resources and infrastructure was fully evaluated to determine the deficiencies in each of the elements that make up the Provincial Scheme of Hydraulic Use.

## ÍNDICE

RESUMEN.....	4
ABSTRACT .....	5
ÍNDICE .....	6
INTRODUCCIÓN.....	7
CAPÍTULO I: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA Y ESTUDIO DE ANTECEDENTES.....	11
1.1 Planeamiento Hidráulico.....	11
1.2 Esquemas de aprovechamiento hidráulico.....	13
1.2.1 Tipos de esquemas de aprovechamiento hidráulico.....	14
1.2.2 Esquema de Aprovechamiento Hidráulico Provincial (EAHP).....	16
1.3 Legislación cubana asociada al Planeamiento Hidráulico.....	17
1.4 Generalidades sobre la provincia de Sancti Spíritus.....	19
CAPÍTULO II: REVISIÓN DE LOS ELEMENTOS QUE CONFORMAN EL EPAH DE SANCTI SPÍRITUS.....	22
2.1 Análisis de los elementos que conforman el EPAH de la provincia Sancti Spíritus.....	22
2.2 Síntesis de la problemática hidráulica en Sancti Spíritus.....	44
CAPITULO III: PROPUESTA DE ESQUEMA DE APROVECHAMIENTO HIDRÁULICO PROVINCIAL IDEAL.....	47
3.1 Premisas de trabajo.....	47
3.2 Propuesta de EPAH de Sancti Spíritus en condiciones ideales.....	48
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	63
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	64

## INTRODUCCIÓN

Garantizar la armonía entre productores y consumidores del recurso agua se ha tornado cada día más difícil. El aumento creciente en la demanda no acorde con la disponibilidad real del recurso en muchas regiones del planeta, vislumbra un aumento en las tensiones en torno a tan preciado líquido.

Cualquiera sea el escenario futuro, las medidas que se adopten y ejecuten para enfrentar el cambio climático, deberán estar orientadas a mantener y desarrollar el uso sostenible del agua para la economía, la sociedad y el medio ambiente.

La administración eficiente de las reservas de agua, es decir, el proceso de planificar, organizar, dirigir y controlar el uso de este recurso, viene como alternativa, casi la única, para satisfacer las necesidades siempre crecientes del desarrollo.

El Planeamiento Hidráulico puede definirse, en una primera aproximación, como el conjunto de estudios dedicados a planificar los métodos y los medios necesarios para la utilización del agua en una región determinada, sin afectar la calidad del medio ambiente. (LEÓN, 2013). La importancia del planeamiento hidráulico a todos los niveles constituye un objetivo de trabajo del INRH para una gestión integrada y eficaz del recurso agua.

En Cuba, en el año 2014 como parte de la implementación de la Política Nacional del Agua aprobada por el Consejo de Ministros en diciembre del 2012, y como continuidad del “Programa de la Voluntad Hidráulica” iniciada por nuestro Comandante en Jefe, se elaboró el Plan Hidráulico Nacional (PHN) para el período 2015–2020, el mismo constituye una primera aproximación dentro de la tarea de rescate y jerarquización de la planeación para el desarrollo y sostenibilidad de la infraestructura hidráulica del país en el corto y mediano plazos, en virtud de garantizar el uso eficiente y productivo del agua, y como garantía ante el impacto negativo del cambio climático.(PHN, 2018)

La Ley 124 de Aguas Terrestres, aprobada en julio de 2017, establece que en el Planeamiento Hidráulico se determinan las estrategias para el uso racional y sostenible de las aguas terrestres, en función del desarrollo de la economía, la sociedad y la protección del medio ambiente; así como la infraestructura hidráulica necesaria para ello. (ANPP, 2017)

En la provincia de Sancti Spíritus, luego de unas décadas de inactividad se ha retomado el trabajo de planeamiento hidráulico, herramienta de planificación imprescindible para estudiar y ordenar la explotación del agua en las obras e inversiones de la rama, en función de respaldar las producciones agropecuarias y cañeras del territorio.(Camellón, 2012). En el 2010 se reanudaron estas labores a raíz del Programa Hidráulico Nacional y específicamente relacionado con el proyecto del canal Trasvase Centro Este.

Esta provincia está situada en la porción central de la Isla de Cuba, limita al este con la provincia de Ciego de Ávila y al oeste con las provincias de Villa Clara y Cienfuegos. Tiene una extensión superficial de 6 777.28 km<sup>2</sup>, incluyendo 13,76 km<sup>2</sup> de cayos, ocupa por su superficie el octavo lugar entre las provincias del país.

El planeamiento permite saber que en la provincia tienen posibilidades de riego desde el sistema del Trasvase más de 83 000 hectáreas destinadas a producciones agropecuarias y cañeras, con una demanda aproximada de unos 730 millones de metros cúbicos de agua.

Según para lograr una eficiencia y racionalidad mayores en la regulación, el aprovechamiento, el uso, la preservación y el saneamiento de las aguas terrestres, en armonía con los demás recursos naturales y con el desarrollo económico-social del país, se realizarán estudios técnico-económicos integrales denominados esquemas de aprovechamiento hidráulico.

Resulta de extrema importancia la elaboración de este esquema pues se torna difícil y complicado la planificación y distribución a mediano y largo plazos del preciado líquido, más cuando existen enormes limitaciones económicas, así como el hecho de gestionar recursos sin antes haber definido en qué, cómo y con qué objetivos serán empleados.

Dado el carácter transectorial del agua y su papel condicionante en el desarrollo de las diferentes esferas de la economía y los servicios, el Esquema de Aprovechamiento Hidráulico Provincial (EAHP) deberá considerar la situación actual del suministro de agua y las demandas del universo socioeconómico de la provincia.

Para la realización del EAHP resulta indispensable lograr una adecuada participación de los principales organismos usuarios del agua, así como de las direcciones del CITMA, Planificación Física, de Economía y Planificación del territorio.

El EAHP del año 2018 en Sancti Spíritus arrojó una serie de problemáticas referidas a los recursos hídricos y la infraestructura hidráulica en la provincia, alejados de las potencialidades reales de la misma.

**Objeto:**

Planeamiento Hidráulico.

**Campo:**

Los Esquemas de Aprovechamiento Hidráulico.

**Problema de investigación:**

¿Cómo confeccionar, a partir de la situación actual de los recursos e infraestructura hidráulica en Sancti Spíritus, un documento que establezca los fundamentos básicos para garantizar en el futuro el cumplimiento de los principios establecidos en la Política Nacional del Agua y otros documentos rectores?

**Objetivo general:**

Proponer un instrumento que garantice que las proyecciones sobre el manejo del recurso agua y el desarrollo de la infraestructura hidráulica de la provincia Sancti Spíritus estén en total conformidad con las prioridades y principios establecidos en la Política Nacional del Agua.

**Objetivos Específicos**

- Recopilar información bibliográfica sobre los antecedentes del tema de investigación.
- Evaluar integralmente la situación actual de los recursos e infraestructura hidráulica en Sancti Spíritus.
- Proponer soluciones adecuadas de manejo del recurso hídrico teniendo en cuenta los intereses y demandas del entorno socio – económico del territorio, así como de la protección del medio ambiente.

**Hipótesis:**

La confección de un Esquema Hidráulico, basado en las deficiencias actuales de la infraestructura hidráulica y el potencial hídrico de Sancti Spíritus, que cumpla con las

prioridades y secuencias lógicas en los programas de desarrollo de la provincia, garantizará propuestas de manejo de los recursos hídricos coherentes con la Política Nacional del Agua, el Plan Hidráulico Nacional y Planes Generales de Ordenamiento Territorial y Urbano.

### **Tareas científicas:**

1. Presentación del marco teórico que incluya la metodología de investigación conjuntamente con la aprobación del tema.
2. Búsqueda bibliográfica para establecer el nivel actual de conocimientos sobre el tema tratado y realización de una síntesis de los aspectos esenciales.
3. Evaluación integral de la situación actual de los recursos e infraestructura hidráulica en Sancti Spíritus.

### **Valor práctico**

La realización de un modelo ideal de Esquema Hidráulico Provincial sirve de guía para la planificación del recurso agua y la infraestructura asociada al mismo por parte de los organismos de dirección, de forma tal que se garantice la optimización de los recursos.

### **Organización del trabajo de diploma**

El trabajo está estructurado en tres capítulos, conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y bibliografía.

## **CAPÍTULO I: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA Y ESTUDIO DE ANTECEDENTES.**

En este capítulo se realiza un estudio de los principales conceptos y definiciones referidas al planeamiento hidráulico y los elementos que conforman los esquemas de aprovechamiento hidráulico.

### **1.1 Planeamiento Hidráulico.**

Según (LEÓN, 2013), el Planeamiento Hidráulico puede definirse, en una primera aproximación, como el conjunto de estudios dedicados a planificar los métodos y los medios necesarios para la utilización del agua en una región determinada, sin afectar la calidad del medio ambiente.

Otra definición es que el Planeamiento Hidráulico abarca los estudios para la propuesta de modificación en cantidad, tiempo y espacio de la disponibilidad de agua para satisfacer las demandas con la mejor solución posible, en función de las estrategias propuestas y las limitaciones existentes.(LEÓN, 2013),

Por ello, el Planeamiento Hidráulico es un proceso interactivo, el cual por un lado debe considerar el "Plan de Desarrollo Económico Nacional" y por otro, los proyectos específicos relacionados con el uso y protección del agua, así como la protección contra los excesos y déficit de agua. El planeamiento permite a los directivos definir sus líneas de acción de una forma coherente y coordinada. Es traducido a acciones reales a través de la ejecución de los sistemas de explotación de recursos hídricos. Para la solución de problemas podrán analizarse varias variantes, seleccionando la óptima de acuerdo a los criterios de selección escogidos.

En la Ley de las Aguas Terrestres se dice que el Planeamiento Hidráulico se sustenta en estudios técnico-económicos integrales y en esquemas hidráulicos de alcance territorial, tomando en cuenta las evaluaciones ambientales que se llevan a cabo en el territorio. (ANPP, 2017).

El Planeamiento Hidráulico constituye un factor importante en el desarrollo armónico y dinámico de la economía nacional. La rama hidráulica tiene una característica particular, pues incide tanto en los recursos como en las diferentes ramas de la economía nacional. Cuando se realiza un estudio específico de una provincia, región o zona el planeamiento

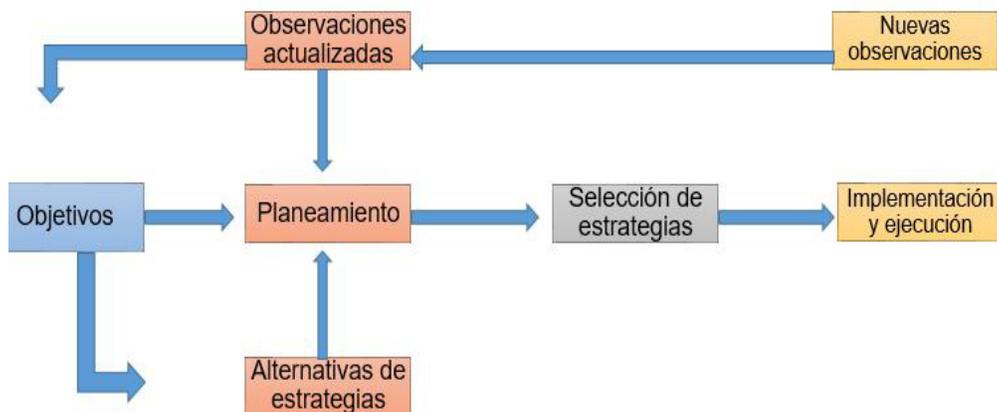
requiere de mayor profundidad en el análisis, surgiendo diferentes tipos de tareas en dependencia de lo que se desee lograr; pudiéndose considerar los siguientes niveles fundamentales:

1. Informes Técnicos Económicos.
2. Esquemas Regionales Precisados.
3. Esquemas Provinciales
4. Esquemas Especiales.

Para la realización del Planeamiento Hidráulico es necesario un gran cúmulo de información básica, la cual se obtendrá a través de la relación con otros organismos consumidores de este recurso; de los organismos centrales de planificación, de los órganos del Poder Popular, Academia de Ciencias y sus institutos anexos, entre otros. Como ya se describió, debe conocerse el estado actual de los sistemas de explotación de recursos hídricos existentes, dado que el planeamiento debe basarse en las condiciones actuales y en la tendencia de desarrollo existente, en correspondencia con el horizonte de planificación hidrológica considerado.(LEÓN, 2013)

**En este proceso de planeamiento es importante tener en cuenta dos aspectos fundamentales:**

1. El planeamiento hidráulico es un proceso continuo que prevé una retroalimentación entre las obras y sistemas hidráulicos en explotación y los nuevos planes de desarrollo hidráulico, como se muestra en la figura 1.1.



**Figura 1.1 El planeamiento hidráulico es un proceso continuo.**

2. Debe existir una relación entre el planeamiento hidráulico y el plan nacional, ramal y provincial de la economía, como se muestra en la siguiente figura.



Figura 1.2

### 1.2 Esquemas de aprovechamiento hidráulico.

El estudio y la planificación de los recursos hídricos se encaminarán a crear las bases organizativas y el conocimiento necesario para asegurar la preservación y uso racional de las aguas terrestres. Por lo que, para lograr una eficiencia y racionalidad mayor en la regulación, el aprovechamiento, el uso, la preservación y el saneamiento de las aguas terrestres, en armonía con los demás recursos naturales y con el desarrollo económico-social del país, se realizarán estudios técnico-económicos integrales denominados esquemas de aprovechamiento hidráulico, los que tendrán carácter nacional, regional, provincial o zonal.(LEÓN, 2013)

Además, estos esquemas constituyen documentos básicos para elaborar los planes rectores, los que aprobará la entidad estatal competente, a los que se deberá someter toda actuación relativa al desarrollo, el aprovechamiento y la protección de los recursos hídricos, así como las que se refieran a la protección de las actividades económicas y sociales y el medio ambiente natural contra los efectos nocivos que pudieran causar las aguas terrestres.

Hasta aquí se induce que el planeamiento hidráulico tiene su expresión objetiva en los esquemas de aprovechamiento hidráulico, o sea, la actividad humana es el planeamiento y su resultado los esquemas.

Los esquemas de aprovechamiento hidráulico tienen como característica fundamental que no analizan generalmente un elemento aislado, sino un sistema de obras interrelacionadas, directa o indirectamente, por su incidencia en la solución de determinada demanda. Los mismos no pueden considerarse en un estado estacionario (caso del proyecto de una obra) sino en un estado variable, con movimiento dentro del período de análisis, producto de la variación de la demanda, y en base a ello, la creación de nuevas obras hidráulicas (presas, derivadoras, canales, estaciones de bombeo, sistemas de riego).(LEÓN, 2013)

Por todo lo anterior el esquema, dentro de la actividad hidráulica, tiene especial significación, lo cual está dado por lo limitado de los recursos hidráulicos y su gran incidencia en el desarrollo de la sociedad. Por ello, surge la necesidad de contarse con documentos, para un período relativamente largo, acerca de estrategia para el desarrollo de la infraestructura hidráulica y su vinculación con los usuarios y consumidores, en forma tal que máxime el aprovechamiento de estos y minimice los recursos necesarios y el agotamiento de las reservas naturales.

### **1.2.1 Tipos de esquemas de aprovechamiento hidráulico.**

Según se expresa en el libro Introducción al Planeamiento y la Operación de los Recursos Hidráulicos, existen diversas clasificaciones de los esquemas de aprovechamiento hidráulico, dentro de éstas las de mayor utilidad son las siguientes.(LEÓN, 2013)

- De acuerdo a su nivel técnico.
- Según su objetivo.
- Según su extensión.

#### **De acuerdo a su nivel técnico**

Esta clasificación se relaciona con los diferentes niveles de detalle o precisión de los esquemas, los que van de menor a mayor precisión, pudiéndose considerar como etapas en su desarrollo:

1. **Breve Informe Técnico:** consiste en un estudio “a priori” de las posibilidades de determinadas formas de aprovechamiento, en el cual se emplean métodos de estimación rápidos y para periodos anuales. No se realiza análisis técnico-económico. Desde esta etapa inicial se esbozan las posibles variantes a analizar.
2. **Informe Técnico-Económico preliminar:** se precisan más los cálculos y se realiza un análisis técnico-económico utilizando los índices generales de las obras hidráulicas. Ya aquí es posible desechar y/o modificar alguna de las variantes concebidas en la etapa anterior.
3. **Esquema preliminar:** se trabaja de acuerdo con la precisión que permitan los datos de la zona en estudio, se mantienen los análisis anuales y los cálculos económicos se realizan sobre la base de los índices de las obras del esquema. En cuanto al análisis de variantes, aquí es posible aplicar diversos métodos de análisis de variantes de acuerdo a los parámetros a evaluar y el nivel de precisión con que se cuente. Y también es posible desechar y/o modificar alguna de las variantes concebidas en la etapa anterior
4. **Esquema:** presenta el mayor nivel de detalle, incluyendo análisis mensuales, y los cálculos económicos se realizan en base a normas de ejecución de las obras del esquema, precisando todo aquello que pueda ser precisado. En esta etapa las variantes a analizar son mínimas y los métodos a utilizar brindan un mayor nivel de precisión para la toma de decisiones.

Es importante destacar que esta clasificación se aplica a cualquier tipo de esquema, ya sea según su objetivo o su extensión.

### **Según su objetivo**

- 1- **Esquemas integrales:** Incluyen el abasto a diferentes usuarios y consumidores, tales como: la población, la industria, la agricultura, el turismo, la piscicultura, así como otros objetivos, tales como: la protección del medio ambiente, la protección y drenaje de los territorios, entre otros.
- 2- **Esquemas específicos:** incluyen solamente uno de los objetivos anteriores.

- 3- **Trasvases:** incluyen el traslado de agua desde una cuenca hidrográfica a otra, dentro de una misma demarcación hidrográfica.

### **Según su extensión**

Esta clasificación los agrupa de acuerdo al área que abarca el esquema, y por supuesto, en sentido inverso a la precisión y detalles, considerando cinco tipos:

1. **Esquema general o Nacional:** abarca toda la isla y en él se incluyen las obras y sistemas principales de explotación de los recursos hídricos, los trasvases provinciales, entre otros. Se confeccionan sobre mapas a escala 1:250 000 o mayor.
2. **Esquema territorial:** abarca varias provincias, en correspondencia con las obras y sistemas principales de explotación de los recursos hídricos que las vinculan, entre otros aspectos.
3. **Esquema provincial:** incluye las obras y sistemas principales de explotación de los recursos hídricos a este nivel, y se realiza sobre mapas a escala 1:100 000.
4. **Esquema regional:** incluye las obras y sistemas principales de explotación de los recursos hídricos de determinadas regiones dentro de una provincia, o también de varias de ellas, y se realiza sobre mapas a escala 1:50 000. Estas regiones generalmente tienen una interdependencia estrecha desde el punto de vista hidráulico.
5. **Esquema de sistema hidráulico:** incluye todas las obras comprendidas en cada sistema de explotación de los recursos hídricos, dentro de la demarcación o cuenca hidrográfica lo hemos identificado con anterioridad como *parcial*.

#### **1.2.2 Esquema de Aprovechamiento Hidráulico Provincial (EAHP).**

Antes de llevar a cabo los esquemas regionales precisados se hace necesario realizar estudios preliminares en la provincia, si no se cuenta con el esquema provincial, basándose en la información existente sobre los pronósticos de desarrollo por ramas económicas y los niveles de construcción previstos de obras hidroeconómicas en el período de análisis, en función de las posibilidades técnicas y económicas.(LEÓN, 2013)

Estos estudios permitirán realizar evaluaciones sobre el grado de satisfacción de la demanda, la vinculación conveniente entre fuentes y usuarios y precisar las inversiones necesarias. A partir de los resultados obtenidos se harán las correcciones convenientes por ramas a fin de ajustar la demanda de acuerdo a las posibilidades reales de suministro de agua.

El contenido de un **EAHP** depende de las características específicas de la región analizada, y su grado de precisión dependerá de la base informativa de que se parta y del grado de las investigaciones que se realicen en el transcurso de su ejecución. Sin embargo, en términos generales, deberá contener, entre otros, los siguientes temas (Brito, 2000):

1. Fondo agrario, agricultura y condiciones agroclimáticas.
2. Recursos hidráulicos y regulación del escurrimiento.
3. Diagnóstico de la situación actual.
4. Consumo de agua y evacuación de residuales.
5. Balances Hídricos.
6. El riego y la redistribución territorial de los recursos hidráulicos.
7. Drenaje y Protección contra inundaciones.
8. Abastecimiento a la industria, población y ganadería.
9. Aprovechamiento de los recursos hidráulicos y protección del medio ambiente.
10. Elección de las obras hidráulicas.
11. Organización de la explotación y mantenimientos.
12. Inversiones.

### **1.3 Legislación cubana asociada al Planeamiento Hidráulico.**

A partir de la visión integral de desarrollo del país y a los efectos de garantizar el estudio y la planificación de los recursos hídricos, Cuba respalda el Planeamiento Hidráulico en

varias de sus normas legales más importantes. A continuación se describen alguna de ellas.

### **Ley 81 del Medio Ambiente.**

Esta ley tiene como objeto establecer los principios que rigen la política ambiental y las normas básicas para regular la gestión ambiental del Estado y las acciones de los ciudadanos y la sociedad en general, a fin de proteger el medio ambiente y contribuir a alcanzar los objetivos del desarrollo sostenible del país.

Esta ley expresa que el Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos está obligada a:

- Dirigir y coordinar los estudios y los trabajos que se lleven a cabo para la elaboración de las propuestas relativas a la planificación hidráulica del país.
- Elaborar los esquemas de aprovechamiento hidráulico, así como las propuestas de los planes rectores.(ANPP, 1997)

### **Ley 124 de las Aguas Terrestres.**

Esta legislación se basa, entre otros elementos, en la gestión integrada de las aguas terrestres, recurso natural renovable y limitado, requiere de una eficaz planificación, dirigida a satisfacer el interés general de la sociedad, la economía, la salud y el medio ambiente, con el fin de garantizar su preservación en armonía con el desarrollo económico y social sostenible.

La ley en su Título V de La Planificación Hidráulica, en el Capítulo I del Planeamiento Hidráulico expresa:(ANPP, 2017)

ARTÍCULO 73.1. El Planeamiento Hidráulico se sustenta en estudios técnico-económicos integrales y en esquemas hidráulicos de alcance territorial, tomando en cuenta las evaluaciones ambientales que se llevan a cabo en el territorio.

ARTÍCULO 74. En el Planeamiento Hidráulico y en los estudios técnico-económicos integrales y esquemas hidráulicos son requerimientos, entre otros, los aspectos siguientes:

b) la productividad del agua;

c) las inversiones en obras de infraestructura hidráulica dirigidas al uso racional y sostenible del agua;

- g) el orden de prioridades del uso del agua establecido en la Ley de las Aguas Terrestres;
- h) los intereses y demandas de las aguas terrestres a nivel territorial, ramal o sectorial y de las zonas especiales de desarrollo;
- i) los planes y esquemas generales de ordenamiento territorial.

Además la Ley de las Aguas Terrestres en su Capítulo II del Plan Hidráulico Nacional expresa:

ARTÍCULO 75. El Plan Hidráulico Nacional es parte integrante del Plan de Desarrollo Económico y Social del país; se fundamenta en los principios establecidos en la Ley de las Aguas Terrestres y se elabora tomando en cuenta lo siguiente:

- a) Los resultados de los estudios técnico-económicos integrales y los esquemas hidráulicos;
- b) los esquemas y planes de ordenamiento territorial y urbano.

### **Plan Hidráulico Nacional**

En el año 2014 como parte de la implementación de la Política Nacional del Agua aprobada por el Consejo de Ministros en diciembre del 2012, y como continuidad del “Programa de la Voluntad Hidráulica” iniciada por nuestro Comandante en Jefe se elaboró el Plan Hidráulico Nacional (PHN) para el período 2015–2020, el mismo constituye una primera aproximación dentro de la tarea de rescate y jerarquización de la planeación para el desarrollo y sostenibilidad de la infraestructura hidráulica del país en el corto y mediano plazos, en virtud de garantizar del uso eficiente y productivo del agua, y como garantía ante el impacto negativo del cambio climático.(PHN, 2018)

#### **1.4 Generalidades sobre la provincia de Sancti Spíritus.**

La provincia de Sancti Spíritus está situada en la porción central de la Isla de Cuba, limita al este con la provincia de Ciego de Ávila y al oeste con las provincias de Villa Clara y Cienfuegos. Tiene una extensión superficial de 6 777.28 km<sup>2</sup>, incluyendo 13,76 km<sup>2</sup> de cayos, ocupa por su superficie el octavo lugar entre las provincias del país (ver figura).

Sancti Spíritus está conformada por ocho municipios. Su población según censo de 2012 totaliza los 462 114 habitantes, ubicándose entre las menos pobladas del país. Tiene una

densidad poblacional de 68,2 habitantes por kilómetro cuadrado. La capital es la ciudad de Sancti Spíritus con un total de 104 968 habitantes.



**Figura 1.3 Provincia Sancti Spíritus.**

### **Características físico geográficas**

El clima se caracteriza por una temperatura media anual que varía desde la costa hacia el interior en un rango de 24 - 25.5° C respectivamente y 18 - 20°C en la zona de montaña. Las precipitaciones están en el rango de 1 000 - 1 500 mm y entre 1 600 - 2 000 mm en las montañas como promedio anual. Los vientos son del N NW con velocidad media de 14.6 km por hora.

El paisaje de la provincia es muy variado, se distinguen las costas norte y sur por dos franjas palustre marinas, al norte la continúan las llanuras y alturas del norte de Yaguajay conformadas por un sistema de sierras y alturas cársicas. Continúa al centro con un sistema de llanuras de medias a muy altas, mientras que al sureste predominan las llanuras bajas acumulativas, hacia el oeste se desarrolla la mayor porción del sistema montañoso Guamuhaya conformado por los macizos de Sancti Spíritus y Trinidad divididos estos por el Río Agabama, donde se destaca la mayor altura de la provincia, Pico Potrerillo con 936 metros sobre el nivel del mar. Esta superficie montañosa ocupa el 15% del total provincial y concentra innumerables valores naturales, paisajísticos y antrópicos.

## **Características Económicas**

La economía de Sancti Spíritus es esencialmente agropecuaria: además de diversos tipos de ganado, la provincia tiene una elevada producción en cultivos como arroz, tabaco, viandas y hortalizas, frutales y caña de azúcar. La industria está conformada por 11 ramas principales, destacándose las producciones: azucarera (en dos fábricas de azúcar); de combustibles (refinería Sergio Soto, de Cabaiguán); materiales de construcción (en todos los municipios, incluida una fábrica de cemento en Taguasco y una planta de prefabricado de hormigón en Cabaiguán); bebidas (destilería de alcohol de Tuinucú) y tabaco (en Cabaiguán, Taguasco); papel y celulosa (en Trinidad); alimentaria; gráfica y pesquera.

Otras industrias se hallan dispersas por los municipios, como la de confecciones textiles, la del cuero, y la forestal (producción de muebles). La actividad turística se concentra en el polo turístico conformado por Trinidad y su Valle de los Ingenios (Patrimonio Cultural de la Humanidad), Topes de Collantes y el balneario de aguas minero-medicinales de San José del Lago, en Yaguajay

## **CAPÍTULO II: REVISIÓN DE LOS ELEMENTOS QUE CONFORMAN EL EPAH DE SANCTI SPÍRITUS.**

En este capítulo se analiza la situación actual del potencial hídrico y la infraestructura hidráulica de Sancti Spíritus y su relación con la elaboración del Esquema Provincial de Aprovechamiento Hidráulico.

### **2.1 Análisis de los elementos que conforman el EPAH de la provincia Sancti Spíritus.**

Como se explicó en tema anterior, el EPAH se basa en lograr la eficiencia y racionalidad en la regulación, el aprovechamiento, el uso, la preservación y el saneamiento de las aguas terrestres, en armonía con los demás recursos naturales y con el desarrollo económico-social del país. Para este trabajo se tomaron como base, de la provincia Sancti Spíritus, datos de los años 2018 y 2019. A continuación, se describe la situación en cada uno de los elementos analizados.

#### **Régimen de Lluvias**

La precipitación media anual es de 1410-1430 mm, distribuida en dos períodos: el lluvioso (de mayo a octubre, concentrando el 84% del volumen anual) y el poco lluvioso (de noviembre a abril, con 210-230 mm), siendo diciembre el mes menos lluvioso (media de 15-25 mm) y junio el más lluvioso, con 250-260mm. La distribución espacial de las precipitaciones es también irregular, con un incremento del volumen anual desde las costas (con medias de 1000-1200 mm), hacia el interior, de este a oeste y con la altitud (llegando a 1600-1700 mm en Guamuhaya). Los fuertes vientos e inundaciones por intensas lluvias se intensifican drásticamente al paso de los huracanes, constituyendo peligros de desastres cuya magnitud aumenta en aquellos asentamientos donde son acompañados por penetraciones del mar, como Casilda y La Boca (en Trinidad), Tunas de Zaza y El Médano (en Sancti Spíritus), Mapos (La Sierpe) y Yagüey Abajo (en Yaguajay).



**Figura 2.1**

### **Escurrimientos superficiales**

Debido a que la llanura septentrional es estrecha y de escasa pendiente, con suelos impermeables y poca altitud respecto al nivel medio del mar, el escurrimiento del agua se dificulta, siendo atravesada solo por el río Jatibonico del Norte y pequeños arroyos de cuencas muy reducidas tales como: Seibano, Cristóbal, Los Lazos, Caguanes, Máximo y Urbaza.

Por su parte las Alturas del Nordeste donde los mismos tienen su nacimiento, la carsificación, les confiere un carácter intermitente u ocasional, asociado precisamente a la ocurrencia de intensas lluvias, situación muy similar a lo reflejado en la llanura de la Sierpe.

En las llanuras interiores existen mejores condiciones para la formación del escurrimiento (altitud de las cuencas, mayores gradientes de pendiente, ausencia del carso desnudo entre otras) las cuales contribuyen a la formación de importantes sistemas fluviales vinculados a los ríos principales: Agabama, Zaza, Jatibonico del Norte y Jatibonico del Sur que a su vez constituyen las principales cuencas hidrográficas del territorio espirituario.

### **Fuentes Contaminantes**

Las principales fuentes de contaminación de las aguas superficiales son de origen doméstico, industrial y agropecuario, asociadas a factores como: ausencia de redes de alcantarillado; insuficiente cobertura de tratamiento de residuales o deficiente

funcionamiento de los existentes; obsolescencia tecnológica e indisciplinas en sus operaciones; insuficiente introducción de prácticas de producción más limpia, aprovechamiento económico de residuales y monitoreo y caracterización de residuales, insuficiente cobertura de tratamiento de residuales y déficit de mantenimiento y atención a la operación de los sistemas de tratamiento existentes.

En el inventario provincial de fuentes contaminantes se identificaron 1008 fuentes principales que disponen al medio de materia orgánica biodegradable. De ellas, 992 tienen sistema de tratamiento de residuales representando el 98.4%.

A esto se suma la baja cobertura boscosa en las franjas hidroreguladoras de las principales cuencas si como la pérdida de la diversidad biológica: implica afectaciones a los recursos naturales de la provincia tanto bióticos como abióticos.



**Figura 2.2**

El caudal y carga contaminante que ingresa a las aguas terrestres ha comprometido en muchos casos su capacidad de autodepuración, lo que constituye una amenaza a la salud humana y ambiental.

A lo anterior se unen los incrementos de los niveles de sales solubles de las aguas subterráneas por intrusión salina, presentes en acuíferos cársicos costeros tanto por causas naturales como por inadecuados regímenes de explotación donde no se tiene estudio recientes que permitan conocer por medio de la red semestral la curva de salinización la cual va paralela a la costa y definir su distancia de mayor o menor

afectación por lo que su ubicación en planta no está actualizada en cuanto al grado de profundidad si se tiene elementos que permiten medir tierra adentro el grado de salinización alcanzado de la cuenca de Trinidad de interés provincial que abastece un polo turístico y se explota por encima de 20 h/día siendo el gasto recomendado 16 h/días por solo mencionar la de mayor afectación; por su parte el sur del Jibaro también cuenta con lentes de agua salada atrapada dentro de agua dulce en los pozos de abasto de la Sierpe los cuales fueron sometidos a la sobreexplotación durante décadas pasadas pero no se han regenerado.

Igualmente se realizan actividades inadecuadas en las zonas de protección de las fuentes de abasto de agua potable que en algunos casos ha comprometido la disponibilidad del recurso, y provocado consecuencias negativas asociadas a esta situación. Se estima que cerca del 70.0% de dichas fuentes no tienen implementadas todas las medidas que exige la Norma Cubana para garantizar su correcta protección.

El nivel de degradación alcanzado de la calidad de las aguas terrestres constituye en la actualidad una limitante de consideración en la disponibilidad hídrica en Cuba y causa de la escasez relativa existente en varias zonas del país.

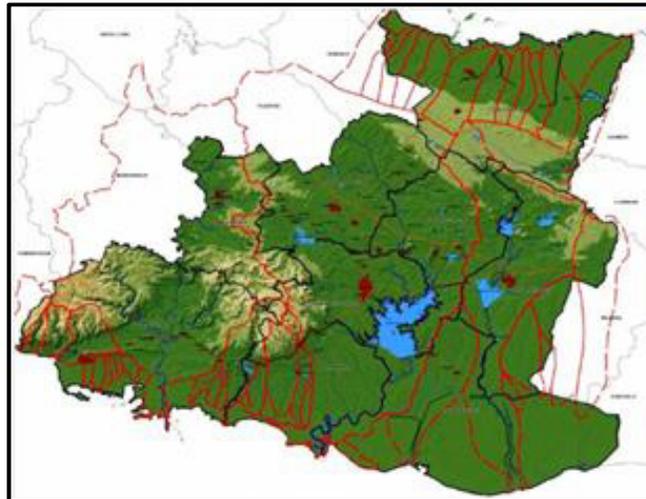
### **Cuencas superficiales**

En la provincia, la red fluvial está organizada en dos vertientes principales: la norte y la sur, con el parteaguas principal al centro norte, en las Alturas del Nordeste siendo las precipitaciones las únicas fuentes de alimentación de los procesos asociados al escurrimiento fluvial ya sea directamente o a través de la alimentación subterránea, lo cual revela el irregular régimen hídrico de nuestros ríos. El Consejo Provincial de Cuencas Hidrográficas tiene definidas en toda la provincia 38 cuencas hidrográficas, cuyos ríos principales desembocan al mar.

La mayoría de las cuencas son pequeñas: El 85 % de los casos posee una extensión superficial inferior a los 200 km<sup>2</sup>, sólo 14 superan los 1 000 km<sup>2</sup>, dos cuencas tienen entre 2 001 y 2 500 km<sup>2</sup> dentro de dicha clasificación se encuentra la cuenca Zaza que dada su complejidad económica, social y ambiental se encuentra entre las 8 cuencas hidrográficas priorizadas en el país por las afectaciones ambientales presentes en la

misma que a su vez por sus características orográficas dentro de nuestro territorio, es identificada dentro de las 10 Cuencas de Interés Nacional y considerada como una cuenca exorreica.

La cuenca hidrográfica del río Zaza situada en las provincias de Sancti Spíritus y Villa Clara, en la zona central de la isla de Cuba es la segunda más extensa del país con un área de 2413.00 km<sup>2</sup>, lo cual representa el 2.2 % del territorio nacional. Se extiende entre las coordenadas 368 000 a 840 000 de longitud oeste y entre 200 000 y 800 000 de latitud norte. Su río principal, con nombre homónimo (Zaza), tiene una longitud de 155 Km. También son representativas dentro del territorio cuencas de interés provincial como la del río Agabama que tiene su nacimiento fuera de la provincia y las de los ríos Jatibonico del Sur y Jatibonico del Norte.



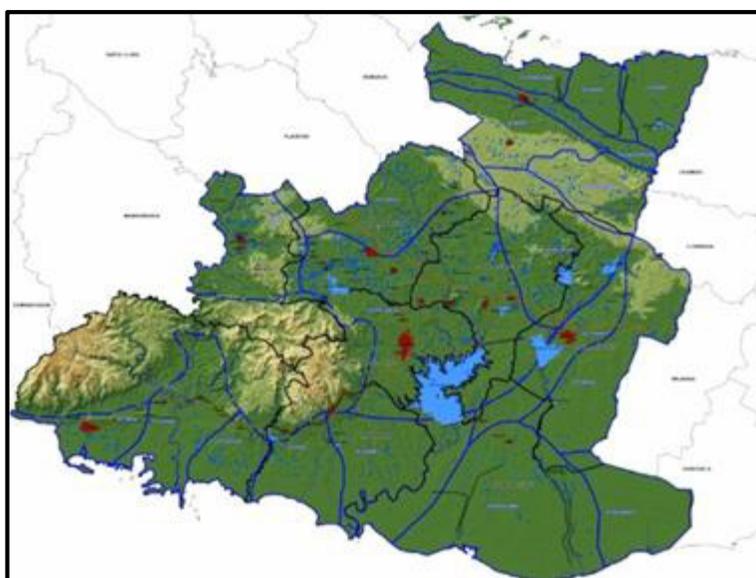
**Figura 2.3 Cuencas hidrográficas de la provincia Sancti Spíritus.**

### **Cuencas subterráneas**

La provincia se encuentra dividida para su estudio en 20 cuencas subterráneas, una relación de ellas se muestra a continuación:

**Tabla 2.1 Cuencas subterráneas de la provincia Sancti Spíritus.**

<b>Fuente de Abasto</b>	<b>Cuenca</b>	<b>Entrega Garant. hm<sup>3</sup></b>	<b>Volumen utiliz. hm<sup>3</sup></b>	<b>Por ciento utilizado</b>
SS- 1 Dolores Yaguajay	Jatibonico del Norte	16.110	3.562	22,1
SS-10 S.Spíritus	Cuenca Zaza	13.330	4.255	31,9
SS- 3 Trinidad	Agabama	13.910	6.705	48,2
SS-18 Sur del Jíbaro	Jatibonico del Sur	84.710	2.323	2,7
SS-19 Suroeste de Camagüey	Jatibonico del Sur	39.300	0.567	1,4



**Figura 2.4 Cuencas hidrogeológicas de la provincia Sancti Spíritus.**

### **Ríos, arroyos y lagos**

Los ríos son numerosos destacándose entre ellos los de mayor potencial hídrico del país, como el Zaza, Agabama y Tuinucú como se puede apreciar en la Figura 2.5



**Figura 2.5**

### **Embalses**

La capacidad total de almacenamiento de agua de la provincia es de 1 200 millones m<sup>3</sup> y con un volumen de entrega garantizada de 890.011 hm<sup>3</sup>.

La provincia cuenta con 9 embalses (ver figura 2.3), dos derivadoras y 1 canal trasvase donde se desarrolla el servicio de provisión de agua, además se administra el agua regulada por el usuario con un potencial total de 51 micropresas de ellas 47 son administradas por el MINAG y 4 por AZCUBA, cuyos espejos de agua son aprovechados fundamentalmente en la agricultura y el abasto de a la población como es caso de Tuinucú, Lebrije, Siguaney, actualmente existe un embalse en prevención hidrológica (Felicidad) y no se cuenta con embalses subutilizados, a continuación se describen su estado técnico.

Embalse Zaza: Tiene buen estado técnico, su volumen se encuentra restringido a 920 hm<sup>3</sup> y mantiene la condición de obra certificada.

Lebrije: Se le retiro la prevención hidrológica en el año 2014 y no se ha recuperado el volumen del embalse ya que no han ocurrido escurrimientos significativos en la cuenca del embalse por tanto el embalse no tiene dificultades para realizar entregas en periodo lluvioso.

Dignorah: El estado técnico es favorable. El embalse se encuentra deprimido al no ocurrir escurrimientos significativos en la cuenca. Se le retiró la prevención hidrológica en el año 2012 al concluirse la reparación del aliviadero.

La Felicidad: El estado técnico de la obra es regular. Aún se encuentra en prevención hidrológica pues se necesita una rectificación del cauce del río por su seguridad operacional.

Siguaney: El estado técnico es favorable, mantiene los parámetros de diseño y la condición excelente, no tiene dificultad para realizar entregas.

Tuinucú: El estado técnico en general es favorable y mantiene los parámetros de diseño y la condición de excelente.

Aridanes: La obra se mantiene en buen estado técnico, aunque presenta gran cantidad de azolves por los años de explotación que acumula.

Banao II: Se mantienen los parámetros de diseño y en buen estado técnico.

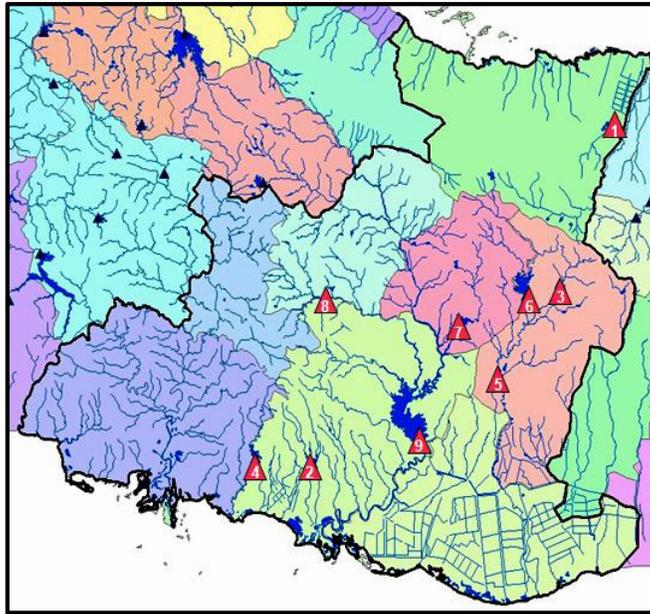
Higuanojo: El estado técnico de la obra es favorable, se mantienen los parámetros de diseño y la condición de obra certificada.

Derivadora Sur del Jíbaro: La obra se encuentra en condiciones favorables para la operación.

Derivadora El Patio: Esta obra se encuentra en ejecución y se prevé su culminación para el año 2020.



**Figura 2.6**



**Figura 2.7 Embalse de la provincia Sancti Spiritus.**

De forma general el plan de uso de agua de la provincia se cumple a un 96 %, lo que incide en los diferentes usuarios los cuales se muestran a continuación:

- MINAG ----- 97%
- INRH-----94%
- AZCUBA-----72%
- MICONS-----78%,
- MINFAR-----121 %,
- MINEN -----79%:
- MINIL (otros usuarios) -----77%

### **Canales**

Se cuenta con 65,8 km de canales magistrales los cuales están en mal estado constructivo y con grandes pérdidas de agua en la conducción por su parte las obras de protección, alcanzan una longitud de 105 km de diques en diferentes lugares de la provincia con mal estado constructivo y de mantenimiento toda esta infraestructura fue creada e impulsada por la voluntad hidráulica, que en la actualidad constituye la parte esencial de las fortalezas que posee el sector de agua para servir del sostén al desarrollo

económico – social, a la protección de la sociedad, del medio ambiente y la economía y al mejoramiento de la calidad y seguridad de la vida humana.

El territorio cuenta con el Trasvase Centro- Este que incluye a 3 canales magistrales; 66 km del Agabama- Zaza, 21.5 km del C. Zaza y 90 km del Zaza- Ciego, los cuales serán administrados por el INRH con una longitud total de 177.5 km. Colateralmente a ello existen 23km del canal Zaza para completar su longitud total de 44.5 km, más unos 25 km del corredor Los Negros, así como 11 km del canal CP-1 que abastece la arrocería de Mapos y el canal CP-4 que abastece la arrocería Las Nuevas en la Empresa Agroindustrial Sur del Jíbaro. En este gran sistema existe el canal magistral La Felicidad, actualmente en construcción y el canal magistral Lebrije actualmente en Ingeniería de Detalle.

En el Canal Zaza-Ciego se realizó la reparación general de 36 km de canal, faltando un grupo de pequeños detalles por terminar, lo cual está conciliado con la Dirección de Inversiones del INRH. La continuación de la construcción de esta obra fue paralizada provisionalmente por la Dirección del INRH en enero del 2014 con el objetivo entre otros aspectos de comenzar la construcción del Canal La Felicidad, la reparación del canal Zaza, así como la preparación de inversiones del Canal Agabama – Zaza hasta la presa Higuanojo con los embalses de incorporación.

Canal Magistral Agabama- Zaza 4.3 km el estado técnico es malo, está construido en una zona cársica y presenta grandes pérdidas de agua, losas rotas, juntas sin sellaje, etc. Se requiere de reparación capital y una solución a la complejidad geológica del lugar sobre lo que se están realizando investigaciones geofísicas con vistas a su proyección y reparación.



**Figura 2.8 Canales y trasvases de la provincia Sancti Spiritus.**

Referente a las obras de protección se identifican en la provincia 7 diques de protección contra inundaciones con mal estado técnico, las cuales se nombran: Canal Zaza de 27 km, Mapos 13 km, Peralejo 16 km, Jatibonico de del sur con 37,5 km (derecho e izquierdo), Yaguajay (derecho e izquierdo), Boquerones 3 km, y El Negro, todos por lo general sin uso o baja utilización.

El estado técnico de las redes de Drenaje Pluvial es bastante deficiente, sobre todo, si se toma en cuenta que en su mayoría han sido construidos sin un estudio técnico previo, pues en su gran mayoría son por construcción espontánea, y además no reciben el mantenimiento requerido por falta de recursos materiales

### **Hidrometría**

Para asegurar una gestión sostenible del agua se requiere inevitablemente disponer de registros sistemáticos y confiables que caractericen de la forma más precisa posible el comportamiento tanto de las variables del ciclo hidrológico como de los consumos de agua en todos los niveles de gestión.

La provincia cuenta con un potencial hídrico total de 2 860.4 millones de m<sup>3</sup> de agua dulce (superficial y subterránea), de los cuales los 2 574.47 millones m<sup>3</sup> corresponden a las aguas superficiales (una de las reservas más ricas del país) y 285.93 millones m<sup>3</sup>.

### Red Pluviométrica

En nuestra provincia este tipo de red cuenta con un total de 145 estaciones, de ellas 6 están automatizadas siendo 3 de ellas las que funcionan correctamente, las mismas son: estación 13 de marzo, presa Zaza y Paso Ventura, no transmiten las ubicadas en: Puente sobre el Río Cayajaná, La Boca y en la Presa Tuinucú la cual se encuentra desmontada por deficiencia.

### Red Pluviográfica

La tecnología de esta red es obsoleta, las 8 existentes en el territorio están desactivadas debido al déficit de mecanismo de relojería, tinta y plumilla.

### Red hidrométrica

La tecnología de esta red es también obsoleta, presenta falta de calibraciones y de materiales accesorios, así como de limnigrafos. Los cronómetros, vitales en el funcionamiento de estas estaciones, presentan deficiencias. En esta red se cuenta actualmente con 5 estaciones para los estudios hidrológicos. Yayabo y Paso Ventura, funcionan bien el primero no ocurriendo así con el segundo; dos de los restantes se encuentran en mal estado.

### Red Hidrometeorológica

Esta red cuenta con 1 estación en regular estado ubicada en el municipio de Fomento (Alto Jobo), que carece de instrumentos básicos como evaporímetro, termómetros y de mínima y heliógrafos, los cuales están sujetos a un programa de rehabilitación.

### Red Hidrogeológica

Constituye una red bastante densa en la sub cuenca de Batey Colorado y Trinidad por la existencia de redes mensuales y semestrales en Batey Colorado estando las 3 redes representadas en Trinidad, en las demás cuencas es mala al estar representada solo la red mensual, debe destacarse que la red de sondeo hidrológico solo está presente en las cuencas costeras. Actualmente se cuenta con 83 estaciones, siendo 37 de la red mensual y 43 de la semestral, se incluyen además 3 pozos batométricos. A modo de resumen el estado técnico es regular pues dicha red de sondeo presenta falta de mantenimiento, además en la red de sondeo de equipos de medición es nula.



**Figura 2.9 Hidrometría.**

### **Sistemas de riego**

En la actividad de riego la medición del agua real consumida por las distintas formas productivas se hace particularmente compleja teniendo en cuenta la diversidad de formas productivas que se benefician de una misma fuente suministradora y la no existencia de estructuras organizativas que se ocupen de la administración y control del agua entregada. A lo anterior se une la ausencia en unos casos y el deterioro en otros de los hidromecanismos y equipos de medición, en el caso del MINAG las obras de fábrica existentes en los sistemas de riego necesitan mantenimiento o deben ser sustituidas totalmente.

A continuación, se muestra el comportamiento de la medición del agua entregada.

**Tabla 2.2 Volumen de agua entregada al MINAG.**

<b>Agua Superficial (hm<sup>3</sup>)</b>			<b>Agua Subterránea (hm<sup>3</sup>)</b>			<b>Total (hm<sup>3</sup>)</b>		
Entregada al Usuario	Medida	%	Entregada y/o captada por el usuario	Medida	%	Entregada	Medida	%
328,299	292,50	89	14,718	0,120	0,82	343,017	292,628	85

La agricultura el territorio cuenta con un sistema de riego y para más de 60 ha ubicado en el Sur del Jibaro en regular estado, municipio La Sierpe (Sistema de Riego y Drenaje Sur del Jibaro perteneciente a la cuenca Zaza cuya fuente abasto es la presa Zaza abasteciendo al arroz donde aplica la técnica de riego por gravedad abarcando un área

total de 27217 Ha siendo utilizada 22134 Ha demandado un total 521 734 m<sup>3</sup>, siendo entregada en el 2014, una cifra de 508 203m<sup>3</sup>.

### **Reúso del agua**

Acorde con las potencialidades con que cuenta nuestro país para instalar tecnologías más eficientes en el tratamiento de los residuos líquidos en función de mejorar el bienestar y condiciones de vida de la población cubana, pero en la provincia la reutilización de las aguas residuales no se está explotando dicha tecnología de avanzada solo se ve representada por el montaje de la PTR en María Aguilar) situado en polo turístico de la península de Ancón.



**Figura 2.10**

### **Pozos**

Los pozos en la provincia solo son explotados cercano a su capacidad en la cuenca Trinidad por abastecer la ciudad cabecera municipal de esta fuente, el resto de las cuencas no cuentan con pozos para poder explotar su gasto.

Existen un total de 156 pozos que son monitoreados en las cuencas estudiadas que son las costeras norte y sur por el control de la intrusión salina y la cuenca de Batey Colorao por el programa agrícola allí existente, el resto de las cuencas no son monitoreadas por no existir registro de problemáticas en las mismas que requiera de su control. En general la mayor explotación de pozos es para el abasto a la población.



**Figura 2.11**

### **Conductoras de agua**

Existen más de 70 km de conductoras de grandes diámetros para abastecer los sistemas de acueducto fundamentalmente (ver tabla 2.3), en su mayoría se encuentran en estado de deterioro causando grandes pérdidas de más de 900 l/s en ruta lo cual es una de las principales causas de que los abastos no sean suficientes en su mayoría

**Tabla 2.3 Conductoras de la provincia Sancti Spíritus.**

<b>Municipio</b>	<b>Conductora</b>	<b>Diámetro mm</b>	<b>Longitud km</b>	<b>Pérdidas estimadas l/s</b>
Taguasco	Siguaney- Zona Industrial	600-400	23	60
Jatibonico	Conductora Lebrige	1000	12,6	700
Trinidad	Conductora San Juan - P Potabilizadora	400	11	40
Trinidad	Conductora Santiago Escobar- Las Piñas	400	3,8	4
Trinidad	Pozos Oeste - Trinidad	500	8,6	0
Cabaiguan	Potabilizadora Macaguabo - Cabaiguán	900	10	20
SSp	Conductora EB Tuinicú- Planta Potabilizadora Macaguabo	900	4,6	10
SSP	Conductora Managuaco	200-160	7,6	40

## **Plantas potabilizadoras**

La provincia cuenta con cuatro plantas potabilizadoras que son las siguientes:

Planta Potabilizadora Macaguabo: De 1200 l/seg, se terminó parcialmente en el año 1986 debido a que solo se concluyó un módulo de (600 l/seg) de los dos módulos similares de que está compuesta, actualmente el modulo que se encuentra funcionando ya tiene 30 años de explotación y ha sufrido un deterioro sensible en su estructura metálica, por lo cual su funcionamiento no es el óptimo y requiere de una rehabilitación para su buen funcionamiento.

Planta Potabilizadora Yayabo de 200 l/seg es una planta que data de finales del siglo XIX y por lo tanto su estado técnico es bastante deficiente, a pesar de las reparaciones y adiciones que se le han realizado a través del tiempo, actualmente se le adicionaron 100 l/seg con filtración rápida, sin floculación ni sedimentación y por lo tanto está suministrando 300 l/seg cuando el agua de la fuente que es superficial no presenta mucha turbiedad. Requiere de una Rehabilitación con urgencia.

Planta Potabilizadora El Saltadero: De 60 l/seg, es una Planta que se construyó en la década del 70 del pasado siglo, pero aún se conserva con una calidad aceptable, no obstante, requiere de una reposición de sus equipos de dosificación para mejorar su funcionamiento.

Planta Potabilizadora Trinidad: de 110 l/seg esta planta fue construida en la década del 50 del pasado Siglo y su equipamiento ya se encuentra en mal estado a pesar de las reparaciones efectuadas a la misma, en la actualidad presenta problemas en los filtros rapados debido a que sus toberas están en mal estado y no han podido ser sustituidas por ser de fabricación especial.



**Figura 2.12**

### **Acueductos**

Los 65 073 de m<sup>3</sup> de agua entregados a la Empresa de Acueducto y Alcantarillado del territorio sirven al 99.7 % de la población de diversas maneras ya sea con conexión domiciliaria, por fácil acceso o servicio público (ver tabla 2.4).

Las redes de distribución de las principales cabeceras municipales como son Sancti-Spiritus, Trinidad, Yaguajay, Fomento, se encuentran con más del 50% en un estado deplorable, pues sobre todo las de Sancti-Spiritus y Trinidad en su mayoría cuentan con más de 40 años de utilización.

Las ciudades cabeceras de los Municipios de Cabaiguán, Jatibonico, y La Sierpe, son de más reciente construcción (años 1980 al 2000) pero a pesar de tener menos años de explotación, presentan una construcción defectuosa y los materiales utilizados no fueron de óptima calidad trayendo como consecuencias la presencia de salideros y roturas con una frecuencia mayor a la permisible, por lo cual alcanza también prácticamente un 50% de pérdidas.

**Tabla 2.4 Comparación de cobertura de abasto de agua Sancti Spíritus-Cuba.**

<b>Cobertura de abasto de agua</b>									
<b>Provincia</b>	<b>Población</b>	<b>Total servida</b>		<b>Conexión domiciliaria</b>		<b>Fácil acceso</b>		<b>Servicio público</b>	
		<b>Habitant</b>	<b>%</b>	<b>Habitant</b>	<b>%</b>	<b>Habitant</b>	<b>%</b>	<b>Habitant</b>	<b>%</b>
Cuba	11,221,060	10,728,661	95.6	8,501,438	75.8	1,709,874	15.2	517,348	4.6
Sancti Spíritus	465,931	464,509	99.7	302,823	65.0	122,631	26.3	39,055	8.4

Las estaciones de bombeo de la Empresa de Acueducto de la provincia son 171, siendo de estas 36 certificadas y las restantes 135 no están certificadas. La población sin servicio de agua potable por parte de Acueducto es de 122.158 de personas.

El equipamiento tecnológico existente es bastante deficiente por falta de recursos materiales y herramientas, así como medios de transporte para la movilidad de las brigadas de mantenimiento, además se requieren medios de comunicación para cada una de estas brigadas.

De igual forma los recursos para las operaciones que se requieren para una buena ejecución son deficitarios tanto en medios de transportación como en equipamientos requeridos.

Las interrupciones, más frecuentes en el servicio de agua son debido a roturas de los equipos de bombeo, falta de fluido eléctrico y afectaciones por sequía de las fuentes.

El tiempo medio de servicio que se presta a la población es de 11 horas diarias cuyas ciudades más críticas con el tiempo medio de servicio son Trinidad, Fomento, Taguasco Cabaiguán las cuales están por debajo de las 8 horas de servicio.

Las causas fundamentales que presentan las ciudades más críticas a pesar de que cumplen el indicado por de más de 95% de calidad son: Cabaiguán y Fomento, así como el asentamiento urbano de zaza del Medio perteneciente al municipio de Taguasco debido al estado técnico de las redes.

**Tabla 2.5 Cobertura de abasto de agua por municipios**

Municipio	Pob.	Servida		Domiciliaria		Fácil Acceso		Servicio Público	
		Hab.	%	Hab.	%	Hab.	%	Hab.	%
Yaguajay	56.008	25.310	45.2	23.92	94.5	870	1.5	520	0.9
Jatibonico	42.616	20.382	47.8	18.90	92.7	1.00	2.3	482	1.1
Taguasco	34.659	12.700	36.6	12.70	100	-		-	
Cabaiguan	65.959	47.542	72.1	44.53	93.6	2.23	3.3	782	1.2
Fomento	33.001	10.620	32.2	9.970	93.8	650	1.9	-	
Trinidad	75.657	50.864	67.2	49.50	97.3	670	0.8	694	0.9
Sancti Spiritus	137.77	115.73	84.1	109.3	94.5	5.63	4	724	0.5
La Sierpe	16.438	13.208	80.3	13.20	100	-		-	
<b>Total</b>	<b>462.11</b>	<b>296.36</b>	<b>64.1</b>	<b>282.1</b>	<b>95.1</b>	<b>11.1</b>	<b>2.4</b>	<b>3.20</b>	<b>0.7</b>

Un reciente mejoramiento al acueducto de Trinidad con el incremento de 50 l/s desde el pozo Oeste II el cual abastece, provisionalmente, las redes del oeste de la ciudad hasta tanto sean conformados los circuitos definitivos.

### **Sistemas de Alcantarillado**

Las ciudades y comunidades con sistema de saneamiento son bastante limitadas en la provincia (ver tabla 2.6), pues solo tiene un sistema de saneamiento en más de un 90% la ciudad de La Sierpe el resto de las ciudades sus sistemas son Parciales como son la Ciudad de Sancti-Spiritus, la ciudad de Trinidad, el resto de las ciudades cabeceras Municipales carecen de un sistema de saneamiento proyectado técnicamente y en su casi totalidad poseen un sistema de construcción espontánea

El estado técnico de los sistemas existentes es sumamente deficiente y las causas que lo provocan son la falta de recursos para su rehabilitación, así como la falta de mantenimiento sistemático

Existen en el territorio 20 lagunas de oxidación de las cuales 9 están certificadas y de los 11 restantes se tienen 7 en estado regular y 4 en mal estado.

Los tanques sépticos suman 20, los cuales pertenecen a la EAASS se encuentran en regular estado 5 y en 14 en mal estados por falta de recursos y mantenimiento, y 1 en buen estado técnico.

La provincia cuenta con 147 estaciones de bombeo perteneciente a EAASS, las cuales mantienen los siguientes estados técnicos: 65 en buen estado, 49 regular y 33 en mal estado técnico.

No se tiene un inventario físico de las fosas existentes en la provincia pues este número lo registra la Vivienda.

**Tabla 2.6 Cobertura de saneamiento por municipios.**

Municipio	Población	Servida		Alcantarillado		Fosas y Letrinas	
		Hab.	%	Hab.	%	Hab.	%
Yaguajay	56 008	57.786	103	3.450	6.1	54.336	97
Jatibonico	42 616	39.856	93.5	3.930	9.8	35.926	84.3
Taguasco	34 659	35.640	102	2.200	6.3	33.440	96.4
Cabaiguan	65 959	65.862	99.8	3.010	4.6	62.852	95.2
Fomento	33 001	11.268	34.1	2.130	18.9	9.138	27.6
Trinidad	75 657	67.782	89.6	6.500	9.6	61.282	80.9
Sancti Spiritus	137 776	124.228	90.2	59.710	48.1	64.518	46.8
La Sierpe	16.438	16.096	97.9	6.060	37.6	10.036	61
<b>Total</b>	<b>462.114</b>	<b>418.518</b>	<b>90.6</b>	<b>86990</b>	<b>18.8</b>	<b>331528</b>	<b>71.7</b>

Los territorios con coberturas más bajas son los de Yaguajay, Jatibonico, Cabaiguan y Fomento, las causas son ausencia de infraestructura de redes de Alcantarillado, así como un deficiente mantenimiento por falta de recursos a las pocas redes existentes. No está identificada la población que practique el fecalismo a cielo abierto

En la actualidad el equipamiento tecnológico para apoyar el saneamiento en la provincia es bastante deficiente pues su flota de carros fosas en su gran mayoría son Camiones ZIL Soviéticos del pasado siglo, por otra parte, la infraestructura de redes de

Alcantarillado se encuentra en mal estado por carencia de recursos materiales para rehabilitarlas y falta de mantenimientos

Del volumen de agua suministrado a la provincia (58,863mill/m<sup>3</sup>) son evacuados por los sistemas administrados por el INRH, 18,033 millones de m<sup>3</sup> de residuales, de ellos fueron tratados antes de verter al medio 8,142 millones de m<sup>3</sup> de los mismos, notándose un ligero incremento con relación al año 2013. Los municipios que presentan los niveles más bajos de tratamiento de las aguas residuales son: Sancti Spíritus (12%), Jatibonico (36%) y Taguasco (46%).

### **Lagunas de oxidación**

En la provincia existe un total de 20 lagunas de oxidación administradas por INRH, las cuales son las de mayor capacidad.

Pero además de ellas existe una cantidad no contabilizada de lagunas en instalaciones industriales, escuelas en el campo y cochiqueras que dan tratamiento a grandes volúmenes de residuales y deben ser controladas pues su vertimiento, no certificado en muchas ocasiones, puede ser contaminante de las reservas subterráneas.



**Figura 2.13**

## **Puntos de vertimiento de residuales**

Existe un gran déficit de puntos de vertimientos autorizados donde los residuales vertidos reciban un correcto tratamiento.

Debido a que un alto % de los residuales domésticos es vertidos en fosas, estas requieren de una limpieza sistemática lo que genera un gran volumen de residuales líquidos que son vertidos en zonas con posible contaminación como cursos superficiales o áreas de siembra.

Solo existe un punto de vertimiento de carros fosa en la laguna de oxidación I de Trinidad que cumple con los requerimientos para el vertido y el tratamiento, el resto de las lagunas que reciben vertimiento de carros fosa no requieren las condiciones para esta operación.



**Figura 2.14**

## **Plantas de tratamiento de residuales**

La única Planta de Tratamiento de Residuales existente en la provincia es la Planta María Aguilar (ver tabla 2.7), que producto de una mala construcción y terminación de la obra ha presentado serias dificultades en su funcionamiento, actualmente se encuentra en fase de rehabilitación y sustitución de los aireadores.

**Tabla 2.7 Características de la PTR María Aguilar.**

<b>Planta Existente</b>	<b>Gasto</b>	<b>Volumen Promedio m<sup>3</sup></b>	<b>Volumen Efluente m<sup>3</sup></b>	<b>% Remoción</b>	<b>Disposición final</b>	<b>Volumen reúso</b>
PTR María Aguilar	17.93	15 55,2	13 99,7	-	Riego de áreas verdes	-

## **2.2 Síntesis de la problemática hidráulica en Sancti Spíritus.**

Una vez analizados cada uno de los elementos que forman parte del Esquema Provincial Hidráulico en Sancti Spíritus se llega a las siguientes conclusiones:

- La Toma de agua del acueducto Yayabo dentro del límite urbano de la ciudad de Sancti Spíritus.
- Considerables pérdidas por conducción y distribución en los sistemas de acueducto derivadas de los años de explotación acumulados y al escaso mantenimiento.
- Cabeceras municipales de Fomento y Taguasco sin sistema de abasto de agua por acueducto.
- Escaso tratamiento final de los residuales domésticos en asentamientos por falta de alcantarillado y sistemas de tratamiento.
- Varios asentamientos de la provincia consumen agua superficial cruda como Siguaney, Tuinucú, Zaza del Medio y FNTA.
- Las características geólogo-geomorfológicas del territorio, que condicionan un predominio del drenaje superficial.
- La elevada intensidad de las lluvias durante los eventos meteorológicos severos, que generan un gran volumen de aguas.

- La presencia de ríos con grandes llanuras de inundación donde la planicidad del relieve y el escaso encajamiento del cauce, favorecen la rápida salida del agua del cauce principal durante las crecidas.
- El mayor peligro de inundación se presenta en los cursos inferiores de los ríos Agabama, Zaza y Jatibonico del Sur, una zona de interés agrícola con instalaciones económicas y asentamientos poblacionales que resultan afectados, como: Caracusey, FNTA, Tunas de Zaza, El Médano, Tayabacoa, El Caney y otros. Otras pequeñas cuencas también se inundan en el curso bajo de su río principal, como Yagüey Abajo.
- La modificación de las redes de drenaje natural derivadas de la construcción de sistemas de canales para riego y drenaje en las llanuras septentrional (municipio Yaguajay) y meridional (La Sierpe, Sancti Spíritus y Trinidad) de la provincia.
- La progresiva obstrucción de las redes de drenaje natural en las áreas urbanas producto de las construcciones en las riberas de los arroyos y ríos. Ello se agrava por la insuficiencia de redes de alcantarillado pluvial, así como por la eliminación de los cauces originales mediante el relleno o el entubado de los mismos.
- Riesgos relacionados con la inadecuada explotación de las fuentes, al no conocerse los volúmenes reales de extracción.
- Desconocimiento de los volúmenes de entrega reales a los diferentes clientes y por tanto deficiencias en el proceso de facturación de los consumos, con las consecuentes pérdidas económicas para las empresas.
- Insuficiencias en la determinación de las pérdidas y eficiencias de los sistemas; con la consecuente sobreexplotación, incremento en los consumos energéticos e imposibilidad de realizar análisis objetivo de prioridades para la rehabilitación.
- Insuficiente aseguramiento logístico para la implementación del metraje.
- Baja eficiencia en el uso del agua para el riego debido al mal estado técnico de los sistemas y al predominio de sistemas poco eficientes (gravedad y por aspersion).

- Generalizada falta de una cultura de uso racional y productivo del agua, así como de la importancia de este recurso y la ineludible necesidad de su protección y ahorro por personas naturales y jurídicas.
- El empleo de tecnologías obsoletas y poco eficientes en los distintos procesos de producción y servicios.
- Baja cobertura en la hidrometría de gestión por el deterioro o ausencia de equipos y medios para realizar la misma, por lo que el agua realmente consumida en la mayoría de los casos no cuenta con registros confiables, lo que imposibilita implementar con el rigor requerido una gestión del agua dirigida a su uso eficiente y productivo.
- Insuficientes niveles de producción, elevados precios, mala calidad y deterioro de los accesorios hidráulicos empleados tanto por el sector estatal como residencial, que introduce pérdidas interiores del total del agua suministrada por los sistemas de acueducto.

## **CAPITULO III: PROPUESTA DE ESQUEMA DE APROVECHAMIENTO HIDRÁULICO PROVINCIAL IDEAL.**

A partir de los datos que se muestran en el capítulo anterior y sobre la base de lo que se estipula la realización del EPAH para la provincia de Sancti Spíritus, se realiza el análisis que permite determinar los elementos del esquema que deben ser mejorados para lograr el uso óptimo del recurso agua.

### **3.1 Premisas de trabajo.**

Para llegar a optimizar el uso de la infraestructura y el recurso agua se plantean las siguientes premisas de trabajo:

1. Lograr el abasto de agua tratada potable al 100 % de la población en la provincia.
2. Reducir al máximo la utilización de productos químicos para el tratamiento logrando que las fuentes sean lo más limpias y protegidas posibles.
3. Distribuir equitativamente los abastos de fuentes superficiales y subterráneas para garantizar la no sobreexplotación de las mismas.
4. Alcanzar que el 100 % de los residuales domésticos e industriales sean tratados y viertan dentro de la norma al medio.
5. Alcanzar el mayor reúso del agua ya sea para fertirriego u otros fines en dependencia de su calidad.
6. Eliminar las inundaciones asegurando la capacidad de drenaje de los cauces superficiales para grandes avenidas de agua.
7. Mantener e incrementar la capacidad de embalses necesarios para el abasto y riego controlando su nivel de alivio para no incrementar la salinidad en las zonas costeras.
8. Distribuir la red de canales aguas debajo de los embalses, hacia la mayor cantidad de tierra cultivable posible.
9. Reducir el bombeo utilizando la gravedad siempre que lo permita el terreno.
10. Utilizar la energía hidráulica para la producción de energía a toda su capacidad.
11. Lograr el multiuso de la mayor cantidad de obras hidráulicas como vías fluviales de transporte o siembra de alevines.

### **3.2 Propuesta de EPAH de Sancti Spíritus en condiciones ideales.**

#### **MODELO PROVINCIAL IDEAL**

Para la obtención de un escenario ideal dentro de la conformación del EPAH se ideó un territorio donde todo el recurso agua sea controlado, se alcancen los niveles de efectividad máximos, se exploten todas las oportunidades con que cuenta la provincia, se parta de la correcta protección de las cuencas y el control de sus zonas de protección sanitaria, para garantizar una mayor calidad del agua y reducir los usos de químicos para su purificación, donde los niveles de embalses existentes y propuestos controlen las avenidas de agua y sean eliminadas las zonas de inundación.

Además, en este diseño, se almacenen volúmenes de agua suficientes para soportar el período seco, donde la conducción del agua por canales o conductoras reduzcan al máximo el uso de bombeo y no existan pérdidas para que las demandas sean abastecidas al límite, sin falta ni derroche, donde prime el riego por gravedad, además que toda la población tenga servicio intradomiciliario de agua tratada, y los residuales líquidos domésticos e industriales sean correctamente tratados, donde el agua tratada tenga un uso eficiente y vierta dentro de los parámetros de las normas, todos los cauces superficiales.

#### **PLAN HIDRÁULICO IDEAL POR TEMÁTICAS**

A continuación se brinda la propuesta de solución para lograr la realización del modelo ideal del EAHP en Sancti Spíritus a partir del análisis de cada uno de los elementos que lo conforman.

##### **Cuencas superficiales**

El estudio y protección de las cuencas debe ser permanente, el trabajo de la comisión provincial de cuencas hidrográficas debe tener un seguimiento para mantener la reforestación de las mismas, así como el control de los focos contaminantes.

La cuenca Zaza, segunda en magnitud del país cuenta con un plan de manejo especial por incluir territorio de dos provincias, pero la mayor parte se encuentra en la nuestra por lo que cada inversión a acometer o acción dentro de esta área debe mantener un estricto control para su protección.

Como parte del mejoramiento de la operatividad de las cuencas se propone:

- Incrementar el seguimiento, monitoreo y control de las fuentes contaminantes
- Incrementar el seguimiento, monitoreo y control de los programas de reforestación.
- Limpieza permanente de los cauces superficiales dentro de las zonas urbanas fundamentalmente para evitar arrastres u obstrucciones de los escurrimientos.

### **Cuencas subterráneas**

Para una mejor explotación de las cuencas subterráneas y lograr la conservación de las mismas con reservas para periodos secos es necesario culminar la red de monitoreo de la provincia hacia las cuencas no estudiadas del centro de la provincia fundamentalmente.

Se propone culminar el completamiento de la perforación de pozos de la REDCAL para mantener un sistemático monitoreo de las cuencas.

Se requiere prestar mayor atención hacia la cuenca de Trinidad SS-13, por ser la más explotada dentro de la provincia y ser utilizada fundamentalmente para abasto humano, además de estar cerca de la zona costera gran parte de sus pozos se encuentran al sur de la ciudad donde el escurrimiento puede afectar la calidad del agua por contaminación a través de los residuales domésticos por lo que el saneamiento de la ciudad es una acción fundamental para la protección de esta cuenca.

### **Embalses**

La construcción de la Presa El Naranjo constituye una de las inversiones más necesarias para el territorio, pues tendrá como función principal las regulaciones de las avenidas del arroyo que lleva el mismo nombre para evitar las afectaciones provocadas por estas en la obra del cruce con el Canal Magistral Zaza, al regular el aporte de azolve al Canal Naranjo que realizará entregas de agua al trasvase.

Esta inversión solicitada comprenderá las afectaciones de la cortina y áreas de la presa, el canal toma de agua, el canal del aliviadero y el dique para mitigar los daños causados por la ejecución de la presa.

Están previstas a ejecutar y rehabilitar las siguientes presas:

- Reparación cortina Presa Zaza, zona de filtraciones.
- Reparación Presa La Felicidad.
- Recrecimiento de la cortina Presa Siguaney.
- Construcción de las presas Yaguá 1 y Yaguá 2.
- Construcción de la Presa Mayabuna.
- Recrecimiento de la Presa Banao II.
- Construcción de la Presa Tayabacoa.
- Culminar la reparación Derivadora El Patio
- Construcción de la Presa Bellamota 95 hm<sup>3</sup> de agua

Las Presa Caracusey- Unimazo y Agabama están previstas a construirse en la etapa 2026- 2030.

### **Canales**

El Trasvase Centro- Este fue concebido para ejecutar sistemas hidráulicos con el propósito de abastecer el riego de las áreas agrícolas del Sur de las provincias de Sancti Spíritus, Ciego de Ávila y Camagüey, realizándose el planeamiento acorde a ese territorio para lograr los siguientes objetivos:

1. Continuar la construcción del Canal La Felicidad.
2. Dar valor de uso al Canal Magistral Zaza – Ciego (39.6 km).
3. Comenzar la reparación del Canal Magistral Zaza (20.8 km) o sea desde la presa Zaza a la Derivadora Sur del Jibaro, el cual presenta un avanzado estado de deterioro constructivo y altas pérdidas de agua en la conducción
4. Reiniciar la investigación y proyecto ejecutivo de la Presa Naranja. Esta obra evitaría la deposición de azolves debajo del Puente-Canal Naranja e incorporaría unos 10.0 hm<sup>3</sup> de agua al Trasvase.
5. Reiniciar las investigaciones y el proyecto ejecutivo del tramo de canal magistral Agabama – Zaza entre el canal Zaza y la Presa Higuanojo, unos 37 km con sus respectivas incorporaciones al canal.

6. Terminación de la reparación de la presa La Felicidad y de la Derivadora el Patio, obras que condicionan el inicio de la reparación del Canal Zaza y que actualmente se trabaja en las mismas.

7. El resto del Traslase, o sea la continuación del Canal Zaza – Ciego, el Canal Agabama – Zaza, la Presa Agabama y otras deben concebirse para un segundo período, después del 2030.

Se estima que el trasvase Agabama-Zaza-Ciego de Ávila-Camagüey será capaz de conducir 1 624.91 hm<sup>3</sup> de agua, de los cuales 1 191,92 hm<sup>3</sup> son de fuentes superficiales y 433,0 hm<sup>3</sup> son subterráneas. De las aguas superficiales existen disponibles 718.96 hm<sup>3</sup> y el volumen restante será aportado por la presa Meyer (Agabama), Unimazo - Caracusey y otras presas de menores volúmenes de entrega. Este trasvase tiene la ventaja que el flujo de agua por conducción será por gravedad.

El canal tendría como usos fundamentales el abasto de agua a territorios de desarrollo de arroz, la ganadería, los cultivos varios, soya, así como liberar aguas subterráneas y embalsadas actualmente utilizadas en el arroz para otros usos y mantener reservas de aguas subterráneas.

Propiciará la recuperación económica de zonas históricamente dedicadas al cultivo del arroz, con un elevado potencial de suelos de gran capacidad para este cultivo, muy deprimidos en los últimos años. Incorporará puestos de trabajo para la población asentada.

Mejorará la conectividad en el sentido horizontal entre los territorios del sur de la provincia con la provincia de Ciego de Ávila, a través de la vía de mantenimiento que se construiría aledaño al canal.

Debe preverse para después del año 2030 la continuación de la construcción del Canal Magistral Agabama- Zaza en el tramo desde la Presa Higuanojo hasta la Presa Caracusey- Unimazo, la Presa Caracusey- Unimazo y la Presa Agabama, donde se ubicarían las brigadas constructoras, así como la continuación del Canal Zaza- Ciego.

A continuación, se muestra la evaluación de impactos que traerá consigo la construcción y reparación de canales de los 100 km de canales magistrales de este tramo y la construcción de las seis presas de incorporación:

- Con la puesta en explotación del agua subterráneo en las áreas arroceras en el Sur del Jibaro se puede recuperar unos 57.0 hm<sup>3</sup> de agua para el trasvase.
- Con la reparación de los 20.8 km del Canal Zaza se recuperan unos 20,0 hm<sup>3</sup> de agua que hoy se pierden en la conducción.
- Con la construcción del canal de recarga al manto freático en el sur de la provincia de Ciego de Ávila se pone en explotación totalmente el Canal Zaza-Ciego durante el período lluvioso, aprovechando las demasías de agua de la Derivadora Sur del Jibaro y la Presa Zaza.
- Con la construcción de la Presa Naranja se recuperarán 10.4 hm<sup>3</sup> de agua que se incorporan al Trasvase.
- Con la construcción del Tramo Canal Zaza-Yagua II del Canal Magistral Agabama-Zaza de 11.5 km y las presas Yagua I y II se incorporan al Trasvase 7.0 hm<sup>3</sup> de agua.
- Con la construcción del Tramo Yaguá II- Mayabuna del Canal Magistral Agabama-Zaza (6.5 km) y la presa Mayabuna se incorporan al Trasvase 17.0 hm<sup>3</sup> de agua.
- Con la construcción del Tramo Mayabuna-Tayabacoa del Canal Magistral Agabama-Zaza (11.0 km) y la presa Tayabacoa y Banao se incorporan al Trasvase 29 hm<sup>3</sup> de agua.
- Con la construcción del Tramo Tayabacoa-Rio Higuanojo del Canal Magistral Agabama-Zaza (8 km) se incorpora al trasvase la presa Higuanojo con una entrega neta de 36 Hm<sup>3</sup> de agua, de los cuales se pierden aproximadamente el 50 % en la conducción en el tramo que actualmente está construido de 4.3 km y que cuando se repare con la calidad requerida se recuperarán unos 10 hm<sup>3</sup> de agua.

- Con la construcción del Complejo Hidráulico Bellamota al Norte de la provincia se benefician unas 20 000ha de tierra en un territorio desprovisto de agua y con suelos productores de granos.

## Hidrometría

La magnitud de los problemas identificados en relación a la medición del agua sugiere el carácter impostergable de la implementación de un conjunto de acciones que permitirán revertir la situación existente.

**Tabla 3.1 Propuesta de mejoramiento en las estaciones.**

Tipo de Estación	Mejoramiento (unidades)
Pluviográficas	8
Pluviométricas	30
Hidrométricas (molinetes c-31)	3
Hidrométricas (limnógrafos)	5
Climáticas	Termómetros de mínimas
Evaporimétricas	7 evaporímetros
Sensores de nivel	5
Gabinete y dispositivos de registro y transmisión de datos	5
Número de embalses con aliviaderos de compuertas con automatización de su operación	3

### Hidrometría del Ciclo Hidrológico:

Se propone un mejoramiento sustantivo en el conjunto de la red de estaciones y del equipamiento que miden las variables del ciclo hidrológico a partir de la sustitución, completamiento y modernización de las mismas, lo que garantizará cubrir en todos los casos el 100% de la cobertura necesaria según los diseños elaborados para cada caso. De esta manera el territorio estará en mejores condiciones de obtener registros más abarcadores, oportunos, confiables y de mayor calidad que permitan a su vez mejorar:

- La evaluación (cantidad, calidad, distribución temporal y espacial) de los recursos hídricos de la provincia, el potencial para el desarrollo socioeconómico y la capacidad de satisfacer la demanda actual y futura.
- La seguridad de personas y bienes frente a los riesgos relacionados con el agua, en particular las inundaciones y las sequías.
- La planificación, el diseño y la ejecución de proyectos hidráulicos.
- La evaluación de los efectos económicos, sociales y ambientales, de las prácticas de gestión, actuales o previstas, de los recursos hídricos, así como la adopción de políticas y estrategias adecuadas.
- La evaluación de las repercusiones en los recursos hídricos de las actividades de otros sectores, como la urbanización o la explotación forestal.

Es imprescindible la adquisición de medios y equipos de medición como son: caudalímetros portátiles, molinetes ultrasónicos para canales, y sensores de nivel entre otros, con lo cual se logra incrementar sustancialmente las acciones de medición, monitoreo y control de todo el universo de consumidores de agua.

Un requerimiento indispensable para llevar a cabo este programa es la creación de brigadas de montaje. Para lograr los niveles de cobertura proyectada se requiere de un gran monto financiero.

### **Sistemas de riego**

En la actividad de Riego se prevé la ejecución de un conjunto de acciones que garantizarán una mejoría notable en la medición del agua, lo cual permitirá realizar evaluaciones más objetivas sobre la eficiencia real en su uso, así como perfeccionar sustancialmente el proceso de planificación de la misma. Entre estas acciones se encuentran:

- Recuperación de la red hidrométrica a partir de la del “Programa de recuperación de canales”, que incluye la recuperación de compuertas, hidromecanismos y vertedores.
- La adquisición de caudalímetros para el 100 % de máquinas de riego existentes.

## Reúso del agua

Referente al reúso de este importante recurso natural actualmente se cuenta con otras potencialidades donde su valor de uso pudiera evaluarse para su aprovechamiento, precisamente en la cabecera provincial, a través de la laguna de oxidación Circunvalante Sur y en la península Ancón se prevé ejecutar el tratamiento de residuales mediante 4 PTR a lo largo del corredor técnico donde se utilizaría el efluente final como reúso para el riego de los campos de Golf y otras áreas verdes.

Existe un gran volumen de residual que puede ser utilizado como fertirriego en las lagunas existentes y en otros sistemas a construir en el futuro lo cual debe tenerse en cuenta siempre que la caracterización del residual a verter cumpla con los requerimientos establecidos.

## Pozos

Como propuesta para la correcta explotación de los recursos subterráneos es necesario la culminación de la perforación de los pozos para el monitoreo de la RDCAL en las cuencas estudiadas como muestra la siguiente tabla, así como en las demás cuencas aun sin estudiar.

**Tabla 3.2 Resumen de la red básica de monitoreo.**

Cuencas	Tipo de red				
	Monitoreo	Sondeo	Semestral	Mensual	Batométrica
Trinidad	35	34	31	3	4
San Pedro	5	3	0	3	2
Banao	6	4	0	4	2
Guasimal	6	4	0	4	2
Sur Jíbaro	39	38	34	4	6
SW Camag.	23	22	18	4	2
Dol. Yaguaj.	7	5	0	5	2
Centeno	4	2	0	2	2
Aridanes	5	3	0	3	2
B. Colorado	26	26	21	5	0
<b>Total</b>	<b>156</b>	<b>141</b>	<b>104</b>	<b>37</b>	<b>24</b>

La perforación de pozos de reserva para período seco debe ser una prioridad para garantizar la protección de los recursos superficiales que por ser más económicos en ocasiones pueden ser sobreexplotados, por lo que es necesario completar la red de pozos para su explotación conjunta y equilibrada.

### **Conductoras de agua**

Como completamiento a la red de abasto a la población de las ciudades cabeceras municipales que aún cuentan con déficit en este servicio es necesario el trazado de aproximadamente 70 km de nuevas conductoras de grandes diámetros para el abasto a las mismas, entre las más importantes se encuentran las siguientes

**Tabla 3.3 Resumen de las conductoras.**

<b>Municipio</b>	<b>Conductora</b>	<b>Diámetro mm</b>	<b>Longitud km</b>
Trinidad	Pozos Arenas Algaba - Trinidad	800	22
Jatibonico	Potabilizadora – Taguasco -Tuinucú	800	28
Jatibonico	Potabilizadora – El Patio	500	18
Fomento	Agabama - Fomento	500	3.5

### **Plantas Potabilizadoras**

Entre las acciones a acometer para el mejorar la potabilidad del agua de consumo humano se encuentra el mejoramiento y modernización de las plantas actuales así como la culminación del segundo módulo de 600 l/s de la planta Macaguabo para garantizar el abasto a la cabecera provincial, Cabaiguán y Guayos, con el funcionamiento de la planta de Jatibonico se garantizaría el abasto de 72 000 habitantes en diferentes asentamientos como, Jatibonico y sus asentamientos al sur, los cuatro asentamientos urbanos del municipio Taguasco (Taguasco, Zaza del Medio, Siguaney y Tuinucú) además de los asentamientos en ruta.

El municipio Fomento es el único que necesita de una planta potabilizadora para su abasto la cual puede ser construida en el asentamiento de Agabama potabilizando el agua del río del mismo nombre y sirviendo a estos dos asentamientos con una población de 22 000 habitantes

### **Acueductos**

Entre las Principales obras en ejecución se encuentran redes de distribución de Acueducto Jatibonico, Conductoras de pozos Santiago Escobar en Trinidad, se debe concluir la rehabilitación de la Planta Potabilizadora Jatibonico (Papelera) y en los próximos años las plantas de Trinidad, y Macaguabo.

Para mejorar el acceso y calidad de los servicios de agua potable y a su vez disminuir las pérdidas que actualmente se registran en las redes de acueducto, se proyecta un importante proceso inversionista tanto para la rehabilitación de sistemas existentes, como para la construcción de nuevos acueductos en determinados asentamientos humanos, además de la rehabilitación y construcción de Plantas Potabilizadoras.

El proyecto de rehabilitación hidráulica de la ciudad de Trinidad incluye el empleo de fuentes tradicionales de abasto como los manantiales de San Juan de Letrán, el sistema Santiago Escobar – Las Piñas y los llamados pozos del Oeste, ya se encuentra conectados los pozos del Oeste II, así como la incorporación futura del bombeo desde la zona de Arenas Algaba en las márgenes del río Agabama.

Todas las inversiones antes enunciadas serán financiadas por el Fondo de la Organización de países exportadores de petróleo para el desarrollo internacional OFID, así como en la solución de corregir los salideros, fosas y vertimientos en Trinidad, Sancti Spíritus, Jatibonico, Cabaiguán por solo mencionar los más representativos.

Los municipios más afectados por los salideros son Cabaiguán, Trinidad, y Sancti Spíritus, estos últimos presentan problemas para su solución por incompatibilidad entre los materiales existentes por su antigüedad y los materiales que llegan hoy al territorio por lo que soluciones innovadoras son frecuentes y se requiere de su incremento hasta tanto sean rehabilitadas por completo las redes.

Además, se concentran equipos, incluso hasta de otros organismos, como medios de excavación y compresores, así como personal capacitado durante varios días en las zonas más afectadas por los salideros, para erradicarlos en breve período de tiempo.

A fin de resolver las pérdidas de agua, se ejecutan, además, dos grandes inversiones en Jatibonico y Trinidad, aunque ambas han presentado problemas, sobre todo, con la llegada de los equipos.

Otra de las medidas no menos importante y que garantizará una mejora considerable en la operación y eficiencia de los sistemas de acueducto, es el incremento de la sectorización en los mismos, previéndose llegar al 2022 con 3 ciudades sectorizadas.

### **Sistemas de Alcantarillado**

Se propone comenzar las acciones de mantenimiento, rehabilitación y construcción de sistemas de alcantarillado por la ciudad de trinidad ya que su cuenca subterránea es la más explotada de la provincia por prestar abasto a la población por lo que debe ser prioritaria su protección.

Las acciones de los sistemas de alcantarillado, de drenaje pluvial, así como de Plantas de Tratamiento de Residuales en el municipio de Trinidad, se comportan de la siguiente forma:

La ciudad de Trinidad constituye uno de los núcleos poblacionales que cuenta a nivel nacional proyectos de cobertura de saneamiento que por las características físicas geográficas donde se encuentra asentada, sus aguas residuales se evacuan hacia fosas sépticas por donde se infiltran al subsuelo, debido a las características de cavernosidad y agrietamiento de los estratos, este proceso está contaminando el acuífero existente en la zona, que es a su vez la fuente de abasto del sistema de distribución de agua con que cuenta la Ciudad.

**Tabla 3.4 Plantas de tratamiento de residuales.**

<b>Inversión</b>	<b>Valor Total</b>	<b>Inicio</b>	<b>Terminación</b>	<b>Obra Nueva</b>
PTR María Aguilar (primera etapa importación).	0,48	2020	2022	X
Alcantarillado Zona Baja circuitos 6A, 9A, 8, 7B	3,00	2020	2022	X
Construcción Planta de Tratamiento de Residuales María Aguilar.	1,30	2022	2025	X
Colectora de Residuales Península Ancón.	1,04	2022	2026	X
Colectora de Reúso Península Ancón.	1,34	2022	2026	X
Construcción Planta de Tratamiento de Residuales Ancón.	3,00	2023	2028	X
<b>Total</b>	<b>10,16</b>		<b>6</b>	

Por el amplio desarrollo que se prevé dentro del sector turístico que demanda la creación de nuevas obras e infraestructuras encaminadas a garantizar el saneamiento para preservar la calidad de vida, se hace eminente una solución estratégica que dé respuesta al desarrollo sostenible de la preciada villa.

Existen otras acciones encaminadas a mejorar la cobertura de saneamiento de la provincia se muestran a continuación:

- Entubamiento del primer tramo (100 m) del curso superficial Mataburro en la ciudad de Sancti Spíritus.
- Drenaje y Alcantarillado calle Tamarindo (calle Cañada) Reparto Escribano.
- Proyecto de abasto y alcantarillado Taguasco –Siguaney-Tuinucú.
- Rehabilitación Laguna de oxidación Yaguajay.
- Rehabilitación Laguna de oxidación San Pablo en Sancti Spíritus.
- Rehabilitación laguna Casilda en Trinidad.

- Obras saneamiento río Yayabo.
- Primera etapa Drenaje y Alcantarillado Camino La Habana ciudad Sancti Spíritus.
- Alcantarillado y Drenaje Reparto Jobo Gordo en la ciudad de Sancti Spíritus

**Tabla 3.3 Cobertura del servicio de alcantarillado.**

<b>POBLACIÓN CON SERVICIO DE ALCANTARRILLADO 2015 – 2020</b>								
<b>Municipio</b>	<b>2018</b>		<b>2019</b>		<b>2020</b>		<b>2022</b>	
	<b>Población Servicio</b>	<b>%</b>						
Yaguajay	3.450	5	3.519	5	3.589	6	3.661	6
Jatibonico	3.930	9	4.000	9	4.088	9	4.171	9
Taguasco	2.200	6	2.244	6	2.289	7	2.334	8
Cabaiguan	3.010	5	3.070	5	3.132	5	3.194	6
Fomento	2.130	19	2.173	19	2.216	20	2.660	20
Trinidad	6.500	10	6.630	10	6.762	10	6.897	11
Sti Sptus	59.710	48	60.904	48	62.122	49	63.365	49
La Sierpe	6.060	38	6.181	38	6.305	38	6.431	38
<b>Total</b>	<b>86.990</b>	<b>21</b>	<b>88.729</b>	<b>21</b>	<b>90.504</b>	<b>21</b>	<b>92.315</b>	<b>22</b>

### **Lagunas de oxidación**

Por el mal funcionamiento y la sobreexplotación de las lagunas El seis en Jatibonico y Armando Mestre en Trinidad se propone dar baja a las mismas partiendo de la existencia de otras en su sustitución y así se permite dar rehabilitación a las áreas ocupadas por estas para otro futuro uso.

Se necesita el completamiento de los alcantarillados para coleccionar los residuales hacia nuevas lagunas por construir como es el caso de Mayajigua donde todo el asentamiento será servido por esta laguna a construir.

A medida que se acometan las acciones de construcción de los alcantarillados en las ciudades se requiere de la construcción de nuevas lagunas de oxidación por lo que es

necesario preservar áreas para este fin y mantenerlas en permanente conciliación con los planes de ordenamiento urbano que rectorea IPF.

Existe además un potencial en lagunas existentes que son administradas por otros organismos, industrias, escuelas, convenios porcinos las cuales requieren de un monitoreo constante para controlar sus vertimientos y posible reusó.

### **Puntos de vertimiento de residuales**

Los puntos de vertimiento de residuales líquidos requieren de un tratamiento especial pues grandes volúmenes de lodo requieren de ser tratados por las características de nuestros sistemas donde contamos con numerosas de fosas que son limpiadas con frecuencia, estos puntos han sido conciliado con los organismos rectores teniendo en cuenta distancia, topografía y tipos de suelo para ser utilizados con este fin temporalmente hasta tanto todos nuestros asentamientos cuenten con sistemas completos de alcantarillados.

**Tabla 3.4 Puntos de vertimientos por municipios.**

<b>Municipio</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Punto de Vertimiento</b>
Yaguajay	1	Laguna de Estabilización Aridanes
Jatibonico	1	Laguna de estabilización La Yaya
Taguasco	1	Tanque Séptico Taguasco
Cabaiguán	1	Laguna de Oxidación Vertedero Punta Diamante
Fomento	1	Nuevo Pedrero, sistema alcantarillado edificios
Trinidad	1	Laguna de estabilización Armando Mestre
Sancti Spíritus	1	Laguna de estabilización San Pablo
La Sierpe	1	San Carlos, Sistema de alcantarillado
La Sierpe	1	Laguna de Estabilización Sierpe Sur
<b>Total</b>	<b>9</b>	

### **Plantas de tratamiento de residuales**

Por las características del territorio la mayoría de los residuales pueden ser tratados por sistemas convencionales ya sea lagunas de oxidación para grandes volúmenes o tanques sépticos y fosas en pequeñas escalas.

Solo existe una zona de desarrollo turístico en la Península de Ancón que, por las limitaciones del terreno, los tipos de suelo y los grandes volúmenes que se generarán requieren de ser tratados mediante PTR, las cuales han sido concebidas dentro del Plan de Ordenamiento en un total de 4 de las cuales ya está en funcionamiento un módulo de la Planta María Aguilar.

También por las características del residual se requiere de un mejoramiento de la PTR de la Refinería Sergio Soto.

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **CONCLUSIONES:**

- 1- Se elaboró, a partir de la situación actual de la infraestructura hidráulica de la provincia Sancti Spíritus, un Esquema de Aprovechamiento Hidráulico que optimiza el uso de este recurso en total conformidad con las prioridades y principios establecidos en la Política Nacional del Agua.
- 2- Se evaluó integralmente la situación de los recursos e infraestructura hidráulica en Sancti Spíritus para determinar las deficiencias en cada uno de los elementos que conforman el Esquema Provincial de Aprovechamiento Hidráulico.
- 3- Se propusieron soluciones ideales de manejo del recurso hídrico teniendo en cuenta los intereses y demandas del entorno socio – económico del territorio, así como de la protección del medio ambiente.

### **RECOMENDACIONES:**

- 1- Extender las bases de la propuesta del EPAH ideal elaborado para la provincia Sancti Spíritus a otras Empresas de Aprovechamiento Hidráulico del país.
- 2- Tratar, en la medida que las condiciones económicas lo permitan, materializar la propuesta elaborada con el objetivo de optimizar todo el potencial hídrico de la provincia.
- 3- Actualizar y enriquecer la propuesta en la medida que la situación de los recursos hídricos y su infraestructura se transforme.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ANPP 1997. Ley 81 del Medio Ambiente.

ANPP 2017. Ley de Aguas Terrestres.

CAMELLÓN, J. L. 2012.

LEÓN, N. V. M. D. 2013. *Planeamiento y Optimización*.

PHN 2018.

