



**Universidad de Cienfuegos Carlos Rafael Rodríguez**  
**Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales**  
**Departamento de Estudios Económicos**  
**Programa de Maestría en Administración de Negocios**  
**Quinta Edición**

**Título:**

**“Sistema informático para el aprovechamiento de los recursos  
hidráulicos en la Provincia de Cienfuegos.”**

**Memoria Escrita**

**en opción al grado de Master en Administración de Negocios**

**Autor:**

**Ing. Marianelis Manzano Cabrera**

**Tutor:**

**Dr. Manuel Cortés Cortés**

**Cienfuegos**

**2022**

## Declaración Jurada

Hago constar que la presente Memoria Escrita en opción al grado de Máster en Administración de Negocios fue realizada en la Universidad de Cienfuegos Carlos Rafael Rodríguez, como parte de la culminación de los estudios del Programa de Maestría en Administración de Negocios. Autorizo a que la misma sea utilizada por la Universidad para los fines que estime conveniente, tanto de forma parcial como total y que además no podrá ser presentada en evento, ni publicada sin la aprobación de la Universidad.

Nombres y Apellidos del autor	Firma del autor.
-------------------------------	------------------

Los abajo firmantes certificamos que el presente trabajo ha sido revisado según las normas establecidas en nuestro centro y que el mismo cumple los requerimientos que debe tener un trabajo de esta envergadura, referido a la temática señalada.

Nombres y Apellidos del tutor.	Firma del tutor.
--------------------------------	------------------

Nombres y Apellidos del Registrador del CRAI.	Firma del Registrador del CRAI.
---	---------------------------------

Anotación del Tribunal de Defensa de la Memoria Escrita				
Fecha de la Defensa			Calificación	Firma del Presidente
Día	Mes	Año		

## Agradecimientos

*A mi mamá, a mi papá por ayudarme en toda mi vida, por su constante entrega y preocupación.*

*A mi hija por ser la razón de mi existir.*

*A mi esposo Manuel por amarme y comprenderme en todo este proceso.*

*A mis suegros Manolo y Miriam por contar siempre con su ayuda y dedicación.*

*A mis amigos por brindarme su mano cuando los necesité.*

*Muchas gracias a todos.*

## Dedicatoria

*Quiero dedicar esta tesis a todas las personas que han hecho posible que tuviera éxito, creo que sin la ayuda de ellos nunca hubiera sido posible lograrlo, es por eso que estoy eternamente agradecida con todos.*

## **Pensamiento**

*«La prueba de una innovación no es su novedad, ni su contenido científico, ni el ingenio de la idea... es su éxito en el mercado»*

*Peter Drucker*

## **Resumen**

Los recursos hídricos son los cuerpos de agua que existen en el planeta, desde los océanos hasta los ríos pasando por los lagos, arroyos y lagunas. Estos recursos deben preservarse y utilizarse de forma racional por ser indispensables para la existencia de la vida. Aunque en su mayoría son recursos renovables, existe sobreexplotación y contaminación que provocan diversas actividades humanas y hacen que los recursos hídricos estén en riesgo. La organización de la gestión del agua está enfocada al uso sostenible de la misma, su gestión integral, una correcta planificación y control público del abastecimiento. En Cuba el Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos como Organismo de la Administración Central del Estado es el encargado de dirigir, ejecutar y controlar las actividades de los recursos hidráulicos en el país. La Empresa de Aprovechamiento Hidráulico Cienfuegos (EAHCF) es la encargada de la gestión de los recursos hídricos en la provincia. Actualmente, aunque tiene un control definido de los recursos hidráulicos en la provincia no cuenta con una herramienta para una mejor gestión y procesamiento de la información. El objetivo general de la presente investigación es elaborar un sistema informático para el aprovechamiento de los recursos hidráulicos de la Provincia de Cienfuegos que emita reportes y alarmas de la situación hídrica en la provincia que contribuirá al mejoramiento de los recursos hídricos. Se presenta una validación de los resultados del sistema informático obtenido mediante el método Delphi de consulta de expertos.

Palabras claves: agua, recursos hídricos, administración, sistema informático.

## **Abstract**

Water resources are the bodies of water that exist on the planet, from the oceans to rivers through lakes, streams and lagoons. These resources must be preserved and used rationally because they are essential for the existence of life. Although they are mostly renewable resources, there is overexploitation and pollution that cause various human activities and put water resources at risk. The organization of water management is focused on its sustainable use, its comprehensive management, proper planning and public control of supply. In Cuba, the National Institute of

Hydraulic Resources as an Agency of the Central Administration of the State is in charge of directing, executing and controlling the activities of hydraulic resources in the country. The Cienfuegos Hydraulic Development Company (EAHCF) is in charge of managing water resources in the province. Currently, although it has a defined control of the hydraulic resources in the province, it does not have a tool for better management and processing of information. The general objective of this research is to develop a computer system for the use of hydraulic resources in the Province of Cienfuegos that issues reports and alarms on the water situation in the province that will contribute to the improvement of water resources. A validation of the results of the computer system obtained through the Delphi method of expert consultation is presented.

Keywords: water, water resources, administration, computer system

## Índice

INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO I: Fundamentación Teórica del aprovechamiento de los recursos hídricos en Cuba y el mundo.....	8
1.1. Introducción.....	9
1.2. Consideraciones sobre las fuentes hídricas en el mundo .....	9
1.3. Decretos y leyes en el mundo.....	13
1.4. Gestión del agua en el mundo .....	14
1.4.1. Europa .....	15
1.4.2. América .....	17
1.4.3. África .....	18
1.4.4. Asia y el Pacífico .....	19
1.5. Gestión del agua en Cuba.....	20
1.6. Decretos y leyes en Cuba.....	21
1.6.1. Empresa de Aprovechamiento Hidráulico.....	22
1.6.2. Empresa de Aprovechamiento Hidráulico Cienfuegos.....	22
1.7. Sistemas informáticos existentes.....	27
1.7.2. Sistemas existentes en el mundo.....	27
1.7.3. Sistemas existentes en Cuba .....	29
1.8. Conclusiones parciales del Capítulo .....	30
CAPÍTULO II: Fundamentos teóricos del sistema informático para el aprovechamiento de los recursos hidráulicos de la provincia de Cienfuegos. ....	31
2.1. Introducción.....	32
2.2. Análisis Estadísticos.....	32
2.3. Estadística descriptiva.....	33
2.4. Tipos de estadísticas descriptivas.....	33
2.5. Distribución de frecuencias .....	34
2.6. Tendencia central.....	34
2.7. Variabilidad .....	34
2.8. Media aritmética.....	35
2.9. Mediana .....	36
2.10. Moda.....	36

2.11.	Consideraciones entre las medidas de tendencia central.....	38
	Estadística inferencial.....	38
	Instrumentos de la estadística inferencial.....	38
2.12.	El análisis de regresión.....	39
2.13.	Regresión lineal simple.....	40
2.14.	Algoritmo de los Mínimos cuadrados lineal:.....	41
2.15.	Regresión lineal múltiple.....	42
2.16.	El método Delphi.....	43
2.17.	Sistema Informático Propuesto.....	44
	Descripción de los procesos del negocio.....	44
	Reglas del Negocio.....	44
	Requerimientos funcionales.....	45
	Requerimientos no funcionales.....	45
	Casos de Uso del negocio.....	46
2.18.	Principales Funcionalidades del Sistema Informático.....	47
	Diagrama de Casos de Uso del Sistema.....	47
	Reportes.....	47
2.19.	Conclusiones Parciales del Capítulo.....	52
CAPÍTULO III: Análisis de los resultados del Sistema.....		53
3	Resultados del software elaborado:.....	54
3.1.	Resultados generales que brinda el software:.....	54
3.3.	Método Delphi.....	56
3.4.	Coeficiente de argumentación.....	58
3.5.	Coeficiente de conocimiento.....	58
3.6.	Coeficiente de Competencia de los expertos encuestados.....	59
3.7.	Aplicación del Método Delphi.....	60
3.8.	Resultados del Delphi.....	66
3.9.	Cálculo del coeficiente de Kendall.....	68
3.10.	Condiciones necesarias para la aplicación del software.....	69
3.1.	Conclusiones del capítulo.....	70
Conclusiones generales.....		71
Recomendaciones.....		72

Bibliografia ..... 73

## **INTRODUCCIÓN**

## Introducción

### Introducción

Los recursos hídricos son los cuerpos de agua que existen en el planeta, desde los océanos hasta los ríos pasando por los lagos, los arroyos y las lagunas. Estos recursos deben preservarse y utilizarse de forma racional ya que son indispensables para la existencia de la vida. (Pérez Porto & Merino, 2021)

Aunque en su mayoría son recursos renovables, existe sobreexplotación y contaminación que provocan diversas actividades humanas y hacen que los recursos hídricos estén en riesgo. Su capacidad de regeneración muchas veces no resulta suficiente ante el ritmo de uso. Una de las grandes dificultades que enfrenta la humanidad es la falta de agua dulce. Más del 97% del agua de la tierra es agua salada cuyo aprovechamiento es complejo, por eso el agua dulce que se utiliza para el consumo humano en diferentes actividades es importante. Teniendo en cuenta que la población humana es una constante que sigue creciendo, la desertificación y las sequías obligan a los gobiernos a introducir planes centrados en el ahorro de recursos hídricos para asegurar el agua.

La importancia de estos recursos plantea retos y problemas serios. Planificarlos de manera adecuada para que todos podamos beneficiarnos de ellos no es fácil y es que no sólo los organismos la necesitan, como animales y plantas, también muchas industrias actuales requieren un gran número de agua para sacar sus producciones adelante. (Importancia, 2014)

El hombre ha tenido que idear diferentes estrategias para ganar la batalla y poder repartir mejor los recursos hídricos. Por ejemplo, en muchas zonas del mundo en la que no hay mucha agua y la que hay está contaminada utilizan recolectores de agua de lluvia. Hablamos de los lugares más extremos, aquellos países subdesarrollados que no cuentan una economía fuerte para plantear obras para aprovechar dichos recursos hídricos.

La construcción de presas y el tratamiento de aguas residuales son algunas de las estrategias que se llevan a cabo para obtener recursos hídricos que puedan aprovecharse. Es una forma de recolectar agua durante la temporada de lluvias, almacenándola para los meses en los que dichas lluvias no sean tan constantes. Además, en el caso de las presas, las mismas pueden servir como fuentes de energía como la eléctrica e incluso evitar inundaciones. El desafío es que todo aquello que se realiza para conservar el agua dulce resulte suficiente para contrarrestar el abuso y la eliminación de ésta. (Valdés & Villalejo, 2018)

Los diversos intereses relacionados con el uso del agua plantean retos importantes y muy variados que inciden en la toma de decisiones relativas al manejo de los recursos hídricos, particularmente cuando se pretende satisfacer aplicando principios de equidad y de conservación del recurso las necesidades y deseos de los diferentes usuarios y de las partes interesadas.

## Introducción

La organización de la gestión del agua está enfocada a un uso sostenible de la misma, su gestión integral, una correcta planificación y control público del abastecimiento. El objetivo final es la preservación y recuperación de la calidad del agua y los valores ambientales. Dentro de este objetivo final se encuentran una serie de objetivos secundarios de la gestión del agua (Clara del Amo, 2019):

- Garantizar el abastecimiento de población a un precio razonable.
- Respetar el carácter renovable del recurso para garantizar un uso sostenible.
- Gestionar la demanda para conseguir un uso eficiente del agua.
- Garantizar la calidad adecuada del agua y de los valores ambientales asociados al medio hídrico.
- Garantizar los usos económicos del agua:
  - ❖ Regadío
  - ❖ Industria
  - ❖ Hidroelectricidad

Conforme crece la demanda, también debe hacerlo el nivel de sofisticación tecnológica para brindar servicios de agua. Se necesitan tecnologías avanzadas y nuevos conceptos de infraestructura para abastecer la mayor demanda de agua potable. No todas las empresas de agua especialmente las estatales tienen la habilidad, capacidad o conocimientos para ocuparse de estas responsabilidades.

En general, la privatización se ha visto como una solución viable para que los países en desarrollo cumplan con sus obligaciones relacionadas al agua, pues eso les permite a sus gobiernos contar con servicios eficientes para sus ciudadanos.

La privatización del agua está tomando auge en América Latina. A pesar de reveses y derrotas que han sufrido en lugares como Puerto Rico, Bolivia y Uruguay, las transnacionales del agua se disponen a apropiarse de los recursos hídricos de la región – ríos, acuíferos, pozos y sistemas de acueductos–, empleando en su hábil discurso los conceptos de "descentralización", "participación de la sociedad civil" y "desarrollo sustentable".

Naciones como Bolivia, Ecuador, Uruguay y Venezuela han establecido en sus respectivas constituciones y leyes el acceso al agua potable como un bien público o social en contraposición a la matriz ideológica que concibe a los servicios hídricos como un bien económico que debe ser adquirido en el mercado, excluyendo de su uso a quienes no lo pueden pagar (teleSUR-MA, 2019).

En México recientemente el presidente Andrés Manuel López Obrador emitió un decreto el cual tiene un potencial impacto político y ambiental al apuntar hacia el

## Introducción

respeto de los derechos humanos, al alcance de la cobertura nacional en materia de acceso al agua y al combate a la corrupción enquistada en el sector; no obstante, para corregir las desviaciones neoliberales se enfrentan desafíos dentro del sector para lograr el cometido en materia hídrica.

En contraposición en El Salvador donde una coalición de la derecha parlamentaria presentó una ley privatizadora denominada Ley Integral de Agua fuertemente rechazada por la sociedad y en Brasil donde organizaciones sociales, campesinas e indígenas denuncian las presiones de transnacionales como Nestlé y Coca-Cola que pretenden ingresar a la gestión de acuíferos.(teleSUR-MA, 2019)

En nuestro país el Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos como Organismo de la Administración Central del Estado es el encargado de dirigir, ejecutar y controlar la aplicación de la política del Estado y el Gobierno en cuanto a las actividades de los recursos hidráulicos en el país (INRH, 2022).

La historia de la hidráulica en Cuba se remonta desde el Siglo XV, donde surgen las primeras fuentes que abastecieron las primeras villas y poblados fundados por los colonizadores españoles.

Posee una hidrografía en la cual el caudal y extensión de humedal se encuentra regida por las lluvias, las mismas constituyen factores determinantes abastecedores de agua.

Al triunfar la Revolución de los 300 asentamientos con más de mil habitantes existentes en el país, solo 114 contaban con suministro de acueducto y 12 con alcantarillado. Funcionaban 16 instalaciones de cloración y cuatro plantas potabilizadoras, una no trabajaba desde hacía tres años por falta de productos químicos y otra necesitaba reparación. Además, el alcantarillado de la capital era insuficiente, entre otras problemáticas.

El Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos surgió el 10 de agosto de 1962 lo que permitió diseñar por primera vez una estrategia nacional para poner los recursos hidráulicos en función del desarrollo económico del país, iniciar un programa de construcciones hidráulicas y asumir la atención de los servicios de acueducto y alcantarillado (INRH, 2022).

A partir de ese momento ocurrieron importantes transformaciones entre 1987 y 1989, se culminaron varias obras hidráulicas y empezó la construcción de otras nuevas. Este hecho se conoció como “la recuperación de la Voluntad Hidráulica”. Para llevar a cabo este objetivo en 1989 se creó otro nuevo Organismo de la Administración Central del Estado con el mismo nombre del fundado en 1962, encargado de dirigir, ejecutar y controlar la aplicación de la política del Estado y el Gobierno relativa a la actividad de los recursos hidráulicos. (Ferrás, 2019)

## Introducción

La Empresa de Aprovechamiento Hidráulico Cienfuegos (EAHCF) surge, con personalidad jurídica independiente y patrimonio propio, el primero de mayo del 2001 a partir de la autorización del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos por Resolución No. 18 del Presidente el 22 de marzo del 2001 y aplicando el Perfeccionamiento Empresarial por acuerdo del Comité Ejecutivo del Consejo de Ministros, de fecha 19 de marzo del 2001. (Nodarse & Hernández, 2019)

La ciudad de Cienfuegos se abastece de dos sistemas principales: Paso Bonito y Damují, con un 70 y un 30 % de abasto a la población, respectivamente.

Damují (Pastorita – O’ Bourke, Pueblo Griffó y Zonas Bajas de Centro Histórico y Reina)

Paso Bonito: (El resto de los Consejos, incluido Pepito Tey)

Fuente de abasto El Túnel: Guaos, Lajitas y Guabairos

Planta Potabilizadora CEN: Castillo- CEN:

Distribución de agua en Pipas:

Se distribuyen en puntos de la ciudad donde las redes están muy deterioradas o no existen. El municipio Cienfuegos tiende a la disminución del tipo de agua en pipas, a través de un programa bien organizado. Entre las zonas más complejas se encuentran la Calle 48 e/ 65 y 67 y la Calle 50 e/ 67 y 69. Las avenidas 70 y 72, en el Consejo Popular Pueblo Griffó, también demandan este servicio. Otras zonas que reciben el agua en pipa de manera permanente son Guabairo y La Milpa. El ciclo está establecido cada siete días con 15 pipas disponibles, aunque existen limitaciones con el combustible. Más de 20 escuelas reciben el líquido vital por medios de transporte. (Equipo de Producción Provincial, 2019)

La EAHCF actualmente, aunque tiene un control definido de los recursos hidráulicos en la provincia no cuenta con una herramienta para una mejor gestión y procesamiento de la información. La información recibida diariamente se almacena en archivos históricos y no es posible una fácil interpretación de los datos. Existen en el mundo herramientas que facilitan la interpretación de dichos datos Vektra® Alerta (Telegrafía, 2021) y en nuestro país en la región central existe el proyecto FORSAT (Herrera, 2017). Ambas son potentes herramientas, pero con alto costo para la entidad.

Situación Problemática:

En la provincia de Cienfuegos la empresa de Recursos Hidráulicos carece de un sistema informático que los apoye a tomar decisiones en cuanto a las diferentes situaciones hidrológicas que se presentan a diario.

Problema de Investigación: ¿Cómo contribuir a la gestión del aprovechamiento hidráulico en la provincia de Cienfuegos?

## Introducción

### Objeto y Campo de la Investigación:

Objeto de estudio: Los recursos hidráulicos de la provincia de Cienfuegos.

Campo de acción: Sistema informático para el aprovechamiento de los recursos hidráulicos de la provincia de Cienfuegos

### Objetivo General:

Elaborar un sistema informático para el aprovechamiento de los recursos hidráulicos de la Provincia de Cienfuegos.

### Objetivos Específicos:

- Analizar la información de los recursos hidráulicos en el contexto internacional, nacional y en la provincia de Cienfuegos.
- Diagnosticar la situación de los recursos hidráulicos en Cienfuegos.
- Implementar un sistema informático para la toma de decisiones en la gestión de los recursos hidráulicos de la provincia de Cienfuegos.
- Validar el sistema informático propuesto mediante un sistema de expertos (Método DELPHI)

### Idea a Defender:

La elaboración de un sistema informático conformado por el análisis estadístico de la información hidrológica, la obtención de pronósticos, el cálculo de los valores económicos y el impacto ambiental del comportamiento de los recursos hídricos, contribuirá al aprovechamiento de los recursos hidráulicos de la provincia de Cienfuegos.

### Métodos Teóricos:

#### Histórico Lógico.

Se utiliza con el objetivo de profundizar en los antecedentes de las teorías correspondientes al comportamiento de los recursos hidráulicos en la provincia de Cienfuegos en su decursar histórico, precisando los momentos más significativos de este proceso y revelando las características y tendencias que se expresan en el modelo diseñado.

#### Inductivo deductivo.

Se utiliza para lograr la inferencia cierta propiedad o relación a partir de hechos particulares, constituyendo el tránsito de lo particular a lo general. Su complemento es el procedimiento deductivo donde el investigador transita de afirmaciones generales a características particulares del objeto.

## Introducción

### Modelación.

El sistema informático creado, como un modelo científico constituye un instrumento de la investigación capaz de ser reproducido en otros procesos.

### Métodos de la Estadística Matemática:

Estadística Descriptiva de la información primaria.

Métodos matemáticos para encontrar tendencias y pronosticar.

La Significación Práctica de la investigación radica un sistema informático que permita el aprovechamiento de los recursos hidráulicos en la provincia de Cienfuegos relacionado con la emisión de reportes y alarmas de la situación hídrica de la provincia de Cienfuegos contribuyendo al mejoramiento de los recursos hídricos en la provincia de Cienfuegos.

La investigación contiene tres capítulos.

El capítulo I lo integra la fundamentación teórica sobre las principales consideraciones teóricas metodológicas relacionadas con el abasto de agua tanto en el mundo como en Cuba.

En el capítulo II se analizan los fundamentos teóricos del sistema informático para el aprovechamiento de los recursos hidráulicos de la Provincia de Cienfuegos.

En el capítulo III se exponen los resultados obtenidos del sistema en las condiciones de los recursos hídricos en la provincia de Cienfuegos.

Se completa la investigación con las conclusiones generales, recomendaciones y bibliografía.

### Novedad Científica:

El sistema informático para el aprovechamiento de los recursos hidráulicos en la provincia de Cienfuegos mejorará la economía de la provincia, el uso del agua, contribuyendo a la mejoría del servicio hídrico en la provincia de Cienfuegos.

**CAPÍTULO I: Fundamentación Teórica del aprovechamiento de los recursos hídricos en Cuba y el mundo.**

## **Capítulo I: Fundamentación Teórica del aprovechamiento de los recursos hídricos en Cuba y el mundo.**

### **Capítulo I: Fundamentación Teórica del aprovechamiento de los recursos hídricos en Cuba y el mundo.**

#### 1.1. Introducción

En el presente capítulo se abordan las principales consideraciones teóricas metodológicas relacionadas con el abasto de agua. Se hace referencia a los antecedentes históricos de este proceso, como ha evolucionado a través de los años, así como su importancia e impacto para la sociedad, conceptualmente posibilita una mayor comprensión y esclarecimiento al tema de investigación.

#### 1.2. Consideraciones sobre las fuentes hídricas en el mundo

Las fuentes de agua, elemento indispensable para el ciclo de la vida en la Tierra, disminuyen día a día debido al cambio climático, el consumo excesivo y su uso en el riego y producción de energía. Esto profundiza la difícil situación de 700 millones de personas que sufren escasez de agua en todo el mundo. Según el Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF), solamente cerca del 2,5% de los recursos hídricos del mundo son de agua dulce, a pesar de que casi todo el planeta está cubierto de agua, el 70% de esta agua está oculta en el hielo y la nieve.

La continuidad de los recursos hídricos es la base de muchos temas de gran importancia como la seguridad alimentaria y energética, el crecimiento económico, la lucha contra el cambio climático y la prevención de la pérdida de biodiversidad. Sin embargo, la existencia de agua suficiente y de buena calidad enfrenta muchas amenazas asociadas con el uso urbano, el riego, la energía y las actividades de producción.

Reconocer formalmente un derecho humano al agua y expresar la voluntad de dar contenido y hacer efectivo dicho derecho, puede ser una manera de estimular a la comunidad internacional y a los gobiernos para que redoblen sus esfuerzos para satisfacer las necesidades humanas básicas y para la consecución de los Objetivos de Desarrollo del Milenio. (PNUD, 2006)

El abastecimiento de agua a la población en cantidad y calidad suficientes es de vital importancia para la salud pública, la pérdida de las características naturales de esta puede contribuir en gran medida a la propagación de enfermedades. Actualmente, es necesario garantizar un suministro constante de agua potable en cada una de las fases del sistema de abasto, desde su alumbramiento hasta el punto final de consumo. Este hecho destaca la gran trascendencia y responsabilidad de las actuaciones llevadas a cabo por las empresas gestoras del agua y su determinante incidencia en la salud pública ya que su continua degradación puede llevarnos no sólo a un grave deterioro ambiental sino también a un serio problema de salud.

## **Capítulo I: Fundamentación Teórica del aprovechamiento de los recursos hídricos en Cuba y el mundo.**

Los recursos de agua dulce del mundo se renuevan a través de un ciclo continuo de evaporación, precipitación y escorrentía - comúnmente conocido como el ciclo del agua - que determina su distribución y disponibilidad a través del tiempo y el espacio.

Algunas cuencas y países reciben cantidades de agua relativamente abundantes a lo largo de todo el año. Sin embargo, en algunas zonas las precipitaciones pueden estar muy concentradas durante una época de lluvias en particular. Por el contrario, la lluvia puede ser escasa en temporadas secas prolongadas que duran muchos meses. A menos que haya suficiente infraestructura artificial y natural para manejar y almacenar el agua que llega durante la temporada de lluvias, es posible que algunas zonas en un país permanezcan áridas durante períodos prolongados. Este es precisamente el caso de muchas de las áreas clasificadas de baja escasez económica. (Buytaert et al., 2016)

La gestión de los recursos hídricos y las actividades humanas potencialmente contaminantes en la cuenca de captación influirán en la calidad del agua en los acuíferos. A su vez, esto influirá en las operaciones de tratamiento que se precisarán para garantizar la seguridad del agua, pero puede ser preferible adoptar medidas preventivas que mejorar los tratamientos.

La gestión de los recursos hídricos puede ser responsabilidad de los organismos encargados de la gestión de las cuencas de captación o de otras entidades que controlan o afectan a los recursos hídricos, como las industriales, agropecuarias, de navegación y de control de inundaciones. El grado de responsabilidad en materia de gestión de los recursos hídricos de los organismos con competencias en materia de salud o de suministro de agua de consumo varían mucho de unos países a otros. Con independencia de las estructuras gubernamentales y de las responsabilidades sectoriales, es importante que las autoridades de salud se coordinen y colaboren con los sectores que gestionan los recursos hídricos y regulan los usos de la tierra en la cuenca de captación. (WHO, 2006)

El crecimiento de la población es una de las principales amenazas para los acuíferos. Más seres humanos significan más actividades humanas, ya sean domésticas, agrícolas o industriales. La industrialización y el aumento del nivel de vida están contribuyendo a una mayor demanda de agua.

Las aguas subterráneas son aquellas que se encuentran bajo la superficie de la tierra y son fundamentales porque abastecen a gran parte de la población mundial. Al igual que otros elementos de nuestro planeta, estas también se encuentran amenazadas por la contaminación. Dichas aguas son vitales, ya que suministran casi la mitad de toda el agua potable del mundo, constituyen una reserva esencial para periodos de sequía y contribuyen a mantener numerosos ecosistemas. Son piezas clave del ciclo hidrológico. Cuando se producen precipitaciones en forma de

## **Capítulo I: Fundamentación Teórica del aprovechamiento de los recursos hídricos en Cuba y el mundo.**

lluvia o nieve, parte del agua se infiltra a través del suelo hasta dar con una roca impermeable, rellenoando sus poros y fisuras y quedando almacenada en acuíferos.

Las aguas subterráneas representan hasta el 33% de las extracciones mundiales de agua. Más de 2 mil millones de personas cuentan con aguas subterráneas como su principal fuente de agua, y el 50% del agua de riego agrícola se bombea a partir de acuíferos. Es una reserva clave durante sequías prolongadas como las del oeste americano, Brasil y Australia.

Sin las aguas subterráneas, la seguridad mundial del agua es mucho más frágil. Pero a pesar de su importancia vital para la humanidad, las aguas subterráneas reciben mucha menos atención que los ríos y embalses, tal vez porque son menos visibles. Pero si podemos verlo o no, las áreas del mundo que más dependen de las aguas subterráneas lo están agotando mucho más rápido de lo que puede ser repuesta por procesos naturales. (Team Fluence News, 2020)

De acuerdo a la UNESCO, organismo de la ONU este recurso natural proporciona múltiples beneficios, entre los que cabe destacar (IBERDROLA, 2022):

- Suministra casi la mitad de toda el agua potable del mundo y provee de cerca del 43 % de toda el agua consumida en el riego.
- Alrededor de 2.500 millones de personas dependen exclusivamente de los acuíferos para satisfacer sus necesidades diarias de agua, de ahí la importancia de un consumo responsable.
- Supone una reserva esencial para las poblaciones de regiones áridas, brindándoles una fuente de agua potable incluso durante largos períodos de sequía.
- Contribuye a mantener muchos tipos de ecosistemas, de los cuales dependen diferentes poblaciones y especies.

El agua de las precipitaciones, tras infiltrarse a través del suelo, va descendiendo por lo que se conoce como zona de aireación o capa no saturada hasta acumularse en la llamada zona de saturación o capa saturada. Su límite superior es el nivel freático, mientras que el inferior puede llegar en ocasiones hasta los diez kilómetros de profundidad.

## Capítulo I: Fundamentación Teórica del aprovechamiento de los recursos hídricos en Cuba y el mundo.

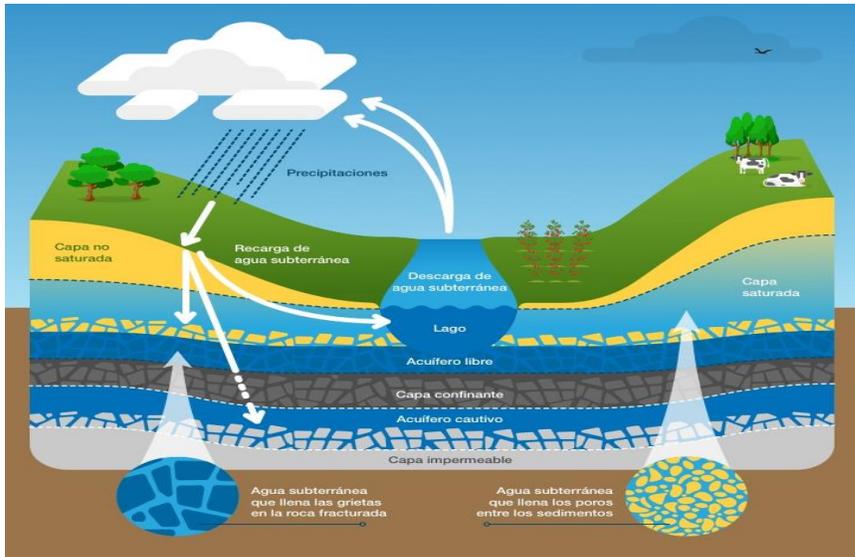


Figura 1: La formación y distribución de las aguas subterráneas. (Buytaert et al., 2016)

En algunos casos de explotación intensa se han producido descensos importantes de los niveles de agua, disminución de caudales de ríos y manantiales, secado de humedales, intrusión marina o subsidencia del terreno.

El cambio climático exacerba varias de las amenazas a la disponibilidad de agua y puede aumentar la frecuencia, intensidad y severidad de los fenómenos meteorológicos extremos. Los científicos concuerdan en que el cambio climático va a alterar los regímenes de flujo de las corrientes, a deteriorar la calidad del agua y a cambiar los patrones espaciales y temporales de las precipitaciones y la disponibilidad de agua.

Las regiones subtropicales secas son puntos específicos donde habrá una reducción significativa de los recursos hídricos superficiales y subterráneos renovables. A nivel local, la configuración hidrogeomorfológica que actualmente se encuentra bajo estrés hídrico o sobreexplotación, más el aumento de la población, se volverá más vulnerable a la sequía, como es el caso de las llanuras costeras, deltas, islas o zonas de gran altitud. La disminución de la cantidad de agua disponible intensificará la competencia por el agua entre los usuarios, incluyendo la agricultura, el mantenimiento del ecosistema, los asentamientos, la industria (incluido el turismo) y la producción de energía. Esto afectará al agua, la energía y la seguridad alimentaria a nivel regional, y eventualmente a la seguridad geopolítica. Entre las regiones que han sido identificadas como vulnerables a la creciente escasez de agua se incluyen el Mediterráneo y partes de América del Sur, Australia Occidental, China y el África subsahariana. (Buytaert et al., 2016)

## Capítulo I: Fundamentación Teórica del aprovechamiento de los recursos hídricos en Cuba y el mundo.

Ante un contexto con recursos hídricos limitados, los países deben centrarse en el uso y distribución eficientes del agua para maximizar los retornos económicos, sociales y ambientales.

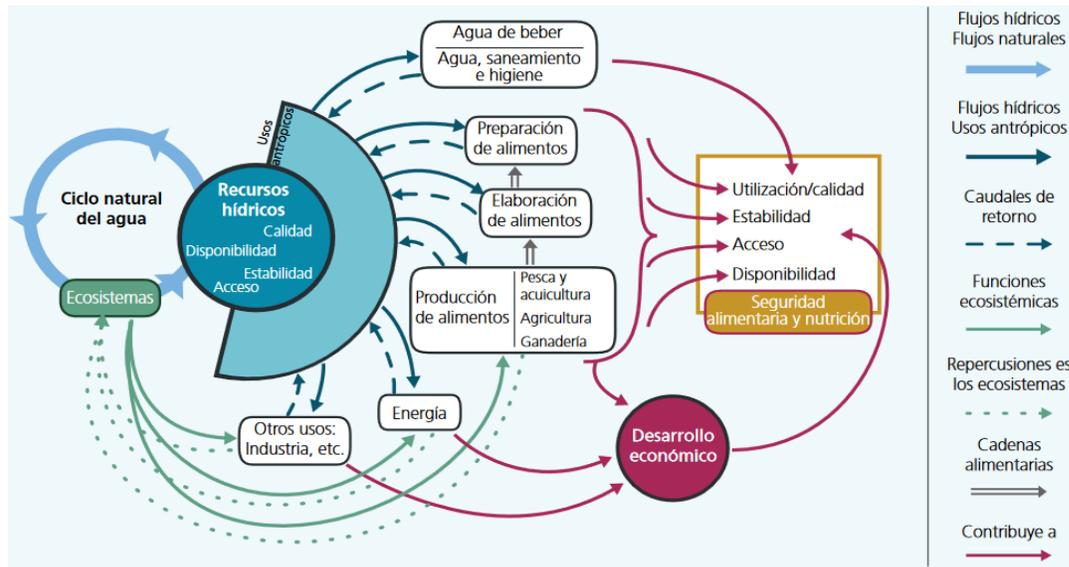


Figura 1: Funciones e importancia del agua (Buytaert et al., 2016)

### 1.3. Decretos y leyes en el mundo.

El objetivo de las leyes y normas nacionales relativas al agua de consumo no debe ser cerrar los sistemas de abastecimiento deficientes, sino garantizar que el consumidor tenga acceso a agua potable inocua. Idóneamente, un control eficaz de la calidad del agua de consumo se apoya en la existencia y aplicación de leyes, normas y códigos adecuados. La naturaleza específica de la legislación de cada país dependerá de consideraciones de carácter nacional, constitucional y de otro tipo.

Generalmente, describirá la responsabilidad y autoridad de cierto número de organismos y describirá las relaciones entre ellos, además de establecer los principios básicos de políticas (por ejemplo, que el agua suministrada para el consumo debe ser inocua). Las normas nacionales, adaptadas según sea necesario, deben ser aplicables a todos los sistemas de abastecimiento de agua. Normalmente, se aplicarán diferentes planteamientos para situaciones en las que la responsabilidad oficial de la calidad del agua de consumo recae en una entidad definida y para situaciones en las que prevalece la gestión comunitaria. La legislación debe contemplar el establecimiento y la modificación de normas y directrices sobre calidad del agua, así como el establecimiento de reglamentos relativos al desarrollo y la protección de las fuentes de agua, y al tratamiento, mantenimiento y distribución de agua potable. (WHO, 2006)

## **Capítulo I: Fundamentación Teórica del aprovechamiento de los recursos hídricos en Cuba y el mundo.**

Varios países declaran los propósitos y objetivos de sus políticas en su legislación de agua. La declaración de políticas es relevante a la interpretación, aplicación y el cumplimiento de la legislación. Diferentes leyes incluyen principios políticos en donde se reconocen los múltiples roles del agua. El Acta de Agua Canadiense de 1970 promueve el uso óptimo de los recursos de agua para el beneficio de todos los canadienses (art.1). La ley de agua de Alemania (enmendada el 23 de septiembre de 1986) requiere que el agua (de superficie y subterránea) sea administrada de tal forma que sirva al interés común, beneficiando usuarios individuales, y al mismo tiempo previniendo impactos dañinos que pueden ser evitados (art.1a) (Solanés & Gonzalez, 1998)

El "Documento de políticas de la Gestión de Agua", de Holanda, establece una política de una gestión integrada de recursos de agua que incluye aspectos cuantitativos y cualitativos de la gestión de agua. La política de ley de aguas de China de 1988 busca asegurar el desarrollo, utilización y protección racional de los recursos de agua, alcanzando plenamente los beneficios del agua para el desarrollo económico y el sustento de la población. Las políticas de la ley de aguas de México de 1992 incluyen la preservación de la calidad del agua y la promoción de un desarrollo sostenido en el tiempo. (Solanés & Gonzalez, 1998)

### **1.4. Gestión del agua en el mundo**

El mundo está lleno de tensiones provocadas por la escasez de recursos naturales: oro, diamantes y petróleo. Sin embargo, el agua, que hasta ahora no había sido considerada un factor de conflicto, con el cambio climático se convierte en "el oro azul" de este siglo.

Actualmente, los embalses representan un recurso muy importante en diversos lugares del mundo. No hay región que no cuente con al menos con una gran acumulación de agua destinada al abastecimiento de sus habitantes y al riego de sus campos. Sin embargo, difieren enormemente unos de otros, algunos hasta llegar al extremo de aparecer en los mapas como lagos en medio de la nada.

Actualmente en los ríos del mundo existen más de 45.000 grandes presas. La finalidad de su construcción es generar electricidad, proporcionar agua para el consumo humano y para la agricultura, controlar las inundaciones y las riadas. Una parte importante de los esfuerzos debe centrarse en su conservación y reparación, manteniéndolas en unas condiciones óptimas de explotación y seguridad acorde con las exigencias del siglo XXI lo que genera grandes costos (Mates, 2007).

Existen diversos tipos de sistemas de abastecimiento de agua de consumo, desde los muy grandes que abastecen a poblaciones urbanas de decenas de millones de personas, a los pequeños sistemas comunitarios que proporcionan agua a poblaciones muy pequeñas. En la mayoría de los países, existen tanto fuentes comunitarias como sistemas de abastecimiento por tuberías.

## **Capítulo I: Fundamentación Teórica del aprovechamiento de los recursos hídricos en Cuba y el mundo.**

El agua está en el epicentro del desarrollo sostenible y es fundamental para el desarrollo socioeconómico, la energía, la producción de alimentos, los ecosistemas y para la supervivencia de los seres humanos. El agua también forma parte crucial de la adaptación al cambio climático, y es un decisivo vínculo entre la sociedad y el medioambiente.

El agua es además, una cuestión de derechos. A medida que crece la población mundial se genera una necesidad creciente de conciliar la competencia entre las demandas comerciales de los recursos hídricos para que las comunidades tengan lo suficiente para satisfacer sus necesidades.

Los desafíos del agua

- 2 200 millones de personas carecen de acceso a servicios de agua potable gestionados de forma segura.
- Casi 2 000 millones de personas dependen de centros de atención de la salud que carecen de servicios básicos de agua.
- 2 000 millones de personas viven en países que sufren escasez de agua.
- El 90% de los desastres naturales están relacionados con el agua.
- El 80% de las aguas residuales retornan al ecosistema sin ser tratadas o reutilizadas.
- Alrededor de dos tercios de los ríos transfronterizos del mundo no tienen un marco de gestión cooperativa (Naciones Unidas, 2020).

### 1.4.1. Europa

Europa es un continente muy heterogéneo en muchos aspectos, y el agua no es ninguna excepción. Uno de los factores que puede tener efecto sobre el consumo del agua es lógicamente su precio. De hecho, los sistemas de facturación por bloques que se utilizan especialmente en el consumo doméstico, tienen como función incentivar el ahorro y desincentivar el malgasto.

## Capítulo I: Fundamentación Teórica del aprovechamiento de los recursos hídricos en Cuba y el mundo.

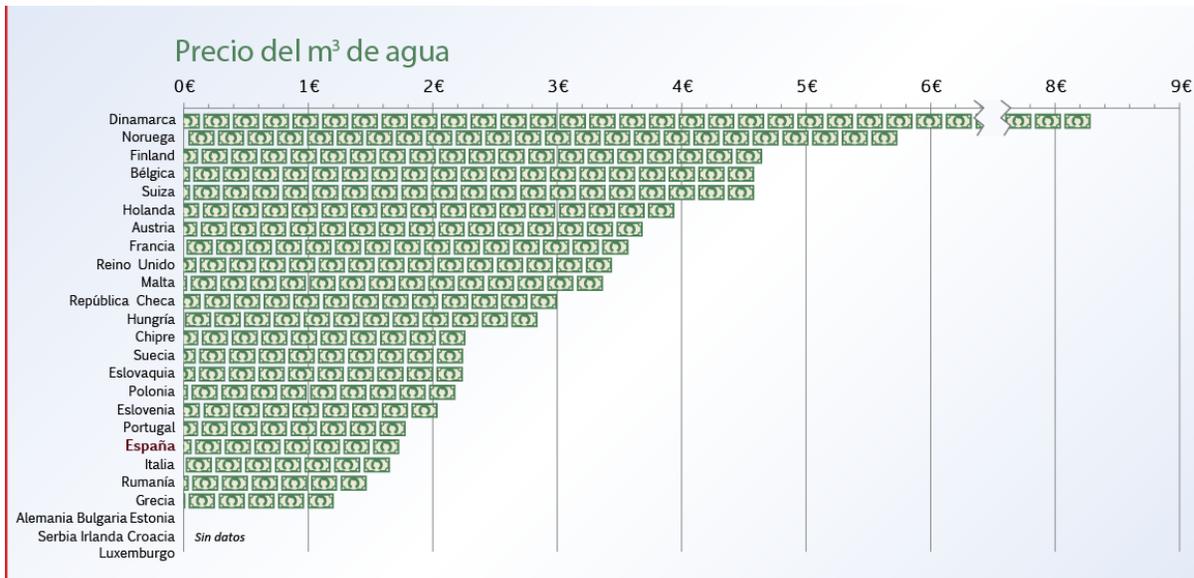


Figura 2 El ranking de precios del agua por países (iAgua, 2017)

Dinamarca es el país que más cara tiene el agua con un valor de 8 € el m<sup>3</sup>, mientras que Grecia oscila entre 1 y 2 €.

### Ranking europeo de consumo de agua

Consumo en litros por persona al día

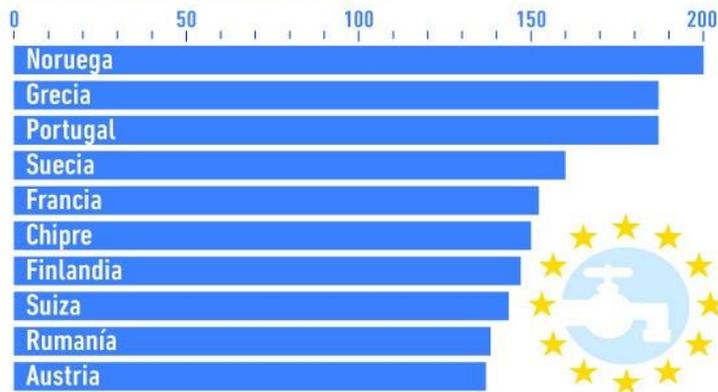


Figura 3 La gestión del agua en Europa (Gonzalez-Cebrian, 2022)

- De 2004 a 2013 más de 70 millones de personas tuvieron acceso por primera vez a fuentes mejoradas de agua.
- En 2016 la UE invirtió 150 millones de euros en aumentar los servicios del agua, saneamiento e higiene.
- España y los países mediterráneos son los que presentan mayor estrés hídrico (Gonzalez-Cebrian, 2022).

## **Capítulo I: Fundamentación Teórica del aprovechamiento de los recursos hídricos en Cuba y el mundo.**

En 2009, la Agencia Europea para el Medio Ambiente afirmaba que "desde 1980, las sequías en Europa aumentaron en número e intensidad". En 2003, un tercio del territorio de la Unión Europea -más de 100 millones de personas- sufrieron una de las sequías más importantes en el continente, según la misma fuente en un documento que advertía que Europa está agotando sus principales recursos en agua.

En Europa existe la Directiva Marco del agua (DMA) que establece la protección de las aguas tanto en términos cuantitativos como cualitativos, garantizando su sostenibilidad a largo plazo para los estados miembros. Ya sea por cuestiones políticas, administrativas o financieras el comportamiento y la estructura de los países han hecho que la gestión del agua haya evolucionado desde un modelo en su mayoría público hacia el sector privado abriendo la puerta a nuevos modelos de gestión (iAgua, 2020).

### **1.4.2. América**

América Latina es uno de los territorios más biodiversos y con más recursos naturales del mundo, y el terreno del agua no es excepción: alrededor de un tercio de los recursos hídricos del planeta se encuentran en la región. Teniendo en cuenta que en los próximos años la escasez de agua será cada vez más marcada y que el aumento de la población incrementará la demanda, la región se encuentra en una posición envidiable para convertirse en un actor relevante en la gestión sostenible de este bien tan preciado.

Pero para desarrollar todo el potencial y convertirlo en una ventaja competitiva, primero se deberá gestionar el agua de una forma integral y eficiente. Y para lograrlo, los países latinoamericanos deberán superar una serie de retos, entre los que destacan, por su urgencia, los siguientes: por un lado, en líneas generales la región necesita mejorar las capacidades de los estados en cuanto a la gobernanza y la gestión eficiente de sus recursos hídricos. Esto se refleja en la baja calidad en la planificación, que afecta de forma general a la región y pone en riesgo a los sistemas de abastecimiento de las ciudades, así como en la necesidad de crear herramientas de selección y preparación de más y mejores proyectos que faciliten que la inversión pueda fluir con facilidad (Arroyo, 2019).

## Capítulo I: Fundamentación Teórica del aprovechamiento de los recursos hídricos en Cuba y el mundo.

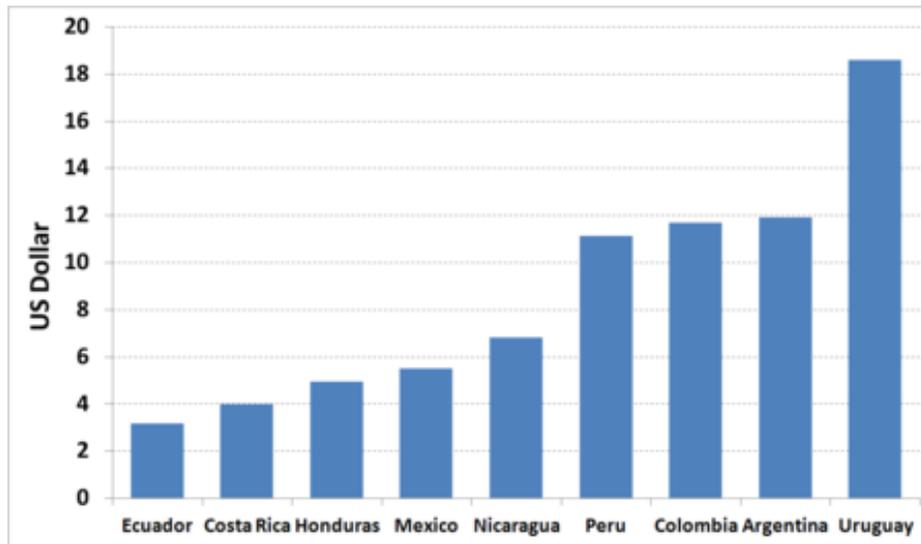


Figura 4: Precio del agua en algunas ciudades de América latina (Barría, 2019)

América Latina cuenta con cinco de los ríos más importantes del mundo (el Amazonas, Orinoco, Río Negro, Paraná y Río Madera); tres de los lagos más grandes a nivel mundial; y Brasil tiene un quinto de los recursos hídricos del planeta y es el segundo mayor productor hidroeléctrico del mundo, por detrás de China (Roca & Roca, 2018).

Con el avance del cambio climático América Latina se ve afectada cada vez más por fenómenos meteorológicos extremos: en algunas regiones, las sequías afectan la agricultura, en otras, las lluvias causan inundaciones. Mientras que las sequías azotan una parte de Sudamérica, la otra se ve enfrentada a lluvias extremas. Bolivia y Brasil son dos países fuertemente afectados por inundaciones repentinas (Campos, 2014).

Muchos países de América Latina y el Caribe se encuentran en proceso de elaboración de nuevas leyes o modificación de las existentes. Uno de los debates es el diseño institucional del sistema administrativo de los recursos hídricos por falta de objetividad e imparcialidad en cuanto a su distribución.

### 1.4.3. África

Los problemas derivados de la gestión del agua son particularmente agudos en el continente africano. La carencia de agua potable es responsable de graves problemas de salud en la población general y principal causa directa de la elevada mortalidad infantil en la región. La falta de infraestructuras, la dispersión de los recursos y el hecho de que la mayor parte de la población se asiente en pequeños núcleos rurales sobre una gran extensión territorial, dificulta de forma extrema la solución al problema de falta de agua potable. La deficiente gestión de las aguas residuales, la utilización de aguas subterráneas de baja calidad o la contaminación

## **Capítulo I: Fundamentación Teórica del aprovechamiento de los recursos hídricos en Cuba y el mundo.**

favorecida por el escaso control administrativo, son dificultades añadidas y a veces importadas. Los conflictos políticos son causa y consecuencia de todo lo anterior y contribuyen a enquistar el problema y a perpetuar el subdesarrollo (Remtavares, 2007).

En África, la financiación es insuficiente y la capacidad institucional de absorber la que está disponible es limitada. El peligro de retroceso sobre los progresos ya hechos hacia los Objetivos de Desarrollo del Milenio en materia de agua y saneamiento es un peligro real.

La mayoría de los países del continente se quedan atrás en sus compromisos en materia de agua, saneamiento e higiene, con más del 80% de los países sufriendo retrasos significativos sobre las tendencias necesarias para alcanzar sus metas nacionales de acceso al saneamiento y al agua potable. Sobre todo, hay una insuficiente financiación nacional de los sistemas de agua, saneamiento e higiene, con un déficit particularmente serio en cuanto a saneamiento que se ve agravado por las dificultades para gastar los limitados recursos que se perciben (Remtavares, 2007).

África afronta una situación de escasez de agua y carece de capacidad institucional, financiera y humana para gestionar la gestión de los recursos. La situación se ve agravada por la competencia por los fondos públicos entre sectores y la carga de deuda pública en la mayoría de los países.

### **1.4.4. Asia y el Pacífico**

En la región se presentan dos tipos de iniciativas, una donde las soluciones emergen desde las comunidades, la otra donde el gobierno toma mayor protagonismo, sin embargo, en ambas la alianza público-privada es fundamental.

Casi la mitad del progreso mundial lo registran China y la India, con incrementos de 457 millones y 522 millones respectivamente desde 1990. Esto no es sorprendente dado que los habitantes de estos dos países representan el 46% de la población mundial. Son notables los progresos en Asia Oriental, en el que el acceso se incrementó en un 23% y la pequeña disminución de cobertura en el Cáucaso y Asia Central y en Oceanía.

Las amenazas a los recursos hídricos en la región de Asia y el Pacífico muestran un panorama complejo y preocupante. Las zonas críticas son países, áreas o ecosistemas que presentan simultáneamente desafíos como un escaso acceso al agua y al saneamiento, una disponibilidad limitada de agua, una baja calidad del agua y una mayor exposición al cambio climático y a los desastres relacionados con el agua (Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, 2016).

Las sequías son un tópico amenazante para el desarrollo desde tiempos inmemoriales. A pesar de que existen 1460 millones de kilómetros cúbicos de agua

## **Capítulo I: Fundamentación Teórica del aprovechamiento de los recursos hídricos en Cuba y el mundo.**

en el planeta, el 66% de la población del mundo se las ha ingeniado para vivir en las zonas que reciben sólo el 25% de las precipitaciones anuales. Más de la mitad del agua de lluvia que corre sobre la tierra (escorrentía) tiene lugar en Asia y Sudamérica (31 y 25% respectivamente). De no tomar las medidas adecuadas en los próximos años, la proyección del escenario actual prevé el desplazamiento masivo, y acaso apocalíptico, de grandes porciones de la humanidad en un mediano plazo hacia sectores mejor provistos (Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, 2012).

### **1.5. Gestión del agua en Cuba**

Los recursos hídricos de Cuba se estiman en 38.1 km<sup>3</sup> de aguas anuales; de ellos 31.7 km<sup>3</sup> escurren por los sistemas de drenaje superficial de las 632 cuencas hidrológicas y 6.4 km<sup>3</sup> se encuentran en las 165 unidades hidrogeológicas que existen. De ellos pueden aprovecharse 23.9 km<sup>3</sup>. Los embalses en Cuba se han construido aprovechando el cauce natural de la corriente superficial que será regulada, por lo que el área inundada, la altura de la presa y la longitud de la cortina, dependen de la topografía del lugar de la obra. La mayor parte de las presas cimentadas en Cuba se han construido para el control de avenidas, las que, a su vez, actúan como recarga de las cuencas subterráneas vinculadas.

Todos los embalses construidos poseen obra de toma, con el objetivo de poder utilizar el agua acumulada en diferentes usos, desde el vaso de la presa hacia estaciones de bombeo, que la impulsan hacia los diferentes destinos. En Cuba, el 95.5% de la población tiene acceso a los servicios de agua potable (98.9% en el sector urbano y 85.2% en el rural). El índice promedio de cloración del agua es de 95.7% (CAP La Habana, 2004).

La lluvia es la única fuente de agua que existe en Cuba y su magnitud es relativamente baja, siendo la lámina media anual de 1 335 mm, siendo la causa para que los Recursos Hídricos Potenciales y Aprovechables sean limitados, sin embargo, los recursos hidráulicos disponibles son favorables a partir de la infraestructura edificada. Un problema crítico para el escurrimiento de las precipitaciones está en los sistemas de drenajes, esencialmente los urbanos y otras zonas críticas, proclives a inundaciones. La calidad de las fuentes de aguas se ve afectada por la permanencia de más de 2100 focos contaminantes y otras causas subjetivas; su disponibilidad y aprovechamiento es también insuficiente por el estado técnico e inadecuada operación de la infraestructura para el aprovechamiento hidráulico. Esto ocasiona la pérdida de más de 1500 millones de metros cúbicos de agua que pueden recuperarse cada año, siendo la actividad agrícola con el 60% del consumo nacional la que más incide estando en esta las mayores reservas de ahorro del recurso, al igual que un mayor aprovechamiento de 69 embalses que están subutilizados, incluido el riego de la actividad cañera (INRH, 2012).

## **Capítulo I: Fundamentación Teórica del aprovechamiento de los recursos hídricos en Cuba y el mundo.**

### **1.6. Decretos y leyes en Cuba.**

El ahorro y uso racional del agua es una necesidad compartida por todos los que habitamos este planeta. En tiempos de prolongadas sequías, a causa del cambio climático y ante una demanda que crece al ritmo de este siglo, nuestro país desarrolla alternativas y modifica su estructura legislativa para combatir el despilfarro del preciado líquido.

Ese es el sentido de la implementación de la Resolución 84 de 2020, aprobada el 19 de febrero del año en curso por Meisi Bolaños Weiss, titular del Ministerio de Finanzas y Precios, la cual dispone, entre otros asuntos:

«...la propuesta de una nueva estructura tarifaria para el cobro de los servicios de abasto de agua y saneamientos, tanto del sector doméstico como para el sector presupuestado y productivo, que incluye a las nuevas formas de gestión no estatal y otras modalidades de abasto y nuevos servicios, que prestan las entidades del Sistema Empresarial atendido y patrocinado por el Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos» (Reyes, 2020).

Como regula la Resolución 84 de 2020 del Ministerio de Finanzas y Precios, todos los usuarios medrados, a los cuales se les brinda el servicio en moneda nacional, contarán con nuevas tarifas por el consumo de agua, las cuales se establecerán paulatinamente y por sectores durante el transcurso del año.

Marcia Almeida Llanes, directora general del encargo estatal de Organización Superior de Dirección Empresarial (OSDE), la cobertura hidrométrica a personas jurídicas refirió que aquellos usuarios que todavía no cuentan con metrocontadores, se les mantendrá el mismo costo de 40 centavos por metro cúbico (m<sup>3</sup>).

En el sector domiciliario se decidió modificar los pagos, a partir del consumo de 4,5 m<sup>3</sup> de agua por habitante al mes. En comparación con la tarifa actual, los precios por cada m<sup>3</sup> se duplicarán, triplicarán y cuadruplicarán su valor en la medida en que se consuma más agua que la establecida por la norma, –en este caso tres m<sup>3</sup> por habitante al mes– (Reyes, 2020).

En el 6to. Congreso del Partido Comunista de Cuba se aprobaron los Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución, en los que se incluyen los referidos a los Recursos Hidráulicos del país, cuya implementación jurídica constituye un aspecto esencial para la materialización de la VISIÓN: “En Cuba se gestiona el agua de forma eficiente y sostenible conservando el medio ambiente” como un instrumento fundamental de la actualización del modelo económico cubano en el ámbito hidráulico (ECURED, 2022).

## **Capítulo I: Fundamentación Teórica del aprovechamiento de los recursos hídricos en Cuba y el mundo.**

### 1.6.1. Empresa de Aprovechamiento Hidráulico

Los servicios de acueductos son conocidos como un servicio público, surge dentro y para un área de la realidad social y en un sector de la actividad del Estado, que influye y determina el bienestar y las condiciones de vida de la población. De ahí a que se reconozca como deber de cada Estado asegurar la prestación eficiente de los servicios públicos a todos los habitantes del territorio nacional.

Para ello administra una infraestructura que da seguimiento a la calidad del agua tomada en las fuentes y que se distribuye en el sistema de conductoras principales y redes de distribución garantizando el abasto del preciado líquido.

El abastecimiento de agua potable incluye los servicios de:

- Aducción: captación y alumbramiento, embalse, conducciones primarias, tratamiento y depósito.
- Distribución general: grupos de presión, distribución por tuberías, válvulas y aparatos hasta la acometida de los usuarios.
- Distribución domiciliaria: comprende la distribución interna de los edificios, es decir desde la acometida a los usuarios hasta la salida en grifo (Mastrapa López, 2014a).

### 1.6.2. Empresa de Aprovechamiento Hidráulico Cienfuegos.

Creada desde el 2001, la Empresa de Aprovechamiento Hidráulico de Cienfuegos (EAH) desarrolla procedimientos que aseguren la eficacia de su gestión. La sostenibilidad del perfeccionamiento empresarial ha sido vital para cumplir con su objeto social. La planificación, monitoreo, provisión y el control de las aguas terrestres de sus principales usuarios como Acueducto, Agricultura y la Empresa azucarera constituye la función de esta entidad hidráulica, con la certificación de los diferentes sistemas de gestión de calidad (Mastrapa López, 2014).

Administra una infraestructura hidráulica en dos unidades empresariales de Base ubicadas en los municipios de Abreus y Cumanayagua, para la operación de seis presas y una red de pozos que disponen de un potencial de 727,7 millones de metros cúbicos de agua anuales, correspondiendo el 42% a aguas subterráneas y el 58% a aguas superficiales y las redes de monitoreo. Dentro de su objeto social se encuentra el Servicio de Provisión Mayorista de Agua Superficial y Subterránea, el Monitoreo de las Redes Hidrogeológica, Hidrológica y de la Calidad del agua (Red CAL) y el Control de los Focos Contaminantes en la provincia de Cienfuegos.

La red de escorrentía, se localiza en la vertiente Sur del parte aguas central de Cuba, perteneciente a la región centro occidental del archipiélago cubano. Existe un alto desarrollo fluvial, existen 14 cuencas principales, de las cuales 5 tributan a la Ciénaga Oriental de Zapata, 4 a la Bahía de Cienfuegos y 6 al Mar Caribe (Arimao se bifurca a la Bahía y mar Caribe), de ellas 3 de interés provincial (Damují, Caonao

## Capítulo I: Fundamentación Teórica del aprovechamiento de los recursos hídricos en Cuba y el mundo.

y Arimao) y la cuenca Hanabanilla (localizada dentro de la cuenca Arimao) de interés Nacional.

La mayoría de las cuencas son pequeñas donde solo las 3 de interés Provincial alcanza los 1145 km<sup>2</sup> ocupando el 34 % de la extensión total de la provincia, destacar que de las cuencas, micro cuencas y mini cuencas, 45 ocupan un área mayor a 5 km<sup>2</sup> y 219 ocupan un área menor de 5 km<sup>2</sup>.

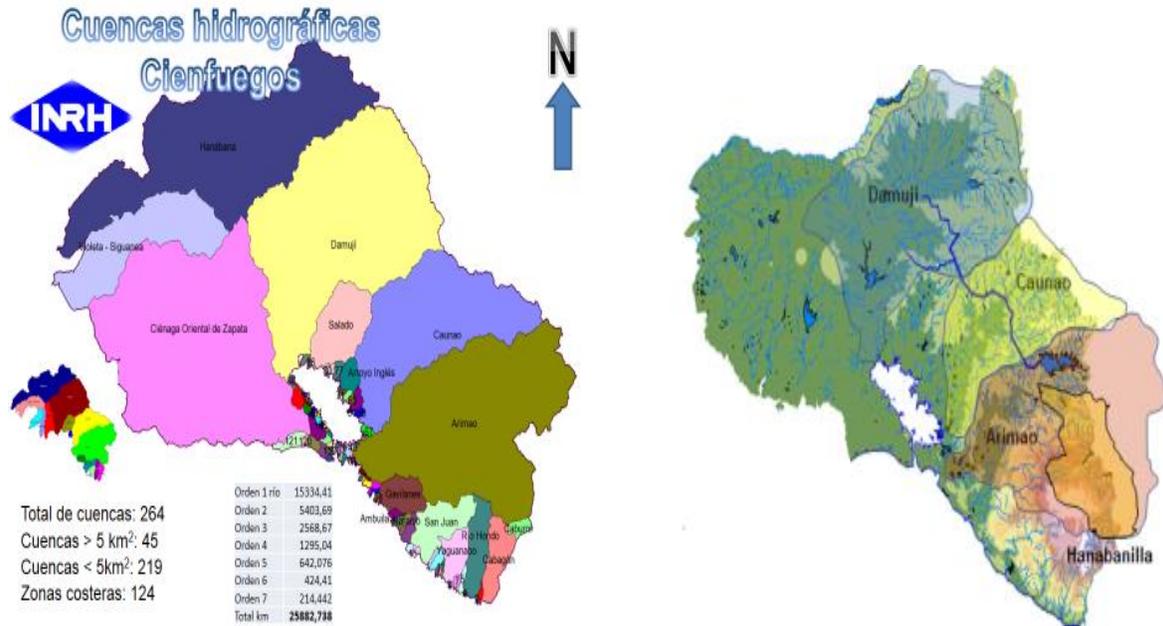


Figura 6: Cuencas hidrográficas

Figura 7 Ubicación de las cuencas

## Capítulo I: Fundamentación Teórica del aprovechamiento de los recursos hídricos en Cuba y el mundo.

No	Cuenca del río	Área			Pendiente de cuenca	Longitud del río Principal	Pendiente del río
		Dentro de la Provincia	Fuera de la Provincia	Total			
		Km <sup>2</sup>	Km <sup>2</sup>	Km <sup>2</sup>			
1	Cabagán	47.5	15.6	63.1	352.0	19.4	41.6
2	Hondo	65.7	-	65.7	312.0	15.4	49.7
3	Yaguanabo	44.2	-	44.2	344.0	15.9	18.5
4	San Juan	74.1	-	74.1	380.0	26.4	30.3
5	Gavilanes	52.7	-	52.7	120	15.5	30.6
6	Arimao	671.5	323.0	994.5	130.0	82.6	2.7
7	Caunao	473.0	117.5	590.5	60.1	53.9	3.5
8	Salado	132.9	-	132.9	29.6	18.0	3.2
9	Damuji	1076.2	59.5	1135.7	23.2	56.8	1.3
10	Alcalde Mayor	133.8	-	133.8	13.0	16.4	2.4
11	Yaguaramas	89.5	-	89.5	8.1	26.2	1.7
12	Ceja Borrego	67.5	-	67.5	11.4	16.0	2.6
13	Magdalena	52.3	-	52.3	11.1	17.0	2.1
14	Hanábana	368.2	707.8	1076.0	9.6	25.6	0.6

Tabla 1: Cuencas hidrográficas

La EAHC cuenta con un grupo de obras hidráulicas para su explotación y mantenimiento. Los volúmenes de escurrimiento son regulados, fundamentalmente, por 6 embalses, dos de regulación hiperanual, 3 anuales y un regulador diario (P. Bonito) que, además, maneja los volúmenes de la generación de Hanabanilla. Existen, además, otros cuerpos de aguas menores, destacándose 25 micropresas.

❖ 6 presas.

Embalses	Capacidad (Hm <sup>3</sup> )	Entrega garantizada (Hm <sup>3</sup> )	Volumen Prevención Hid. (Hm <sup>3</sup> )
Avilés	190.00	161.0	
Paso Bonito	8.0	66.7	
Abreus	50.0	70.0	42.0 – 48.0
Voladora	40.9	32.0	
Galindo	28.4	18.5	
El salto	9.5	13.1	
Total	326.8	361.9	

Tabla 2: Embalses de la Provincia

❖ 1 estación de bombeo.

## Capítulo I: Fundamentación Teórica del aprovechamiento de los recursos hídricos en Cuba y el mundo.

- ❖ 2 embalses reguladores.
- ❖ 2 conductoras con 20,7 km de longitud.
- ❖ 1 canal magistral con 35,0 km de longitud.
- ❖ 1 canal trasvase 3,1 km de longitud.

Canal	Longitud KM
P. Bonito- Cruces	35.7
Trasvase P. Bonito- Avilés	3.1
Total	38.8

Tabla 3: Canales Hidrográficos

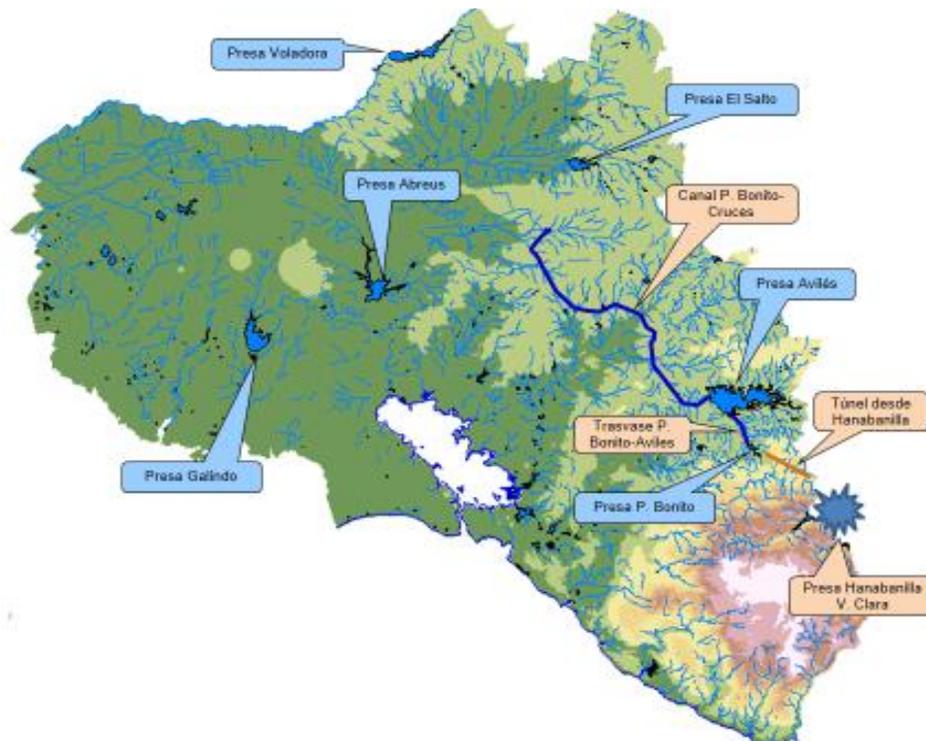


Figura 8 Representación geográfica de los embalses de la Provincia Cienfuegos

En 2014 se culminó el proceso inversionista emprendido desde el 2011 en la presa cumamayagüense Avilés, la mayor de la provincia con una capacidad de almacenamiento de 190 millones de metros cúbicos de agua.

El objetivo de la inversión, a un costo de ejecución de 2,5 millones de pesos, radicó en que este embalse (pilar del Complejo Hidráulico Hanabanilla-Paso Bonito-Canal Trasvase-Presa Avilés-Canal Magistral-Regulador Anaya) alcanzará de nuevo su

## Capítulo I: Fundamentación Teórica del aprovechamiento de los recursos hídricos en Cuba y el mundo.

nivel máximo de recepción, saliera del estado de prevención hidrológica, cesara su subutilización y sus aguas estuviesen prestas a ser empleadas en el desarrollo económico del territorio. Las obras constructivas corrieron a cargo de fuerzas de la Empresa de Aprovechamiento Hidráulico y la Brigada de Mantenimiento del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos y demandaron el empleo de varias retroexcavadoras, un grupo de camiones Volvo y cargadores frontales, entre otros equipos lo cual evidencia el impacto económico para la provincia. (Martínez Molina, 2014)

Existen 7 cuencas subterráneas, distribuidas de acuerdo a sus condiciones hidrogeológicas, relacionadas con la hidrografía, el clima y la geología, estas se encuentran distribuidas en diferentes horizontes acuíferos.

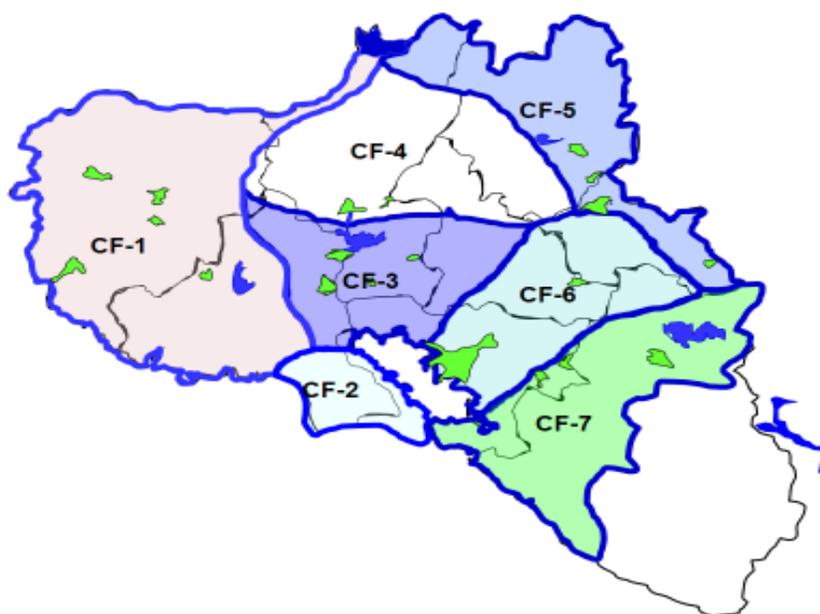


Figura 9 Cuencas subterráneas

Cuenca Subt.	Área KM <sub>2</sub>	Reservas dinámicas	Hm <sub>3</sub> /KM <sub>2</sub>
Hanábana (CF-1)	980.8	130.28	0.133
Juraguá (CF-2)	142.0	15.49	0.109
Abreus (CF-3)	432.6	16.23	0.037
Cartagena (CF-4)	565.2	9.0	0.016
Lajas (CF-5)	435.2	2.3	0.005
Cienfuegos (CF-6)	425.7	10.5	0.025
Cumanayagua (CF-7)	531.9	6.4	0.012
Provincia	3513.4	190.2	0.054

## Capítulo I: Fundamentación Teórica del aprovechamiento de los recursos hídricos en Cuba y el mundo.

*Tabla 4 Área de las cuencas subterráneas*

Por tanto, es necesario que el agua suministrada a la población deberá obtenerse del origen más adecuado posible, considerando tanto la cantidad como la calidad, y se evitará que pueda ser causa o vehículo de enfermedades debido a los diferentes procesos naturales o de origen humano.

### 1.7. Sistemas informáticos existentes.

La evolución tecnológica de los ordenadores ha permitido desarrollar softwares potentes que nos sirven de gran ayuda en el sector de los recursos hídricos. Esto se debe a que la mayoría han sido desarrollados por prestigiosas instituciones dedicadas a la investigación, así como organismos internacionales que buscan mejorar las posibilidades de aprendizaje para la solución de problemas sociales, económicos y ambientales.

Junto con un novedoso diseño de las infraestructuras, también es necesario desarrollar, crear y poner en funcionamiento los nuevos sistemas y enfoques para el seguimiento, la predicción, la alerta precoz y la evaluación y gestión de riesgos. Los sistemas de alerta precoz permiten estar mejor preparados y brindar servicios de apoyo y recuperación en aquellos lugares donde no se puedan evitar los impactos.

Existen disimiles softwares que permiten monitorear presas, embalses, nivel de acumulados de lluvias, predecir etapas de sequías o inundaciones teniendo en cuenta el estado de los suelos y aguas, etc.

#### 1.7.2. Sistemas existentes en el mundo.

La compañía Telegrafía integra el Sistema de Alerta y Notificación con uno o varios sistemas de monitoreo, fue fundada en 1990 continuando la tradición de la empresa Telegrafía Pardubice y como una de las primeras libres de Checoslovaquia comenzó con la venta de equipos modernos. La parte del sistema que proporciona la alerta de la población en un territorio de peligro en varios niveles y a base de los datos de los sensores de monitoreo. La parte de alerta del sistema al mismo tiempo informa a las personas competentes y notifica al gabinete de crisis. Para averiguar los datos sobre posible amenaza se utilizan varios procesos dependiendo si se trata de las inundaciones provocadas por las lluvias de larga duración y por el volumen de agua de los ríos elevado o por los chubascos y posteriormente las inundaciones precipitadas. Las simulaciones de ordenador ayudan identificar las zonas de amenaza en los lugares concretos con mayor probabilidad. Los sistemas de monitoreo ofrecen datos en dos modos: predicción basada en los datos obtenidos de las estaciones meteorológicas especializadas y monitoreo de la situación hidrometeorológica real (Telegrafía, 2017).

Vektra® (SCADA Alerta y Notificación) presenta distintos componentes:

## **Capítulo I: Fundamentación Teórica del aprovechamiento de los recursos hídricos en Cuba y el mundo.**

### ❖ Sistema de monitoreo y sensores en los embalses:

Indican el daño del embalse con suficiente antelación y utiliza como mínimo tres tipos de sensores para aumentar la fiabilidad y prevenir en gran medida las alarmas falsas.

### ❖ Centro de mando:

Activa automáticamente el sistema de alerta y notificación al pasar los valores críticos en el sistema de monitoreo advertencia visual y acústica tiempo predefinido para respuesta del operador inicio automático de sirenas electrónicas y de alerta garantiza alta seguridad que tiene la tecnología 100 % respaldada por la copia de seguridad.

### ❖ Sirenas electrónicas Pavian:

Producen presión acústica alta a larga distancia, tienen buena comprensión al reproducir las palabras habladas, disponen de alta fiabilidad gracias a que tienen plena operatividad en el momento del corte de la energía eléctrica, plena funcionalidad en temperaturas extremas, funciones de auto-ensayo avanzadas, ofrecen diferentes modos de alimentación, proporcionan la comunicación con el centro de control mediante los canales de comunicación por radio y línea.

### ❖ Infraestructura de comunicación:

Proporciona la comunicación entre el centro de mando y otros elementos del sistema de alerta, permite conectar el sistema de alerta temprana en alrededores de embalse con el sistema de alerta nacional.

### ❖ Personas notificadas y competentes:

Informadas sobre la producción de una situación de emergencia por teléfono o mensaje SMS, convocadas a lugares de trabajo y operaciones de rescate.

Vektra® SCADA: se puede utilizar para describir una gran variedad de sistemas de control basados en software que permiten a los operarios y al personal de las instalaciones monitorear y controlar el equipo, ya sea local o a distancia. Generalmente, un sistema SCADA automatiza gran parte del proceso de control de manera que los trabajadores de la planta puedan enfocarse en otras tareas. Este sistema le da flexibilidad al trabajador para controlar manualmente el equipo desde donde esté. Los sistemas también se instalan para recopilar y almacenar información para generar informes, solución de problemas, indicaciones de mantenimiento y mucho más.

Este sistema es utilizado por industrias y empresas para controlar y mantener la eficiencia en las actuaciones, recopilar datos para tomar decisiones más

## **Capítulo I: Fundamentación Teórica del aprovechamiento de los recursos hídricos en Cuba y el mundo.**

inteligentes, y comunicar los problemas del sistema para ayudar a reducir el tiempo de inactividad tales como:

Sistema de alerta en embalse de Polgolla, Sri Lanka

Sistema de alerta en embalse de Bukovec, Eslovaquia. (Rychtarcikova, 2016)

Todos son sistemas eficientes y de gran ayuda para las empresas, pero con un alto costo de instalación y mantenimiento, son totalmente automatizados por lo que una falla podría ocasionar graves consecuencias si no tienen el respaldo eléctrico necesario, además de necesitar estar conectados a internet para su soporte o trabajar directamente con la red celular.

### 1.7.3. Sistemas existentes en Cuba

Cuba dispone del primer software para el control, la herramienta constituye un soporte de inestimable valor para las EAH de todos los territorios, en tanto con su aplicación puede planificarse con mayor exactitud el agua disponible en las profundidades y así realizar programaciones más exactas en la utilización de ese recurso agotable.

Comprende distintas variables, como los niveles de la columna líquida, las lluvias, la explotación del manto freático; estudios de relación agua superficial-agua subterránea, y de representatividad de las redes hidrológicas e hidrogeológicas, entre otros. permite el monitoreo constante de las reservas disponibles en los acuíferos en las distintas épocas del año y, en correspondencia, regular la extracción en los sectores hidrogeológicos. (Martínez, 2018)

El proyecto Forsat (Fortalecimiento del Sistema de Alerta Temprana) para las cuencas Zaza y Agabama de las provincias de Sancti Spíritus y Villa Clara tiene como objetivo: mejorar la efectividad del Sistema de Atención Temprana (SAT) hidrometeorológico ante el peligro de inundaciones por intensas lluvias en áreas vulnerables de las cuencas de los ríos Zaza y Agabama.

A partir del proyecto Forsat se recibió una Estación receptora de satélites meteorológicos polares, cuya órbita está sincronizada con la Tierra, pasa a una baja altura y, por tanto, da la posibilidad de ofrecer imágenes con una alta resolución espacial del orden de los 250 metros, lo cual le permite ofrecer valiosa información acerca de las características de la vegetación, los espejos de agua, la nubosidad, el mar, la tierra.

Esta tecnología ha sido instalada gracias al financiamiento que aportó la Unión Europea a través del proyecto Forsat y viene a complementar otras estaciones receptoras de índole meteorológica que se habían adquirido a través de otro proyecto, Dipecho.

## **Capítulo I: Fundamentación Teórica del aprovechamiento de los recursos hídricos en Cuba y el mundo.**

Con un costo que ronda los 7 000 euros, las nuevas estaciones están dotadas de sensores, plataformas de captación de datos, módem y red de computación, entre otros equipos y accesorios.

Gracias a la ayuda recibida de estos proyectos promovidos por el Fondo de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), el Insmet cuenta hoy con una estación receptora de tipo estacionaria, una de servicios digitales y la estación circunspolar". (Herrera, 2017)

La principal desventaja que tiene dicho sistema es el alto costo de instalación y mantenimiento para la provincia de Cienfuegos, su sistema de notificaciones es basado en sms.

La gran mayoría de las provincias cuentan con sistemas un poco menos automatizados donde la acción del hombre es imprescindible como es en los embalses que se utiliza una regla, en el caso de las lluvias se usan los pluviómetros.

### **1.8. Conclusiones parciales del Capítulo**

El agua, constituye un elemento imprescindible para la vida en la Tierra. El cambio climático y el uso indiscriminado del agua hace que disminuya día a día este recurso necesario para la humanidad.

Existe una difícil situación de 700 millones de personas que sufren escasez de agua en todo el mundo.

El mundo está lleno de tensiones provocadas por la escasez de recursos naturales: oro, diamantes y petróleo. El agua, con el cambio climático se convierte en "el oro azul" de este siglo, lo que provocará múltiples conflictos.

La proyección del escenario actual mundial prevé el desplazamiento masivo de grandes porciones de la humanidad en un mediano plazo hacia sectores mejor provistos de agua.

En Cuba se gestiona el agua de forma sostenible conservando el medio ambiente como un instrumento fundamental de la actualización del modelo económico cubano en el ámbito hidráulico.

Existen en el mundo múltiples y variados softwares que permiten monitorear presas, embalses, nivel de acumulados de lluvias, predecir etapas de sequías o inundaciones teniendo en cuenta el estado de los suelos y aguas, etc. La mayoría de dichos sistemas son propietarios y por su costo no están al alcance de todos.

**Capítulo II: Fundamentos teóricos del sistema informático para el aprovechamiento de los recursos hidráulicos de la provincia de Cienfuegos.**

**CAPÍTULO II: Fundamentos teóricos del sistema informático para el aprovechamiento de los recursos hidráulicos de la provincia de Cienfuegos.**

## **Capítulo II: Fundamentos teóricos del sistema informático para el aprovechamiento de los recursos hidráulicos de la provincia de Cienfuegos.**

## **Capítulo II: Fundamentos teóricos del sistema informático para el aprovechamiento de los recursos hidráulicos de la provincia de Cienfuegos.**

### 2.1. Introducción

En este capítulo se analizarán los fundamentos teóricos del sistema informático para el aprovechamiento de los recursos hidráulicos de la Provincia de Cienfuegos.

Desde que una gota de lluvia cae del cielo hasta que sale por el grifo del usuario y, posteriormente, se vierte de nuevo a los cauces en óptimas condiciones, el agua pasa por una serie de fases (captación, tratamiento, distribución, saneamiento y regeneración) que forman un ciclo integral en el que las nuevas tecnologías y la digitalización se han convertido en las grandes aliadas abriendo un abanico de posibilidades tangibles para responder a los retos actuales. En este sentido, existe en la actualidad una tendencia creciente en cuanto al uso de modelos matemáticos vinculados a los procesos de gestión del ciclo del agua fundamentalmente con fines predictivos, pero también son útiles a la hora de diseñar la red y dimensionar infraestructuras, así como para ampliar el conocimiento que se tiene de las aguas y de sus parámetros de contaminación.

Se pueden analizar las inundaciones urbanas a través de modelos matemáticos que permiten analizar diferentes lluvias para ver cuáles son las zonas que se inundarían y comprobar las velocidades y callados producidos. Gracias a su aplicación, pueden proyectar nuevas infraestructuras o modificar la gestión de las actuales para minimizar el impacto de una posible inundación o, en su caso, eliminar el riesgo completamente.

La gestión del ciclo integral del agua se enfrenta en la actualidad a grandes retos. Estos pasan, sobre todo, por el reparto equitativo y justo del recurso, y por hacerlo en unas condiciones eficientes y sostenibles, bajo un contexto de cambio climático que provoca que la disponibilidad de agua dulce sea cada vez menor y más desigual.

Es por ello que se hace necesario el establecimiento de políticas enfocadas, a todos los niveles, a una mejor gestión del agua. Es aquí donde las nuevas tecnologías puedan guiar al sector en su camino hacia la excelencia. En él, los modelos matemáticos permiten reproducir los procesos que se llevan a cabo en la gestión del ciclo integral del agua, de manera que permiten optimizarlos y mejorarlos sin comprometer el alto estándar de servicio. (Zarza, 2022)

### 2.2. Análisis Estadísticos

La estadística es una ciencia formal y una herramienta que estudia el uso y los análisis provenientes de una muestra representativa de datos, busca explicar las

## **Capítulo II: Fundamentos teóricos del sistema informático para el aprovechamiento de los recursos hidráulicos de la provincia de Cienfuegos.**

correlaciones y dependencias de un fenómeno físico o natural, de ocurrencia en forma aleatoria o condicional. (Leocadio, 2015)

La Estadística se aplica a una amplia variedad de disciplinas desde las naturales hasta las sociales, entre ellas la producción, la salud, el control de calidad y otras.

En la actualidad en el marco de los criterios de la administración de la calidad y de la productividad, así como en la aplicación de los sistemas de gestión de calidad orientados a la toma de decisiones es imprescindible la aplicación de la estadística tanto descriptiva y en cierta medida la estadística inferencial, que a su vez proporcionan elementos de confiabilidad que científicamente sustenten la decisión tomada.

El modelo de toma de decisión de un tema o problema específico requiere el soporte que proporciona la estadística, que involucra desde la toma de muestra propiamente hasta la corroboración de la decisión a un nivel de confiabilidad definido.

La aplicación de la estadística es a todo ámbito y siempre va a requerir considerar una poblacional de un determinado caso.

En forma general la estadística abarca dos grandes áreas:

### **2.3. Estadística descriptiva.**

El término “estadística descriptiva” se refiere al análisis, el resumen y la presentación de los resultados relacionados con un conjunto de datos derivados de una muestra o de toda la población.

La estadística descriptiva nos ofrece el detalle de las herramientas para definir elementos básicos en la toma de decisión como son la media, mediana, moda, desviación estándar y los diferentes diagramas de cajas, histogramas, tablas de contingencia y graficas de dispersión entre otros. Que nos ayudara en la obtención, organización, presentación y descripción de la información numérica.(Institute & The Open Group, 2020)

La mediana es un indicador que “no tiene en cuenta los valores extremos, a veces poco frecuentes”, a diferencia de la media, que está muy influenciada por estos valores extremos. («Estadística descriptiva. Qué es y su importancia», 2021)

La estadística descriptiva comprende tres categorías principales: distribución de frecuencias, medidas de tendencia central y medidas de variabilidad.

### **2.4. Tipos de estadísticas descriptivas**

La estadística descriptiva es junto con la inferencia estadística o estadística inferencial, una de las dos grandes ramas de la estadística. Su propio nombre lo indica, trata de describir algo. Pero no describirlo de cualquiera forma, sino de

## **Capítulo II: Fundamentos teóricos del sistema informático para el aprovechamiento de los recursos hidráulicos de la provincia de Cienfuegos.**

manera cuantitativa, ayuda a representar y comprender las características de un conjunto de datos específico ofreciendo breves resúmenes sobre la muestra y las medidas de los datos. (López, 2019)

### 2.5. Distribución de frecuencias

Utilizada tanto para datos cualitativos y cuantitativos. Representa la frecuencia o el recuento de los diferentes resultados en un conjunto de datos o muestra.

La distribución de frecuencias se presenta normalmente en una tabla o un gráfico. Cada entrada de la tabla o el gráfico va acompañada del recuento o la frecuencia de aparición de los valores, en un intervalo, rango o grupo específico.

La distribución de frecuencias es básicamente una presentación o un resumen de datos agrupados que se han clasificado en función de clases mutuamente excluyentes y del número de ocurrencias en cada clase respectiva. Permite una forma más estructurada y organizada de presentar los datos en bruto.

Los cuadros y gráficos más comunes utilizados en la presentación y visualización de la distribución de frecuencias incluyen gráficos de barras, histogramas, gráficos circulares y gráficos de líneas.

### 2.6. Tendencia central

La tendencia central es otro de los tipos de estadística descriptiva, y se refiere al resumen descriptivo de un conjunto de datos utilizando un único valor que refleja el centro de la distribución de los datos. Las medidas de tendencia central también se conocen como medidas de localización central. La media, la mediana y la moda son consideradas las medidas de tendencia central.

La media, que se considera la medida de tendencia central más popular, es el valor medio o más común en un conjunto de datos. La mediana se refiere a la puntuación media de un conjunto de datos en orden ascendente. La moda se refiere a la puntuación o valor más frecuente en un conjunto de datos.

### 2.7. Variabilidad

Una medida de variabilidad es una estadística de resumen que refleja el grado de dispersión de una muestra. Las medidas de variabilidad determinan la distancia que los puntos de datos parecen tener con respecto al centro.

La dispersión y la variabilidad se refieren y denotan el rango y la amplitud de la distribución de los valores en un conjunto de datos. El rango, la desviación estándar y la varianza se utilizan, respectivamente, para representar diferentes componentes y aspectos de la dispersión.

## Capítulo II: Fundamentos teóricos del sistema informático para el aprovechamiento de los recursos hidráulicos de la provincia de Cienfuegos.

El rango representa el grado de dispersión o un ideal de la distancia entre los valores más altos y más bajos dentro de un conjunto de datos. La desviación estándar se utiliza para determinar la varianza media de un conjunto de datos y proporciona una idea de la distancia o la diferencia entre un valor de un conjunto de datos y el valor medio del mismo conjunto de datos.

La varianza refleja el grado de dispersión y es esencialmente una media de las desviaciones al cuadrado. La estadística descriptiva facilita la visualización de los datos. Permiten presentarlos de forma significativa y comprensible, lo que a su vez da pie a una interpretación simplificada del conjunto de datos en cuestión.

Los datos brutos serían difíciles de analizar, y la determinación de tendencias y patrones puede ser un reto. Además, los datos en bruto dificultan la visualización de lo que muestran los datos.

Además, el uso de la estadística descriptiva permite resumir y presentar un conjunto de datos mediante una combinación de descripciones tabuladas y gráficas. La estadística descriptiva se utiliza para resumir datos cuantitativos complejos. («Estadística descriptiva. Qué es y su importancia», 2021)

### 2.8. Media aritmética

La media aritmética se obtiene sumando todas las observaciones o mediciones y dividiéndolo entre el número de mediciones consideradas. (Hurtado et al., 2017) es decir de un conjunto de datos  $n$  de números  $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$  es el valor numérico que se obtiene dividiendo la suma total de los valores observados de una variable entre el número de observaciones, se representa por  $X_{med}$  y se define como:

$$X_{med} = \bar{X} = \sum_{i=1}^n X_i / n$$

En general podemos indicar que, la media aritmética es el valor que resulta de dividir la suma de todos los valores observados entre el número de datos considerados. (*Fundamentos Básicos de Estadística-Libro.pdf*, s. f.)

Si  $X_{med}$  es la media muestral de un muestreo aleatorio de tamaño  $n$  de una población con varianza  $\sigma^2$  conocida un intervalo de confianza de  $(1 - \alpha) * 100\%$  para la media está dado por :

$$[X_{med} - Z_{\alpha/2} (\sigma / n^{1/2}), X_{med} + Z_{\alpha/2} (\sigma / n^{1/2})]$$

Si  $n \geq 30$  el resultado está garantizado.

## Capítulo II: Fundamentos teóricos del sistema informático para el aprovechamiento de los recursos hidráulicos de la provincia de Cienfuegos.

### 2.9. Mediana

La mediana, dentro del mundo de la estadística y probabilidades, hace referencia a un grupo o conjunto de datos que se encuentran en el medio, teniendo una parte de los datos por debajo y la otra por encima, por dicha razón se denomina mediana. (Rodríguez et al., 2020)

Esta medida es representada por *Med* y para su cálculo es preciso distinguir cuando se tiene datos agrupados y sin agrupar, así como también, si el número de datos “n” es par o impar. En efecto, para datos sin agrupar se tiene:

Si es “n” par, la mediana es el valor que resulta de calcular el promedio de los datos que ocupan las posiciones  $n/2$  y  $(n/2) + 1$ .

Si “n” fuera impar, *Me* resulta ser el dato que ocupa la posición  $(n+1) / 2$ .

### 2.10. Moda

La moda es el valor que tiene mayor frecuencia entre todos los datos agrupados; es decir, es el valor que se repite más veces en el conjunto de datos inicial. (Rodríguez et al., 2020)

La moda puede ser calculada tanto para variables cuantitativas como para variables cualitativas.

La moda puede no existir, y si existe, no ser única. Si la distribución presenta una sola moda se llamará unimodal:

Ejemplo conjunto de datos: [ 3, 5, 5, 6, 8]

- La moda del conjunto es 5 porque se repite en dos ocasiones, mientras que el resto de números se repiten únicamente una vez.

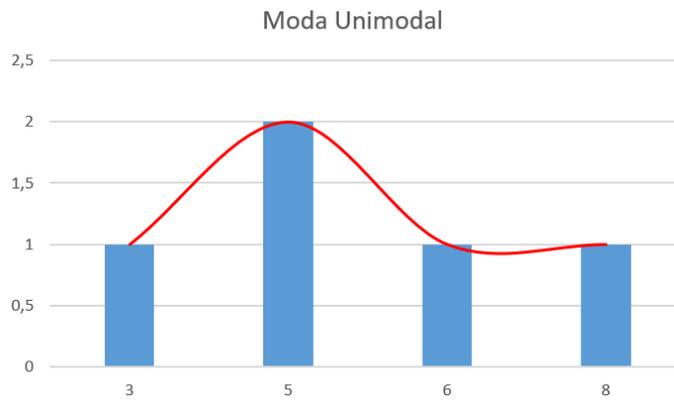


Figura 10 Moda unimodal (Mendoza, 2019)

Si existen dos es *bimodal*

## Capítulo II: Fundamentos teóricos del sistema informático para el aprovechamiento de los recursos hidráulicos de la provincia de Cienfuegos.

- Ejemplo conjunto de datos: [ 3, 5, 5, 6, 8, 8]
- La moda del conjunto sería 5 y 8 porque ambos números se repiten en dos ocasiones, mientras que el resto de números se repiten únicamente una vez.

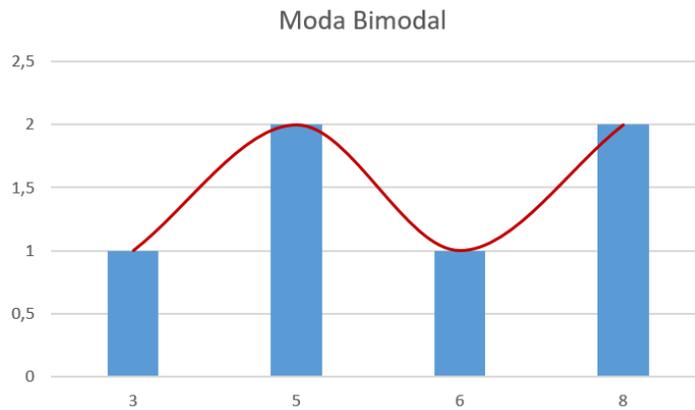


Figura 11 Moda bimodal (Mendoza, 2019)

- Moda multimodal: cuando el máximo número de repeticiones se da para tres o más números.
  - Ejemplo conjunto de datos: [ 3, 3, 5, 5, 6, 8, 8]
  - La moda del conjunto en este caso serían tres números, porque los tres se repiten el mismo número de veces: 3, 5, 8.

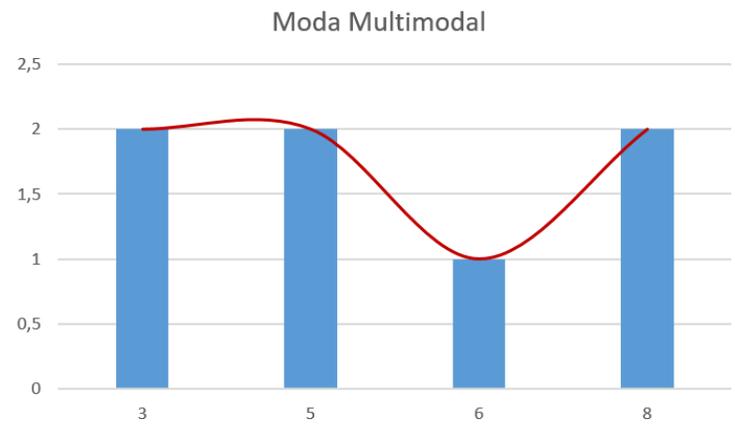


Figura 12 Moda Multimodal (Mendoza, 2019)

Y si ningún valor de la variable se repite más veces que los otros o si hay más de dos que se repiten más veces, se dice que no existe moda. (Mendoza, 2019)

## **Capítulo II: Fundamentos teóricos del sistema informático para el aprovechamiento de los recursos hidráulicos de la provincia de Cienfuegos.**

### 2.11. Consideraciones entre las medidas de tendencia central.

La media, mediana y moda, como representantes de un conjunto de datos, brindan cierta información de cómo se comportan los datos en una distribución; sin embargo, es necesario saber cuándo una de estas medidas resulta ser más representativa o adecuada frente a otra, pues cada una de ellas posee ciertas características particulares. Para esto, si se conoce las propiedades de estas medidas, se brinda una mejor información para el buen manejo de las mismas. (Quevedo, 2011)

#### Estadística inferencial.

Son muchos los fenómenos o sucesos que no tienen respuesta, es por esto que se debe realizar estudios pertinentes que aclaren la situación que se desea analizar. Dicho estudio se logra por medio de la experimentación constante, que muestra cada uno de los resultados que se van obteniendo con ayuda de la estadística.

La Estadística Inferencial puede dar respuesta a muchas de las necesidades que la sociedad actual puede requerir. Su tarea fundamental es el análisis de los datos que se obtienen a partir de experimentos, con el objetivo de representar la realidad y conocerla. La estadística inferencial, también conocida como inductiva, es aquella estadística que realiza predicciones, proyecciones y juicios valorativos respecto a un gran conjunto de informaciones, basándose en datos reunidos a partir de una serie de informaciones más pequeña.

En los casos en que durante una investigación no se puede hacer el estudio de todos los elementos que integran el universo a examinar, se toma una o varias partes de dicho universo y en base a al análisis de esas partes, denominadas muestras, se busca determinar las características de toda la población.

Así, la estadística inferencial efectúa estimaciones e hipótesis basándose en probabilidades y argumentando sus resultados a partir de las muestras de una población. Naturalmente, estas muestras deben ser lo más representativas del universo o la población total, por lo que la escogencia y la determinación del tamaño de la muestra es uno de los asuntos más importantes que deben plantearse en la estadística inferencial, ya que en base a esto se tomarán decisiones y se realizarán predicciones.

#### Instrumentos de la estadística inferencial

Los instrumentos que conforman la estadística inferencial son los siguientes:

Universo estadístico: consiste en fijar cuáles son los casos individuales que van a ser observados, así como su alcance en el espacio y tiempo de la investigación.

Unidad de investigación: constituida por los casos individuales que se estudian en la investigación, a través de los cuales se llega a la observación del fenómeno.

## Capítulo II: Fundamentos teóricos del sistema informático para el aprovechamiento de los recursos hidráulicos de la provincia de Cienfuegos.

Momento estadístico: instante o período al que se referirán los datos individuales.

Muestreo: elección de una parte representativa o muestra de población, para describir al conjunto de la misma.

Muestreo probabilístico: técnica de muestreo en la que cada unidad de población tiene igual oportunidad de aparecer en la muestra. Una selección incorrecta de las unidades muestra puede acarrear la imposibilidad de inferir correctamente las características de la población.

Muestra aleatoria: número limitado de observaciones escogidas al azar de un todo agregado sobre un universo.

Riesgo de muestreo: siempre que se examina menos del 100 por ciento de una población, se está expuesto al riesgo de que la muestra no sea representativa. El riesgo de muestreo se controla mediante el tamaño de las muestras y los métodos de selección usados.

Teoría de probabilidades: es la base sobre la cual descansa la mayoría de las leyes estadísticas, y su mayor aplicación se encuentra en la estadística inductiva (teoría del muestreo), ya que los métodos probabilísticos señalan la posibilidad de que una muestra provea los datos necesarios para describir el universo total e indicar el grado de confianza que se le puede tener a los resultados obtenidos a través de la muestra. («Estadística inferencial - ¿Qué es?», 2021)

### 2.12. El análisis de regresión

El análisis de regresión es una herramienta de frecuente uso en estadística. La cual permite investigar las relaciones entre diferentes variables cuantitativas. Esto, mediante la formulación de ecuaciones matemáticas. Gracias a los procesos de regresión, es posible entender el modo en que la variable dependiente es afectada por cambios en los demás factores. Una de las principales aplicaciones del análisis de regresión es la proyección con diferentes escenarios. Esto, teniendo en cuenta el grado de influencia (en estadística se conoce a esto como correlación) sobre la variable dependiente. (Sánchez Galán, 2022)

Establece la relación entre una o varias variables llamadas “independientes”  $X_1, X_2, \dots, X_m$  y una variable “dependiente”  $Y$ , de la forma:

$$Y = f(X_1, X_2, \dots, X_m) + \varepsilon$$

donde  $f$  es cierta función y  $\varepsilon$  es un cierto error o residual.

## Capítulo II: Fundamentos teóricos del sistema informático para el aprovechamiento de los recursos hidráulicos de la provincia de Cienfuegos.

El término variables independientes significa que estas variables sean independientes no entre sí, sino con relación a la variable dependiente  $Y$  cuya expresión funcional se desea encontrar. (Rodríguez Barrera et al., 2016)

Es decir, el objetivo del análisis es construir una función que permita estimar el valor futuro de la variable de estudio.

El análisis de regresión es pertinente cuando se evidencia una tendencia en los datos históricos del pronóstico. Otro dato importante a tener en cuenta es el coeficiente de correlación ( $r$ ).

Este coeficiente, te permitirá entender qué tanta correlación existe entre la demanda y el tiempo.

- Correlación perfecta: Cuando el resultado de coeficiente es igual a 1 o -1. En este caso existe una relación directamente proporcional entre la demanda y el tiempo.
- Correlación fuerte: Cuando el resultado es mayor a 0.5 y menor que 1 (correlación positiva) o menor a -0.5 y mayor que -1 (correlación negativa).
- Correlación débil: Valores que están entre -0.5 y 0.5.

Entre más cercano se encuentre el coeficiente de correlación a +1 o -1 más fuerte será la tendencia y más apropiado será aplicar un modelo de regresión lineal. Por ejemplo si la correlación es igual a 1, observaremos que la relación entre las variables es directamente proporcional, en el sentido que si uno aumenta, la otra también lo hará. (Betancourt, 2016)

Bien vale aclarar que este método es más útil cuando se enfoca en periodos de largo plazo. Esto unido a su utilidad para estimar la demanda en función de variables independientes.

### 2.13. Regresión lineal simple

En la regresión lineal cuando se tiene una única variable independiente ecuación:

$$Y = a_0 + a_1 * X + \varepsilon$$

Esencialmente se trata de buscar una línea recta que aproxime un conjunto de puntos en el plano que muestren aparentemente una tendencia lineal. En esta se parte de una tabla donde haya una sola variable independiente ( $m=1$ ) y se hipotetiza:

$$y_j = a_0 + a_1 x_j + \varepsilon_j \quad j=1, 2, \dots, p$$

## Capítulo II: Fundamentos teóricos del sistema informático para el aprovechamiento de los recursos hidráulicos de la provincia de Cienfuegos.

### 2.14. Algoritmo de los Mínimos cuadrados lineal:

El *método de mínimos cuadrados* proporciona una forma de encontrar la mejor estimación, suponiendo que los errores (es decir, las diferencias con respecto al valor verdadero) sean aleatorias e imparciales.

Es un procedimiento de análisis numérico en la que, dados un conjunto de datos (pares ordenados y familia de funciones), se intenta determinar la función continua que mejor se aproxime a los datos (línea de regresión o la línea de mejor ajuste), proporcionando una demostración visual de la relación entre los puntos de los mismos. En su forma más simple, busca minimizar la suma de cuadrados de las diferencias ordenadas (llamadas residuos) entre los puntos generados por la función y los correspondientes datos. (Rojas et al., 2016)

Este método se utiliza comúnmente para analizar una serie de datos que se obtengan de algún estudio, con el fin de expresar su comportamiento de manera lineal y así minimizar los errores de la data tomada.

El Método de los Mínimos Cuadrados consiste en estimar los coeficientes  $a_0$  y  $a_1$ , que minimicen la suma de cuadrados de los residuales; es decir que minimice:

$$\sum_{j=1}^p \varepsilon_j^2 = \sum_{j=1}^p (y_j - a_0 - a_1 x_j)^2 \quad (\text{Molina, 2020})$$

El mínimo cuadrado para obtener el valor de los coeficientes de la ecuación de regresión.

Caso de regresión lineal simple:  $y = a + bx$

Para aproximar el conjunto de datos dado,  $(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_n, y_n)$ , donde  $n \geq 2$ . La curva de mejor ajuste  $f(x)$  tiene el siguiente error mínimo cuadrado

$$\Pi = \sum_{i=1}^n [y_i - f(x_i)]^2 = \sum_{i=1}^n [y_i - (a + bx_i)]^2 = \min$$

donde  $a$  y  $b$  son coeficientes desconocidos mientras que todos los valores de  $x_i$  y  $y_i$  son dados. Para obtener el error mínimo cuadrado, los valores de los coeficientes desconocidos  $a$  y  $b$  deben hacer cero las primeras derivadas.

$$\begin{cases} \frac{\partial \Pi}{\partial a} = 2 \sum_{i=1}^n [y_i - (a + bx_i)] = 0 \\ \frac{\partial \Pi}{\partial b} = 2 \sum_{i=1}^n x_i [y_i - (a + bx_i)] = 0 \end{cases}$$

de las ecuaciones anteriores se obtiene:

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^n y_i = a \sum_{i=1}^n 1 + b \sum_{i=1}^n x_i \\ \sum_{i=1}^n x_i y_i = a \sum_{i=1}^n x_i + b \sum_{i=1}^n x_i^2 \end{cases}$$

despejando se obtienen los coeficientes  $a$  y  $b$

## Capítulo II: Fundamentos teóricos del sistema informático para el aprovechamiento de los recursos hidráulicos de la provincia de Cienfuegos.

$$\left\{ \begin{array}{l} a = \frac{n(\sum_{i=1}^n y_i)(\sum_{i=1}^n x_i^2) - (\sum_{i=1}^n x_i)(\sum_{i=1}^n x_i y_i)}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2} \\ b = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - (\sum_{i=1}^n x_i)(\sum_{i=1}^n y_i)}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2} \end{array} \right.$$

### 2.15. Regresión lineal múltiple

La regresión lineal múltiple es la gran técnica estadística para comprobar hipótesis y relaciones explicativas. Ante de empezar, una serie de condiciones que se deben cumplir para poder aplicar la regresión lineal múltiple:

La variable dependiente (resultado) debe ser escalar (numérica) o bien ordinal de más de 5 categorías, es decir, las categorías de la variable dependiente deben tener un orden interno o jerarquía, p.ej. nivel de ingresos, peso, número de hijos, justificación del aborto en una escala de 1-nunca a 10-siempre.

Las variables independientes (explicaciones) deben ser escalares (numérica), ordinales (también se recomienda con más de 5 categorías, p.ej. nivel de ingresos) o dummy (variables de dos categorías donde una indica existencia o otra no-existencia, p.ej. 1-ser soltero, 0-no ser soltero).

Hay otras condiciones como: las variables independientes no pueden estar altamente correlacionadas entre sí, las relaciones entre las variables independientes y la variable dependiente deben ser lineales, todas variables (o mejor dicho sus residuales) deben seguir la distribución normal y deben tener varianzas iguales. Estas condiciones son importantes, pero hay maneras de tratar los datos si se incumple alguna de ellas. (Cárdenas, 2019)

Es particularmente importante entender lo que se está haciendo en cada momento porque estos principios sirven para prácticamente todos los modelos que se emprendan a continuación y después, con modelos más complejos y menos intuitivos, serán más difíciles de comprender. (Granados, 2016)

Cuando se trabaja con  $m$  variables independientes y se busca una ecuación de la forma:

$$Y = a_0 + a_1 * X_1 + a_2 * X_2 + \dots + a_m * X_m + \varepsilon$$

a partir de una tabla o matriz de datos  $p \times (m+1)$ .

En esencia se hipotetiza que:

$$y_j = a_0 + a_1 x_{1j} + a_2 x_{2j} + \dots + a_m x_{mj} + \varepsilon_j \quad j = 1, 2, \dots, p$$

y los coeficientes se buscan de nuevo por el Método de los Mínimos Cuadrados,

En el caso de la regresión lineal múltiple se aplica el método, pero se complejizan los cálculos.

## **Capítulo II: Fundamentos teóricos del sistema informático para el aprovechamiento de los recursos hidráulicos de la provincia de Cienfuegos.**

### 2.16. El método Delphi

EL método Delphi de trabajo con expertos es utilizado en el trabajo investigativo por las personas que necesitan: primer método, conocer cómo enfrentar la investigación que van a llevar a cabo, sus pasos a seguir, las tendencias de la misma, segundo método, corroborar las ideas a que ha arribado, por sus indagaciones o investigaciones preliminares, mediante un grupo de expertos seleccionados con anterioridad.

Ambos métodos tienen sus objetivos, características y pasos a seguir muy diferentes, aunque presentan en común el anonimato, el trabajo con expertos, la retroalimentación controlada y el tratamiento estadístico para llegar a las conclusiones.

El Método Delphi es usado en cualquier temática de investigación, como forma de poder validar el trabajo realizado ante un grupo de reconocidos expertos, es un método poco utilizado en forma general por la falta de conocimiento de los investigadores sobre su existencia, posibilidades y alcances.

Sus principales características son:

Proceso iterativo. Los expertos participantes en el proceso deben emitir su opinión o respuestas en más de una ocasión, a través de varias rondas que llevan a estabilizar las opiniones. Con esta secuencia el experto tiene la posibilidad de reflexionar o reconsiderar su opinión, a la luz de los planteamientos propios o de otros expertos.

2. Anonimato. Ningún miembro del grupo conoce a quién corresponde, una respuesta en particular. Entre las ventajas del anonimato, se encuentra el evitar las influencias negativas de los miembros dominantes del grupo o la inhibición de algún participante. El control de la comunicación está en manos del grupo coordinador y nunca se establece una participación directa, entre los expertos involucrados.

3. Realimentación o feedback controlado. Antes del inicio de cada ronda, el grupo coordinador transmite la posición de los expertos como conjunto frente al problema o situación que se analiza, destacando las aportaciones significativas de algún experto, las posturas discordantes o información adicional solicitada por algún experto. De esta manera, la realimentación a través del análisis del grupo conductor del método permite la circulación de información entre los expertos y facilita establecer un lenguaje común.

4. Respuesta estadística del grupo. En caso de que al grupo se le haya solicitado una estimación numérica, se maneja la mediana de las respuestas individuales. Con ello, se consigue la inclusión de las respuestas individuales en el resultado final del grupo.(Varela-Ruiz et al., 2012)

## **Capítulo II: Fundamentos teóricos del sistema informático para el aprovechamiento de los recursos hidráulicos de la provincia de Cienfuegos.**

El número necesario de expertos para llevar a cabo el método está determinado en un rango determinado, aunque es motivo de discusiones por muchos investigadores, que desconocen el método y plantean que hay que calcular los expertos por medio del muestreo estadístico. Desde su inicio ha sido señalado el rango de expertos necesarios para poder aplicar el Delphi, este rango se mueve según el interés del investigador, la calidad y profundidad del trabajo, entre otros. El número de expertos dados por la literatura científica oscila en el rango entre 9 y 30 expertos. (Cortés Cortés et al., 2005)

La importancia de este método es que permite alcanzar una conclusión basada en las diferentes opiniones de los participantes. De esta forma, las opiniones menos sólidas o más extremas se van descartando conforme avanza la actividad.

Así, la aplicación de este método permite hallar una solución consensuada sobre un problema o el pronóstico de una variable.

### **2.17. Sistema Informático Propuesto**

Descripción de los procesos del negocio.

En la empresa de Recursos Hidráulicos de Cienfuegos, es necesario una herramienta para una mejor gestión y procesamiento de la información referente a la situación hidrológica de la provincia.

Dicha institución tiene un sistema de pluviómetros distribuidos por todo el territorio donde se recolecta el diario de lluvia caída, se les hace llegar al puesto de mando provincial mediante llamada telefónica y ahí se inserta en un documento Excel para su posterior análisis.

De igual forma se procesa la información de los embalses donde la acción del hombre es imprescindible ya que se utiliza una regla para medir su nivel.

Una vez insertados todos los datos en el documento Excel los expertos lo analizan con dicha herramienta y se obtienen los pronósticos para su análisis futuro.

Reglas del Negocio

1. El oficial de guardia del puesto de mando es el encargado de recibir diariamente el parte de la situación hidrológica de la provincia.
2. Solo los expertos y el personal cualificado son los encargados de procesar la información.
3. Una vez obtenidos los pronósticos se le debe enviar a los directivos que les concierna.
4. En situaciones de desastres se debe enviar al SAT

## **Capítulo II: Fundamentos teóricos del sistema informático para el aprovechamiento de los recursos hidráulicos de la provincia de Cienfuegos.**

### Requerimientos funcionales

Los requerimientos funcionales permiten expresar una especificación más detallada de las responsabilidades del sistema que se propone. Ellos permiten determinar, de una manera clara, lo que debe hacer el mismo.

### Requerimientos no funcionales

Los requerimientos no funcionales son propiedades o cualidades que el producto debe tener, como restricciones del entorno o de implementación, rendimiento, etc.(Molina Hernández et al., 2019)

### Requerimiento de Usabilidad

Los factores principales que deben considerarse al hablar de usabilidad son la facilidad de comprensión, la capacidad de uso y la satisfacción con la que las personas son capaces de hacer sus tareas gracias al uso del producto con el que están trabajando, factores que descansan en las bases del diseño centrado en el usuario.

### Requerimientos de Rendimiento

El sistema propuesto debe ser rápido en el procesamiento de la información, así como a la hora de dar respuesta a la solicitud de los usuarios, los tiempos de respuesta del sistema serán prácticamente instantáneos

### Requerimiento de Fiabilidad

Es la capacidad del producto de software para mantener un nivel especificado de rendimiento cuando es utilizado bajo condiciones específicas.

### Requerimientos de Seguridad

Es de suma importancia garantizar la integridad de los datos que se almacenen. La información almacenada deberá ser consistente y se utilizarán validaciones que limiten la entrada de datos irreales y mecanismos de vuelta atrás en procesos críticos que terminen abruptamente y produzcan estados inconsistentes de la información. Esta deberá estar disponible a los usuarios en todo momento.

### Requisitos de Soporte

Los servicios de instalación y mantenimiento del sistema deben ser responsabilidad del administrador informático del centro.

### Requerimiento de Hardware

Para utilizar el sistema, se necesitará como mínimo una computadora con las siguientes prestaciones: PC Dual Core, 2 gb de RAM como mínimo, y 10 GB de capacidad del disco duro y una tarjeta de red Ethernet.

### Requerimiento de Software

## Capítulo II: Fundamentos teóricos del sistema informático para el aprovechamiento de los recursos hidráulicos de la provincia de Cienfuegos.

El sistema propuesto necesita para su ejecución tener instalado una versión de Python superior a la v 3.4 y un gestor de bases de datos.

Casos de Uso del negocio.

Diagrama de casos de uso del negocio.

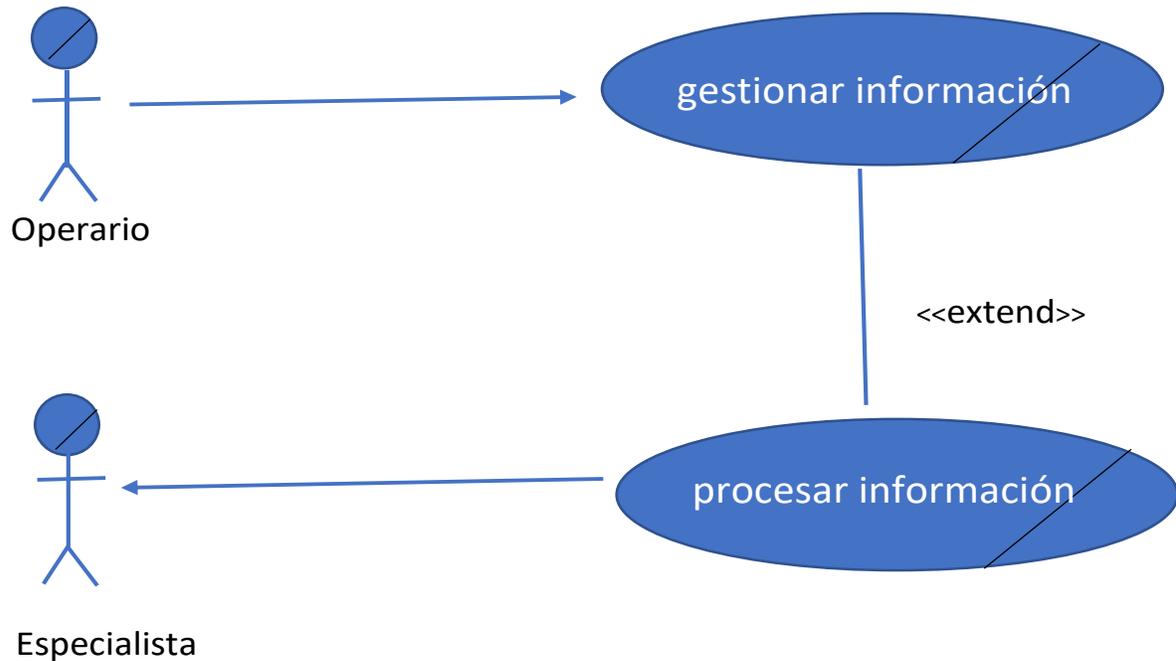


Figura 13 Diagrama de casos de uso del negocio

Caso de uso	Gestionar información
Actores	Operario
Propósito	Almacenar la información
Resumen	El operario recibe el parte diario en el puesto de mando provincial de recursos hidráulicos, la inserta en el documento y luego la envía para su análisis.

Tabla 5 Caso de uso Gestionar información

Caso de uso	Procesar información
Actores	Especialista
Propósito	Generar los pronósticos

## Capítulo II: Fundamentos teóricos del sistema informático para el aprovechamiento de los recursos hidráulicos de la provincia de Cienfuegos.

Resumen	El especialista recibe los datos y los procesa en la hoja de cálculo y emite el pronóstico diario y lo circula a los responsables de los recursos hídricos en la provincia. En caso de situación de desastres la información es compartida con el SAT.
---------	---

Tabla 6 Caso de uso Procesar información

### 2.18. Principales Funcionalidades del Sistema Informático.

Para insertar la información, el usuario tiene que estar autenticado en el sistema como experto, una vez realizada esta operación correctamente se selecciona la opción de insertar datos en el sistema, debe rellenar todos los campos obligatorios, presiona el botón insertar y el resumen del día queda evaluado.

Diagrama de Casos de Uso del Sistema.

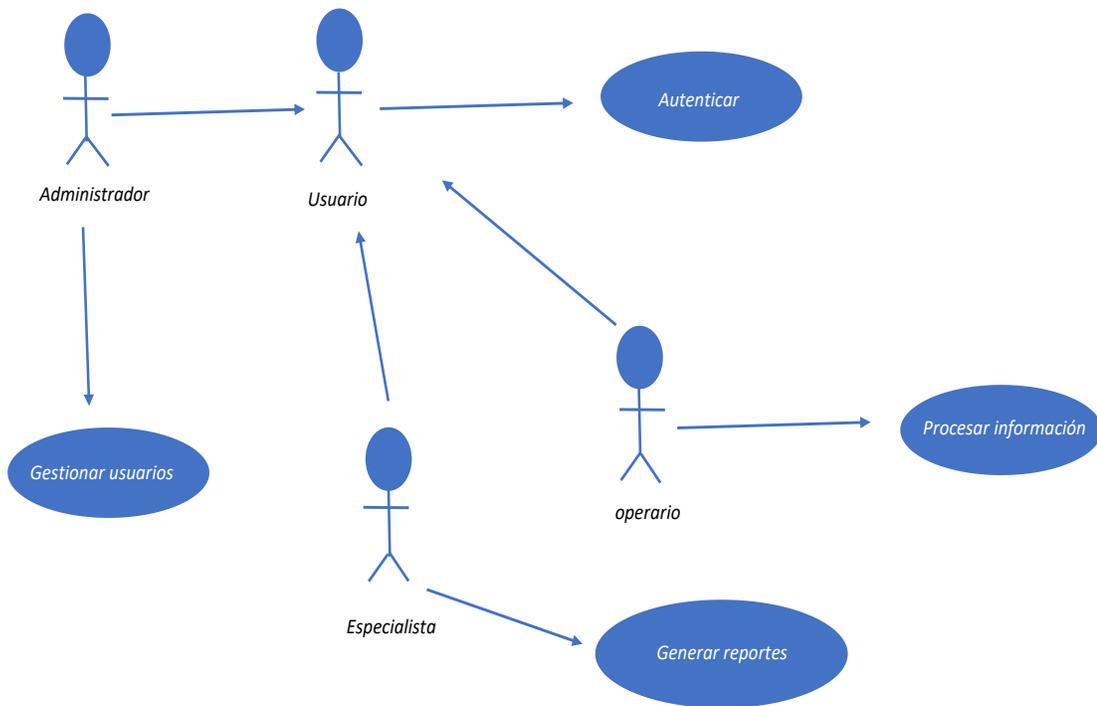


Figura 14 Diagrama de Casos de Uso del Sistema.

### Reportes

El sistema informático presenta una serie de reportes que son de gran importancia ya que permiten conocer el estado en que se encuentra la información almacenada, así como información sensible para la toma de decisiones de los directivos.

## Capítulo II: Fundamentos teóricos del sistema informático para el aprovechamiento de los recursos hidráulicos de la provincia de Cienfuegos.

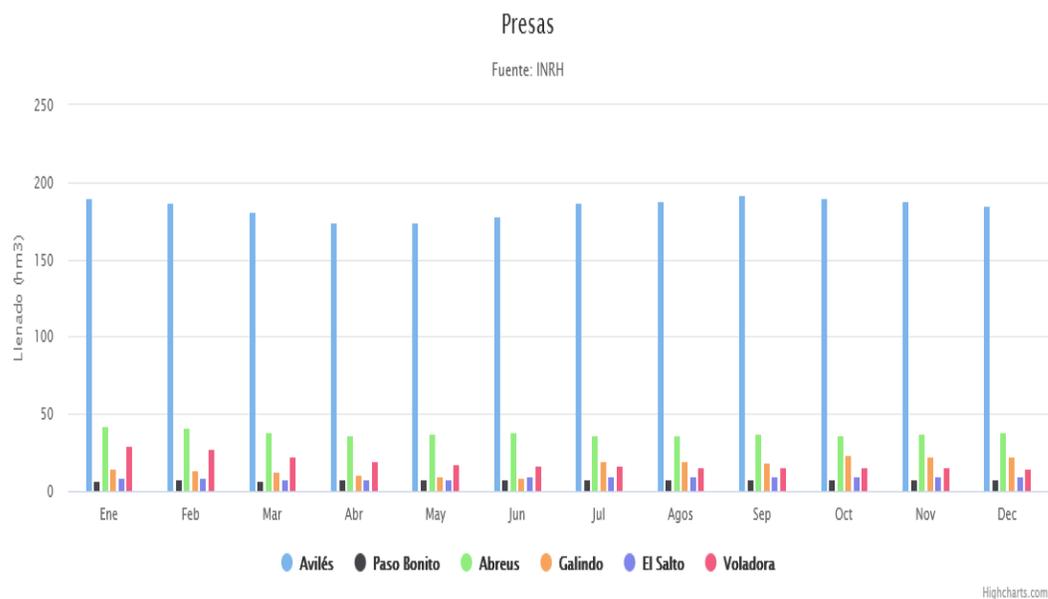


Figura 15 Gráfico de comportamiento de los embalses en el año 2021



Figura 16 Análisis del volumen de los embalses en el año 2021

## Capítulo II: Fundamentos teóricos del sistema informático para el aprovechamiento de los recursos hidráulicos de la provincia de Cienfuegos.

### Análisis por Meses de las Presas



Figura 17 Análisis por Meses de los embalses

### Períodos de Precipitaciones

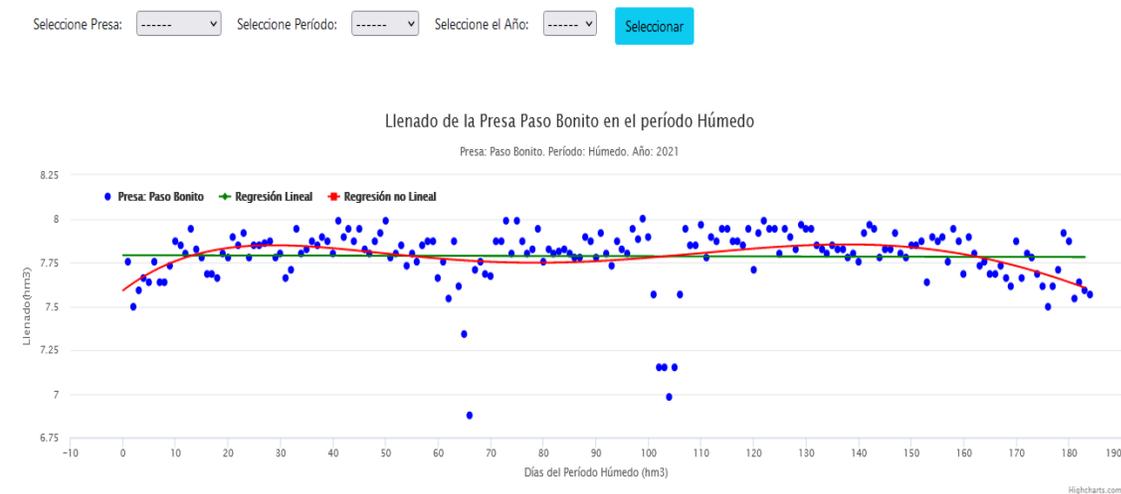


Figura 18 Análisis de los períodos de Paso Bonito

# Capítulo II: Fundamentos teóricos del sistema informático para el aprovechamiento de los recursos hidráulicos de la provincia de Cienfuegos.

## Períodos de Precipitaciones

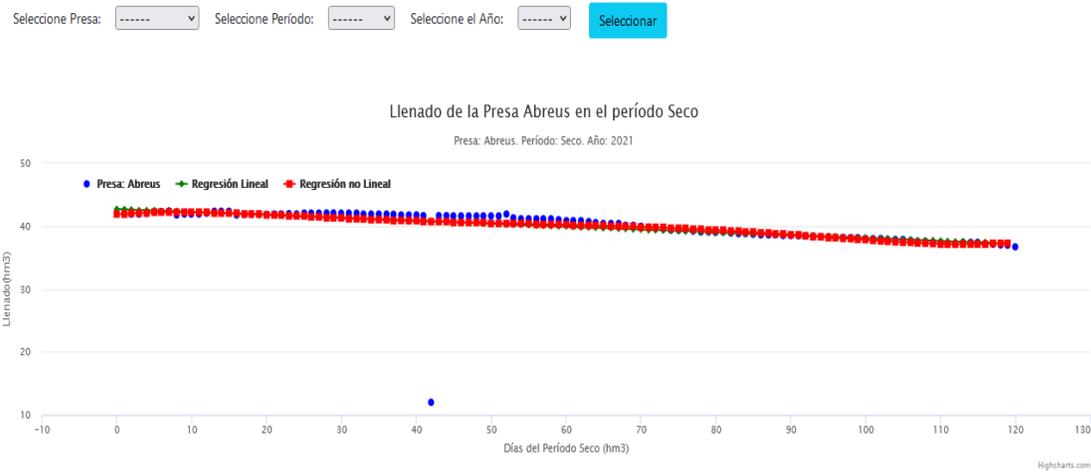


Figura 19 Análisis del período seco embalse Avilés

## Lecturas

Inserte la Fecha:  Fecha

**Fecha de Análisis: 2021-06-29**

Presa	Hoy		NAN	NAN Hoy	Entregas		Desembalse		Año Crítico		Vertimiento		Diferencia Ayer
	Nivel	Vol			Hoy	Mes	Gasto	Vol	Vol	Dif	Gasto	Vol	
Avilés	76.23	176.217	190	93	0.055	1.78	0.0	0.0	109.734	66.48	0.0	0.0	0.0
Paso Bonito	84.21	7.661	8	96	0.124	3.41	0.0	0.0	5.904	1.76	6.92	0.399	-0.21
Abreus	8.86	37.5	50	75	0.073	2.61	12766.0	0.551	18.442	19.06	0.0	0.0	-0.3
Galindo	22.4	9.104	28	33	0.014	0.7	0.0	0.0	2.847	6.26	0.0	0.0	-0.03
El Salto	51.83	9.109	10	91	0.0	0.09	0.0	0.0	4.297	4.81	0.0	0.0	0.44
Voladora	60.52	16.362	41	40	0.0	1.41	0.0	0.0	4.201	12.16	0.0	0.0	0.0

Figura 20 Parte de las presas en un día específico

## Capítulo II: Fundamentos teóricos del sistema informático para el aprovechamiento de los recursos hidráulicos de la provincia de Cienfuegos.

### Lecturas

Presas [Insertar Lectura](#)      Buscar Presa:  Fecha:  [Buscar](#)

Día	Presa	Nivel	Capacidad Diaria	Entrega Diaria	Desembalse Diario		Vertimiento Diario		Acción
					Gasto	Volumen	Gasto	Volumen	
Jan. 1, 2021	Avilés	77.05	191.085	0.0	0.0	0.0	9.0	0.778	
Jan. 1, 2021	Paso Bonito	83.55	6.94	0.141	0.0	0.0	0.0	0.0	
Jan. 1, 2021	Abreus	9.28	41.868	0.065	0.0	0.0	0.0	0.0	
Jan. 1, 2021	Galindo	24.13	15.823	0.008	0.0	0.0	0.0	0.0	
Jan. 1, 2021	El Salto	51.94	9.362	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
Jan. 1, 2021	Voladora	61.92	30.188	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
Jan. 2, 2021	Avilés	77.05	191.085	0.083	0.0	0.0	0.0	0.0	
Jan. 2, 2021	Paso Bonito	83.55	6.94	0.141	0.0	0.0	0.0	0.0	
Jan. 2, 2021	Abreus	9.29	41.974000000000004	0.116	0.0	0.0	0.0	0.0	
Jan. 2, 2021	Galindo	24.13	15.823	0.011	0.0	0.0	0.0	0.0	
Jan. 2, 2021	El Salto	51.94	9.362	0.004	0.0	0.0	0.0	0.0	
Jan. 2, 2021	Voladora	61.92	30.188	0.008	0.0	0.0	0.0	0.0	

Figura 21 Administración de las lecturas diarias

### Listado de Presas

[Lecturas Diarias](#) [Crear Presa](#)

Nombre	Capacidad	Regla	Acción
Avilés	190	77	
Paso Bonito	8	85	
Abreus	50	11	
Galindo	28	31	
El Salto	10	52	
Voladora	41	98	
Hanabanilla	286	572	

Figura 22 Administración de las Presas

## Capítulo II: Fundamentos teóricos del sistema informático para el aprovechamiento de los recursos hidráulicos de la provincia de Cienfuegos.

Día: 1-1-2021 Presa: Avilés



Hoy		NAN	NAN Hoy	Entregas		Desembalse		Año Crítico		Vertimiento		Diferencia Ayer
Nivel	Vol		%	Hoy	Mes	Gasto	Vol	Vol	Dif	Gasto	Vol	
77.05	191.085	190	100.57105263157895	0.0	9.039999999999992	0.0	0.0	131.082	60.003000000000014	9.0	0.778	no datos

Leyenda:

- La presa tiene valores normales

Figura 23 Lectura en día específico del embalse seleccionado

### 2.19. Conclusiones Parciales del Capítulo

Se hace un estudio de los principales modelos matemáticos que se utilizarán para el análisis del comportamiento de los recursos hídricos de la provincia. Mediante ingeniería de software y la metodología RUP se modeló el negocio y los procesos y actividades de interés para el sistema informático. El sistema informático propuesto ayuda al directivo de la empresa a realizar una toma de decisiones acertadas con respecto a la situación diaria de los recursos hídricos. Emite igualmente reportes que dan una visión más ampliada del comportamiento diario de estos.

**CAPÍTULO III: Análisis de los resultados del Sistema**

### Capítulo III Análisis de los resultados del sistema

En este capítulo se presentan los resultados de la aplicación de los distintos modelos matemáticos y el Sistema Informático para la gestión de los recursos hidráulicos en la provincia de Cienfuegos.

#### 3 Resultados del software elaborado:

##### 3.1. Resultados generales que brinda el software:

La elaboración del sistema informático conformado por el análisis estadístico de la información hidrológica, la obtención de pronósticos, el cálculo de los valores económicos y el impacto ambiental del comportamiento de los recursos hídricos para mejorar al aprovechamiento de los recursos hidráulicos de la provincia de Cienfuegos.

##### 3.2 Resultados particulares que brinda el software

- Aplicación de modelos estadísticos matemáticos al sistema de recursos hidráulicos de la provincia de Cienfuegos.

Se brindan resultados de la estadística descriptiva de la información que maneja la Delegación de Recurso Hidráulicos de la Provincia.

- Gráfico del comportamiento anual de los 6 embalses de Cienfuegos.

La provincia cuenta con un total de 6 embalses, el software brinda los gráficos del comportamiento anual de cada uno de los embalses.

- Análisis mensual del volumen de los embalses.

Se realiza un análisis de barra del volumen de cada uno de los 6 embalses de la provincia.

- Estadística Descriptiva para cada embalse: Media, Mediana, Varianza, Desviación Estándar

El software presenta una estadística descriptiva muy útil para realizar el análisis estadístico de cada embalse teniendo en cuenta los parámetros que se nombran anteriormente.

- Gráfico del comportamiento mensual de los 6 embalses de Cienfuegos

Se brinda un gráfico no lineal del comportamiento mensual de cada uno de los 6 embalse de la provincia de Cienfuegos.

- Gráfico del período seco del embalse Avilés

Se brinda un gráfico del periodo seco del comportamiento mensual del embalse Avilés.

- Ecuación de regresión del período seco de precipitaciones la embalse Avilés

### Capítulo III: Análisis de los resultados del Sistema

Se brinda la ecuación de regresión del periodo seco del comportamiento mensual del embalse Avilés.

- Gráfico del período húmedo del embalse Avilés  
Se brinda un gráfico del periodo húmedo del comportamiento mensual del embalse Avilés.
- Ecuación de regresión del período húmedo del embalse Avilés  
Se brinda la ecuación de regresión del periodo húmedo del comportamiento mensual del embalse Avilés.
- Gráfico del período seco de precipitaciones la embalse Paso Bonito con ecuación de regresión  
Se brinda un gráfico del periodo seco del comportamiento mensual del embalse Paso Bonito.
- Gráfico del período seco del embalse Paso Bonito  
Se brinda un gráfico del periodo seco del comportamiento mensual del embalse Paso Bonito
- Gráfico del período húmedo del embalse Paso Bonito  
Se brinda un gráfico del periodo húmedo del comportamiento mensual del embalse Paso Bonito.
- Gráfico del período húmedo del embalse Paso Bonito con ecuación de regresión  
Se brinda un gráfico del periodo húmedo del comportamiento mensual del embalse Paso Bonito.
- Estadística Descriptiva para la Embalse Avilés en el período seco: Media, Mediana, Varianza, Desviación Estándar.  
El software presenta una estadística descriptiva muy útil para realizar el análisis estadístico del embalse Avilés en el periodo seco teniendo en cuenta los parámetros que se nombran anteriormente.
- Estadística Descriptiva para la Embalse Avilés en el período húmedo: Media, Mediana, Varianza, Desviación Estándar  
El software presenta una estadística descriptiva muy útil para realizar el análisis estadístico del embalse Avilés en el periodo húmedo teniendo en cuenta los parámetros que se nombran anteriormente.
- Estadística Descriptiva para la Embalse Paso Bonito en el período seco: Media, Mediana, Varianza, Desviación Estándar

## Capítulo III: Análisis de los resultados del Sistema

El software presenta una estadística descriptiva muy útil para realizar el análisis estadístico del embalse Paso Bonito en el periodo seco teniendo en cuenta los parámetros que se nombran anteriormente.

- Estadística Descriptiva para la Embalse Paso Bonito en el período húmedo: Media, Mediana, Varianza, Desviación Estándar.

El software presenta una estadística descriptiva muy útil para realizar el análisis estadístico del embalse Paso Bonito en el periodo húmedo teniendo en cuenta los parámetros que se nombran anteriormente.

- Parte diario para cada uno de los seis Embalses: Insertar parte, Modificarlo o Eliminarlo

Se brinda el parte diario de cada embalse de la provincia con las opciones para el operador de insertar, editar o eliminar.

- Administración de los datos de cada uno de los embalses: Crear nuevo embalse, Modificarlo o Eliminarlo:

Se brindan las opciones para el operador de crear, editar o eliminar cada embalse de la provincia.

### 3.3. Método Delphi

El método utilizado, Método Delphi para Evaluación de Alternativas, consiste en la presentación a un grupo de expertos reconocidos o conocedores de la gestión de los recursos hídricos, conocedores de las ciencias informáticas y de las matemáticas con el objetivo de la obtención de un acuerdo consensuado, por los expertos, mediante las preguntas realizadas en una encuesta, sobre los resultados de la investigación presente, según una escala de Licker de Muy Adecuado, Bastante Adecuado, Adecuado, Poco Adecuado e Inadecuado. Se obtiene un rayo numérico que permite evaluar cada aspecto presentado. Este método fue escogido por la flexibilidad que permite encontrar tendencias en un proceso mediante criterios aislados de los expertos y sin contacto entre ellos. El Delphi, se considera como uno de los métodos subjetivos más confiables y con la elaboración estadística de las opiniones de expertos en el tema tratado. El conjunto de opiniones que se obtiene de la consulta es sometido a un procesamiento estadístico.

Las Principales características de este método son.

- Anonimato.
- Retroalimentación Controlada por el facilitador.
- Respuesta estadística de grupo. La información estadística obtenida se procesa mediante el uso de técnicas estadístico-matemáticas del diseño experimental.

### Capítulo III: Análisis de los resultados del Sistema

Las fases de su aplicación son:

- Seleccionar el coordinador.
- Elaborar lista de candidatos a expertos que cumplan los requisitos predeterminados de experiencia, años de servicio, conocimientos del tema, etc.
- Determinación del coeficiente de competencia de cada experto.
- Presentación a los expertos de la encuesta a valorar.
- Tratamiento Estadístico.
- Cálculo del Rayo numérico y clasificación de los aspectos de la encuesta, según la escala de Licker.
  - Cálculo de la W de Kendal para la concordancia de los expertos. (Cortés Cortés et al., 2005)

Selección de los expertos.

Análisis del currículum de los candidatos a expertos.

Para el análisis de Delphi en la presente investigación se constó con 12 expertos, todos especialistas en el área de recursos hidráulicos, todos graduados de nivel superior, con un promedio de 26 años de experiencia profesional y un promedio de 17 años de experiencia en el tema.

Determinación del coeficiente de competencia de los expertos.

Para determinar el coeficiente de cada experto se emplea la siguiente ecuación:  
 $K_{comp} = K_c + K_a$

Donde:  $K_c$ : Coeficiente de conocimiento.

$K_a$ : Coeficiente de argumentación.

$K_{comp}$ : Coeficiente de competencia de cada experto.

Para determinar el nivel del coeficiente de competencia de cada experto se siguen los siguientes criterios:

La competencia de un experto es ALTA si  $K_{comp} > 0.8$ .

La competencia de un experto es MEDIA si  $0.6 < K_{comp} \leq 0.8$ .

La competencia de un experto es BAJA si  $K_{comp} \leq 0.6$ .

### Capítulo III: Análisis de los resultados del Sistema

#### 3.4. Coeficiente de argumentación.

Para determinar el coeficiente de argumentación se realiza la tabla donde el experto pondrá su grado de influencia de cada una de las fuentes en su conocimiento y criterio según sea bajo, medio, alto. Se suman los valores obtenidos y con el resultado se forma el coeficiente de argumentación  $K_a$ .

Fuentes de Argumentación	Alto	Medio	Bajo
Conocimientos de los temas de recursos hidráulicos	0.2	0.16	0.1
Experiencia obtenida	0.2	0.16	0.1
Experiencia en la solución de problemas de los recursos hidráulicos.	0.2	0.16	0.1
Trabajos realizados por usted relacionados con los recursos hidráulicos.	0.2	0.16	0.1
Su intuición sobre la solución a los problemas de los recursos hidráulicos.	0.2	0.16	0.1

Tabla 7 Fuentes de Argumentación

#### 3.5. Coeficiente de conocimiento.

Se realiza una encuesta donde el candidato le otorga a la o las preguntas un valor en una escala de 1 a 10, en dependencia del conocimiento que considere tenga al respecto de los modelos matemáticos aplicados o la inversión y riesgos aplicados a la empresa. El valor obtenido será el coeficiente de conocimiento del candidato  $K_c$ .

Criterio para valorar el Coeficiente de Conocimiento del Experto	B	R	M
¿Considera usted estar preparado en el tema de los recursos hidráulicos en forma general?	0.2	0.16	0.1
¿Cómo usted evalúa sus conocimientos sobre el comportamiento de los indicadores relacionados con los recursos hidráulicos?	0.2	0.16	0.1
¿Cómo usted considera estar preparado en forma general sobre la importancia de los pronósticos en los recursos hidráulicos?	0.2	0.16	0.1

### Capítulo III: Análisis de los resultados del Sistema

¿Ha estado vinculado alguna vez con la gestión de los recursos hidráulicos?	0.2	0.16	0.1
¿Conoce como se hace el procesamiento de la información referente a los recursos hidráulicos?	0.2	0.16	0.1

Tabla 8 Coeficiente de conocimiento.

#### 3.6. Coeficiente de Competencia de los expertos encuestados

Se envió a 12 expertos en el tema la encuesta para conocer su coeficiente de competencia

No. 12	Trabajo: Especialista, funcionario		Experiencia Profesional	Experiencia en el tema. Por (años)	Estudios	K <sub>a</sub> Alto Medio Bajo			K <sub>c</sub> Alto Medio Bajo			K <sub>comp</sub>
	Experto	Esp	Fun	Años	Años	Univ	Tecn					
1	X			57	26	X		A	A	A	A	
2	X			25	5	X		A	A	A	A	
3	X			36	36	X		A	A	A	A	
4	X			23	23	X		A	A	A	A	
5	X			30	11	X		A	A	A	A	
6	X			8	8	X		A	M	A	A	
7	X			6	6	X		A	A	A	A	
8	X			32	32	X		A	M	A	A	
9	X			10	4	X		A	A	A	A	
10	X			34	15	X		A	A	A	A	
11	X			30	14	X		A	A	A	A	

### Capítulo III: Análisis de los resultados del Sistema

12	X	20	20	X	A	A	A
Total	75	Prom 26	Prom 17	12	12	102	12

Todos los Expertos son considerados de competencia alta.

#### 3.7. Aplicación del Método Delphi

Se le envía a cada experto seleccionado una encuesta en la cual deberán llenar los datos de esta mediante una escala de Liker para evaluar los diferentes aspectos tenidos en cuenta en la investigación. La encuesta tuvo 20 preguntas enmarcadas en el análisis del comportamiento de los recursos hídricos de la provincia mediante gráficos y estadística descriptiva para cada embalse (Media, Mediana, Varianza, Desviación Estándar) en los periodos seco y lluviosos respectivamente. Así como la administración de los datos diarios del sistema.

De esta forma se construye la tabla de frecuencia observada, solo se plasma en la tabla la cantidad de expertos que marcó ese rango de valoración.

*Tabla 9 Coeficiente de Competencia de los expertos encuestados*

<b>Preguntas</b>	<b>Mal</b>	<b>Regular</b>	<b>Bien</b>	<b>Muy Bien</b>	<b>Excelente</b>
La elaboración del sistema	0	0	1	3	8
Aplicación modelos estadístico	0	0	0	5	7
Gráfico anual de los embalses	0	0	0	5	7

Capítulo III: Análisis de los resultados del Sistema

Análisis anual volumen embalse	0	0	0	4	8
Estadística desc. Embalse	0	0	0	4	8
Graf. prec. periodo seco Avilés	0	0	1	5	6
Graf. regresión p-seco Avilés	0	0	0	5	7
Graf p-humedo Avilés	0	0	0	4	8
Graf regresion p-hum Avilés	0	0	1	4	7
Graf p-seco Paso B	0	0	0	5	7
Graf regresion p-seco Paso B	0	0	0	4	8
Graf p-humedo Paso B	0	0	1	2	9
Graf regresion p-hum Paso B	0	0	1	4	7
Estadística Avilés p-seco	0	0	1	1	10
Estadística Avilés p-humedo	0	0	1	5	6
Estadística Paso B p-seco	0	0	1	5	6
Estadística Paso B p-Húmedo	0	0	0	4	8
Parte Diaria Embalses	0	0	1	5	6
Admin Datos Embalses	0	0	0	5	7
Pert software	0	0	1	4	7
Calidad salidas software	0	0	1	4	7
Graf mensual embalse	0	0	0	4	8

### Capítulo III: Análisis de los resultados del Sistema

Seguidamente se obtiene la tabla de frecuencia acumulada, se calcula sumando cada columna con la columna anterior.

<b>Preguntas</b>	<b>Mal</b>	<b>Regular</b>	<b>Bien</b>	<b>Muy Bien</b>	<b>Excelente</b>
La elaboración del sistema	0	0	1	4	12
Aplicación modelos Estadístico	0	0	0	5	12
Gráfico anual de los embalses	0	0	0	5	12
Análisis anual volumen embalse	0	0	0	4	12
Estadística desc. Embalse	0	0	0	4	12
Graf. prec. periodo seco Avilés	0	0	1	6	12
Graf. regresión p-seco Avilés	0	0	0	5	12
Graf p-humedo Avilés	0	0	0	4	12
Graf regresion p-hum Avilés	0	0	1	6	12
Graf p-seco Paso B	0	0	0	5	12
Graf regresion p-seco Paso B	0	0	0	4	12
Graf p-humedo Paso B	0	0	1	3	12
Graf regresion p-hum Paso B	0	0	1	5	12
Estadística Avilés p-seco	0	0	1	2	12
Estadística Avilés p-humedo	0	0	1	6	12
Estadística Paso B p-seco	0	0	1	6	12
Estadística Paso B p-húmedo	0	0	0	4	12

Capítulo III: Análisis de los resultados del Sistema

Parte Diaria Embalses	0	0	1	5	12
Admin Datos Embalses	0	0	0	5	12
Pert software	0	0	1	5	12
Calidad salidas software	0	0	1	5	12
Graf mensual embalse	0	0	0	4	12

Posteriormente se obtiene la tabla de frecuencia acumulativa relativa al dividirse el valor de cada frecuencia acumulada por la cantidad de expertos, en este caso 12. El último rango de valoración se elimina pues se está buscando 4 puntos de corte, pues son cinco rangos de valoración.

<b>Preguntas</b>	<b>Mal</b>	<b>Regular</b>	<b>Bien</b>	<b>Muy Bien</b>
La elaboración del sistema	0	0	0,08333333	0,33333333
Aplicación modelos estadístico	0	0	0	0,41666667
Gráfico anual de los embalses	0	0	0	0,41666667
Análisis anual volumen embalse	0	0	0	0,33333333
Estadística desc. Embalse	0	0	0	0,33333333
Graf. prec. periodo seco Avilé	0	0	0,08333333	0,5
Graf. regresión p-seco Avilés	0	0	0	0,41666667
Graf p-humedo Avilés	0	0	0	0,33333333

Capítulo III: Análisis de los resultados del Sistema

Graf regresion p-hum Avilés	0	0	0,08333333	0,41666667
Graf p-seco Paso B	0	0	0	0,41666667
Graf regresion p-seco Paso B	0	0	0	0,33333333
Graf p-humedo Paso B	0	0	0,08333333	0,25
Graf regresion p-hum Paso B	0	0	0,08333333	0,41666667
Estadística Avilés p-seco	0	0	0,08333333	0,16666667
Estadística Avilés p-humedo	0	0	0,08333333	0,5
Estadística Paso B p-seco	0	0	0,08333333	0,5
Estadística Paso B p-húmedo	0	0	0	0,33333333
Parte Diaria Embalses	0	0	0,08333333	0,5
Admin Datos Embalses	0	0	0	0,41666667
Pert software	0	0	0,08333333	0,41666667
Calidad salidas software	0	0	0,08333333	0,41666667
Graf mensual embalse	0	0	0	0,33333333

A continuación, se obtiene el valor de la imagen que corresponde a cada frecuencia acumulativa relativa a partir de la tabla de Z de la distribución normal.

<b>Preguntas</b>	<b>Mal</b>	<b>Regular</b>	<b>Bien</b>	<b>Muy Bien</b>
La elaboración del sistema	- 3,09	-3,09	-1,3829941112	-0,43072727207348

Capítulo III: Análisis de los resultados del Sistema

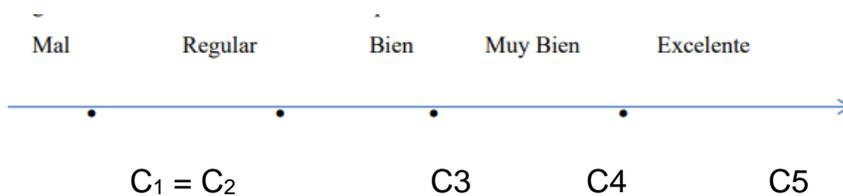
Aplicación modelos estadístico	- 3,09	-3,09	-3,09	-0,21042841953383
Gráfico anual de los embalses	- 3,09	-3,09	-3,09	-0,21042841953383
Análisis anual volumen embalse	- 3,09	-3,09	-3,09	-0,43072727207348
Estadística desc. embalse	- 3,09	-3,09	-3,09	-0,43072727207348
Graf. prec. periodo seco Avilé	- 3,09	-3,09	-1,3829941112	0
Graf. regresión p-seco Avilés	- 3,09	-3,09	-3,09	-0,21042841953383
Graf p-humedo Avilés	- 3,09	-3,09	-3,09	-0,43072727207348
Graf regresion p-hum Avilés	- 3,09	-3,09	-1,3829941112	-0,21042841953383
Graf p-seco Paso B	- 3,09	-3,09	-3,09	-0,21042841953383
Graf regresion p-seco Paso B	- 3,09	-3,09	-3,09	-0,43072727207348
Graf p-humedo Paso B	- 3,09	-3,09	-1,3829941112	-0,67448975022342
Graf regresion p-hum Paso B	- 3,09	-3,09	-1,3829941112	-0,21042841953383
Estadística Avilés p-seco	- 3,09	-3,09	-1,3829941112	-0,96742154677463
Estadística Avilés p-humedo	- 3,09	-3,09	-1,3829941112	0
Estadística Paso B p-seco	- 3,09	-3,09	-1,3829941112	0

Capítulo III: Análisis de los resultados del Sistema

Estadística Paso B p-húmedo	- 3,09	-3,09	-3,09	-0,43072727207348
Parte Diaria Embalses	- 3,09	-3,09	-1,3829941112	0
Admin Datos Embalses	- 3,09	-3,09	-3,09	-0,21042841953383
Pert software	- 3,09	-3,09	- 1,38299411128 8	- 0,21042841953383 8
Calidad salidas software	- 3,09	-3,09	- 1,38299411128 8	- 0,21042841953383 8
Graf mensual embalse	- 3,09	-3,09	-3,09	- 0,43072727207348 4

3.8. Resultados del Delphi.

Realizados todos los cálculos correspondientes al método Delphi para la evaluación de los criterios se llegó a las siguientes conclusiones. Los puntos de corte se obtienen mediante los valores anteriores al dividir la sumatoria por rango de valoración entre número de aspectos a evaluar.



Puntos de corte = Sumatoria por Rango de Valoración (Sumatoria por Columnas)

No. de Aspectos a Evaluar

Puntos de corte:

$$C_1 = C_2 = -3.09$$

C<sub>1</sub> t C<sub>2</sub>: Mal y Regular = menores de -3.09

### Capítulo III: Análisis de los resultados del Sistema

C3: Bien = Rango desde -3.09 a -2.236497

C4: Muy Bien = Rango de -2.236498 a -0.297766

C5: Excelente = Valores superiores a -0.297766

La sumatoria de todos los puntos de corte por aspectos a evaluar es el GRAN TOTAL. Los puntos por cada aspecto se obtienen a través de la diferencia de N – P. Donde: N = Sumatoria de la Suma por Aspectos (No. Rango de Valoración x No. Aspectos)

P = Promedio por Aspectos.

Valores Promedios dados por los expertos a cada criterio N-P:

<b>Preguntas</b>	<b>N-P</b>
La elaboración del sistema	0,255577680372328
Aplicación modelos estadístico	0,627254439415414
Gráfico anual de los embalses	0,627254439415414
Análisis anual volumen embalse	0,682329152550326
Estadística desc. embalse	0,682329152550326
Graf. prec. periodo seco Avilés	0,147895862353957
Graf. regresión p-seco Avilés	0,627254439415414
Graf p-humedo Avilés	0,682329152550326
Graf regresion p-hum Avilés	0,200502967237416
Graf p-seco Paso B	0,627254439415414
Graf regresion p-seco Paso B	0,682329152550326
Graf p-humedo Paso B	0,316518299909812
Graf regresion p-hum Paso B	0,200502967237416

### Capítulo III: Análisis de los resultados del Sistema

Estadística Avilés p-seco	0,389751249047615
Estadística Avilés p-humedo	0,147895862353957
Estadística Paso B p-seco	0,147895862353957
Estadística Paso B p-húmedo	0,682329152550326
Parte Diaria Embalses	0,147895862353957
Admin Datos Embalses	0,627254439415414
Pert software	0,200502967237416
Calidad salidas software	0,200502967237416
Graf mensual embalse	0,682329152550326

La ubicación de los valores N-P de cada criterio en el gráfico de los puntos de corte da el criterio que le otorgan los expertos a cada una de las alternativas. Como puede observarse los N-P valores de los 22 criterios estudiados son superiores al punto de corte C4 (-0.297766) correspondiente a la categoría de Excelente, significando esto que todos los expertos valoran en esta categoría de evaluación a todos los aspectos analizados.

#### 3.9. Cálculo del coeficiente de Kendall

Una vez conocido el resultado de todos los aspectos en la categoría de Excelentes queda por probar la concordancia de los expertos en cuanto a dicho resultado. Recopilados los datos de los expertos se evalúa la concordancia que existe entre sus criterios por el W de Kendall, es un criterio que mide el grado de correlación de las respuestas de los expertos. Se expresa con valores entre 0 y 1, donde cero sería falta total de concordancia de los expertos y 1 sería total concordancia de los expertos. Se considera concordancia general cuando el resultado es mayor que 0.7. Apoyados del software estadístico SPSS V22 se arribaron a los siguientes resultados.

Tabla Estadística

N	22
Kendall's W <sup>a</sup>	,966
Chi-Square	42,518
df	2
Asymp. Sig.	,000

a. Kendall's Coefficient of Concordance

Para un intervalo de confianza del 99% (un nivel de significación alpha del 0.01) se obtuvo que el criterio de los expertos hacia las preguntas presenta alta concordancia con valor de  $W = 0.966$ , por lo que se rechaza la hipótesis nula  $H_0$  de que no existe concordancia entre los expertos y se acepta la alternativa  $H_1$  donde si existe concordancia entre los expertos.

### 3.10. Condiciones necesarias para la aplicación del software

Tener datos de calidad sobre el comportamiento de las distintas variables de los recursos hídricos:

- precipitaciones
- embalses
- nivel de llenado
- nivel de entrega
- desembalse
- vertimiento
- condiciones del embalse según el periodo (húmedo o seco)

Condiciones técnicas de equipamiento para la utilización del producto informático.

### Capítulo III: Análisis de los resultados del Sistema

Soporte y mantenimiento del producto por parte del responsable de informática del centro.

Comprensión sobre la aplicación informática por los operadores.

Análisis profundo de los resultados que brinda la aplicación.

La toma de decisiones efectiva a partir del análisis realizado por parte de la dirección de la empresa.

#### 3.1. Conclusiones del capítulo

En este capítulo se obtienen los resultados del software objeto de estudio de la investigación en los recursos hídricos de la provincia de Cienfuegos. Dichos resultados proporcionan a la dirección de recursos hidráulicos de la provincia de Cienfuegos elementos de la estadística descriptiva, gráficos de los embalses, así como las ecuaciones de regresión de cada uno de ellos. Estos resultados son novedosos en cuanto la empresa no cuenta con este tipo de aplicación, lo que permite una mejor comprensión y análisis de la información de manera rápida, eficiente y de calidad.

El trabajo fue validado ante un grupo de expertos de la materia con vistas a obtener el criterio de estos sobre el mismo. Los resultados de la aplicación del método Delphi nos dan que los expertos valoran de excelente todas las salidas del software y un análisis del coeficiente  $W$  de KENDALL da que existe un alto índice de concordancia entre los expertos con un 0.966

## **Conclusiones generales**

El agua, constituye un elemento imprescindible para la vida en la Tierra. El cambio climático y el uso indiscriminado del agua hace que disminuya día a día este recurso necesario para la humanidad.

En Cuba se gestiona el agua de forma sostenible conservando el medio ambiente como un instrumento fundamental de la actualización del modelo económico cubano en el ámbito hidráulico. Existen en el mundo múltiples y variados softwares que permiten monitorear presas, embalses, nivel de acumulados de lluvias, predecir etapas de sequías o inundaciones teniendo en cuenta el estado de los suelos y aguas, etc. La mayoría de dichos sistemas son propietarios y por su costo no están al alcance de todos.

Se estudian los principales modelos matemáticos que se utilizarán para el análisis del comportamiento de los recursos hídricos de la provincia. Mediante ingeniería de software y la metodología RUP se modeló el negocio y los procesos y actividades de interés para el sistema informático. El sistema informático propuesto ayuda al directivo de la empresa a realizar una toma de decisiones acertadas con respecto a la situación diaria de los recursos hídricos. Emite igualmente reportes que dan una visión más ampliada del comportamiento diario de estos.

Se obtienen los resultados del software objeto de estudio de la investigación en los recursos hídricos de la provincia de Cienfuegos. Dichos resultados proporcionan a la dirección de recursos hidráulicos de la provincia de Cienfuegos elementos de la estadística descriptiva, gráficos de los embalses, así como las ecuaciones de regresión de cada uno de ellos. Estos resultados son novedosos en cuanto a que la empresa no cuenta con este tipo de aplicación, lo que permite una mejor comprensión y análisis de la información de manera rápida, eficiente y de calidad.

El trabajo fue validado mediante el método Delphi y se corroboró mediante el coeficiente W de KENDALL arrojando resultados excelentes por parte de los expertos y de plena concordancia por parte del coeficiente W de KENDALL.

## **Recomendaciones**

- Se recomienda que se aplique el sistema informático por la Dirección de Recursos Hidráulicos de la Provincia de Cienfuegos de forma eficiente para la toma de decisiones a partir del análisis realizado por parte de la dirección de la empresa.
- Se debe aplicar los mantenimientos correspondientes para evitar obsolescencia al sistema informático.
- Creación de un módulo del sistema informático para que gestione y brinde la información correspondiente de las lluvias y aguas subterráneas.

## Bibliografía

1. AFP. (2019). *Países en Europa sufren fuerte sequía por calor y falta de lluvia*. <https://www.eluniversal.com.mx/mundo/paises-en-europa-sufren-fuerte-sequia-por-calor-y-falta-de-lluvia>
2. García, Gisela. (2005) Antecedentes de la privatización del agua en el mundo: Contaminación, escasez, empobrecimiento y tarifas altas. (*Revista Zoom*) (1). <https://revistazoom.com.ar/antecedentes-de-la-privatizacion-del-agua-en-el-mundo-contaminacion-escasez-empobrecimiento-y-tarifas-altas/>
3. Arroyo, V. (2019). *América Latina: Hacia una gestión eficiente del agua*. Agua. <https://www.iagua.es/blogs/victor-arroyo/america-latina-gestion-eficiente-agua>
4. Barreto-Villanueva, A. (2012). El progreso de la Estadística y su utilidad en la evaluación del desarrollo. (*Papeles de población*), 18(73), 241-271.
5. Barría, C. (2019). *Cuál es el costo de la vida en Chile en comparación con otros países de América Latina*. BBC News Mundo. <https://www.bbc.com/mundo/noticias-50086133>
6. Betancourt, D. (2016). *La regresión lineal para pronosticar la demanda* [Www.ingenioempresa.com]. <https://www.ingenioempresa.com/regresion-lineal/>
7. Betancourt, L. A. D. (2015). *Centro Meteorológico Provincial Sancti Spíritus, Cuba*. *Centro Meteorológico Provincial Sancti Spíritus, Cuba*. <https://www.cmpss.cu/>
8. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. (2012). *Las políticas para enfrentar la crisis del agua en Asia—Programa Asia Pacífico [Text]*. Observatorio Asiapacífico; Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. <https://www.bcn.cl/observatorio/asiapacifico/noticias/crisis-agua-asia>
9. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. (2016). *Futuro del agua en el Asia: Mejor infraestructura y productividad eficiente - Programa Asia Pacífico [Text]*. Observatorio Asiapacífico; Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. <https://www.bcn.cl/observatorio/asiapacifico/noticias/futuro-agua-asia-pacifico-gestion>
10. Buriti, C. O., & Barbosa, H. A. (2018). *Un Século de Secas: ¿Por Qué as Políticas Hídricas Não Transformaram o Semiárido Brasileiro?* Chiado Books.
11. Buytaert, W., Jiménez Cisneros, B., & Mishra, A. (2016). *Informe de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos en el mundo 2016: Agua y empleo*. *En Informe de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos en el mundo 2016: Agua y empleo.pdf* (pp. 113-114). [https://unesdoc.unesco.org/in/documentViewer.xhtml?v=2.1.196&id=p::usmarcdef\\_0000244103&file=/in/rest/annotationSVC/DownloadWatermarkedAttachment/attach\\_import\\_b0659d41-3f18-4af1-9cce-961ba1be491b%3F\\_%3D244103spa.pdf&locale=es&multi=true&ark=/ark:/48223/pf0000244103/PDF/244103spa.pdf#%5B%7B%22num%22%3A77%2C%22gen%22%3A0%7D%2C%7B%22name%22%3A%22XYZ%22%7D%2Cnull%2Cnull%2C0%5D](https://unesdoc.unesco.org/in/documentViewer.xhtml?v=2.1.196&id=p::usmarcdef_0000244103&file=/in/rest/annotationSVC/DownloadWatermarkedAttachment/attach_import_b0659d41-3f18-4af1-9cce-961ba1be491b%3F_%3D244103spa.pdf&locale=es&multi=true&ark=/ark:/48223/pf0000244103/PDF/244103spa.pdf#%5B%7B%22num%22%3A77%2C%22gen%22%3A0%7D%2C%7B%22name%22%3A%22XYZ%22%7D%2Cnull%2Cnull%2C0%5D)
12. Calderón, G., Zulaica, María. L., Massone, H. E., & Dalla Torre, J. (2020). Vinculación entre el Ordenamiento Territorial y la gestión del agua en Argentina y en la provincia de

- Buenos Aires. Análisis de aspectos normativos e institucionales (2003-2019). *Revista de Geografía Norte Grande*, (77), 173-190.
13. Campos, V. (2014). *América Latina, entre sequías e inundaciones* | DW | 20.02.2014. DW.COM. <https://www.dw.com/es/am%C3%A9rica-latina-entre-sequ%C3%ADas-e-inundaciones/a-17444245>
  14. CAP. (2004). Soluciones aplicadas para almacenamiento de agua. CAP.
  15. Cárdenas, J. (2019). *Manual de Investigación Cuantitativa*. <https://networkianos.com/regresion-lineal-multiple/>
  16. Castro, J. E. (2007). *La privatización de los servicios de agua y saneamiento en América Latina*. Nueva Sociedad.
  17. Clara del Amo. (2019). *La Gestión del Agua y Eficiencia Hídrica*. Asociación nacional de auditores y verificadores ambientales. <https://anavam.com>
  18. Claus, E. (2019). *Sequías e inundaciones en África*. <https://www.lavanguardia.com/vida/junior-report/20190328/461308424576/desastre-natural-africa-inundacion-sequia-plaga-hambruna.html>
  19. Consulta Recursos Hídricos. (2022). <https://www.importancia.org/?s=Recursos%20H%C3%ADdricos>
  20. Cortés Cortés, & León, M. I. (s. f.). *Modelac*.
  21. Cortés, Cortés M. E., Iglesias León, M., & Universidad Autónoma del Carmen. (2005). *Generalidades sobre metodología de la investigación*. Universidad Autónoma del Carmen.
  22. Enciclopedia Cubana (EcuRed) (2022). *Estadística—EcuRed*. <https://www.ecured.cu/Estad%C3%ADstica>
  23. EcuRed. (2022). *Ley de Aguas Terrestres—EcuRed*. [https://www.ecured.cu/Ley\\_de\\_Aguas\\_Terrestres](https://www.ecured.cu/Ley_de_Aguas_Terrestres)
  24. EMPRESA DE APROVECHAMIENTO & HIDRÁULICO CIENFUEGOS. (s. f.). *Manual del sistema integrado de gestión*.
  25. Estadística descriptiva. Qué es y su importancia. (2022). <https://www.questionpro.com/blog/es/estadistica-descriptiva/>
  26. Estadística descriptiva. Qué es y su importancia. (2021). *Question Pro*. <https://www.questionpro.com/blog/es/estadistica-descriptiva/>
  27. Enciclopedia Económica. (2021). *Estadística inferencial—¿Qué es?, instrumentos, ejemplos y más*. <https://enciclopediaeconomica.com/estadistica-inferencial/>
  28. Ferrás Pérez, N. (2019). *Desarrollo de la hidráulica en Cuba*. <http://www.tribuna.cu/historia/2019-08-10/desarrollo-de-la-hidraulica-en-cuba>
  29. García Valdés, M., & Suárez Marín, M. (2013). El método Delphi para la consulta a expertos en la investigación científica. *Revista Cubana de Salud Pública*, 39(2), 253-267.
  30. Gonzalez-Cebrian, P. (2022). *La gestión del agua en Europa*. <https://www.iagua.es/blogs/pablo-gonzalez-cebrian/gestion-agua-europa>
  31. Granados, R. M. (2016). *Modelos de regresión lineal múltiple*.

32. Güiza-Suarez, L., Rojas Moreno, C., & Morales Roza, D. (2020). Tecnologías de la información y las comunicaciones aplicadas a la gestión del agua: El caso del río Bogotá. *Revista de Ciencias Ambientales*, 54(1), 76-94. <https://org/10.15359/rca.54-1.5>
33. B. C. (2004). *Ciudades para un Futuro más Sostenible*. Habitat.aq.upm.es <http://habitat.aq.upm.es/>
34. Hernández, N. (2020). *Opta por el Premio Provincial de Calidad Empresa de Aprovechamiento Hidráulico de Cienfuegos*. Perlavisión. <https://www.perlavision.cu/opta-premio-provincial-calidad-empresa-aprovechamiento-hidraulico-cienfuegos/>
35. Herrera, L. (2017). *Forsat: Un proyecto para salvar vidas (+fotos)*. Escambray; *Escambray Sancti Spiritus*. <http://www.escambray.cu/2017/forsat-un-proyecto-para-salvar-vidas/>
36. Hurtado, A. (2017). *De datos bajo condiciones de repetibilidad*.
37. Hurtado, A., Caldera, A., Milano, B., Ibarra, C., Díaz, A., Camacho, J., Villamizar, J. E., & Verde, O. (2017). Notas técnicas: Análisis de datos bajo condiciones de repetibilidad. *Archivos Venezolanos de Farmacología y Terapéutica*, 36(2), 40-43.
38. iAgua. (2017). *El ranking del agua en Europa. 3: Consumo, pérdidas, precios e inversión | Agua*. <https://www.iagua.es/noticias/locken/ranking-agua-europa-3-consumo-perdidas-precios-e-inversion> |
39. iAgua, redaccion. (2020). *Una vuelta a través de la gestión del agua en Europa [Text]*. iAgua; iAgua. <https://www.iagua.es/noticias/redaccion-iagua/vuelta-traves-gestion-agua-europa>
40. IBERDROLA. (2022). *Somos una de las utilities con mejor productividad de agua* [<https://www.iberdrola.com>]. Iberdrola. <https://www.iberdrola.com/sostenibilidad/comprometidos-objetivos-desarrollo-sostenible/ods-6-agua-limpia-y-saneamiento>
41. Importancia. (2018). *Recursos Hídricos. Importancia*. <https://www.importancia.org/recursos-hidricos.php>
42. Informe del 2020. Agua y cambio climático. (2022). <https://es.unesco.org/themes/water-security/wwap/wwdr/2020>
43. Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INRH) (2012). *Política Nacional del Agua en Cuba—EcuRed*. [https://www.ecured.cu/Pol%C3%ADtica\\_Nacional\\_del\\_Agua\\_en\\_Cuba](https://www.ecured.cu/Pol%C3%ADtica_Nacional_del_Agua_en_Cuba)
44. INRH. (2019). *Acueducto y Alcantarillado*.
45. INRH. (2022a). *Historia de los Recursos Hídricos en Cuba. Sitio Institucional del INRH*. <https://www.hidro.gob.cu/es/historia>
46. INRH. (2022b). *Misión, Visión y Funciones, Recursos Hidráulicos en Cuba. Sitio Institucional del INRH*. <https://www.hidro.gob.cu/es/pagina-basica/mision-vision-y-funciones>.
47. Institute, B. S. G., & The Open Group. (2020). *Importancia de la Estadística en*

- Administración. BSG Institute.* <http://bsginstitute.com/bs-campus/blog/Importancia-de-la-Estadistica-en-Administracion-1132>
48. Julián Pérez Porto, & Merino, M. (2020). *Definición de recursos hídricos.* <https://definicion.de/recursos-hidricos/>
  49. Justo, J. B. (2013). *El derecho humano al agua y al saneamiento frente a los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM).* <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/4071>
  50. La gestión integrada de los recursos hídricos: Una necesidad de estos tiempos. (2022). [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S1680-03382018000100005](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1680-03382018000100005)
  51. Leocadio, P. (2015). *Estadística Básica para Educadores Físicos: Estadística. Estadística Básica para Educadores Físicos.* <https://estadisticaedufisica.blogspot.com/2015/05/estadistica.html>
  52. JURISCUBA. (2022). *Ley No. 124 de las aguas terrestres.* <http://juriscuba.com/legislacion-2/leyes/ley-no-124-de-las-aguas-terrestres/>
  53. López, J. F. (2019). *Estadística descriptiva.* Economipedia. <https://economipedia.com/definiciones/estadistica-descriptiva.html>
  54. Martínez Molina, J. (2014). *Una contribución al desarrollo de Cienfuegos › Cuba › Granma—Órgano oficial del PCC.* <https://www.granma.cu/cuba/2014-05-20/una-contribucion-al-desarrollo-de-cienfuegos>
  55. Martínez, O. (2018). *Dispone el país del primer software para el control de las aguas subterráneas.* Granma.cu. <https://www.granma.cu/cuba/2018-05-01/dispone-el-pais-del-primer-software-para-el-control-de-las-aguas-subterraneas-01-05-2018-19-05-39>
  56. Martínez, Y., & Villalejo, V. (2018). La gestión integrada de los recursos hídricos: Una necesidad de estos tiempos. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, 39(1), Article 1.
  57. Mastrapa López, I. (2014). *Diseño del servicio de instalación y mantenimiento en la empresa de acueducto y alcantarillado de Las Tunas* [Máster en Administración de Negocios]. Universidad de Las Tunas.
  58. Mates, E. (2007). *El uso y la tecnología de los recursos hídricos.* Cátedra Politécnica de Catalunya.
  59. Mendoza, J. (2019). *Moda Estadística. Estadísticamente.* <https://estadisticamente.com/moda-estadistica/>
  60. Molina Hernández, Y., Granda Dihigo, A., & Velázquez Cintra, A. (2019). Los requisitos no funcionales de software. Una estrategia para su desarrollo en el Centro de Informática Médica. *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*, 13(2), 77-90.
  61. Molina, M. (2020). *La distancia más corta. El método de los mínimos cuadrados.* Anestesia R. <https://anestesiario.org/2020/la-distancia-mas-corta-el-metodo-de-los-minimos-cuadrados/>
  62. Morote Seguido, Á.-F., Olcina Cantos, J., & Hernández Hernández, M. (2020). Gestión de las sequías en la planificación hidrológica. Aplicación al sureste español. *Revista de geografía Norte Grande*, 76, 303-320. <https://org/10.4067/S0718-34022020000200303>
  63. Naciones Unidas. (2020). *Agua* | Naciones Unidas. United Nations; United Nations.

- <https://www.un.org/es/global-issues/water>
64. Nodarse, Ing. G. M., & Hernández, A. H. (2019). *Manual del sistema integrado de Gestión*.
  65. Organización Mundial para la Salud (OMS). (2019). *Agua*. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>
  66. Organización Mundial para la Salud, & Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF), (2020). *Casi 2.000 millones de personas dependen de centros de atención de la salud que carecen de servicios básicos de agua, según la OMS y UNICEF*. <https://www.who.int/es/news/item/14-12-2020-almost-2-billion-people-depend-on-health-care-facilities-without-basic-water-services-who-unicef>
  67. ONU-DAES. (2014). Enfoque regional: Asia y el Pacífico | Decenio Internacional para la Acción «El Agua, fuente de vida» 2005-2015. <https://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/asia.shtml>
  68. Perez, J., & Merino, M. (2020). *Definición de recursos hídricos—Definiciones*. <https://definicion.de/recursos-hidricos/>
  69. Pérez, M. (2020). *Scada en el suministro de agua*. <https://paradiso-fp7.eu/scada-suministro-agua/>
  70. Pérez Porto, J., & Merino, M. (2021). *Definición de recursos hídricos—Definicion.de*: <https://definicion.de/recursos-hidricos/>
  71. Plebiscito del agua en Uruguay—Wikiwand. (2022). [https://www.wikiwand.com/es/Plebiscito\\_del\\_agua\\_en\\_Uruguay](https://www.wikiwand.com/es/Plebiscito_del_agua_en_Uruguay)
  72. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), (2006). *Decenio Internacional para la Acción «El agua, fuente de vida» 2005-2015. Áreas temáticas: Derecho humano al agua y al saneamiento*. [https://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/human\\_right\\_to\\_water.shtml](https://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/human_right_to_water.shtml)
  73. Provincial, E. de P. (2019). *Portal del Ciudadano en Municipio Cienfuegos—Acueducto y Alcantarillado*. Portal del Ciudadano en Municipio Cienfuegos: <https://cienfueguero.gob.cu/tramites-y-servicios/servicios/hidraulicos>
  74. Quevedo, F. (2011). Medidas de tendencia central y dispersión. *Medwave*, 11(03). <https://doi.org/10.5867/medwave.2011.03.4934>
  75. Recursos Hídricos. (2022). *Importancia*. <https://www.importancia.org/recursos-hidricos.php>
  76. Remtavares. (2007). *El Agua en Africa – El Agua*. <https://www.madrimasd.org/blogs/remtavares/2007/07/26/70630>
  77. ¿Retrocede la privatización del agua en América Latina? | Noticias | TELESUR. (2022). <https://www.telesurtv.net/news/dia-mundial-agua-privatizacion-america-latina-20190322-0028.html>
  78. Reyes, A. (2020). *Nuevas tarifas del agua: Premiar el ahorro y penalizar el derroche* › *Cuestión de Leyes* › Granma—Órgano Oficial del PCC. <https://www.granma.cu/cuestion-de-leyes/2020-03-05/premiar-el-ahorro-y-penalizar-el-derroche-05-03-2020-00-03-21>

79. Rodríguez, A. R., Pisco, R. J. L., Gómez, P. Á. P., & Sánchez, A. O. Q. (2020). Comprensión y manejo de la media aritmética, mediana y moda con datos agrupados en intervalos. (Original). *Roca. Revista científico - educacional de la provincia Granma*, 16(1), 1470-1483.
80. Rodríguez Barrera, N. A., Pérez Fleites, O. L., Canalda Benítez, M. E., & Ivanovna Stetsova, S. (2016). Intervención comunitaria en el contexto universitario para elevar el desarrollo cultural de las familias. *Ra Ximhai*, 145-166. <https://doi.org/10.35197/rx.12.01.e2.2016.10.nr>
81. Rojas, M., Useche, L., & Torres, J. A. (2016). *El Método de mínimos cuadrados: Definición y ejemplos*. Mi Profe. <https://miprofe.com/minimos-cuadrados/>
82. Rychtarcikova, P. (2016). *Caso de éxito—Sistema de alerta temprana en caso de interrupción de suministro de agua potable del embalse. Sirenas Electrónicas Para Intemperie, Sistemas de Alerta Temprana y Sistemas de Notificación de Emergencia*. <https://www.sirenaselectronicas.com/caso-de-exito-sistema-de-alerta-temprana-en-caso-de-interrupcion-de-suministro-de-agua-potable-del-embalse/>
83. Sánchez Galán, J. (2022). *Análisis de regresión—Definición, qué es y concepto. Economipedia*. <https://economipedia.com/definiciones/analisis-de-regresion.html>
84. Scanlon, Cassar, A., & IUCN. (2008). *Water as a human right?* | IUCN. <https://www.iucn.org/content/water-a-human-right-0>
85. Solanés, M., & Gonzalez, F. (1998). *Los Principios de Dublin Reflejados en una Evaluación Comparativa de Ordenamientos Institucionales y legales para una Gestión Integrada del Agua*. Publicado por la Asociación Mundial del Agua (GWP). <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwi2ucPRpJn4AhXYt4QIHRz2AuQQFnoECAQQAQ&url=https%3A%2F%2Farchivo.cepal.org%2Fpdfs%2FWaterguide%2FTac3s.pdf&usg=AOvVaw0wNerBCs5QYYemoCrZhJL>
86. Suárez-Inclán, R., José Antonio, & Roca Salamero, R. (2018). *Las 10 mayores centrales hidroeléctricas de Latinoamérica – El Periodico de la Energía* | El Periodico de la Energía con información diaria sobre energía eléctrica, eólica, renovable, petróleo y gas, mercados y legislación energética. <https://elperiodicodelaenergia.com/las-10-mayores-centrales-hidroelectricas-de-latinoamerica/>
87. Team Fluence News. (2020). *La Importancia de Preservar el Agua Subterránea*. <https://www.fluencecorp.com/es/importancia-de-preservar-el-agua-subterranea/>
88. Telegrafía. (2017). *Sistemas contra las inundaciones—Sistema de Alerta de masas*. <https://www.telegrafia.eu/es/soluciones/sistema-de-alerta-de-masas/sistema-de-alerta-de-inundaciones/>
89. Telegrafía. (2021). *Vektra® Alerta. Telegrafía*. <https://www.telegrafia.eu/es/productos/software-para-centros-de-despacho/vektra-alerta/>
90. TELESUR-MA. (2019). *¿Retrocede la privatización del agua en América Latina?*

<https://www.telesurtv.net/news/dia-mundial-agua-privatizacion-america-latina-20190322-0028.html>

91. Valdés, Y. M. (2018). La gestión integrada de los recursos hídricos: Una necesidad de estos tiempos (*Revista SciELO*) (1), pp. 1-15.
92. Valdés, Y. M., & Villalejo García, V. M. (2018). La gestión integrada de los recursos hídricos: Una necesidad de estos tiempos. (*Revista SciELO*) (1), pp. 1-15.
93. Varela-Ruiz, M., Díaz-Bravo, L., & García-Durán, R. (2012). Descripción y usos del método Delphi en investigaciones del área de la salud. *Investigación en Educación Médica*, 1(2), 90-95.
94. Vektra® Alerta. (2022). *Telegrafía*. <https://www.telegrafia.eu/es/productos/software-para-centros-de-despacho/vektra-alerta/>
95. World Health Organization. (2006). Guidelines for drinking-water quality: First addendum to the third edition, volume 1: recommendations.
96. Zarza, L. (2022). *Modelos matemáticos aplicados al agua, la fórmula perfecta para comprometerse con el medioambiente [Text]*. iAgua; iAgua. <https://www.iagua.es/noticias/canal-isabel-ii/modelos-matematicos-aplicados-al-agua-formula-perfecta-comprometerse>