



# *Trabajo de Diploma*

*en opción al Título de Ingeniera Hidráulica.*

*Título: Estudio Hidrológico de la Cuenca  
Carpintero para la Gobernanza Ambiental.*

*Autora: Carmen María Gosa Valenciano.*

*Tutores: Msc. María Teresa Durand  
Silveira.*

*Ing. Abel Dorta Armaignac.*

*Santiago de Cuba 2021*

*“Año 63 de la Revolución”*

*Pensamiento*

*Te darás cuenta que hoy parece un sacrificio,  
mañana terminará siendo el mayor logro de tu vida.*

*Anónimo.*

# *Agradecimientos*

## Agradecimientos

- ❖ Le agradezco primeramente a Dios y a la Virgen de la Caridad del Cobre por permitir que lograra este sueño tan importante para mí y mi familia.
- ❖ A la Revolución Cubana, por la oportunidad que me brinda para sentirme realizada como mujer de bien.
- ❖ Dedico este trabajo a las tres personas más importantes de mi vida, mis madres Moraima y Carmelina y a mi papá Carlos David, gracias por ser el motor fundamental en mi vida, por darme ese amor incondicional, por su aliento de ánimo y apoyo.
- ❖ A Maikel Laugart Bueno por su apoyo y máxima disposición desde el día que inicie la Universidad, muchísimas gracias.
- ❖ A mi familia, que constituyen faro y guía para perseverar y a mis vecinos por su apoyo, desde el comienzo de esta travesía, me han ayudado incondicionalmente desde lo espiritual y material en todos los momentos difíciles, para obtener este triunfo.
- ❖ A mis amigas Darsis, Betzy, Lisbeth, Dalila y amigos Frank, Lázaro, Andy, por su apoyo, aliento y preocupación desinteresado, millón de gracias por estar presente en mi vida, por soportarme todo este tiempo, han demostrado ser más que unos verdaderos amigos, una familia.
- ❖ A mis tutores, María Teresa Durand Silveira y Abel Dorta, por poner a mi disposición su preciado tiempo, conocimientos, experiencia, paciencia, entrega y dedicación.
- ❖ A mis compañeros de aula por ser tan dedicados y apoyarme cuando los necesité.
- ❖ A los profesores del Departamento de Ingeniería Hidráulica de la Facultad de Construcciones, por su muestra de profesionalidad y calidad humana.
- ❖ Llegue mi más profundo agradecimiento a todos aquellos que a través de todos estos años de estudio y esfuerzo han contribuido a mi crecimiento personal y formación profesional.

MUCHAS GRACIAS.

*Resumen*

## **Resumen**

La gobernanza ambiental es "el conjunto de reglas, prácticas y entidades institucionales que enmarcan la gestión del ambiente en sus distintas modalidades (conservación, protección, explotación de recursos naturales, etc.)". Es "el conjunto de procesos e instituciones, tanto formales como informales y que incluye normas y valores, comportamientos y modalidades organizativas, a través de las cuales los ciudadanos, las organizaciones y movimientos sociales y los diversos grupos de interés, articulan sus intereses, median sus diferencias y ejercen sus derechos y obligaciones en relación al acceso y usos de los recursos naturales". Por lo que el "Estudio Hidrológico de la cuenca Carpintero para la Gobernanza Ambiental", responde al proyecto Gobernanza y adaptación al cambio climático en zonas costeras teniendo como resultado la caracterización de la cuenca desde el punto de vista hidrológico específicamente la sequía logrando una guía para la evaluación de los gastos mínimos que faciliten el trabajo y la toma de decisiones de la gobernanza ambiental.

*Abstract*



## **Abstract**

Environmental governance is "the set of rules, practices and institutional entities that frame the management of the environment in its different modalities (conservation, protection, exploitation of natural resources, etc.)". It is "the set of processes and institutions, both formal and informal and that includes norms and values, behaviors and organizational modalities, through which citizens, organizations and social movements and various interest groups articulate their interests, mediate their differences and exercise their rights and obligations in relation to access and use of natural resources. " Therefore, the "Hydrological Study of the Carpintero basin for Environmental Governance" responds to the project Governance and adaptation to climate change in coastal areas, resulting in the characterization of the basin from the hydrological point of view specifically the drought, achieving a guide for the evaluation of the minimum expenses that facilitate the work and decision-making of environmental governance.

*Indice*

# Índice

Introducción .....	1
CAPITULO 1. ESTADO DEL ARTE.....	4
1.1. Generalidades de las Cuencas Hidrográficas. ....	4
1.1.2 Manejo de Cuenca.....	5
1.2 Generalidades de la Gestión y Gobernanza Ambiental. ....	7
1.2.1 Modelos Teóricos de Gestión Ambiental.....	10
1.2.2 Gestión Ambiental en Cuba e internacional. ....	12
1.2.3 Gestión Ambiental Integrada de Cuencas Hidrográficas. ....	13
1.2.4. Gobernanza Ambiental.....	14
1.2.5 Impactos del cambio climático en relación al agua observados y proyectados.....	17
1.3. Variables Hidrológicas. ....	19
1.3.1. Precipitación.....	19
1.3.2. Escurrimiento Medio.....	20
1.3.3 Factores que afectan el escurrimiento. ....	21
CAPITULO 2. ESCURRIMIENTO MINIMO.....	23
2.1 Características de la Cuenca caso estudio Carpintero. ....	23
2.2 Procedimiento para determinar las variables hidrológicas ....	23
2.2.1 Precipitación.....	23
2.2.2 Mapa Isoyético Nacional ....	24
2.2.3 Media Aritmética.....	24
2.3 Escurrimiento Medio.....	29
2.4 Escurrimiento mínimo.....	30
2.5 Sequía.....	32
2.6 Sequía en la Provincia Santiago de Cuba.....	35
2.7 Gobernanza y Gestión Ambiental.....	37
Conclusiones .....	39
Recomendaciones .....	40
Bibliografía .....	41

# *Introducción*

## *Introducción*

### Introducción

El aumento de la densidad poblacional a orillas de las cuencas y el crecimiento desmedido de la industrialización sin uso adecuado de los recursos naturales, ni de sus propios desechos producto de sus procesos, y el desarrollo de una agricultura no sostenible y la falta de cultura preservadora, ha dado lugar a reflexionar y tratar de buscar soluciones para atenuar las afectaciones del medioambiente desde sus diferentes enfoques.

Dichos problemas aparecen como el resultado de diferentes interacciones entre el hombre y el territorio; son el resultado de un uso inadecuado de los servicios ambientales, pero ¿cómo y de qué forma se podrían mitigar estos problemas?

De ahí surgió necesidad de diseñar un modelo teórico que permita maximizar los esfuerzos y contribuir al desarrollo sostenible de los recursos naturales que se encuentran en el mismo desde un enfoque socialmente responsable, que logre de manera participativa, estratégica y sistemática la integración y articulación de los distintos actores involucrados.

La gestión ambiental responde al “cómo hay que hacer” para conseguir lo planteado por el desarrollo sostenible, es decir, para conseguir un equilibrio adecuado para el desarrollo económico, crecimiento de la población, uso racional de los recursos y protección y conservación del ambiente. Abarca un concepto integrador superior al del manejo ambiental: no solo están las acciones a ejecutarse por la parte operativa, sino también las directrices, lineamientos y políticas, que terminan mediando la implementación. (13)

La gobernanza ambiental es "el conjunto de reglas, prácticas y entidades institucionales que enmarcan la gestión del ambiente en sus distintas modalidades (conservación, protección, explotación de recursos naturales, etc.)". Otra definición la describe como "el conjunto de procesos e instituciones, tanto formales como informales y que incluye normas y valores, comportamientos y modalidades organizativas, a través de las cuales los ciudadanos, las organizaciones y movimientos sociales y los diversos grupos de interés, articulan sus intereses, median sus diferencias y ejercen sus derechos y obligaciones en relación al acceso y usos de los recursos naturales". (13)

La gobernanza constituye una nueva forma gobernar y su estrategia sociopolítica más importante es la cogestión. Con la incorporación de la variable ambiental en el marco de las decisiones políticas respecto al ordenamiento territorial, el manejo de los recursos naturales y la adaptación al cambio climático, la noción de la gobernanza ambiental ha empezado a tener importancia por sus principios de integración, interdisciplinariedad y conectividad entre espacios y territorios para alcanzar un desarrollo en armonía con la naturaleza. (17)

## *Introducción*

Por otra parte, las cuencas hidrológicas e hidrográficas son espacios considerados unidades territoriales básicas para la planeación, gestión y manejo sustentable de los recursos naturales, además de dimensiones espacio-temporales para la adaptación ante el cambio climático, esto debido a que, según Ávalos, Alcántar, Mora, López y Patrón (2013), los principales impactos del cambio climático ocurren en todos aquellos aspectos relacionados con el agua, como el aporte de la misma para actividades productivas y de consumo humano, o eventos como sequías e inundaciones, entre otros.

Durante las últimas décadas, los impactos de las actividades humanas en el medio ambiente con sus múltiples consecuencias ecológicas, sociales y económicas, se han convertido en tema central a nivel global, en los ámbitos políticos y académico. El cambio climático, el agujero en la capa de ozono, la deforestación, la pérdida de la biodiversidad animal y vegetal etc., lo llevamos sufriendo cada vez con mayor frecuencia y mayor gravedad. Estas variaciones en el comportamiento natural del planeta y la pérdida de la calidad ambiental afectan con mayor fuerza a países con menor capacidad y recursos financieros para la adaptación y, concretamente, afecta en mayor medida al sector agrícola y los recursos naturales que constituyen las bases fundamentales para el desarrollo económico, político y social de estos países en desarrollo. Bajo esta fundamentación se propone la siguiente metodología de investigación:

**Problema de Investigación:** Desconocimiento de la influencia de la sequía para la Gobernanza Ambiental.

**Objeto de Investigación:** Estudio Hidrológico en la Cuenca Carpintero del municipio Santiago de Cuba.

**Objetos Específicos:** Caracterizar la Cuenca hidrográfica Carpintero, la Gestión Ambiental con énfasis en la sequía, evaluación de los gastos mínimos.

**Campo de Investigación:** Análisis del Gasto Mínimo de la cuenca.

**Objetivo de la investigación:** Desarrollo de un estudio Hidrológico con fines de evaluar los escurrimientos mínimos para la gestión ambiental y gobernanza.

**Objetivo Específico:** Caracterizar la cuenca en la Gestión Ambiental.

**Hipótesis:** Con la actualización de todos los problemas generados por los efectos del Cambio Climático en cuanto a la disminución de los caudales del río y las precipitaciones, permitirá a los decisores actuar ante este evento extremo mínimo.

**Tareas de Investigación:**

## *Introducción*

- Compilación bibliográfica relacionada con los antecedentes y estado actual del tema de investigación.
- Descripción de los factores climáticos e hidrológicos a tener en cuenta para la investigación.
- Evaluación de la sequía para la gobernanza.
- Profundizar sobre la gestión ambiental y la gobernanza.

### **Métodos de investigación**

Del nivel teórico:

Análisis – Síntesis: en todo el proceso investigativo, tanto en sus fundamentos teóricos como en las argumentaciones de la propuesta, la interpretación de los resultados y la elaboración de las conclusiones.

Hipotético – Deductivo: a partir de la determinación del Gasto Mínimo por los diferentes métodos, interpretar los resultados en función de la información que ofrezca mayor garantía de confiabilidad.

Histórico- lógico: para hacer el análisis de la trayectoria del proceso para calcular las medias en Santiago de Cuba, su desarrollo en el INRH y se utilizó en el estudio del objeto de investigación.

Del nivel empírico:

Observación: con el propósito de constatar durante el desarrollo del trabajo de los no especialistas, qué y cómo aplican los métodos para el cálculo.

Análisis documental: para el estudio y análisis de documentos vinculados al objeto y al campo de la investigación.

Entrevistas a especialistas: para conocer sus criterios acerca de la problemática abordada.

Del nivel estadístico- matemático:

Análisis porcentual: para evaluar cuantitativamente los resultados de los instrumentos y técnicas aplicadas, así como los porcentos alcanzados.

## **CAPITULO 1. ESTADO DEL ARTE.**

### **1.1. Generalidades de las Cuencas Hidrográficas.**

Uno de los recursos que componen las cuencas hidrográficas es el recurso agua. El agua libre de impurezas y accesible para todos es parte esencial del mundo en que queremos vivir. De acuerdo a las Naciones Unidas, en el objetivo 6 de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, Agua limpia y Saneamiento, al menos 1.800 millones de personas en el mundo utilizan una fuente de agua potable que está contaminada con materia fecal, más del 80% de las aguas residuales resultantes de las actividades humanas se vierte en ríos o el mar sin que se eliminen los contaminantes. Más de 1.700 millones de personas viven actualmente en cuencas fluviales donde el consumo de agua es superior a la recarga, la escasez de agua afecta a más del 40% de la población mundial, y se prevé que esta cifra aumente. (ONU - Naciones Unidas, 2016).

Las cuencas están establecidas por las interacciones de varios subsistemas. Según el artículo el Sistema complejo de la cuenca hidrográfica de Wilealdo García, estos subsistemas pueden ser: biofísico, económico, cultural y social (Charria, 2012). El subsistema biofísico lo conforma la flora, la fauna, el suelo, el aire, la geomorfología, las relaciones ecológicas, la hidrología, la geología, la topografía, entre otros; siendo este un subsistema de elementos naturales. Estos se manifiestan de formas diversas e interactúan e interconectan a partir de los servicios y bienes ambientales dentro del ecosistema donde se desenvuelven (Gómez Sal, 2001). En esta área viven seres humanos, animales y plantas, todos ellos relacionados. (Franquet B., 2005).

“Desde el punto de vista geofísico, la cuenca hidrográfica se define como una unidad natural, cuyos límites físicos son definidos por la divisoria superficial de las aguas, también conocida como "parteaguas", que ante la ocurrencia de precipitaciones y la existencia de flujos o caudales base, permite configurar una red de drenaje superficial que canaliza las aguas hacia otro río, al mar, o a otros cuerpos de agua, como los lagos, embalses artificiales y naturales, humedales, desde la parte más alta de la cuenca hasta su punto de emisión en la zona de menor altitud. El calificativo de hidrográfica es importante para indicar que se trata de un área o una unidad natural de gestión territorial que es morfográficamente superficial, lo que la diferencia por ejemplo de una cuenca hidrológica que sí incluye los elementos y componentes subterráneos” (Jiménez 2009).

Una cuenca hidrográfica es un territorio drenado por un único sistema de drenaje natural, es decir, que sus aguas dan al mar a través de un único río, o que vierte sus aguas a un único lago endorreico, es delimitado por la línea de las cumbres, también llamada divisoria de aguas. Con lo antes expuesto se puede definir además como el área que constituye al escurrimiento y que proporciona parte o todo el flujo de la corriente principal y sus tributarios.



## **Capítulo 1. Estado Del Arte.**

La cuenca hidrográfica funciona como un gran colector que recibe las precipitaciones y la transforma en escurrimiento. Esta transformación se realiza con pérdidas, siendo una función bastante compleja de numerosos factores, entre los que predominan el clima y la configuración del terreno. Los índices y magnitudes físicas de la cuenca, que expresan en términos simples los valores medios de ciertas características del terreno, juegan un papel muy importante y son condicionantes de su sistema hidrológico.

Las cuencas se componen de:

- Subcuenca: área de un afluente secundario que tributa al río principal.
- Microcuenca: área de afluente terciario que atributa al río principal de una Subcuenca.

Se clasifican en:

- Exorreicas: drenan sus aguas al mar o al océano. Un ejemplo es la cuenca San Juan y Carpintero ubicadas en la provincia Santiago de Cuba.
- Endorreicas: desembocan en lagos, lagunas o salares que no tienen comunicación fluvial al mar. Por ejemplo, Mogote que desemboca en el río Contramaestre en la provincia Santiago de Cuba.
- Arreicas: las aguas se evaporan o se filtran en el terreno antes de encauzarse en una red de drenaje. Los arroyos, aguadas y cañadones de la meseta patagónica central pertenecen a este tipo, ya que no desaguan en ningún río u otro cuerpo hidrográfico de importancia. También son frecuentes en áreas del desierto del Sahara y en muchas otras partes. (5)

En las cuencas hidrográficas se ubican todos los recursos naturales y actividades que realiza el ser humano; allí interactúan el sistema biofísico con el socioeconómico y están en una dinámica integral que permite valorar el nivel de intervención de la población, los problemas generados, pero también las potencialidades y oportunidades. (Casaverde, 2012)

### **1.1.2 Manejo de Cuenca.**

Manejo de cuencas consiste en el uso, aprovechamiento y manejo de los recursos naturales de la cuenca, donde generalmente existe un ente determinado que ejerce de manera principal la responsabilidad de implementar acciones para manejar esos recursos. Implica ordenar, ejercer autoridad, disponer, organizar, los recursos naturales en ese territorio. Pone mayor énfasis a los elementos y componentes biofísicos, como el suelo, la vegetación, el agua, la biodiversidad, mientras que la intervención humana se ve como un elemento más que interactúa en el espacio territorial cuenca (Jiménez 2009). (7)

## **Capítulo 1. Estado Del Arte.**

Para Visión Mundial (2004), el manejo de cuencas se define como el continuo estudio para satisfacer las necesidades de los seres humanos, de modo que sea compatible con las características físicas, químicas y biológicas del mismo y que no altere sustancialmente la calidad del ambiente natural y los ciclos naturales que allí se realizan. Debe contemplar el ordenamiento territorial y la correcta aplicación de prácticas productivas en armonía con el ambiente. (7)

Manejo integral de cuencas hidrográficas es el conjunto de acciones que se realizan para proteger, conservar, utilizar, aprovechar, manejar y rehabilitar adecuadamente los recursos naturales en las cuencas hidrográficas de acuerdo a los enfoques sistémico, socioambiental, integral, multi e interdisciplinario, multi e intersectorial y del agua como recurso integrador de la cuenca. Promueve y busca la sostenibilidad ecológica, social y económica de los recursos naturales y el ambiente en el contexto de la intervención humana, sus necesidades y responsabilidades y del riesgo y la ocurrencia de desastres, principalmente de origen hidrometeorológico (Jiménez 2009). (7)

El manejo integral de cuencas se considera un proceso que busca la solución de problemas complejos interrelacionados, el cual debe ser adaptativo, esto es, que se aprende y construye con base en las experiencias y con sustento en información científica y local. Es un proceso que requiere la concurrencia, la cooperación, la colaboración y la acción colectiva de los actores e instituciones involucrados en la toma de decisiones (Ávalos, Alcántar, Mora, López y Patrón, 2013).

Cotler (2007) establece que el manejo integral de cuencas parte del supuesto básico de que los actores tendrán la capacidad de coordinarse en torno a un objetivo común, en este caso la conservación de su entorno y el sostenimiento de sus actividades productivas, ya que las cuencas son zonas donde existen recursos de uso común, principalmente el agua: “La implementación de un manejo integral de cuencas requiere la concurrencia, la cooperación y la colaboración de diversas instituciones bajo una visión común” (Cotler, 2007, p. 13). (3)

La Gestión integral de cuencas hidrográficas incluye el concepto de manejo integral de cuencas, pero además enfatiza en los procesos y acciones (la gestión) necesarias para lograr los recursos humanos, económicos, logísticos y administrativos requeridos para lograr ese manejo integral o manejo de la cuenca. Si bien la gestión integral considera como un elemento fundamental la participación de diferentes actores claves de la cuenca, el fortalecimiento de su capacidad de gestión y la formación de capital humano, no implica estricta y necesariamente una participación plena en la toma de decisiones y en asumir responsabilidades por parte de todos los actores claves (Jiménez 2009). (7)

## **Capítulo 1. Estado Del Arte.**

### **1.2 Generalidades de la Gestión y Gobernanza Ambiental.**

Por gestión se entiende, primero, un proceso que comprende determinadas funciones y actividades organizativas que los gestores deben llevar a cabo con el fin de lograr los objetivos y metas deseadas. El proceso de gestión se considera integrado, por regla general, por las funciones de planificar, ejecutar y controlar. La planificación determina qué resultados ha de lograr la organización (pública, privada o cívica). La función de planificar representa el núcleo de la gestión. Planificar implica realizar actividades a lo largo del tiempo cuyo resultado es la fijación de objetivos, planes, programas y proyectos que se requieren para el logro de los objetivos. La función de ejecución, como su nombre indica, es realizar lo planificado según cronograma de programas y proyectos y flujograma de inversiones en el tiempo. La función de control comprueba si se han logrado o no los resultados previstos. (10)

La gestión forma parte de la estrategia formulada por los ideólogos del desarrollo. La sostenibilidad y sustentabilidad han ido apareciendo como conceptos en distintas disciplinas naturales, técnicas o sociales, con el fin precisamente de plantear la relación existente entre lo socioeconómico y tecnológico con las leyes de la naturaleza. Desde esta perspectiva surge la gestión ambiental en el contexto del desarrollo sostenible o sustentable. (10)

Las acciones propuestas para iniciar, ejecutar y terminar el proceso de Gestión Ambiental, comprenden etapas o fases estrechamente ligadas entre sí, las cuales deben adaptarse a las particularidades de cada escenario. Dichas fases, son (10):

- Preparación, sensibilización y planificación.
- Ejecución: realización de los programas y proyectos definidos en los planes.
- Seguimiento, control y evaluación.
- Regulación y retroalimentación.

La Gestión Ambiental abarca una gran cantidad de áreas, entre las que se encuentran las siguientes: (10)

- Política ambiental: implica una serie de acciones políticas destinadas a conservar la vida lograr un desarrollo sostenible.
- Ordenamiento territorial: se encarga de distribuir las actividades y usos del terreno en acuerdo a las actividades y usos del terreno de acuerdo a las características de cada uno.
- Evaluación del impacto ambiental: realiza una evaluación de la actualidad ambiental y propone planes y programas para corregir problemas.

## **Capítulo 1. Estado Del Arte.**

- Contaminación: se ocupa de trazar, analizar y controlar todas aquellas sustancias o formas de energía que provoquen efectos poco saludables.
- Vida silvestre: se ocupa de conservar la biodiversidad.
- Educación ambiental: procura enseñarle al hombre a comprender los problemas medioambientales actuales y asimismo lo ayuda a cambiar su posición muchas veces contraria al desarrollo satisfactorio del entorno natural.
- Paisaje: implica la relación de los factores biológicos, los estéticos y culturales del medio ambiente.

La gestión ambiental (GA) o gestión del medio ambiente es el conjunto de diligencias conducentes al manejo integral del sistema ambiental. Incluyendo el concepto de desarrollo sostenible, GA es la estrategia mediante la cual se organizan las actividades antrópicas que afectan al medio ambiente, con el fin de lograr una adecuada calidad de vida, previniendo o mitigando los problemas ambientales (Pahl-Wost, 2007).(14)

También puede definirse como un proceso que está orientado a resolver, mitigar y/o prevenir los problemas de carácter ambiental, con el propósito de lograr un desarrollo sostenible, entendido este como aquel que le permite al hombre el desenvolvimiento de sus potencialidades y su patrimonio biofísico y cultural, y garantizando su permanencia en el tiempo y en el espacio (Red de Desarrollo Sostenible de Colombia, 2011). La gestión ambiental es precedida por lo tanto, por un proceso de toma de decisiones, a partir de los diversos escenarios de planificación (Mateo, 2001). (14)

La Gestión Ambiental es el conjunto de acciones encaminadas a lograr la máxima racionalidad en el proceso de decisión relativo a la conservación, defensa, protección y mejora del medioambiente, basada en una coordinación multidisciplinar y en la participación ciudadana (Estevan, 1994). Para Ortega y Rodríguez (1994) es el conjunto de disposiciones necesarias para el mantenimiento de un capital ambiental suficiente para que la calidad de vida de las personas y el patrimonio natural sean lo más elevado posible. (13)

## Capítulo 1. Estado Del Arte.



Figura 1. Sistema de Gestión Ambiental.

Un Sistema de Gestión Ambiental (**Figura 1**), es un proceso interactivo de planificación, implantación, revisión y mejora de los procedimientos y acciones que lleva a cabo una organización para realizar su actividad garantizando el cumplimiento de sus objetivos ambientales (Martínez, 2003). (13)

La norma ISO 14001:2004 plantea que un Sistema de Gestión Ambiental es la parte del sistema de gestión de una organización, empleada para desarrollar e implementar su política ambiental, y gestionar sus aspectos ambientales. Es decir, es aquella parte del sistema de gestión global que incluye la estructura organizativa, las actividades de planificación, las responsabilidades, las prácticas, los procedimientos, los procesos y los recursos para desarrollar, implantar, lograr, revisar y mantener la política ambiental.(15)

La ISO 14001 es una norma perteneciente a la serie de normas ISO14000 que cubre los distintos aspectos del medio ambiente. La ISO 14001 fue publicada en 1996 y es un estándar internacional de Gestión Ambiental, que define cómo establecer un buen Sistema de Gestión Ambiental. Se trata de una norma voluntaria, que se implanta o no en función de los intereses de cada organización, y su objetivo principal es prevenir la contaminación para apoyar la conservación ambiental. (15)

La existencia de este sistema implica la participación de actores de diferentes áreas, bajo un concepto de sinergia, para asegurar el aumento en el impacto de los esfuerzos realizados; entre los actores involucrados se encuentran: instituciones públicas, industrias, representantes de la comunidad, ONG,

## **Capítulo 1. Estado Del Arte.**

representantes del gobierno e instituciones que directamente tienen intereses particulares sobre el medioambiente.

Son tantas las definiciones que se pueden dar sobre Gestión Ambiental que se haría demasiado extenso el documento, en suma, gestión es sinónimo de intervención planificada del Estado, los empresarios, la sociedad civil, los gestores o ambientalistas y especialistas, en aras de la resolución de un conflicto ambiental generado por el hombre y frente al cual se deben disponer una serie de actividades y recursos (humanos, técnicos y financieros). Resolver el problema es, bajo lo enunciado hasta acá, diagnosticarlo correctamente, conocer la causa del mismo, sus efectos y posibles soluciones (técnicas y/o culturales). (10)

Para finalizar este aparte, los objetivos de la Gestión Ambiental, pueden sintetizarse en:

1. Mantener y/o mejorar la oferta ambiental.
2. Orientar los procesos culturales hacia la sustentabilidad.

El primer objetivo se centra en el objeto de la acción ambiental, es decir, en mantener o mejorar la oferta ambiental en calidad, cantidad y disponibilidad. La Gestión Ambiental, como proceso participativo y continuo, debe procurar la sostenibilidad del medio natural (se refiere a un ecosistema en desequilibrio que exige inducciones externas para lograr la sostenibilidad), de manera que los recursos naturales continúen disponibles aún para las generaciones futuras, en cantidad suficiente, con una buena calidad, de manera que se refleje en el mejoramiento de la calidad de vida y sobre todo que su disponibilidad sea en igualdad de condiciones para toda la sociedad. (10)

El segundo objetivo propone centrarse decididamente sobre el sujeto / objeto de la acción ambiental, es decir, en la regulación de la actividad humana, no sólo con un criterio de control, sino principalmente con el propósito de construir valores individuales, sociales y colectivos que permitan lograr un medio ambiente sostenible. (10)

### **1.2.1 Modelos Teóricos de Gestión Ambiental.**

Ante los conflictos ambientales, es necesario buscar un modelo que responda de manera eficaz a darle solución, de forma tal que no funcione como un aparato a ejercer su poder, sino que garantice la seguridad de los recursos naturales y en general, del medio ambiente, puesto que los mismos incluyen los grupos más vulnerables del ambiente, constituyendo los más afectados. (13)

Existen varios modelos fundamentado en las normas internacionales y que a continuación se detallan: (13)

## **Capítulo 1. Estado Del Arte.**

**Modelo de Excelencia Medioambiental (MEM).** (Rodríguez y Ricart, 1998): Este modelo nace de la idea de que el medioambiente es un gran reto en el siglo XXI y cuya gestión puede tener un gran impacto positivo en la capacidad de adaptación y transformación de la sociedad. Este modelo surge a similitud y como reflejo al enfoque de calidad total como vértebra del mejoramiento continuo, pero encaminado con lo referente a la gestión ambiental. Plantea la integración de la gestión ambiental en todos los procesos, mas no enfatiza a profundidad en estos, en busca de los aspectos ambientales más críticos.

**Modelo Análisis Total de Stakeholders (TSA).** (Epstein, 2000): Es un modelo de gestión que parte del análisis completo de los impactos o la influencia de las decisiones sobre los grupos de interés de la organización (stakeholders). Esto requiere identificar, medir y reportar los beneficios y costos para los diferentes grupos de interés de los impactos ambientales de los procesos, productos o servicios que genera la organización. Lo anterior como mejora a la gestión ambiental y analizar los impactos presentados y pronosticar los futuros, mediante un proceso de monitoreo continuo y retroalimentación.

**Modelo de Gestión Ambiental de la ISO 14001 (2004):** Es uno de los sistemas de gestión ambiental más difundidos, muy influenciado por las ISO 9000. Establece estándares internacionales de gestión ambiental. Un sistema de este tipo permite a una organización establecer, y evaluar los procedimientos para desarrollar e implementar una política y objetivos ambientales, que tengan en cuenta los requisitos legales y la información ambiental significativa, alcanzar la conformidad con ellos y demostrar la conformidad a otros.

**Modelo de ELVA (Environmental Leadership for Value Achievement) de Excelencia Medioambiental.** (Rodríguez, García, 2005): Modelo para el desarrollo sostenible, desarrollado por la consultora española KAIZEN, y surge debido a la necesidad de considerar los FVC (Factores de Valor Crítico) del entorno. Inicialmente se habla en términos medioambientales, luego se introdujo el término desarrollo sostenible, y hoy en día se habla de responsabilidad social y gobierno corporativo. Permite además de incorporar los factores económicos en las estrategias, los factores sociales y medioambientales, no como elementos individuales, sino constituyéndose como un todo. La mayoría de los modelos ve el medioambiente como un bloque de requisitos. Busca el desarrollo e integración con la sociedad donde se relaciona.

## Capítulo 1. Estado Del Arte.

### 1.2.2 Gestión Ambiental en Cuba e internacional.

La ley del medioambiente cubana (Ley 81. Asamblea Nacional del Poder popular, 1997) señala que la gestión ambiental es el conjunto de actividades, mecanismos, acciones e instrumentos, dirigidos a garantizar la administración y uso racional de los recursos naturales mediante la conservación, mejoramiento, rehabilitación y monitoreo del medioambiente y el control de la actividad del hombre en esta esfera. La gestión ambiental aplica la política ambiental establecida mediante un enfoque multidisciplinario teniendo en cuenta el acervo cultural, la experiencia nacional acumulada y la participación ciudadana. (13)

Cuba cuenta desde 1997 con el Consejo Provincial de Cuencas Hidrográficas (CNCH1997), el cual se ha encargado de asegurar la elaboración y ejecución de los programas de ordenamiento y manejo integral de las cuencas comprendidas en el territorio cubano, que asegure las actividades económicas y sociales, a partir de una adecuada protección y uso racional de los recursos naturales y el medioambiente. (13)

El Consejo de Cuencas cuenta con su correspondiente Plan de Acción en función de solucionar o mitigar los principales problemas ambientales identificados. Se definieron y se ha venido trabajando principalmente en doce cuencas (**Figura 1.2**) de máxima prioridad en Cuba, sobre la base de su complejidad económica, social y ambiental, el grado de afectación a sus recursos naturales y sus características generales.

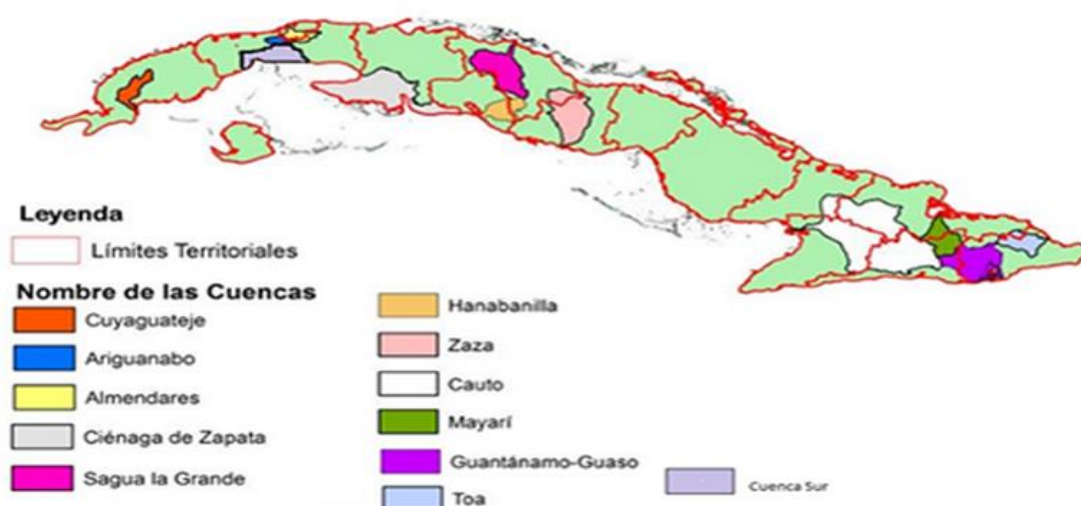


Figura 1.2. Cuencas de interés nacional (máxima prioridad en Cuba).

En América Latina y el Caribe, la gestión ambiental ha adquirido amplias y diversas dimensiones partiendo del enfoque nacional, mirando también la

12



## **Capítulo 1. Estado Del Arte.**

importancia de las relaciones internacionales como apoyo a la gestión ambiental y el diseño de políticas claras. Puede ser aplicable desde la simple creación de una política, centrarse en el impacto ambiental de una empresa o una actividad específica, la conservación y uso sostenible del medioambiente o un recurso específico o la perspectiva de una Nación. (13)

**Francia:** Gestión integral de los ríos Aragón (Navarra) y Garonne (Francia), 2008: Objetivo de recuperación de espacios de libertad fluvial y de la conectividad longitudinal y lateral, mejorar la de poblaciones de fauna asociada al hábitat fluvial y a la calidad del agua. Actividades: Intercambio de información y divulgación del conocimiento, redacción de planes de gestión, diseño de posibles modelos de contratos ambientales, mejora del conocimiento científico y técnico, redacción de proyectos de restauración. (13)

**México:** Manejo Integral de la Cuenca Lerma-Chapala. México, 2007: En materia de gestión ambiental, las acciones realizadas en materia de forestación y conservación de biodiversidad, rehabilitación de suelos o prevención y reversión de la contaminación del agua en la cuenca Lerma-Chapala, son acciones que se han efectuado de manera aislada y espontánea por parte de autoridades ambientales federales, estatales y/o municipales, sin que exista de por medio un plan regional que señale una misma direccionalidad de esfuerzos y recursos para el logro de objetivos comunes. El Consejo de Cuenca Lerma-Chapala representa el único espacio formal de discusión y concertación para la toma de decisiones sobre distribución, calidad y cantidad del agua. Los problemas de coordinación se ven aún más acentuados al tratarse de una región en donde el acceso a los recursos hídricos generan un estado de competencia y conflicto derivado de la escasez de los mismos (sobre todo entre Guanajuato y Jalisco), en donde el deterioro de los recursos naturales ha alcanzado niveles alarmantes (Caire, 2007). (13)

### **1.2.3 Gestión Ambiental Integrada de Cuencas Hidrográficas.**

En los países de América latina y el Caribe el enfoque de Gestión Ambiental de cuencas no es reciente. En sus orígenes tenía una nítida orientación hacia la planificación para la inversión y construcción de obras de infraestructura con énfasis en construcciones hidráulicas. En los últimos años el enfoque ha cambiado orientándose hacia el manejo y la gestión Integrada; su trabajo está basado a través de investigaciones en el mejoramiento de las cuencas hidrográficas, sobresalen los casos de México, Venezuela, Colombia, Brasil, Chile, Guatemala, Panamá y Costa Rica, entre otros. En México se destacan diversas acciones y trabajos encaminados hacia este objetivo, entre ellos: "Manual para el uso eficiente del agua en cuencas". Collado, J (1998). (21)

También existen Programas de educación en las enseñanzas básica y media para un uso más eficiente del agua en la población, así como en la enseñanza

## **Capítulo 1. Estado Del Arte.**

para adultos, especialmente mujeres. En Brasil se desarrollan planes para el manejo integral de una cuenca rural, que tiene como objetivo fundamental la recuperación o conservación de los recursos hídricos de la región, incluido también el conjunto de otros recursos naturales como suelo, vegetación y bosques (Meneses, 2005), por citar algunos. En la región existe una larga experiencia en proyectos de desarrollo regional, considerando a las cuencas hidrográficas como territorios de planificación y gestión. (21)

La gestión ambiental en cuencas no sólo depende de las empresas, la administración y el gobierno, el grado de implicación del ciudadano en la resolución de los graves problemas ambientales que afectan también es muy importante. Sólo conociendo las implicaciones de sus acciones y los efectos que tienen sus decisiones, la persona comprenderá la importancia de la gestión ambiental, de allí se reitera nuevamente la importancia de un enfoque socialmente responsable. (8)

### **1.2.4. Gobernanza Ambiental.**

La gobernanza representa una nueva filosofía de la acción de gobierno por la cual la gobernabilidad se asegura a través de una mayor participación de la sociedad civil en una relación horizontal entre instituciones del gobierno y organizaciones como sindicatos, grupos vecinales, asociaciones civiles, organizaciones no gubernamentales, movimientos sociales, asociaciones profesionales, empresas privadas, etc. (Piñeiro 2004). (3)

La gobernanza ambiental se refiere a los procesos de toma de decisión y de ejercicio de autoridad en los cuales intervienen los gobiernos en sus distintos niveles o instancias de decisión. Así mismo, otras partes interesadas que pertenecen a la sociedad civil o a la empresa privada y que tienen que ver con la fijación de los marcos regulatorios y el establecimiento de los límites y restricciones al uso de los ecosistemas. Tiene que ver con cómo se toman las decisiones, que a su vez depende de quiénes son invitados a expresarse y cómo se construyen espacios apropiados para que puedan hacerlo (Piñeiro 2004). En tal sentido, la gobernanza ambiental es la actividad humana esencial en el manejo de los ecosistemas, que tiene como tarea y obligación comprender y contemplar los intereses de todos aquellos que integran el territorio. (3)

La introducción de la gobernanza como estrategia efectiva para la gestión de los territorios y el manejo de los recursos naturales ha preponderado la importancia de la variable ambiental a la hora de las decisiones políticas, incluso últimamente en los alcances y las determinaciones para frenar los efectos del cambio climático en el mundo. (17)

## **Capítulo 1. Estado Del Arte.**

La Gobernanza Ambiental ofrece una perspectiva analítica que combina la investigación socioambiental que conecta cuestiones de cambio social y ambiental con la investigación de la gobernanza que aborda cuestiones de desarrollo (Lemos y Agrawal, 2006). La investigación sobre la gobernanza aborda la forma en que la sociedad se organiza para resolver sus dilemas y crear nuevas oportunidades. (4)

Se puede definir la gobernanza ambiental como el proceso de formulación y refutación de imágenes, diseños y ejecución de los procedimientos y prácticas que configuran el acceso, control y uso de los recursos naturales entre actores diferentes. (4)

Para el Grupo Chorlavi (2005) la gobernanza ambiental se refiere a los procesos sociales, políticos, económicos y administrativos, formales e informales, asociados a intereses y reglas, mediante los cuales distintos actores sociales negocian y definen el acceso y el manejo de los recursos naturales y la relación con el medio ambiente. (7)

Según el Grupo Chorlavi (2009), existen cuatro elementos que permiten entender e interpretar adecuadamente estos procesos: Reglas, procedimientos y procesos formales e informales que conforman el sistema de gobernanza y más específicamente de gobernanza ambiental descentralizada, genera debates debido al poco entendimiento y comprensión que este carácter "informal" posee. Ello lleva a una conclusión muy presente en el discurso, los medios y los espacios de poder en el sentido de que la movilización de la sociedad, el planteamiento de demandas y la organización de grupos sociales para el acceso al manejo de recursos, conducen hacia formas de ingobernabilidad. Esta conclusión parte de la falsa premisa que aquello que se aleja de reglas formales, leyes, políticas, procesos de toma de decisiones verticales no respeta los principios de la democracia y el papel que en esta tienen los decisores. (7)

La gobernanza ambiental toma fuerza en el intento de establecer la relación de la gestión del entorno y sus recursos naturales, los medios de vida de las comunidades y ahora, la adaptación al cambio climático, donde el espacio es el conjunto natural de localizaciones y el territorio un lugar construido social y políticamente. Por ello, la convivencia de la interfase socio-natural de la gestión territorial con el manejo de recursos naturales está bien emparentada, articulando la gobernanza ambiental con la participación y decisión de todos los involucrados en cada porción territorial, compartiendo los costos de administración y manejo, y distribuyendo los beneficios de acceso y uso de los recursos naturales; es decir, adquiriendo un modelo de 'cogestión' sujeto a rasgos organizativos, productivos, culturales y climáticos (adaptativos).(17)

## Capítulo 1. Estado Del Arte.

Pretende afrontar de mejor manera la relación de cuestiones sociales, económicas y políticas, y responder estos criterios con objetivos estratégicos y funcionales, manteniendo un carácter multiactorial de decisión, así como una horizontalidad que permita obrar en red y con una cultura de participación para la acción, en que se establecen algunos ámbitos que promuevan la práctica de la gobernanza ambiental para la cogestión adaptativa de los recursos naturales.

La Gobernanza Ambiental (**Figura 1.3**), se ocupa del gobierno y la administración del medio ambiente y los recursos naturales desde su consideración como un bien común, es la clave para alcanzar el desarrollo sostenible, a nivel nacional, regional y global. Por ello, los procesos de toma de decisiones y el trabajo de las instituciones deben seguir métodos informados, coherentes, unificados e integrales y al mismo tiempo deben apoyarse en marcos normativos adecuados que faciliten estos procesos.



Figura 1.3. Factores Claves de la Gobernanza Ambiental.

Durante las últimas décadas, la Gobernanza Ambiental en América Latina ha pasado por grandes transformaciones. Observamos múltiples capas de gobernanza, intermediadas por interacciones sociales, que han evolucionado gradualmente con el tiempo. La participación de las organizaciones de la sociedad civil, basada en discursos de justicia social, equidad y reducción de la pobreza, se convirtió en un elemento central de la gobernanza ambiental en la región. La Gobernanza ambiental en América Latina hoy día es, por lo menos, un proceso contradictorio. El discurso dominante de la gobernanza participativa en varios países latinoamericanos es acompañado por el aumento de conflictos socio-ambientales en la región. (4)

En el año 1991 se realizó en Cuba una evaluación preliminar de los impactos del cambio climático que abarcó los sectores de agricultura, ecosistemas naturales terrestres, hidrología y recursos hídricos, áreas costeras, asentamientos poblacionales, salud y turismo. Esta evaluación, que se realizó mediante el método del juicio de expertos, fue el primer intento de síntesis de los resultados de las investigaciones que realizaban grupos de científicos del país. Aunque la contribución de la República de Cuba al calentamiento global es muy reducida, existe una notable preocupación por los impactos que el

## **Capítulo 1. Estado Del Arte.**

cambio climático pueda tener sobre el país. De hecho, los resultados de esa primera evaluación mostraron el elevado nivel de vulnerabilidad de Cuba ante los impactos potenciales, especialmente aquellos relacionados con el incremento del nivel de mar.

Cuba también ha dado muestra de preocupación ante la realidad y la gravedad del deterioro del ambiente, de modo tal que su política ambiental internacional se traza y desarrolla bajo los principios aprobados en la Cumbre de Río de Janeiro 1992. Pese a ello, Cuba no deja de ser un escenario más donde se reflejan los conflictos ambientales causados por los efectos del cambio climático.

### **1.2.5 Impactos del cambio climático en relación al agua observados y proyectados.**

Los riesgos del cambio climático relacionados con el agua dulce se acentúan significativamente a medida que aumentan las concentraciones de los gases de efecto invernadero (GEI). Los últimos estudios de modelización estiman que, por cada grado de calentamiento global, aproximadamente un 7 % de la población mundial estará expuesta a una disminución de los recursos hídricos renovables de al menos el 20 %. (12)

- Limitar el calentamiento global a 1,5 °C con respecto a los niveles preindustriales, en lugar de a 2 °C, podría tener enormes repercusiones en los recursos hídricos puesto que la proporción de la población mundial expuesta a un aumento del estrés hídrico causado por el cambio climático se podría reducir hasta en un 50 %.
- Desde mediados del siglo XX, las pérdidas socioeconómicas causadas por inundaciones han aumentado principalmente debido a una exposición y vulnerabilidad mayores. Las proyecciones sugieren que las crecidas se producirán con una frecuencia más variable. Se prevé que el peligro de crecidas aumente en zonas de Asia Meridional, Asia Sudoriental, Asia Nororiental, África tropical y América del Sur.
- Cabe esperar que en los próximos decenios el cambio climático aumente la frecuencia de las sequías meteorológicas (disminución de las lluvias) y agrícolas (menor humedad del suelo) en muchas de las regiones secas que existen actualmente. Es probable que esto de lugar a sequías hidrológicas (disminución de las aguas superficiales y subterráneas) cortas o repentinas con mayor frecuencia en estas regiones.
- El cambio climático afecta negativamente a los ecosistemas de agua dulce puesto que altera los flujos fluviales y la calidad del agua, poniendo en riesgo la calidad del agua potable incluso con el tratamiento convencional. El origen de los riesgos se encuentra en el aumento de las

## Capítulo 1. Estado Del Arte.

temperaturas; el aumento de las cargas de sedimentos, nutrientes y contaminantes debido a las fuertes lluvias; la mayor concentración de contaminantes durante las sequías y la interrupción del funcionamiento de las instalaciones de tratamiento durante las crecidas.

- En las regiones donde nieva, el cambio climático ha alterado la estacionalidad de los flujos fluviales y seguramente seguirá haciéndolo. Salvo en aquellas regiones extremadamente frías, el calentamiento de los últimos decenios ha reducido el espesor máximo de la nieve en primavera y ha favorecido la fusión de nieve en esa época, dejando menos nieve acumulada para los meses secos de verano. Se han observado crecidas por deshielo de menor importancia, un aumento de los caudales invernales y una reducción de los flujos bajos estivales.
- A causa del calentamiento continuado de los ríos alimentados por glaciares, la producción total de agua de deshielo a partir del hielo almacenado en los glaciares, aumentará en muchas regiones durante los próximos decenios, aunque posteriormente disminuirá.
- Un calentamiento cada vez mayor acentúa la exposición de las islas pequeñas, las costas bajas y los deltas a los riesgos que entraña el aumento del nivel del mar y las intrusiones de agua salada en los sistemas de agua dulce.

Todos esos fenómenos que se presentan en el medio ambiente están asociados a una porción limitada por el escurrimiento de las aguas superficiales que son las cuencas hidrográficas, es decir, en cada cuenca coexisten una serie de problemas ambientales que en ocasiones cambian todo el entorno viéndose afectado desde los paisajes naturales hasta las propias infraestructuras creadas por el hombre para su vida, siendo este el agente más contaminante y responsable de muchos de los problemas.

Las reservas hídricas, superficiales y subterráneas, se encuentran considerablemente amenazadas, en cantidad y calidad, en regiones con elevado estrés hídrico, originado en gran medida por el uso agrícola (Cynthia et al., 2004; Wada et al., 2012; Custodio et al., 2016). En consecuencia, los reservorios de agua dulce han disminuido, lo que acarrea impactos ambientales negativos sobre los ecosistemas asociados (Klove et al., 2014).

Un mejor manejo de los problemas ambientales y sus soluciones está en lograr una mayor educación ambiental tanto de las instituciones como de la población en general. La fuerza de los dirigentes de estas empresas recae en la responsabilidad máxima que estos sean capaces de asumir en el seguimiento de la política ambiental que se tracen, pues son ellos los que garantizan el control de los recursos y su cuidado.

## **Capítulo 1. Estado Del Arte.**

La seguridad ambiental está estrechamente relacionada con la social, la política, la economía y en general con la del hombre, del entorno y de la infraestructura productiva. La garantía de esta seguridad requiere tanto de conocimiento técnicos, sensibilidad política como de importantes recursos económicos. Pero este concepto se torna un tanto geopolítico, pues en el pasado y aún más, en la actualidad, el control sobre los recursos naturales constituye un tanto conflictivo y aún más ante la escasez.

La “política ambiental” es la estrategia que se traza por una entidad científica, gubernamental o de otro tipo, para regular las intervenciones en el medio ambiente, de modo tal que se cause el menor efecto y se garantice la vida de estos ecosistemas y la del hombre. Esta política queda reflejada a través de un conjunto de leyes, normas y disposiciones jurídicas que permiten ejercer una acción legal para la protección del medio ambiente.

### **1.3. Variables Hidrológicas.**

Unas de las principales variables del componente del Ciclo Hidrológico que intervienen en este trabajo de investigación son las precipitaciones y el escurrimiento y las restantes variables de este importante ciclo actúan sobre las anteriores ya mencionadas.

#### **1.3.1. Precipitación.**

La relevancia del clima como factor regulador del medio natural y su incidencia sobre el ser humano, tanto de manera poblacional como sobre sus actividades, es innegable. En este sentido, la precipitación, al igual que la temperatura, es uno de los elementos climáticos que más influye sobre la naturaleza y su configuración. Su distribución temporal y espacial condiciona los ciclos agrícolas y forestales, así como el desarrollo de las principales especies vegetales y animales. Esta variable también influye notoriamente sobre la economía y la correspondiente producción de bienes y servicios, especialmente cuando es escasa. (2)

Las Precipitaciones es la parte más importante del ciclo hidrológico llevando agua dulce a la parte emergida de la corteza terrestre y, por ende, favoreciendo la vida en nuestro planeta, tanto de animales como de vegetales, que requieren agua para vivir. La precipitación se genera en las nubes, cuando alcanzan un punto de saturación, en este punto las gotas de agua aumentan de tamaño hasta alcanzar una masa en que se precipitan por la fuerza de gravedad. (2)

Las dimensiones de una cuenca hidrográfica son muy variadas y las precipitaciones también varían. Para tomar en cuenta estas diversidades y conocer el comportamiento de las lluvias, así como su magnitud en tales condiciones, es frecuente que en la misma se instalen varias estaciones pluviométricas.

## Capítulo 1. Estado Del Arte.

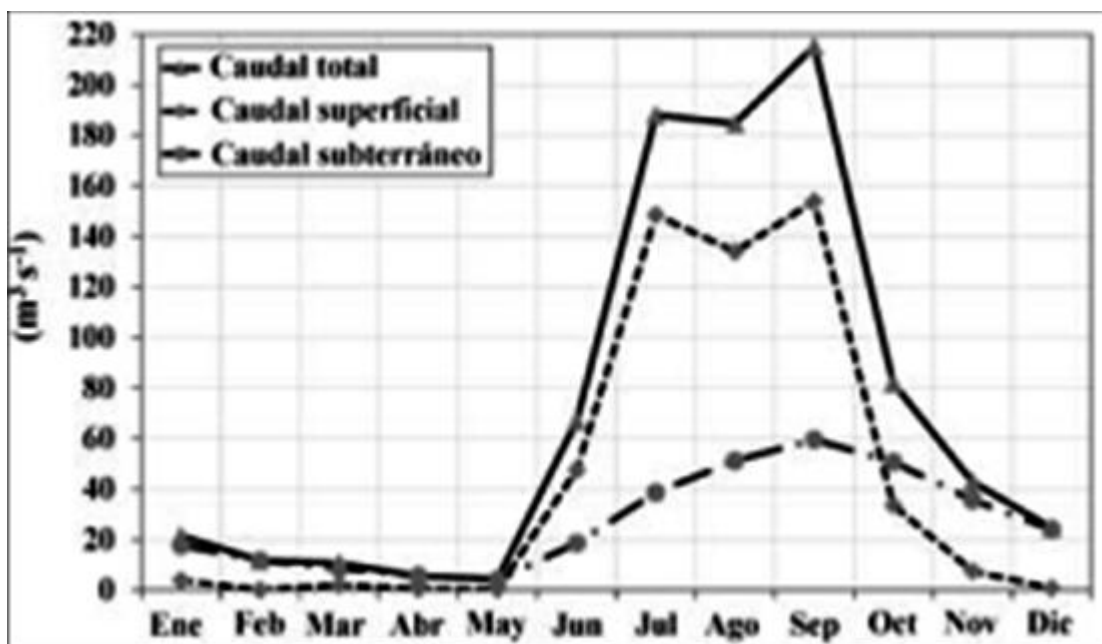
Los métodos más conocidos son: Isoyético, Thiessen, Aritmético y Mapas Isoyético Nacionales. Su uso depende de la disponibilidad de la información con que se cuente.

### 1.3.2. Esgurrimiento Medio.

El esgurrimiento es la parte de la precipitación que aparece en las corrientes fluviales superficiales, perennes, intermitentes o efímeras, y que regresa al mar o a los cuerpos de agua interiores. Dicho de otra manera, es el deslizamiento virgen del agua, que no ha sido afectado por obras artificiales hechas por el hombre. (2)

De acuerdo con las partes de la superficie terrestre en las que se realiza el esgurrimiento, éste se puede dividir en: superficial, subsuperficial y subterráneo. (2)

1. Esgurrimiento superficial. Es la parte del agua que esgurre sobre el suelo y después por los cauces de los ríos.
2. Esgurrimiento subsuperficial. Es la parte del agua que se desliza a través de los horizontes superiores del suelo hacia las corrientes. Una parte de este tipo de esgurrimiento entra rápidamente a formar parte de las corrientes superficiales y a la otra le toma bastante tiempo el unirse a ellas.
3. Esgurrimiento subterráneo. Es aquél que, debido a una profunda percolación del agua infiltrada en el suelo, se lleva a cabo en los mantos subterráneos y que, posteriormente, por lo general, descarga a las corrientes fluviales.





## **Capítulo 1. Estado Del Arte.**

Gráfico 1. Tipos de escurrimientos.

Fuente: Campos Aranda, 1992.

A la parte de la precipitación que contribuye directamente al escurrimiento superficial se le llama precipitación en exceso.

El escurrimiento subterráneo y la parte retardada del escurrimiento subsuperficial constituyen el escurrimiento base de los ríos.

La parte de agua de escurrimiento que entra rápidamente en el cauce de las corrientes es a lo que se llama escurrimiento directo y es igual a la suma del escurrimiento subsuperficial más la precipitación que cae directamente en los cauces.

### **1.3.3 Factores que afectan el escurrimiento.**

Los factores que afectan al escurrimiento se refieren a las características del terreno (cuencas hidrográficas), y se dividen en dos grandes grupos: los climáticos y los relacionados con la fisiografía. (2)

- **Climáticos:**

Son aquéllos que determinan, de la cantidad de agua precipitada, la destinada al escurrimiento. Entre éstos se encuentran la lluvia y otros factores climáticos (temperatura, viento, etc).

Precipitación. Es el elemento climático de más importancia para el escurrimiento, debido a que depende de ella. Varios de los aspectos de este elemento son importantes para el conocimiento del escurrimiento. Dentro de estas se miden: forma de precipitación, intensidad de la precipitación, duración de la precipitación, distribución de la precipitación en el espacio, dirección del movimiento de la precipitación, precipitación antecedente y humedad del suelo.

Otras condiciones del clima. Además de la precipitación existen otros elementos que se deben tomar en cuenta, pues, aunque indirectamente, también afectan al escurrimiento; entre ellos la temperatura, el viento, la presión y la humedad relativa.

- **Fisiográficos:**

Se relacionan por una parte con la forma y características físicas del terreno y por la otra con los canales que forman el sistema fluvial. Entre los factores fisiográficos se tienen los morfométricos, los físicos y la red de drenaje.

Factores morfométricos: Son aquellas particularidades de las formas terrestres que influyen en el agua de la lluvia al caer a la superficie, por la velocidad que adquiere, por los efectos que produce y por el tiempo que tarda en llegar al punto de desagüe. Dentro de estas se miden: superficie, forma, pendiente, orientación, altitud.

## **Capítulo 1. Estado Del Arte.**

Factores físicos: Se refieren a las características físicas del terreno con su estructura y utilización. Dentro de estas se miden: uso y cubierta del suelo, tipo de suelo, geología, topografía.

Red de drenaje: Se refiere a las características de los canales que comprenden el sistema fluvial de la cuenca. Refleja las condiciones del terreno sobre el que se desarrolla. Dentro de estas se miden: densidad hidrográfica, densidad de drenaje, otras características relacionadas con la red de drenaje.

Los métodos a aplicar dependen de sus características morfológicas y de la disponibilidad de la información, en este caso de deben de evaluar por varios métodos de diferentes autores para poder estimar con mayor credibilidad.

## Capítulo 2. Escurrimiento Mínimo.

### CAPITULO 2. ESCURRIMIENTO MINIMO.

#### 2.1 Características de la Cuenca caso estudio Carpintero.

La Cuenca Carpintero se encuentra ubicada en el municipio Santiago de la provincia de Santiago de Cuba, en las siguientes coordenadas N: 145.56 m, E: 618.32 m.

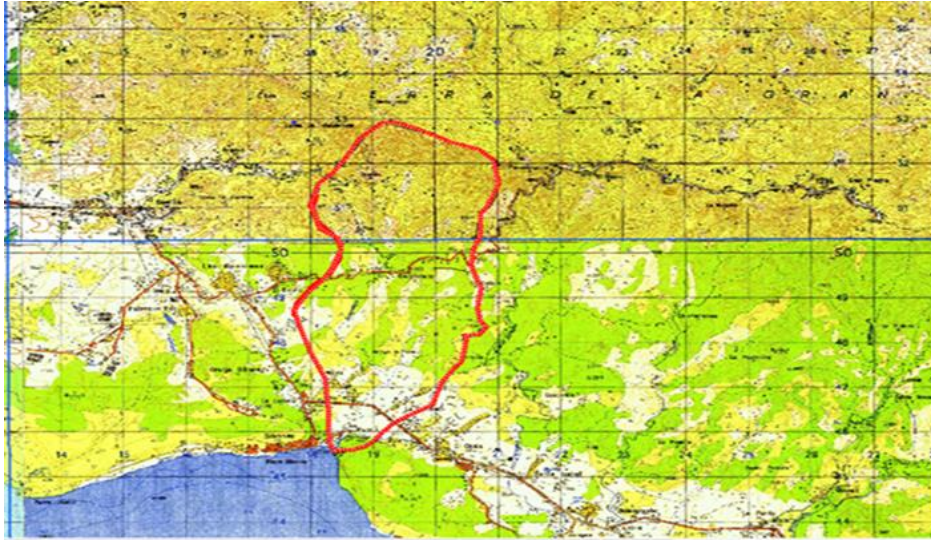


Figura 2.1. Ubicación de la cuenca Carpintero.

Fuente: Propia.

Las precipitaciones son escasas alrededor de los 800 mm, el relieve es abrupto con elevadas y significativas pendientes, el clima seco, las temperaturas son elevadas y el río es de corriente intermitente corre en intensas lluvias.

La cuenca Carpintero es de corriente intermitente donde mayormente corre ante la ocurrencia de intensas lluvias, comprende un área de 16 km<sup>2</sup>, su río principal presenta una longitud de 8.8 Km, la pendiente media de la cuenca (Yc) es de 302 ‰ y pendiente media del río (Yr) es de 72.7 ‰, la altura media es de (Hm) 319 m, su densidad de drenaje (Dd) es de 1.21 km/km<sup>2</sup>, la altura máxima (H1) es de 640 m y desemboca hacia el mar Caribe.

#### 2.2 Procedimiento para determinar las variables hidrológicas.

##### 2.2.1 Precipitación.

De los métodos existentes se recomienda utilizar el mapa Isoyético Nacional, última versión aprobada por el IRNH (1961-2000) (**Figura 2.2**). En esta cuenca no existen Estaciones Pluviométricas, por lo que es necesario utilizar la estación más cercana que en este caso es la Estación Pluviométrica Siboney, la cual es gran utilidad en la determinación de la distribución mensual del escurrimiento.

## Capítulo 2. Escurrimiento Mínimo.

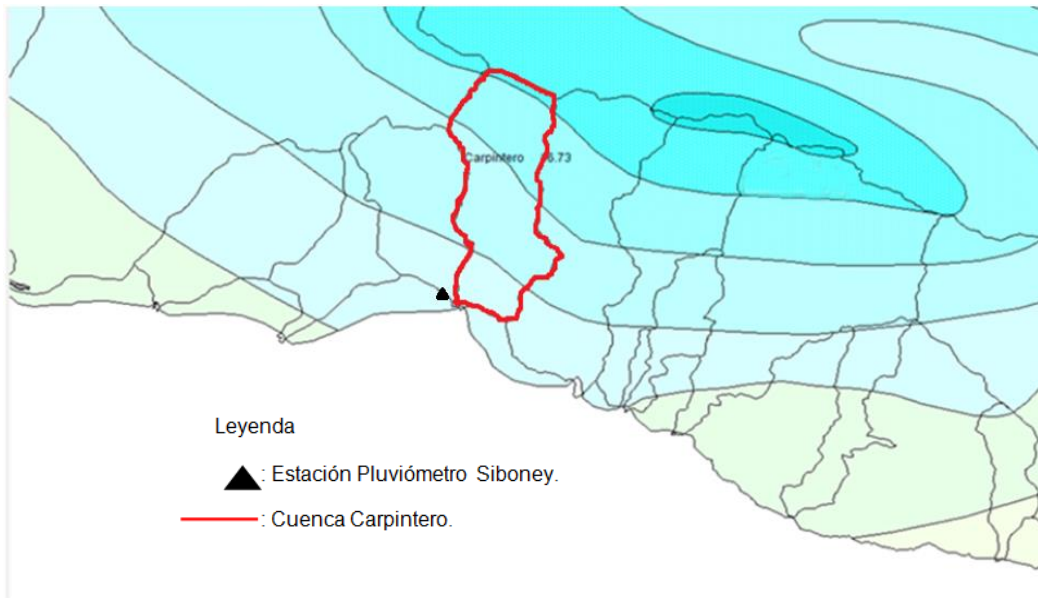


Figura 2.2. Mapa Isoyético Nacional de la Cuenca Carpintero.  
Fuente: Propia.

### 2.2.2 Mapa Isoyético Nacional.

El “Mapa Isoyético de la República de Cuba” versión 1931-2000, confeccionado por el INRH y vigente por la Resolución 4/2006, es el que se emplea en Cuba para determinar las precipitaciones de cualquier área de estudio, es utilizado esencialmente cuando no existen datos observados en un área de estudio y donde existen datos como vía de comprobación y para comparar los resultados por los restantes métodos. Para su uso se superpone la cuenca sobre el mapa Isoyético Nacional, se determinan las áreas entre curvas e Isoyétas, obteniéndose la precipitación media de la cuenca, también una vía rápida es por el centro de gravedad, trazando una recta por el lado más largo y ancho de la cuenca y tomando ese valor.

Vale destacar que la resolución plantea dejar sin efecto las medias históricas correspondientes al Mapa Isoyético de la República de Cuba versión 1931-2000, y poner en vigor la versión 1961-2000 para los estudios de Hidrología aplicada, en la evaluación de los potenciales hídricos del país, la administración y explotación de los recursos hidráulicos, tanto por el sistema Nacional de Recursos Hidráulicos, como por el resto de los organismos, las instituciones y los órganos con responsabilidades en ello.(9)

### 2.2.3 Media Aritmética.

En este estudio se decide emplear el método Aritmético porque en el área de estudio no existe ninguna Estación Pluviométrica pero es necesario conocer la distribución porcentual de ellas, para escoger el menor que se empleará en la expresión del Gasto Mínimo, por lo que evidentemente se localiza el

## Capítulo 2. Ecurrimiento Mínimo.

pluviómetro más cercano que en este caso es la Estación Pluviométrica Siboney a la cual se le realiza el procesamiento estadístico hidrológico para determinar su homogeneidad.

Este método es el más simple para obtener la precipitación media sobre un área, efectuando un promedio aritmético de las cantidades de lluvia medidas en dicha área. (2)

Ventajas:

1. Método de simple uso.
2. Rinde buenos resultados en terrenos montañosos, si la red de pluviómetros es densa y uniforme.
3. Se puede adaptar al procesamiento automático de datos.
4. Rinde resultados consistentes cuando los cálculos son realizados por diferente personal.

Desventajas:

1. Conduce a malos resultados si los pluviómetros son pocos y están mal distribuidos.
2. Los pluviómetros localizados fuera de la cuenca son difíciles de tomar en cuenta.
3. Requiere una red densa para alcanzar la misma precisión de otros métodos.

La expresión utilizada por este método para el cálculo de las precipitaciones medias en una cuenca es:

$$P = \frac{\sum_{i=1}^n P_i}{n}$$

Donde  $P_i$  es la precipitación puntual en la estación  $i$  y  $n$  el número de estaciones dentro de los límites de la cuenca en estudio. Como se aprecia, es simplemente un promedio de las precipitaciones registradas en las distintas estaciones consideradas dentro de la cuenca.

## Capítulo 2. Esguerrimiento Mínimo.

Para obtener el esguerrimiento mínimo se necesitan obtener el valor mínimo porcentual del mes en el año, por lo que se inicia con el análisis de las precipitaciones el cual se apoya del siguiente flujograma. **(Figura 2.3)** (2), Seguidamente el esguerrimiento medio y finalmente el esguerrimiento mínimo.

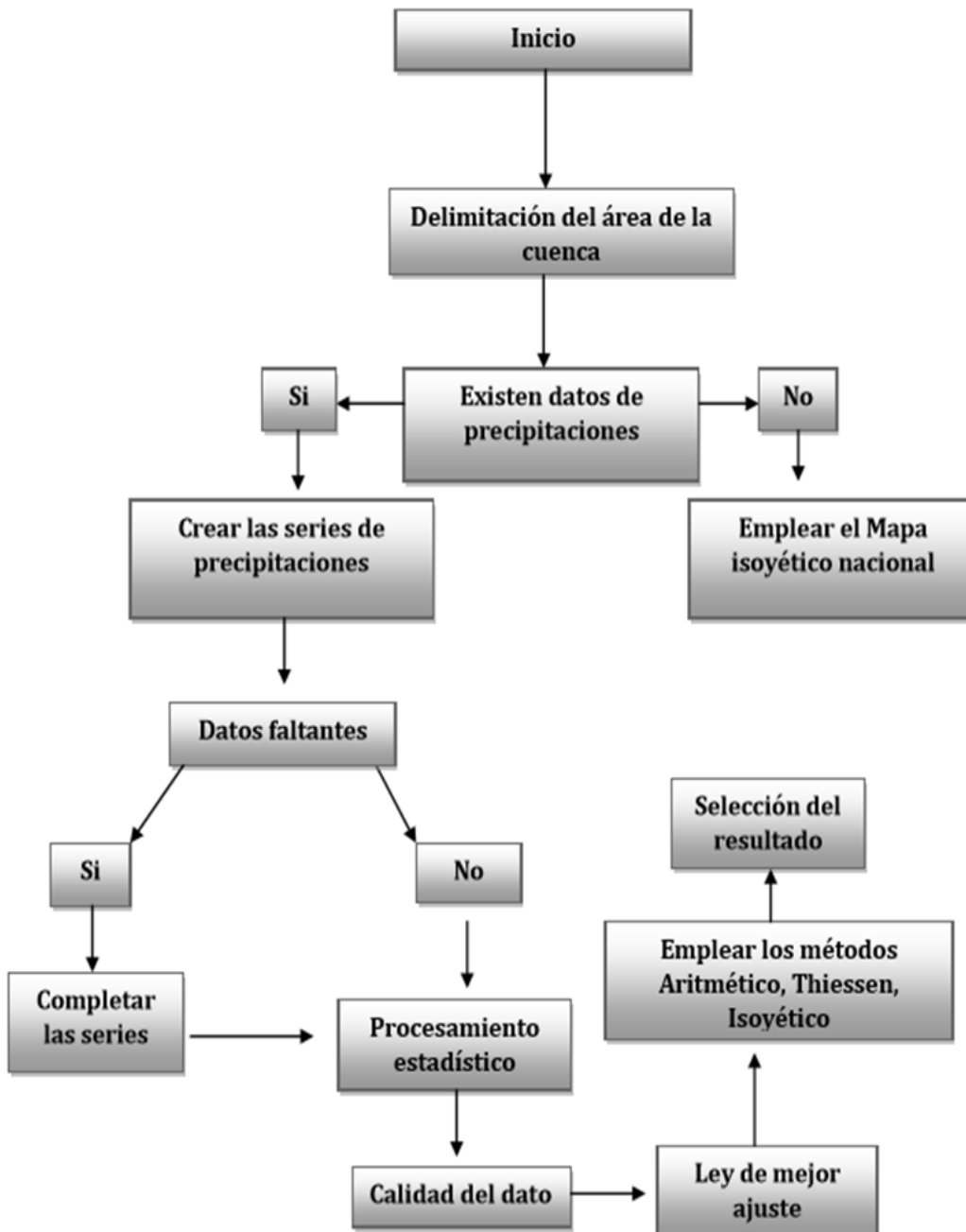


Figura 2.3. Flujograma para el cálculo de las precipitaciones.  
Fuente: Campo 1992.

## Capítulo 2. Escurrimiento Mínimo.

Los datos faltantes en los registros diarios de lluvia son muy frecuentes y se deben a diversas causas. Por ejemplo, debido a desperfectos en el equipo de mediciones, por enfermedad o sustitución del encargado de las observaciones, por interrupciones debidas a limitaciones presupuestales, etcétera (González, 2000). Para reconstruir estos datos, ya sean diarios o mensuales, se utilizan métodos que, por lo general, estiman los datos basándose en los registros de estaciones cercanas. Campos (1992) expone y ejemplifica los siguientes: (9)

- Método del U.S. National Weather Service.
- Método Racional Deductivo.

El Método del U.S. National Weather Service, ha sido verificado tanto teórica como empíricamente, considera que el dato faltante en una cierta estación A, puede ser estimado en base a los datos observados en las estaciones circundantes. El método puede ser aplicado para estimar valores diarios, mensuales o anuales faltantes.

Considera que el dato faltante en una cierta estación, puede ser estimado sobre la base de los datos observados en las estaciones circundantes. El método puede ser aplicado para estimar valores diarios, mensuales o anuales faltantes.

Este consiste en ponderar los valores observados en una cantidad W, igual al recíproco del cuadrado de la distancia D entre cada estación vecina y la estación analizada. La lluvia investigada Px será igual a:

$$P_x = \frac{\sum(P_i \cdot W_i)}{\sum W_i}$$

Dónde:

P<sub>i</sub>= La precipitación observada para la fecha de la faltante en las estaciones auxiliares circundantes (pueden ser como mínimo 2), en milímetros.

$$W_i = \frac{1}{D_i^2}$$

W<sub>i</sub> = la distancia entre cada estación circundante y la estación incompleta, en Km.

## Capítulo 2. Escurrimiento Mínimo.

### Calidad del dato.

Es imprescindible conocer la calidad de los datos, por lo que las series son sometidas a pruebas de homogeneidad, No Paramétricas (Helmert, Secuencias, Mann- Whitney) y Paramétricas (T Student, Cramer, R. Fisher). A través de estas pruebas se demuestra si todas las muestras pertenecen a una misma población, usualmente se considera al 5% de nivel de significación. Una diferencia de las hipótesis paramétricas resulta del hecho de que están condicionadas para evaluar un determinado parámetro: media o varianza, suponiéndose conocidos los restantes parámetros. No obstante, estos criterios tienen una mayor potencia ya que utilizan de una forma más completa la información que se tiene de las series iniciales de observación. En aquellos casos donde es dudosa la suposición de la normalidad, es posible aplicar técnicas opcionales basadas en suposiciones menos rígidas las cuales se conocen como pruebas no paramétricas. Al comprobarse las hipótesis no paramétricas, no se realiza ninguna suposición sobre un determinado tipo de distribución. (9)

La prueba de t de Student se basa en la diferencia entre los valores medios muestrales, por lo que resulta muy potente para detectar la no homogeneidad de un registro debido a un cambio brusco en la media, y se recomienda usarla para una distribución normal, cuando las longitudes de las subseries que se comparan, sean similares. Su formulación y aplicación se detalla por González (2000) y Campos (1992).

La prueba de R. Fisher se fundamenta en la comparación de las varianzas de dos subseries, por medio de pruebas de hipótesis de nulidad. El criterio Fisher plantea un estadígrafo "F" que relaciona la varianza de la subserie (A) con la varianza de la subserie (B) (complementaria). Estas subseries se asumen que están distribuidas normalmente, lo cual es una restricción, por lo que su efectividad disminuye con la asimetría. No obstante, cuando la asimetría de las series es pequeña, el criterio Fisher puede aplicarse. El valor de "F" no debe ser menor que uno. Su formulación y aplicación se detalla por González (2000).

Cramer algunas veces puede ser más conveniente comparar la media de toda la serie con la media de una cierta parte del registro, para investigar la homogeneidad de una serie. Para tal propósito, la prueba de Cramer es bastante útil pues es una prueba complementaria de la "t" de *student*, ya que esta última solo es recomendable cuando el número de datos de las subseries analizadas son parecidos.

La prueba de Secuencias esta prueba es bastante común y muy sensitiva, consiste en contar el número de secuencias (v) arriba o bajo la mediana. En el caso en que la serie de valores sea impar la mediana se obtiene ordenando los valores de la serie y seleccionando el valor central, si fuera par se calcula la

28



## *Capítulo 2. Escurrimiento Mínimo.*

media aritmética de los dos valores centrales. Cuando la serie son muy grandes puede utilizarse la media en lugar de la mediana.

Mann-Whitney se utiliza para probar si dos grupos independientes han sido tomados de la misma población. Es una de las pruebas no paramétricas más potentes y constituye la alternativa más útil ante la prueba paramétrica t cuando se desea evitar las suposiciones que esta exige.

Helmer es bastante sencilla y consiste en analizar el signo de las desviaciones de cada elemento que compone la serie con relación al valor medio. Se puede decir que existe una secuencia cuando a cada desviación le sigue otra de igual signo, si le sucediera otra de signo contrario lo que se crea es un cambio indicándose por S y C respectivamente. (2)

### **Distribución teórica o bondad de ajuste.**

En la práctica hidrológica el ajustar series anuales a leyes de probabilidad lo cual también se denomina análisis de frecuencia, constituye una tarea común para los especialistas de este campo (González, 1996).

Se trata de ajustar a la serie de los valores medios de cualquier variable hidrológica una función que la represente. Existen numerosas leyes de distribución que se ajustan más o menos de modo aceptable a las distribuciones de frecuencia obtenidas de muestra de la población. En este trabajo no se describen las leyes de distribución teóricas. Entre las leyes más conocidas se encuentran: la Distribución Normal o de Gauss – Laplace, Distribución Logarítmica Normal Biparamétrica, Distribución Normal Triparamétrica o de Johnson S.L., Distribución Logarítmica de Pearson tipo III. En este caso se emplea el software Smirnov – Kolmogorov resultando ser la de mejor ajuste Distribución Teórica Pearson tipo III con  $C_s = 2C_v$ . (9)

Finalmente este análisis estadístico permite obtener la distribución mensual de la precipitación la cual con el menor valor de la distribución mensual es el que se va a emplear para determinar el valor del escurrimiento mínimo. (9)

### **2.3 Escurrimiento Medio.**

El uso o empleo de los métodos está en dependencia de la disponibilidad de información y ubicación, ellos son; Mapa de Isolneas de escurrimiento, I Variante de J.L Batista, II Variante de J.L Batista, III Variante de J.L Batista, Transporte de Información Hidrométrica, Analogía Fundora, Balance Hídrico, Nadir Fernández, Coutagne, Fórmula Clásica y de Simulación.

Se recomiendan por su gran uso nacional e internacional: Analogía, Fórmula Clásica y II Variante del Ing José Luis Batista, aunque en este caso se sugiere aplicar el método de Analogía con la estación Hidrométrica Trucucú- Baconao

## Capítulo 2. Esgurrimiento Mínimo.

por encontrarse muy próxima al área de estudio. A continuación se muestran sus expresiones:

- Fórmula Clásica.

$$W = \frac{C * P * A}{1000}$$

Dónde:

W: esgurrimiento medio en hm<sup>3</sup>.

C: Coeficiente de esgurrimiento, es un valor adimensional.

P: Precipitación media de la cuenca en mm.

A: área de la cuenca en Km<sup>2</sup>.

- II Variante de José Luis Batista.

$$U_0 (Y_0) = f [0.897 U_1 (P_0)]$$

Dónde:

Y<sub>0</sub>—Lámina del esgurrimiento medio anual.

P<sub>0</sub>—Lluvia media hiperanual.

U<sub>0</sub> y U<sub>1</sub>—Variables normalizadas de la lámina de esgurrimiento y de la lluvia respectivamente.

- Analogía.

$$M_0 = M_a * P_a / P_0$$

Dónde:

M<sub>0</sub>; Módulo del esgurrimiento l/sKm<sup>2</sup>.

P<sub>a</sub> y P<sub>0</sub>: Precipitación de la estación análogo y precipitación de la cuenca en estudio mm.

### 2.4 Esgurrimiento mínimo.

El esgurrimiento mínimo es el menor esgurrimiento que pueden tener los ríos durante el estiaje, es decir los períodos del ciclo interanual con poca acuosidad, definiendo esta última por una brusca reducción de la afluencia del agua desde el área recolectora. (1)

El cálculo de esgurrimiento mínimo comprende ante todo la determinación del gasto medio en 30 días con el mínimo esgurrimiento, el gasto mínimo diario y la duración de los períodos durante los cuales no hay esgurrimiento en los ríos que se secan. (1)

## Capítulo 2. Esgurrimiento Mínimo.

Los resultados del cálculo del esgurrimiento son necesarios para tener un total conocimiento del régimen de los ríos y también para poderlo utilizarlos en su régimen natural o con poca regulación del esgurrimiento (ejemplo, en el caso de existir pequeños pozos para levantar en nivel del agua). (1)

Debido a que en Cuba predominan los ríos pequeños la magnitud de la alimentación freática y por ende el esgurrimiento mínimo tiene un carácter inestable dependiendo del esgurrimiento más de los factores locales que de las condiciones climáticas zonales. (1)

Por eso el esgurrimiento mínimo de los ríos pequeños es uno de los elementos más difíciles de determinar requiriéndose para ello las observaciones de régimen fluvial, los informes sobre las condiciones de formación del esgurrimiento mínimo y variación de su magnitud en espacio y tiempo. (1)

El Esgurrimiento Mínimo se determina por varias expresiones regionalizadas, (Región Occidental, Central y Oriental). (1)

- Para los ríos de la Región Occidental :

$$\bar{M}_o(U_o) = f_o \left[ 0.198 * U_1 \left( \bar{M}_a \right) + 0.534 * U_2(H_m) \right]$$

- Para los ríos de la Región Central:

$$\bar{M}_o(U_o) = f_o \left[ 0.312 * U_1 \left( \bar{M}_a \right) + 0.560 * U_2(Y_1) \right]$$

- Para los ríos de la Región Oriental, en este caso se utilizará la siguiente expresión:

$$\bar{M}_o(U_o) = f_o \left[ 0.772 * U_1 \left( \bar{M}_a \right) + 0.204 * U_2(H_1) \right]$$

Dónde:

$\bar{M}_o$  – Módulo promedio de todos los esgurrimientos para el período de 30 días en L/s.Km<sup>2</sup>.

$\bar{M}_a$  - Módulo del esgurrimiento mínimo anual en L/s.Km<sup>2</sup>.

$H_m$  – Altura media de la cuenca en msnm.  $Y_1$ - Pendiente media de la cuenca en ‰.

$U_o, U_1, U_2$ - Variables normalizadas del esgurrimiento, la altura media de la cuenca y la pendiente media de la cuenca.

Otra de las expresiones más utilizadas en Cuba, es la siguiente:

## Capítulo 2. Escurrimiento Mínimo.

$$Q = \frac{a * Q_{P\%}^- * 12}{100} \quad (m^3/s)$$

Dónde:

a : Valor Mínimo porcentual de la distribución de las precipitaciones .

$\bar{Q}_{P\%}$  : Escurrimiento medio para la probabilidad deseada.

12: Conversión.

### 2.5 Sequía.

La sequía es una anomalía climatológica transitoria en la que la disponibilidad de agua se sitúa por debajo de lo habitual de un área geográfica. El agua no es suficiente para abastecer las necesidades de las plantas, los animales y los humanos que viven en dicho lugar. (16)

La causa principal de toda sequía es la falta de lluvias o precipitaciones, este fenómeno se denomina sequía meteorológica y si perdura, deriva en una sequía hidrológica caracterizada por la desigualdad entre la disponibilidad natural de agua y las demandas naturales de agua. En casos extremos se puede llegar a la aridez.

Cuando persiste la sequía, las condiciones circundantes empeoran gradualmente y su impacto en la población local se incrementa. Se tiende a definir la sequía en tres formas principales: (16)

- 1- La sequía meteorológica se produce cuando ocurre un período prolongado con menos precipitación que la media. La sequía meteorológica suele preceder a las otras formas de sequía.
- 2- La sequía agrícola es la que afecta a la producción de cultivos o la ecología del área biogeográfica. Esta condición también puede surgir independientemente de cualquier cambio en los niveles de precipitación, cuando las condiciones del suelo y la erosión provocada por actividades agrícolas mal planificadas causan un déficit en el agua disponible para los cultivos. Sin embargo, por lo general una sequía agrícola tradicional es causada por un período prolongado en la cual la precipitación cae debajo del promedio.
- 3- La sequía hidrológica se produce cuando las reservas de agua disponibles en fuentes como acuíferos, ríos, lagos y presas caen por debajo de la media estadística. La sequía hidrológica tiende a aparecer más lentamente porque se trata de agua almacenada que se utiliza pero no se repone. Aunque una sequía hidrológica suele ser provocada por una precipitación deficiente, también pueden tener otras causas.

## Capítulo 2. Esgurrimiento Mínimo.

La sequía impacta de diferentes formas; pudiendo ser directas e indirectas, simples o acumulativas, inmediatas o tardías, algunas afectan de forma permanente a grandes extensiones, otras en forma semipermanentes y algunas en forma aislada.

Los impactos fundamentales que se producen como consecuencia de la ocurrencia de una sequía son del tipo económico, social y ambiental. (16)

Impactos Económicos:

- Entre los impactos económicos, los primeros, sin duda, son los daños causados por la sequía sobre la agricultura, es la primera y la más expuesta a los daños de la sequía, por lo que es tratada con preferencia, especialmente en aquellos países en los que las sequías son más frecuentes. Por lo que un detallado análisis puede ayudarnos a descubrir las diferencias entre las especies y variedades de las plantas cultivadas utilizadas, así como su capacidad de tolerancia a la falta de agua y la duración de sus períodos vegetativos, como características importantes para reducir los daños. Así mismo es necesario estudiar el efecto del cultivo precedente en la rotación, y determinar cuáles han sido las plantas mejores y las mejores rotaciones en la región, de manera que se puedan reducir sensiblemente los daños de la sequía.
- En las plantaciones forestales, la sequía es el factor más importante de los daños que sufren estas especies, aun cuando, tales efectos perjudiciales no aparecen tan patentes para la población como en el caso de la producción agrícola. Al mismo tiempo, los bosques juegan un papel muy importante en la ecología mundial y, por ello, el destino de los bosques y de las plantaciones de árboles es de vital importancia para la vida humana de una determinada región, y para el mundo entero. Por este motivo, la estimación de los impactos de la sequía sobre los bosques existentes y la evaluación de los daños deben realizarse dentro de un marco de estrategias contra la sequía de ámbito nacional o regional.
- En el caso de las sequías hay que prestar una atención especial a los incendios forestales por la gran magnitud de pérdidas económicas y ecológicas que pueden acarrear. En algunas áreas se considera que el principal factor de defoliación es un periodo prolongado de sequía, aunque también existe una relación entre la frecuencia de estas y la contaminación del aire. En las zonas en donde la contaminación es menor, la resistencia de los árboles contra la sequía es mayor, mientras que en aquellas otras en las que la concentración de partículas contaminantes en el aire es más elevada, los efectos de la sequía también se intensifican.

## Capítulo 2. Esgurrimiento Mínimo.

- Los impactos de la sequía sobre la ganadería pueden ser directos o indirectos. Los animales sufren por las temperaturas altas continuadas y por la falta de agua, pero no será la misma la respuesta de éstos a las sequías prolongadas que la respuesta de las plantas, en sus diversas especies y variedades. Los principales efectos indirectos se ven reflejados en la escasez de pienso, que afecta al estado de salud de los animales y tiene un gran impacto en la producción ganadera y en el valor económico de la ganadería en general.
- La sequía también tiene efectos negativos directos en la gestión del agua. La escasez de agua prolongada influye directamente en los recursos hídricos de una región, altera las condiciones de equilibrio del agua y crea situaciones difíciles para cualquier tipo de abastecimiento de agua; por tanto, es importante estimar exactamente los recursos hídricos superficiales y subterráneos de una determinada región, los posibles cambios de estos recursos, y calcular los balances de agua en diferentes condiciones climáticas e hidrológicas.

### Impactos Sociales:

- Los impactos sociales de la sequía no siempre son tenidos en cuenta en toda su magnitud; a pesar de tener una relación muy cercana con el ser humano, provocando en ocasiones efectos extremadamente sensibles como: los impactos sobre la salud pública, sobre el empleo, sobre la política y los asuntos exteriores. En todos estos campos la sociedad se ve profundamente involucrada y tiene el máximo interés en que se prevengan los efectos negativos.
- Durante la sequía, se puede observar un incremento de las enfermedades, alergias e infecciones respiratorias; estas últimas se deben al incremento de contaminación del aire por el polvo procedente de una mayor erosión eólica. La sequía produce un efecto de disminución de la capacidad de soporte socioeconómico de una zona, debido a la cual, la tasa de desempleo puede elevarse, y el nivel general de vida de la población puede reducirse, lo que es especialmente peligroso para zonas desfavorecidas.
- Los impactos sociales involucran seguridad pública, reducida calidad de vida, y desigualdades en la distribución de impactos y ayuda de desastres.

### Impactos Ambientales:

- Uno de los efectos más perjudiciales y peligrosos de la sequía se refleja en el medio ambiente, en los recursos naturales, hábitat y ecosistemas. El problema requiere una gran atención porque la sociedad casi no

## Capítulo 2. Esgurrimiento Mínimo.

puede hacer nada para reparar los daños causados en los ecosistemas que ya han sido perjudicados o que, incluso, están muertos. Por lo tanto, la única medida eficaz para estos casos es la debida protección de los recursos naturales, especialmente en áreas sensibles desde el punto de vista medioambiental.

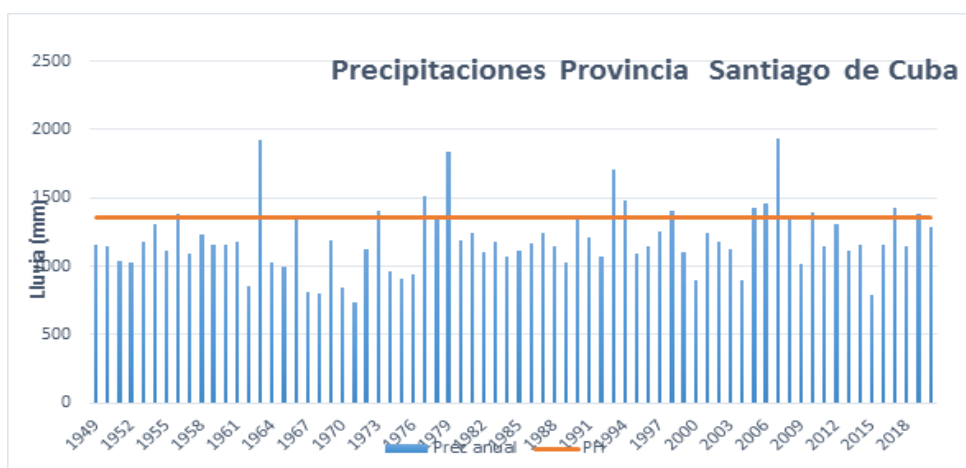
- El hábitat silvestre puede ser degradado a través de la pérdida de humedales, lagos y vegetación. Sin embargo, muchas especies eventualmente se recuperan de esta aberración temporal. La degradación de la calidad del paisaje, incluyendo la erosión creciente del suelo, puede conducir a pérdida más permanente de productividad biológica.
- Provoca daños a las especies como, reducción y degradación del hábitat de la fauna y de los peces, migración y concentración de la fauna, pérdida de biodiversidad.
- Provoca efectos hidrológicos como, niveles bajos de agua en reservorios, lagos y charcas, flujo reducido de los manantiales, disminución de las aguas subterráneas, y serios efectos en la calidad de las aguas.

El cambio climático está aumentando las temperaturas y alterando los regímenes pluviométricos, lo que incrementa la frecuencia, la gravedad y la duración de las sequías en muchas regiones. A medida que el mundo avanza hacia un calentamiento de 2 °C, es necesario tomar medidas urgentes para comprender mejor y gestionar con mayor eficacia el riesgo de sequía, con el fin de reducir las devastadoras pérdidas de vidas humanas y medios de subsistencia que conlleva.

### 2.6 Sequía en la Provincia Santiago de Cuba.

La sequía es una ausencia de precipitación que provocan disminuciones de agua en los causes y embalses, entre las sequías más importantes se encuentran: antes del 3 de mayo de 1982, antes del 29 de septiembre del 2002, durante el año 2004, primer trimestre del 2005, noviembre y diciembre del 2005, 2009, 2011, 2013 y 2014, dando a demostrar que los meses de pocas precipitaciones o secos son los comprendidos en los meses de Noviembre a Abril. **(Gráfico 1)** (6)

## Capítulo 2. Esgurrimiento Mínimo.



**Gráfico 1. Comportamiento de las precipitaciones en la provincia Santiago de Cuba.**  
Fuente: Análisis de las Precipitaciones en Santiago de Cuba, Durand, MT.2020.

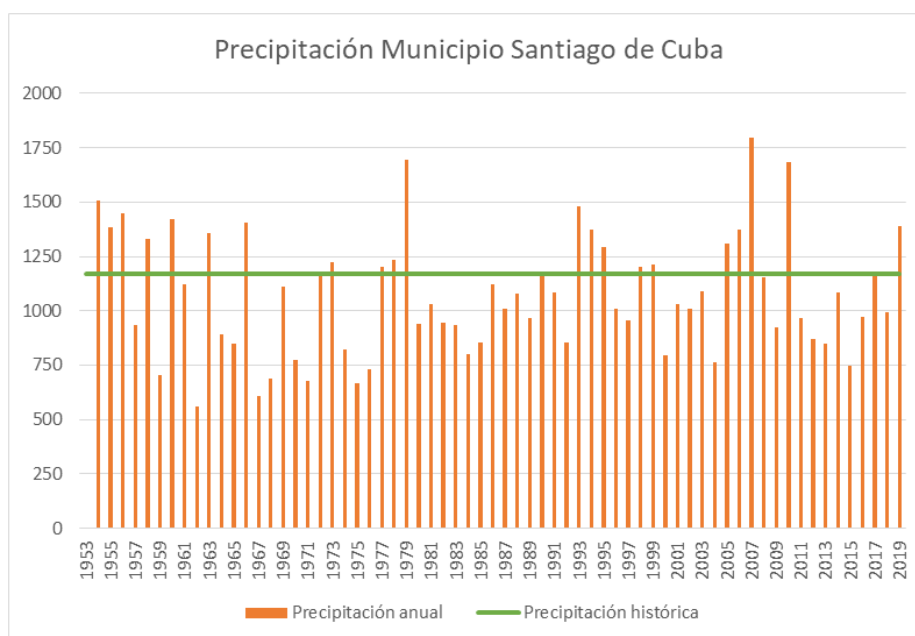
Como se muestra en el Gráfico 1 se observan el comportamiento de las precipitaciones en la provincia Santiago de Cuba para un periodo de 71 años (1949-2020), el promedio histórico es de 1353 mm, de ellos, 57 años se encuentran por debajo del promedio histórico para un 80, 2 %, solo 14 superan dicho promedio. Esto indica que la provincia históricamente tiene un déficit de precipitación. Los más secos son: 1962, 1967, 1968, 1970, 2000, 2004, 2014. (6)

La cuenca de estudio Carpintero se ubica en la zona costera del municipio Santiago de Cuba con 1168 mm como valor promedio que es con el que se evalúa la cuenca de estudio. (6)

Como se observan (**Gráfico 2**) existen 44 años por debajo de su promedio histórico que representa un 66,6%, es necesario aclarar que esta cuenca se encuentra en una zona de muy baja precipitación por su ubicación geográfica. Destacar que los años más críticos son: 1959, 1962, 1967, 1968, 1975, 1976, 2004, 2015, que se encuentran por debajo de los 750 mm de lluvia como valor promedio hiperanual.



## Capítulo 2. Escurrimiento Mínimo.



**Gráfico 2. Precipitaciones en el municipio Santiago de Cuba.**  
Fuente: Durand, MT.

### 2.7 Gobernanza y Gestión Ambiental.

Los efectos y los factores que impulsan la sequía pueden perturbar las actividades cotidianas de gobernanza y poner a prueba los acuerdos institucionales para asignar y gestionar los recursos escasos. Los estudios de casos demuestran que la sequía estimula la actividad normativa, de modo que surgen ciclos de formulación, examen y reestructuración de políticas. Aunque hay buenos ejemplos en algunas partes del mundo, muchos países se han visto desbordados por la duración y la complejidad de sequías de carácter grave y, en la actualidad, las medidas son únicamente reactivas. Cabe destacar que casi todos los estudios de casos señalan la necesidad de contar con políticas nacionales en materia de sequía para apoyar la reducción del riesgo de sequía y evitar los modelos reactivos predominantes. (11)

La gobernanza y la gestión de los riesgos de la sequía requieren actuar de manera integrada en los tres componentes del riesgo: amenaza, grado de exposición y vulnerabilidad. Para gestionar esta complejidad se precisan enfoques transdisciplinarios e integrales, los cuales suelen implicar el establecimiento de redes y asociaciones entre diferentes disciplinas científicas, responsables de políticas, profesionales y ciudadanos, que se adapten a las necesidades específicas de los usuarios y se diseñen conjuntamente con ellos. (11)

## *Capítulo 2. Esgurrimiento Mínimo.*

A nivel nacional, una gobernanza eficaz requiere:

- Políticas y directivas para la reducción de los riesgos de la sequía, la adaptación al cambio climático y su mitigación que estén integradas en los planes locales de desarrollo.
- Información e incentivos para que los organismos públicos compartan la responsabilidad de la sostenibilidad en todas las carteras.
- Refuerzo, ampliación y extensión de las medidas reglamentarias y los incentivos existentes, como promover prácticas de ahorro de agua, aplicar gestiones sostenibles de la tierra y del agua, y la protección ambiental.
- Aprovechamiento del impulso de las políticas internacionales para dirigir la atención y los recursos nacionales a la reducción de los riesgos de desastres relacionados con el clima, y, en concreto, a las medidas de prevención de riesgos.
- Creación de centros de excelencia en los que se puedan reunir recursos y capacidades de carácter técnico sobre la sequía.

Luego de realizarse esta investigación el Consejo Municipal de Cuencas Hidrográficas deberá contar con el diagnóstico general de la cuenca de estudio y crear un plan de acción a corto, mediano y largo plazo para enfrentar la sequía.

*Conclusiones*

## *Conclusiones*

### Conclusiones

- Se muestra la secuencia de las variables hidrológicas a determinar en cuencas que carecen de información.
- Aglutina una guía de cómo obtener los escurrimientos mínimos que permita evaluar la sequía en una cuenca y su vinculación con la gobernanza ambiental.
- Es el punto de partida para continuar los trabajos para el proyecto “Gobernanza adaptativa al cambio climático en municipios costeros de Cuba”.

*Recomendaciones*

## *Recomendaciones*

### Recomendaciones

- Instalar una Estación Pluviométrica en el área de estudio.
- Llevar a la práctica el proceso teórico de cálculo propuesto en esta investigación.
- Hacer un diagnóstico o evaluación de la cuenca para el enfrentamiento de la sequía.

# *Bibliografia*

## Bibliografía

### Bibliografía

1. Antropov K, V. "Esguerrimiento Mímodo de los ríos y su cálculo".
2. Campos Aranda, DF. " Procesos del Ciclo Hidrológico", 1992.
3. Cassio M, E. y Sánchez O, E. "Gobernanza ambiental para el desarrollo sostenible de la cuenca de Santiaguillo Durango", mayo 2018.
4. Castro, F; Hogenboom, B y Baud, M - Gobernanza ambiental en América Latina", 2015.
5. Durand, MT. "Actualización del potencial hídrico de la Provincia Stgo de Cuba. Revista Voluntad Hidráulica". Revista indexada en latindex. Grupo II, Julio-septiembre ,2017/No.121/ISSN 0505-9461, La Habana.
6. Durand, MT. "La Sequía en Santiago de Cuba periodo de 1949-2020", 2020.
7. Luciano L, WR. "Gobernanza ambiental en la cuenca alta de la presa de Sabana Yegua, República Dominicana", 2010.
8. Machado Ferrer, L; Galbán Rodríguez, L y Durand Silveira, MT. "Experiencias Cubanas en la aplicación de Sistemas de Gestión Ambiental integrada en cuencas hidrográficas". Santiago de Cuba.
9. Mansfarroll C, G. "Cálculo de las Precipitaciones Media en una Cuenca, caso de estudio, la Estación Hidrométrica Las Coloradas", Universidad de Oriente. Trabajo de Diploma, 2016.
10. Muriel F, DR. "Ideas Sostenible, Espacio de reflexión y comunicación en desarrollo Sostenible, Gestión Ambiental". Año 3 N°.13 enero del 2006.
11. Oficina de Naciones Unidas para la reducción de riesgo de desastres. "Informe especial sobre sequía 2021",2021.
12. Oficina de Naciones Unidas. "Informe de políticas de ONU-AGUA sobre el Cambio Climático y el Agua", 2019.
13. Peña A, Y; Moreno P, M y Steffanell- De León, I; "La gestión ambiental De la cuenca Del río Magdalena Desde un enfoque socialmente responsable", 2015.
14. Peña A, Y; Moreno P, M y Steffanell- De León, I; "Modelo para dinamizar la gestión ambiental en cuencas con enfoque socialmente responsable", 2015.
15. Sitio Web <https://www.ecologiaverde.com/> . Gestión Ambiental. (Consultado 04 /8/2021).
16. Sitio Web. <https://bmeditores.mx/ganaderia/impactos-de-las-sequias/>. Impactos de la sequía. (Consultado el 04/8/2021).
17. Valverde G, A " La gobernanza ambiental como enfoque para la cogestión adaptativa", 2016.