



**Facultad de construcciones  
Departamento de ingeniería Hidráulica**

# **Trabajo de diploma**

## **Titulo**

**Determinación del área de inundación y el  
tiempo de retardo de embalses de la provincia  
Granma y posibles afectaciones**

**Autor:** Ernesto Javier La Rosa Escalona

**Tutores:** Ing. Javier Pérez Argelí. DRH Granma

MSc. Rafael Pacheco Moya

**Julio. 2020**



---

# DEDICATORIA

---



Mamá y papá: Por todo tu tiempo, tu esfuerzo, tu preocupación, por todo lo que has significado para mí, por la imposibilidad de que te rindas.



---

# AGRADECIMIENTOS

---



A mis amigos, a mis tutores Javier Argelí y Rafael pacheco y a todos los profesores que de alguna manera han contribuido a mi formación académica y personal.



---

# RESUMEN

---



El presente trabajo está encaminado al estudio del movimiento del agua en el tiempo por un cauce ya sea natural o no, es decir al cálculo del tiempo de retardo y el área de inundación por vertimiento máximos de embalses o rotura del dique, para ello se utilizaron diversas bibliografías de autores que han aportado sobre el tema, donde el tiempo de retardo se calculó finalmente por la fórmula de Alexeev. Se determinó el área de inundación en lo cual se hacen varias aclaraciones específicas de la provincia. El tiempo de retardo en cuencas pequeñas como las nuestras y de pendiente fuerte puede igualarse al tiempo de concentración, en ocasiones se toma 0.6 veces. Mientras mayor sea el volumen de agua menos tiempo necesita para recorrer una distancia dada.



---

# ABSTRACT

---



The present work is aimed at studying the movement of water over time through a channel, whether natural or not, that is, the delay time and the area of flooding due to maximum dumping of reservoirs or breakage of the dam, for which various bibliographies were used. from authors who have contributed on the subject, where the delay time was finally calculated by Alexeev's formula. The flood area was determined, in which several specific clarifications of the province are made. The delay time in small basins like ours and with a steep slope can be equalized to the concentration time, on occasions it is taken 0.6 times. The greater the volume of water, the less time you need to travel a given distance.



---

# ÍNDICE

---



## Índice:

<b>Introducción</b>	<b>13</b>
1- Argumentación	14
2- Situación problemática:	14
3- Problema de investigación	14
4- Objeto de la investigación:	14
5- Campo de acción:	14
6- Objetivo general:	14
7- Hipótesis:	14
1-Revisión bibliográfica	16
1.1-Algunos Conceptos	16
1.2-Procedimientos metodológicos.	17
1.2.1-Altura sobre el nivel del mar.	18
1.2.2-Pendiente del terreno.	18
1.2.3-Tipos de suelos.	19
1.2.4-Litología.	19
1.2.5-Precipitaciones máximas diarias.	20
1.3-Evaluación del Peligro y la Vulnerabilidad ante inundaciones pluviales.	21
1.3.1-Peligro.	21
1.3.2-Vulnerabilidad	24
2-Materiales y Métodos	28
2.1-Descripción general de la cuenca	28
2.1.2-Ubicación geográfica de la cuenca hidrográfica Río Cauto	28
2.1.3-Información básica de la cuenca hidrográfica Cauto	29
2.1.4-Características principales del río principal y sus afluentes	29
2.1.5-Características de los cierres hidrométricos	30
2.1.6-Infraestructura hidráulica de la cuenca	31
2.1.7-Superficie geográfica por provincia que abarca la cuenca	31
2.1.8-Distribución poblacional	31
2.2-Usos del suelo. Índice de erosión	32
2.3-Monitoreo de las variables hidrológicas	32
2.3.1-Red de estaciones hidrológicas y climatológicas	32
2.3.2-Información hidrológica para cierres naturales e hidrométricos	33
2.3.4-Datos de las cuencas subterráneas	33

2.3.5-Infraestructura hidráulica-----	34
2.4-Gestión de los Recursos Hidráulicos-----	35
2.4.1-Principales embalses-----	36
2.4.2-Capacidad de almacenamiento hídrico vinculada a la cuenca. -----	36
2.4.3-Capacidad de almacenamiento para cada embalse y su uso. -----	37
2.5-Calidad de las aguas-----	38
2.5.1¿Por qué es necesario cuidar y evitar la contaminación del recurso agua? -----	38
2.5.2-Focos contaminantes-----	38
2.5.3-Calidad bacteriológica de las aguas superficiales de la cuenca del Cauto-----	39
2.5.4-Estaciones de monitoreo y focos contaminantes de la red CAL----- -----	39
2.6-Características generales de los embalses de la Provincia Granma----- -----	44
2.6.1-Presa Bueycito (Granma)-----	40
2.6.2-Presa Cauto el Paso (Granma)-----	41
2.6.3-Presa Cilantro Pílon (Granma)-----	42
2.6.4-Presa Corojo (Granma)-----	43
2.6.5-Presa Guisa (Granma)-----	44
2.6.6-Presa las Villas (Granma)-----	46
2.7-Tiempo de retardo en el cauce -----	47
2.7.1- Evaluación correcta del tiempo de retardo-----	47
2.7.2-Calculo de los tiempos según las fórmulas más utilizadas en la práctica hidrológica cubana-----	51
2.8-Resultados y análisis -----	54
2.8.1-Cálculo de los tiempos de retardo -----	54
2.8.2-CÁLCULO DEL TIEMPO DE RETARDO TRAMO Pr. COROJO- Dr. BAYAMO-----	55
2.8.3-CÁLCULO DEL TIEMPO DE RETARDO TRAMO Pr. GUISA- Dr. BAYAMO-----	56
2.8.4-CÁLCULO DEL TIEMPO DE RETARDO TRAMO Pr. LAS VILLAS- Pr. CAUTO DEL PASO-----	57

<b>2.8.5-CÁLCULO DEL TIEMPO DE RETARDO TRAMO Dr. BAYAMO-Pr. CAUTO DEL PASO-----</b>	<b>58</b>
<b>2.9-Calculo de los tiempos de retardo de los embalses y sus afectaciones ----</b>	<b>59</b>
<b>2.9.1-Presa Bueycito -----</b>	<b>59</b>
<b>2.9.2-Presa Cilantro -----</b>	<b>60</b>
<b>2.9.3-Presas Guisa y Corojo -----</b>	<b>60</b>
<b>2.9.4-Presa Las Villas -----</b>	<b>61</b>
<b>2.9.5-Presa Cauto el Paso-----</b>	<b>62</b>
<b>2.9.6-Presa Paso Malo -----</b>	<b>62</b>
<b>2.9.7-Presa y Derivadora Vicana-----</b>	<b>63</b>
<b>2.9.8-Presa Pedregales-----</b>	<b>64</b>
<b>3.0- Sistema de Trabajo-----</b>	<b>64</b>
<b>3.1- Recepción de la información -----</b>	<b>65</b>
<b>3.2-Procesamiento de la información -----</b>	<b>65</b>
<b>3.3. Transmisión de la información -----</b>	<b>65</b>
<b>3.4- Apoyo Técnico -----</b>	<b>65</b>
<b>Conclusiones-----</b>	<b>68</b>
<b>Recomendaciones-----</b>	<b>70</b>
<b>Bibliografía -----</b>	<b>72</b>
<b>Anexos -----</b>	<b>74</b>

## 1-Introducción

La interacción antropogénica del día a día, en y con el territorio, determina las diferentes nociones que tenemos sobre el mismo. Particularmente, la alteración y el constante deterioro del medio ambiente contribuyen a las graves consecuencias de los desastres naturales. De ahí que, hoy más que nunca, se den nuevos comportamientos y concepciones sobre el riesgo que existe al transformar el territorio. Un claro ejemplo de estas nuevas actitudes y riesgos asociados a ciertos territorios, son los presentados ante las inundaciones. Las inundaciones en Cuba están asociadas a problemas tales como: modificaciones del terreno producidas por prácticas agrícolas inadecuadas, tala de árboles, incendios, urbanización y otras intervenciones impropias en el medio ambiente o las combinaciones de ellas. El conocimiento y la representación espacial de los territorios propensos a inundarse tienen una amplia aplicación, puesto que la información obtenida podrá ser utilizada por las instituciones encargadas de la Protección Civil, lo cual permite tomar las medidas correspondientes en cada caso y mitigar las consecuencias, a veces desastrosas, y no esperar que ocurran los eventos adversos. Pequeños arroyos y ríos aumentan su caudal de forma súbita y producen inundaciones en el territorio de sus cuencas fluviales. De continuar las lluvias, el terreno anegado se extiende, y en lugares con poca pendiente del terreno, a veces se unen varias corrientes formando extensas zonas inundadas. Se conoce como peligro de inundación a las consecuencias o los daños causados por desbordamientos de corrientes naturales, así como al aumento del área de espejo de embalses y los terrenos anegados por roturas de presas. Una crecida o avenida es el resultado del escurrimiento producido por la lluvia en cantidades tan grandes que no pueden alojarse en los cauces de las corrientes para niveles bajos. La influencia de lluvias intensas y prolongadas se refleja de diversas formas en el terreno. Así, en las zonas rurales con deficientes condiciones de drenaje (poca pendiente, suelos de baja infiltración), las aguas anegan campos que en ocasiones producen pérdidas de las cosechas y dificultan la aplicación de las técnicas agrícolas. En zonas urbanizadas la aglomeración de edificios y otros objetivos dispuestos por el hombre hacen que sean mayores las probabilidades de inundaciones, por lo cual aumentan también las probabilidades de pérdidas de vidas humanas y de destrucción de bienes. Las afectaciones producidas por desastres naturales y tecnológicos en las actividades de la sociedad, la economía y el medioambiente han sido tratadas en los últimos años por un amplio número de investigadores de diversas disciplinas, que han conceptualizado sus componentes y desarrollando guías metodológicas para el proceso de gestión del riesgo. En nuestro país las investigaciones sobre los riesgos son un componente imprescindible para el logro del desarrollo sostenible, basado en la relación naturaleza – sociedad; aspecto que lleva implícito el análisis de posibles fallos de obras hidrotécnicas. Las roturas no concebidas de las cortinas de las presas ocasionan grandes afectaciones a las infraestructuras socioeconómicas y pueden causar numerables víctimas en la población, motivos por lo cual los asentamientos localizados aguas abajo de los embalses deben considerarse como zonas de alto potencial de amenaza. En el momento del rompimiento de la cortina de una presa, se desplaza por el cauce del río (a alta velocidad) un volumen de

agua de gran caudal, inundando y destruyendo todo el territorio situado en el valle y terrazas fluviales de éste, ocasionando un desastre. Un desastre es un acontecimiento inesperado (o esperado), natural o provocado por el ser humano, de suficiente magnitud, que altera la estructura básica y el funcionamiento normal de una sociedad o comunidad, ocasionando víctimas y daños o pérdidas de bienes materiales, infraestructura, servicios esenciales o medios de sustento a escala o dimensión más allá de la capacidad normal de las comunidades e instituciones afectadas para enfrentarla; ponen de manifiesto la vulnerabilidad del equilibrio necesario para sobrevivir y prosperar. Las presas, de manera general, aseguran el abastecimiento de recursos hídricos a los asentamientos humanos, facilitan el desarrollo de la agricultura, protegen territorios de los efectos devastadores de grandes avenidas fluviales, permiten la generación de energía eléctrica de un gran valor estratégico, facilitan la navegación interior en muchos países, contribuyen al desarrollo de actividades de ocio en su entorno, etc. Por lo que es de vital importancia determinar los tiempos de retardo y tener una noción de las áreas de inundaciones en caso de la rotura de una presa o vertimiento de la misma para saber con que tiempo se cuenta para evacuar las zonas con riesgo de inundación ya sean poblados con un determinado número de habitantes y las áreas que cuenten con recursos importantes que contribuyan al desarrollo y la economía del país.

En el presente Trabajo de Diploma los argumentos referidos inicialmente conllevan a resumir la:

**Situación problémica:**

En la EAHG tiene varios sistemas hidráulicos los cuales atraviesan zonas pobladas y a su vez objetivos económicos importantes. Un gran porcentaje de estos son las zonas arroceras y ríos importantes los cuales no se conoce con exactitud con que tiempo se cuenta para evacuar en caso de rotura del embalse que tienen aguas arriba.

**Problema de investigación**

El desconocimiento de los tiempos de retardo de los embalses que tienen aguas abajo mayor contador de poblados y recursos económicos

**Objeto de la investigación:**

Los contenidos relacionados con el tiempo de retardo por rotura y vertimiento del gasto máximo

**Campo de acción:**

Formulas utilizadas para el calculo del tiempo de retardo

**Objetivo general:**

Determinar el tiempo de retardo de los embalses mas importantes de la provincia Granma

**Hipótesis:** Con el cálculo de retardo calculados facilita la operación de los embalses dando mayor información a los especialistas de la EAH Granma.



---

# CAPÍTULO 1

---



## **1-Revisión bibliográfica**

### **1.1-Algunos Conceptos**

#### **Cuenca Hidrográfica**

Se conoce como cuenca hidrográfica, al área geográfica y socioeconómica delimitada por un sistema acuático, donde el agua superficial y/o subterránea se vierten formando uno o varios cauces, que los conducen a un río principal.

Las cuencas hidrográficas en Cuba, están caracterizadas por una densa red de más de 2200 ríos y arroyos de cursos cortos y de pequeños a medianos caudales que se deprimen sustancialmente durante la época de seca hasta convertirse muchos de ellos en corrientes fluviales intermitentes.

#### **Embalse**

Gran depósito artificial de agua, construido generalmente cerrando la boca de un valle mediante un dique o presa, que retiene las aguas de un río o de la lluvia para utilizarlas en el riego, abastecer poblaciones o producir energía.

#### **El Peligro**

Es la susceptibilidad que presenta un territorio ante un desastre, por tanto, este depende tanto de las características físico - geográficas como socio - económicas del mismo, y éstas a su vez del desastre que sea factible que ocurra (Sánchez M. 2001)

#### **La Vulnerabilidad**

Ante un desastre dado es la capacidad de respuesta ante el fenómeno, es decir, que un objeto sea vulnerable a un fenómeno determinado es, en primera instancia, que sea susceptible de sufrir daños por la acción de este fenómeno; ahora bien, si se entiende como objeto cualquier objetivo social o económico, entonces la vulnerabilidad estará en dependencia de las características específicas del fenómeno, así como del objeto cuya vulnerabilidad se desee evaluar (Sánchez M. 2001).

La vulnerabilidad no es estática, sino un proceso dinámico en dependencia de las condiciones tanto naturales como sociales. Es evidente que no presenta la misma vulnerabilidad un edificio ante una inundación que ante un terremoto, sin embargo, para este último la vulnerabilidad no será la misma en un área rural que en una ciudad, de ahí la importancia de definir el objeto de evaluación.

## **1.2-Procedimientos metodológicos.**

Cuando se trata el problema de la ocurrencia o riesgo por inundaciones es conveniente definir espacio, frecuencia, la magnitud del fenómeno y los sectores o esferas socioeconómicas sujetas a afectaciones.

Teniendo en cuenta que un mapa de peligro por inundación puede tener varias facetas, es necesario disponer de una información razonablemente confiable, de manera que los resultados a obtener también puedan ser considerados seguros. En este caso, se obtiene teniendo en cuenta criterios de influencia integrada y la correlación de los principales factores físico geográficos que provocan las inundaciones del terreno; Para determinar y representar espacialmente el peligro que producen las inundaciones en la Cuenca del Río Cauto, se han seleccionado varios indicadores físico-geográficos inherentes a esta cuenca, a partir de la superposición de mapas de litología, tipos de suelos, pendiente y altura del terreno.

Uno de los requisitos principales para que una zona se inunde, es la inexistencia de suficiente gradiente para que el agua escurra superficialmente y además, en el estancamiento de las aguas influye considerablemente la topografía, pues, es natural que los terrenos bajos se inunden más rápidamente que los altos, entonces escogemos la pendiente del terreno y la hipsometría. Teniendo estas condicionantes aceptadas se pasa a la siguiente en importancia: otro requisito para que ocurra la inundación en el territorio, es que ésta no se infiltre; Para ello la superficie sobre la que se deposite debe ser impermeable, por tanto es imprescindible ponderar las características del suelo. Los descritos anteriormente no constituyen todos los elementos que condicionan la formación de inundaciones, es necesario tener en cuenta también la superficie subyacente, donde puede ocurrir la inundación, por ello es necesario introducir otro indicador más: la litología.

Como se ha expresado anteriormente, después de analizados y definidos todos los elementos físico-geográficos que influyen en el peligro, se escogió la información contenida en los siguientes mapas:

1. Altura sobre el nivel del mar.
2. Pendiente del terreno.
3. Tipos de suelos.
4. Litología.

Para la elaboración del Mapa de Peligro por inundación para el 1% de probabilidad, se introduce un nuevo elemento:

5. Precipitaciones máximas diarias del 1% de probabilidad.

A continuación, se presenta una breve descripción del tratamiento previo que se le dio a cada mapa para la posterior utilización el método de superposición y los correspondientes cruzamientos y correlaciones.

### 1.2.1-Altura sobre el nivel del mar.

El proceso de estancamiento de las aguas, así como la cantidad de precipitaciones, influye considerablemente la altura del lugar, es natural, que los terrenos bajos estén más propensos a inundarse que los altos. El mapa hipsométrico considera el relieve como uno de los factores principales para la formación de inundaciones. La geomorfología mundial aún no se ha puesto de acuerdo a partir de cual cota comienzan los territorios montañosos, aunque existe un amplio consenso en nuestro país de que estos comienzan a partir de los 150 m de altura. Por esta razón, y dejando un margen de 10 m se ha considerado como indicador una cota por debajo de 160 m.s.n.m para que se produzcan inundaciones.

Tabla 1. Alturas sobre el nivel del mar.

<b>Altura (metros)</b>	<b>Característica</b>
0 – 20	Intensamente inundable
20 – 40	Muy Inundable
40 – 80	Inundable
80 – 120	Medianamente Inundable
120 – 160	Poco Inundable
Más de 160	No Inundable

### 1.2.2-Pendiente del terreno.

La pendiente del terreno es uno de los factores que más influye en el proceso del anegamiento de un terreno, es lógico que se pondere este indicador, que es un elemento geomorfológico determinante en la formación de los territorios propensos a inundarse. Generalmente un terreno con una pendiente alta no se inundará, en este caso se ha asumido que, por debajo de una pendiente máxima de 3 grados (5.24%), existen condiciones para la inundación ante la ocurrencia de intensas y prolongadas lluvias. Por encima de 5 grados las probabilidades de inundación son nulas debido a la rápida evacuación de las aguas superficiales a lugares con menor pendiente.

Tabla 2. Pendiente del terreno.

<b>Pendiente (grados)</b>
mayores de 5.0
3.0 - 5.0
1.0 - 3.0
0.5 - 1.0
menores de 0.5

### **1.2.3-Tipos de suelos.**

La porosidad, permeabilidad, compactación y otras características de los suelos determinan la permanencia o no de una lámina de agua durante cierto período de tiempo. Es muy engorroso incluir todos los suelos presentes en la cuenca, por ello se han agrupado de acuerdo con la posibilidad de que contribuyan a la inundación del terreno, es decir, atendiendo a sus propiedades físicos-mecánicas, pues ellos pueden ser más o menos permeables dependiendo de su estructura interna y su composición.

Se definieron tres categorías de los suelos de la cuenca de acuerdo a los objetivos del proyecto: Impermeables, Medianamente Permeables y Permeables.

Algunos ejemplos de suelos agrupados son:

- Amarillo tropical pseudohidromorfo -gley ferráltico típico desaturado de materiales silicios finos transportados, Gley Tropical fuertemente y medianamente gleyzados, los suelos de la ciénaga costera y los negros tropicales típicos. (Impermeables).
- Gley tropical medianamente gleizado -gley ferráltico concrecionario de materiales silicio fino transportados de esquistos, Gley tropicales típicos, Pardos típicos humificados y Amarillento montañosos típicos (Medianamente permeables).
- Amarillo tropical típico -ferráltico cuarcítico amarillo lixiviado típico desaturado, eluvio de esquistos micaceos, cuarcíticos o similares, Calizos pardos y Pardos tropicales típicos (Permeables)

### **1.2.4-Litología.**

La característica geológica en Cuba está dada, no sólo por la formación litológica, sino por el grado de fraccionamiento que ésta presenta. Es significativo que el 70% del territorio cubano esté constituido por rocas carbonatadas y que presentan un desigual desarrollo cárstico. La Cuenca Hidrográfica del Río Cauto no es una excepción en relación con la presencia de fenómenos cársticos.

La influencia del carso sobre la formación del escurrimiento y por ende en las inundaciones se manifiesta de forma compleja, mediante la combinación de intercambio de aguas superficiales y subterráneas, positiva y negativamente, en general y puede afectar el balance hídrico de una cuenca de diferentes formas. En las zonas cársticas pueden encontrarse ríos cuyos índices de escurrimiento no se someten a una acción concisa, sino a la combinación de diferentes tipos de afectación cárstica.

“Los procesos cársticos -ampliamente desarrollados en Cuba- influyen en la formación de las inundaciones y determinan el tiempo y la profundidad de la lámina de estancamiento de las aguas durante una inundación. Algunas veces el denominado "carso cubierto" contribuye a inundar el terreno, otras, la presencia de formaciones cársticas intensas acelera el proceso de infiltración del agua y no facilita el anegamiento de los suelos

Dependiendo del tipo y del grado de desarrollo cárstico, su influencia puede manifestarse tanto en todos los parámetros del escurrimiento fluvial (escurrimiento medio anual, distribución en un año, fluctuaciones de muchos años, inundaciones del territorio, etc.) como por alguno de ellos en particular”, (Batista y Rodríguez, 1993).

Las distintas litologías han sido agrupadas en cuatro categorías, atendiendo fundamentalmente a su grado de permeabilidad: **Muy impermeables, Impermeables, Medianamente Permeables y Muy Permeable.**

Para este agrupamiento geológico no sólo se tuvo en cuenta las propiedades físico-químicas de las formaciones geológicas, sino también el grado de fraccionamiento que éstas presentan.

Ejemplo de algunos agrupamientos de la litología:

Las formaciones Bayamo y Charco Redondo que están compuestas por arcillas, arenas arcillosas, areniscas, arcillas bentónicas, conglomerados polimícticos, arcillas organógenas – detriticas y margas, fue considerada como **Muy Permeable.**

La formación San Luis constituida por areniscas aleurolíticas calcáreas, subordinadamente calizas y conglomerados polimícticos en la base fue considerada como **Impermeable** mientras las arenas arcillosas, arenar, guijarros, limos, gravas, conglomerados polimícticos, además de depósitos carbonatados terrígenos, turbaceos de pantanos, limos arenosos y arcillas arenosas fue considerada como **Medianamente Permeable.**

La formación Jagueyes, constituida por margas, calcarenitas, calizas organógenodetriticas, aleurolitas arcillosas y gravelitas. **Muy Impermeable.**

### **1.2.5-Precipitaciones máximas diarias.**

Los indicadores señalados (Altura, Pendiente, suelos y Litología) son características propias de la cuenca que, en su integralidad, constituyen el escenario natural donde se producirá o no una inundación, la cual anegará, en mayor o menor grado el territorio, en dependencia, fundamentalmente de la cantidad de precipitaciones a ocurrir. Por tanto, una precipitación máxima diaria del 1% de probabilidad o tiempo de recurrencia de 100 años, podría ocasionar una inundación de esa probabilidad y es además, un indicador importante.

La cantidad de precipitaciones máximas diarias en la Cuenca Hidrográfica del Río Cauto varía de 300 a 450 mm y más, para el 1% de probabilidad. Esto significa que en 24 horas puede precipitar el 30% o más del promedio anual histórico para esta cuenca.

En este trabajo se ha tomado solamente la lluvia del 1% de probabilidad para integrarlo con los otros indicadores arriba señalados y elaborar un mapa de peligro de inundaciones para esta probabilidad, utilizando los métodos de superposición y comparación integrada.

Este indicador presenta precipitaciones del 1% de probabilidad con intervalos asumidos para poder así correlacionarlos con los otros mapas. La frecuencia del 1% de probabilidad es de 1 vez en 100 años de ocurrencia y es un valor estadístico probabilístico, un buen indicador cuantitativo en el estudio de la formación de las 8 inundaciones. De esta forma una lluvia dada puede producir inundaciones con cierto grado de peligro.

Tabla 3. Precipitaciones máximas diarias para el 1% de probabilidad.

1% de probabilidad (mm)
300 - 350
350 - 400
400 - 450
más de 450

A partir de esta etapa se comienza a establecer una relación espacial de estos mapas con criterios muy bien definidos y dando un peso a cada uno de los indicadores tratando de que en esta conjunción exista una ponderación de los mismos, que represente la ocurrencia real del fenómeno analizado.

La utilización de estos cuatro indicadores permite la elaboración del Mapa de Peligro de Inundación, que es la base de todo el trabajo posterior. En este mapa (Fig. 2) fueron decantados numerosos territorios que cumplían con determinados requisitos anteriormente citados pero que no lo eran con otros.

Siguiendo el criterio de influencia integrada y de correlaciones entre los principales factores físico geográficos que producen las inundaciones y el procedimiento de superposición de pares de mapas, se introduce un el indicador de las precipitaciones para el 1% de probabilidad, elaborándose un nuevo mapa de peligro, que representa las inundaciones en la cuenca, precisamente para esta misma probabilidad.

Una herramienta imprescindible para la elaboración del presente resultado lo es sin duda el Sistema de Información Geográfica (SIG), debido a lo engorroso del manejo de la información espacial y alfanumérica, que es necesario procesar.

### **1.3-Evaluación del Peligro y la Vulnerabilidad ante inundaciones pluviales.**

#### **1.3.1-Peligro.**

La utilidad del Mapa de Peligro por inundación (Fig. 2) es ilimitada, su aplicación puede ser desde la planificación territorial hasta el seguro en caso de desastres, de una forma u otra esto permite una determinada seguridad a la hora de la toma de decisiones de las autoridades competentes, que estará en dependencia de la seriedad del análisis.

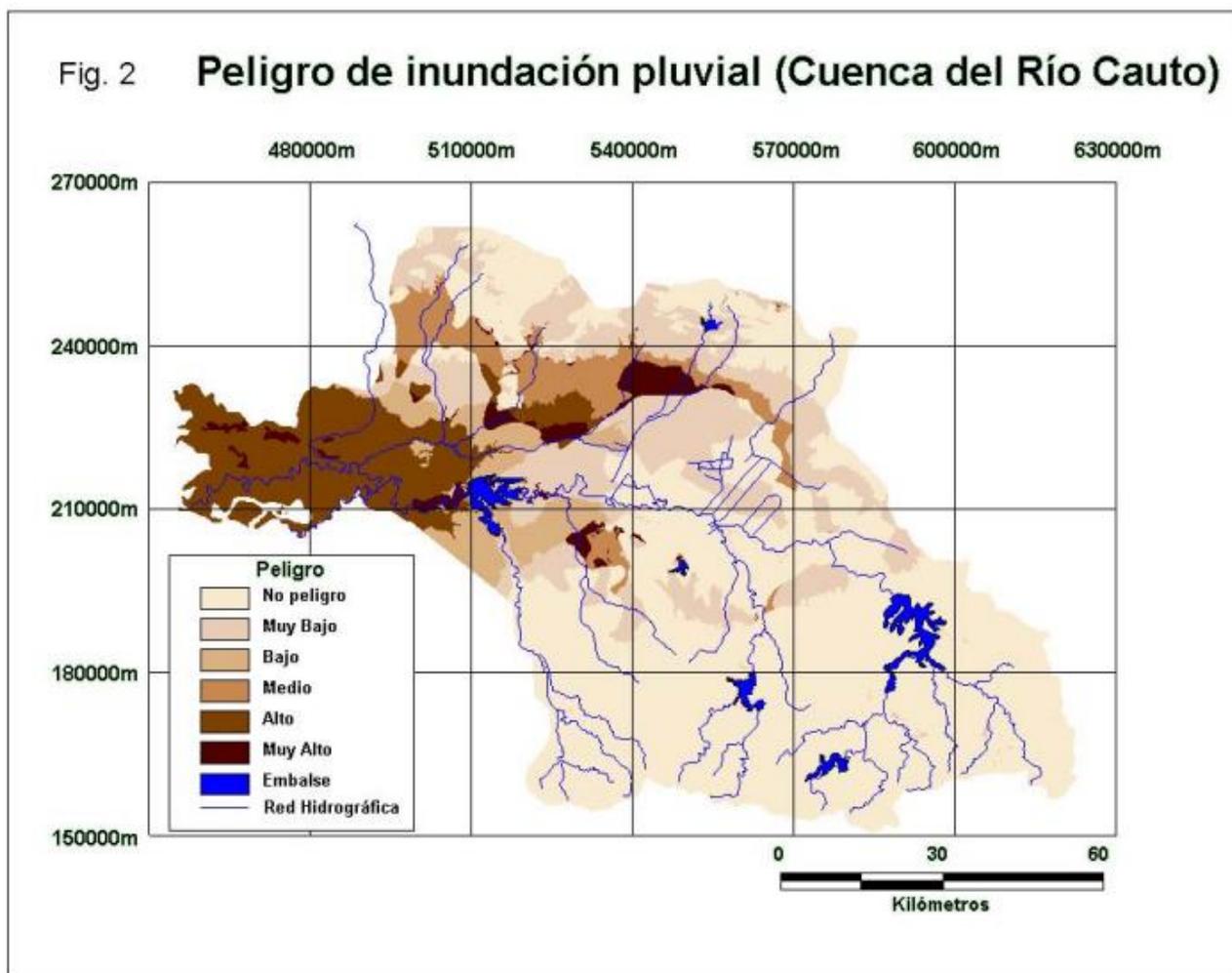


Tabla 4. Distribución de áreas de la Cuenca del Río Cauto, según Mapa de Peligro por Inundación Pluvial.

<b>Peligro</b>	<b>Área (Km<sup>2</sup>)</b>	<b>Por ciento</b>
Muy Alto	270	2.8
Alto	1060	11.1
Medio	510	5.4
Bajo	440	4.6
Muy Bajo	1830	19.2
No Peligro	5430	56.9
<b>Total</b>	<b>9540</b>	<b>100</b>

Es de creencia general que la Cuenca del Río Cauto posee extensas áreas sujetas a inundaciones de origen pluvial, debido a la situación geográfica y las peculiaridades geomorfológicas que posee, sin embargo el resultado obtenido muestra que sólo el 14 % del área total de la cuenca se encuentra ante peligros

Alto y Muy Alto. Por otra parte, casi el 60 % del área total de la cuenca son territorios que no ofrecen peligro de inundación pluvial. Además de que las dos provincias con más alto por ciento de territorio bajo peligro Muy Alto y Alto son Granma y Holguín, (Tabla 5) Esto es debido a que en la provincia de Holguín se encuentra la confluencia del Río Salado, con las complicaciones que trae una litología que propicia la inundación, mientras la provincia Granma es la que ocupa el tercio inferior de la cuenca con la hipsometría más baja de la misma además de otras condicionantes como la litología y los suelos de mal drenaje. Es significativo apuntar la inexistencia de extremos de peligro (Alto y Bajo) en la provincia de Santiago de Cuba, así como un alto por ciento de ausencia de peligro por inundación pluvial en la misma, debido a que la zona de la provincia interesada en la cuenca es precisamente parte de la zona montañosa, aunque existen zonas de peligro muy bajo en la Sierra Maestra, que coinciden precisamente con los valles intramontanos.

Existen fuertes contrastes en la zona este de la ciudad de Bayamo por la contigüidad de peligros medios y muy alto y bajos y muy altos, esto es debido a la impermeabilidad de las formaciones litológicas presente en esa zona.

Es importante destacar la zona de Muy Alto Peligro que se encuentra enclavada en la confluencia formada por los Ríos Cauto, Bayamo y Cautillo, que está directamente asociada a la morfometría de la misma.

Existe también una zona de Muy Alto peligro en el plano de inundación del Río Salado, zona donde existen suelos de muy mal drenaje además de la complejidad litológica antes expresada.

Tabla 5. Distribución de los por cientos de peligro en la Cuenca por provincias.

Provincia	Superficie (Km2)	Peligro (%)					
		Muy Alto	Alto	Medio	Bajo	Muy Bajo	No existe
<b>Granma</b>	3281	4.66	24.56	9.47	11.8	13	36.51
<b>Holguín</b>	2685	4.33	3.11	11.57	1.49	38.5	41
<b>Las Tunas</b>	631	0.54	6.22	23.82	2.15	36.42	30.85
<b>Sgto. De Cuba</b>	2943	0.01	--	0.14	--	4.71	95.14

Al ser introducido en el análisis el indicador de las precipitaciones máximas diarias, en el mapa resultante, las áreas inundables varían, ejemplo de ello es que las áreas sin peligro son sólo el 40 % del área total de la cuenca. Es obvio que al cambiar la probabilidad de ocurrencia de la lluvia la estructura del mapa será otra, a modo de ejemplo se ha tomado esta lluvia (tiempo de recurrencia igual a 100 años) por considerar valores extremos para una mejor comprensión del fenómeno.

### **1.3.2-Vulnerabilidad**

El análisis de la vulnerabilidad en la Cuenca Hidrográfica del Río Cauto se enfoca hacia las personas expuestas al peligro ante las inundaciones, y hacia las viviendas ubicadas en la cuenca de estudio. Además de esto se han tomado algunas afectaciones a la red vial y a los principales cultivos de la zona.

Dentro de la Cuenca existe un total 1 167 000 habitantes, con un total de 304626 de las cuales 89578 se encuentran en mal estado para un 29.5 %, llegando al 43 % en la provincia de Las Tunas, aunque esta provincia presenta sólo el 6.76 % de su superficie bajo Alto y Muy Alto Peligro por inundación, en el caso de la provincia Granma, el por ciento de su superficie bajo peligro extremo por inundación (Alto y Muy Alto) es de 29.22, llegando sus viviendas en mal estado al 22.1 %, por lo que sin lugar a dudas esta es la provincia con más afectaciones en cuanto a las inundaciones de tipo pluvial. Este indicador es muy importante para la determinación de la vulnerabilidad ante las inundaciones pluviales, pues el estado de la vivienda determina en buena medida la respuesta de la misma ante un evento extremo como el tratado.

Otro indicador importante para la determinación de la vulnerabilidad de los inmuebles es si dudas la presencia o no de fluido eléctrico en el mismo, pues los inmuebles con este servicio, tienen efectos electrodomésticos que son más susceptibles de sufrir daños ante una inundación.

El 83.29 % de los asentamientos de la cuenca poseen servicio de electricidad, esto hace que la vulnerabilidad de los mismos ante la ocurrencia de inundaciones aumente, en general todas las provincias con presencia en la cuenca tienen un alto grado de electrificación en sus asentamientos, por lo que aumenta su vulnerabilidad ante inundaciones por este concepto.

Apenas 153 asentamientos dentro de la cuenca no tienen electricidad en sus viviendas, la mayoría de estos, (47) se encuentran en la provincia Granma, siendo esta provincia la primera de las presentes en la cuenca con mayores peligros extremos (Alto y Muy Alto) (Ver Tabla 5), la otra provincia importante en cuanto a la cantidad de asentamientos sin el servicio eléctrico (42) es Holguín, teniendo ésta un 5.44% de su superficie con peligros extremos (Tabla 5).

Por otro lado, los peligros de inundación desencadenan otros tipos de peligro especialmente hidrológicos, como puede ser la contaminación de las aguas, de especial interés en la cuenca, por la localización de la fuente de abasto de 2

capitales provinciales (Bayamo y Holguín), lo que pudiera rebasar los límites físicos de la cuenca, pudiendo llegar a tener consecuencias sobre las poblaciones fuera de ésta. Esto está muy vinculado a la solución técnica que se le haya dado a la evacuación de residuales y el abasto de agua.

La cuenca posee sólo tres plantas de tratamiento de residuales para los 916 asentamientos que la integran, de estos apenas 16 poseen servicio de alcantarillados, habiendo en todos estos un total de 860 letrinas, de estos 916 asentamientos 522 poseen abastecimiento de agua a través de pozos. En el caso de Granma, ésta no posee ninguna planta de tratamiento en toda la superficie de la provincia dentro de la cuenca, y sin embargo posee 266 letrinas del total de la cuenca con un abasto de agua fundamentalmente de pozo con 149 de ellos en la superficie de la misma dentro de la cuenca. La provincia de Holguín tampoco posee planta de tratamiento para sus residuales y tiene 262 letrinas diseminadas entre sus 265 asentamientos y el abasto de agua potable fundamental de la provincia son los pozos con 180 de ellos en la misma, se mencionan solamente estas provincias por ser la que más superficie de su territorio tienen bajo peligros extremos, además de que sus dos cabeceras provinciales están dentro de la cuenca, es muy fácil inferir la problemática por contaminación de las aguas de abasto que podría ocasionar una inundación en los territorios de las provincias mencionadas, con el consiguiente daño a las personas, este peligro de contaminación podría rebasar los límites físicos de la cuenca pues además de los pozos existen otras fuentes de abasto entre las que se encuentran los ríos.

Dentro de la cuenca se encuentran diseminados unos 50 asentamientos en las áreas sujetas a Alto y Muy Alto Peligro, que ante la ocurrencia de intensas y prolongadas precipitaciones, están propensos al daño de sus propiedades e inclusive a su integridad personal. Es muy significativo, pues incrementa las condiciones de vulnerabilidad de estas provincias que de estos, 41 asentamientos pertenecen a la provincia de Granma, que es la que presenta mayores problemas en cuanto a la superficie que se encuentra bajo peligros extremos, y 9 asentamientos pertenecen a la provincia de Holguín, que es la que le sigue en cuanto a superficie bajo peligros extremos, el resto de las provincias con superficie territorial dentro de la cuenca no tienen asentamientos en áreas de Alto y Muy Alto peligro

Desglosando la estructura de los asentamientos bajo peligro se encuentra un poblado urbano (Cristino Naranjo), tres pueblos (Cacocúm, Río Cauto y Guama Embarcadero), 39 poblados rurales y 7 caseríos. La población que se encuentra expuesta a Muy Alto y Alto Peligro por Inundación pluvial están en un rango entre 130 000 y 150 000 personas según estimados de la Oficina Nacional de Estadísticas para el año 1984 para los asentamientos directamente afectados por estos peligros.

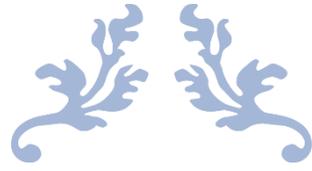
En cuanto a las afectaciones a los viales de la cuenca, contemplando las áreas de Muy Alto y Alto peligro sería dañada la carretera de primer orden, que comunica Bayamo con Las Tunas, en un tramo de aproximadamente 35 Km. Además, en

estas dos provincias también serían afectados viales de segundo y tercer orden, así como distintos terraplenes.

La carretera de primer orden, que une Bayamo con Holguín, sería inundada en unos 3 – 4 Km, además de otras afectaciones a los viales. La carretera de segundo orden que comunica Mango con Guama Viejo, sería afectada totalmente (6 Km y medio aproximadamente)

Generalmente, ante la ocurrencia de intensas lluvias, sobre todo las que acompañan a los ciclones, las organizaciones de la Defensa Civil toman las medidas necesarias y trasladan a los moradores a lugares más altos. No obstante, al retirarse las aguas los daños a las viviendas y animales son cuantiosos.

Los peligros producen cambios en las necesidades y las prioridades sociales. La diferenciación de los niveles de peligro en la cuenca, permite identificar áreas prioritarias de intervención especial tanto en las actividades pre y post desastres. Sin embargo, estas áreas pueden o no coincidir con las áreas de mayor peligro de inundación, pues ellas están condicionadas por la existencia de poblaciones en las mismas.



---

## CAPÍTULO 2

---



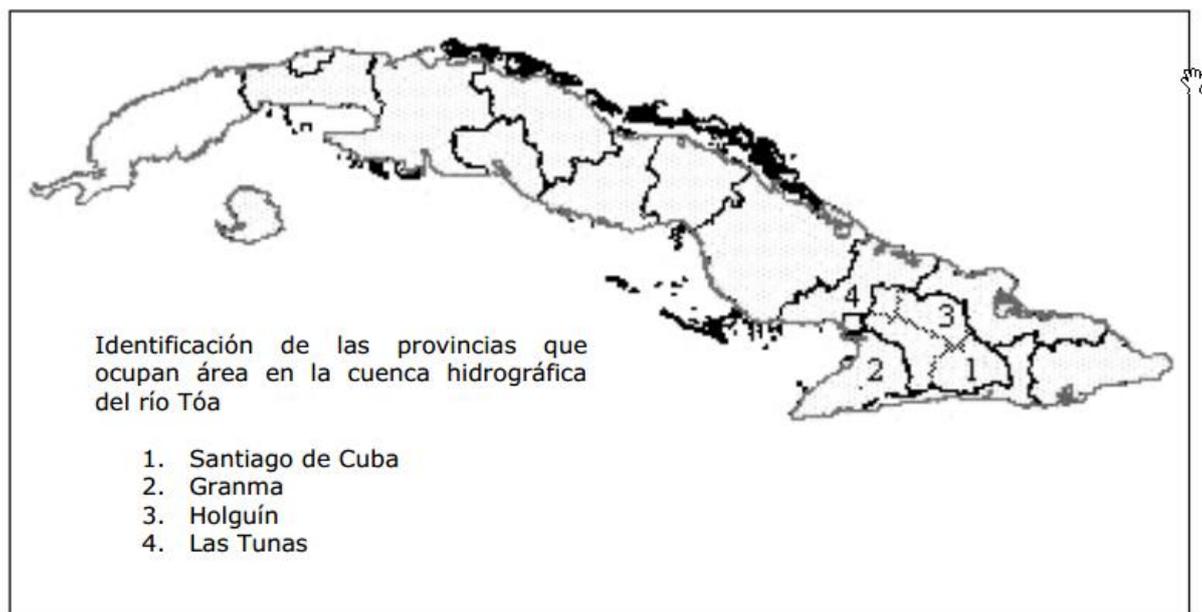
## 2-Materiales y Métodos

### 2.1-Descripción general de la cuenca

El Cauto es el río más largo de Cuba, con un área de cuenca de 8.969 km<sup>2</sup> y una longitud de 343 km. Su nacimiento ocurre en las estribaciones de la Sierra Maestra, en la loma La Estrella a una altura de 760 msnm, en la provincia de Stgo. de Cuba. En su recorrido ingresa además a otras áreas de las provincias Granma, Holguín y Las Tunas. Limita al norte con las provincias Holguín y Las Tunas, al sur con la Sierra Maestra, al oeste con la Bahía de Manzanillo ambas en la Provincia de Granma y al este con la Provincia de Stgo. De Cuba (Figura 1). Se muestran otras características básicas que presenta la cuenca (Figura 2), así como el río principal y sus afluentes principales (Figura 3).

#### 2.1.2-Ubicación geográfica de la cuenca hidrográfica Río Cauto

**Figura 1. Ubicación geográfica de la cuenca hidrográfica del Río Cauto.**



### 2.1.3-Información básica de la cuenca hidrográfica Cauto

**Figura 2. Información básica de la cuenca hidrográfica Cauto.**

<b>Cuenca:</b> Cauto	<b>Región Hidrol.:</b> Oriental	<b>Subregión Hidrol.:</b> Cauto	<b>Vertiente:</b> Sur
<b>Localización:</b> Provincias Stgo de Cua, Granma Holguín y Las Tunas, Cuba			
<b>Coordenadas:</b> norte 20, 05, 00 – 21,00,00    este 75,30,00 – 77,15,00			
<b>Área:</b> 8.969 km <sup>2</sup>	<b>Longitud del río:</b> 343 km	<b>Drenaje:</b> 0.69 km/km <sup>2</sup>	<b>Pendiente med de la cuenca:</b> 68%
<b>Altura med de la cuenca:</b> 160 msnm	<b>Altura mínima de la cuenca:</b> 0 m, Golfo de Guacanayabo		<b>Pendiente media suavizada del río:</b> 0.40 ‰
<b>Nacimiento:</b> La Estrella, Sierra Maestra, (760 msnm)		<b>Altura máxima en la cuenca:</b> 1.720 msnm	
<b>Geología de la cuenca:</b> Cretácico con cobertura Paleoceno-Eoceno medio superior: areniscas, margas, toba			
<b>Tributarios principales:</b> Contramaestre (960 km <sup>2</sup> ), Bayamo (638 km <sup>2</sup> ), Salado (2.664 km <sup>2</sup> ), Guaninicúm (640 km <sup>2</sup> ), Cautillo (648 km <sup>2</sup> )			
<b>Principales embalses:</b> Río Cauto (Gilbert, Gota Blanca, Protesta de Baraguá, Cauto el Paso. Río Contramaestre (Carlos M. Céspedes). Río Bayamo (Corojo). Río Cautillo (Cautillo).			
<b>Precipitación media anual:</b> 1268 mm (1961-93)			
<b>Evaporación media anual:</b> 1600 mm (1961-93)			
<b>Gasto medio:</b> 63 m <sup>3</sup> /s <b>Gasto máximo observ.:</b> 3159 m <sup>3</sup> /s			
<b>Temperatura media anual:</b> 24.7°C    Hr 77 %			
<b>Población:</b> 1.112.010 hab. El 62% reside en zonas urbanas. <b>Pueblos principales:</b> Palma Soriano, Contramaestre, Jiguaní, Sta. Rita , Baire, Bayamo.			
<b>Uso del suelo:</b> Agricultura (70,8 %), no agrícolas ( 28,9% ), Urbanismo (0,3% )			

### 2.1.4-Características principales del río principal y sus afluentes

**Figura 3. Características principales del río principal y sus afluentes.**

Nombre del Río	Longitud	Área	Altura máx.	Densidad Drenaje	Poblado + importante
Cauto	343	8969	1720	0.69	Bayamo
Contramaestre	92	957	1128	1.00	Contramaestre
Bayamo	88	746	1720	0.80	Bayamo
Salado	120	2285	330	0.50	Holguín
Guaninicún	56	640	800	1.30	San Luis, Maya
Cautillo	74	648	900	0.40	Jiguaní

## 2.1.5-Características de los cierres hidrométricos

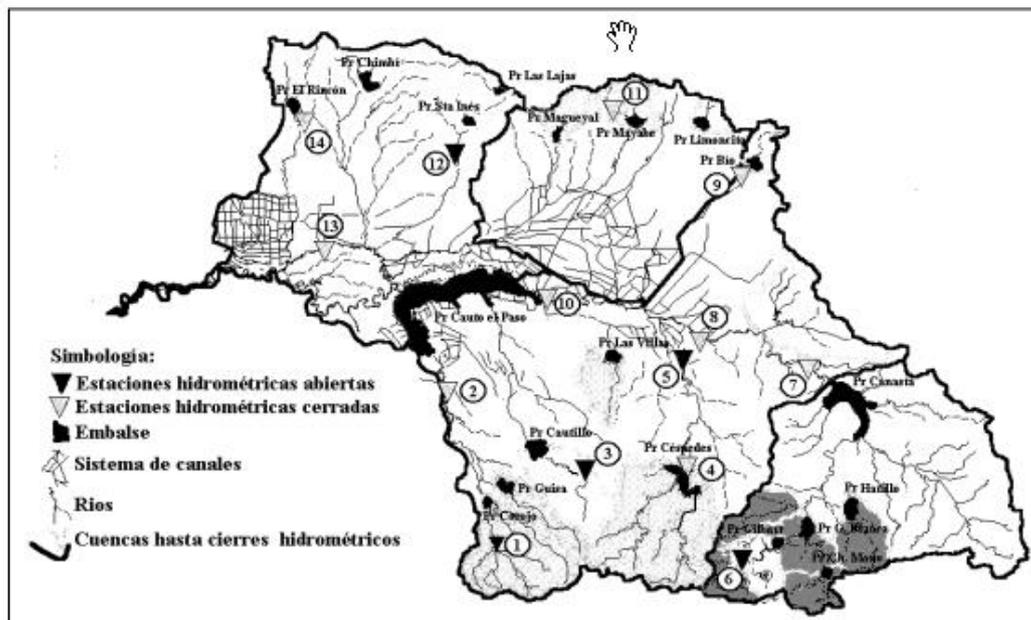
**Figura 4. Características de los cierres hidrométricos.**

Nº	Estación	Coord. norte	Coord. este	Área (km <sup>2</sup> )	Altitud (msnm)	Período de observación	Tipo de med. Frecuencia
1	La Virgen	20,08,27	76,34,23	143	280	1961 - 92	Q(d)
2	La Bayamesa	20,22,28	76,46,03	540	40	1965 - 87	Q(d)
3	La Fuente	20,15,37	76,26,38	92	220	1964 - 92	Q(d)
4	Bambá	20,15,44	76,14,30	430		1961 - 66	Q(d)
5	Dos Ríos	20,26,53	76,14,38	809	55	1965 - 92	Q(d)
6	Las Coloradas	20,06,06	76,03,48	65	260	1969 - 92	Q(d)
7	Guayabero	20,55,52	76,02,06	1782	90	1966 - 78	Q(d)
8	Salto de Travesía	20,28,40	76,12,44	2272	50	1966 - 92	Q(d)
9	Limoncito	20,45,34	76,07,22	56	135	1964 - 91	Q(d)
10	Cauto Cristo	20,33,04	76,29,48	4683	40	1967 - 90	Q(d)
11	Yareyal	20,52,16	76,20,49	23	107	1971 - 92	Q(d)
12	Moscones	20,48,27	76,37,26	175	60	1964 - 92	Q(d)
13	San Carlos	20,39,02	76,51,30	2140	20	1965 - 72	Q(d)
14	Limonos	20,52,15	76,53,24	123		1964 - 87	Q(d)

Nº	Q <sub>o</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Q <sub>máx</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Q <sub>o máx</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Q <sub>o min</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Q <sub>o</sub> / A (l/s.km <sup>2</sup> )	Q <sub>máx</sub> / A (l/s. Km <sup>2</sup> )	Q <sub>min</sub> (m <sup>3</sup> /s)
1	3.92	2519	602	0.593	27.40	17615	0.340
2	6.10	3700	892	0.501	11.30	6852	0.032
3	1.35	476	142	0.136	14.67	5174	0.036
4	11.19	3080	556	1.003	26.02	7163	0.300
5	8.10	2489	466	1.034	10.01	3077	0.096
6	0.95	719	225	0.097	14.61	11061	0.001
7	10.30	3159	1033	0.183	5.78	1773	0.001
8	11.50	2549	556	0.595	5.06	1122	0.001
9	0.20	229	70	0.004	3.57	4089	0.000
10	17.20	2887	587	1.335	3.67	616	0.060
11	0.13	68	28	0.009	5.65	1217	0.002
12	0.54	194	67	0.022	3.08	1109	0.004
13	4.40	515	137	0.131	2.06	241	0.026
14	0.80	122	80	0.014	6.50	992	0.001

## 2.1.6-Infraestructura hidráulica de la cuenca

**Figura 5. Infraestructura hidráulica de la cuenca.**



Esta cuenca es la única del país que abarca áreas de cuatro de las cinco provincias más orientales, con una superficie total de 8.969 Km<sup>2</sup>. La figura (6) muestra su distribución en % de la superficie geográfica de las provincias que abarcan la cuenca.

## 2.1.7-Superficie geográfica por provincia que abarca la cuenca

**Figura 6. Superficie geográfica por provincia que abarca la cuenca.**

Nº	Provincia	Área (km <sup>2</sup> )	%
1	Santiago de Cuba	3 017.3	33.6
2	Granma	2 847.5	31.8
3	Holguín	2 564.0	28.6
4	Las Tunas	540.6	6.0
	Total	8 969.2	100

## 2.1.8-Distribución poblacional

La población actual estimada es de 1.112.010 habitantes, de ellos el 62% vive en zonas urbanas y el resto en la zona rural (Figura 7).

## Distribución poblacional por provincia perteneciente a la cuenca.

<b>Provincias</b>	<b>Población total</b>	<b>Población urbana</b>	<b>Población rural</b>
Santiago de Cuba	374 804	206 091	168 713
Granma	298 054	198 200	99 854
Holguín	424 187	279 188	144 999
Las Tunas	14 965	10 540	4 425
Totales	1 112 010	694 019	417 991

Fig. (7)

### 2.2- Uso del suelo. Índice de erosión

Los suelos en las llanuras bajas son utilizados para la siembra de arroz, tabaco, viandas, vegetales y granos fundamentalmente, así como para el pastoreo de la ganadería, esta zona tiene el inconveniente de inundarse en la época de mayor pluviosidad (Mayo – Octubre), debido a que el manto freático está muy cercano a la superficie del terreno, al mal drenaje, etc.

La zona montañosa está comprendida en el macizo de la Sierra Maestra y las alturas de Holguín. La erosión potencial es muy severa dadas las pendientes abruptas que presentan. El uso inadecuado de sus suelos y una explotación incorrecta de sus áreas boscosas ha sido la causa fundamental de un proceso de alteración negativa en sus suelos (Figura 8).

### Índice de erosión según su clasificación.

<b>Tipo de erosión</b>	<b>Área</b>	<b>%</b>
Fuerte	310 968.8	34.7
Media	214 645.2	23.9
Leve	243 539.6	27.2
Sin erosión	127 766.4	14.2
Total de área	896 920.0	100

Fig. (8)

### 2.3-Monitoreo de las variables hidrológicas

#### 2.3.1-Red de estaciones hidrológicas y climatológicas

Esta es una de las cuencas hidrográficas del país de mejor distribución de las redes hidrológicas en cuanto a cantidad y calidad del régimen de las observaciones en cada uno de sus puntos de medición (Figura 9).

La estacionalidad climática con una temporada lluviosa donde aproximadamente llueve el 80% de los 1.375 mm de la media histórica de lluvia para un año y otra de seca, donde apenas precipita el 20% restante, unido a su irregular distribución espacial hacen complejo todo intento de explicar y proponer esquemas globales para el manejo del agua en la cuenca hidrográfica.

Se muestra en la figura 10 información hidrológica con valores medios hiperanuales de cada elemento observado en la cuenca, destacándose entre otros, la alta tasa de evaporación existente en la misma.

### 2.3.2-Información hidrológica para cierres naturales e hidrométricos

Tener inventariados los cierres hidrométricos ya sean artificiales o naturales es de gran importancia, más aún cuando se tienen registro o estimaciones que ayudan a tener una visión más amplia del comportamiento de este elemento en esos lugares (Figura 11).

### 2.3.4-Datos de las cuencas subterráneas

El agua subterránea es escasa en los territorios de las provincias de Stgo. de Cuba, Holguín y Las Tunas. En Granma a pesar de tener un potencial de más de 300 hm<sup>3</sup>, su uso está seriamente afectado por la salinidad de origen geológico. El agua subterránea está evaluada en 405 hm<sup>3</sup> y los gastos y caudales de entregas generalmente son inferiores a los 50 l/s (Figura 12)

### Densidad de las redes hidrológicas de observación.

Tipo de red	Cauto		Stgo. de Cuba		Granma		Holguín		Las Tunas	
	Total	Km <sup>2</sup> /est	Total	Km <sup>2</sup> /est	Total	Km <sup>2</sup> /est	Total	Km <sup>2</sup> /est	Total	Km <sup>2</sup> /est
Pluviométrica	87	103.1	39	77.4	20	142.4	20	128.2	8	67.5
Pluviográfica	10	896.9	8	377.1	2	1423.8	-	-	-	-
Est. Hidrometorol	5	1793.8	3	1005.8	1	2847.5	1	2564.0	-	-
Est. Hidrométrica	14	641	2	1509	8	355.9	3	854.7	1	540.4
Pozos de sondeo	127	70.6	35	86.2	36	79.1	53	48.4	3	180.1
Pozos Limnigrafos	3	2989.7	-	-	1	2847.5	2	128.0	-	-
Pozos Batométricos	1	8969.2	1	301703	-	-	-	-	-	-

Fig. (9)

### Valores climáticos observados en la cuenca

Elemento	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Anual
Temperatura	22.5	22.5	23.0	24.5	25.0	26.0	26.5	26.5	26.5	26.0	24.5	22.5	24.7
Precipitación	57	38	49	84	171	146	86	110	136	199	128	63	1258
Evaporación	109	115	150	170	157	138	162	152	130	114	101	102	1500
Hora - sol	8	8	9	9	8	8	8	8	7	7	7	7	8
Veloc. Viento	10	12	13	12	12	10	11	10	8	10	10	10	11
Direc. Viento	NE												
Gasto	7	5	7	5	20	133	52	71	122	264	50	10	756

Fig. (10)

Observación:

Temperatura: °C; Precipitación: mm; Evaporación: mm;

Veloc. Viento (a 10 m de altura): km/h ; Direc. Viento (a 10 m de altura) ; Gasto: m<sup>3</sup>/s

### 2.3.5-Infraestructura hidráulica

La necesidad de evaluación de las posibilidades reales de aprovechamiento de los recursos hídricos del país, conllevó a la realización del Esquema General de Aprovechamiento de los Recursos Hidráulicos y Agrarios el cual fue concluido en la década del 70 y mediante precisiones posteriores ha permitido trazar la política de desarrollo integral en este campo (Figura 5).

Tanto la infraestructura hidráulica, como las redes de monitoreo, son operadas de forma independiente por las provincias pertenecientes a la cuenca. El balance integral de las aguas - cantidad y calidad - se ha realizado en el nivel nacional.

## Información hidrológica para distintos cierres

Provincia Río	Cierres	Área (km <sup>2</sup> )	Lluvia Media (mm)	Escurr. Med Anual (m <sup>3</sup> /s)	Gasto Máx. anual Obsev. (m <sup>3</sup> /s)	Fecha QMáx. Obsev
Cauto	Est Hidrom Las Coloradas	65	1580	14.9	665	6/7/80
	Presa Gilbert	143	1548	63		
Cañas	Presa Charco Mono	72	1406	23.9		
	Confluencia	128	1213	36		
Cauto	Presa Gota Blanca	310	1474	122		
Caney	Presa El Caney	56	1524	23.3		
	Confluencia	82	1477	32		
Yarayabo	Presa Santa Rita	101	1400	37		
	Confluencia	134	1392	47		
Santa Cruz	Presa Ullao	25	1105	3		
Guaninicún	Confluencia	631	1449	239		
Jaqua	Confluencia	163	1626	85		
Cauto	Presa Prot. de Baraguá	1689	1415	624		
	Est. Hidromét. Guayabero	1782	1400	656	3159	28/5/66
Contramaestre	Presa C. M. Céspedes	472	1615	298		
Cauto	Est. Hidrom SaltoTravesía	809	1500	315	2489	25/4/79
Contramaestre	Est. Hidrométr. Dos Ríos	960	1500	391		
	Confluencia	43	1120	8		
Arroyo El Jatal	Presa Las Villas	4683	1200	1107	2887	21/5/72
Cauto	Est. Hidrom. Cauto Cristo	92	1526	45	476	30/5/77
Cautillo	Est. Hidrometr. La Fuente	163	1591	75		
	Presa Cautillo	631	1246	157		
	Confluencia					
Bayamo	Est. Hidrométr. La Virgen	143	1320	141	2519	6/8/80
	Presa Corojo	269	2070	307		
	Deivadora Bayamo	458	1650	340		
Guisa	Presa Guisa	96	1738	60		
Bayamo	Est. Hidrom La Bayamesa	540	1701	355	3700	6/8/80
	Confluencia	638	1687	387		
Cauto	Presa Cauto el Paso	5748	1340	1792		
Salado	Est. Hidrom. San Carlos	2140	1018	138		
	Confluencia	2664	1112	507		
Cauto	Desembocadura	8969	1268	1984		

Fi. (11)

## Potencial subterráneo de la cuenca.

Provincia / Cuenca	Área (km <sup>2</sup> )	Recurso Pronóstico (hm <sup>3</sup> )
Total de la cuenca del Cauto	1443.3	405.40

Fig. (12)

## 2.4-Gestión de los Recursos Hidráulicos

Los diferentes usos del agua en Cuba no compiten entre sí, el sistema para la planificación anual respeta las prioridades establecidas, donde el abasto a la población ocupa la primera prioridad.

La distribución y manejo integral de los recursos asignados incluye el uso conjunto de las aguas superficiales y subterráneas y se lleva a cabo por el INRH de conjunto con las empresas locales, debido su carácter interprovincial. Estas empresas además tienen a su cargo el mantenimiento de las obras de conducción y entrega de agua hasta el usuario.

La regulación de las aguas del río Cauto fue obtenida por la infraestructura hidráulica que ha sido necesario desarrollar, a fin de satisfacer las demandas de agua para el riego, la industria y el consumo de la población.

#### 2.4.1-Principales embalses

Existen 19 embalses construidos con un volumen de embalse de 1.329.75 hm<sup>3</sup> y una entrega garantizada de 1.218,9 hm<sup>3</sup>. Se construyeron 68 micropresas con un volumen de embalse de 62,19 hm<sup>3</sup> y una entrega de 58,38 hm<sup>3</sup>. Las figuras 13 y 14 muestran la capacidad de embalse que aporta a la cuenca cada una de las provincias que integran la misma, así como las características principales de cada uno de estos embalses.

Las áreas bajo riego son del orden del 73,7 ha, demandando volúmenes de agua del orden de los 543,2 mm m<sup>3</sup>/año.

#### 2.4.2-Capacidad de almacenamiento hídrico vinculada a la cuenca.

Provincia	Embalses	Volumen de embalse (hm <sup>3</sup> )	Volumen de entrega (hm <sup>3</sup> )
Las Tunas	2	31.65	25.20
Holguín	6	82.70	54.10
Granma	5	586.90	555.30
Santiago de Cuba	6	628.50	584.30
Total	19	1329.75	1218.90

Fig. (13)

#### ***Canales magistrales***

Estos alcanzan una longitud total de 164,40 km localizándose en las provincias Holguín y Granma.

#### ***Estaciones de bombeo***

Existen 9 importantes estaciones de bombeo controladas por el INRH con un caudal total de extracción de 58 m<sup>3</sup>/s

### 2.4.3-Capacidad de almacenamiento para cada embalse y su uso.

Provincia	Nombre de embalse	Nombre de río	Área de cuenca	Capacidad total	Capacidad útil	Fecha de Terminac	Propósito
Granma	Corojo	Bayamo	269	96	85	1990	Agricult.
	Guisa	Guisa	96	66	64	1981	Agricult.
	Cauto El Paso	Cauto	1385	330	321	1991	Agricult.
	Cautillo	Cautillo	163	84	83	1990	Agricult.
	Las Villas	El Jatal	43	10	9	1969	Pastos
Stgo Cuba	Céspedes	Contramaestre	433	245	215	1967	Abas/Agri
	Gilbert	Cauto	144	60	55	1967	Abasto
	Gota Blanca	Cauto	100	84	79	1990	Abas/Agri
	Hatillo	Yarayabo	108	5.8	5.4	1990	Cultivos varios
	Baraguá	Cauto	1712	250	209	1980	Arroz, caña
	Charco Mono	Cañas	72	4.6	4.2	1932	Abasto
Holgúin	Guirabo	Matamoros	94	15	14	1969	Abasto
	Sta Inés	La Rioja	20	3.16	3	1987	Agricult.
	Magueyal	Colorado	57	12.8	12.3	1990	Agricult.
	Las Lajas	La Rioja	24	4.84	4.6	1990	Agricultura
	Bío	Bío	249	67.5	54	1989	Caña
	Limoncito	Camazán	54	7.15	7	1992	Vianda y Hort.
Las Tunas	El Rincón	Aguas Blancas	123	21.4	21.1	1990	Abasto
	Chimbí	Naranjo	66	10	9.4	1988	Agricult.

Fig. (14)

### *Trasvases interprovinciales*

Teniendo en cuenta la ubicación de las distintas presas actuales y perspectivas, así como las áreas de riego de los distintos cultivos y su proyección es necesario conocer los trasvases de agua hacia áreas fuera del valle y trasvases de agua hacia el valle. Ejemplo de esto son los volúmenes de aguas que se trasvasan desde el Cauto hacia los macizos arroceros en la zona norte de la provincia Granma, así como un plan de traslado de agua hacia esta cuenca, proveniente de las cuencas limítrofes situadas al norte.

## **Producción alimentaria sostenible**

De conjunto con un amplio programa de construcciones en el campo de la hidráulica y en el empeño de elevar la producción de alimentos para la población y el desarrollo tecnológico en la actividad agrícola, se desarrolló un programa de construcción de sistemas de riego, que posibilitó un incremento de las áreas bajo riego al cierre del 2001 cuando ya se manifiesta una modesta recuperación económica en el país.

### **2.5-Calidad de las aguas**

Dos razones hacen del agua un recurso único, primero es que esta es el sostenimiento de toda forma de vida sobre la tierra y segundo de que su potencial o cantidad en la tierra no se puede aumentar ni disminuir, o sea es finito.

Sin embargo, este es el elemento más agredido en el transcurso de los años. Este problema de calidad se debió fundamentalmente al poco conocimiento o cultura que muchas personas poseen sobre este tema, a las concentraciones poblacionales y al desarrollo vertiginoso de las industrias sin una visión adecuada al respecto.

#### **2.5.1 ¿Por qué es necesario cuidar y evitar la contaminación del recurso agua?**

1. A nivel mundial la cantidad y calidad del agua dulce, en la mayoría de los países no satisface la demanda social.
2. El nivel de explotación de las aguas subterráneas es cada vez mayor y esto hace que se corran riesgos según el tipo de acuífero, de agotamiento, salinización por intrusión salina del agua de mar y/o geológica.
3. Cada día se hace más difícil satisfacer las necesidades de la sociedad debido al mal manejo de estas reservas.

El agua no sólo se contamina por su explotación intensiva e indiscriminada, sino también debido a los vertidos indiscriminados y frecuentes de las industrias y población, de residuos líquidos y sólidos (basura, escombros, etc.).

#### **2.5.2-Focos contaminantes**

En la cuenca del río Cauto, existen 116 estaciones de monitoreo de la calidad del agua operadas por el INRH. y 128 focos contaminantes. Esta cuenca es una de las más modificadas del país ya que a partir de 1899, se produjo una intensa modificación del paisaje, manteniendo las condiciones naturales una pequeña sección en las zonas más elevadas de la Sierra Maestra y en las cercanías de las costas. La acción antrópica sobre el

paisaje se desarrolló en todo el valle. Actualmente el paisaje se evalúa como un geosistema, desde medianamente modificado hasta fuertemente modificado.

Esta acción antrópica unida a la indebida atención a las medidas antierosivas en las partes altas han provocado la erosión de los suelos, fenómeno que puede afectar la calidad de las aguas interiores y las obras hidráulicas, por eutroficación y azolvamiento.

**En estudio realizado por el INRH a mediados de la década de los 90 arrojo como resultados que:**

- Las aguas del río Cauto han incrementado significativamente la conductividad eléctrica, las sales solubles totales, el calcio, el magnesio y sobre todo los cloruros y el sodio a partir de la ciudad de Palma Soriano.
- El río Salado tiene sus aguas cloruradas, bicarbonatadas, sódicas y cálcicas. Las estaciones de monitoreo arrojan valores promedios de sales solubles totales superiores al contenido máximo admisible para el riego.
- Las aguas del río Bayamo tienen una conductibilidad eléctrica muy baja clasificándose como aguas bicarbonatadas cálcicas.
- En el río Contramaestre las sales solubles totales de sus aguas no son altas, aunque se han presentado valores máximos de 703 mg/l.
- Los restantes parámetros analizados en los afluentes del Cauto indican que la calidad de sus aguas es superior al de las aguas de este último.

**2.5.3-Calidad bacteriológica de las aguas superficiales de la cuenca del Cauto**

Según la información disponible las aguas superficiales del valle del Cauto presentan un indicador de contaminación focal elevado por lo que su utilización como fuentes de abasto a la población exigen de tratamientos de potabilización intensiva.

**2.5.4-Estaciones de monitoreo y focos contaminantes de la red CAL**

En la cuenca existen 288 focos contaminantes y un total de 116 estaciones de muestreo, siendo los sectores doméstico e industrial los de mayor incidencia (Figura 15).

<b>Provincia</b>	<b>Total de estaciones de la red cal</b>	<b>Total de focos contaminantes</b>
Santiago de Cuba	41	37
Granma	24	45
Holguín	47	123
Las Tunas	4	83
<b>Total</b>	<b>116</b>	<b>288</b>

**Fig. (15)**

## **2.6-Características generales de algunos de los embalses de la Provincia Granma.**

### **2.6.1-Presa Bueycito (Granma)**

La presa Bueycito se encuentra ubicada en el municipio de Buey Arriba en la provincia Granma

Este embalse fue construido fundamentalmente para la regulación de los ríos Buey Arriba y río Buey del Yao, para el riego de cultivos varios, producción de energía eléctrica y cría de peces

#### **Ubicación geográfica**

Esta obra pertenece a la Unidad Empresarial de Base Centro, la misma está ubicada en la premontaña municipio Buey Arriba en las coordenadas geográficas N: 173.80 E: 507.50. Su acceso se realiza por la carretera Bueycito – Buey Arriba y se localiza a unos 3 Km de la capital municipal. El área de la cuenca es de 127.8 km<sup>2</sup>.

#### **Historia**

Este embalse fue construido en 1976. Su cauce fundamental es a través de los ríos Buey Arriba y Buey del Yao, tomando el nombre por referencia al municipio donde está enclavada la presa.

#### **Características constructivas**

La topografía de la zona es ondulada, los sedimentos aluviales ocupan la mayor parte y se reconocen algunas zonas tectónicas. Su geología está conformada por areniscas labaceas y tabos con intercalaciones de calizas y margas, así como periferitas andesísticas y basálticas. La obra es de Categoría III. Posee 2 válvulas de cono cada una de 10.0 m<sup>3</sup>/seg

#### **Datos generales**

- **Fecha de inicio de explotación**
- **Categoría de la obra: III**
- **Cuenca: Área de cuenca de 127.8 km<sup>2</sup>.**
- **Ríos principales. Río Buey y Río Buey del Yao**
- **Obra de toma: 2 válvulas de cono cada una de 10.0 m<sup>3</sup>/s**
- **Aliviadero: Tipo Mexicano**
- **Volumen total: 159.0 Hm<sup>3</sup>**

- **Volumen útil: 145.0 Hm<sup>3</sup>**
- **Volumen muerto: 14.0 Hm<sup>3</sup>**
- **Volumen de entrega garantizada: 194.4 Hm<sup>3</sup>**

### **Objetivos de la obra**

Su objetivo principal lo constituye el abasto de agua para cultivos varios, en las zonas del CAI Arrocero Fernando Echenique, la Empresa Azucarera Arquímedes Colina y en la producción de energía eléctrica, entre otras.

### **Piezometría**

Existen 15 piezómetros instalados en la obra, de ellos 2 se encuentran obstruidos y un 73% se encuentran en buen estado.

### **Hidrometría de las filtraciones**

Existen ocho vertedores de filtración, encontrándose en buen estado técnico.

### **2.6.2-Presa Cauto el Paso (Granma)**

La presa Cauto el Paso esta ubicada en el curso del Río Cauto, en la provincia Granma la cual tenía un uso inicial en 1992 para abasto y riego. Construida entre 1988 y 1992, es la tercera del país por su capacidad, 330 millones de metros cúbicos, y puede entregar 33 millones cada año.

### **Ubicación y Características**

Ubicada en la cuenca del Cauto, la de mayor importancia en la provincia Granma, abarca territorios de Bayamo, Cauto Cristo y Río Cauto, siendo de gran importancia para la agricultura.

Presenta las primacías nacionales de cuenca abastecedora (más de seis mil kilómetros cuadrados), nivel máximo de agua (87 kms cuadrados), longitud de cortina y diques (22,4 km), aliviadero principal (10 compuertas de 29 toneladas cada una) y pared en suelo (dos mil 613 metros).

### **Importancia**

La importancia de la presa no estriba sólo en sus dimensiones excepcionales, ni en su alto valor como obra de ingeniería, sino también, y por encima de todo, en los previstos beneficios que toda la región del Cauto en el abasto y riego.

En primer lugar, se ha conseguido controlar eficazmente las crecidas del río. Las aguas del río Cauto, en otro tiempo fangosas y que periódicamente asolaban con sus crecidas las tierras y poblaciones de las llanuras del cauto. Esta ofrece además, una considerable ventaja económica al constituir una reserva estable para la irrigación. Su volumen garantiza el suministro para irrigar las plantaciones del Complejo Agroindustrial Arrocerero Fernando Echenique, la Empresa azucarera Grito de Yara, mejorado significativamente la calidad del agua.

La presa ha resuelto, asimismo, el aprovisionamiento de agua para usos domésticos e industriales: A lo largo de los años siguientes las necesidades de los municipios colindantes pudieron ser satisfechas gracias a los millones de metros cúbicos de agua aportados por el embalse.

### **2.6.3-Presa Cilantro Pílon (Granma)**

**El embalse Cilantro** fue construido fundamentalmente para facilitar el abasto de agua a la población y favorecer el riego a agricultura.

#### **Ubicación geo gráfica**

Esta obra hidráulica se encuentra ubicada a unos 15 km al este del poblado de Pílon y a 2 km de la desembocadura del Río del mismo nombre, en la vertiente sur de la Provincia Granma; limitando al norte con la Sierra Maestra, al sur con la carretera Granma, al oeste con el poblado de Pílon y al este con la provincia Santiago de Cuba.

#### **Objetivo**

El objetivo de la misma es abastecer de agua a la población del municipio de Pílon y el riego de los cultivos varios de este territorio.

#### **Generalidades**

##### **Capacidad**

Tiene una capacidad de 12,2 millones de metros cúbicos y está construida de materiales locales con un núcleo de arcillas y espaldones de rocoso.

#### **Objetos de obras fundamentales**

Cuenta con cuatro objetos de obras fundamentales

1. Cortinas
2. Dique

3. Aliviadero
4. Obra de toma

Capta las corrientes que fluyen de los ríos Cilantro y Monacal con un área de la cuenca de 50.4 km<sup>2</sup> y una altura media de ésta de 320 m, la longitud del río principal es de 18 km la lluvia media es de 1432 mm anuales con un escurrimiento de 21.6 millones de metros cúbicos.

### **Conductora**

Posee una conductora que tiene como objetivo trasvasar el agua desde la presa hasta el poblado de Pílon y las arreas aledañas. Esta conductora es de 21.3 km y un diámetro de 630 mm. Esta obra es capaz de abastecer de agua potable a 11200 habitantes y mantiene más de 36 caballerías de tierra bajo riego; punto fundamental para que este municipio se autoabastezca de Viandas y hortalizas.

#### **2.6.4-Presa Corojo (Granma)**

Embalse que fue construido fundamentalmente para la regulación del río Bayamo, el riego de cultivos de arroz, abasto de agua a zonas ganaderas y acueducto y alcantarillado, este embalse fue fundado en 1990 y se encuentra ubicado en el municipio Guisa de la provincia Granma

### **Ubicación geográfica**

Esta obra pertenece a la Unidad Empresarial de Base Complejo Hidráulico Centro, la misma está ubicada en la premontaña municipio Guisa que limita al norte con 173-174 y al este 524-525. Su acceso se realiza por la carretera Bayamo-Mojara y se localiza a unos 25 Km. de la capital municipal. El área de la cuenca es de 269 km<sup>2</sup>.

### **Historia**

Este embalse fue construido en 1990. Su cauce fundamental es el río Bayamo.

### **Características constructivas**

La topografía de la zona es ondulada y su geología está conformada por arcillas de origen calcáreo sustentadas sobre rocas calizas meteorizadas. Es una obra construida de arcilla. La obra es de Categoría III. Posee 2 válvulas de cono cada una de 11 m<sup>3</sup>/seg.

## Datos generales

- Fecha de terminación de la obra: 1990.
- Fecha de inicio de explotación: 1990.
- Categoría de la obra: III
- Cuenca: Área de cuenca de 269 Km<sup>2</sup>
- Río principal: Río Bayamo.
- Obra de toma: 2 válvulas de cada una de 11.m<sup>3/s</sup>

1. Aliviadero

2. Compuertas

3. Volumen total: 96.0 Hm<sup>3</sup>

4. Volumen útil: 85.0 Hm<sup>3</sup>

5. Volumen muerto: 11.0 Hm<sup>3</sup>

6. Volumen de entrega garantizada: 180.0 Hm<sup>3</sup>

## Objetivos de la obra

Su objetivo principal lo constituye la regulación del río Bayamo, para el riego de cultivos de arroz, y abasto de agua a zonas ganaderas de la Empresa Pecuaria La Bayamesa, la UEB Acueducto y Alcantarillado Bayamo, Empresa Taichi S.A., el CAI Arrocerero Fernando Echenique, entre otras.

## Hidrometría de las filtraciones

Existe un vertedor trapezoidal colocado en el pie de talud, este se encuentra en buen estado técnico, los resultados de las observaciones en el período de explotación del mismo demuestran que no supera los 4 l/s. Además, existen filtraciones controladas de menor significación.

La presa tiene una cortina de arcilla, la cual presenta un foco de filtración que se localiza su salida por la obra de toma construida con ese fin, el resto de la misma no presenta otras filtraciones. La base posee buenas características geológicas.

### 2.6.5-Presa Guisa (Granma)

Embalse que fue construido fundamentalmente para la regulación del río Guisa, y compensación con el embalse Corojo, para el riego de cultivos y abasto de agua a zonas ganaderas, Acueducto y Alcantarillado.

## **Ubicación geográfica**

La misma está ubicada en la premontaña municipio Guisa N:176.2 E:527.0. Su acceso se realiza por la carretera Bayamo-Guisa y se localiza a unos 21 Km. de la capital municipal. El área de la cuenca es de 95.6 km<sup>2</sup>.

## **Historia**

eso toma su nombre. Esta obra pertenece a la Unidad Empresarial de Base Complejo hidráulico centro.

## **Características constructivas**

La topografía de la zona es ondulada y su geología está conformada por arcillas de origen calcáreo sustentadas sobre rocas calizas meteorizadas. Es una obra construida de arcilla. La obra es de Categoría III. Posee 2 válvulas de cono cada una de 11 m<sup>3</sup>/s.

## **Datos generales**

- Fecha de terminación de la obra. 1981.
- Fecha de inicio de explotación. 1981.
- Categoría de la obra. III
- Cuenca. Guisa con un área de 95,6 Km<sup>2</sup>.
- Río principal. Río Guisa.
- Obra de toma. Sumergida y entrega por 2 válvulas.
- Aliviadero. Trinchera.
- Volumen total. 66,5 Hm<sup>3</sup>
- Volumen útil. 64,7 Hm<sup>3</sup>
- Volumen muerto. 1,8 Hm<sup>3</sup>
- Volumen de entrega garantizada. 44,5 Hm<sup>3</sup>

## **Objetivos de la obra**

Su objetivo principal lo constituye la regulación del río Guisa, y compensación con el embalse Corojo para el riego de cultivos de arroz, y abasto de agua a zonas ganaderas de la Empresa Pecuaria La Bayamesa, la UEB Acueducto y Alcantarillado Bayamo, Empresa Taichi S.A., el CAI Arrocerero Fernando Echenique, entre otras.

## **Hidrometría de las filtraciones**

Existen dos vertedores trapezoidales colocado en el pie de talud, estos se encuentran en buen estado técnico. Además, existen filtraciones controladas. La base posee buenas características geológicas

### **2.6.6-Presa las Villas (Granma)**

Embalse que fue construido fundamentalmente para la regulación del Arrollo Jatal del municipio Jiguaní, Granma, Cuba, para el riego de cultivos varios y abasto de agua a zonas ganaderas

### **Ubicación geográfica**

Esta obra pertenece a la Unidad Empresarial de Base Complejo Hidráulico NORTE, la misma está ubicada en la precauce del cierre de la cuenca del arrollo Jatal, municipio Jiguaní, provincia Granma N: 201.1 E: 549. Su acceso se realiza por la carretera Jiguaní - Dos Ríos y se localiza a unos 17 Km de la capital municipal.

### **Historia**

Este embalse fue construido en 1984. Su cauce fundamental es el Arrollo Jatal.

### **Características constructivas**

La topografía de la zona es ondulada y su geología está conformada por arcillas de origen calcáreo sustentadas sobre rocas calizas meteorizadas. Es una obra construida de arcilla. La obra es de Categoría III. Posee 2 válvulas de cono cada una de 11 m<sup>3</sup>/seg.

### **Datos generales**

- **Vol. Máx.:11.000 Hm<sup>3</sup>. N.A.Máx.: 74.20 m.**
- **Vol. Util: 8.100 Hm<sup>3</sup>. N.A.N.: 73.70 m.**
- **Vol. Mto.: 0.920 Hm<sup>3</sup>. N.A.Mto.: 66.50 m.**
- **Altura Máx de la cortina: 20.00 m.**
- **Longitud Cortina: 750.00 m**
- **Ancho de la corona:10.00m.**
- **Aliviadero automático tipo frontal**
- **Gasto de Diseño: 86.44 m**

## **Objetivos de la obra**

Su objetivo principal lo constituye la regulación del Arrollo Jatal, para el riego de cultivos varios, fundamentalmente el arroz, y abasto de agua a zonas ganaderas de las Empresas Pecuarias 14 de junio y Roberto Estévez Ruz, pertenecientes a los municipios de Jiguaní y Cauto Cristo respectivamente.

## **Piezometría**

No existen piezómetros instalados en la obra.

## **Hidrometría de las filtraciones**

Existe un vertedor trapezoidal colocado en el cauce del arroyo, los resultados de las observaciones en el período de explotación del mismo demuestran que no supera los 4 L/s. Posee una cortina de arcilla, la cual presenta un foco de filtración que se localiza su salida por la obra de drenaje construida con ese fin, el resto de la misma no presenta otras filtraciones. La base posee buenas características geológicas, además el escurrimiento de esta es 1.5 Hm<sup>3</sup> y no alcanza los volúmenes y niveles conocidos.

## **2.7-Tiempo de retardo en el cause**

El tiempo de retardo es uno de los parámetros característicos de una cuenca vertiente, cuya determinación es de gran importancia para la correcta determinación de los gastos máximos y sus hidrógrafos, sobre todo en las cuencas pequeñas. Se define generalmente como el intervalo de tiempo comprendido entre el centro de gravedad del hietograma del exceso de precipitación y el centro de gravedad o punto máximo del hidrograma de la avenida correspondiente o, en los casos de cuencas pequeñas, donde el tiempo de concentración es aproximadamente igual al tiempo de retardo, midiendo el tiempo de subida del hidrograma. Se compone por los tiempos de retardo de las laderas y por el cauce, adquiriendo el primero mayor peso a medida q la cuenca disminuye de tamaño.

### **2.7.1- Evaluación correcta del tiempo de retardo**

Para evaluar correctamente el tiempo de retardo entre el nacimiento del río y un cierre dado debiérase, o bien disponerse de sendas estaciones en dichos lugares o, lo q es mejor aún, de uno o varios equipos pluviográficos en puntos representativos de la cuenca, esta tendría un área lo suficientemente pequeña para poder suponer q la lluvia caiga de manera uniforme en toda su extensión durante su tiempo de duración. En este último caso la medición incluiría el tiempo de retardo por laderas.

Un estudio de este tipo en varias cuencas con diferentes condiciones sería muy útil a fin de elaborar formulas para calcular el tiempo de retardo en función de

variables hidrológicas y físico-geográficas e inclusive, para definir concretamente en nuestro país cuales son los límites apropiados para poder considerar una cuenca como **pequeña** o **grande**, analizando si el efecto del gasto (o tiempo de retardo) por el canal es más pronunciado que el efecto del escurrimiento por las laderas o, en otras palabras, si la sensibilidad de la cuenca a las lluvias de gran intensidad y corta duración no es enmascarada por las características de almacenamiento del canal.

El tiempo de retardo por el cauce depende de los siguientes factores:

$$r = f(Q, Y, S, C, K) \quad (8)$$

Donde: Q = gasto de la corriente

Y = pendiente de la superficie del agua

S = longitud de recorrido del agua

C = coeficiente de rugosidad

K = coeficiente que depende de las características morfométricas del cauce (área de la sección transversal (W) ancho de la sección transversal (B) y profundidad media del cauce (H).

Todas estas variables fluctúan según la zona o un cierre determinado de una cuenca, existiendo además una fuerte interrelación entre las mismas. Sin embargo, de todas ellas las más significativas son el gasto y la pendiente, donde están contenidas intrínsecamente las características de la lluvia crítica causante del escurrimiento y las del relieve de la cuenca, que a su vez lo condiciona.

Así, para canales suficientemente cortos (por ejemplo, menores de 40-50 km), sin aportes laterales importantes, una argumentación matemática del tiempo del retardo que incluiría las variables mencionadas, sería la siguiente, partiendo de:

$$r = \frac{S}{Vr} \quad (9)$$

Donde: S= distancia que recorre el agua

Vr = velocidad media de la corriente en el tramo para un intervalo breve de tiempo, se tiene:

$$Vr = \frac{\Delta S}{\Delta r} = \frac{\Delta Q}{\Delta W} \quad (10)$$

Y para un instante dado:

$$V = \frac{dQ}{dW} \quad (11)$$

Por tanto:

$$Q = VW$$

Siendo V = velocidad de la ola de la avenida media en una sección transversal dada.

Ahora, sustituyendo la profundidad media (H) por el radio hidráulico en la fórmula de Chezy y derivando:

$$dV = \frac{c\sqrt{H \cdot Y}}{2H} \cdot dH = \frac{Vr}{2H} dH \quad (13)$$

Y si tenemos:

$$dW = B dH \quad (14)$$

Entonces:

$$dH = \frac{dW}{B} \quad (15)$$

Diferenciando (12) sustituyendo (13) y (15) en la misma y simplificando:

$$dQ = WdV + VrdW \quad (16)$$

$$dQ = W \frac{Vr}{2BH} \cdot dW = VrdW \left( \frac{W}{2BH} + 1 \right) \quad (17)$$

Siendo  $K = \frac{W}{2BH} + 1$  = coeficiente que está en función de las características morfométricas del cauce.

Finalmente, si sustituimos (17) en (11) nos queda:

$$V = K Vr \quad (18)$$

También se puede plantear:

$$V = K_1 V_m \quad (19)$$

Siendo  $V_m$  = velocidad media de la corriente en una sección transversal y  $K = K_1$ , o sea, se supone que la relación existente entre los parámetros morfométricos del cauce se mantiene constante en toda la extensión del río. También se asume que  $V_m \approx Vr$ , lo cual puede cumplirse con mayor aproximación en tramos lo suficientemente pequeños, que es el caso que tratamos.

Para los tres tipos principales de secciones existentes, la rectangular ( $W = BH$ ), la triangular

( $W = \frac{1}{2}BH$ ) y la parabólica ( $W = \frac{2}{3}BH$ ), los coeficientes  $K$  son 1.50, 1.25, y 1.33, respectivamente, constatando teóricamente que la velocidad de la ola de la avenida es mayor que la de la corriente.

Se procedió a calcular los mismos coeficientes para las secciones transversales estudiadas en este trabajo, encontrando que las mismas variaban entre 1.40 y 1.50 generalmente, resultados comprobatorios de que las relaciones entre las características morfométricas en dichos cauces se acercan al tipo rectangular, cuestión que puede ser confirmada si se analizan los perfiles transversales de las estaciones hidrométricas, en los cuales pueden observarse que constan

fundamentalmente de un lecho plano (formado casi siempre por aluviones y cantos rodados ) y márgenes escarpadas más o menos inclinadas.

No obstante, es conocido que en la practica la velocidad de la ola de la avenida no es considerablemente mayor que la de la corriente o son aproximadamente coincidentes e incluso inferior, por ejemplo, como plantea Befani, para los ríos de Moldavia, donde de acuerdo con investigaciones realizadas la relación entre ambas velocidades oscila alrededor 0.80 y 1.00, según para ríos de llanura o de montaña.

Lo anterior ocurre debido a vario factores, como son: que la velocidad de desplazamiento de la ola en el tramo puede disminuir al salirse del cauce principal y pasar por la avenida, a la formación en el cauce de **salientes de rugosidad**, tales como meandros y recodos que forman remolinos en el fondo y las márgenes, a las diferentes proporciones del almacenamiento en el cauce, a la influencia de los aportes laterales no uniformes y la variabilidad de la pendiente y la rugosidad a lo largo del tramo etc.

### **2.7.2-Calculo de los tiempos según las formulas mas utilizadas en la práctica hidrológica cubana, que son las siguientes:**

#### **Ramser-Kirpich**

$$Tc = \left( \frac{Lr}{\sqrt{Yb}} \right)^{0.77} \quad (21)$$

#### **California**

$$Tc = 58 \left( \frac{Lr^3}{He} \right)^{0.385} \quad (22)$$

## Ven Te Chow

$$T_p = 25.3 \left( \frac{L_r}{V_r} \right)^{0.64} \quad (23)$$

## Alexeev

$$V_r = a Y_r^{1/3} Q_{p\%}^{1/4} \quad (24)$$

$$a = 0.15 (20 n)^{-3/4} \quad (25)$$

$$T_r = 16.67 \frac{L_r}{V_r} \quad (26)$$

- Donde
- $T_c$  = tiempo de concentración (min)
  - $T_p$  = tiempo de retardo (min)
  - $T_r$  = tiempo de retardo por el cauce (min)
  - $L_r$  = longitud del río principal (km)
  - $Y_b$  = pendiente bruta (m/m)
  - $H_e$  = diferencia de elevación (metros)
  - $V_r$  = velocidad de retardo por el cauce (m/s)
  - $a$  = coeficiente de rugosidad media a lo largo del cauce principal
  - $Q_{p\%}$  = gasto máximo de una probabilidad  $p\%$  ( $m^3/s$ )
  - $n$  = coeficiente de rugosidad de Manning

Nota:  $T_r = T_c$  en ecuaciones (21) y (22) cuando se trata de cuencas pequeñas



---

# CAPÍTULO 3

---



## 2.8-Resultados y análisis

### 2.8.1-Cálculo de los tiempos de retardo

Método que se utilizo fue el de Alexeev

#### Procedimiento de calculo

$$Vr = a Yr^{1/3} Qp\%^{1/4}$$

Luego de tener  $a$  =(coeficiente de rugosidad media a lo largo del cauce principal) sustituimos el valor de  $Qp\%$  = (gasto máximo de una probabilidad  $p\%$ ( $m^3/s$ ) y el valor de  $Y$ = (Pendiente) que se buscó en el ARCGIS (programa informático) , resolvemos la ecuación

$$a = 0.15 (20 n)^{-3/4}$$

se procede a calcular  $a$  =(coeficiente de rugosidad media a lo largo del cauce principal) sustituimos el valor de  $n$  = (coeficiente de rugosidad de Manning) que se busca en una tabla, calculamos

$$Tr = 16.67 \frac{Lr}{Vr}$$

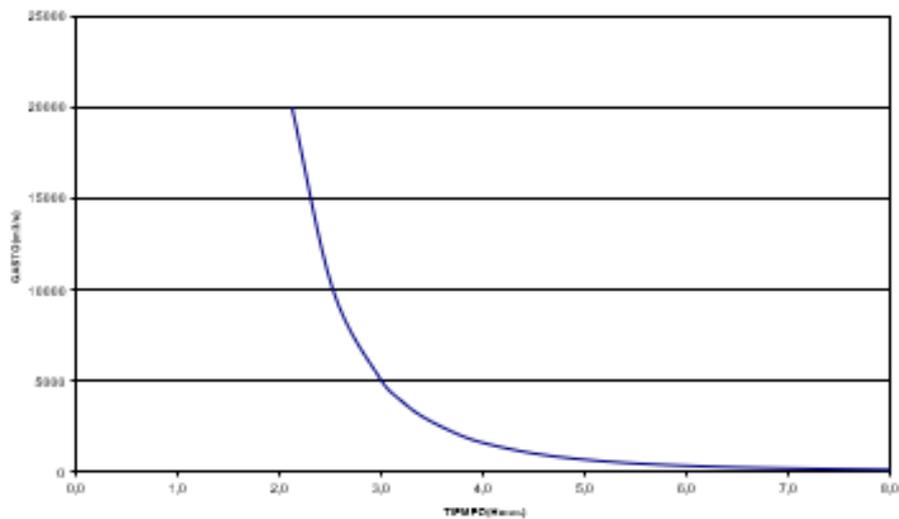
Luego de tener el resultado de  $Vr$  = (velocidad de retardo por el cauce (m/s)) sustituimos  $Lr$  = longitud del rio principal (km), calculamos y obtenemos el resultado de el  $Tr$  = tiempo de retardo por el cauce (min)

$Tr (Hr)=Tr(min)/60$

## 2.8.2-CÁLCULO DEL TIEMPO DE RETARDO TRAMO Pr. COROJO- Dr. BAYAMO

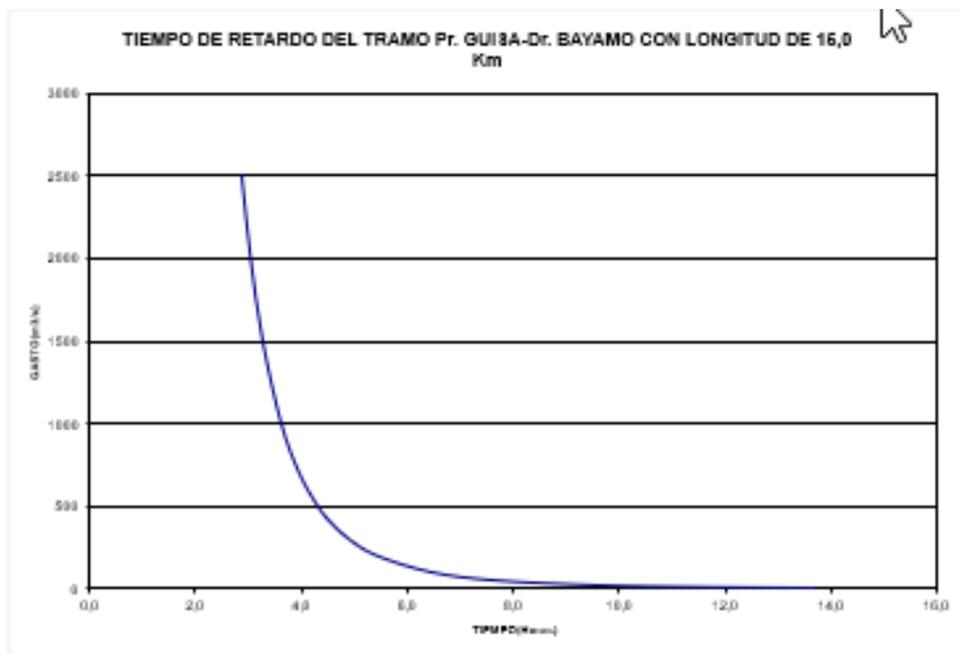
Qp	Vr	Tr (min)	Tr (horas)	Qp
5	0,299	1010	16,8	5
10	0,355	850	14,2	10
20	0,422	714	11,9	20
50	0,531	568	9,5	50
100	0,632	478	8,0	100
200	0,751	402	6,7	200
300	0,831	363	6,0	300
400	0,893	338	5,6	400
500	0,944	319	5,3	500
700	1,027	294	4,9	700
1000	1,123	269	4,5	1000
1500	1,243	243	4,0	1500
2000	1,336	226	3,8	2000
3000	1,478	204	3,4	3000
4000	1,588	190	3,2	4000
5000	1,680	180	3,0	5000
10000	1,997	151	2,5	10000
20000	2,375	127	2,1	20000

TIEMPO DE RETARDO DEL TRAMO Pr. COROJO-Dr. BAYAMO CON LONGITUD DE 18,1 Km



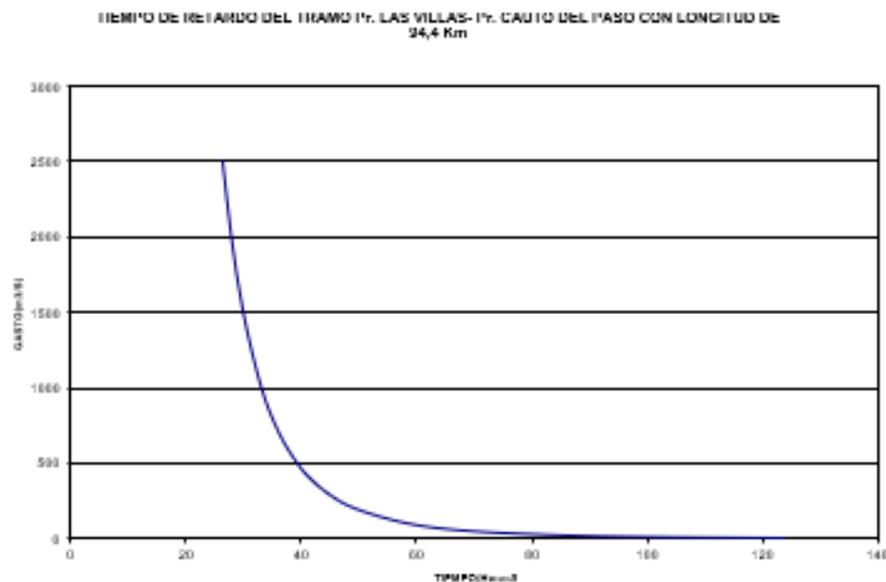
### 2.8.3-CÁLCULO DEL TIEMPO DE RETARDO TRAMO Pr. GUISA- Dr. BAYAMO

Qp	Vr	Tr (min)	Tr (horas)	Qp
5	0,305	819	13,7	5
10	0,363	689	11,5	10
20	0,432	579	9,7	20
50	0,543	461	7,7	50
100	0,646	387	6,5	100
200	0,768	326	5,4	200
300	0,850	294	4,9	300
400	0,913	274	4,6	400
500	0,965	259	4,3	500
700	1,050	238	4,0	700
1000	1,148	218	3,6	1000
1500	1,270	197	3,3	1500
2000	1,365	183	3,1	2000
2500	1,443	173	2,9	2500



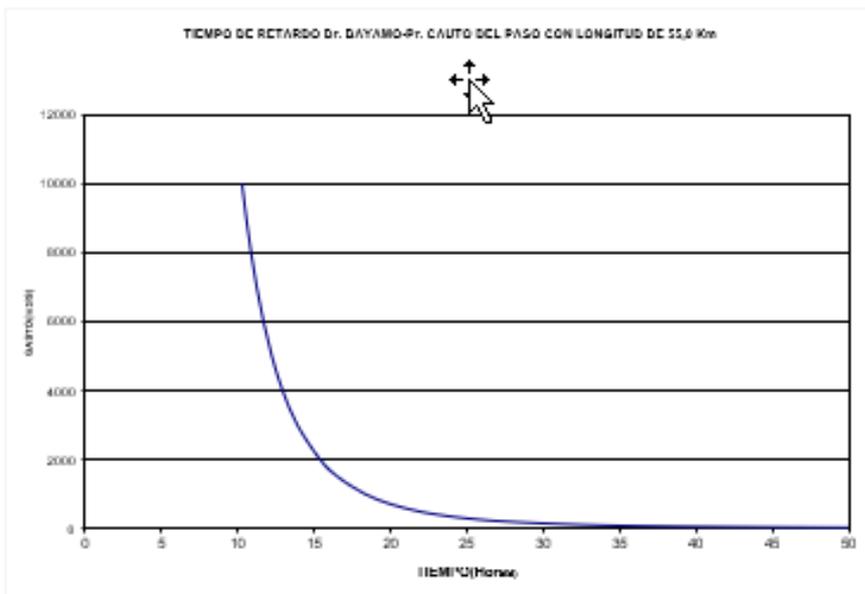
## 2.8.4-CÁLCULO DEL TIEMPO DE RETARDO TRAMO Pr. LAS VILLAS- Pr. CAUTO DEL PASO

Qp	Vr	Tr (min)	Tr (horas)	Qp
5	0,212	7429	124	5
10	0,252	6247	104	10
20	0,300	5253	88	20
50	0,377	4178	70	50
100	0,448	3513	59	100
200	0,533	2954	49	200
300	0,590	2669	44	300
400	0,634	2484	41	400
500	0,670	2349	39	500
700	0,729	2160	36	700
1000	0,797	1975	33	1000
1500	0,882	1785	30	1500
2000	0,947	1661	28	2000
2500	1,002	1571	26	2500



### 2.8.5-CÁLCULO DEL TIEMPO DE RETARDO TRAMO Dr. BAYAMO-Pr. CAUTO DEL PASO

Qp	Vr	Tr (min)	Tr (horas)	Qp
5	0,222	4130	69	5
10	0,264	3473	58	10
20	0,314	2920	49	20
50	0,395	2323	39	50
100	0,469	1953	33	100
200	0,558	1642	27	200
300	0,618	1484	25	300
400	0,664	1381	23	400
500	0,702	1306	22	500
700	0,764	1201	20	700
1000	0,835	1098	18	1000
1500	0,924	992	17	1500
2000	0,993	924	15	2000
3000	1,099	835	14	3000
4000	1,181	777	13	4000
5000	1,248	734	12	5000
6000	1,307	702	12	6000
7000	1,358	675	11	7000
8000	1,404	653	11	8000
9000	1,446	634	11	9000
10000	1,485	618	10	10000



## 2.9-Calculo de los tiempos de retardo de los embalses y sus afectaciones

Cartografía de las zonas propuestas

NO	ZONAS DE INUNDACIÓN	CANTIDAD DE PLUVIÓMETROS	PUNTOS DE OBSERVACIÓN DE NIVELES	RTU	EQUIPOS DE COMUNICACIÓN
1	Presa Las Villas	1	1		1 TroonKing
2	Presa Cautillo	9	3 (Presa, Derivadora y RTU Confluencia)	1	2 TroonKing y Teléfono
3	Presa Cauto del Paso	17	Presa y Carretera Bayamo Tunas.	2	2 TroonKing y Teléfono
4	Presa Batalla de Guisa	3	Presa	2	2 TroonKing y 1 Teléfono
5	Presa Corajo	3	Presa Derivadora Bayamo	1	2 TroonKing y Teléfono
6	Presa Pedregales	3	Presa Derivadora Mabay	--	1 TroonKing
7	Presa Bueycito	2	Presa Derivadora Buey	--	1 TroonKing
8	Presa Paso Malo	3	Presa Derivadora Yara	--	2 TroonKing y Teléfono
9	Presa Vicana	3	Presa, Derivadora	--	2 TroonKing y Teléfono
10	Presa Cilantro	3	Presa	--	2 TroonKing y Teléfono
11	Zona media Cuenca Cauto	14		3	9 trounking y 12 teléfonos
12	Zona baja Cuenca Cauto	22		4	3 trounking y 5 teléfonos
	<b>Total</b>	<b>77</b>	<b>17</b>	<b>13</b>	

### 2.9.1-Presa Bueycito

Lugares que afecta

El Remate, Sabana Nueva, Caporeta--1904 hab.; Veguitas--3007 hab.; Macuto 1--646 hab.; Macuto 2--256 hab., Los Cayos--336 hab.; 2202 hab.; Ravelo--515 hab., 30 de Noviembre--243 hab.; Cayos Ratones--93 hab., Las Caobas--166 hab., El Carnero--230 hab, Los Guiros--214 hab., Palo Seco--40 hab., San francisco--141 hab., Sabana Lamar--38 hab, Sofía--260 hab.; Yamagual--186 hab.; Gutiérrez--685 hab.; Buena Vista--554 hab.; Bueycito 1--432 hab.; Bueycito 2--402 hab., Bueycito 3--460 hab.; 325 hab.; María Buena--335 hab.; Las Pitas--206 hab.; Tinita Tienda--445 hab., Arroyo Prieto--302 hab., Palmadito--149 hab., 750 hab., Jiménez--90 hab., Valenzuela--307 hab., Corojito--150 hab y Pueblo Nuevo--413 hab.

#### Área

Área de inundación por vertimiento  
gasto máximo: 2250 m<sup>3</sup>/seg.

#### Poblados que se afectan y tiempo de retardo

<b>Poblados</b>	<b>Tr</b>
Veguita	4.05 hrs
Sofía	4.35 hrs
Las Caobas	5.20 hrs
Derivadora Buey Arriba	1.30 hr

### **2.9.2-Presa Cilantro**

Afecta el poblado de Pílon y objetivos económicos importantes tales como el Hotel Marea del Portillo

Total de 350 Hab afectados

#### **Área**

Área de inundación por rotura,  
gasto máximo 1977 m<sup>3</sup>/seg  
Nivel 24.0 m

Área de inundación por vertimiento  
gasto máximo:812,0 m<sup>3</sup>/seg  
Nivel 21,0 m

#### **Poblados que se afectan y tiempo de retardo**

<b>Poblados</b>	<b>Tr</b>
Barranca Honda	6 min
Barrio de la luz	36 min
Marea del Portillo	36 min
Hotel Marea del Portillo	40 min

### **2.9.3-Presas Guisa y Corojo**

Afecta parte del municipio Guisa y Bayamo

Monjará Edificios--908 hab

Mojará Caserío--356 hab

San José--1144 hab

Santa Bárbara--545 hab

Arroyo Azul--78 habitantes

Total de habitantes afectados 3115

### **Área**

Área de inundación por vertimiento  
gasto máximo:1170 m<sup>3</sup>/seg  
nivel (107,35 mt)

### **Poblado que se afectan y tiempo de retardo**

<b>Poblad</b>	<b>Tr</b>
Santa Barbara	21 min
San Lorenzo	33 min
San Pedro	53 min
Estalaje	2.28 horas
El Coco	2.28 horas
Dr. Bayamo	3.05 horas
Bayamo	3.10 horas
La Cahanga	4.0 horas
Las Mangas	4.0 horas

### **Área**

Área de inundación por vertimiento  
gasto máximo:(3560 m<sup>3</sup>/seg)  
Nivel 55,10 mt

### **Poblad**

<b>Poblad</b>	<b>Tr</b>
San José	5 min
Santa Barbara	21 min
San Lorenzo	48 min
San Pedro	53 min
La Cachanga	3.5 horas
Bayamo	3.0horas

### **2.9.4-Presa Las Villas**

Afecta la localidad de Los Guantanameros

Total 31 hab afectados

## Área

Área de inundación por vertimiento  
gasto máximo: 84 .4 m3/seg.  
Nivel 1.0 m.

## Poblado que se afectan y tiempo de retardo

Los Guantanameros (9,0 min)

### 2.9.5- Presa Cauto el Paso

Lugares que afecta

Río Cauto--5170 hab.; Cayamas--4409 hab.; Cauto Embarcadero-- 4902 hab.;  
Vado del Yeso--280 hab., Guamo Embarcadero--4471 hab., Guamo V--3944 hab.,  
Santa Rosa—1293 hab. Batey--5891 hab.; Las 1009--217 hab., Cauto del Paso--  
2951 habitantes

Total, de hab. afectados 48 468

## Área

Área de inundación por rotura  
gasto máximo 98431,0 m3/seg

Área de inundación por vertimiento  
gasto máximo: 11 100 m3/seg

## Poblado que se afectan y tiempo de retardo

Poblad	Tr
Los Cayos	7 min
La Cartuja	3.03 horas
Miradero	3.20 horas
Cauto Embarcadero	6.18 horas
Los Guayitos	6.20 horas
Naranja	8.20 horas
Río Cauto	14.85 horas

### 2.9.6-Presa Paso Malo

Lugares que afecta

Yara--365 hab.; 295 hab.; Guatavire--83 hab.; José Martí --1784 hab.; Jobosí--114 hab.; Barranca Alta--202 hab.; San Lucas--103 hab.; Vega Larga--153 hab.; Yara Arriba--200 hab.; Boquerón--44 hab.; Jiménez--25 hab.; Cobia--244 hab.; El Coco--255 hab.; Coco Afuera--936 hab.; Santa Rosa--35 hab., Camino Vicana--62 hab., 233 hab., Faja, la rufina palmar, el caño--2574 hab., Zarzal--3221 hab., Masó--460 hab., Suñol--2053 hab., El Uvero, Sabana Nueva, El Sitio-1499 hab.

Total de hab. afectados 14 940

### Área

Área de inundación por rotura  
gasto máximo (75487. 69 m3/seg.

Área de inundación por vertimiento  
gasto máximo: 2300 m3/seg.  
Nivel: (107.35 mt)

### Poblado que se afectan y tiempo de retardo:

Pobladados	Tr
Dr. Yara	20 min
Sarsal	46 min
Calambrosio	46 min
Botijal	46 min
Madre Vieja	1.08 min
Cabagan	1.08 min
yara Arriba	1.08 min
San Lucas	1.44 horas
Jobosi	1.44 horas
El Coco	1.44 horas
Yara	1.44 horas
Las Novillas	2.31 horas
Voquerón	2.31 horas
Blanquizal	4.26 horas
Manzanillo	4.26 horas

### 2.9.7-Presa y Derivadora Vicana

Lugares que afecta

Afecta el poblado de Media Luna Cabecera del Municipio

Total hab afectados 16619

## Área

Área de inundación  
gasto máximo 627,4 m<sup>3</sup>/s

### Poblado que se afectan y tiempo de retardo:

Media Luna cabecera 1,19 hrs desde la Derivadora y 5,19 de la Presa Vicana

### 2.9.8-Presa Pedregales

Lugares que afecta

Teodora, Candelaria, El Dátil, Santa Rosa, Pompita, Batey del medio, CAI Arquimedes Colina, El Curao, Las Palmas, San Rafael, Cayo Guazan, Sabana Nueva

Total de hab. afectados 16 482

## Área

Área de inundación por vertimiento  
Gasto máximo:1166 m<sup>3</sup>/seg.

### Poblados que se afectan y tiempo de retardo:

Poblados	Tr
Derivadora Mabay	1.05 horas
Pompita	1.35 horas

### 3-Sistema de trabajo

El sistema se activa ante las Notas Oficiales de la DC, las Indicaciones del INRH, del Nivel Central o de las Instancias territoriales atendiendo a las Recomendaciones de los Especialistas en Recursos Hidráulicos o a los Avisos de los Centros Meteorológicos de la Provincia.

Las movilizaciones pueden tener carácter general, para todo el territorio, o particular, cuando se especifican un número de obras o zonas de inundación. La Empresa de Aprovechamiento Hidráulico puede establecer la Movilización para una cuenca en particular, aunque las lluvias no se consideren significativas, obedeciendo al conocimiento previo de alguna eventualidad (fallas técnicas que pudieran llevar a roturas, por ejemplo).

Al recibir el aviso el Puesto de Mando de la Delegación del INRH del territorio, lo transmitirá al Puesto de Mando de la Empresa de Aprovechamiento de manera

rápida, pero con claridad y precisión. De igual manera desde este lugar se comunicará por distintas vías a los Grupos de trabajo de los Complejos Hidráulicos, a los compañeros que se encuentran movilizados en los Embalses, a toda la Red de Telecorreos a través de su Oficina Provincial y a todos los demás puntos de observación de las precipitaciones y de niveles que han sido seleccionados.

### **3.1-Recepción de la información**

La información será captada por el puesto de mando de la Empresa de Aprovechamiento, donde se verificará el origen y confiabilidad del dato antes de pasarlos al Grupo de trabajo de especialistas que serán los encargados de procesar los datos.

La frecuencia con que se recibirá la información será en dependencia de la fase que esté decretada por la Defensa Civil Nacional. Esto se debe organizar mediante convenio con antelación con cada uno de los puntos que brindara la información.

### **3.2-Procesamiento de la información**

El procesamiento se hará utilizando como base todos los métodos y herramientas que usualmente se aplican en estos casos, como son cálculo de la lluvia media para la cuenca, cálculos de avenidas que llegan a los embalses, determinación de los tiempos de retardo, hidrógrafos resultantes, etc. Para esto contamos con modelos automatizados que han sido atizado en múltiples eventos de huracanes e intensas lluvias entre los que se encuentra uno para el cálculo del aporte a los embalses y un sistema para los partes de lluvia y embalses con el que se reduce al máximo el tiempo para terminar las informaciones.

### **3.2-transmisión de la información**

Cuando se concluye la información se llevará al puesto de Mando para que ahí se tramite el envío al Puesto de Mando de la Delegación, desde donde se comunicará a todos los organismos que lo requieran y a las máximas direcciones del Poder Popular y del PCC, de donde van a salir todas las orientaciones necesarias en dependencia de la situación en que se encuentre el territorio en esos momentos.

La información que sea solicitada por algún interesado y por los distintos Órganos de prensa será ofrecida solo por las personas que están autorizadas a hacerlo.

### **3.3-Apoyo Técnico**

La atención a los equipos seleccionados se hará sistemáticamente por cada observador con un mantenimiento ligero y mediante el cumplimiento del plan de

mantenimientos que está previsto en los Complejos Hidráulicos en los que una vez al año se pintan, se reparan los componentes que sean necesarios y se elimina cualquier tipo de interferencia que sea detectado. En esto juega un papel importante el funcionamiento de las Células Básicas que se encargan en la base de la atención a todas las redes hidrológicas.

El mantenimiento a los medios de comunicación se realizará, para el caso de las plantas de Radio y TroonKing por el técnico que se encarga de esta tarea en la Empresa en dependencia de lo que está planificado y en caso de alguna afectación por presencia de algún evento meteorológico se le garantizará la reparación o el cambio del equipo con la mayor rapidez posible con el objetivo de que se informe la mayor cantidad de la información.



---

# CONCLUSIONES

---



Con el cálculo del tiempo de retardo podemos saber con certeza en el momento que un determinado volumen de agua llegará a un punto lo que nos permite tomar decisiones oportunas.

Los embalses en general por su ubicación tienen mayor cantidad de personas aguas arriba que aguas abajo por ello la importancia de conocer su área inundable.

En cuencas pequeñas de pendiente fuerte el tiempo de retardo puede igualarse al de concentración.

Los embalses son de gran importancia para la vida, pero aparejado a ello nos exponen a un gran peligro.



---

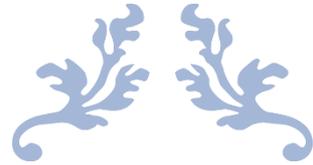
# RECOMENDACIONES

---



Hacer este trabajo extensivo a todas las provincias de país y proponerlo como un sistema de alerta temprana.

Hacer bastiones teniendo en cuenta la rotura de una presa y poner en práctica el tiempo de retardo hasta los diferentes poblados.



---

# BIBLIOGRAFÍA

---



. Academia de Ciencias de Cuba. Instituto de Suelos. (1973): Génesis y clasificación de los suelos de Cuba; texto explicativo del Mapa Genético de los suelos de Cuba, escala 1:250 000. Habana. Consejo editorial de la Academia de Ciencias, pp. 315.

Acevedo, M. Geografía Física de Cuba. Tomo II. Editorial Pueblo y educación. 1983.

Batista, J. L., Sánchez M. (1995): "La infancia y el riesgo ante los desastres". Documento de trabajo elaborado como una contribución a la IX Reunión de Ministros de Medio Ambiente de América Latina y el Caribe. IGEO Tropical y UNICEF, La Habana, 1995, 32 pp.

. Batista, J.L.; Sánchez, M.; Díaz, M. (1992): Territorios inundables en Cuba, (III Congreso Internacional sobre desastres), La Habana, 17 pp.

Bennett, H.H.; Allison, R.V. (1966): Los suelos de Cuba y algunos nuevos suelos de Cuba. Edición Revolucionaria, La Habana, 125 pp.

Estado Mayor Nacional de la Defensa Civil (1990): Desarrollo científico-técnico de la Defensa Civil. Conferencia, 45 pp

. Hernández, A.; Pérez Jiménez, J.M.; Ascanio, O. (1971): Mapa genético de suelos de Cuba. 1ra. Edición, escala 1:250 000, Instituto Cubano de Geodesia y Cartografía. La Habana.

Instituto de Geografía (1989): Nuevo Atlas Nacional de Cuba, Editora Instituto Geográfico Nacional de España, Madrid.

Revista Voluntad Hidráulica 78

UEB; Centro. Empresa de Aprovechamiento Hidráulico Granma.

BATISTA, J. L. (1987). Densidad de la red fluvial en Cuba. Ciencia de la Tierra y el Espacio.  
Pp. 32-38.

MORA, N. (1976). Clasificación decimal de los ríos de Cuba [inédito]. Instituto de Hidroeconomía. La Habana. Cuba.

INRH (1992). Principales Embalses de Cuba. Ed. Pueblo y Educación. Pág. 4.

ARELLANO ACOSTA, D. M. (1996). La Cuenca del Río Cauto. RIOC.

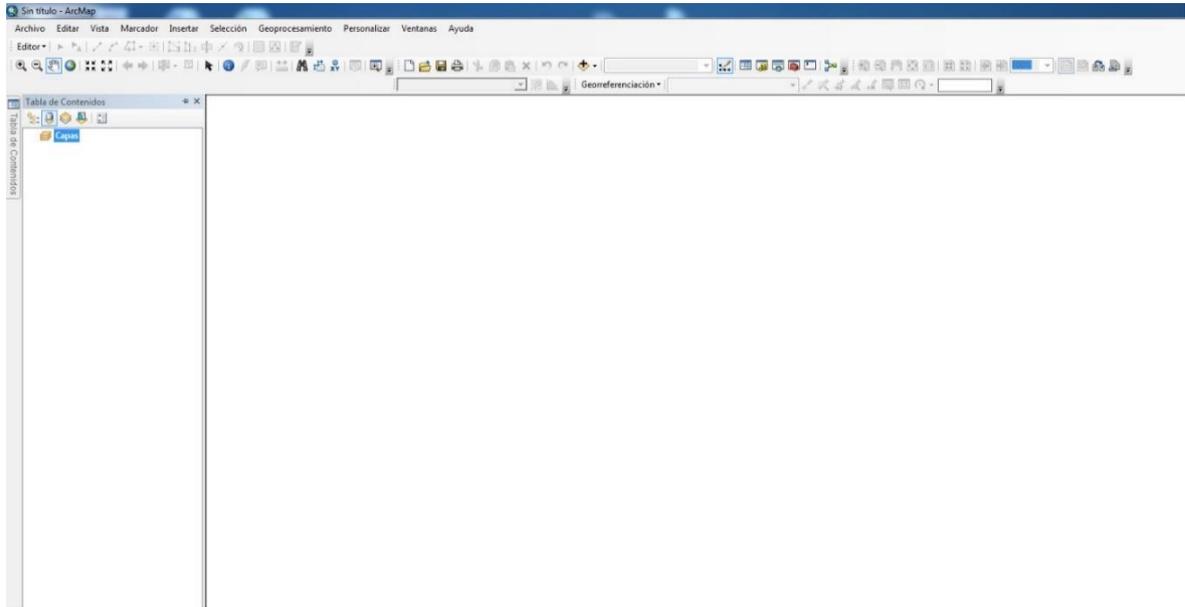


---

# ANEXOS

---





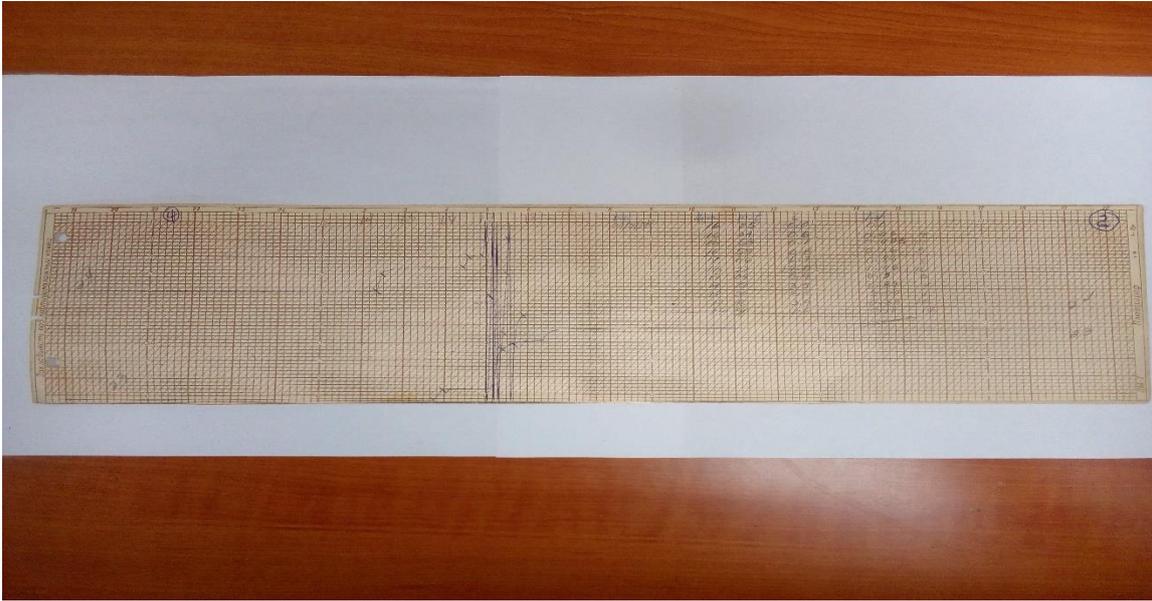
## Programa informático ARCGIS



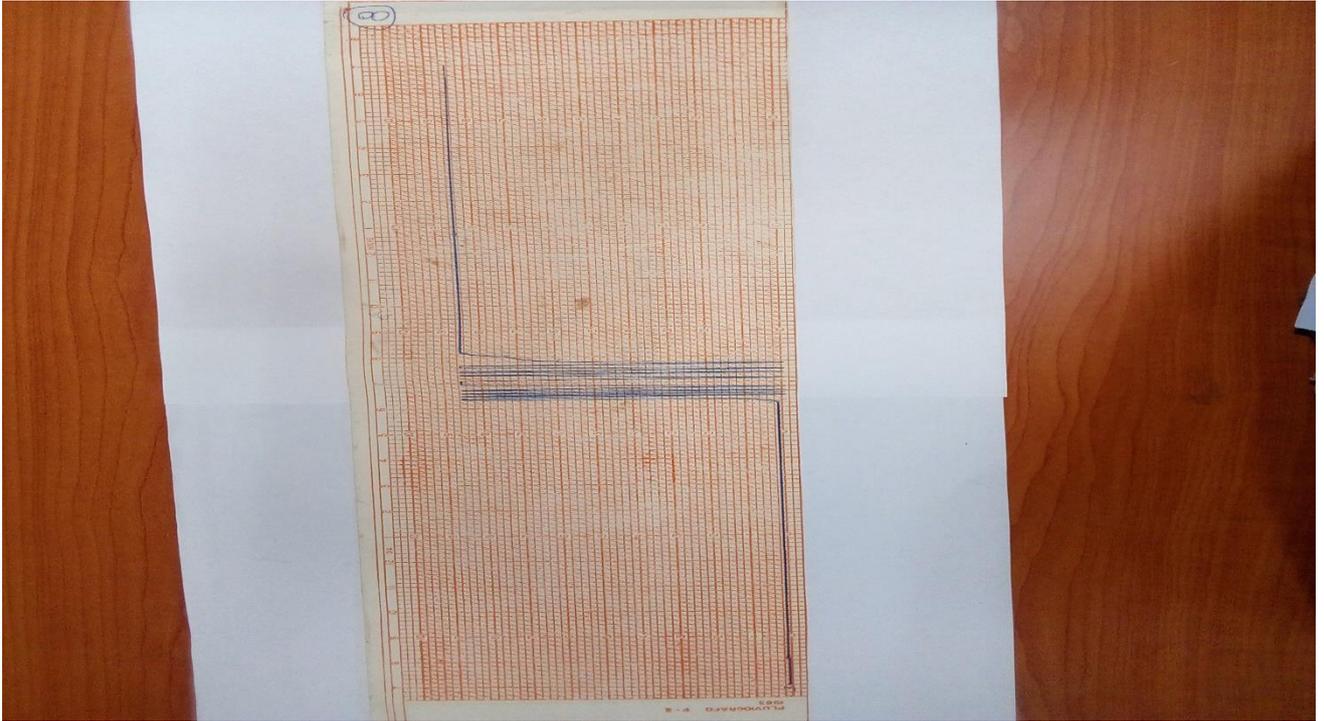
**Pluviógrafo**



**Pluviómetro**



**Cartas pluviocartográficas**



## Áreas de inundaciones

### Bayamo (Granma)





