



**MINISTERIO DE EDUCACIÓN SUPERIOR  
CENTRO UNIVERSITARIO GUANTÁNAMO  
SEDE UNIVERSITARIA  
ARGEO MARTÍNEZ**



# **CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA GUANTÁNAMO – GUASO.**

**TRABAJO PRESENTADO EN OPCIÓN AL TÍTULO DE  
INGENIERO AGRÓNOMO**

**Autor:** Joel Bauta Salazar.

**Tutor:** M Sc. Enrique Perigó Román.

**Guantánamo 2010  
“Año 52 de la Revolución”**

## **Dedicatoria.**

A nuestra Revolución por haber puesto en mis manos la posibilidad de formarme como un joven profesional.

A los profesores de la universalización, educadores que, cada día buscan métodos, vías y soluciones para fortalecer valores en los alumnos y que a lo largo de estos años, nos han brindado lo mejor de si para hacer de nosotros mejores ingenieros agrónomos.

## **Agradecimientos.**

A mi madre (abuela) por ser la razón de mí existir y brindarme su apoyo incondicional en todo momento.

A mí hijo por haber sido mi mayor inspiración.

A mi tutor que me brindó toda su ayuda y colaboración.

Al compañero Fidel, por haberme dado la posibilidad de estudiar y ser un futuro profesional.

A todas aquellas personas que de una forma u otra han hecho posible la realización de este trabajo.

<b>INDICE</b>		<b>Pág.</b>
	<b>DEDICATORIA.</b>	–
	<b>AGRADECIMIENTOS</b>	–
	<b>RESUMEN</b>	1
<b>I</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b>	3
<b>II</b>	<b>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</b>	8
<b>III</b>	<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b>	13
3.1	Localización del área de estudio.	13
3.2	Metodología de estudio.	15
<b>IV</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	18
4.1	Comportamiento de la precipitación.	18
4.1.1	Comportamiento del pH de la precipitación.	25
4.1.2	Valoración de los huracanes en el período 1900 – 2001.	31
4.2	Comportamiento de la temperatura.	34
4.3	Comportamiento de la humedad relativa.	36
4.4	Comportamiento medio del viento.	37
4.5	Vinculación con la defensa de la patria.	39
	<b>CONCLUSIONES</b>	41
	<b>RECOMENDACIONES</b>	42
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	43

## **Resumen.**

Se realizó un estudio de la cuenca hidrográfica Guantánamo – Guaso, lográndose su caracterización climática, en el que jugó un papel determinante el comportamiento de la lluvia. Partiendo de la creación de una base de datos con las variables: temperatura, humedad relativa, precipitación y viento. Se organizó una red pluviométrica para garantizar el monitoreo de la sequía y de posibles incendios forestales en la zona de estudio. Se determinó la frecuencia de lluvias intensas, la recurrencia de huracanes y el índice de aridez. En un mapa 1:100 000 se representó el comportamiento medio anual de la temperatura, la humedad relativa y la precipitación de la zona de estudio. A partir de los valores de pH obtenidos en muestras de lluvia recolectada en algunas zonas de la cuenca se determinó el nivel de acidez y alcalinidad de dichas muestras.

## **Abstract.**

It was made a study of the hydrographic basin river Guantánamo- Guaso, reaching its agroclimatic characterization, in which the raining behaviour played an important role. Departing from the creation of a data base with the variables: Temperature, relative humidity and precipitation it was organized a pluviometric net to guarantee the monitoring of the drought and the possible forest fire in the zone of study. It was determined the frequency of the intense raining, the recurrence of hurricanes and the index of dryness. In the map 1:100 000 it was represented the annual mean behaviour of temperature, relative humidity and precipitation of the zone of study. Departing from the pH values obtained in samples of raining recollected in some zones of the basin it was determined the level of acidity and alkalinity of those.

## **I: Introducción.**

El manejo adecuado de la interrelación suelo, agua y cultivos es esencial para el desarrollo de una agricultura sostenible. La producción de alimentos hoy para Cuba es un problema principal. Garantizar la alimentación a partir de la producción de la tierra y lograr el autoconsumo de los principales productos agrícolas no es un simple objetivo más, es primordial y estratégico.

¿Cómo afrontar este reto? Muchos pasos se están dando para el logro de este fin; medidas relativas a las formas de producción, entrega de tierras ociosas, financiamiento con recursos mínimos para obtención de cosechas y la ejecución de los trasvases Centro - Este (sur de Sancti Spíritus - Ciego de Ávila - Sur de Camagüey), el Este - Oeste (vinculará a los territorios de Holguín, Las Tunas, noreste de Camagüey, y la parte septentrional y central del valle del Cauto), y el Norte – Sur (único que se circunscribe a una sola provincia), cuya primera etapa (trasvase Sabanalamar - Pozo Azul) tiene prevista su culminación y entrada en funcionamiento en la segunda mitad de julio próximo, y que en una segunda etapa posibilitará la llegada de sus aguas al Río Guaso, para beneficiar a la población de Guantánamo [51].

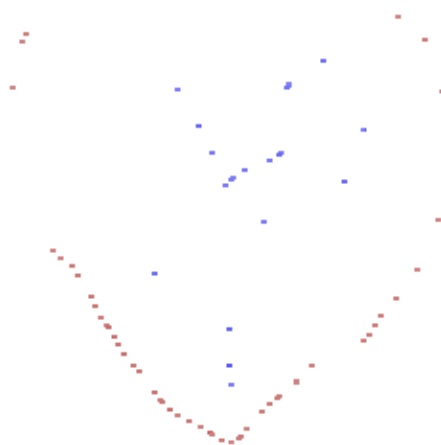
Este sistema permitirá el manejo del agua y de esta forma se podrá hacer un uso más racional e inteligente de este recurso de vital importancia, que ha sido siempre un elemento central en la historia de la humanidad y su utilización ha tenido profundas implicaciones sociales, económicas y políticas. Por esa razón, las estrategias y la toma de decisiones en este campo pueden tener un impacto importante en el futuro de los países y sociedades. Hay muchos ejemplos históricos de situaciones en las que el uso del agua fue un factor desencadenante o central de conflictos entre naciones o estados.

Este vital líquido cae del cielo en forma de lluvia y fluye por la superficie de la tierra creando arroyos, ríos y lagunas de acuerdo a la topografía por donde se desliza. De esta manera, el agua viaja siguiendo la trayectoria que le marcan los suelos, los

declives, las quebradas y hondonadas, formando lo que llamamos una cuenca, las que han proporcionado al hombre una plataforma de desarrollo desde las primeras civilizaciones conocidas, por ejemplo: en Mesopotamia, cuenca del Tigris y Eufrates; en Egipto, Cuenca del Nilo; en India, Cuenca del Indo y el Ganges; en China, Cuenca del Huang - He o Río Amarillo y del Yang Tsé o Río Azul.

En la lucha del hombre por alcanzar un desarrollo sostenible, y en su afán de preservar el medio ambiente, cobra cada día más relevancia el estudio integrado de las cuencas hidrográficas como unidad básica para lograr tan importante objetivo, pero, ¿Qué es una cuenca hidrográfica?.

Una cuenca hidrográfica es la superficie de drenaje natural, donde convergen las aguas que fluyen a través de valles y quebradas, formando de esta manera una red de drenajes o afluentes que alimentan a un desagüe principal, que forma un río, es decir que sus límites quedan establecidos por la divisoria geográfica principal de las aguas de las precipitaciones; también conocido como "parteaguas" (Figura 1). Las cuencas son áreas naturales que recolectan y almacenan el agua que utilizamos para el consumo humano y animal, para los sistemas de riego agrícola, para dotar de agua a las ciudades y hasta para producir la energía eléctrica que alumbramos nuestros hogares [1].



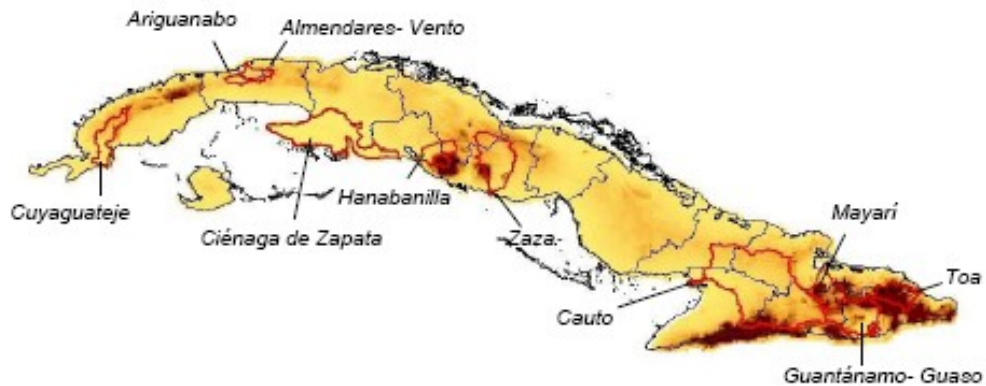
**Figura 1.** Esquemática de una cuenca [19].

En Cuba, entre los criterios de manejo de los recursos naturales, se considera a la cuenca hidrográfica como unidad básica funcional y ámbito de aplicación de los programas y planes de manejo integral de los recursos naturales, en su vínculo con el desarrollo económico y social. Existen 632 cuencas hidrográficas de dimensiones superiores a los 5 km<sup>2</sup>, 85 % de las mismas no rebasan los 200 km<sup>2</sup> y la longitud de la corriente superficial es inferior a 40 km [19].

El territorio cubano ocupado por cuencas hidrográficas superficiales es de 81 038 km<sup>2</sup>, mientras que 26 312 km<sup>2</sup> son áreas sin red fluvial definida, ciénagas, etc. Esto significa que prácticamente no hay punto de la geografía cubana que quede fuera de una cuenca, ya sea superficial o subterránea. En las 632 cuencas hidrográficas del país, fluye el 80 % del escurrimiento fluvial, evaluado en cerca de 31 682 millones de metros cúbicos, de los cuales más de 7 000 millones han sido capturados en represas desde 1959 por más de 212 grandes obras hidráulicas y 762 micropresas.

El 8 de Abril de 1997 por Acuerdo del Comité Ejecutivo del consejo de Ministros fue creado el Consejo Nacional de Cuencas Hidrográficas (Castro, 2009), con lo que se inició un nuevo estilo en el trabajo ambiental del país, considerando a la cuenca como una unidad básica para evaluar el trabajo de gestión ambiental integral. Para su mejor estudio y teniendo en cuenta los principales problemas identificados por la Estrategia Ambiental Nacional, en función de priorizar los recursos y esfuerzos orientados a su solución o mitigación, se seleccionaron 10 cuencas de interés nacional (Cauto, Zaza, Cuyaguaje, Guantánamo - Guaso, Almendares - Vento, Ariguanabo, Ciénaga de Zapata, Mayarí, Toa, y Hanabanilla), que abarcan territorios en 12 provincias y donde se estima que vive el 40 % de la población y se desarrolla cerca del 60 % de la actividad económica fundamental del país (Figura 2). También se seleccionaron 51 cuencas de interés provincial.

## 10 Cuencas de Interés Nacional



**Figura 2.** Cuencas hidrográficas de interés nacional [18].

En este contexto se inserta nuestra zona de estudio (cuenca hidrográfica Guantánamo – Guaso), cuya problemática fundamental resulta ser su gran variabilidad climática, tanto espacial como temporal, específicamente en cuanto a la variable precipitación. Si además, tenemos en cuenta que en los últimos años se han manifestado (al igual que en el resto de la provincia) significativas anomalías climáticas y que algunas de sus áreas se han presentado más vulnerables a los efectos de la sequía y de las intensas lluvias, lo que justifica plenamente la presente investigación, ya que dicha zona no ha sido objeto de un estudio detallado y puntual en el campo climático relacionado con la agricultura y específicamente con el programa agroalimentario que desarrolla la provincia Guantánamo.

De todo lo planteado anteriormente y su razonamiento lógico nos conlleva a la formulación de la siguiente hipótesis:

**Problema:** Variabilidad climática, tanto espacial como temporal, específicamente en cuanto a la precipitación.

**Objeto:** Cuenca hidrográfica Guantánamo – Guaso.

**Campo:** Climatología

De todo lo planteado anteriormente y su razonamiento lógico nos conlleva a la formulación de la siguiente hipótesis:

**Hipótesis:** Mediante el estudio histórico de las principales variables meteorológicas se podría obtener una caracterización climática de la cuenca hidrográfica Guantánamo – Guaso, de gran importancia para explotar con mayor eficiencia las potencialidades agrícolas de la provincia.

**Objetivo general:** Caracterizar climáticamente la cuenca hidrográfica Guantánamo - Guaso, como apoyo al programa agroalimentario de la provincia más oriental de Cuba.

Para su cumplimiento y teniendo en cuenta lo abarcador del problema planteado se alcanzarán otros objetivos de carácter específico que enumeramos a continuación:

**Objetivos específicos.**

1. Recopilar información sobre cuencas hidrográficas y su caracterización climática.
2. Confeccionar una base de datos con las variables: precipitación, temperatura media, humedad relativa y viento.
3. Analizar el comportamiento de la precipitación, temperatura, humedad relativa y el viento para establecer la caracterización climática de la zona de estudio.

Este trabajo de diploma esta estructurado de la siguiente forma:

1. Cuatro capítulos (Introducción, Revisión bibliografica, Materiales y métodos y Resultado y discusión).
2. Conclusiones
3. Recomendaciones
4. Bibliografías.

Además en él aparecen 7 tablas y 19 figuras.

## **II: Revisión Bibliográfica.**

La problemática del agua centra a nivel mundial uno de los puntos focales en relación con el medio ambiente y la vida en general, por lo que la cuenca hidrográfica, como espacio colector, ha ido adquiriendo significación, en tanto que las transformaciones dadas en la misma inciden en la cuantía y estado cualitativo del preciado líquido.

En nuestro continente la red hidrográfica está relacionada con su relieve y con las variedades climáticas propias de una masa continental de tanto desarrollo en el sentido longitudinal. Hacia el mar Glacial ártico van ríos de escasa importancia económica, pues permanecen helados la mayor parte del año. Los de la pendiente del Pacífico bajan de las elevadas cadenas montañosas y se alimentan del deshielo de las cumbres nevadas.

Es en la pendiente del Atlántico donde se hallan las cuencas hidrográficas más importantes que penetran profundamente el continente, llevan hasta el mar miles de toneladas de sedimentos desde las mesetas y montañas, contribuyendo a la formación de las grandes llanuras americanas. Allí están el Amazonas - Ucayali, y el Misisipi - Misuri, que con sus 6280 y 5620 km de extensión, respectivamente, ocupan el 2º y 3º lugar en el mundo y el Paraná – de la Plata, que con sus 4.700 km. de recorrido, es el 7º entre los ríos más largos del planeta. Todos ellos reciben importantes afluentes que les otorgan una superficie de cuenca de las primeras en el orden mundial.

La del Amazonas ocupa el primer lugar con 7.050.000 km<sup>2</sup>; la del Río de la Plata, el segundo con 4.350.000 km<sup>2</sup> y la del Misisipi que alcanza los 3.380.000 km<sup>2</sup> le corresponde el cuarto lugar entre todos los ríos de la tierra.

Con la creación en nuestro país de la Comisión Nacional de Cuencas Hidrográficas (1997,) como órgano orientado a la institucionalización de la gestión en las cuencas hidrográficas [18], se delinearon las bases para el diagnóstico ambiental de esos

espacios, principio rector aplicado en los diversos diagnósticos realizados en las de cuencas de interés nacional (Figura 2).

En este sentido el conocimiento del clima de una cuenca hidrográfica es de incuestionable importancia, pues integra un conjunto de elementos (precipitación, temperatura, humedad relativa, viento, etc.) que están en contacto directo con los seres vivos y con el suelo (en el que viven y del que se alimentan también los seres vivos).

En nuestra provincia existen dos cuencas hidrográficas catalogadas como de interés nacional [18]: Guantánamo – Guaso y la del Toa, ubicándose esta última en las provincias de Holguín y de Guantánamo [46]. Posee una superficie total de 1 061 km<sup>2</sup> y una población de 2 373 habitantes, ocupando alrededor del 70% de la Reserva de la Biosfera que lleva el nombre de "Cuchillas del Toa".

Esta cuenca del Toa presenta una altura media de 488 msnm y una alta densidad del drenaje superficial (0,85 km/km<sup>2</sup>). Su corriente superficial principal es el río Toa, con una longitud de 131 km y un elevado escurrimiento anual cercano a los 60 m<sup>3</sup>/s. Su población, eminentemente rural, con una densidad poblacional de 12 hab/km<sup>2</sup>, se distribuye en 42 asentamientos.

El Toa cuenta entre sus tributarios a los más caudalosos ríos de Cuba. El Jaguaní, que nace en Holguín y se alimenta de las más altas precipitaciones del país, es el más importante de todos. También se destacan el Naranjo y el Quivicán. El Toa presenta la particularidad de que su escurrimiento relativo (aportes desde cada km<sup>2</sup>) crece con el aumento del área: la parte alta es la menos favorecida por las lluvias y la más antropizada. Esta cuenca es la principal reserva hídrica de Cuba. Sus posibilidades para la generación hidroeléctrica son enormes. Hasta el momento, permanece casi en condiciones naturales: sólo se ha construido una pequeña derivadora (Arroyón, con capacidad para 100 mil m<sup>3</sup>) que permite el trasvase de caudales desde el Toa hacia la del Valle de Caujerí [51], en el Sur de Guantánamo.

Además en la provincia se han identificado otras dos cuencas como de interés provincial (Sabanalamar y Miel), de las 51 de esta categoría existente en el país (Figura 3).



**Figura 3.** Cuencas de interés provincial identificadas en el país [18].

En este trabajo nos centraremos en el estudio de la cuenca hidrográfica Guantánamo – Guaso, en el que trataremos de establecer las características fundamentales que caracterizan el clima de esta cuenca, que en general y producto a la influencia del macizo Sagua - Baracoa, por interponerse al paso de los Vientos Alisios, presenta según clasificación de Köppen (Köppen-Geiger modificado, 1936) tres regiones climáticas:

- La parte Oeste del macizo Sagua - Baracoa (comprende las partes más elevadas, próximas al parte agua principal, en la vertiente sur de los municipios El Salvador y Guantánamo) con un **clima tropical de Selva (Af)**.
- El Valle o Cuenca de Guantánamo con un clima tropical de sabana (**Aw**).

- La zona sur (comprende el sur de los municipios Niceto Pérez y Guantánamo junto con el municipio Caimanera íntegramente) con un **clima semidesértico o de Estepa (Bs)**.

La zona y su entorno más próximo cuenta con una densa red pluviométrica perteneciente al INRH en la provincia, pero para el trabajo, en principio, se utilizaron 15 de estas estaciones (Figura 4), además de los datos aportados por la Estación Meteorológica de Guantánamo.



**Figura 4.** Distribución de la red de estaciones en la cuenca hidrográfica Guantánamo – Guaso pertenecientes al INRH.

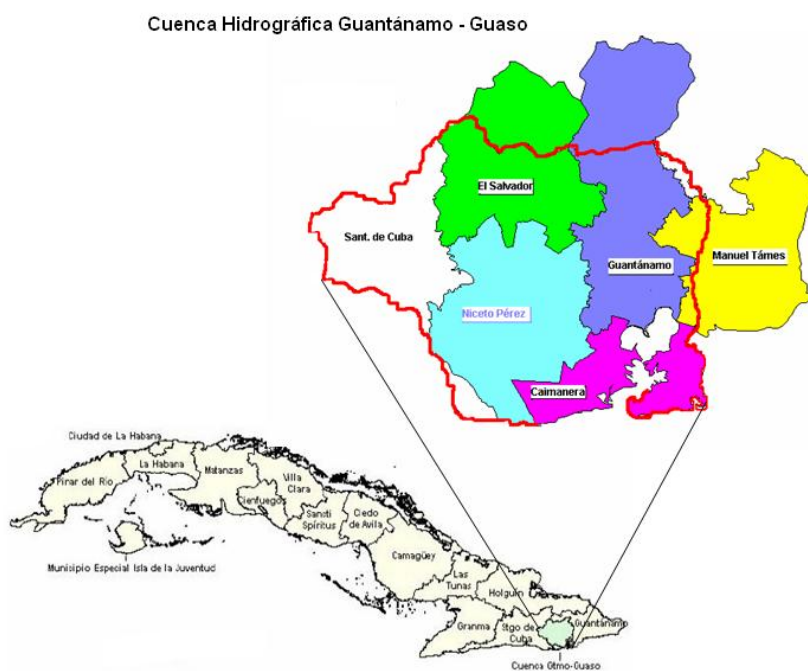
En esta cuenca se aprecian los grandes esfuerzos realizados por el país después del triunfo de la revolución, por desarrollar lo que se ha denominado “voluntad hidráulica”, con la construcción y puesta en funcionamiento de un total de 6 presas: Clotilde (1971), La Yaya (1975), Jaibo (1979), Joturo (1990), Majagua (1996) y La Faustino Pérez (2000), (Figura 5).



### III: Materiales y Metodos.

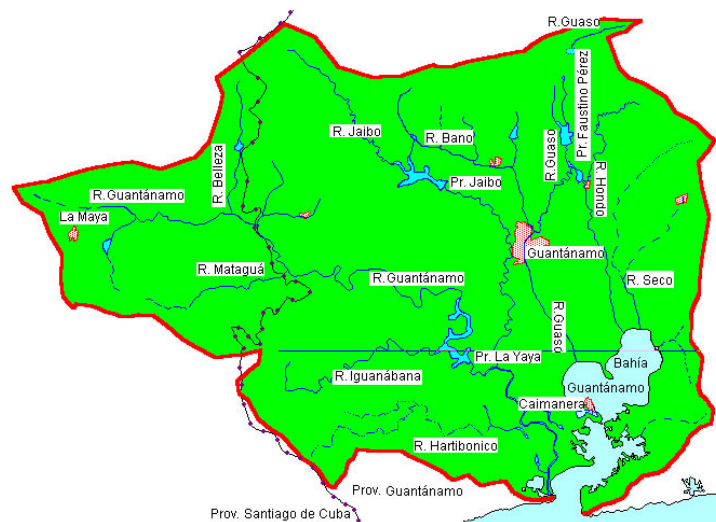
#### 3.1: Localización del área de estudio.

La Cuenca Hidrográfica Guantánamo - Guaso se localiza (Figura 6) en la región suroriental de las provincias Santiago de Cuba y Guantánamo, tiene una superficie total de 2 048 km<sup>2</sup>, abarcando áreas de cinco municipios de la provincia Guantánamo (El Salvador, Niceto Pérez, Guantánamo, Caimanera y Manuel Tames) y uno de la provincia de Santiago de Cuba: Songo - La Maya. Se caracteriza por tener terrenos llanos, más o menos extensos y una fuerte infraestructura hidráulica.



**Figura 6.** Localización de la cuenca hidrográfica Guantánamo-Guaso.

Las principales corrientes que drenan la cuenca hidrográfica Guantánamo - Guaso desembocan directamente a la bahía de Guantánamo. Se trata de los ríos Guantánamo, Guaso, Hondo y Seco; todos con la característica de alcanzar la bahía desde las direcciones Oeste (el primero) y Norte (los restantes). Existen dos corrientes más, el Jaibo y el Bano, afluentes de los ríos Guantánamo y Guaso respectivamente (Figura 7).



**Figura 7.** Principales afluentes de la cuenca Guantánamo – Guaso.

Del lado Este de la bahía, la cercanía de la Sierra del Maquey y las limitaciones con el régimen pluvial han impedido el desarrollo de ríos de importancia. La zona de alimentación de los acuíferos cársicos que drenan la cuenca del río Guaso se encuentra afectada por la deforestación y quema de bosques; un fuerte desarrollo de áreas rurales, ganadería porcina y bovina; despulpadoras de café y los residuales de la agroindustria azucarera. La zona de alimentación de la cuenca del río Guantánamo está comprometida con el abasto a los poblados de Songo, La Maya y Yerba de Guinea en la provincia de Santiago de Cuba, desde su propio nacimiento, este río recibe descargas de efluentes de las actividades agropecuaria, cafetalera, la industria azucarera y asentamientos humanos.

La zona de estudio está constituida por las cuencas de los ríos Guantánamo (con su afluente Jaibo), Guaso (con su afluente Bano), el río Hondo, el Seco, junto con otros que constituyen la totalidad del territorio que abarca el Valle de Guantánamo y de la cuenca de la bahía homónima.

Entre todas las corrientes fluviales se destaca el río Guaso y su afluente el Bano, los cuales drenan la meseta cársica del Guaso en su parte superior, por lo que son beneficiarios de un régimen hídrico mucho más estable (relativamente alto en el período seco) que el de las corrientes vecinas que no tienen sus fuentes en la citada

meseta. La misma posee una población de aproximadamente 410 000 habitantes. El per cápita de recursos hídricos es de sólo 1 623 m<sup>3</sup>/ha/año.

### 3.2: Metodología de estudio.

Para el estudio de las precipitaciones se tomaron los datos medios mensuales y anuales de 50 pluviómetros correspondientes a la red del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INRH). Se empleó una serie de 40 años (1961 – 2000) y los datos se procesaron acorde a la norma y procedimientos establecidos por el INRH. Los gráficos fueron realizados empleando el programa Microsoft office Excel, y para la confección de los esquemas se utilizaron los programas ArcGIS y Surfer 8.0.

Para el monitoreo de la sequía se seleccionaron 15 pluviómetros, para cuyo análisis se tuvieron en cuenta los rangos de valores anuales siguientes:

Lluvia < 600 mm	-----	Crítico
601 – 800 mm	-----	Seco
801 – 1000 mm	-----	Normal
1001 – 1200 mm	-----	Lluvioso
> 1200 mm	-----	Muy lluvioso

La frecuencia se determinó por la fórmula planteada en el Manual de Prácticas Climatológicas de la OMM (OMM, 1970):

$F = A / B + 1$ , donde:

F = Frecuencia

A = Número de orden

B = Número de muestras

Se determinó el coeficiente de variación de la lluvia anual y la frecuencia de lluvias intensas, empleándose para ello la serie 1971 – 2000 y tomando como base la lluvia

máxima en 24 horas en cada año. Se observó el número de días con lluvias medio anual.

Se tomaron 7 pluviómetros de la red seleccionada para el monitoreo de la sequía, desde el año 1930 hasta el 2000 para observar el comportamiento de la lluvia media por década.

Para la determinación de la evaporación se utilizaron dos métodos: el de evaporímetro de tanque clase (A) con los datos de las estaciones meteorológicas de Guantánamo y La Juanita (perteneciente al INRH); y para los restantes puntos se estimó por una fórmula empírica derivada de la fórmula de Dalton (Dalton, 1802):

$$E = 22(1+0.16v) d^{0.75} \quad \text{Donde } V = \text{velocidad del viento en m/s}$$

D= Déficit de saturación del aire en hPa

Se determinó el índice de aridez mediante la fórmula:

$$R = P / ETP \quad \text{Donde } R = \text{Índice de Aridez}$$

P = Precipitación media

ETP= Evapotranspiración potencial

La evapotranspiración potencial se calculó por el método de Ivanov (Ivanov, 1957). Se empleó el criterio utilizado por el PNUMA en su evaluación de la desertificación en el mundo a principio de la década de los años 90 (UNEP, 1992).

<b>Zona Climática</b>	<b>Índice R= P/ ETP</b>
Hiper – árida	$R < 0.05$
Árida	$0.05 < R < 0.20$
Semi – árida	$0.20 < R < 0.50$
Sub – húmeda seca	$0.50 < R < 0.65$
Climas húmedos	$R > 0.65$

Para la evaluación de la influencia de huracanes en la cuenca hidrográfica Guantánamo – Guaso se empleó una serie de 101 años (1900 – 2001) extraída del archivo del Instituto de Meteorología (INSMET).

Las restantes variables meteorológicas se procesaron por metodología del INSMET, utilizándose para ello datos de las estaciones de Guantánamo y La Juanita, así como los pluviómetros ubicados en las localidades de El Salvador, Vilorio (municipio Niceto Pérez) y Héctor Infante (municipio Manuel Tames). El pH de la lluvia se evaluó con los datos de la estación meteorológica de Guantánamo (78368) pertenecientes a la serie: 1995 – 2000.

Para la caracterización del viento se utilizaron datos de series históricas de la estación meteorológica de Guantánamo (período 1982 – 2009) y de la Delegación Provincial de Recursos Hidráulicos en la provincia (DPRH, 2003), representativos ambos de la zona de estudio.

#### IV: Resultados y discusión.

##### 4.1: Comportamiento de la precipitación.

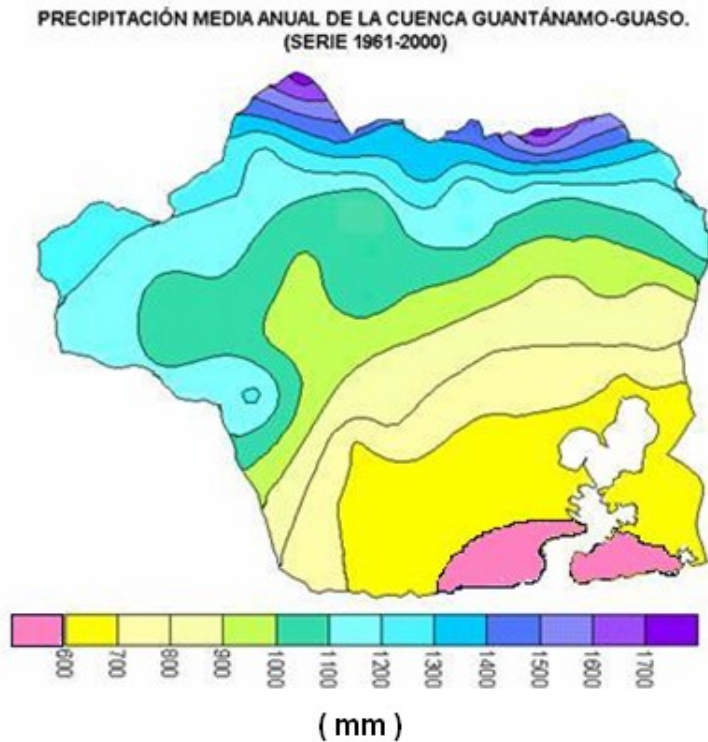
Los resultados de la precipitación media anual por el método isoyético se observa en la Tabla 1, donde se refleja que la media general de la cuenca es de 998.0 mm y que oscila en un rango entre 520 y 1797 mm.

**Tabla 1.** Precipitación media anual (período: 1961 – 2000) de la cuenca Guantánamo – Guaso, correspondiente a la red pluviométrica del INRH.

Intervalo	Área (km)	Lluvia (mm)
520 – 600	13.8	560
600 – 800	452.2	700
800 – 1000	472.3	900
1000 – 1200	555.0	1100
1200 – 1400	390.0	1300
1400 – 1600	109.4	1500
1600 – 1797	55.6	1698
Total	2048.3	998

Los acumulados comprendidos entre 600 y 1000 mm ocupan un área de 924.5 km<sup>2</sup>, que representa el 45.1 % del área total y los acumulados comprendidos entre 600 y 1200 mm abarcan el 72.2 % del área total con 1479.5 km<sup>2</sup>.

En la figura 8 se muestra un esquema isoyético, donde se aprecia la distribución de las lluvias anuales en la cuenca hidrográfica Guantánamo – Guaso, durante el período 1961 - 2000.



**Figura 8.** Distribución de las lluvias anuales en la cuenca hidrográfica Guantánamo – Guaso.

Por encima de 1600 mm sólo se observan dos pequeñas áreas ubicadas al norte de la zona de estudio con un total de 54.6 km<sup>2</sup>. La zona menos lluviosa se encuentra al sur, en una zona aledaña a la Base Naval, en la Bahía de Guantánamo.

En general la lluvia disminuye de NW al SE. En la tabla 2 se muestran los resultados de una red de 15 pluviómetros seleccionados para el monitoreo de la sequía. Se observa que la media hiperanual es de 958.3 mm, es decir sólo presenta un 4.0 % de diferencia con respecto a la media general, lo cual demuestra que esta micro-red es representativa de la zona de estudio.

Las tablas 2 y 3 corresponden a los datos de precipitación media correspondientes a los períodos: 1961 - 2000 y 1991 - 2000, respectivamente.

**Tabla 2.** Precipitación media anual (período: 1961 – 2000) correspondiente a la red pluviométrica del INRH.

<b>Pluviómetro</b>	<b>Anual</b>	<b>Período lluvioso</b>	<b>%</b>	<b>Período seco</b>	<b>%</b>
<b>557</b>	1092.3	814.0	74.5	278.3	25.5
<b>588</b>	1122.4	827.2	74.0	295.2	26.0
<b>610</b>	1293.8	917.1	70.9	376.7	29.1
<b>625</b>	1200.5	891.7	74.3	308.8	25.7
<b>1358</b>	1425.9	1040.9	73.0	385.0	27.0
<b>1616</b>	1141.1	775.3	67.9	365.8	32.1
<b>1590</b>	986.2	675.4	68.5	310.8	31.5
<b>630</b>	700.9	456.3	65.1	244.6	34.9
<b>695</b>	888.1	545.0	61.4	343.1	38.6
<b>1372</b>	790.7	514.3	65.0	276.4	35.0
<b>788</b>	649.0	436.1	67.2	212.9	32.8
<b>600</b>	678.1	444.3	65.5	238.8	34.5
<b>743</b>	823.8	560.2	68.0	263.6	32.0
<b>1608</b>	922.9	618.1	67.0	304.8	33.0
<b>1371</b>	659.2	439.6	66.6	220.0	33.4
<b>Promedio</b>	<b>958.3</b>	<b>663.7</b>	<b>69.3</b>	<b>294.6</b>	<b>30.7</b>

**Tabla 3.** Precipitación media anual (período: 1991 – 2000) correspondiente a la red pluviométrica del INRH.

<b>Pluviómetro</b>	<b>Anual</b>	<b>Período lluvioso</b>	<b>%</b>	<b>Período seco</b>	<b>%</b>
<b>557</b>	1007.2	704.0	69.9	303.2	30.1
<b>588</b>	1076.2	723.2	67.2	352.5	32.8
<b>610</b>	1307.1	891.1	68.2	416.0	31.8
<b>625</b>	1182.4	827.6	70.0	354.8	30.0
<b>1358</b>	1645.3	1102.4	67.0	542.9	33.0
<b>1616</b>	1306.6	830.3	63.5	875.7	36.5
<b>1590</b>	1228.9	719.1	58.5	509.8	41.5
<b>630</b>	737.5	405.8	55.5	331.7	45.0
<b>695</b>	793.1	482.1	60.8	311.0	39.2
<b>1372</b>	837.4	486.9	58.1	350.5	41.9
<b>788</b>	705.9	435.4	61.7	270.5	38.3
<b>600</b>	765.6	447.5	58.4	318.1	41.6
<b>743</b>	899.5	548.7	61.0	350.8	39.0
<b>1608</b>	1098.1	699.1	63.7	399.0	36.3
<b>1371</b>	902.4	530.1	58.7	372.3	41.3
<b>Promedio</b>	<b>1032.9</b>	<b>655.6</b>	<b>63.5</b>	<b>377.3</b>	<b>36.5</b>

Al evaluar el comportamiento de la lluvia por períodos, se observa que en los últimos 10 años se produjo un ligero incremento de la lluvia media. Consideramos que este incremento de aproximadamente un 5 %, se deba a los eventos de lluvias intensas que se produjeron en la década de los 90. También se observa un corrimiento de la lluvia en el período poco lluvioso (noviembre - abril).

En el período lluvioso de la última década se experimenta una disminución de aproximadamente un 6 % respecto a la media hiperanual; en tanto que en el período poco lluvioso se incrementa en igual proporción.

No hemos estudiado la causa de este comportamiento pero consideramos que responda a los efectos del evento ENOS (El Niño - la Oscilación del Sur) que estuvo presente en esta década como se muestra a continuación:

1991 – 1992	Fuerte
1993 – 1995	Moderado
1994 – 1995	Moderado
1997 – 1998	Fuerte

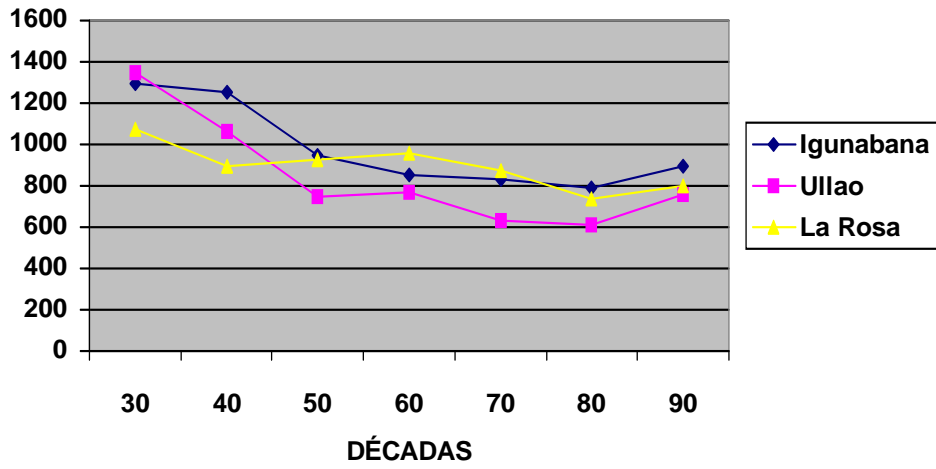
El análisis frecuencial arrojó que los acumulados anuales se concentran en los rangos 600 – 800 mm con 26 y 25 % respectivamente, para un 51 % entre ambos rangos.

Por encima de 1200 mm sólo se registra una frecuencia de 18 % y por debajo de 600 mm un 14 %.

Se evaluó el número de días con lluvias de los 15 pluviómetros seleccionados para el monitoreo de la sequía correspondiente a la serie: 1971 – 2000. Se observó que en la zona sur el promedio anual oscila entre 40 y 60 días; mientras que en la zona norte promedia entre 80 y 100 días. En dicha serie el promedio fue de 85 días con lluvia.

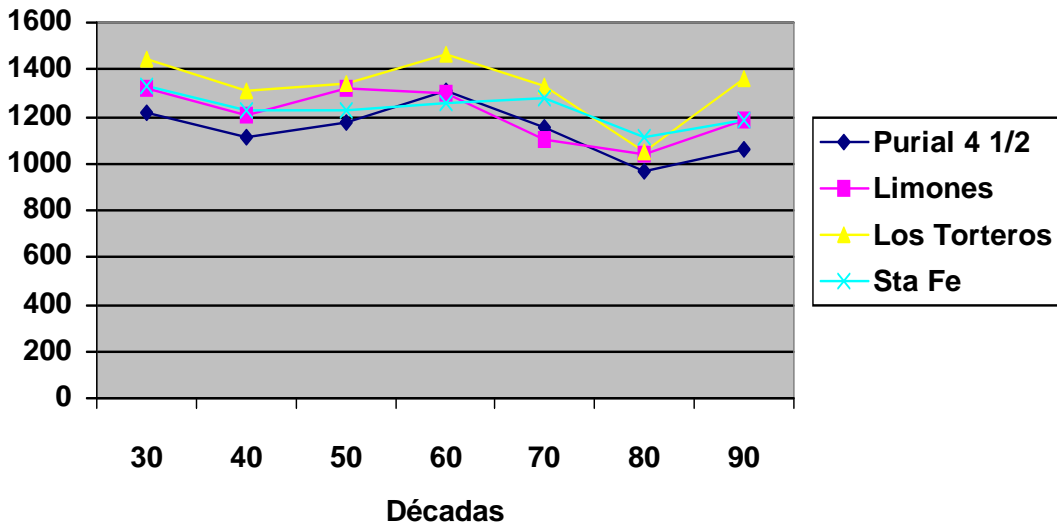
El número de días con lluvia por año varía mucho y no se observa una correspondencia entre el número de días con lluvia y el acumulado anual.

Al evaluar el comportamiento de la lluvia por década (Figura 9) se observó que en la zona sur y suroeste hay una tendencia a decrecer desde la década de los años 30 hasta la década del 80 y luego, como ya señalamos hubo un ligero incremento en la década del 90, pero aún con acumulado inferior a las primeras décadas estudiadas.



**Figura 9.** Comportamiento de la lluvia en la parte sur y suroeste de la cuenca hidrográfica Guantánamo – Guaso.

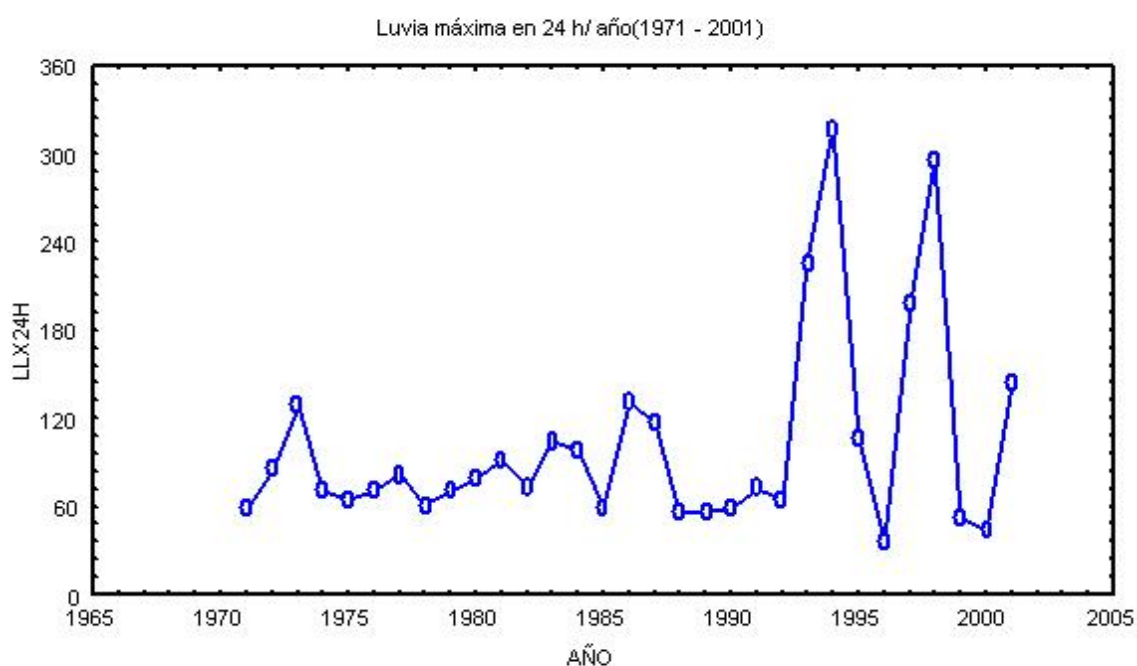
En la zona norte se observa un decrecimiento menor y sólo a partir de la década del 70. También se aprecia un ligero incremento en la década del 90 (Figura 10).



**Figura 10.** Comportamiento de la lluvia en la parte norte de la cuenca hidrográfica Guantánamo – Guaso.

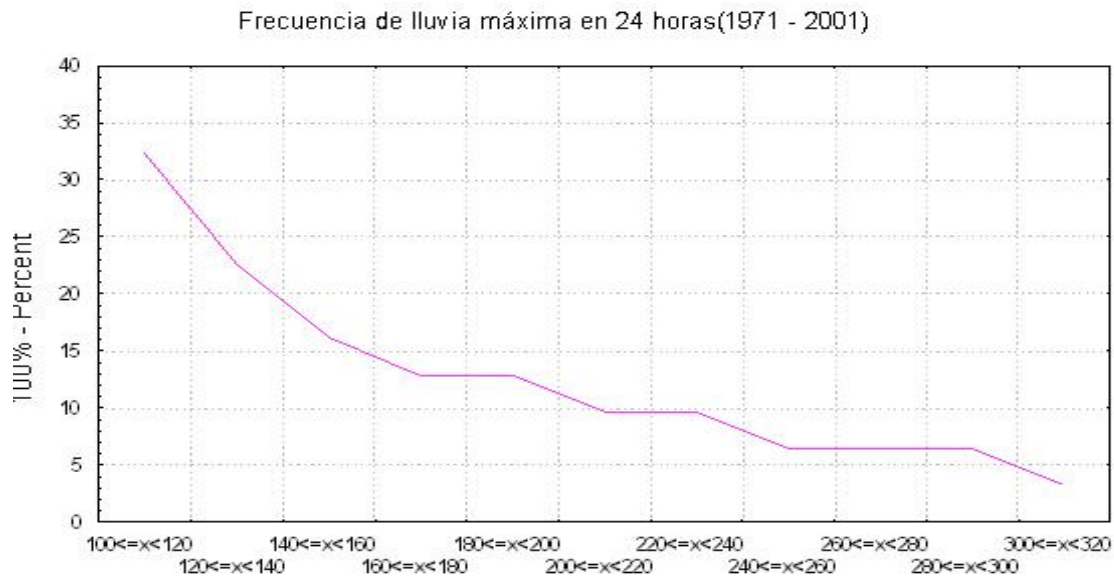
En general se percibe un decrecimiento de la lluvia a partir de la década del 90, lo cual coincide con los resultados obtenidos por el IPCC (Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático) en nuestra región.

En la evaluación de las lluvias intensas tomamos como base los registros máximos anuales en 24 horas de la serie 1971 - 2001. Como se puede apreciar en el Figura 11 las lluvias más intensas se concentran en la década del 90.



**Figura 11.** Lluvia máxima en 24 horas de la cuenca hidrográfica Guantánamo – Guaso en el período 1971 - 2001.

En el figura 12 se puede observar la frecuencia para las lluvias intensas. En la serie valorada los acumulados en 24 horas por encima de los 250 mm presentan una frecuencia inferior al 5 %, es decir, se dan una vez cada 20 años o más tiempo. Como esta serie 1971 – 2001 muestra un período demasiado corto para realizar esta valoración, no podemos dar este resultado como algo concluyente, pero es una de las evidencias que arroja nuestra investigación y por ello lo damos a conocer.



**Figura 12.** Frecuencia de lluvia máxima en 24 horas de la cuenca hidrográfica Guantánamo – Guaso en el período 1971 - 2001.

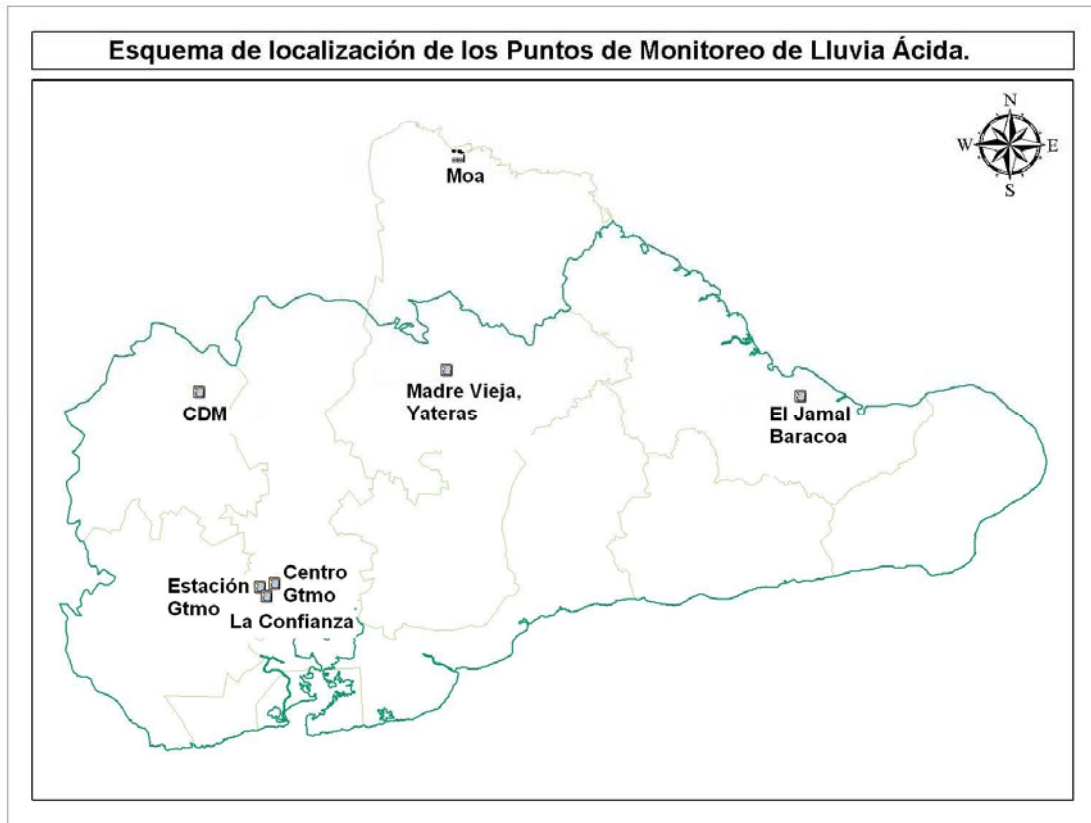
Se observa una variabilidad interanual muy alta en la zona de estudio. El coeficiente de variación (Cv) oscila entre 0.30 y 0.48, lo cual es típico de la zona tropical y en especial donde hay influencia de la orografía, como ocurre en Guantánamo.

#### 4.1.1: Comportamiento del pH de la precipitación.

Empleando los resultados de los análisis y las muestras de lluvias tomadas en la estación Guantánamo, serie: 1995 – 2001, se realizó el análisis del pH de la lluvia. Como es conocido el pH normal del agua de lluvia es 5.6 y en Guantánamo, en la zona de la ciudad y áreas aledañas, el pH generalmente ha superado este valor. De manera que la lluvia en nuestra zona ha tenido un carácter neutro o ligeramente alcalino (Delisle, 2010).

Los puntos de muestreo del agua de lluvia fueron seleccionados sobre la base del predominio de los vientos en la provincia (del Norte-Nordeste), para analizar si

alguna empresa potencial de otras regiones pudieran afectar la atmósfera de la nuestra provincia (Figura 13).



**Figura. 13.** Puntos de monitoreo del agua de lluvia en la provincia de Guantánamo.

Sin embargo se pudo apreciar que desde 1995 hasta el 2000 han sido muy frecuentes los meses con pH con categoría de ligeramente ácido (Chuy, 2001). Entre los más significativos podemos señalar:

Año 1997: Los meses 6,8 y 10 presentaron un pH igual a 5.00.

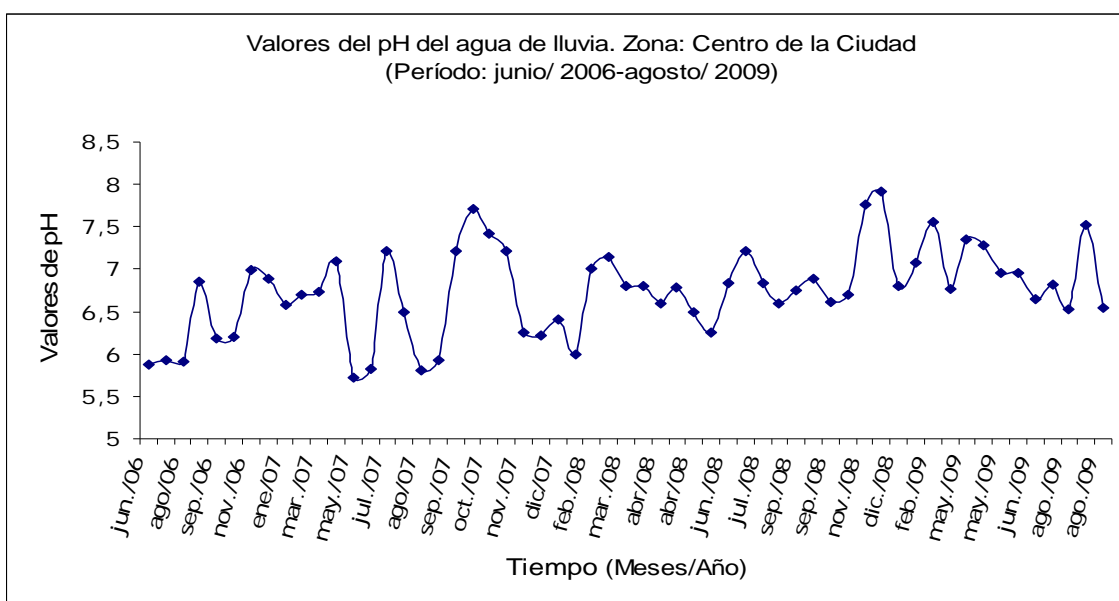
Año 1998: Se registró un pH inferior a 5.50, excepto en los meses 4, 9 y 12.

Año 1999: En los meses 5, 8 y 11 se registró un pH inferior a 5.30.

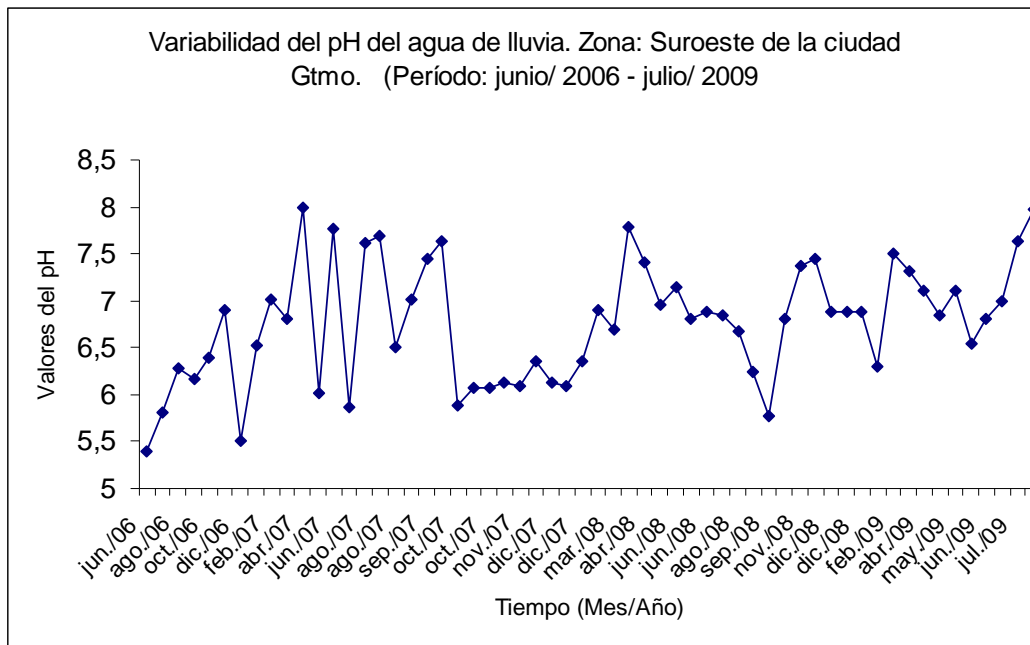
Año 2000: Presentó 10 meses con pH de 5.25 ó menos.

Más recientemente, a partir del año 2006, según el mismo estudio (Delisle, 2009), el pH en la ciudad y zonas aledañas de Guantánamo ha tenido una gran variabilidad como se puede apreciar en las figuras 14, 15, 16 y 17.

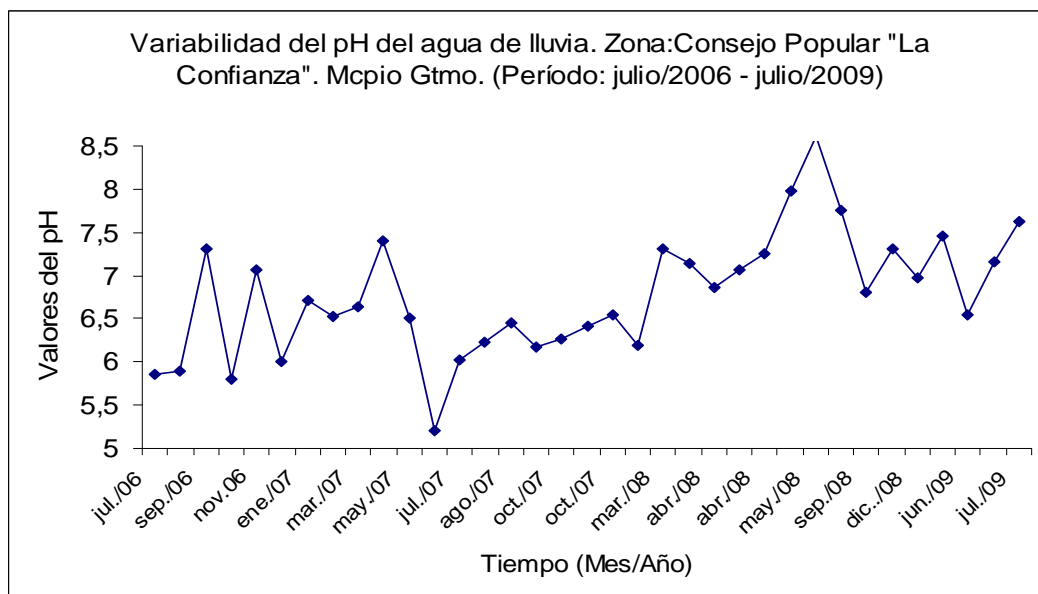
En estas figuras se puede apreciar que las fluctuaciones del valor del pH en cada uno de los puntos de monitoreo son apreciables, pues en determinadas fechas se produjeron eventos de lluvia ácida ( $\text{pH} < 5.6$ ) y en otras fechas, se produjeron lluvias alcalinas ( $\text{pH} > 7.6$ ). Es conocido que en dependencia del valor del pH del agua que recibe el suelo, así será el aporte que esta le proporciona para alterar su composición físico-química. Por tanto, desde el punto de vista agrícola, esto hay que tenerlo presente para tomar las medidas pertinentes y contrarrestar así los efectos nocivos de la degradación del suelo en estas zonas de estudio.



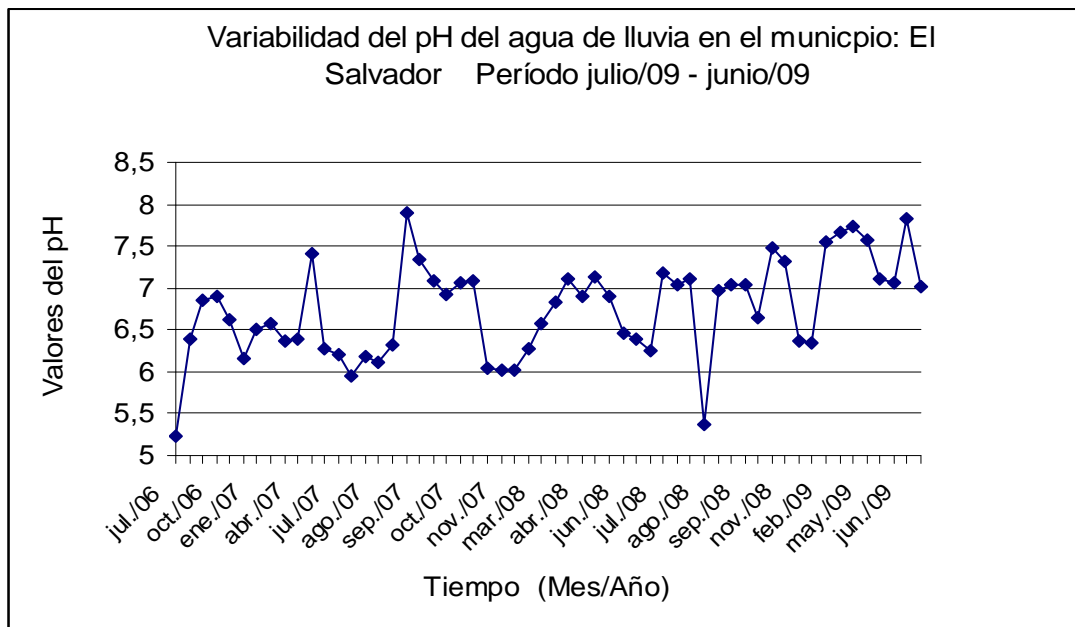
**Figura 14.** Comportamiento del pH del agua de lluvia en el Centro de la Ciudad de Guantánamo. Período: junio/2006 – agosto/2009. (57 muestras analizadas).



**Figura 15.** Comportamiento del pH del agua de lluvia en la Zona Suroeste de la Ciudad de Guantánamo. Período: junio/2006 – julio/2009 (58 muestras analizadas).



**Figura 16.** Comportamiento del pH del agua de lluvia en el Consejo Popular “La Confianza”. Municipio Guantánamo. Período: julio/2006 – julio/2009 (36 muestras analizadas).



**Figura 17.** Comportamiento del pH del agua de lluvia en la localidad de Limonar en el Municipio de El Salvador. Período: julio/2006 – junio/2009 (56 muestras analizadas).

Durante este estudio se han evidenciado eventos de lluvias ácidas ( $pH < 5.6$ ) y eventos próximos a lluvias ácidas ( $5.6 < pH < 6$ ), así como los eventos de lluvia alcalina, según se aprecia en la Tabla 4.

De acuerdo a lo normado en la “NC 93-02-85 Agua Potable. Requisitos Sanitarios y Muestreo”, considerando siempre el grado de pureza del agua de lluvia. Según esta norma, el pH será:

- Deseable: Para  $7 < pH < 8$
- Máximo admisible: Para  $6.5 < pH < 8.5$

En la Tabla 4, también se muestran los casos de lluvia con características deseables y con pH máximo admisible desde el punto de vista sanitario para la población, según la “NC 93-02-85” [3].

**Tabla 4.** Análisis del pH de las muestras de lluvia por zonas de monitoreo. Período: junio/2006 – junio/2010

ZONAS DE MONITOREO	TOTAL DE MUESTRAS ANALIZADAS	CLASIFICACIÓN DE LAS MUESTRAS DEL AGUA DE LLUVIA, SEGÚN VALORES DEL pH							
		ÁCIDA (pH <5.6)		ALCALINA (pH >7.6)		DESEABLE (7 < pH < 8)		MÁXIMO ADMISIBLE (6.5 < pH < 8.5)	
		Nº de Muestras	%	Nº de Muestras	%	Nº de Muestras	%	Nº de Muestras	%
SUROESTE DE LA CIUDAD DE GUANTÁNAMO	66	2	3	8	12.12	24	36.36	46	69.69
CENTRO DE LA CIUDAD DE GUANTÁNAMO	64	1	1.56	4	6.25	20	31.25	47	73.44
LA CONFIANZA. (MUNICIPIO: GTMO)	42	1	2.38	5	11.9	20	47.62	30	71.43
MADRE VIEJA (MUNICIPIO: YATERAS)	63	3	4.76	7	14.29	16	25.4	33	52.38
JAMAL (MUNICIPIO BARACOA)	45	3	3.67	4	8.89	12	26.67	23	57.11
LIMONAR (MUNICIPIO: EL SALVADOR)	67	2	2.99	7	10.45	32	47.76	45	67.16

No se conoce ni se han estudiado las causas de estos resultados respecto al pH de la lluvia, pero queremos alertar de que la lluvia en Guantánamo es ligeramente alcalina, lo cual se evidencia en la Tabla 4, pues los porcentajes obtenidos para la lluvia con esta característica son mayores que para la lluvia ácida.

Resulta muy llamativo el hecho de que en el año 2001 el pH de la lluvia fue totalmente opuesto al año anterior. El 2001 presentó en todos los meses pH inferior o igual a 5.75; excepto 3 meses, todos los demás superan el pH 6.00. Enero que es el de mayores registros presentó pH 9.00.

En la serie 2006 – 2009 el menor valor del pH corresponde a julio del 2006, con 5.23, que es el menor valor registrado hasta la fecha.

#### **4.1.2 :Valoración de los huracanes en el período 1900 - 2001.**

Al valorar la cronología de huracanes pudimos observar que en el período 1900 - 2001 (102 años) nos han afectado 62 huracanes o tormentas tropicales. Este número incluye todos los eventos ciclónicos que pasaron a 150 km ó menos. Esto arroja un período de retorno de aproximadamente 2 años.

Decidimos evaluar la cronología de huracanes de los últimos 60 años (1942 - 2001) y contemplamos sólo aquellos, independientemente de la distancia a nuestro territorio, que realmente nos afectaron con vientos o lluvias significativas.

En este período nos han afectado 7 huracanes o tormentas tropicales (ver tabla 5), los de mayor intensidad han sido: Georges, Inés y Flora con vientos de más de 125 km/h. Queremos destacar que la tormenta tropical Gordon, si bien no produjo vientos significativos en nuestra área, sí provocó intensas lluvias con daños considerables, incluyendo pérdida de vidas humanas.

**Tabla 5.** Cronología de los huracanes que han afectado a la Cuenca Hidrográfica Guantánamo – Guaso en el período 1942 – 2001 [7].

No	Año	Mes	Día	Velocidad Viento (km/h)	Nombre
1	1949	Octubre	13	90	SN
2	1955	Septiembre	13 -14	110	Hilda
3	1958	Octubre	01 - 02	100	Ella
4	1963	Octubre	04 - 08	125	Flora
5	1966	Septiembre	30	130	Inés
6	1994	Noviembre	23 - 24	75	Gordon
7	1998	Septiembre	23	135	Georges

Si consideramos estos siete eventos en los últimos 60 años debemos señalar que el período de retorno es de 8 años. En este período no nos ha afectado ningún huracán de gran intensidad, ni siquiera han superado la categoría 1 de la escala Saffir-Simpson (Simpson, 1974). En esto juega un gran papel las barreras naturales que constituyen para estos organismos los sistemas montañosos de La Española (Haití - República Dominicana) y del oriente cubano (Macizo Nipe-Sagua-Baracoa y Sierra Maestra) que provocan el debilitamiento y desorganización de estos sistemas al aproximarse a nuestro territorio.

Al evaluar la sequía partimos del criterio utilizado por la OMM (Organización Meteorológica Mundial) que define la sequía meteorológica como un período de condiciones meteorológicas anormalmente seca, suficientemente prolongado como para que la falta de precipitación cause un grave desequilibrio hidrológico.

El período de retorno de la sequía era de aproximadamente 5 años, sin embargo en los años finales de la década del 60 y gran parte de los 70 se redujo considerablemente este período. Después de la década del 70 se produjo una reducción de los efectos de la sequía, pero en los últimos años, especialmente en la

década del 90 es donde hemos sido afectados por procesos de sequía meteorológica severa desde 1996 hasta el 2001, sólo interrumpido por eventos de lluvias intensas.

Por otra parte queremos destacar que en la zona de estudio se encuentra enclavado el macizo montañoso Nipe - Sagua - Baracoa, que produce una sombra de lluvia hacia el sur, lo que unido a la elevada tasa de evaporación ha dado lugar a que la sequía se manifieste no sólo como sequía meteorológica, sino también como sequía agrícola e hidrológica.

Aunque en esta década (1990 – 2000), se observa un incremento del acumulado medio anual, fueron más frecuentes los procesos de sequía porque la lluvia presentó una pésima distribución temporal.

Se observó más habitualmente los períodos de días sin lluvias consecutivos, mayores de 10 mm y por otra parte la lluvia se concentró con mayor frecuencia en cortos períodos, en ocasiones en sólo varios días como ocurrió en 1998. En ese año sufrimos uno de los déficit de lluvia más severo, especialmente en el período abril - junio, sin embargo en agosto (mes poco lluvioso en la zona de estudio), y en septiembre se registró más del 50 % del total anual de lluvia caída. Esto creó serios problemas por efecto de inundaciones, erosión del suelo y en cambio la lluvia fue poco efectiva en cuanto a su almacenamiento en la zona de humedad del suelo.

El área de estudio, en forma mucho más marcada en la zona sur, presenta de manera casi permanente sequía agrícola o condiciones de aridez elevada, por su pobre precipitación, alta tasa de evaporación y evapotranspiración. Demostrándose que aún sin sequía meteorológica puede observarse la sequía agrícola e incluso la hidrológica.

Al evaluar el índice de aridez (R) observamos que la zona sur presenta un valor igual a 0.41, que la ubica en la categoría de semiárida. Esta región abarca toda el área desde el sur de la Ciudad de Guantánamo hasta la costa. El resto del territorio hacia el norte presenta un índice de 0.69, es decir de clima húmedo pero muy próximo al umbral de sub-húmedo.

Algunas áreas comprendidas en la parte norte, especialmente al este (parte de Manuel Tames) presentan un índice de 0.61, es decir que están en el rango de sub-húmedo seco.

Dada la vulnerabilidad tan elevada de la zona de estudio a los eventos de sequía, seleccionamos una red de 15 pluviómetros debidamente distribuidos en el área para el monitoreo de la misma, apoyándonos en un programa computarizado desarrollado por el INSMET. Con esta red se inició el monitoreo en forma mensual y se están dando los pasos para en breve tiempo realizarlo en forma decenal.

La evaporación media anual es muy elevada (valorada con los datos de la estación meteorológica de Guantánamo y La Juanita, se estimó para las restantes áreas). En la zona sur del área de estudio la evaporación anual es de 2300.0 mm y en el extremo norte promedia aproximadamente 2000.0 mm. En la zona del municipio Guantánamo que está dentro de la cuenca, que se encuentra aproximadamente en un punto medio entre la costa y las áreas montañosas, el promedio es de 2080.0 mm.

Como se puede observar la evaporación es alta y estable. Todos los meses promedian por encima de los 140.0 mm y el coeficiente de variación (Cv) oscila entre 0.04 y 0.07.

#### **4.2: Comportamiento de la temperatura.**

Al evaluar la temperatura se pudo observar que la media anual para esta zona de estudio es de 25.6 °C y va incrementándose hacia el sur (Costa) alcanzando valores medios por encima de 26.3 °C.

La temperatura máxima media en la cuenca hidrográfica Guantánamo - Guaso es superior a los 30.0 °C.

El valor máximo medio se registra en una zona que se extiende desde el sur de la Ciudad de Guantánamo hacia el suroeste y que abarca una gran extensión del municipio Niceto Pérez, presentando un valor superior a los 32.0 °C.

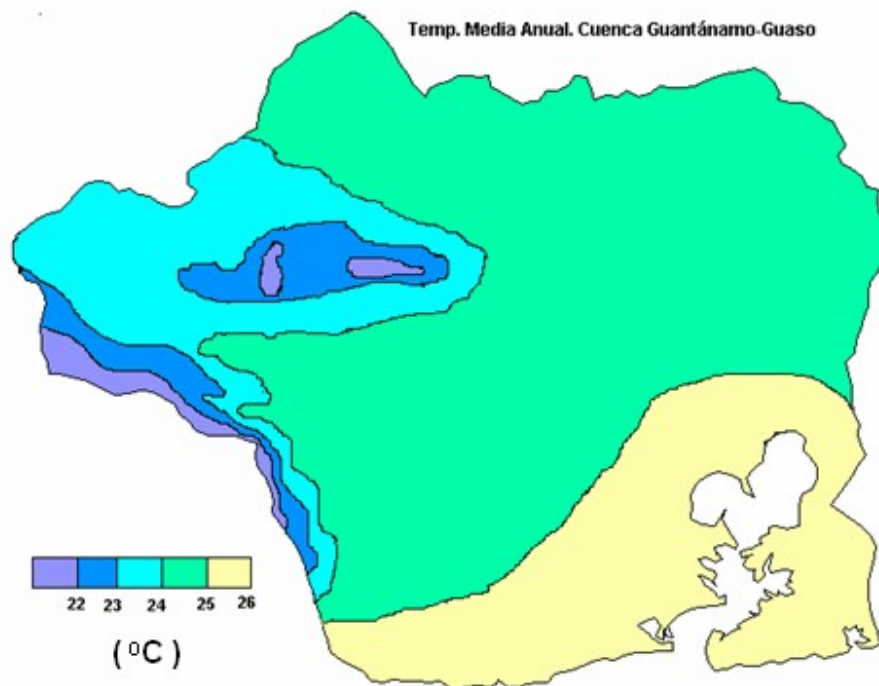
La temperatura mínima media decae desde la costa hacia el norte y oscila entre 21.1 °C y 19.3 °C. Presenta una media general de aproximadamente 20.0 °C.

Como puede observarse el área de estudio presenta una temperatura alta y estable, tanto espacial como temporalmente. En todas las zonas de la cuenca la diferencia entre los meses más cálidos (Julio – Agosto) y los meses más fríos (Enero – Febrero) es de sólo 4.5 °C aproximadamente. Por otra parte la diferencia entre una zona y otra obedece principalmente a la diferencia de altura y a la distancia que exista de la costa. Esto se manifiesta en forma gradual y con débil gradiente.

La temperatura máxima absoluta registrada es de 38.6 °C, acontecida en el aeropuerto de Paraguay, el 7 de Agosto de 1969. La temperatura mínima absoluta registrada es de 11.1 °C, que data del 19 de diciembre de 1982 en Guantánamo.

Los años 1997 y 1998 presentaron un incremento notable en la media anual de la temperatura con 26.0 y 26.2 °C, respectivamente.

Se confeccionó un esquema isotérmico con la temperatura media anual donde se puede observar el comportamiento de las áreas de la cuenca, como se muestra a continuación en la figura 18.



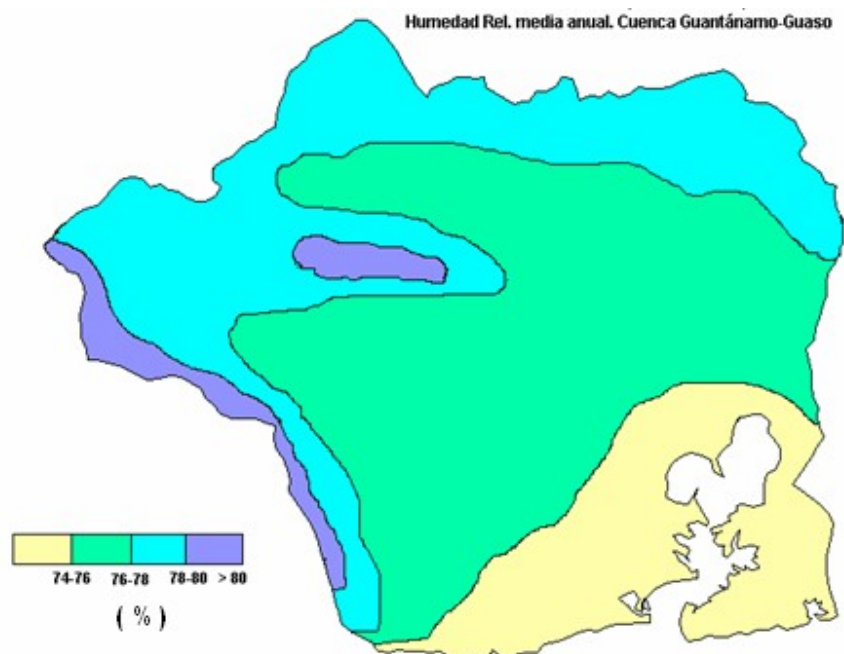
**Figura 18.** Distribución de la temperatura media anual en la cuenca hidrográfica Guantánamo - Guaso.

#### 4.3: Comportamiento de la humedad relativa.

La humedad relativa de la zona está entre las más bajas, no sólo de la provincia Guantánamo sino también del país. La humedad anual oscila entre 75 % en la costa y 78 % en la zona norte. La media general es de aproximadamente 77 % y oscila en el año entre 73 % en marzo y 83 % en octubre y noviembre. Sólo octubre y noviembre en algunos puntos promedian por encima de 80.5 %.

La humedad relativa decrece de norte a sur. En esto influye considerablemente la temperatura tan elevada en la parte sur y la escasa forestación en dicha área.

La baja humedad relativa de la zona (Figura 19) y la elevada temperatura, así como la influencia de los vientos del sur con un gran efecto secante, son las causas de la alta tasa de evaporación.



**Figura 19.** Esquema de la distribución de la humedad relativa en la cuenca hidrográfica Guantánamo – Guaso.

#### 4.4: Comportamiento medio del viento.

El viento predominante en nuestra zona de estudio es del Este con 6.79 %, le siguen los del sur con 5.76 % y el nordeste con 5.26 % (tabla 9). En los meses de Julio, Noviembre y Diciembre, predominan del NE (tabla 10). Los vientos de los restantes meses se comportan del 2<sup>do</sup> cuadrante (del Este al Sur). En general la zona de estudio es poco ventosa con un 58,9 % de calma (tabla 9) y, como puede observarse predominan los vientos del 2<sup>do</sup> cuadrante (tabla 9 y 10) y le siguen los del 1<sup>er</sup> cuadrante (del Norte al Este). Los vientos más frecuentes son las brisas de mar y de valle (de componente Sur), les siguen las brisas de tierra y vientos de montañas de componente Norte.

La velocidad media anual oscila entre 3.9 y 7.6 km/h. En ambas series las velocidades medias más altas se registran en Febrero y las más bajas en Octubre. La velocidad media, tanto anual como mensual, es baja en toda la cuenca, y por otra parte, el porcentaje de calma es alto con más del 50 %. Es bueno tener presente

que ocurren, con mucha frecuencia vientos máximos, generalmente en forma de racha, superiores a los 40 km/h.

La velocidad del viento en la cuenca disminuye desde el sur hacia el norte y la frecuencia de calma crece en este mismo sentido. Durante las horas diurnas el viento predomina del sur y es mucho más frecuente que en las horas nocturnas, especialmente en el horario comprendido desde las 10:00 am hasta las 5:00 pm. Por la noche el viento predomina del norte, es más débil y presenta más calma que por el día.

**Tabla 6.** Datos históricos del viento de la estación Guantánamo (78368), período 1982 – 2009.

<b>Rumbo</b>	<b>Frecuencia (%)</b>	<b>Frecuencia Media (km/h)</b>
<b>Calma</b>	58.91	0
<b>N</b>	3.56	8.1
<b>NNE</b>	3.98	8.4
<b>NE</b>	5.26	11.3
<b>ENE</b>	3.91	14.2
<b>E</b>	6.79	16.1
<b>ESE</b>	1.99	13.6
<b>SE</b>	2.37	10.7
<b>SSE</b>	2.07	9.6
<b>S</b>	5.76	10.3
<b>SSW</b>	1.73	9.4
<b>SW</b>	0.91	8.4
<b>WSW</b>	0.39	7
<b>W</b>	0.5	7.1
<b>WNW</b>	0.25	6.9
<b>NW</b>	0.64	8.1
<b>NNW</b>	0.96	7.1

**Tabla 7.** Valores históricos de velocidad y dirección del viento pertenecientes a la DPRH.

<b>Meses</b>	<b>Dirección Viento</b>	<b>Fuerza Viento (km/h)</b>
Ene	NE	3.27
Feb	NE	4.33
Mar	S	3.76
Abr	NW	4.13
May	N	3.44
Jun	NW	3.48
Jul	NE	4.08
Ago	NW	3.60
Sep	NW	3.41
Oct	NW	2.69
Nov	NE	3.00
Dic	NE	3.37
<b>Año</b>	<b>NW</b>	<b>3.32</b>

#### **4.5: Vinculación con la defensa de la patria.**

La historia de la humanidad evidencia como el hombre ha buscado los espacios húmedos para construir su hábitat, las antiguas civilizaciones nacieron en los valles de los ríos, de este modo las áreas de las cuencas hidrográficas comenzaron a coincidir con la aparición y desarrollo de las grandes ciudades y las extensas zonas destinadas al fomento de la agricultura. Esta articulación entre civilización y cuencas hidrográficas se ha incrementado hoy día, ya que la mayoría de los asentamientos humanos se encuentran en las cuencas, las que poseen enormes potencialidades en recursos y condiciones naturales en los contextos agrícola y forestal, y por ende constituyen potenciales escenarios del teatro de operaciones militares, por lo que cualquier cambio desde el punto de vista climático impone cambios en el medio natural, que deben tenerse en cuenta en los proyectos de asimilación, planificación y

protección ambiental y de defensa del país, tanto en la guerra como en la paz, donde el conocimiento de las características climáticas de estas zonas permite disponer de una importante herramienta para tomar decisiones, y de elementos de considerable importancia en el manejo de desastres originados por eventos meteorológicos extremos. Esta investigación se enmarca en los esfuerzos que realiza el país en potenciar el estudio y ordenamiento de las cuencas hidrográficas, como contribución a la defensa de la patria.

## **Conclusiones.**

1. El clima del área de estudio es semidesértico en la zona sur (Bs) y tropical de sabana (Aw) en las áreas restantes, exceptuando una pequeña área en las mayores elevaciones que presenta un clima tropical lluvioso.
2. La zona sur (semiárida) es muy vulnerable a los procesos de sequía y prácticamente se encuentra en sequía agrícola permanente.
3. La precipitación es el factor climático limitante en la zona de estudio por su gran variabilidad, evidenciándose en los frecuentes procesos de sequía y de lluvias intensas (relacionadas con eventos como ciclones tropicales, frentes fríos y hondonadas).
4. Los análisis del pH evidencian la existencia de lluvia ácida y con un elevado nivel de alcalinidad en determinados momentos dentro del período de estudio, lo cual resulta perjudicial para la salud de los seres vivos y la calidad del suelo.

## **Recomendaciones.**

1. Sobre la base de los resultados obtenidos se recomienda no extrapolar datos pluviométricos, debido a la gran variabilidad espacial de la zona de estudio, ni tomar sólo el acumulado anual a la hora de evaluar el clima en un área cualquiera de la cuenca hidrográfica Guantánamo – Guaso.
2. Continuar el estudio climático de la cuenca mediante la determinación del coeficiente de humedecimiento y del índice de aridez, entre otros elementos del suelo para la evaluación del balance hídrico.
3. Proporcionar el nivel de socialización de los resultados del estudio de la composición química de la lluvia, que posibiliten la toma de medidas adecuadas cuando el impacto de la calidad del agua de lluvia sea negativo.

## Bibliografía.

1. Acevedo, M. Regionalización geomorfológicos. En Nuevo Atlas Nacional de Cuba: Sección IV-4. Instituto de Geografía, Academia de Ciencias, p.3.
2. Aguilar O. G., M. Carnesoltas, C. Balseiro, y L. Naranjo, 2004: Climatología de las Tormentas Locales Severas en Cuba, en el periodo 1987-2002. Resultados de la modelación de un caso de estudio.
3. Agua Potable. Requisitos Sanitarios y Muestro. NC 93-02-85. 1985.
4. Alfaro, M. del R. (1984): Acidificación del Medio. Revista Ciencias Ambientales, No. 5-6, Costa Rica.
5. Alfonso A. P., 1986: El brote de tiempo severo en Cuba del 8 de febrero de 1978. Descripción del brote y situación sinóptica. Ciencia de la Tierra y el Espacio, 10, 101-114.
6. Análisis y Cartografía de la Vulnerabilidad Alimentaria en Cuba. PMA p-60.
7. American Meteorological Society. Monthly Weather Review. Vol. Monthly May - December 2002.
8. Archivo del CMP "Cronología de huracanes que afectaron la provincia de Guantánamo", 1851-2009.
9. Archivos Centro Meteorológico Provincial Guantánamo. Bases de Datos Climáticas Baracoa, Guantánamo.
10. Atlas Climático de Cuba. Editado en 1987.
11. Batista Surey, E. (2002): Metodología para la actualización del mapa topográfico digital 1:25000 con imágenes de satélite.
12. Baza Pacho, R. "Datos Climáticos medios de la provincia Guantánamo". 1999. Inédito. Archivo CMP Guantánamo.
13. Borges Oscar, J. Baisre, T. Limeres, C. Piedra, D. Sauloys, I. Sánchez, M. Cintra, I. Fuentes. (2000): Caracterización de la Región Semiárida de Guantánamo y Propuesta de Ordenamiento Agroecológico. Archivo Estación de suelos salinos, p. 278.
14. Borges Escandón, O., D. Sanloy Martínez, T. Linares Jiménez, M. Cintra Arencibia e I. Sánchez (2002). La desertificación en la zona semiárida de

- Guantánamo. Programa de lucha. Estación de Suelos Salinos Guantánamo. Instituto de Suelos del CITMA, Guantánamo. Informe. 22 pp.
15. Blanco Heredia, L. (2000). Cuenca Hidrográfica Guantánamo – Guaso. Dirección Provincial de Recursos Hídricos. Revista Voluntad Hidráulica. Provincia Guantánamo. 8 pp.
  16. Cambios Climáticos y Cuestiones Ambientales. Informe Anual OMM. 1991.
  17. CITMA (1999). Guantánamo, Estrategia Ambiental Provincial. Delegación provincial del CITMA, Guantánamo. Informe. 16 pp.
  18. Castro Enjamio V. (2009). Institucionalidad y marco legal de los Órganos de Cuencas de Cuba. [Consultado 12/2/2010]. Disponible en [http://www2.hidro.cu/documentos/Revista\\_VH/VH99\\_6.pdf](http://www2.hidro.cu/documentos/Revista_VH/VH99_6.pdf).
  19. Cuencas hidrográficas. [Consultado 7/8/2009]. Disponible en [http://www3.wikipedia.org/wiki/Cuenca\\_hidrográfica](http://www3.wikipedia.org/wiki/Cuenca_hidrográfica).
  20. Cuencas hidrográficas. [Consultado 7/8/2009]. Disponible en [http://panorama.ama.cu/cap1\\_5.htm](http://panorama.ama.cu/cap1_5.htm).
  21. Colectivo de Autores. Convención de lucha contra la Desertificación. ONU/1995.
  22. Colectivo de Autores. Documento Resumen Convención Medio Ambiente. 2005. Cuba.
  23. Colectivo de Autores (2003): Metodología para la producción de fortoimágenes a partir de imágenes del satélite. Geocuba. IC-UCT.
  24. Chuy, Tomás J., Baza, R., Puente G (2001): Evaluación de las amenazas por la actividad geodinámica e hidrometeorológica de la provincia de Guantánamo.
  25. Cuencas hidrográficas. [Consultado 7/8/2009]. Disponible en [http://www3.wikipedia.org/wiki/Cuenca\\_hidrográfica](http://www3.wikipedia.org/wiki/Cuenca_hidrográfica).
  26. Cuencas hidrográficas (2000). [Consultado 7/8/2009]. Disponible en [http://panorama.ama.cu/cap1\\_5.htm](http://panorama.ama.cu/cap1_5.htm)
  27. Clasificación Climática de Köppen. [Consultado 19/1/2010]. Disponible en [http://www3.wikipedia.org/wiki/Clasificación\\_climática\\_de\\_Köppen](http://www3.wikipedia.org/wiki/Clasificación_climática_de_Köppen).

28. Climate System Monitoring December 1988 – May 1991. World Meteorological Organization.
29. Delgado Téllez, R., Peña, A. Datos climáticos digitales provincia Guantánamo, 1996.
30. Delgado, R., Peña, A. Regionalización climática digital de la provincia Guantánamo, 1996. Compilado a partir de la base de datos CMP Guantánamo, 2005.
31. Delisle Ibonet P. “Estudio de la composición química de la lluvia en diferentes localidades de la provincia de Guantánamo”. 2006 – 2009.
32. DPRH (2003). Guantánamo, Estrategia del SCIT-MA. Delegación provincial del INRH, Guantánamo. Informe. 7 pp.
33. DPAA (2003). Guantánamo, Informe de Calidad de Vida. Delegación provincial de Acueducto y Alcantarillado del INRH, Guantánamo. Informe. 11 pp.
34. Escala de Clasificación de los Huracanes. Saffir – Simpson. 1974.
35. Lapinel, B, et al. La Sequía en Cuba. 1993.
36. Ley de Medio Ambiente 1981-1996.
37. López. C. 1997. “La deposición ácida atmosférica a nivel regional en Cuba y su contribución al riesgo de los ecosistemas terrestres.” Instituto de Meteorología. La Habana. Cuba.
38. Lora Borrero B. (2008). Experiencias de uso sustentable del agua en la cuenca hidrográfica Guantánamo-Guaso, provincias Guantánamo y Santiago de Cuba, Cuba. [Consultado 4/9/2009]. Disponible en [http://www.cricyt.edu.ar/ladyot/publicaciones/cyted\\_libro\\_XIII/pdf/6\\_lora.pdf](http://www.cricyt.edu.ar/ladyot/publicaciones/cyted_libro_XIII/pdf/6_lora.pdf).
39. Instituto de Meteorología. Revista cubana de Meteorología. Vol. 9, 10,11; 2002, 2003, 2004.
40. Manual del Observador Pluviométrico. Departamento de Redes Hidrológicas. Instituto de Hidroeconomía. MICONS. La. Habana. INRH. 2001.
41. Manual de Prácticas Hidrometeorológicas de la OMM. 1970.
42. Martín, E., R Rodríguez, I Marrero (2004): Estudio mapificado sobre un Sistema de Información Geográfico del Comportamiento Histórico de las

- Precipitaciones en la Provincia de Villa Clara. Informe Final Proyecto Territorial Centro Meteorológico Provincial Villa Clara.
43. Material de Estudio de la Maestría en Ciencias Meteorológicas (Contaminación Atmosférica), INSMET, 2004.
  44. Montenegro, U. Condiciones climáticas de las cuencas de los ríos Toa y Duaba de la Provincia Guantánamo. Informe Climático Solicitado para la Elaboración de los Proyectos, Ejecución y Explotación del Complejo Hidroeléctrico Toa – Colectivo de Autores Duaba. Trabajo “Clima de Montaña” Inédito.
  45. Palelenzuela-Castillo, Emma, 1976. Academia de Ciencia de Cuba Instrucciones para realizar observaciones agrometeorológicas en estaciones y puestos.
  46. Palelenzuela-Castillo, Emma, 1982. Guía climática abreviada para los especialistas de la agricultura.
  47. Principales cuencas de Cuba (2007): [Consultado 29/2/2010]. Disponible en <http://www.hidro.cu/cuencas.htm#ariguanabo>.
  48. Reflexiones Sobre Algunos Términos de Referencia. Documento elaborado por Centro Nacional del Clima.
  49. Seguridad Alimentaria. El Factor Climático (OMM No 849).
  50. Serrano Marzabal, M. y González Dalmau J.C. (1999). Impacto de la carga contaminante en la cuenca hidrográfica Guantánamo – Guaso y un sistema de medidas para su protección. Dirección Provincial de Recursos Hídricos, Provincia Guantánamo. Delegación provincial del INRH, Guantánamo. Revista Voluntad Hidráulica. 15 pp.
  51. Semanario Venceremos. Trasvase Sabanalamar-Pozo Azul: lo más tardar en julio. Edición 12 de junio 2010.
  52. Síntesis del Informe: Variaciones y Cambios del Clima en Cuba. Instituto de Meteorología.
  53. Solano, O. et al “Estudio de la Evapotranspiración de Referencia en Cuba”. 2003. Revista Cubana de Meteorología INSMET. Volumen 10/#1/2003. p. 33.

54. Solano, O. Revista Cubana de Meteorología Zonificación de la precipitación en Cuba. Revista Cubana de Meteorología Vol.10 No.1 (2003).
55. Velásquez, H., Baza, R., Gómez L., Martínez, E. "Caracterización Climática de las Cuencas Hidrográficas Guantánamo-Guaso". 2002. Informe Final de Proyecto. Archivo CMP Guantánamo.
56. Vocabulario Meteorológico Internacional. OMM No 82/ 1990.
57. ZAMBRANA LOUIT C. y G. FERNÁNDEZ (2000). Estudio de las principales Cuencas Hidrográficas de la provincia Guantánamo. DPRH, Guantánamo. Delegación provincial del INRH, Guantánamo. Revista Voluntad Hidráulica. 13 pp.