

# EVALUACIÓN CLIMÁTICA DE LA CUENCA GUANTÁNAMO-GUASO PARA EL MONITOREO Y LA ALERTA TEMPRANA DE LOS INCEDIOS FORESTALES

Ing. Alexander Fernández Velásquez, Ing. Rolando Baza Pacho,  
Lic. Lida Gómez Rodríguez, Lic. Yanneyis Rojas Díaz, Ing. Ricardo  
Meades Rodríguez, Lic. Leonardo Maura Pérez, Lic. Nivian  
Laborde Castillo, Téc. Andrés Aragón Matos

Centro Meteorológico Provincial de Guantánamo. Ahogado14 e/  
12 y 13 Norte, Guantánamo, Cuba, alexanderfv1973@yahoo.es;  
alexanderfv1973@hotmail.com

---

## RESUMEN

*Se desarrolló un estudio climático de las cuencas hidrográficas Guantánamo-Guaso, y se logró una caracterización climática de la zona, con hincapié en el comportamiento de la lluvia por ser el elemento limitante. Se creó una base de datos digitalizadas; se organizó una red pluviométrica para garantizar el monitoreo de la seguía y posibles incendios forestales. Se representó en mapa 1:100 000 el comportamiento medio anual de la temperatura, la humedad relativa y la precipitación. Y se constató que zona de estudio es muy afectada por los incendios forestales y por eventos extremos de sequía.*

*Palabras clave:* cuenca hidrográfica, incendio, pronóstico

## ABSTRACT

*A climatic study on the Watershed Guantánamo-Guaso was developed, being achieved a climatic characterization of the area, making stress in the behaviour of the rain, being the last the restrictive element. One believes a digitized database; you organize a net pluviometric to guarantee the monitoring of it followed it and possible forest fires. It is represented in map 1:100 000 the half annual behaviour of the temperature, the relative humidity and the precipitation. It verifies that study area is very affected by the forest fires and for extreme events of drought.*

*Key words:* watershed, fires, forecast.

## INTRODUCCIÓN

Las cuencas hidrográficas Guantánamo-Guaso están entre las cuencas priorizadas del país y ocupa un área de 2 048 km<sup>2</sup> incluida la parte correspon-

diente a la provincia de Santiago de Cuba. En ella se concentra más del 70% de la población de la provincia de Guantánamo y la mayor producción de

leche y de productos agroalimentarios. La zona de estudio presenta una gran variabilidad climática tanto espacial como temporalmente, en especial en precipitación y significativas anomalías, por lo que reviste una gran importancia la evaluación climática de esa zona de estudio que, por demás, no ha sido objeto de un estudio detallado y puntual en el campo climático.

Un gran número de incendios forestales ocurre regularmente en el mundo. Durante las últimas décadas ha habido una importante tendencia al aumento. Según Vélez (2000), «cada vez hay más incendios y las cifras lo confirman».

Las características del ambiente tienen gran influencia en el inicio, la programación y la intensidad de los incendios forestales. Los factores más relacionados con los incendios son las condiciones meteorológicas, el material combustible, la topografía y el tipo de cobertura vegetal [Brown y Davis, 1973].

Batista (2000) coincide en señalar que los incendios forestales son frecuentemente condicionados por las variaciones climáticas, y que al comportamiento de algunos elementos meteorológicos que caracterizan el clima tiene efectos particulares sobre el comportamiento del fuego, e influye decisivamente en la ignición y propagación de los incendios.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se desarrolló un estudio climático de las cuenca para establecer el sistema de alerta de las condiciones de

peligro para la ocurrencia de incendios forestales y se monitorearon los incendios en el período de máximo peligro (febrero-mayo).

### Principales variables meteorológicas

Para el estudio de las precipitaciones se tomaron los datos medios mensuales y anuales de 50 pluviómetros correspondientes a la red de INRH. Se empleó una serie de treinta y seis años (1963-2000), y los datos se procesaron acorde con la norma y procedimientos establecidos por el INRH y el INSMET.

Para determinar la evaporación se empleó el método de evaporímetro de tanque clase A, y la evapotranspiración potencial se calculó por el método de Ivanov.

Las restantes variables meteorológicas se procesaron por metodología del INSMET. Para ello se utilizaron los datos de las estaciones de Guantánamo y La Juanita, y los puntos El Salvador, Vittorio y Héctor Infante.

El pronóstico y alerta temprana de los incendios forestales se desarrolló según la meteorología desarrollada por el Instituto de Meteorología (INSMET) y el Cuerpo de Guardabosques Nacional.

Índices que han de utilizarse

*Tf*: Temperatura del aire a la una de la tarde

*Hr*: Humedad relativa

*Pr*: Precipitación

*Tpr*: Temperatura de punto de rocío

**TABLA 1**  
**Fórmulas que han de utilizarse para la elaboración de pronósticos**

<i>Fórmula</i>	<i>Categorías</i>
Monte Negro	Pequeño, medio, alto, muy alto
Nesterov	Sin peligro, poco peligro, peligro, alto peligro, extremo peligro
Angstrom	Nulo, bajo, moderado, alto
Telicyn	Ninguno, medio, pequeño, alto

**TABLA 2**  
**Cálculo del Índice de Nesterov**

<i>Categorías</i>	<i>Valor de <math>\ln \theta</math> (OJO)</i>
Sin peligro (1)	0-300
Poco peligro (11)	301-1 000
Peligro (111)	1 001-4 000
Alto peligro (1V)	> 10 001

$\ln = x(p)$  (OJO)

donde:

$$P = T + D$$

donde:

$\ln$ : Índice de Nesterov

$T$ : temperatura del aire a la una de la tarde

$D$ : Dificil de saturación a la una de la tarde

$N$ : Número de días secos (días con lluvias menores de 5 mm)

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de la precipitación media anual por el método isoyético se observa en la *Tabla 2*. En ella queda bien definida que la media general de la cuenca es de 998 mm y que se mueve entre 520 y 1 797 mm.

**TABLA 2**  
**Precipitación media anual de la cuencaGunatánamo-Guaso (1963-2000)**

<i>Intervalo</i>	<i>Área (km)</i>	<i>Lluvia (mm)</i>
520-600	13,8	560
600-800	452,2	700
800-1 000	472,3	900
1 000-1 200	555,0	1 100
1 200-1 400	390,0	1 300
1 400-1 600	109,4	1 500
1 600-1 797	55,6	1 698
	2 048,3	998

Se puede observar que los acumulados comprendidos entre 600 y 1 000 mm ocupan un área de 924,5 km<sup>2</sup> que representan el 45.1% del área total, y que los acumulados comprendidos entre 600 y 1 200 mm abarcan el 72,2%

con 1479.5 km<sup>2</sup> y por encima de 1 600 mm. Solo 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, aledaña a la base naval.

**TABLA 3**  
**Valores medios de precipitación para la red de pluviómetros seleccionados**

<i>Precipitación media (1963-2000)</i>					<i>Precipitación media (1991-2000)</i>					
<i>Pluviómetro</i>	<i>Anual</i>	<i>Lluvioso</i>	<i>%</i>	<i>Período seco</i>	<i>%</i>	<i>Anual</i>	<i>Lluvioso</i>	<i>%</i>	<i>Período Seco</i>	<i>%</i>
Promedio	958,3	663,7	69,3	294,6	30,7	1032,9	655,6	63,5	377,3	36,5

En esta tabla se observa que la media hiperanual es de 958,3 mm, es decir, solo presenta un 4% de diferencia con respecto a la media general, lo que demuestra que esta microrred es representativa.

Al evaluar el comportamiento de la lluvia por etapa se observa que en los últimos diez años se produjo un ligero incremento de lluvia media. Consideramos que este incremento aproximadamente del 5% se deba a los eventos de lluvias intensas en la década del noventa. También se observa un corrimiento de la lluvia a la etapa poco lluviosa (noviembre-abril).

En la etapa lluviosa de la última década se experimenta una disminución aproximadamente en un 6% respecto a la medida hiperranual, en tanto que la etapa poco lluviosa se incrementa en igual proporción.

En análisis de frecuencias se comprendió que los acumulados anuales

se concentran en los rangos 600-800 mm. con un 26 y 25% respectivamente para un 51% entre ambos rangos por encima de 1 200 mm. Solo registra una frecuencia de un 18%, y por debajo de 600 mm un 14%.

Se evaluó el número de días con lluvia en la serie 1971-2000 de los 15 pluviómetros seleccionados para el monitoreo de la sequía, y se observó que en la zona sur el promedio anual oscila entre 40-60 días; mientras que en la zona norte promedia entre 80-100 días. En la serie estudiada la red seleccionada promedió ochenta y cinco días con lluvia anual. El número de días con lluvia por año varía mucho, y se observa una correspondencia entre el número de días con lluvia y el acumulado anual.

En general se percibe un decrecimiento de la lluvia en la década del noventa, conociendo con los resultados por el grupo de expertos para cambios climáticos en nuestra región.

La evaporación media anual, valorada con los datos de las estaciones meteorológicas de Guantánamo y La Juanita y estimada para las restantes áreas, es muy elevada. En la zona sur la evaporación anual es de 2 300 mm. En Guantánamo, que se encuentra aproximadamente en un punto medio entre la costa y las áreas montañosas, el promedio es de 2 080 mm.

El extremo norte promedia aproximadamente 2 000 mm. Como se puede observar, la evaporación es alta y estable. Todos los meses promedia por encima de 140 mm y el C.V. oscila entre 0,04 y 0,07.

### **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, en tanto que va incrementándose hacia el sur, con valores medios por encima de 26,3°C en el extremo sur (costa).

La temperatura máxima media es superior a los 30°C en toda el área. 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 de Niceto Pérez. Toda esta área tiene un valor superior a los 32°C.

La temperatura mínima media decae desde la costa hacia el norte, y oscila entre el 21,1 y 19,3°C. Posee una media general de aproximadamente 20°C.

Como puede observarse, el área de estudio presenta una temperatura alta y estable, tanto espacial como temporalmente. En todas las áreas la

diferencia entre los meses más calidos (julio-agosto) y los más fríos (enero-febrero) es de solo 4,5°C aproximadamente.

Por otra parte, la diferencia entre una zona y otra obedece principalmente a la diferencia de altura y distancia a la costa, y se manifiesta en forma gradual y con débil gradiente.

La temperatura máxima registrada es de 38,6°C, ocurrida en Paraguay el 7 de agosto de 1969.

La temperatura mínima se registro con 11,1°C el 19 de diciembre de 1982 en Guantánamo.

Los años 1997 y 1998 presentaron un incremento notable en la media anual con 26 y 26,2°C respectivamente.

### **Comportamiento de la humedad relativa**

La humedad relativa de la zona está entre las más bajas no solo de Guantánamo, sino del país. La humedad anual oscila entre el 75% en la costa y el 78% en la zona norte. La media general es de aproximadamente el 77%, y oscila en el año entre el 73% en marzo y 83% en octubre y noviembre. Solo estos meses como promedio general y en algunos puntos promedian por encima del 80,5%. La baja humedad relativa de la zona y la elevada temperatura, así como la influencia de viento del sur con gran efecto secante son las causas de la alta tasa de evaporación.

### **Viento**

La zona de estudio es poco ventosa. La velocidad anual del viento es de solo 3,9 km/h, y disminuye desde la costa

con 7,3 km/h hasta la zona norte, en cuyo extremo solo promedia 3,4 km/h.

En cambio el porcentaje de frecuencia de calma aumenta en este mismo sentido. En las áreas próximas a la costa presenta entre un 20 y 30% de calma, y va creciendo gradualmente hasta sobrepasar el 50% de calma en la zona norte. El viento predomina del sur en casi todos los meses, excepto noviembre y diciembre, y ocasionalmente julio, en que predomina del nordeste.

Es bueno señalar que durante el día el viento predomina del sur, pero en las horas nocturnas se produce el viento de montaña en la parte norte y el terral en la sur; por tanto el viento del norte prevalece. De manera que el viento predominante es del sur y le sigue el viento del norte.

### **Pronóstico y alerta de condiciones de peligro de incendios forestales en la cuenca**

#### *Principales resultados*

- Introducidos nuevos índices agrometeorológicos de peligros de incendio en la vegetación.
- Aplicada la observación meteorológica.
- Organizado el sistema de vigilancia y pronóstico de peligro de incendios forestales mediante avisos tempranos de alerta sustentados en la utilización de los índices de peligro.

El servicio consiste en la entrega de un sistema de predicción y vigilancia agrometeorológicas para la prevención de los incendios forestales en la cuenca Guantánamo-Guaso, mediante el cual el cliente puede dar un seguimiento a las condiciones

agrometeorológicas existentes para los riesgos de aparición de incendios, el cual consiste en:

1. Pronóstico agrometeorológico del índice de riesgos de peligros de incendios forestales a corto plazo.  
Se emite un pronóstico que contiene de manera integrada las informaciones del estado general del tiempo en todo el territorio de la cuenca y las perspectivas para las próximas 24 h. Además se realiza un análisis agrometeorológico donde expresa las condiciones de riesgo de peligro de incendios forestales por cada uno de los municipios de la cuenca, el cual decide el momento apropiado para la aplicación de la señal de peligro para la toma de decisiones instrumentadas en la estrategia de prevención de los incendios forestales en la cuenca. Período de servicio: 1 de febrero-15 de mayo.
2. Predicción de condiciones de riesgos agrometeorológicos para el surgimiento de incendios forestales a largo plazo.  
Se elabora un informe mensual basado en la climatología de la cuenca Guantánamo-Guaso y en diferentes modelos de pronósticos meteorológicos extendido que refleje las condiciones ambientales que posibilitan la ocurrencia y desarrollo de estos siniestros. Período de servicio: 1 de febrero-15 de mayo.

### **CONCLUSIONES**

- Se estableció un sistema de monitoreo y alerta temprana a través del pronóstico sobre las condi-

ciones de peligro de incendios forestales a corto, mediano y largo plazo para la cuenca.

- La cuenca es muy susceptible a eventos de sequía agrícola e incendios forestales, atendiendo al incremento de las condiciones que son favorables para la ocurrencia de estos fenómenos. Se encontraron eventos de sequía (meteorológica, hidrológica, agrícola y socioeconómica) de manera sostenida en los últimos años, aparejado a una tendencia a la disminución de las precipitaciones y el crecimiento de las temperaturas.
- Se pudo concretar que el clima del área de estudio es semidesértico en la zona sur (Bs) y tropical de sabana (Aw) en las áreas restantes, según Koeppen (modificado).
- El comportamiento de las temperaturas, humedad relativa, viento y evaporación ha sido muy estable en el período estudiado.

## BIBLIOGRAFÍA

- BATISTA, A. C.: *Una alternativa o planeamiento de controle de incendios forestales*, Fundação de Pesquisas Forestais do Parana, Curitiba, Brasil, V.30 (1/2), 2000, pp 45-54.
- BROWN, A. A.; K. P. DAVIS: *Forest Fire. Control and Use*, New York McGraw Hill, 1973.
- LAPINEL, B. *et al.*: *La sequía en Cuba*, 1993.
- OMM: «Seguridad alimentaria», *El Factor Climático*, no. 849, 2002.
- Instituto de Meteorología: Síntesis del informe «Variaciones y cambios del clima en Cuba», 2002
- OMM: Vocabulario meteorológico internacional, *OMM* no. 82, 1990.
- VÉLEZ, R.: *La defensa contra incendios forestales. Fundamentos y experiencias*, Mc Graw-Hill / Inter-Americana de España, España, 2000.