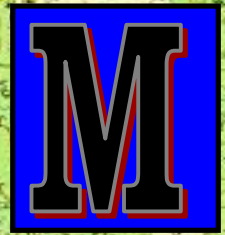
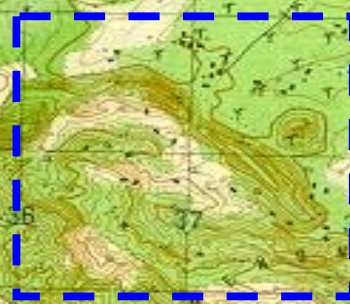


Meteoservice



**CENTRO METEOROLÓGICO PROVINCIAL
CITMA
SANCTI-SPÍRITUS**

**Informe climatológico
de la zona de Cariblanca,
municipio de Fomento,
provincia de Sancti Spíritus.**



**Mayo del 2015
Sancti Spíritus**

INDICE

Contenido/Páginas.

- ◆ Resumen /2

- ◆ **1. Introducción /3**
- ◆ **2. Elementos climáticos /4**
 - ◆ 2.1. Radiación Solar /4
 - ◆ 2.1.1. Insolación y Radiación Solar Global /4
 - ◆ 2.1.2. Insolación /4
 - ◆ 2.1.3. Radiación Solar Global /5
 - ◆ 2.2. Temperatura del aire /5
 - ◆ 2.2.1. Comportamiento de las temperaturas por períodos /5
 - ◆ 2.2.2. Marcha anual de las temperaturas /6
 - ◆ 2.2.3. Comportamiento diario de las temperaturas /7
 - ◆ 2.2.4. Comportamiento multianual de las temperaturas /7
 - ◆ 2.3. Precipitación /8
 - ◆ 2.3.1. Generalidades /8
 - ◆ 2.3.2. Comportamiento histórico de las precipitaciones /9
 - ◆ 2.4. Humedad Relativa /9
 - ◆ 2.4.1. Marcha anual y por períodos /9
 - ◆ 2.5. Evaporación /12
 - ◆ 2.5.1. Evaporación mensual y anual /13
 - ◆ 2.6. Evapotranspiración /14
 - ◆ 2.6.1. Evapotranspiración Potencial mensual y anual. Comparación entre Evap. y ETP /14
 - ◆ 2.7. Viento /15
 - ◆ 2.7.1. Dirección predominante y velocidad promedio por dirección /15
 - ◆ 2.7.2. Rosas de los vientos por períodos /16

- ◆ **3. Climatología de las Tormentas Locales Severas (TLS) /18**
 - ◆ 3.1. Generalidades /18
 - ◆ 3.2. Características de las TLS /18
 - ◆ 3.3. Características de los Tornados /20
 - ◆ 3.4. Características de las Turbonadas /20
 - ◆ 3.5. Características de las Granizadas /21

- ◆ **4. Huracanes /21**
 - ◆ 4.1. Frecuencia e intensidad /21
 - ◆ 4.2. Ciclonología tropical y resultados estadísticos /22
 - ◆ 4.3. Otros organismos lluviosos /23

- ◆ **5. Factores modificadores del clima /23**

- ◆ **6. Consideraciones finales /24**

RESUMEN.

El presente estudio consiste en un Estudio Climatológico de acuerdo con la solicitud realizada por la Empresa de Geocuba Granma con vistas a su utilización en un Estudio de Impacto Ambiental.

Se ha estimado para la zona de Cariblanca ubicada a unos 7 km al sudeste del poblado de Fomento a una altura promedio de 200 m sobre el n.m.m. que recibe diariamente 17.8 MJ/m² de Radiación Solar Global durante el curso del año y 7.4 horas/días de Insolación o Radiación Solar Directa.

La temperatura media anual es de 23.0 gC, estableciéndose un período más cálido, lluvioso y húmedo de mayo a octubre, y uno más fresco, poco lluvioso y menos húmedo de noviembre a abril, coincidiendo además este último con el de máxima sequedad del suelo y velocidad del viento.

La máxima actividad de ocurrencia de Tormentas Locales Severas (TLS) se produce en horas de la tarde en el período de verano. Los fenómenos severos asociados a TLS son los Tornados, Turbonadas y Granizadas. El 80 % de las Turbonadas se presentan en horarios de la tarde, coincidiendo con fuerte actividad de Tormentas Eléctricas principalmente en los meses de julio y agosto y con una periodicidad entre 2 a 4 veces al año.

Las Granizadas tienen una probabilidad de presentarse al menos una vez al año, y los Tornados que afectan esta zona son de poca intensidad, ocurriendo en horas de la tarde, presentándose con un período de retorno de 480 años. Las probabilidades de ser afectada por impacto directo de un Huracán son bajas, aunque no nulas; pero normalmente puede sufrir los efectos de Ciclones Tropicales con fuertes lluvias y vientos sin que su vórtice transite por la isla.

1. INTRODUCCIÓN.

Se hace necesario estudiar las condiciones climáticas de la zona de Cariblanca en el municipio de Fomento, provincia de Sancti Spiritus, por ser el clima un recurso natural de gran valor para el uso y explotación eficiente de otros recursos, y dada la enorme importancia que representa en los Estudios de Impacto Ambiental.

Dicha área está ubicada entre las coordenadas planas Y: 246 000 - 248 000 y X: 636 000 - 638 000 en el lugar conocido por Cariblanca a unos 7 km al sudeste del poblado de Fomento, representada en la Hoja Cartográfica 4282 - II - C La Guanábana en escala 1: 25 000. El relieve de esta zona es alomado presentando alturas que oscilan entre los 100 y 300 metros sobre el n.m.m., la orientación predominante de estas elevaciones es del noroeste al sudeste.

Como es característico para zonas con este tipo de relieve pueden presentarse a pequeña escala diferentes microclimas. Las principales causas de variación tienen su origen por la interrelación entre la altura y la orientación, que deciden en la magnitud de la energía solar recibida en las dos laderas, el calentamiento diurno que ésta origina y el establecimiento de factores de circulación del aire típicos para estos relieves, creando condiciones atmosféricas variables para las estructuras vertical y horizontal.

Para el estudio se emplearon los datos climáticos disponibles de series largas de los Archivos Climáticos del Centro Meteorológico Provincial, de la Delegación Provincial de Recursos Hidráulicos y del Centro Nacional del Clima del Instituto de Meteorología (INSMET); así como un conjunto de mapas, diagramas y gráficos pertenecientes al departamento de pronóstico, a la red de estaciones meteorológicas e hidrológicas.

2. ELEMENTOS CLIMÁTICOS.

2.1. RADIACIÓN SOLAR.

2.1.1. Insolación y Radiación Solar Global.

Por la importancia que esta variable tiene, creemos importante y necesario explicar brevemente a manera de introducción algunos aspectos que a la vez contribuirán a su mejor interpretación y aplicación en Estudios de Impacto Ambiental (EIA).

La radiación solar consiste en ondas electromagnéticas que transfieren luz y energía en su paso a través de la atmósfera y constituye la fuente más importante de energía de la mayoría de los procesos físicos que ocurren en el sistema tierra – atmósfera.

El régimen de radiación solar es uno de los factores más importantes del clima, y a su vez, en gran medida los flujos de radiación son influenciados y parcialmente gobernados por las condiciones climáticas y el medio ambiente de una región.

En este informe para el mejor estudio abordamos la variable climática denominada **Insolación**, que consiste en la duración efectiva de la insolación, o lo que es lo mismo la Radiación Solar Directa y se expresa en horas/días, y el elemento climático básico denominado Radiación Solar Global, la cual es la cantidad de radiación solar de onda corta recibida en una superficie horizontal en el transcurso del día y se expresa en este trabajo en Mega Joule por metro cuadrado (MJ/m²).

A modo de ilustración en la siguiente tabla No. 1 se presentan las marchas medias mensuales de insolación y radiación solar global (RSG).

Tabla No. 1. Insolación (h/días) y Radiación Solar Global (MJ/m²) por meses y anual.

-	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Anual
Ins (h/d).	7.0	7.4	7.9	8.5	7.5	6.9	7.9	7.9	7.1	7.0	6.8	6.8	7.4
MJ/m²	13.5	16.0	18.7	21.3	20.5	19.8	21.4	20.9	18.4	16.2	13.8	12.6	17.8

2.1.2. Insolación.

De acuerdo con los datos antes reflejados vemos que la insolación acumulada anual es de alrededor de las 2710 horas, característica de la zona interior de la región central del país y un promedio anual de 7.4 horas.

En su marcha anual, el mes de abril alcanza la media mensual más alta con un valor de 8.5 horas, coincidiendo con el valor más alto de RSG para el año, en los meses de junio, noviembre y diciembre se obtienen las medias mensuales más bajas con valores menores a las 7.0 horas, debido a la ocurrencia de fenómenos meteorológicos que acarrear grandes cantidades de nubosidad.

Otra información interesante resulta que durante el año existen 64 días como promedio en los cuales la insolación alcanza valores mayores a las 10 horas, y solamente existen 20 días con valores menores a 2 horas.

2.1.3. Radiación Solar Global.

La radiación solar global estimada como promedio durante un año es de 17.8 MJ/m² por día, para una suma total anual de 6100 MJ/m² de energía solar.

En su marcha anual tenemos que a través del año, en 123 días se obtienen valores elevados, mayores o iguales a 21.0 MJ/m², en 251 días se reportan valores normales mayores o iguales a 16.0 MJ/m² y en sólo 34 días del año son menores de 11.0 MJ/m².

Por último, consideramos de interés que se tenga en cuenta la capacidad de reflexión de la radiación en la superficie inicialmente y su transformación con el tiempo, la cual puede hacer variar la capacidad de albedo y repercutir en otros procesos y fenómenos ambientales a considerar. Las superficies de colores claros reflejan más y absorben menos la radiación; con los colores oscuros ocurre lo contrario.

2.2. TEMPERATURA DEL AIRE.

Promedio, máxima y mínima promedio. Comportamiento de estas por períodos. Marcha anual y multianual.

2.2.1. Comportamiento de las temperaturas por períodos.

La temperatura en Cuba está condicionada por los altos niveles de radiación solar que se reciben, los cuales se explican en el acápite correspondiente.

Tabla No. 2. Comportamiento de la temperatura promedio, máxima y mínima promedio en el período lluvioso, poco lluvioso y anual.

Período	Temp. Promedio (gC)	Temp. Máxima (gC)	Temp. Mínima (gC)	αt (tx - tn)
Anual	23.0	29.0	18.4	10.6
Lluvioso	24.6	30.5	20.5	10.0
Poco lluvioso	21.5	27.7	16.6	11.1
αt (p.ll - p.p.ll)	3.1	2.8	3.9	1.1

Como se aprecia en la Tabla No. 2 los menores valores se presentan en el período poco lluvioso, coincidiendo con los mínimos valores de radiación solar global e insolación durante los meses de noviembre, diciembre y enero principalmente.

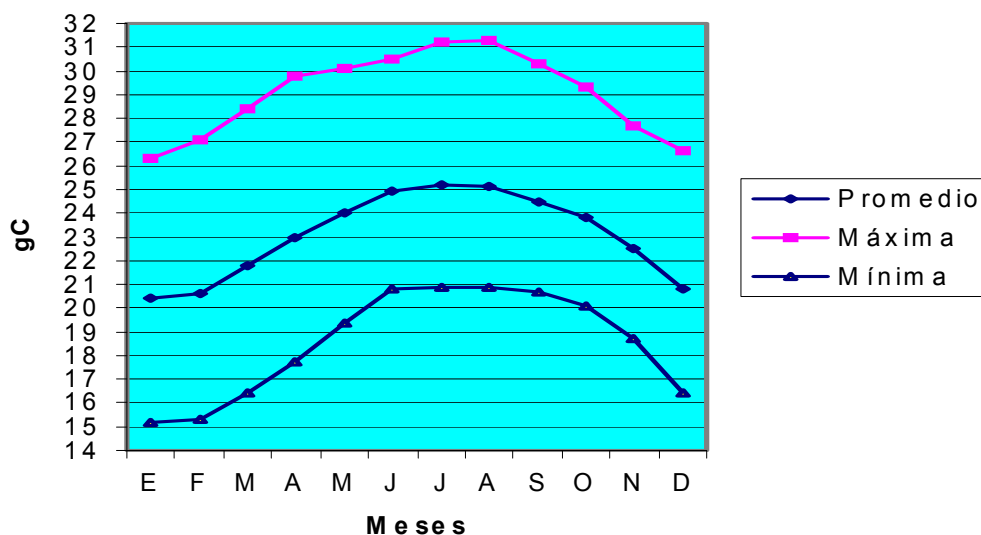
La mayor amplitud térmica (α) corresponde así mismo al período poco lluvioso con 11.1 gC, pues el enfriamiento en horas de la noche – madrugada es mayor y ocurre más rápidamente. Nótese que la diferencia entre las temperaturas máximas (tx) de los períodos lluvioso y poco lluvioso (2.8 gC) es inferior a la diferencia de las temperaturas mínimas (tn) para dichos períodos (3.9 gC).

2.2.2. Marcha anual de las temperaturas.

La marcha anual de las temperaturas máximas y mínimas medias y la temperatura promedio se corresponde con el comportamiento de éstas en todo nuestro país.

Los valores inferiores se reportan en los meses dentro del período poco lluvioso, siendo más bajos en enero y febrero, con promedios entre 20 y 21 gC, respectivamente, Figura No. 1. Durante el período lluvioso se produce un ascenso significativo de las temperaturas promedio, alcanzando valores que superan los 25 gC, fundamentalmente en julio y agosto, en estos meses se produce un máximo calentamiento en la zona de Cariblanca a pesar de encontrarse en una región premontañosa. Los valores de temperatura máxima superan como promedio los 31 gC, cifra muy similar a casi todas las registradas en el interior de la provincia (tierra adentro).

Figura No. 1. Marcha anual de la temperatura promedio, máxima y mínima promedio.



El comportamiento de la temperatura mínima presenta las mismas características aunque se produce de forma más homogénea en los cuatro meses centrales del período lluvioso, en este caso hay una influencia directa del exflujo matutino descendente de las montañas y que aporta cierto contenido de humedad, no permitiendo así el máximo enfriamiento en un mes con respecto a otro.

Los menores registros tanto de la temperatura máxima como de la mínima se reflejan en el mes de enero, comportamiento este muy característico de todo el territorio. Se puede apreciar que el valor de la temperatura mínima promedio es algo bajo con 15.2 gC en enero y 15.3 gC en febrero, en este caso más parecido al comportamiento de esta variable en regiones montañosas, en otras regiones del interior del territorio pueden ser más elevadas.

2.2.3. Comportamiento diario de las temperaturas.

El comportamiento diario de la temperatura es el mismo para todo el país. Los menores valores ocurren entre la madrugada y el amanecer. En este horario se imponen los records de temperatura mínima, que hasta la fecha es de 4.8 gC y fue establecido el día 14 del mes de enero en el año 1981 aproximadamente a las 6:20 am.

Los mayores valores se presentan entre la 1.00 y las 3.00 pm. El record de temperatura máxima data del 19 de junio de 1998 con un valor de 35.8 gC, estos valores corresponden a la Estación Meteorológica de Sancti Spiritus, pues en la zona de estudio no se cuenta con la misma. Estos valores para la zona se estiman aproximadamente entre 35.0 gC y 35.5 gC.

Durante el día a partir de las 10.00 am las temperaturas ascienden con rapidez hasta las 3.00 pm y las 4.00 pm, y a partir de aquí comienza su descenso que se acelera como ya dijimos en la madrugada.

2.2.4. Comportamiento multianual de las temperaturas.

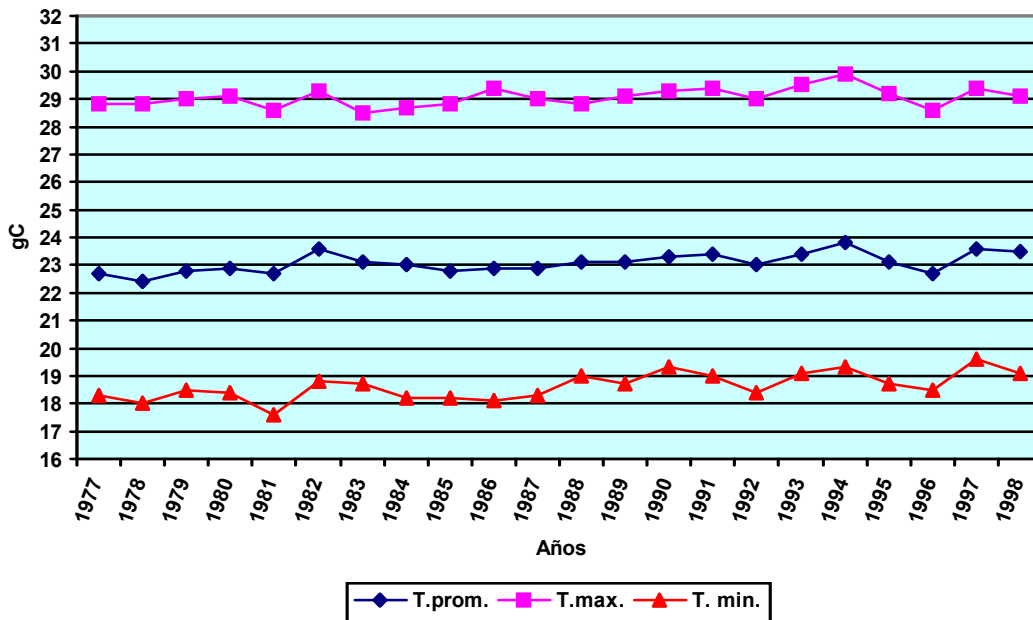
Estudios realizados por la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y el Centro Nacional del Clima del Instituto de Meteorología de Cuba han demostrado la ocurrencia de un calentamiento de la temperatura de la atmósfera baja a nivel mundial y en Cuba. Al parecer este mismo proceso ya se está produciendo en la zona de Cariblanca.

Haciendo un análisis del comportamiento de los valores promedios de las temperaturas máximas, mínimas y medias a partir del año 1977 (Figura No. 2) podemos apreciar una tendencia al incremento de los valores. Este ascenso es más significativo en la curva de las temperaturas mínimas promedio, notándose más agudizado a partir del año 1987.

Este comportamiento muy bien puede estar asociado a los cambios climáticos y a la variabilidad climática mundial. Se conoce que el Efecto de Invernadero ejerce mayor influencia sobre las temperaturas mínimas del aire al no permitir el enfriamiento de la tierra durante la noche.

También puede estar relacionado con las modificaciones que han estado ocurriendo en la región donde se encuentre la zona de estudio, cambios en la superficie vegetal, etc. Sobre este último aspecto se debe prestar especial atención.

Figura No. 2. Marcha multianual de la temperatura máxima, mínima y promedio del aire.



2.3. PRECIPITACIÓN.

2.3.1. Generalidades.

Nuestro país se encuentra entre los 20 y los 23 gn y entre los 75 y los 85 gw, es decir, desde el punto de vista geográfico en la zona tropical, por debajo de los 23,5 gn o el trópico de cáncer, límite norte en el cual el sol revierte su curso en la marcha anual, de manera que el sol pasa dos veces por el zenit en todo punto ubicado entre los trópicos por lo que cabe esperar dos máximos de temperatura en su marcha anual, sin embargo, esto no es así porque las variaciones de temperaturas son en general muy pequeñas, en tanto las variaciones de las precipitaciones son enormes, en esto estriba que el ciclo de la temperatura con cuatro estaciones de latitudes medias pierda su sentido en la zona tropical. De manera que los conceptos de estación seca y lluviosa reemplazan a las estaciones térmicas de latitudes extratropicales, no obstante, en la mayor parte de la zona puede encontrarse una correspondencia aproximada entre las estaciones seca y el invierno y entre la estación húmeda y el verano.

En gran parte del año nuestro país se encuentra bajo el control del Anticiclón permanente del Atlántico Norte, el cual tiene sus fluctuaciones en cuanto a su posición, especialmente en el periodo invernal, dando paso a procesos extratropicales como son la llegada de frentes fríos y el tránsito de sistemas de altas presiones migratorias constituidas por masas de aire más secas, frías y estables provocando en el caso de los frentes los mayores

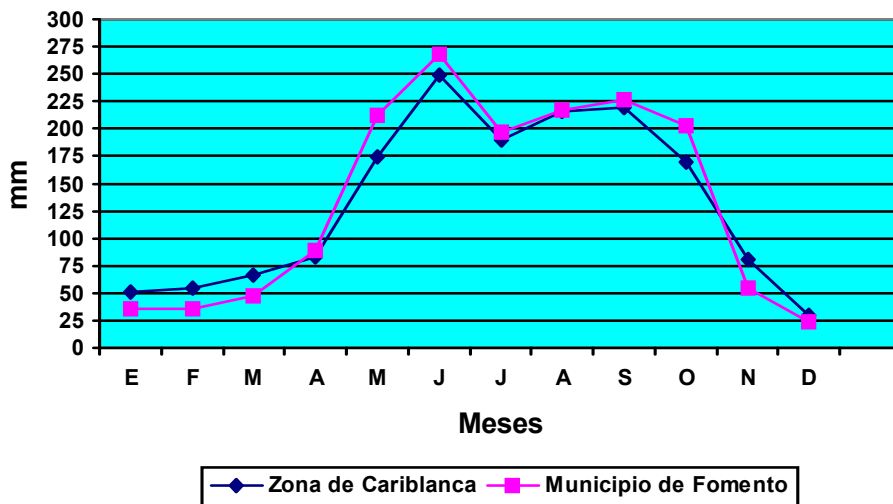
acumulados de precipitaciones en el periodo seco, y en el caso de las altas el descenso de las temperaturas. En el verano el Anticiclón gana en latitud controlando el tiempo en toda nuestra área, imponiendo vientos del este que debido a la geografía larga y estrecha de la isla facilita la convergencia de las brisas siendo este elemento una de las fuentes principales de las precipitaciones, por supuesto, estimuladas por fenómenos típicos del periodo como es el caso de las Ondas Tropicales, Hondonadas, etc., así como por los conocidos Ciclones Tropicales.

2.3.2. Comportamiento histórico de las precipitaciones en la “Zona de Cariblanca”.

El régimen de precipitaciones de la zona se encuentra influenciado por su cercanía al grupo montañoso Guamuhaya, y además por la Zona de Máxima Convergencia de las Brisas, por tal motivo en Cariblanca precipitan anualmente 1582.5 mm, y en sus alrededores los valores oscilan desde los 1400 mm a 1600 mm anuales.

En el Período Lluvioso o de Primavera (mayo - octubre) la lámina media es de 1218 mm, representando el 77 % del total anual; y en el Período Poco Lluvioso (noviembre - abril) los acumulados representan un 23 % con 364.5 mm de lluvia, comportamiento este normal en nuestro país, sin embargo, los acumulados de este período son ligeramente mayores que la media del período en el municipio de Fomento, o sea, en este período Cariblanca es más lluvioso que la media municipal.

Figura No. 3. Marcha anual de las precipitaciones en la Zona de Cariblanca comparada con la media municipal de Fomento.



Como se observa en la Figura No. 3, junio es el mes más lluvioso del año, seguido por un máximo secundario en agosto y septiembre, comportamiento este semejante al resto del municipio. En octubre como consecuencia de la decadencia de la actividad convectiva (frontera de cambio o período de transición de un período a otro) comienzan a disminuir los

acumulados, llegando a su máxima expresión en diciembre como resultado de la influencia anticiclónica continental, siendo el mes más seco del año en Cariblanca.

En abril y principios de mayo comienza a verificarse una transición del Período Poco Lluvioso al Lluvioso, debilitándose los gradientes y estimulándose paulatinamente la actividad convectiva por el calentamiento diurno, dando paso a la primavera con aumento brusco de los acumulados (Tabla No. 3).

Tabla No. 3. Valores mensuales de precipitaciones y días con lluvia históricos de la Zona de Cariblanca, últimos 30 años.

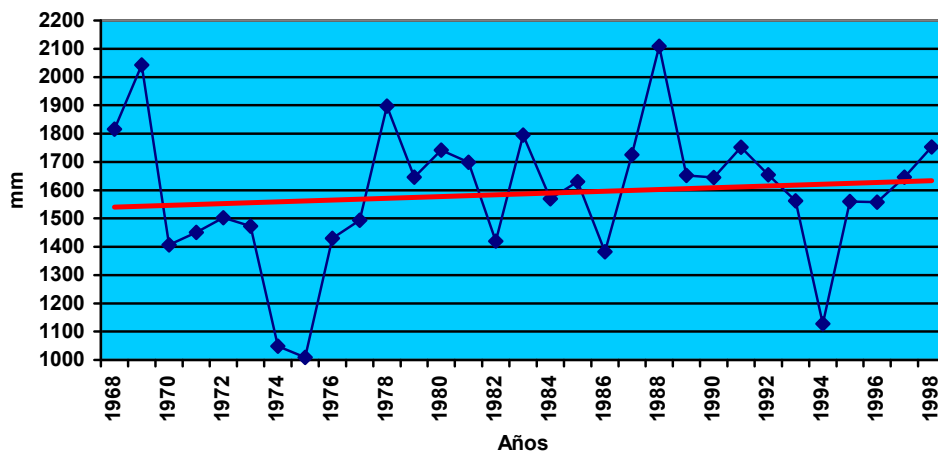
-	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Anual
mm	50.7	54.5	66.3	82.9	174.9	248.6	190.1	216.2	219.2	169.0	80.7	29.4	1582.5
Días	4	3	4	4	9	13	12	13	14	11	6	4	97

En la Tabla No. 3 se presentan los días con lluvias por meses, para una suma anual de 97 días con precipitaciones, de ellos las $\frac{3}{4}$ partes (72 días) corresponden al Período Lluvioso, el resto $\frac{1}{4}$ (25 días) pertenece al Período Poco Lluvioso del año.

En mayo primer mes del Período Lluvioso hay 9 días con lluvias, valor este conservador respecto a los valores del resto de los meses de este período, lo que corrobora que la transición de un período a otro ocurre en el transcurso de abril y parte de los primeros días de mayo.

La lluvia máxima en 24 horas de la serie ocurrió el 02/06/1988 con 247.1 mm, récord que está vigente en la actualidad, mientras que el acumulado mensual más elevado fue en el propio mes y año con 786.9 mm asociados ambos valores a una Hondonada o Vaguada estacional que afectó la provincia. El comportamiento de la lluvia en el período de 31 años (1968-1998) se muestra en la Figura No. 4.

Figura No. 4. Marcha multianual de las precipitaciones en la Zona de Cariblanca municipio de Fomento.



Es conocido que el elemento climático precipitación es uno de los más variables espacial y temporalmente, y que en la zona de Cariblanca presenta fluctuaciones más bruscas con relación al comportamiento medio de la provincia. Entre las causas que pueden influir está el factor orográfico, pues en las zonas aledañas las alturas oscilan fundamentalmente alrededor de los 200 y 800 m sobre el n.m.m. en el macizo Guamuhaya.

Por otra parte se pueden apreciar los impactos producidos por el Cambio Climático Global, notándose que los picos de máxima y mínima precipitación están muy relacionados con dichos cambios y eventos climáticos, tales como: el Calentamiento Global, el ENOS y AENOS. (Fuente: WMO. No 896).

Ejemplos:

<u>Período/Año</u>	<u>Eventos/Causas (Escala global)</u>
1973-1974	La Niña.
1975	Comienzo del Calentamiento al final del siglo XX.
1982-1983	El Niño.
1986-1988	El Niño, con su manifestación máxima histórica en el 1988.
1991-1995	El Niño de mayor duración del siglo XX.
1997-1998	El Niño más intenso.
1998	El más caliente del siglo XX.

Nota: En el año 1988 fueron provocadas las máximas históricas debido a una fuerte Hondonada (vaguada) que afectó a la provincia.

2.4. HUMEDAD RELATIVA.

2.4.1. Marcha anual y por períodos.

Como se puede apreciar en la Figura No. 5 la humedad relativa del aire presenta una marcha anual influenciada por la distribución estacional de las precipitaciones, presentando un significativo incremento a partir del mes de mayo conjuntamente con el comienzo del período lluvioso, con los máximos valores en septiembre y octubre, comenzando a disminuir desde el mes de noviembre o comienzo del período poco lluvioso, obteniéndose el mínimo valor anual en abril, último mes de este período.

En el período lluvioso de mayo a octubre la humedad relativa promedio oscila entre 80 y 86%, siendo septiembre y octubre los de mayor valor con 86% ambos, y entre 75 y 85% durante el período poco lluvioso de noviembre a abril, siendo este último el de menor valor con 75%. En el periodo poco lluvioso la humedad relativa mínima oscila entre 46 y 61 % y entre 54 y 63 % durante el período lluvioso. La humedad relativa máxima durante el año no tiene mucha variación, oscilando de 97 a 98 %. En ningún mes del año la humedad relativa mínima promedio es inferior al 40%.

Los valores por periodos se muestran en la siguiente tabla:

Figura No. 5. Distribución anual de la humedad relativa máxima, mínima y promedio.

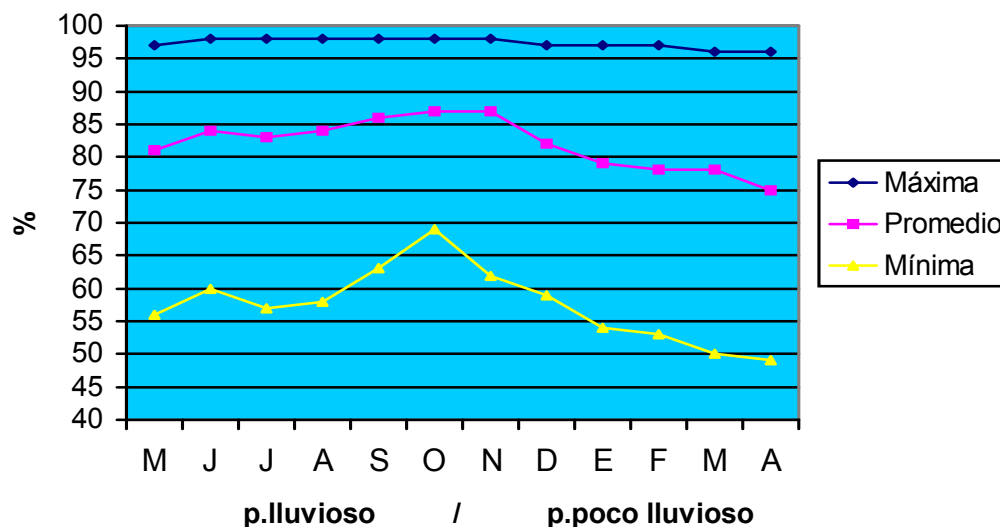


Tabla No. 4. Comportamiento de la humedad relativa del aire (%) por períodos.

Períodos	Promedio %	Máxima promedio (%)	Mínima promedio %
Anual	82	97	57
Poco lluvioso	80	97	54
lluvioso	84	98	60

Bajo condiciones normales del estado del tiempo la humedad relativa presenta un comportamiento inverso a la temperatura, por tal razón los valores máximos de humedad ocurren en la madrugada y al amanecer, y los mínimos durante la tarde de 1.00 a 4.00 p.m.

2.5 EVAPORACIÓN.

La magnitud de la evaporación en Cariblanca al igual que otros elementos climáticos está determinada periódicamente por factores astronómicos, geográficos y meteorológicos, entre estos, sin lugar a dudas, el factor geográfico es el responsable fijo e invariable que origina los menores valores de pérdidas de humedad desde la superficie del suelo en esta región de la provincia de Sancti Spiritus. Cariblanca se encuentra ubicada geográficamente en el interior de la provincia, coincidiendo con la línea de máxima convergencia de las brisas donde ocurren las mayores precipitaciones, alejada de la costa y en una zona de premontaña con mayor nubosidad y velocidad del viento, además de una mayor humedad relativa del aire, todo esto hace que la evaporación de Cariblanca sea inferior al resto de la provincia exceptuando las áreas montañosas aledañas.

2.5.1. Evaporación mensual y anual.

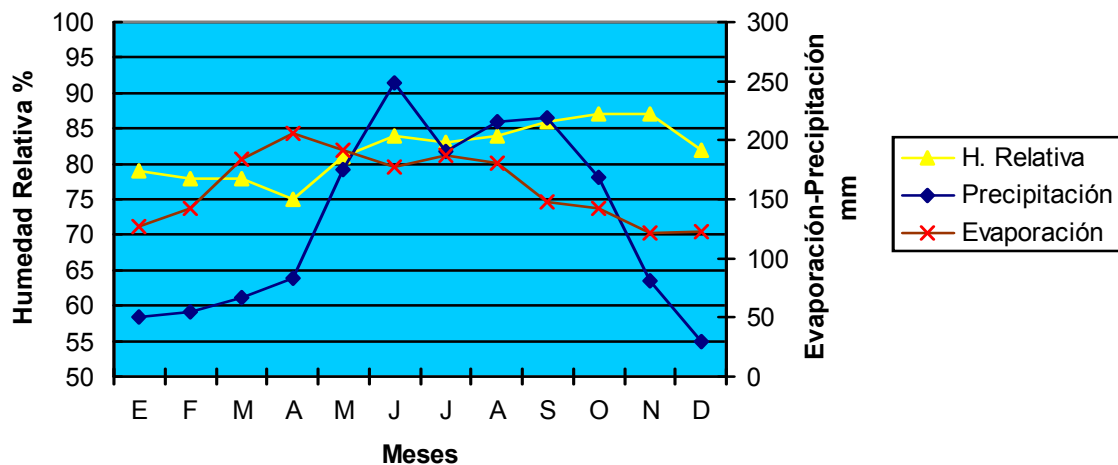
La media nacional de Cuba según el Evaporímetro de Tanque “Clase A” estadounidense es de 1995 mm anuales, mientras que en nuestro territorio provincial es de 1970 mm. Los valores estimados para el área de estudio tomando como referencia los promedios históricos de la Estación No 349 de Sancti Spiritus y otros estudios de isolinéas es como sigue a continuación.

Tabla No. 5. Evaporación mensual y anual estimada para la zona de Cariblanca según Evaporímetro de Tanque “Clase A” y su distribución porcentual.

-	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Anual
Evap. mm	126.6	142.4	184.3	206.3	191.1	176.9	187.7	180.3	148.0	142.5	121.4	122.2	1929.7
%	6.6	7.4	9.6	10.7	9.9	9.2	9.7	9.3	7.7	7.4	6.3	6.3	100

Como se observa en la Figura No. 6, la mínima evaporación ocurre en noviembre, diciembre y enero coincidiendo con el máximo de declinación solar hacia el sur (Solsticio de Invierno, 22 de diciembre) presentándose los días más cortos del año con 6.5 a 7.0 horas de insolación media y los valores más bajos de temperatura del año, seguidamente comienza a aumentar bruscamente para tener su máximo anual en el mes de abril, justificado por un aumento del brillo solar (8.5 a 9.0 horas), días despejados (3 octavos de cielo cubierto por nubes), máximo relativo de velocidad del viento anual (7.0 a 7.5 Km./h) y el mínimo de humedad relativa del año entre 74 y 76 %. Después en los meses siguientes comienza a disminuir paulatinamente hasta noviembre pero con un máximo secundario en el mes de julio asociado a la influencia del Anticiclón Subtropical Noratlántico que produce el mínimo estival de precipitaciones o “Verano de San Juan”, el cual origina buen tiempo en general, con días despejados (máximo secundario de 7.9 horas) y elevadas temperaturas favoreciendo la evaporación.

Figura No. 6. Relación mensual evaporación – precipitación – humedad relativa.



2.6. EVAPOTRANSPIRACIÓN.

La evapotranspiración es el conjunto de agua transpirada por las plantas y la evaporada por la superficie del suelo, dependiendo su intensidad de los factores citados en el estudio de la evaporación, además interviene el tipo de suelo, la especie de planta cultivada y su fase de desarrollo fenológica, el tipo de raíz y su profundidad para explorar el suelo, etc.

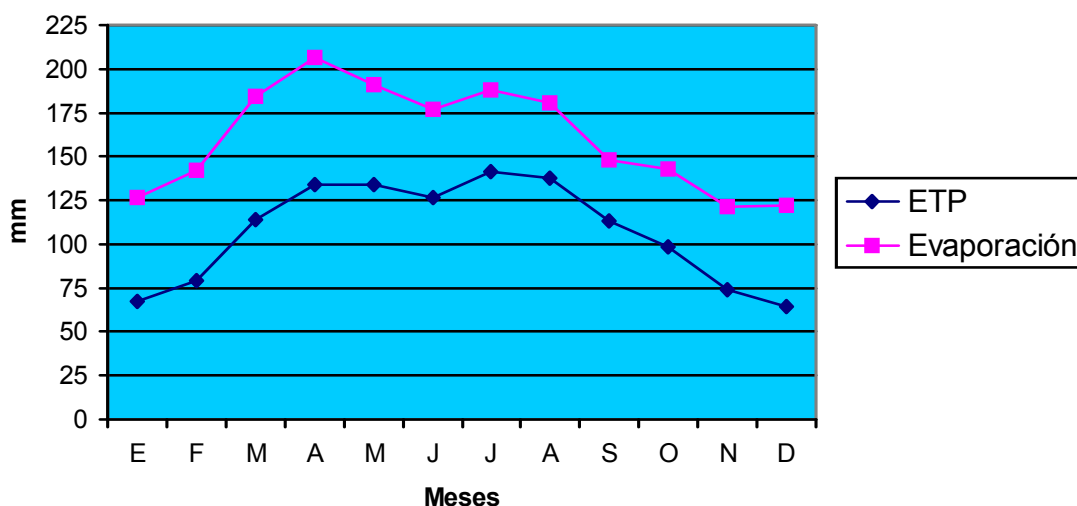
2.6.1. Evapotranspiración potencial mensual y anual. Comparación entre la Evaporación y la Evapotranspiración.

El curso anual de la evapotranspiración es similar a la evaporación, sin embargo, la máxima evapotranspiración ocurre en julio y agosto, a diferencia de la máxima evaporación que ocurre en abril y mayo; este comportamiento se debe por el estímulo de la transpiración al aumentar la temperatura del aire (meses más cálidos) y existir buenos niveles de agua acumulada en el suelo en las inmediaciones del período lluvioso, acelerándose el fisiologismo vegetal y con ello la velocidad de transpirar agua desde los estomas de las plantas, Tabla No.6.

Tabla No. 6. Evapotranspiración potencial mensual estimada por el método de Penman en Cariblanca.

Meses	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Anual
ETP (mm)	67.2	79.3	113.7	133.9	134.1	126.8	141.3	137.3	113.2	98.3	74.2	64.1	1283.4

Figura No. 7. Comparación anual entre la Evaporación - Evapotranspiración potencial en Cariblanca.



La mínima Evapotranspiración Potencial ocurre en los meses de invierno, fundamentalmente

en noviembre, diciembre y enero coincidentemente con el período de mínima evaporación como consecuencia de la disminución de la temperatura (meses más fríos), el aumento paulatino de la velocidad del viento, unido al comienzo del período poco lluvioso disminuyendo las reservas de agua en el suelo y el fisiologismo de las plantas.

La evaporación y la evapotranspiración son dos procesos muy relacionados entre sí, los cuales tienen un nexo directo con los factores y elementos del clima difícilmente igualable por otros procesos, obteniéndose tantas respuestas diarias y mensuales como los cambios experimentados por el tiempo y el clima.

2.7. VIENTO.

2.7.1. Dirección predominante y velocidad promedio por dirección.

Cuba se encuentra expuesta a la acción de los vientos alisios, originados por las altas presiones subtropicales, los cuales inciden sobre la provincia con dirección predominante entre el NE y el E. La máxima intensidad de los vientos se registra en el mes de marzo.

El mayor porcentaje de los vientos con dirección sur se manifiestan principalmente en marzo con 11.9%, estos son producidos mayormente por la combinación de las altas presiones oceánicas y los sistemas de bajas presiones de latitudes medias que transitan por la porción sur de los Estados Unidos y el Golfo de México.

Los vientos con dirección del norte al nordeste abarcan prácticamente todo el año con un máximo en noviembre, diciembre y enero, provocando el descenso de las temperaturas.

La velocidad promedio anual es aproximadamente de 6 km./h con dirección predominante media del este, principalmente durante los meses de abril a octubre Tabla No. 7.

Las mayores velocidades son del NNE, NE y S en los meses de enero, febrero y marzo con valores entre 11 y 13 km./h (Tabla No. 7) y las menores velocidades del E, fundamentalmente en los meses de agosto, septiembre y octubre con valores que oscilan entre los 5 y 8 km./h.

Tabla No. 7. Dirección predominante del viento y su velocidad media por meses.

Meses	Dirección Predominante		Velocidad Media Km./h
		%	
Enero	NNE	13.0	11.7
	NE	11.0	11.4
	ENE	9.2	11.5
	E	9.6	9.9
Febrero	NE	10.6	12.2
	E	10.7	10.7
Marzo	S	11.9	12.7
	E	10.7	11.0
Abril	E	12.1	10.6
Mayo	E	12.2	8.7
	S	9.4	9.7

Junio	E	14.1	7.3
	S	10.1	8.8
Julio	E	19.5	8.7
	ENE	11.4	9.2
Agosto	E	14.1	7.3
Septiembre	E	12.1	5.6
Octubre	E	10.5	6.9
	NE	1.02	10.5
Noviembre	NNE	15.1	12.5
	N	13.2	9.1
	NE	13.2	10.8
Diciembre	NNE	14.3	12.2
	N	13.7	10.3
	NE	12.5	11.9

2.7.2. Rosas de los vientos por períodos.

En las siguientes rosas del viento, Figuras No. 8, 9 y 10, se puede ver la distribución del viento por períodos y anual donde se observa el porcentaje de cada dirección con su velocidad promedio.

Figura No. 8. Rosa de los vientos en el período poco lluvioso.

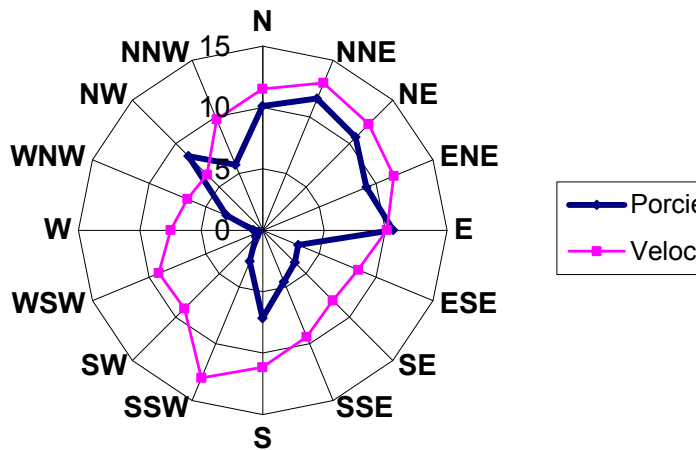


Figura No. 9. Rosa de los vientos en el período lluvioso.

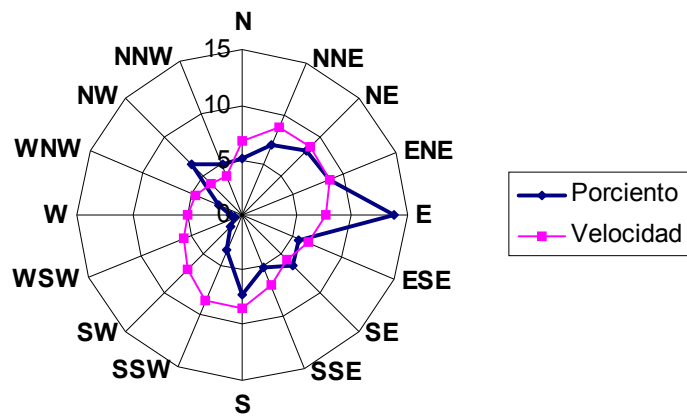
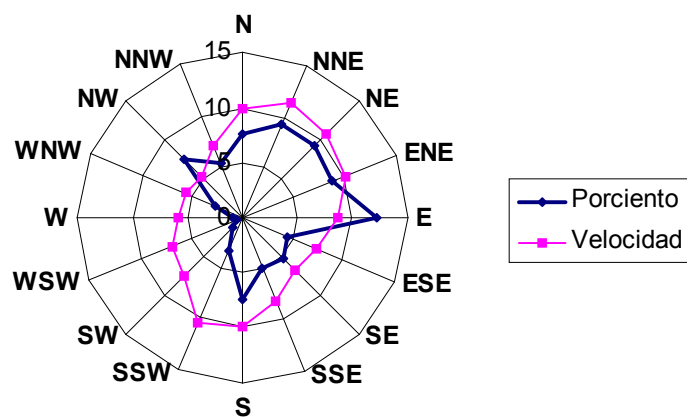


Figura No. 10. Rosa de los vientos anuales.



Nota: La velocidad media del viento para los 16 rumbos se expresa en km/h, así como su frecuencia en %.

Durante el período lluvioso la velocidad del viento es menor que durante el período poco

lluvioso. Durante junio, julio, septiembre y octubre dominan las calmas con 13%, 12%, 15.6% y 12.4% respectivamente y un mínimo en febrero y noviembre con 5.7% y 5.8% respectivamente.

La velocidad del viento en su ciclo diario aumenta durante las horas de la tarde (de 1 p.m. a 4 p.m.) con viento predominante del norte al este (primer cuadrante) y velocidad de hasta 13 km./h, disminuyendo en horas de la noche y en la madrugada (de 9 p.m. a 7 a.m.) pasando a ser de dirección noroeste con velocidad que oscila alrededor de 4 km./h. Este cambio de viento sucede debido a la presencia del macizo Guamuhaya.

3. CLIMATOLOGIA DE LAS TORMENTAS LOCALES SEVERAS (TLS).

3.1. Generalidades.

Las tormentas eléctricas son fenómenos que se desarrollan en la escala de 2 a 20 Km, y son muy frecuentes en nuestro territorio en el periodo lluvioso mayo a octubre, ocurriendo casi a diario, aunque aparecen en cualquier periodo del año y pueden acompañar eventos meteorológicos tales como: Ciclones Tropicales, Frentes Fríos, etc.

En algunos casos las tormentas eléctricas adquieren características físicas muy propias y están asociadas a fenómenos meteorológicos de tipo severo, ocasionando daños a la economía y la población en general. Estas tormentas se denominan Tormentas Locales Severas (TLS). Los fenómenos severos asociados a las TLS son los siguientes:

- Tornados.
- Turbonadas con vientos lineales con rachas de 18 m/s. o más.
- Granizos de cualquier tamaño.

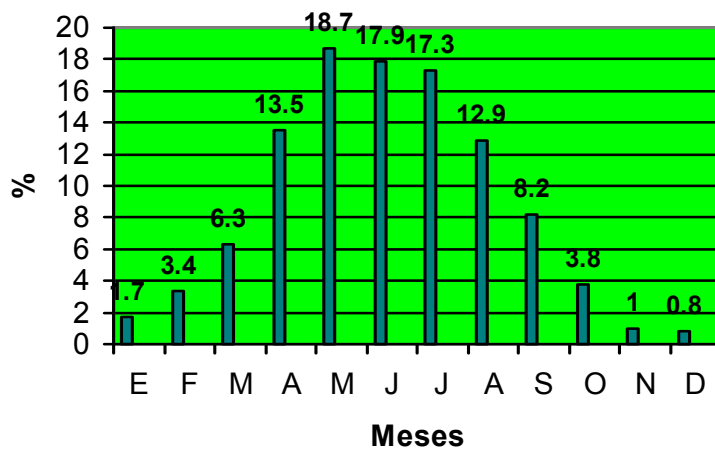
Además, pueden aparecer comunmente actividad eléctrica de gran magnitud y lluvias localmente intensas. La actividad eléctrica es la principal causa de muerte de personas y animales y provoca grandes afectaciones a las comunicaciones y al servicio eléctrico.

3.2. Características de las TLS en Cariblanca.

Marcha Anual:

Las TLS en Cariblanca se pueden formar en cualquier época del año, sin embargo, el máximo de actividad se produce en el verano, especialmente en los meses de mayo, junio y julio y el mínimo en diciembre y noviembre como se observa en la Figura No 11.

Figura No. 11. Distribución de las TLS por meses, en porciento del número total de



casos.

En la tabla No. 8 se muestran algunos ejemplos de eventos asociados a TLS que han afectado las cercanías de Cariblanca y que han tenido mayores efectos negativos.

Tabla No. 8. Eventos asociados a TLS que han afectado a Cariblanca o sus alrededores.

Fecha	Tipo de Fenómeno
9 - 5 - 1931	Tornado
21 - 3 - 1945	Tornado
28 - 1 - 1947	Granizos
18 - 4 - 1949	Tornado y Granizos
2 - 5 - 1950	Tornado
21 - 7 - 1950	Tornado
19 - 6 - 1951	Tornado y Granizos
1 - 5 - 1954	Tornados y Granizos
15 - 5 - 1958	Tornados o Turbonadas (vientos de más de 20 m/seg.)
1 - 4 - 1986	Tornado o Turbonada, Granizo, Tromba en la altura.

Es común que los tornados aparezcan con mayor número de casos, siendo estos los más dañinos y mortíferos, sin embargo, existe una alta frecuencia de ocurrencia de granizadas y turbonadas con relación a la formación de tornados.

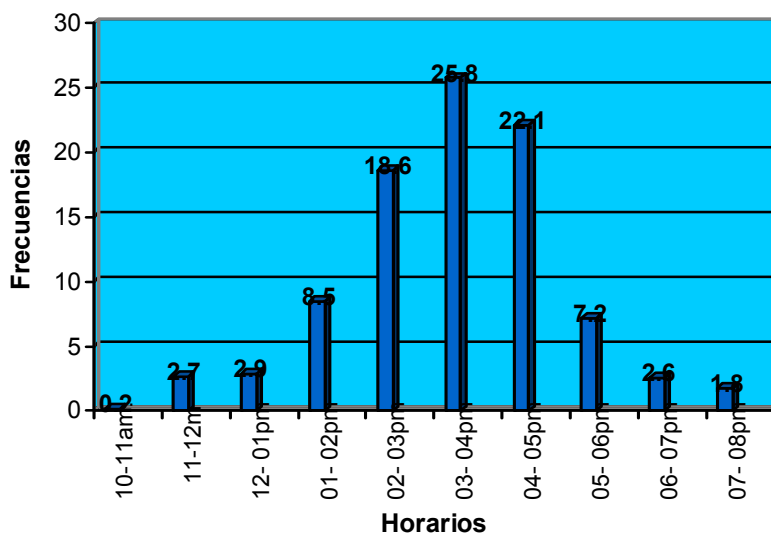
En el periodo poco lluvioso (noviembre - abril) las TLS pueden aparecer con la misma frecuencia que en cualquier región de la provincia, sin embargo, en el periodo lluvioso la

localidad de Cariblanca es mayormente afectada. Esto se debe a que se encuentra en la “Zona de Máxima Convergencia,” donde se produce con mayor facilidad el proceso de convección profunda del calentamiento diurno, siendo este el principio físico fundamental de las tormentas eléctricas en Cuba y que pueden estar estimuladas por procesos meteorológicos de mayor escala.

3.3. Características de los Tornados.

Las estadísticas demuestran que los tornados registrados son de tipo F1 y F2 en su mayoría, es decir, 1 y 2 de la escala de 5, lo que demuestra que son de poca intensidad. El periodo del día en que ocurren con mayor frecuencia coincide con las horas después del máximo calentamiento, o sea, de 2 a 5 de la tarde para un acumulado del 66.5 %, como se puede apreciar en la figura No. 12.

Figura No. 12. Ocurrencia de tornados según horarios, en porciento del número total de casos.



El período de retorno estimado para una localidad puntual en el área es de 480 años, utilizando la metodología propuesta por Alfonso (1994), una vez que el número de casos es muy bajo.

3.4. Características de las Turbonadas.

A diferencia de los tornados, las turbonadas son más frecuentes en el bimestre de julio - agosto, coincidente con la época de mayor actividad de tormentas eléctricas en la localidad, que también suelen aparecer más frecuentemente. Las turbonadas de 18 m/s o más pueden aparecer de 2 a 4 veces en el año y pueden afectar un área mayor que la que afectan los tornados.

El periodo del día en que ocurren con mayor frecuencia (en más del 80 % de los casos) es de 2 a 8 pm coincidente con la máxima actividad de tormentas eléctricas.

3.5. Características de las Granizadas.

Las granizadas presentan características climatológicas muy similares a las turbonadas y en la mayoría de los casos suelen acompañarlas en un mismo proceso.

En la región de Cariblanca existe una probabilidad de 0.76 de que ocurra una granizada en el año, y no existe una disminución sustancial en las probabilidades de que aparezcan dos granizadas en el año. Los meses de mayor probabilidades son de mayo a julio.

4. HURACANES.

4.1. Frecuencia e Intensidad.

Debido a la ubicación de Cariblanca, próxima a una región montañosa de considerable altitud como lo es el macizo Guamuhaya (Escambray) y protegida por elevaciones de entre 500-800 metros ubicadas al sur, entre la costa y la zona propiamente dicha, las probabilidades de ser afectadas **por impacto directo** de un huracán realmente son bajas, **aunque no totalmente nulas**, máxime si el organismo tropical es débil, como puede ser un huracán de poca intensidad o una tormenta tropical en cualquiera de sus estadios de desarrollo.

Sin embargo, la zona de Cariblanca puede sufrir las afectaciones que produzca un ciclón tropical (léase huracán o tormenta tropical) en cuanto a lluvias intensas y fuertes vientos se refiere (y de hecho ha ocurrido frecuentemente), sin que necesariamente el vórtice (el centro) del organismo cruce directamente sobre la región, pues esas afectaciones estarán condicionadas en primer lugar, por la estructura e intensidad que tenga el organismo tropical específico, así como a la distancia que cruce de dicha zona, pudiendo incluso cruzar por el Mar Caribe y producir daños de consideración.

En los últimos 30 años (1970-1999) un total de 15 ciclones tropicales (huracanes y/o tormentas tropicales) han afectado directa o indirectamente con lluvias intensas y vientos fuertes la zona de estudio.

A modo de recordatorio a continuación se relacionan las diferentes categorías que pueden alcanzar los organismos ciclónicos tropicales, según el servicio meteorológico nacional de Cuba (Instituto de Meteorología):

- Huracán:

Cuando los vientos máximos sostenidos con circulación ciclónica superan los 118 km/h, considerándose de poca intensidad cuando los vientos oscilan entre los 118 y 150 km/h, de moderada intensidad cuando fluctúan entre los 150 y 200 km/h y de gran intensidad cuando superan los 200 km./h.

- Tormenta Tropical:

Cuando los vientos máximos sostenidos con circulación ciclónica fluctúan entre los 63 y 117 km/h.

Además, también existe la Depresión Tropical, que no es más que el propio ciclón tropical en su etapa de formación, y que es cuando los vientos con tendencia a la circulación ciclónica son inferiores a los 63 km/h, los que sin embargo no se incluyen en la cronología tropical, pero que generalmente provocan intensas lluvias.

La temporada ciclónica en nuestro país (que es la época del año en que se desarrolla la mayor cantidad de ciclones tropicales) se extiende del 1 de Junio al 30 de Noviembre de cada año.

4.2. Ciclonología tropical y resultados estadísticos.

Basado en la ciclonología tropical de nuestro territorio que abarca un período de 120 años (1881-1999) se destacan algunos datos estadísticos de mayor importancia.

El número de Ciclones Tropicales que han afectado la zona de estudio directa o indirectamente es de 28 casos, más de la mitad de estos organismos han alcanzado la categoría de Huracán, Tabla No. 9.

Tabla No. 9. Cantidad de Ciclones Tropicales que han afectado la zona de Cariblanca por meses (1881-1999).

	mayo	junio	julio	agosto	septiembre	octubre	noviembre	Total
• huracán	0	0	0	2	6	5	3	16
• tormenta tropical	0	0	0	3	2	6	1	12
Total	0	0	0	5	8	11	4	28

La distribución por meses es similar al de todo el territorio nacional con una cifra mayor en el mes de octubre, seguido por el mes de septiembre. En este último afectaron un mayor número de huracanes que en el resto de los meses.

En la región ciclónica del Atlántico Norte se encuentran septiembre y agosto como los meses de mayor formación de Ciclones Tropicales, sin embargo, muchos de ellos pasan inadvertidos para nuestro país.

Del número total de organismos que se forman por meses, la mayor probabilidad de que afecten a nuestro territorio la tiene el mes de octubre, por formarse los mismos en el área del Mar Caribe con una trayectoria de movimiento hacia el norte. La frecuencia de afectación es de 29 % Huracanes y de 55 % Tormentas Tropicales, Tabla No. 10., seguido de septiembre y agosto. En noviembre el promedio de formación de Ciclones Tropicales es muy bajo (0.4 organismos por temporada) con relación al resto de los meses, pero al

originarse son altamente peligrosos para nuestro territorio, presentando las mismas características que en octubre.

Tabla No. 10. Frecuencia (%) de afectación del total originados por meses (1881-1999).

	Mayo	junio	julio	agosto	septiembre	octubre	noviembre	
Total								
- huracán	0	0	0	14	36	29	31	110
- tormenta tropical	0	0	0	27	18	55	0	100

4.3. Otros organismos lluviosos.

La zona de Cariblanca frecuentemente se encuentra afectada por otros organismos o sistemas meteorológicos que provocan grandes afectaciones y que hay que tomar en consideración.

En el período lluvioso la Hondonada u Onda larga de Riehl que se forma en mayo-junio es la causante de grandes acumulados de lluvias en nuestra provincia y es la que ha aportado los récords de precipitaciones en la mayoría de los pluviómetros y otros registradores de esta variable. Durante el período poco lluvioso los Frentes Fríos y los Ciclones Extratropicales también producen serias afectaciones aunque son mucho menos frecuentes.

5. FACTORES MODIFICADORES DEL CLIMA.

El conocimiento básico acerca de los factores formadores del clima es esencial para comprender cómo estos pueden ser a su vez los responsables de su modificación espacio temporal, lo más difícil resulta precisar cómo y cuándo y en qué magnitud se manifestarán, pues la interacción tan estrecha entre tantos factores hace de estos un complejo problema agudizado por el proceso de antropización y dentro de este proceso se destaca el gran problema global de la contaminación ambiental.

Entre los factores formadores del clima que más inciden en su modificación localmente (clima local), trataremos los siguientes:

- a) Geográficos: Relieve y vegetación (fijos e invariables).
- b) Meteorológicos: La Circulación General de la Atmósfera, composición del aire y el polvo atmosférico (actúan aleatoriamente).

A estos factores le añadiremos otro factor modificador, acelerador de procesos y cambios locales, el Hombre, que mediante su acción antrópica actúa sobre los anteriores factores citados.

El hombre puede variar la composición de la vegetación o su eliminación, para cambiar el

uso del suelo por cultivos, construcciones, urbanización, obras hidráulicas, etc. Esto puede provocar variaciones en el balance energético de la radiación solar, oscilaciones térmicas más pronunciadas diarias, mensuales, etc.

El relieve puede ser modificado entre otras causas por la explotación de minas para materiales de la construcción y otros usos. Todo esto a la vez puede ocasionar variaciones o cambios en las cuencas hidrográficas de forma irreversible.

Por otra parte el factor meteorológico es importante, pues algunos fenómenos meteorológicos como: TLS, Huracanes y eventos meteorológicos extremos como sequías y lluvias intensas pueden modificar el relieve por medio de deslizamientos y erosión hídrica entre otros.

Las sequías intensas provocan incendios y estos a la vez alteran los distintos estratos vegetales y de cultivos que sirven de cobertura del suelo, haciéndolos más vulnerables al peligro de erosión.

Otra acción importante que genera el hombre es la contaminación atmosférica, enviando al aire grandes cantidades de CO₂ y otros gases dañinos a la capa de Ozono o que favorecen el efecto Invernadero (estos alcanzan niveles espaciales mayores). Del mismo modo la emisión de grandes cantidades de polvo también contribuye al deterioro del equilibrio atmosférico y por consiguiente genera cambios climáticos globales y locales.

En la actualidad se realizan grandes esfuerzos en las investigaciones de estos complejos procesos actuantes sobre los factores del clima y su modificación a distintos plazos, para adaptar a las medidas y acciones que permitan conservar el clima como un recurso natural en bien del hombre y no como una amenaza para la supervivencia.

6. CONSIDERACIONES FINALES.

La variabilidad climática y el cambio climático global debe valorarse en su justa medida, pues estos pueden mostrar rasgos de intensificación en la zona, según el proceso de antropización se agudice. Entre los efectos más negativos están: el incremento del albedo al variarse la cubierta de la superficie del suelo, la amplitud térmica diaria y los efectos erosivos eólicos e hídricos y de transportación de partículas sólidas en el medio ambiente atmosférico, mayormente en el período de menor precipitación y mayor velocidad del viento. Durante el período de escasas precipitaciones se incrementan las condiciones favorables de ocurrencia y propagación de incendios agroforestales, en su mayoría provocados por el hombre.

Por otra parte, resulta de interés también la ocurrencia de algunas TLS, aunque esta zona no está entre las de mayores riesgos si se pueden potenciar sus efectos por el aumento de la vulnerabilidad del ecosistema objeto de estudio. Igual consideración se debe tener por las incidencias de los Ciclones Tropicales.

FICHA DE LOS AUTORES.

• Armando A. Castañeda Casarvilla.

- Edad: 51 años.
- Graduado de Ingeniero Pecuario (Agrónomo) en la Universidad Central de las Villas en el año 1972.
- Profesor Asistente Adjunto de la U.C.L.V. en la Sede Universitaria de Sancti Spiritus desde 1989. Asignatura :Agrometeorología.
- Especialista principal del Grupo Científico del C.M.P. (Centro Meteorológico Provincial).
- Diplomado en : Agroecología y Agricultura Sostenible.
- Ha recibido más de 20 post - grados e impartidos más de 5.
- Ha participado en más de 5 trabajos de investigación y participa actualmente en 2 Proyectos I+D.
- Participación en un curso de adiestramiento en Polonia.
- Participación en un estudio de Impacto Ambiental.
- Participación en más de 30 conferencias e impartidas más de 15.
- Participación en más de 10 cursos de superación profesional.
- Tiene 3 trabajos publicados como coautor y 2 en procesos.
- Presidente del Consejo Técnico Asesor del Centro Meteorológico Provincial, miembro del Consejo Técnico de la U.M.A. y miembro del Consejo Científico del CITMA - S.S. Fundador y miembro del Polo Científico de la provincia de Sancti Spiritus.
- Tiene acumulado 9 años de experiencia en la Producción Agropecuaria, 9 años de experiencia en la Docencia para la enseñanza Técnica y Profesional en I.P.A. y 9 años hasta la fecha en la especialidad de Meteorología Aplicada.
- Ha participado en la confección de múltiples Estudios Climáticos para diferentes localidades y objetivos de la provincia de Sancti Spiritus.

• Elena Panteleeva Biacheslavovna.

- Edad: 31 años.
- Graduada de Ingeniera Meteoróloga en la Universidad de Leningrado (Rusia) en el año 1990.
- Especialista en Clima del C.M.P. de Sancti Spiritus.
- Diplomado: Estadística Aplicada y Diseño en Computación.
- Ha recibido 4 post - grado.
- Ha participado en 4 trabajos de investigación y participó en el Proyecto GEF/PNUD CUB/92/G31 Sabana - Camagüey.
- Ha participado en un Estudio de Impacto Ambiental.
- Un trabajo publicado como coautor.
- Miembro del C.T.A del CITMA - S.S.

- Tiene acumulado 5 años de experiencia en Predicción y 3 en Meteorología Aplicada hasta la fecha.
- Ha participado en la confección de múltiples Estudios Climáticos para diferentes localidades de la provincia de Sancti Spiritus.

- **Felipe Humberto Pérez Espinosa.**

- Edad: 31 años.
- Graduado de Ingeniero Agrónomo.
- Especialista del Grupo Científico del Centro Meteorológico Provincial de S. Spiritus.
- Posee experiencia de 13 años como trabajador, 6 de ellos en la actividad actual.
- Ha cursado 2 Diplomados:
 - Agroecología y Agricultura Sostenible
 - Formación de Investigadores y Directivos de Ciencia y Técnica.
- Ha cursado 2 Post-grados: Gerencia de Proyectos y Meteorología Sinóptica y Tropical.
- Ha participado en un estudio de Impacto Ambiental.
- Ha participado y participa en Proyectos de Investigación: Proyecto GEF/PNUD CUB/92/G31 Sabana - Camagüey e Introducción y Extensión del Cultivo del Cacao en el Escambray Espirituano.
- Ha participado en la confección de múltiples Estudios Climáticos para diferentes localidades de la provincia de Sancti Spiritus.

- **Alfredo Ruiz Arias.**

- Edad: 48 años
- Graduado en Técnico Meteorólogo en el Instituto de Meteorología.
- Posee una larga experiencia laboral de 25 años como meteorólogo en el C.M.P. de Sancti Spiritus.
- Post - grado: Curso Internacional de Predicción Estadística y Meteorología Tropical.
- Ha participado en Proyectos de Investigación relacionados con la Mitigación de Desastres Naturales en los municipios de Yaguajay y La Sierpe.

- **Fernando Medinilla Nápoles.**

- Edad: 33 años.
- Graduado de Ingeniero Meteorólogo en la Universidad de Odesa (Rusia) en el año 1990.
- Director del Centro Meteorológico Provincial. Sancti Spiritus.
- Ha recibido más de 4 post - grado.
- Ha participado en más de 5 trabajos de investigación.
- Miembro del Consejo Técnico del C.M.P. S.S. y del Consejo Científico del CITMA.
- Tiene acumulado 6 años de experiencia en Predicción y 3 como director del C.M.P.
- Ha participado en la confección de múltiples Estudios Climáticos para diferentes localidades de la provincia de Sancti Spiritus.

