

# Mapas de Peligro por ciclones tropicales. Archipiélagos de los Canarreos y Sabana-Camagüey

AUTORES: ISIDRO SALAS GARCÍA, RAFAEL PÉREZ PARRADO, SANDRA SAMPER TRIMIÑO Y JESÚS DOLE CHÁVEZ

Instituto de Meteorología. Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente.

Palabras claves: Ciclones tropicales, Huracanes, Mapa de Peligro

## Introducción

En la franja tropical del planeta cada año se forman como promedio 80 tormentas tropicales que afectan a 50 países, causan más de 20 000 muertes y daños materiales calculados en 10 000 millones de dólares (Mc. Bride, 1995).

Al estar Cuba situada geográficamente en la zona tropical la hace propensa a ser afectada con cierta periodicidad por los ciclones tropicales (CT), siendo estos la principal causa de los desastres naturales ocurridos en el archipiélago cubano. Así se tiene que en los últimos 100 años fue afectada la isla por 120 tormentas tropicales, de ellas 54 han alcanzado la categoría de huracán (Pérez Suárez et. al., 2000).

La amenaza ante los fenómenos naturales ha aumentado en las últimas décadas en la misma proporción que la vulnerabilidad de los asentamientos poblacionales, siendo ellos los causantes de los daños económicos más significativos en las áreas del Caribe y Latinoamérica, incluso por encima de otras regiones del mundo, es por ello que entre las principales líneas de investigación que aparecen en el Programa Iberoamericano de Ciencias y Tecnología para el Desarrollo (CYTED) están la elaboración de mapas de peligro y riesgo (Reina, 1999). En esta región los principales riesgos están dados por las sequías, los huracanes, las inundaciones y las fuertes marejadas. En el decenio de los años 90 ocurrieron 65 260 muertes por desastres, siendo las principales causas las inundaciones con el 54 % de las víctimas, el 18.4 % a causa de epidemias y el 17.7 % por huracanes. Se puede resumir que las tres cuartas partes del total de pérdidas de vidas humanas por desastres en la región tienen un origen hidrometeorológico (PNUMA, 2002).

La influencia de los fenómenos naturales peligrosos se agudiza en las zonas costeras donde existe una creciente presión sobre los recursos naturales, dadas en lo fundamental por el aumento demográfico, la urbanización, industrialización y el turismo. Según estimados en 1994 el 37 % de la población mundial vivía dentro de un radio de 60 km. a partir de la línea de costa PNUMA (2002), esta misma fuente señala que la evidencia existente de la creciente vulnerabilidad humana frente al Cambio Climático

Global exige de enérgicas respuestas, entre ellas la evaluación y confección de Mapas de Peligro Nacionales producto de los cambios ambientales previstos.

Si bien los peligros naturales incrementan su frecuencia e intensidad, la ocurrencia del desastre guarda estrecha relación con la vulnerabilidad social que presenta parte de la población costera asentada en terrenos bajos, muy próxima a la línea de costa. Dado un inminente peligro resulta en muchos casos más eficiente, desde el punto de vista económico, prevenir el desastre que recuperarse de ellos después; en el caso de las inundaciones costeras por penetraciones del mar, la mitigación puede alcanzarse en gran medida mediante estrategias de respuestas vinculadas al Ordenamiento y Manejo Integrado de las Zonas Costeras, que se complementan con las medidas de mitigación de la Defensa Civil.

Es conocida la voluntad política mostrada por el Estado cubano en la consolidación de la actividad turística como una de las ramas claves de la economía nacional, que desde hace más de una década está experimentando un crecimiento sostenido, especialmente en lo que respecta al número de visitantes recibidos y la construcción de instalaciones de alojamiento y servicios. Para el desarrollo acelerado y ordenado de la actividad turística se realizan estudios que incluyen la evaluación de las potencialidades, la ejecución ambientalmente sostenible de las infraestructuras técnicas desde la Isla de Cuba hasta los Polos Turísticos ubicados en los cayos de los archipiélagos insulares, la ejecución de complejos habitacionales de diversas categorías constructivas y diseños integrados al recurso natural, el fortalecimiento del instrumental jurídico que brinda protección a las costas, sus zonas de protección y al medio ambiente en general (IPF, 1995).

De acuerdo a todas estas consideraciones, para Cuba, el poder contar con los Mapas de Peligro por afectación de ciclones tropicales constituye una necesidad, ya que es una técnica utilizada internacionalmente y permite obtener una herramienta de trabajo que contribuye al desarrollo de las tareas de Prevención, Ordenamiento Territorial, Mitigación y Adaptación al Cambio Climático en las costas del Archipiélago Cubano.

## Objetivos

El objetivo fundamental que ha motivado esta investigación es el obtener los Mapas de Peligro por ciclones tropicales en los Archipiélagos de los Canarreos y Sabana-Camagüey, a través del estudio estadístico de los CT que han afectado las regiones de trabajo y el cálculo de los períodos de retorno.

## Metodología y Bases de datos utilizadas

Se denomina régimen extremal a la función de distribución de los valores extremos de una determinada variable, dicha función expresa la probabilidad de que un valor dado sea superado o minorado en un período de tiempo prefijado.

El conocimiento de esta función es fundamental para el investigador en el curso de obras tales como diques de abrigo o estructuras en mar abierto ya que las averías comienzan, por ejemplo, una vez superada cierta altura de la ola o cierto nivel de intensidad del CT. La función de un valor determinado de esta magnitud irá ligada a una probabilidad de presentación y consecuentemente, a un riesgo conocido.

La estadística ordinaria que trata las propiedades de los datos dispersos alrededor de su media muestral, resulta de poca utilidad cuando lo que se desea es conocer el comportamiento de valores suficientemente alejados de ella. El estudio de un fenómeno en condiciones extremas requiere el uso de métodos estadísticos específicamente diseñados para tal fin. Los más utilizados actualmente en el análisis extremal de oleaje o surgencia (Martín Sol de Villa et. al., 1992) pueden clasificarse en dos grupos generales que atendiendo a la información que contienen, pueden denominarse:

- Método de la distribución inicial o muestra total
- Método de los valores pico

El último método fue el utilizado en este estudio para el cálculo de los períodos de retorno. Un análisis detallado sobre esta temática puede ser consultado en (Pérez Parrado et. al., 2004). Los ajustes de las curvas fueron realizadas con el Sistema Computacional Curve Expert en su versión 1.3, donde los mejores resultados se obtuvieron por el Modelo Weibull.

Para el estudio estadístico de los CT fue utilizado el Sistema Computacional «Eye the Storm», (2003), partiendo de la base de datos para estos organismos tropicales de Landsea et. al., 2003, la cual cubre el período 1851 al año 2002. Así como los resultados de las investigaciones obtenidas por Pérez Suárez et. al. (2000), donde elaboró una base de datos correspondiente a la cronológica de todos los huracanes que han afectado a Cuba desde 1799 hasta el año 2000, ampliada posteriormente hasta el 2001 al paso del huracán Michelle por el territorio del Archipiélago Cubano.

## Región de estudio

La selección de las regiones de estudio se basa en las potencialidades existentes en la cayería insular para el desarrollo de las actividades turísticas y el estado actual y prospectivo.

En este sentido se tiene que en el país se han determinado 93 polos turísticos que conforman 16 regiones turísticas, 8 de ellas se consideran como principales, donde se localiza el 61% de los polos y el 84% del potencial habitacional, en su mayoría clasificados como destinos de sol, playa y ciudad.

Para este estudio se seleccionan cinco regiones turísticas de las ocho priorizadas que se localizan en los grupos insulares que se denominan (Tablas 1 y 2):

- Sagua, Caibarién, Jardines del Rey y Norte de Camagüey en el Archipiélago Sabana-Camagüey, pertenecientes a la región de la plataforma insular denominada Nororiental
- Archipiélago de los Canarreos, que como su nombre lo indica se corresponde con la región natural Archipiélago de los Canarreos, perteneciente a la plataforma insular denominada Suroccidental

Estas son las cinco regiones turísticas de la plataforma insular que tienen el mayor potencial y desarrollo turístico en la actualidad, en ellas durante la última década se han invertido cuantiosos recursos materiales, gestándose una fuerte infraestructura turística que está expuesta a los efectos derivados de fenómenos meteorológicos severos que puedan desencadenarse en estos territorios o cruzar por sus proximidades.

Regiones de la Plataforma	Area (km <sup>2</sup> )	Ancho Medio (km)	Profundidad Media (m)
<b>Insular Cubana</b>			
Noroccidental	3 949	50 en su parte más ancha	hasta 23
Nororiental	10 115	6 a 35	2 a 3
Suroccidental	20 870	90 a 140	5 a 6
Suroriental	17 992	90 en su parte más ancha	15

Fuente: Claro et. al. (1994), citado por Hernández et. al. (1999)

Tabla 1. Algunas de las características de las regiones de la plataforma insular cubana. Sombreadas aparecen las regiones que cubre este estudio

Tabla 2. Regiones geográficas de la plataforma insular, regiones turísticas y los objetivos a estudiar

Regiones geográficas de la plataforma insular	Regiones Turísticas	Objetivos a estudiar
Región Nororiental. Archipiélago Sabana - Camagüey	Sagua	Cayos: Bahía de Cádiz, Sotavento y Esquivel
	Caibarién	Cayos: Frago, Francés, Ensenachos, Santa María, Las Brujas y el vial a Cayo Santa María
	Jardines del Rey	Cayos: Guillermo, Coco, Paredón Grande, Antón Chico y el vial a Cayo Coco
	Norte de Camagüey	Cayos: Megano Grande, Cruz, Romano, Guajaba, Sabinal y el vial a Cayo Romano
Región Suroccidental. Archipiélago de los Canarreos	Archipiélago de los Canarreos	Isla de la Juventud: Punta del Este Playa Blanca Cocodrilo Francés-Pedernales Colony Playa Bibijagua Cayo Largo del Sur, Rosario, Avalos y Campos

## Resultados

A continuación se presentan los principales resultados obtenidos en esta temática, sin que se pueda por lo apretado de la síntesis recoger en tan breves páginas el contenido de toda la investigación (Salas et. al., 2004).

El análisis realizado, de acuerdo a la Escala Internacional Saffir-Simpson que norma la intensidad de los CT, a partir de la base de datos utilizada en este estudio da como resultado que la región del Océano Atlántico ha sido afectada por un total de 1 260 CT en el período de 1851 al año 2002 (Tabla 3).

Tabla 3. Estadística de las tormentas tropicales y huracanes de acuerdo a la Escala Saffir-Simpson para el período 1851 al año 2002 en el Océano Atlántico norte

Categoría Escala Saffir-Simpson	Años		Total
	1851-1899	1900-2002	
<b>Tormenta Tropical (TT)</b>	<b>165</b>	<b>391</b>	<b>556</b>
<b>Huracán Categoría 1 (C1)</b>	<b>149</b>	<b>172</b>	<b>321</b>
<b>Huracán Categoría 2 (C2)</b>	<b>32</b>	<b>122</b>	<b>154</b>
<b>Huracán Categoría 3 (C3)</b>	<b>5</b>	<b>106</b>	<b>111</b>
<b>Huracán Categoría 4 (C4)</b>	----	<b>83</b>	<b>83</b>
<b>Huracán Categoría 5 (C5)</b>	----	<b>35</b>	<b>35</b>
<b>Total</b>	<b>351</b>	<b>909</b>	<b>1 260</b>

Posteriormente se determinó la cantidad de organismos tropicales que afectaron cada uno de los cayos y zonas geográficas de los archipiélagos estudiados (Tabla 2). Para ello se partió de un radio

efectivo de 80 km, utilizando la metodología planteada por Pérez Parrado et. al. (2004), centrado en los objetivos de estudio. Los resultados pueden ser consultados en las tablas 4 y 5.

Tabla 4. Cantidad de CT que han afectado al Archipiélago de los Canarreos por cayos y regiones geográficas de la Isla de la Juventud. Período de 1851 al año 2002, para un radio efectivo de 80 km. Total de CT 1 260. Sombreados aparecen los objetivos más afectados

Archipiélago de los Canarreos	Cantidad de CT. Período 1851-2002	Archipiélago de los Canarreos	Cantidad de CT. Período 1851-2002
<b>Cayo Largo del Sur</b>	<b>33</b>	<b>Playa Blanca</b>	<b>56</b>
<b>Cayo Del Rosario</b>	<b>38</b>	<b>Cocodrilo</b>	<b>65</b>
<b>Cayo Avalos</b>	<b>45</b>	<b>Francés-Pedernales</b>	<b>64</b>
<b>Cayo Campos</b>	<b>52</b>	<b>Colony</b>	<b>61</b>
<b>Punta del Este</b>	<b>57</b>	<b>Playa Bibijagua</b>	<b>57</b>

Tabla 5. Cantidad de CT que han afectado al Archipiélago Sabana-Camagüey por cayos y pedraplenes. Período de 1851 al año 2002, para un radio efectivo de 80 km. Total de CT. 1260. Sombreados aparecen los objetivos más afectados

Archipiélago Sabana-Camagüey	Cantidad de CT. Período 1851-2002	Archipiélago Sabana-Camagüey	Cantidad de CT. Período 1851-2002
<b>Bahía de Cádiz</b>	<b>38</b>	<b>Antón Chico</b>	32
<b>Sotavento</b>	<b>39</b>	<b>Megano Grande</b>	33
<b>Esquivel</b>	<b>39</b>	<b>Cruz</b>	32
<b>Fragoso</b>	<b>43</b>	<b>Romano</b>	30
<b>Francés</b>	<b>43</b>	<b>Guajaba</b>	28
<b>Ensenachos</b>	<b>42</b>	<b>Sabinal</b>	26
<b>Santa María</b>	<b>41</b>	Pedraplenes	
<b>Las Brujas</b>	<b>42</b>	<b>Cayo Sta. María</b>	<b>43</b>
<b>Guillermo</b>	<b>39</b>	<b>Cayo Coco</b>	<b>35</b>
<b>Coco</b>	<b>33</b>	<b>Cayo Romano</b>	<b>29</b>
<b>Paredón Grande</b>	<b>34</b>		

De los valores reflejados en las tablas 4 se puede inferir que los CT. aumentan su afectación de este a oeste, teniendo su mayor expresión en el Asentamiento Costero de Cocodrilo, seguido de la región geográfica Francés-Pedernales, ambos en la Isla de la Juventud. De los cayos estudiados es Cayo Largo del Sur el que presenta menos afectación, siendo Cayo Campos el de mayor peligro.

Los resultados reflejados en la tabla 5 muestran que los CT. tienen su mayor afectación en la Región Turística de Caibarién, incluido el vial que conduce

de Caibarién a Cayo Santa María. Mientras que hacia el oeste y este de esta región la incidencia de CT. disminuye, teniendo los menores valores en la Región Turística Norte de Camagüey en Cayo Sabinal.

Para el cálculo de los períodos de retorno (Tablas 6 y 7) se procedió de acuerdo a los descrito en el acápite correspondiente a «Metodología y Bases de datos utilizadas» de este texto.

Tabla 6. Períodos de Retorno para las Tormentas Tropicales y Huracanes por categorías de acuerdo a la Escala Saffir-Simpson. Período analizado del año 1851 al 2002. Total de CT 1 260.

Archipiélago de los Canarreos	Períodos de Retorno (Casos/Años)					
	TT	C1	C2	C3	C4	C5
Cayo Largo	1/4.6	1/8.2	1/15.1	1/25.2	1/48.9	1/164.7
Rosario	1/4.0	1/7.1	1/13.1	1/21.9	1/42.4	1/143.1
Avalos	1/3.4	1/6.0	1/11.0	1/18.5	1/35.8	1/120.8
Campos	1/2.9	1/5.2	1/9.6	1/16.0	1/31.0	1/104.5
Punta del Este	1/2.7	1/4.7	1/8.7	1/14.6	1/28.3	1/95.4
Playa Blanca	1/2.7	1/4.8	1/8.9	1/14.8	1/28.8	1/97.1
Cocodrilo	1/2.3	1/4.2	1/7.6	1/12.8	1/24.8	1/83.6
Francés-Pedernales	1/2.4	1/4.2	1/7.8	1/13.0	1/25.2	1/84.9
Colony	1/2.5	1/4.4	1/8.1	1/13.6	1/26.4	1/89.1
Playa Bibijagua	1/2.7	1/4.7	1/8.7	1/14.6	1/28.3	1/95.4

Tabla 7. Períodos de Retorno para las Tormentas Tropicales y Huracanes por categorías de acuerdo a la Escala Saffir-Simpson. Período analizado del año 1851 al 2002. Total de CT 1 260.

Archipiélago Sabana-Camagüey	Períodos de Retorno (Casos/Años)					
	TT	C1	C2	C3	C4	C5
Bahía de Cádiz	1/4.0	1/7.1	1/13.1	1/21.9	1/42.4	1/143.1
Sotavento	1/3.9	1/6.9	1/12.7	1/21.3	1/41.3	1/139.4
Esquivel	1/3.9	1/6.9	1/12.7	1/21.3	1/41.3	1/139.4
Fragoso	1/3.5	1/6.3	1/11.6	1/19.3	1/37.5	1/126.4
Francés	1/3.5	1/6.3	1/11.6	1/19.3	1/37.5	1/126.4
Ensenachos	1/3.6	1/6.4	1/11.8	1/19.8	1/38.4	1/129.4
Santa María	1/3.7	1/6.6	1/12.1	1/20.3	1/39.3	1/132.6
Las Brujas	1/3.6	1/6.4	1/11.8	1/19.8	1/38.4	1/129.4
Guillermo	1/3.9	1/6.9	1/12.7	1/21.3	1/41.3	1/139.4
Cayo Coco	1/4.6	1/8.2	1/15.1	1/25.2	1/48.9	1/164.7
Paredón Grande	1/4.4	1/7.9	1/14.6	1/24.4	1/47.4	1/159.9
Antón Chico	1/4.7	1/8.4	1/15.5	1/26.0	1/50.4	1/169.9
Megano Grande	1/4.6	1/8.2	1/15.1	1/25.2	1/48.9	1/164.7
Cayo Cruz	1/4.7	1/8.4	1/15.5	1/26.0	1/50.4	1/169.9
Romano	1/5.0	1/9.0	1/16.6	1/27.7	1/53.8	1/181.2
Guajaba	1/5.4	1/9.7	1/17.7	1/29.7	1/57.6	1/194.1
Sabinal	1/5.8	1/10.4	1/19.1	1/32.0	1/62.0	1/209.1
<b>Pedraplenes</b>						
Cayo Santa María	1/3.5	1/6.3	1/11.6	1/19.3	1/37.5	1/126.4
Cayo Coco	1/4.3	1/7.7	1/14.2	1/23.7	1/46.1	1/155.3
Cayo Romano	1/5.2	1/9.3	1/17.1	1/28.6	1/55.6	1/187.4

Citando a Cayo Largo del Sur como ejemplo (Tabla 6), a continuación se explica la forma en que se interpretan los cálculos reflejados en las tablas 6 y 7:

- 1/164.7 significa que un huracán categoría 5 puede afectar el lugar en un término de 164.7 años
- 1/48.9 significa que al menos un huracán categoría 4 afecte el lugar en un término de 48.9 años
- 1/25.2 significa que al menos un huracán categoría 3 afecte el lugar en un término de 25.2 años
- Y así sucesivamente hasta 1/4.6 donde al menos una tormenta tropical puede afectar el lugar en un término de 4.6 años

Como se aprecia en la tabla 6, los períodos de retorno tienen su menor expresión al oeste del archipiélago, lo que implica una mayor posibilidad de ocurrencia en esta región geográfica. Son las tormentas tropicales las que con mayor frecuencia se presentan, seguido de los huracanes en las categorías de la 1 a la 5 respectivamente.

De la tabla 7 se deduce que la mayor posibilidad de afectación está en la Región Turística de Caibarién, incluyendo el pedraplén ahí construido. Las tormentas tropicales son las que presentan períodos de retorno más bajos, lo que indica una mayor ocurrencia, seguidas de los huracanes categorías de la 1 a la 5 respectivamente.

En lo que respecta a la correlación entre los períodos de retorno y la presión atmosférica para las tormentas tropicales y huracanes por categorías de acuerdo a la Escala Saffir-Simpson, esta se realizó a través de Sistema Computacional Curve Expert. Los mejores ajustes se obtuvieron por el Modelo Weibull, donde el error estándar (es) como promedio fue de 1.0952 hPa, mientras que el coeficiente de correlación promedio (r) fue de 0.9998, lo cual demuestra la confiabilidad de los resultados obtenidos.

Para ilustrar lo expuesto se toma a Cayo Largo del Sur como ejemplo (Figura 1). El estudio ampliado puede ser consultado en Salas et. al. (2004).

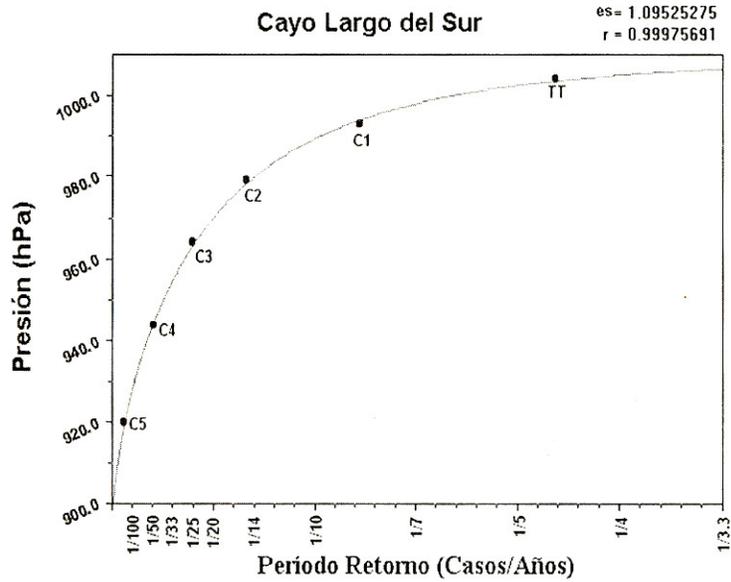


Fig. 1. Resultado obtenido para Cayo Largo del Sur al correlacionar la presión atmosférica y el período de retorno. Sistema Computacional CurveExpert 1.3

Donde:

- (TT) Tormentas Tropicales
- (C1, C2, C3, C4 y C5) Huracanes por Categorías de la Escala Saffir-Simpson

Partiendo de los cálculos realizados y analizando toda la información recopilada, se confeccionaron los

Mapas de Peligro por afectación de ciclones tropicales para las regiones de estudio (Figuras 2 y 3).



Fig. 2. Mapa de Peligro por Ciclones Tropicales. Archipiélago de los Canarreos.

Cada cuadrado contiene:

- En la parte superior la información de la cantidad de ciclones tropicales que han afectado el lugar
- En la parte inferior se encuentra el valor de los Períodos de Retorno en Casos/Años
- El área encerrada en el círculo se corresponde con la región valorada de Mayor Peligro por afectación de estos organismos tropicales en el Archipiélago

Período analizado del año 1851 al 2002, para un total de 1 260 CT.

Mapa Base a Escala 1: 1 000 000. Instituto de Planificación Física



## Bibliografía

- **Claro R. G. Bustamante, J. P. y Col. (1994):** Ecología de los peces marinos en Cuba. 525 pp. Editado en México Coffroth, M. A. 1984. Ingestion and incorporation of coral mucus aggregates by a porgonian soft coral. Marine Ecology Progress Series, 17(2):193-199
- **Eye of the Storm (2003):** Sistema Computacional Eye of the Storm (DEMO). Sitio Web <http://www.Starstonesoftware.com/>
- **Hernández M., P. García, M. Izquierdo (1999):** Impacto del cambio climático y medidas de adaptación en Cuba. Proyecto . FP/CP/2200-97-12. La Habana, Cuba. 206 pp.
- **IPF (1995):** Potencial turístico. Departamento de Planeamiento Turístico. Instituto de Planificación Física (IPF). La Habana, Cuba. Tres Tomos (publicación interna)
- **Landsea W. Cristopher, C. Anderson, N. Charles, G. Clark, J. Dunion, J. Fernandez Partagas P. Hungerford, C. Neumann y M. Zimmer (2003):** The Atlantic Hurricane Database Re-analysis Project Documentation. NOAA/Hurricane Research Division, Miami, Florida. NOAA/Climate Diagnostics Center, Boulder, Colorado. Florida International University, Miami. SAIC, Miami.Deceased. Contributed as a Chapter for the RPI Book. 6 January 2003
- **Martín Sol de Villa, M. Jesús, J. María Grassa y J. Carlos Solás (1992):** Descripción de las frecuencias de distribución más utilizadas en estudio de climas marinos. Curso Hispano-Cubano de Acciones en Costas. Cap. 6 Oleaje. Centro de Estudios de Puertos y Costas. Experimentación de Obras Públicas (CEDEX). Ministerio de Obras Públicas, Transporte y Medio Ambiente, España
- **Mc. Bride, J. (1995):** Chapter 3. Tropical Cyclone Formation. En Global Perspective on Tropical Cyclone. WMO/No. 693
- **Pérez Parrado R., I. Salas y J. Dole (2004):** Informe Técnico del Proyecto de Investigación «Impacto de la surgencia en el Archipiélago Cubano, considerando los Cambios Climáticos». Capítulo III «Metodología y Bases de Datos». INSMET, Cuba. pp.113-137
- **Pérez Suárez, R., R. Vega, M. Limia, M. Sarmientos y demás colaboradores (2000):** Los Ciclones tropicales en Cuba, su variabilidad y posible vinculación con los cambios globales. Capítulos III y IV. Proyecto de Investigación 01301094. La Habana, Cuba. 172 pp.
- **Salas I., Pérez Parrado R., S. Samper, J. Dole Chávez, A. L. Pérez, C. Rodríguez Otero (2004):** Informe Técnico del Proyecto de Investigación