Revista de Climatología

Vol. 15 (2015): 77-83 ISSN 1578-8768

©Copyright de los autores de cada artículo. Se permite su reproducción y difusión por cualquier medio, siempre que se haga sin interés económico y respetando su integridad

Estudio sobre sistemas meteorológicos que provocan eventos notables de precipitación en Cuba

Yaritza Gómez-Villa[1], Lourdes Álvarez-Escudero[1], Abel D. Centella-Artola[2], Ramón Pérez-Suárez[3], Israel Borrajero-Montejo[1]

[1]*Centro de Física de la Atmósfera,*[2]*Dirección Científica,* [3]*Centro del Clima*
Instituto de Meteorología, Apartado 17032, Habana 17, Código Postal 11700, La Habana, Cuba.
<yaritza.gomez@insmet.cu>

(Recibido: 02-Abr-2015. Publicado: 17-Ago-2015)

Resumen

A partir de las series de acumulados diarios de precipitación para las estaciones meteorológicas de Casablanca, Camagüey y Gran Piedra con situaciones físico-geográficas diferentes, se realiza un estudio sobre los sistemas meteorológicos que provocan acumulados mensuales de precipitación por encima de la media más una desviación estándar para el período 1981-2000, a las que se denominan "precipitaciones notables". Los sistemas identificados en orden de prevalencia fueron: las vaguadas, las ondas tropicales, los casos de convección e inestabilidad, las vaguadas en la altura, las tormentas tropicales, los frentes fríos y las bajas tropicales. Se analiza la relación entre la presencia de los sistemas identificados y las diferentes fases del evento ENOS, la cual no presenta una correspondencia significativa. Teniendo en cuenta la representación de los sistemas en estudio en los reanálisis de NCEP, se realizó una selección de fechas para llevar a cabo experimentos que permitan evaluar la predictibilidad de los mencionados en los modelos numéricos.

Palabras clave: precipitaciones, sistemas meteorológicos, predictibilidad.

Abstract

From daily rainfall series at weather stations Casablanca, Camagüey and Gran Piedra, with different physical-geographical conditions, a study of weather systems that cause monthly rainfall above the mean plus one standard deviation, labeled as "significant rainfall" is performed from 1981 to 2000. The identified meteorological systems in order of prevalence were: troughs, tropical waves, cases of convection and instability, upper air troughs, tropical storms, cold fronts and tropical lows. Besides, the relationship between the presence of identified meteorological systems and the phases of the ENSO event was analyzed and it resulted irrelevant in this case. Finally, taking into account the meteorological systems representation in NCEP reanalysis, a selection of dates was made to make experiments which would assess the predictability of these systems in numerical forecast models.

Key words: *rainfall, meteorological systems, predictability.*

1. Introducción

Cuba se encuentra situada entre los 18 y 24 grados de latitud norte y los 75 y 85 grados de longitud oeste, posición que posibilita se halle bajo la influencia de sistemas meteorológicos tanto tropicales como de latitudes medias, los cuales provocan eventos de precipitación con diferentes características, que pueden causar efectos tanto positivos como negativos. Un ejemplo de efectos adversos son las inundaciones, que aunque en el pasado se reportaban mayormente asociadas al paso de ciclones tropicales, a partir de los años 70 del siglo XX se han identificado otros sistemas capaces de generar grandes lluvias en cortos intervalos de tiempo, debido a que son generados en la zona tropical (Alfonso y Florido, 1995).

De manera general en Cuba los acumulados anuales medios de las precipitaciones alcanzan más de 1000 mm, pero estos se distribuyen con una marcada estacionalidad, donde se aprecia un período poco lluvioso de noviembre a abril y un período lluvioso de mayo a octubre, que acumula más del 50 % del total anual, dentro del cual existe un mínimo relativo intraestival en los acumulados de las lluvias, que se producen en los meses de julio y agosto, reflejando el carácter bimodal de esta estación (Lecha *et al.*, 1994).

Diversos estudios sobre las precipitaciones se han realizado en el país desde diferentes perspectivas, ya sea su escasez (Lapinel *et al.*, 2007; Cutie y Lapinel, 2013), como su exceso en una región determinada (Koshiasvili B, 1972; Alfonso y Florido, 1992). Algunas investigaciones han contribuido al conocimiento del comportamiento de las precipitaciones y su relación con los sistemas que las provocan (Lapinel, 1988; Alfonso y Florido, 1995; Fonseca, 2008; Planos *et al.*, 2011), pero no se puede dejar de tener en cuenta las variaciones que ha sufrido el clima de Cuba desde hace algunas décadas, debido a "... un elevado nivel de respuesta de la circulación atmosférica regional a los principales cambios del Sistema Climático ocurridos a escala global" (Centella *et al.*, 1997). Por tal motivo se hace necesario actualizar los estudios realizados sobre la temática en el país, lo que posibilita que los resultados estén basados en el comportamiento del clima actual y su tendencia hacia el futuro.

Es conocida la importancia de estudiar la relación del comportamiento de una variable como la precipitación con eventos de teleconexión como el ENOS. Diversos trabajos investigativos se han encaminado a determinar la relación de este evento y la intensidad de la precipitación en una región determinada, donde se han demostrado que las anomalías de la temperatura de la superficie del mar tienen relaciones estadísticamente significativas con los totales de lluvia en Cuba y sus tres regiones, para los meses del período seco, siendo las de áreas del Pacífico y el cinturón tropical las que muestran mayores correlaciones, lo que confirma la importancia del ENOS en la variabilidad climática para la región de estudio. (Cárdenas, 1998; Roque *et al.*, 2002; Centella *et al.*, 2006).

Como consecuencia de lo planteado está, que los estudios sobre las causas que provocan la precipitación sean más complejos en Cuba que en otras regiones del mundo, por lo que se necesita un conocimiento cada vez más detallado de los sistemas que modulan a dicha variable con vistas a su pronóstico y a la evaluación de su predictibilidad. El objetivo del presente trabajo es entonces, identificar los principales sistemas meteorológicos que provocan acumulados mensuales de precipitación por encima de la media más una desviación estándar para un período de estudio dado, a las que se denominarán "precipitaciones notables", a partir de las series de registros mensuales de tres estaciones meteorológicas con diferentes condiciones físico-geográficas.

2. Materiales y Métodos

Se utilizaron las series de precipitación comprendidas entre los años 1981 y 2010 de tres estaciones meteorológicas distribuidas a lo largo del país, debido a que presentan una alta calidad en sus registros para el período de estudio. Además estas estaciones presentan condiciones físico-geográficas diferentes, a saber, la estación meteorológica de Casablanca es casi costera en el Occidente, la estación de Camagüey presenta cierta continentalidad ubicada en el Centro del país y la estación de Gran Piedra con características de montaña en el Oriente. Los datos generales de ubicación de las tres estaciones en estudio se resumen en la tabla 1.

Tabla 1: Características de la localización de las estaciones en estudio.

Nº	Estación	Latitud(N)	Longitud(W)	Altura(m)
325	Casablanca	23°09'	82°20'	50
355	Camagüey	21°24'	77°51'	118
366	Gran Piedra	20°00'	75°38'	1130

Para cada una de las series por estaciones se determinaron los meses con acumulados por encima de la media más una desviación estándar a lo que se denominó "precipitación notable". En cada uno de estos meses con precipitación notable se identificó el o los sistemas meteorológicos que produjeron estos valores. Se procesaron las siguientes fuentes para encontrar esta información:

- Estados generales del tiempo del Centro de Pronósticos del INSMET.
- Boletines mensuales del Centro del Clima del INSMET.
- Mapas del tiempo archivados en el Centro de Información Científico Técnica del INSMET.
- Cronologías de ciclones tropicales, ondas tropicales, frentes fríos, bajas frías y bajas extratropicales que afectaron a Cuba (González, 1999; McAdie *et al.*, 2009).

Como los resultados a obtener pueden brindar información para diseño de estudios de casos en modelos numéricos de pronóstico, se realizó una comprobación de la presencia de los sistemas identificados con los representados en los reanálisis del mismo período, para comprobar que los casos seleccionados aparecieran reflejados en el modelo desde su inicio y evolución. Los reanálisis utilizados fueron los mapas de presión en superficie, altura geopotencial en los niveles de 850 hPa, 500 hPa, 200 hPa y de precipitación del NCEP [http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/composites/day/].

Para verificar la relación entre las diferentes fases del ENOS y la ocurrencia de precipitaciones notables, se comparó la correspondencia existente entre los meses en que predominan dichos eventos y la aparición de ENOS, AENOS y meses neutrales, contando con las cronologías del Centro del Clima del INSMET, de Estados Unidos [http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ ensoyears.shtml] y de Australia [http://www.bom.gov.au/climate/enso/indices.shtml].

3. Resultados y discusión

En figura 1 se muestra la marcha anual de los por cientos de ocurrencia de acumulados notables para el período de estudio. De aquí se constata que la mayoría de los casos se agrupan en el período lluvioso del año, aunque hay meses como marzo, abril y noviembre que presentan una ocurrencia de hasta un 5 %. Se aprecia además que la frecuencia de los casos identificados respeta la distribución bimodal del período lluvioso en Cuba (sequía interestival). Los meses con mayor número de eventos de acumulados notables fueron junio y septiembre y no se presentó ningún caso en enero, febrero y diciembre.

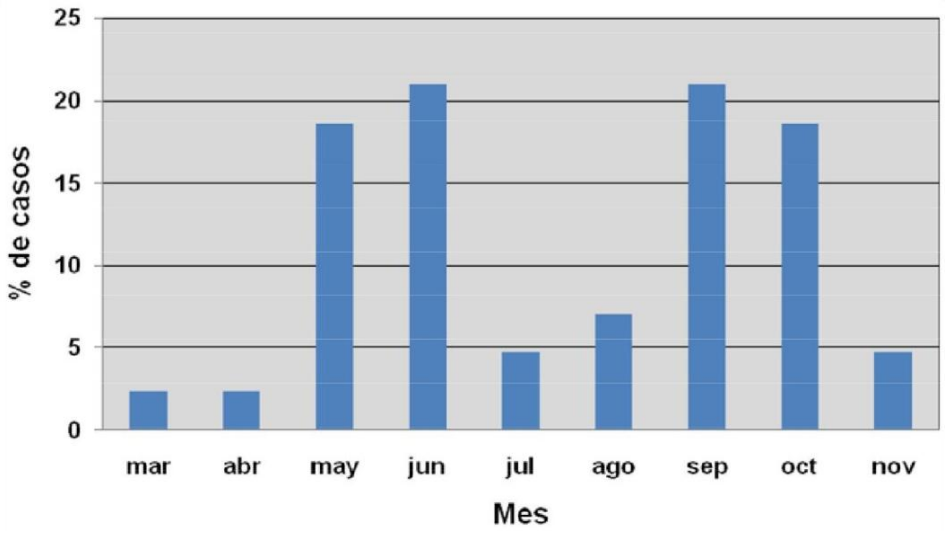


Fig. 1: Marcha anual de casos de acumulados notables de precipitación en el período 1981-2010.

El análisis por estaciones (figura 2) muestra una temporada de acumulados notables más corta para las estaciones de Casablanca (325) y Camagüey (355), ya que no presentan casos ni en marzo, ni en abril y hay un comportamiento contrapuesto entre el número de casos en mayo y junio por estaciones, pues en mayo la mayoría de los casos los aporta la estación de Gran Piedra, mientras en junio lo son las estaciones de Casablanca y Camagüey.

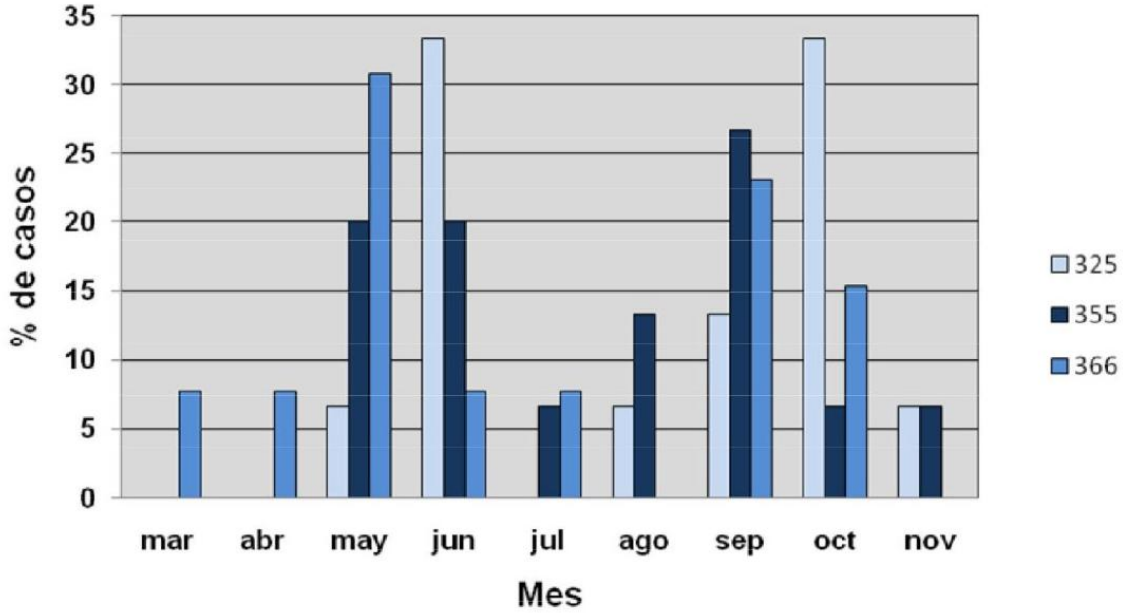


Fig. 2: Marcha anual de casos de acumulados notables de precipitación para las tres estaciones en estudio en el período 1981-2010.

Los principales sistemas meteorológicos asociados con acumulados notables de precipitación identificados fueron los siguientes:

- frentes fríos (FF)
- ondas tropicales (OT)
- tormentas tropicales (TT)
- vaguadas (VAG)
- vaguadas en la altura (HVAG)
- bajas tropicales (BT)
- casos de convección e inestabilidad (CI)

En la figura 3 se muestran los por cientos de ocurrencia para cada sistema. De esta figura se puede concluir que los sistemas asociados a acumulados notables de precipitación son en orden decreciente de incidencia: las vaguadas (25 %), las ondas tropicales (20 %), los casos de convección e inestabilidad (15 %), las vaguadas en la altura (14 %) y las tormentas tropicales (13 %). Por su parte, las bajas tropicales y los frentes fríos presentan un menor aporte de un 6 y 7 % respectivamente. Los frentes fríos son sistemas típicos del período poco lluvioso, período en el cual la presencia de precipitaciones notables es menor y la mayoría de los casos obtenidos referentes a este sistema, se correspondieron con frentes casi estacionarios en la región central u oriental del país.

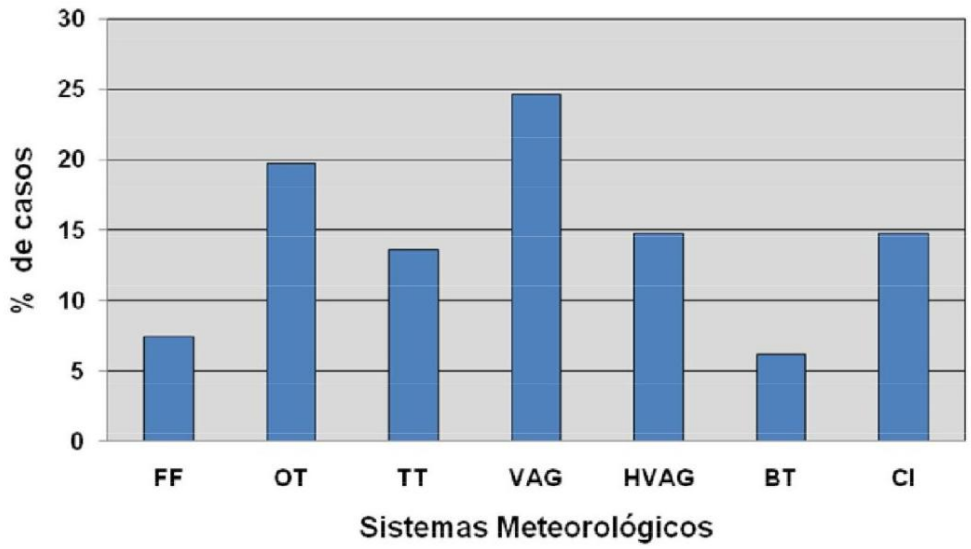


Fig. 3: Por ciento de ocurrencia de precipitaciones notables para cada sistema identificado en el estudio.

Los casos de tormentas tropicales encontrados fueron originados en su mayoría en el seno de ondas tropicales y solo un 27 % a partir de bajas tropicales. En la figura 3 también se aprecia una representatividad significativa de la ocurrencia de precipitaciones notables asociadas a convección e inestabilidad atmosférica, con un carácter local, que provocan grandes acumulados en cortos períodos de tiempo y no asociadas a los sistemas de escala sinóptica productores de lluvia. Muchos autores explican que en estos casos, "una combinación de factores de diferentes niveles produce la actividad convectiva, aunque la participación de las circulaciones locales resulta esencial" (Alfonso y Florido, 1995)

La figura 4 muestra una comparación entre los sistemas identificados y su representación en los reanálisis. Los casos de frentes fríos, tormentas tropicales y bajas tropicales coincidieron totalmente. El caso de convección e inestabilidad no se comprobó, pues en los mapas de reanálisis con que se contaba no estaba reflejado ningún indicativo de estos procesos. Por último se debe puntualizar que el resto de los sistemas, dígase ondas tropicales, vaguadas y vaguadas en la altura, no fueron totalmente coincidentes, aunque es difícil hacer una evaluación exacta de la presencia de los mismos en un reanálisis, debido a que hay un gran margen de error a la hora de verificar la aparición de dichos sistemas en los mapas sinópticos relativos a la variable presión o geopotencial.

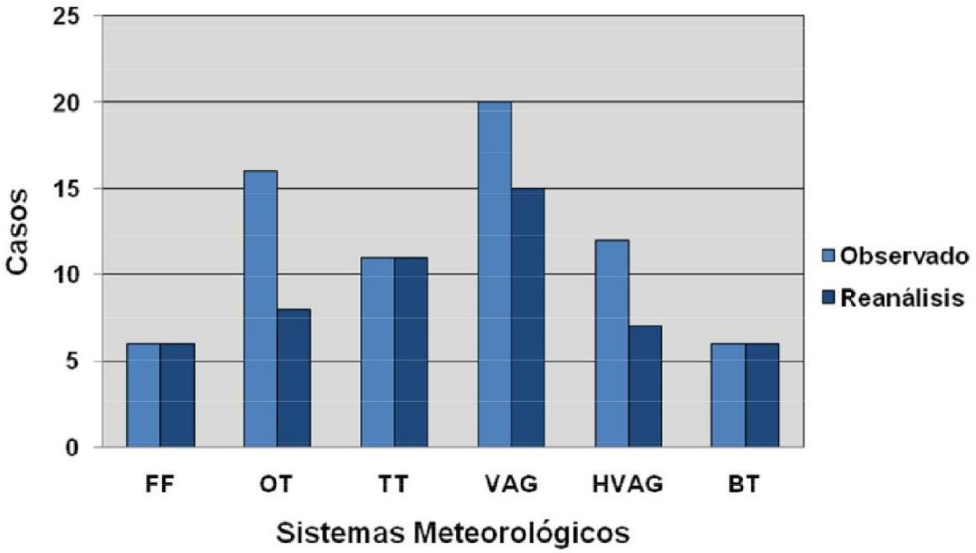


Fig. 4: Casos obtenidos del estudio dividido por sistemas identificados vs casos observados en los reanálisis NCEP.

La comparación entre la ocurrencia de precipitaciones notables en las tres estaciones en estudio y las diferentes fases del ENOS mostró que no existe una relación directa entre ellos. El máximo de los casos se presentaron en los meses neutros, es decir, donde no existió prevalencia de ENOS o AENOS (ver tabla 2). Este resultado es de esperarse si tomamos en cuenta otros estudios realizados, donde las anomalías de temperatura superficial del mar en las regiones de ENOS en el período lluvioso presentan relaciones mucho más débiles con los totales de precipitación en dicho período en Cuba, que en el período seco del año (Cárdenas, 1998). La ocurrencia de eventos ENOS es la más baja, de lo que podría sugerirse el análisis de la relación no solo de los acumulados de precipitaciones notables con el evento mencionado, sino establecer una relación entre gradientes de temperatura con varias zonas del Pacífico Ecuatorial y zonas del Atlántico que involucren a Cuba.

Tabla 2: Comparación entre la ocurrencia de precipitaciones notables y las diferentes fases del ENOS en el período de estudio.

FASE	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	TOTAL
ENOS	1	1	0	3	0	0	1	1	0	7
AENOS	0	0	0	1	0	1	5	6	0	13
NEUTRO	0	0	8	5	2	2	3	1	2	23

Para cada uno de los sistemas asociados a precipitaciones notables podrían escogerse algunos bien identificados en los reanálisis, que provean información para casos de estudio. Los casos escogidos para cada sistema se muestran en la tabla 3.

Tabla 3. Fechas recomendadas para la realización de experimentos de predictibilidad para cada uno de los sistemas productores de acumulados notables de precipitación.

Sistema	FF	OT	TT	BT	VAG	HVAG	CI
Exp 1	21/03/1998	02/10/1983	14/10/1999	17/09/1998	02/10/1982	31/05/2003	16/07/2007
Exp 2	16/10/1982	21/07/2007	06/08/1980	02/10/2007	14/06/1983	18/06/2005	09/07/2006

En el caso de las Tormentas Tropicales (TT), la primera se formó a partir de una baja tropical y la segunda en el seno de una onda tropical. En el caso de la convección (CI) en el primer caso hubo presencia de una Tormenta Local Severa (TLS) y en el segundo no. La propuesta denota en general variedad de situaciones por lo que podría diseñarse un experimento que diera luces sobre cuán predecible es cada uno de los sistemas productores de acumulados notables de precipitación en Cuba, para el pronóstico a largo plazo.

4. Conclusiones

Los meses donde se presentaron mayores eventos de precipitación notable para las estaciones en estudio son mayo, junio, septiembre y octubre, meses con mayores acumulados del período lluvioso en Cuba.

Los sistemas meteorológicos identificados que provocan precipitaciones notables son en orden de prevalencia: las vaguadas, las ondas tropicales, los casos de convección e inestabilidad, las vaguadas en la altura, las tormentas tropicales, los frentes fríos y las bajas tropicales.

La relación entre los sistemas identificados y su representación en los reanálisis se puede considerar aceptable, sin perder de vista la subjetividad con que se realizó la comparación.

La ocurrencia de eventos de precipitaciones notables no presenta relación directa con las diferentes fases del evento ENOS.

5. Bibliografía

Alfonso A y Florido A (1992): Las grandes precipitaciones en Cuba, aspectos fundamentales. Memorias III Congreso de Desastres, La Habana, Cuba.

Alfonso A y Florido A (1995): Climatología de las grandes precipitaciones en Cuba. Informe de resultado científico, UDICT, Instituto de Meteorología, 50 pp.

Cárdenas P (1998): Papel de índices teleconectivos y del ENOS en la predictibilidad de la lluvia en Cuba. *SOMETCUBA, Boletín de la Sociedad Meteorológica de Cuba*, 4(2), http://www.insmet.cu/sometcuba/boletin/v04_n02/espanol/ab_art4.htm

Centella A, Lapinel B, Solano O, Vázquez R, Fonseca C, Cutié V, Baéz R, González S, Sille J, Rosario P y Duarte L (2006): La sequía meteorológica y agrícola en la República de Cuba y la República Dominicana, 172 pp.

Centella A, Naranjo L y Paz L (1997): Variaciones y cambios del clima en Cuba. Centro Nacional del Clima, Instituto de Meteorología, La Habana. Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación en los países afectados por sequía grave o desertificación, en particular en África. Printed in Switzerland, GE.95-03531, December 1995, 5.000 DPCSD/CCD/95/2.

Cutie V y Lapinel B (2013): La sequía en Cuba, un texto de referencia. Monografía Proyecto 1/OP-15/GEF, 358 pp.

Fonseca C (2008): La Oscilación del Atlántico Norte, los Índices de Circulación Atmosféricas y la lluvia en Cuba. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Meteorológicas, UDICT, Instituto de Meteorología, 125 pp.

González C (1999): Climatología de los frentes fríos que han afectado a Cuba desde 1916-1917 hasta 1996-1997. *Revista Cubana de Meteorología*, 6(1), 15-19.

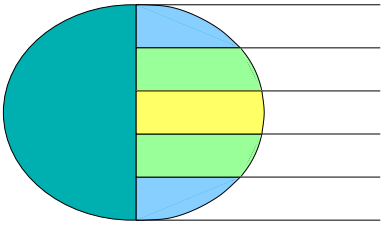
Koshiasvili B (1972): Las lluvias torrenciales en Cuba. Informe Científico del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos, La Habana, Cuba.

Lapinel B (1988): La circulación atmosférica y las características espacio-temporales de las precipitaciones en Cuba. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Geográficas. UDICT, Instituto de Meteorología, Academia de Ciencias de Cuba.

Lapinel B, Centella A, Fonseca C, Cutié V y Báez R (2007). Monografía de la Sequía en Cuba. Componente Meteorológico. Proyecto. No. 4072 Programa Ramal de Ciencia y Técnica: "Análisis y pronóstico del tiempo y el clima terrestre y espacial", Instituto de Meteorología, Ciudad de La Habana, Cuba.

Lecha LB, Paz, LR y Lapinel B (1994): *El Clima de Cuba*, Editorial Academia, La Habana, 186 pp.

McAdie C, Landsea Ch, Neumann Ch, David J, Blake E and Hammer,G (2009): Tropical cyclones of the North Atlantic Ocean, 1851-2006. Prepared by the National Climatic Data Center, Asheville, NC, National Hurricane Center.

Planos E, Limia M, Vega R, Boudet D y Hernández M (2011): Las grandes precipitaciones y las precipitaciones intensas en Cuba: causas y características. Informe científico del Proyecto 0801 Programa Ramal "Análisis y pronóstico del tiempo y el clima terrestre y espacial", Instituto de Meteorología, Ciudad de La Habana, Cuba.

Roque A, Lapinel B, Pérez D, Pérez L y Cutie V (2002): Algunas condiciones de macro y mesoescala durante la ocurrencia de eventos de sequías significativas en diferentes regiones de Cuba. *SOMETCUBA, Boletín de la Sociedad Meteorológica de Cuba*, 8(2), http://www.insmet.cu/sometcuba/boletin/v08_n02/espanol/art_2-1.htm