

Cantidad de días con lluvia y su distribución por intervalos en condiciones normales y de sequía severa en el occidente de Cuba

Amount of rainy days and its distribution by intervals in normal conditions and severe drought in the western part of Cuba

Lic. Iongel Durán Llacer[✉]

Facultad de Geografía, Universidad de La Habana, Cuba

Resumen

El presente trabajo examina la cantidad de días con lluvia total y su distribución por intervalos de distintas magnitudes en el occidente de Cuba, durante los períodos estacionales lluvioso (mayo-octubre) y poco lluvioso (noviembre-abril), y se establece su relación con la ocurrencia de eventos secos en el período lluvioso. Para este objetivo se utilizaron series de días con lluvia del período 1981-2010, coleccionadas en 20 estaciones meteorológicas del Instituto de Meteorología, situadas en zonas costeras e interiores. Su proceso se realizó mediante los paquetes estadísticos Excel 2010, Statistica v. 7.0, aplicándose los estadígrafos de Spearman, Pettit y Kendall Man (software WinStat, v. 2.0), con miras a determinar tendencias y cambios en valores por decenios e intervalos. El método de los deciles se empleó para relacionar la cantidad de días con lluvia y la ocurrencia de eventos secos. Los resultados principales incluyen una climatología actualizada de la variable, que recoge la representación espacial de las magnitudes y las variaciones de los índices más significativos. Se demostró que durante los eventos de sequía significativos, la disminución de la cantidad de días con lluvia se manifiesta de manera similar en todos los intervalos evaluados, lo cual disiente de la tesis de que los eventos de sequía significativos se asocian sobre todo con déficits de lluvias superiores a 50 mm. Asimismo, se revela que en los intervalos de 50 mm a 100 mm y superiores a 100 mm, los días con lluvia manifiestan una tendencia creciente estadísticamente significativa. Estos resultados son de gran interés para numerosas actividades vinculadas con la agricultura y otras ramas de la economía, la sociedad y el medioambiente, las cuales se relacionan con el comportamiento de la lluvia, sus características, la variabilidad natural e incluso la influencia que sobre estas pueda ejercer el cambio climático.

Palabras clave: días con lluvia, magnitud de la lluvia, sequía, eventos secos, deciles, Cuba

✉ Autor para correspondencia: *Iongel Durán Llacer*, Facultad de Geografía, Universidad de La Habana, Cuba.
E-mail: iongel.duran@insmet.cu

Recibido: 4 de diciembre de 2015

Aceptado: 8 de abril de 2016

Abstract

In this article the number of days with total rainfall and its distribution by intervals of different magnitudes of rain in western Cuba is examined, during rainy seasonal periods (May to October) and dry seasons (November to April) and it was established their relationship with the occurrence of dry events in the rainy season. Series of rainy days in the period from 1981 to 2010, collected in 20 meteorological stations of the Meteorological Institute, located in coastal and inland areas were used for this purpose. Their trial was performed using the statistical software Excel 2010 *Statistica v. 7.0*, applied statisticians Spearman and Kendall Pettit Man (*WinStat software, v. 2.0*) to determine changes in trends and values for decades and intervals. The method of deciles was used to relate the number of days with rain and the occurrence of dry events. The main results include an updated version of the variable weather, which reflects the spatial representation of the magnitudes and variations of the most significant indices. It was demonstrated that significant events during drought, reducing the number of days with rain, occurs similarly in all tested intervals, which disagrees with the view that significant events associated with drought deficit are essentially higher than 50 mm of rains. It is also revealed that in the intervals from 50 mm to 100 mm and above 100 mm the wet days show a statistically significant increasing trend. These results are of great interest to many activities associated with agriculture and other branches of the economy, society and the environment that are related to the behavior of rainfall, its features, natural variability and even the influence that climate change exerts on them.

Key words: days with rain, magnitude of rain, drought, dry events, deciles, Cuba

Introducción

La cantidad de días con lluvia de distinta magnitud constituye una temática de gran interés en investigaciones y aplicaciones de carácter climático vinculadas con la agricultura y otras ramas de la economía, incluida su relación con el cambio climático. Este indicador resulta de utilidad especial para calcular el coeficiente de eventualidad en las tareas constructivas, así como en beneficio de la planificación y la distribución de las fuerzas productivas, sin olvidar la erosión de los suelos, que hoy día constituye un fenómeno de particular atención ([Trusov et al., 1983](#); [Ordóñez et al., 2008](#)).

Algunos estudios realizados en Cuba y el Caribe afirman que las precipitaciones presentan variaciones importantes, y que las tendencias climáticas observadas en las últimas décadas muestran un aumento de

la frecuencia y la intensidad del fenómeno *sequía*, por lo que una determinación rápida y acertada de su manifestación en espacio y tiempo resulta esencial para la reducción de los riesgos asociados con esta ([Centella et al., 1997](#); [Cutié, 2013](#)).

[Durán \(2013\)](#), aborda el comportamiento de los días con lluvia por intervalos y sus tendencias en la región occidental de Cuba, tanto desde el punto de vista histórico, como durante la ocurrencia de períodos estacionales lluviosos con déficits significativos. En relación con esto último, [Burlustky \(1982\)](#), al procesar los registros de la estación meteorológica de Casablanca en La Habana, examinó el rol que tenía en la formación de eventos de sequía significativos, la disminución de días lluviosos con acumulados superiores a 40 mm asociados a una menor frecuencia de procesos lluviosos de escala sinóptica, con independencia de los procesos

convectivos locales, que por lo general, presentan acumulados inferiores. Este autor expresó lo siguiente:

Parece llamativo que la contribución de lluvias por debajo de 40 mm permanece prácticamente constante, (...), sin importar si es un año seco o húmedo. Esto implica que los procesos convectivos permanecen más o menos en el mismo nivel a través de los años.

Sin embargo, existe una alta probabilidad de que la utilización de una estación costera sometida a una fuerte influencia marítima, como ocurre en la de Casablanca, no fuera suficiente para establecer una generalización sobre el comportamiento de los días con lluvia por intervalos, en atención a los procesos que les estarían asociados. Es decir, si bien es absolutamente plausible que durante años con déficits severos en los acumulados de las lluvias, la frecuencia y trayectorias de distintos sistemas organizados de escala sinóptica causantes de estas, sea muy inferior a aquellos años cuando las lluvias son abundantes, queda por investigar si esa característica que se reveló en La Habana, con acumulados inferiores a 40 mm, se replica de manera similar al examinarse más estaciones localizadas en distintas posiciones geográficas del archipiélago cubano.

Para Cuba, [Lapinel et al. \(2006\)](#), existe un estrecho vínculo entre el desarrollo de eventos de sequía significativos y el establecimiento de una influencia persistente de sistemas anticiclónicos fuertes sobre el área. Estos procesos no solo influyen en la frecuencia y las trayectorias de los sistemas organizados productores de lluvia que transitan sobre el país, sino también en el predominio de condiciones meteorológicas generales desfavorables para el desarrollo de lluvias de cualquier magnitud.

El objetivo principal del trabajo es examinar la cantidad de días con lluvia total y por intervalos en la región occidental del país. Para ello, se utilizan 20 estaciones meteorológicas ubicadas convenientemente en todo su territorio, tanto con miras al análisis del período normal 1981-2010, como durante la ocurrencia de los principales eventos de sequía acaecidos en estos treinta años.

Materiales y Métodos

Definición del área de estudio

El área de estudio, con una extensión superficial de 29 160 km², comprende la región occidental de Cuba e incluye las actuales provincias de Pinar del Río, Artemisa, Mayabeque, La Habana, Matanzas y el municipio especial de Isla de la Juventud (Figura 1). Limita, al norte con el estrecho de La Florida, al este con las provincias de Villa Clara y Cienfuegos, al sur con el mar Caribe y al oeste con el estrecho de Yucatán. Su clima es tropical estacionalmente húmedo en el verano ([González, 2010](#)).

Consideraciones sobre la lluvia en la región occidental de Cuba

La irregularidad y la temporalidad en la marcha anual de las precipitaciones, según [Trusov et al. \(1983\)](#), se debe a la interacción entre los variados procesos atmosféricos que influyen sobre la región, su compleja estructura topográfica y el calentamiento diferencial entre la superficie de tierra firme y las aguas costeras que la bañan.

Existen dos períodos estacionales bien definidos en todo el territorio: uno lluvioso, de mayo a octubre, y otro poco lluvioso, de noviembre a abril.



Figura 1. Ubicación del área de estudio y las estaciones meteorológicas utilizadas en la investigación

Las precipitaciones están relacionadas con sistemas organizados productores de lluvia, tales como ondas tropicales, hondonadas, vaguadas, bajas frías superiores, situaciones de carácter ciclónico y frentes fríos, entre otros. Se originan también por la actividad convectiva local causada por el calentamiento diurno que casi siempre ocurre en horas de la tarde, en episodios de corta duración (Sánchez, 1989).

En el período invernal, a menudo esta región es afectada por masas de aire frías asociadas con la máxima influencia de la circulación extratropical, lo cual condiciona un período relativamente seco (poco lluvioso). En la temporada húmeda, predominan las altas presiones del Atlántico Norte, pero

la influencia del borde suroccidental del anticiclón oceánico facilita las incursiones de flujos de aire del sur y el suroeste que favorecen las lluvias, frecuentemente vinculadas con el establecimiento de una vaguada en los niveles medios troposféricos (Lapinel, 1994). Según Cutié (2013), en la temporada lluviosa, la precipitación media en esta región oscila entre 800 mm y 1 200 mm, incluso valores superiores, lo que representa 74 % del acumulado anual; mientras que en la poco lluviosa alcanza entre 200 mm y 600 mm, aproximadamente 26 % del acumulado anual. Los meses más secos son diciembre (38 mm) y marzo (49 mm), y los más lluviosos son septiembre (221 mm) y junio (218 mm).

Se utilizaron 20 estaciones meteorológicas del Instituto de Meteorología (INSMET), convenientemente distribuidas en la región occidental (Figura 1), con datos de alta calidad (días con lluvia) facilitados por el Centro Nacional del Clima (CENCLIM), los cuales se obtuvieron a partir de los acumulados diarios de lluvia en 24 h, clasificados por intervalos para un período de 30 años (1981-2010). Todos los datos fueron validados y procesados mediante la hoja de cálculo Excel 2010, del paquete Microsoft Office. Se calcularon los promedios del total de días con lluvia y de cada intervalo en los períodos lluvioso y poco lluvioso. El análisis se centró en el período estacional lluvioso, incluso a nivel mensual, por poseer un significativo peso en los acumulados anuales de las lluvias y una mayor complejidad en su variación espacio-temporal.

Los mapas de distribución espacial de días con lluvia se elaboraron mediante el Sistema de Información Geográfico gvSIG (v. 1.11), con el método de interpolación inverso de la distancia al cuadrado. Se calculó el promedio de días con lluvia para cada mes y decenio, con el objetivo de valorar si han existido cambios significativos en sus cantidades medias y su variabilidad. Para ello, se aplicó el *t-test* de independencia simple por variables a través del programa estadístico Statistica (v. 7.0).

Además, se calcularon los coeficientes de variación (C_v) del valor medio de días con lluvia por estaciones, meses y decenios, y las distribuciones percentílicas por estaciones, meses e intervalos. Mediante el software WinStat (v. 2.0) (Mellado & Borrajero, 1997), se les aplicaron las pruebas estadísticas Spearman, Pettit y Kendall Mann a las series de cantidad de días con lluvia por intervalos en todo el período lluvioso, con miras a la determinación de la tendencia, así como para precisar el nivel de significación y los puntos de cambio existentes.

Una vez identificados los períodos mayo-octubre más afectados en la región, tomados a partir de aquellos que presentaron mayores días deficitarios en cada estación y la mayor frecuencia de afectación simultánea en todas las estaciones meteorológicas, y detectados los meses más deficitarios de esos períodos, todos bajo el criterio ($DcL1 \leq$ decil 2), para su investigación más detallada, se establecieron cuatro casos de estudio: los períodos lluviosos 1987, 2004, 2006 y 2009. Asimismo, para cada mes identificado como más afectado se determinó la distribución de días con lluvia por intervalos, expresada en rangos deciles.

Se calcularon las distribuciones percentílicas requeridas, y se determinaron los rangos deciles de los períodos lluviosos y meses comprendidos en el estudio, según la escala 1 de Gibbs & Maher (1967), con vistas a establecer su relación con el déficit de días con lluvia.

Resultados y Discusión

Cantidad de días con lluvia y su distribución por intervalos en condiciones medias y de sequía severa en el occidente de Cuba. Período 1981-2010

Promedio de días con lluvia en los períodos lluvioso y poco lluvioso, y su distribución por intervalos

La cantidad de días con lluvia y su distribución por intervalos indica con claridad el carácter de la lluvia en la localidad. No basta saber cuánto llueve, sino también cómo llueve. Sin duda, este conocimiento puede ser útil para numerosos aspectos de carácter aplicado. A continuación se exponen los resultados (Tabla 1).

En el período lluvioso se determinó un promedio de 84 días con lluvia, que representa 46 % de 184 días evaluados para este período; mientras que en el poco lluvioso se obtuvieron como promedio 35 de 181 días correspondientes, que significan 19 %.

El análisis por intervalos de ambos períodos estacionales reveló que la mayor cantidad de días con lluvia promedio se registran en el intervalo de 0.1 mm a 10 mm, alcanzando 54 días (64.3 %) en el período lluvioso y 25 días (71.4 %) en el poco lluvioso. En el período lluvioso, resalta que el promedio de días con lluvia en los intervalos de 10 mm a 20 mm y 20 mm a 50 mm presenta la misma cantidad de días (13 días o 15.5 %, respectivamente), mientras que hasta 20 mm se acumula 79.8 % del total de días con lluvia, y hasta 50 mm, el acumulado alcanza 95.3 %. Los días con lluvias superiores a 50 mm y 100 mm fueron solo cuatro (tres días y un día o 3.5 % y 1.2 %, respectivamente) (Tabla 2).

En el período poco lluvioso, los días con lluvia promedio en los intervalos de 10 mm a 20 mm y de 20 mm a 50 mm resultaron muy pocos (cinco días y cuatro días o 14.3 % y 11.4 % con lluvia), lo cual implica que hasta 50 mm se acumule 97.1 % de los días con lluvia, el resto (1 día o 2.9 %) se ubica entre 50 mm y 100 mm, mientras que no se presenta ningún día con lluvia superior a 100 mm. Es sobresaliente que en ambos períodos, hasta 50 mm, se acumula más de 95 % de días con lluvia, lo cual permite señalar que a partir de ese valor estas lluvias pueden considerarse en el rango de extremas (Tabla 2).

Tabla 1. Escala del déficit/exceso de la lluvia

	Rango percentil	Deciles correspondientes
Muy por encima de la norma	superior al 90	10
Bastante por encima de la norma	80 a 90	9
Por encima de la norma	70 a 80	8
En la norma	30 a 70	4 a 7
Por debajo de la norma	20 a 30	3
Bastante por debajo de la norma	10 a 20	2
Muy por debajo de la norma	inferior a 10	1

Tabla 2. Promedio de días con lluvia en los períodos estacionales lluvioso y poco lluvioso, y su distribución por intervalos

Estaciones	Período lluvioso (184 días)			Períodos poco lluviosos (181 días)		
	Días con lluvia	%		Días con lluvia	%	
	84	46		35	19	
	Lluvia en días con lluvia			Lluvia en días con lluvia		
Intervalos (mm)	Valor absoluto	%	% Acumulado	Valor absoluto	%	% Acumulado
0.1 a 10	54	64.3	79.8	25	71.3	85.7
10 a 20	13	15.5		5	14.3	
20 a 50	13	15.5	19	4	11.4	14.3
50 a 100	3	3.5		1	2.9	
≥ 100	1	1.2	1.2	0	0	0

En el conjunto de estaciones meteorológicas estudiadas, las costeras de Casablanca y Playa Girón reflejaron la cantidad de días con lluvia más bajos de la temporada lluviosa. Inversamente, Santa Fe y Unión de Reyes, ambas en zonas interiores, presentaron la mayor cantidad (Figura 2a).

En la temporada poco lluviosa, las estaciones con menor cantidad de días con lluvia se localizan hacia el sur de la región, como Batabanó y Playa Girón, mientras que los mayores valores se advierten al norte, en la estación Bahía Honda.

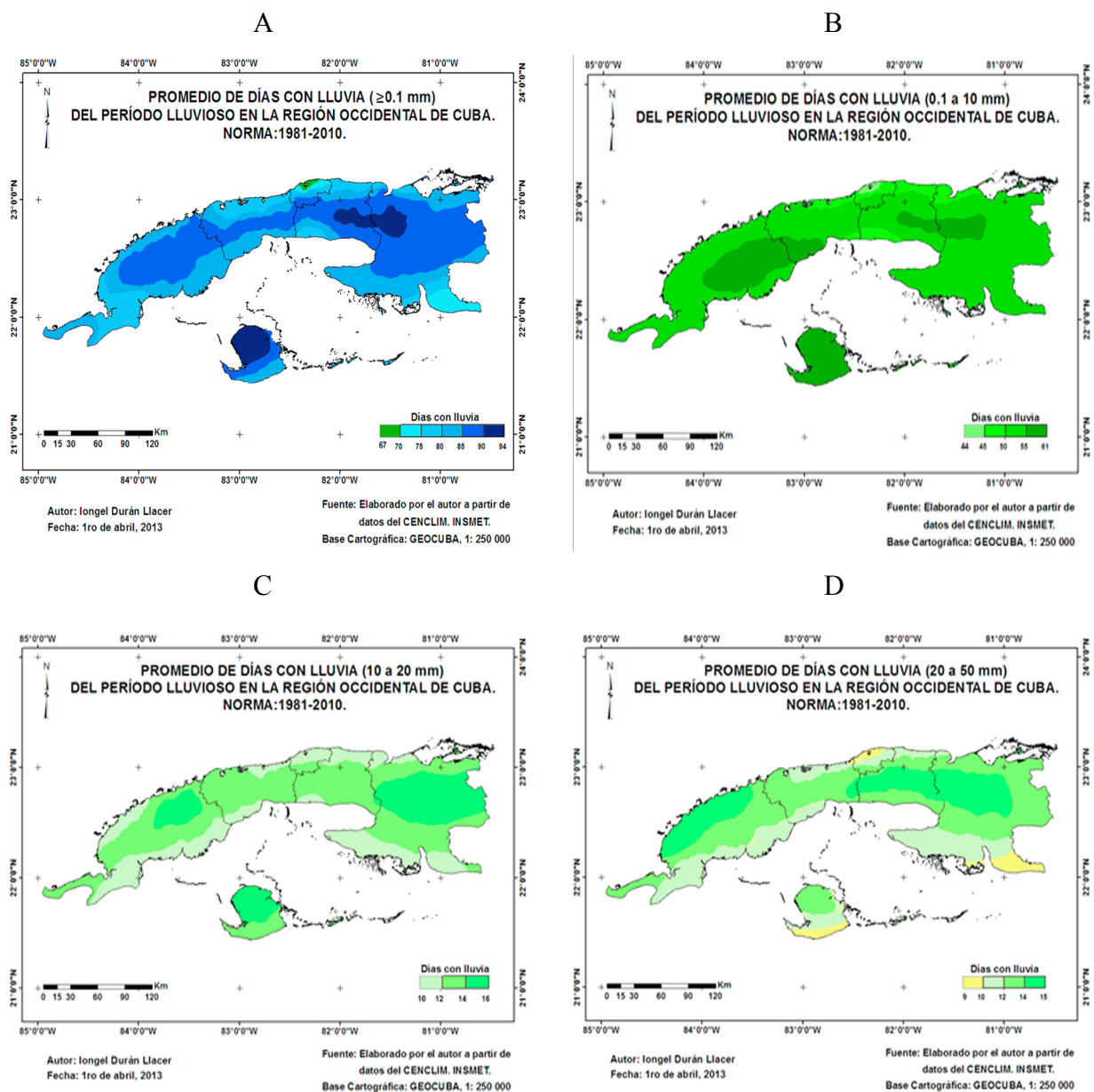


Figura 2. Distribución espacial del promedio de días con lluvia total (≥ 0.1 mm) y por intervalos en la región occidental de Cuba

Distribución espacial del promedio de días con lluvia en el período lluvioso, y su distribución por intervalos

Días con lluvia ≥ 0.1 mm

Si bien para la región, en su conjunto, existe un promedio de 84 días con lluvia, hacia las zonas interiores del territorio puede superarse 90 días, como ocurre en el interior y el noroeste de la Isla de la Juventud, con aproximadamente 94 días lluviosos, así como en el centro de las provincias de Mayabeque y Matanzas. En las costas se presentan zonas que apenas alcanzan 75 días e incluso 70 días, como se aprecia al norte de la provincia de La Habana (Figura 2a).

Días con lluvia entre 0.1 mm y 10 mm

En este intervalo, el promedio es de 54 días con lluvia, la mayor cantidad de días se localiza hacia el interior, como ocurre desde la porción central de Mayabeque hasta la zona central de Matanzas. En este caso, también se aprecia una cantidad de días superior al promedio hacia el centro y el sur de Pinar del Río.

Por otra parte, si bien en la zona central de la Isla de la Juventud se alcanza hasta 60 días con lluvia, en la parte norte y costera de las alturas al norte de las provincias de La Habana y Matanzas no se sobrepasa 50 días, incluso disminuyendo hasta menos de 45 días con lluvia en la costa centro-norte de La Habana (Figura 2b).

Días con lluvia entre 10 mm y 20 mm

El promedio de días con lluvia en este intervalo para la región es de 13 días, y la mayor cantidad predomina hacia el interior del territorio, donde se destacan las áreas localizadas en el sector nororiental de Pinar del Río, el centro de Matanzas y la zona centro-norte de la Isla de la Juventud. Algunos valores inferiores se presentan hacia las costas (Figura 2c).

Días con lluvia entre 20 mm y 50 mm

En este intervalo, al igual que en el anterior, el promedio que se alcanza en la región es de 13 días con lluvia, y de manera similar se localiza la mayor cantidad de días hacia el interior del territorio, sobre todo en la zona central de las provincias de Mayabeque y Matanzas. Hacia el norte de Pinar del Río también se observa un núcleo de valores superiores al promedio. Por lo general, en las zonas costeras disminuyen los días con lluvia promedio, más acentuadamente al norte de La Habana, así como en la costa suroriental de Matanzas y de la Isla de la Juventud (Figura 2d).

Días con lluvia entre 50 mm y 100 mm

El promedio de días con lluvia en este intervalo para la región es de tres días, aunque se manifiestan cifras ligeramente superiores en zonas interiores, como en el centro de Pinar del Río y el centro de Mayabeque y Matanzas. Inversamente, en zonas costeras se reflejan valores inferiores al promedio. Por razones obvias, a partir de este intervalo no se confeccionan mapas.

Días con lluvia ≥ 100 mm

El promedio para toda la región en este intervalo es de un día con lluvia. En Pinar del Río se observa la ocurrencia de estos casos hacia el centro-sur de su territorio, lo cual puede estar relacionado con la influencia de eventos generadores de grandes lluvias, como son los ciclones tropicales, que han afectado esta área en varias ocasiones, mientras que desde Artemisa a Matanzas y en la Isla de la Juventud no se distinguen zonas de un predominio específico. Se destaca el área septentrional de la provincia pinareña, donde no se aprecian aportes de lluvia en este intervalo a partir de la información procesada.

Coefficiente de variación de los días con lluvia en el período lluvioso

El análisis de la variabilidad de los días con lluvia en la región mostró que los mayores coeficientes de variación (C_v) se presentan en estaciones cercanas a la costa, como ocurre en Casablanca y Batabanó, con valores del orden de 0.16 a 0.19 respectivamente, con excepción de Cabo de San Antonio dadas sus características geográficas especiales. Este resultado es similar al obtenido por [Trusov et al. \(1983\)](#), donde también se refleja que los acumulados de lluvia en estas mismas estaciones presentan coeficientes de variación que alcanzan valores de 0.3, lo cual indica que la variación de los días con lluvia es menor que la evidenciada por los acumulados de lluvia.

Promedio de días con lluvia en los meses del período estacional lluvioso y su distribución por intervalos

Días con lluvia ≥ 0.1 mm por meses

El comportamiento medio por meses en el período estacional lluvioso revela que los meses de mayor cantidad de días con lluvia son agosto y septiembre, con 16 y 17 días, respectivamente (Figura 3). Estos resultados, comparados con los meses de acumulados máximos de las lluvias en la región, solo presentan coincidencias con los máximos de días con lluvia en septiembre, puesto que agosto supera en días con lluvia a junio, que es el otro mes de máximos acumulados. Ello puede ser consecuencia de que en junio tienen presencia fenómenos generadores de lluvia, como son los ciclones tropicales y la vaguada de niveles medios, que propician grandes acumulados de lluvia en pocos días.

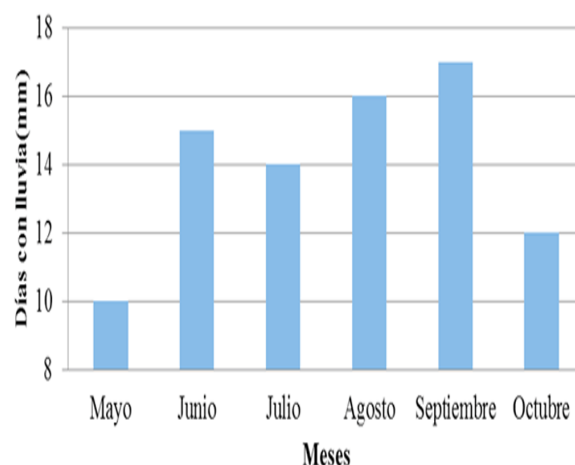


Figura 3. Promedio por meses de los días con lluvia ≥ 0.1 mm

Los meses de menor promedio de días con lluvia son mayo (aún en tránsito hacia el período lluvioso), julio (mes del período intraestival donde normalmente disminuyen las lluvias a causa de la fuerte influencia anticiclónica en el área), y octubre (mes también de tránsito hacia el período estacional poco lluvioso).

Días con lluvia por intervalos

Con vistas a simplificar el análisis se redujo el número de intervalos, unificando los de 0.1 mm a 10 mm y de 10 mm a 20 mm, al comprobarse que no existían cambios significativos en estos.

En estos meses del período estacional lluvioso, se evidencian diferencias en las medias de cada intervalo de días con lluvia. En este análisis resulta conveniente reflejar los valores decimales en los intervalos, para evidenciar mejor el comportamiento de los días con lluvia, puesto que como son valores promedios, en ciertos intervalos no aparecen días que en realidad sí ocurrieron. En la primera clase (0.1 mm a 20 mm), existe una diferencia aproximada de cinco días, entre mayo y septiembre (semejante a la existencia para el total de días con lluvia) y en la

segunda (20 mm a 50 mm) de un día entre mayo-octubre y septiembre. Además, en los intervalos de 50 mm a 100 mm y más de 100 mm, los valores más altos se encuentran en junio y septiembre (Tabla 3).

Tabla 3. Promedio de los días con lluvia por intervalos en los meses del período lluvioso

Meses	DcLI (>0.1)	Intervalos (mm)			
		0.1 a 20	20 a 50	50 a 100	> 100
Mayo	10	7.9	1.7	0.5	0.1
Junio	15	11.6	2.5	0.7	0.3
Julio	14	11.6	2.2	0.4	0
Agosto	16	12.7	2.3	0.5	0.1
Septiembre	17	13	2.7	0.7	0.3
Octubre	12	10	1.7	0.4	0

Promedio de días con lluvia en los decenios 1981-1990, 1991-2000 y 2001-2010

Para valorar si han existido cambios en la cantidad media de días con lluvia observada por meses entre los decenios 1981-1990, 1991-2000 y 2001-2010, se aplicó el *t-test* de independencia simple por variables a las series correspondientes, y se comprobó que entre los mismos no se presentan diferencias estadísticamente significativas.

Asimismo, se calculó el coeficiente de variación en el período 1981-2010 por decenios, lo cual permitió apreciar que el período la mayor variabilidad se presenta en los meses de tránsito estacional mayo y octubre, con valores del orden de 0.25 y 0.32 respectivamente. La menor variación aparece en agosto y septiembre con 0.13 y 0.10 respectivamente. En mayo, julio y agosto, el coeficiente ha disminuido en el último decenio, a diferencia de octubre y septiembre que aumenta (Tabla 4).

Tendencias de los días con lluvia por intervalos para todo el período lluvioso

En las tres pruebas aplicadas (Spearman, Pettit y Kendall Mann), la cantidad de días con lluvia en los intervalos de 0.1 mm a 10 mm, 10 mm a 20 mm y 20 mm a 50 mm presentaron una tendencia creciente estadísticamente no significativa, a diferencia del intervalo entre 50 mm y 100 mm, donde el aumento fue significativo. En el intervalo superior a 100mm el incremento resultó estadísticamente significativo, aunque solo en la prueba de Spearman. Por su parte, los puntos de cambio en su mayoría no resultaron significativos, solamente en el intervalo de 50 mm a 100 mm hubo un punto significativo en 1994.

Tabla 4. Promedio (\bar{X}) y coeficiente de variación (Cv) de días con lluvia (≥ 0.1 mm), y sus valores por decenios

Meses/Años	1981 - 2010		1981 - 1990		1991 - 2000		2001 - 2010	
	\bar{X}	Cv	\bar{X}	Cv	\bar{X}	Cv	\bar{X}	Cv
Mayo	11	0.25	10	0.28	11	0.28	10	0.26
Junio	15	0.16	14	0.16	16	0.18	15	0.16
Julio	13	0.16	14	0.18	14	0.14	15	0.13
Agosto	16	0.13	15	0.16	15	0.16	16	0.10
Septiembre	17	0.10	16	0.08	17	0.10	16	0.14
Octubre	12	0.32	11	0.19	13	0.34	12	0.37

Días con lluvia en el período lluvioso, según sus distribuciones percentílicas

Con el objetivo de obtener otras características generales de los días con lluvia, se confeccionaron las distribuciones percentílicas históricas de cada estación meteorológica.

Las distribuciones percentílicas de algunas estaciones presentan características específicas al compararlas con la distribución promedio de los días con lluvia en la región occidental en su conjunto. Tal es el caso de la estación costera de Casablanca (325), cuya distribución se sitúa al extremo izquierdo de la distribución promedio, mientras que Indio Hatuey (329), localizada hacia el interior del territorio, se dispone a su extremo derecho. De manera general, aunque sin constituir una regla, se aprecia que coinciden las estaciones costeras con aquellas distribuciones que se asocian a menos días con lluvia, e inversamente, las de mayor cantidad de días con lluvia a las estaciones localizadas hacia el interior (Figura 4).

Estos resultados confirman los elementos expresados sobre la única utilización de la estación Casablanca a los efectos de generalizar el comportamiento de los días con lluvia por [Burlustky \(1982\)](#).

Períodos mayo-octubre de mayor déficit de días con lluvia en las estaciones

Los períodos mayo-octubre de mayores déficit se seleccionaron a partir de aquellos que tenían días con lluvia iguales o por debajo del decil 2 en sus distribuciones percentílicas históricas, para cada estación meteorológica. Los mayores déficits de días con lluvia se localizan en las estaciones de Batabanó (22 días) y Güines (17 días), mientras que los menores se hallan en las estaciones Indio Hatuey (con ocho días), y Cabo de San Antonio, La Palma y Santa Fe (con diez días). Estos se presentan tanto en zonas costeras como en el interior (Tabla 5).

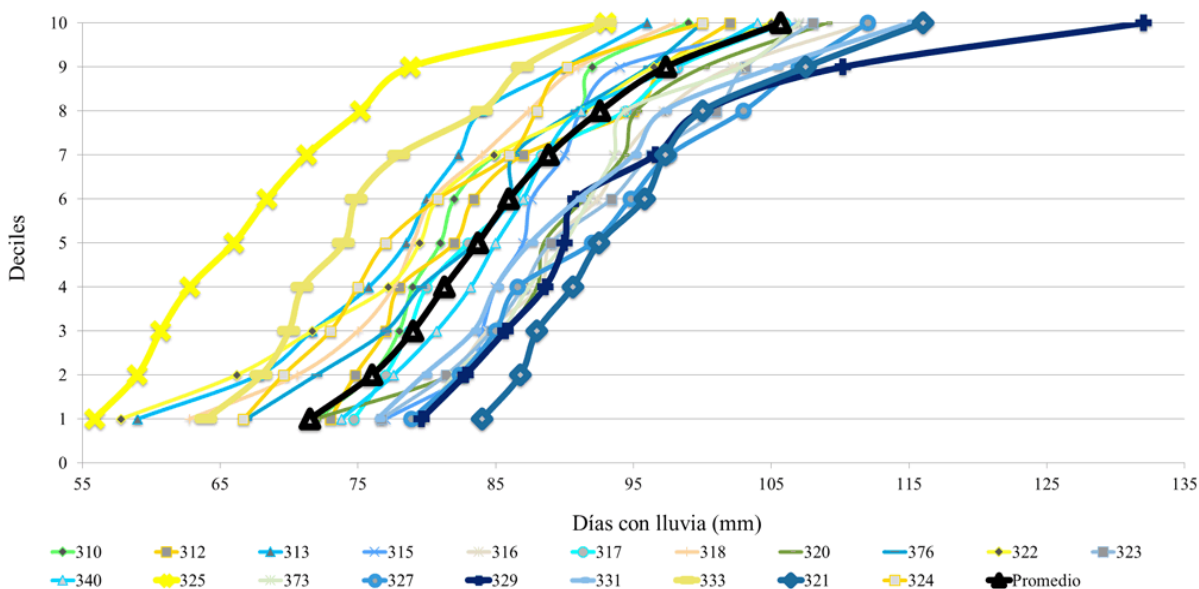


Figura 4. Distribuciones percentílicas de días con lluvia en las estaciones

Tabla 5. Promedio de días con lluvia del período histórico (1981-2010) de los períodos mayo-octubre deficitarios, y su diferencia por estación

Estaciones	Promedio histórico	Promedio años secos	Déficit
310	83	73	-10
312	83	70	-13
313	77	62	-15
315	88	78	-10
316	89	74	-15
317	85	73	-12
318	79	63	-16
320	88	73	-15
376	82	68	-14
322	78	56	-22
323	90	73	-17
340	85	72	-13
325	67	55	-12
373	89	74	-15
327	92	78	-14
329	86	78	-8
331	89	74	-15
333	75	64	-11
321	94	84	-10
324	80	65	-15

Períodos mayo-octubre de mayor déficit de días con lluvia por intervalos

En los casos de períodos lluviosos con déficit significativo (decil ≤ 2), interesó conocer si se presentaban déficits en todos los intervalos o si existía un intervalo más afectado que otro. Por ello, se determinó el rango decil de los días con lluvia medios ocurridos en cada uno de esos períodos para cada intervalo y estación.

Se aprecia que en cada intervalo la mayoría de las estaciones reflejan déficit de días con lluvia, excepto el intervalo superior a 100 mm. Resulta evidente que la clase de 0.1 mm a 10 mm es la más afectada, puesto que todas las estaciones presentan déficit entre los deciles 1 y 3, mientras que en los otros algunas estaciones van reflejando valores que superan el decil 5 a medida que aumentan los intervalos, consecuencia de determinados procesos atmosféricos que afectaron a estas zonas en el período estudiado (Tabla 6).

Tabla 6. Comportamiento de los días con lluvia por intervalos en los períodos deficitarios, expresado en rango deciles

Estaciones	Intervalos (mm)				
	0.1 a 10	10 a 20	20 a 50	50 a 100	≥ 100
310	2	3	7	6	7
312	2	3	7	5	8
313	2	4	3	6	7
315	2	5	4	7	6
316	2	2	2	5	6
317	2	1	2	6	5
318	2	2	2	3	7
320	1	2	6	3	6
376	2	4	2	3	7
322	1	6	3	2	5
323	1	7	4	4	6
340	2	5	3	6	6
325	2	3	3	4	8
373	2	4	2	2	6
327	2	4	3	3	6
329	3	4	2	5	6
331	2	4	3	3	7
333	1	4	2	5	6
321	2	2	4	5	5
324	2	5	4	4	6

Períodos mayo-octubre y meses respectivos de mayores afectaciones en la región

Para identificar los períodos mayo-octubre más afectados se tomaron en cuenta los períodos que presentaron mayores cantidades de días deficitarios en cada estación, y la mayor frecuencia de afectación simultánea en todas las estaciones meteorológicas. En el primer caso, al igual que en el epígrafe anterior, se tomaron los días con lluvias iguales o por debajo del decil 2. Todos estos elementos señalan a los períodos 1987, 2004, 2006 y 2009 como los de mayor afectación en la región. Estos a su vez, coincidieron con períodos identificados entre los más afectados por déficit en los acumulados de lluvia para la región occidental. Los períodos mayo-octubre

de mayor cantidad de meses afectados (decil ≤ 2) fueron 2004 y 2009, y septiembre resultó el mes que tuvo mayor frecuencia de afectación.

A continuación, se realiza por separado un análisis más detallado de estos períodos mayo-octubre, los cuales fueron los más afectados en la región y de los meses más deficitarios para cada uno.

Casos de estudio

Se analiza el comportamiento de los días con lluvia expresados en deciles, para evidenciar los déficits de esta variable en la región occidental durante los períodos mayo-octubre y los meses respectivos identificados como más afectados (Tabla 7), así como su distribución por intervalos para estos últimos (Tabla 8).

Tabla 7. Rangos deciles del promedio de días con lluvia de las estaciones en los períodos lluviosos deficitarios y de sus meses más afectados

	Estaciones													
	Períodos				1987		2004		2006		2009			
	1987	2004	2006	2009	Jul	Ago	May	Jun	Sept	May	Sept	Jul	Sept	Oct
310	1	1	3	6	1	9	8	3	1	1	1	4	5	2
312	1	7	3	5	1	2	6	3	3	2	2	4	4	4
313	1	2	2	8	1	1	1	2	7	2	1	2	10	3
315	2	1	1	6	1	1	1	2	2	1	5	4	4	4
316	1	2	4	2	1	2	3	3	2	3	3	3	2	1
317	4	2	8	2	4	1	1	2	1	3	2	3	8	1
318	4	1	2	2	3	2	1	3	1	3	1	1	2	1
320	2	4	2	1	8	1	4	4	5	1	1	2	2	1
376	6	5	4	3	7	3	5	3	6	2	3	1	2	2
322	8	7	5	6	8	7	5	3	3	2	3	7	7	3
323	4	3	2	5	4	4	1	3	3	1	4	4	7	1
340	5	1	2	3	5	3	1	2	3	3	1	2	1	4
325	1	2	1	2	2	1	2	2	6	5	1	2	1	2
373	6	4	1	2	7	1	5	1	7	1	2	1	1	2
327	2	1	1	4	3	1	1	2	1	1	1	1	4	2
329	5	1	3	1	2	2	1	5	1	3	2	2	4	1
331	7	3	4	1	6	3	3	4	1	5	3	1	1	3
333	3	6	4	3	3	3	2	4	9	2	2	5	8	1
321	4	4	5	1	4	2	2	4	1	1	4	1	4	3
324	1	6	8	3	2	1	5	1	2	1	6	2	3	5

Tabla 8. Rangos deciles de los días con lluvia en los casos de estudio por intervalos

Períodos lluviosos	Meses	Intervalos (mm)				
		0.1 a 10	10 a 20	20 a 50	50 a 100	≥ 100
1987	Julio	3	3	1	6	6
	Agosto	1	5	3	1	5
2004	Mayo	2	1	1	3	4
	Junio	4	4	1	3	1
	Septiembre	1	2	1	4	9
2006	Mayo	1	2	3	8	1
	Septiembre	1	4	6	2	1
2009	Julio	2	1	3	1	1
	Septiembre	4	2	2	6	1
	Octubre	2	2	3	1	1

Período lluvioso de 1987

En este período lluvioso, gran parte de la región occidental se vio afectada, pues los días con lluvia se presentaron entre los deciles 1 y 3 en amplias zonas. Se destacaron gran parte de Pinar del Río, el norte de las provincias de La Habana, Mayabeque y Matanzas, y el sur de la Isla de la Juventud.

Los días con lluvia por meses reflejaron que en julio ocurrió un comportamiento deficitario en toda la región, similar al acontecido en el período estacional. Resultó más afectada la mayor parte de la provincia de Pinar, donde se presentaron extensas zonas de días con lluvia en el rango decil 1. Aunque en agosto los déficits no alcanzaron valores tan agudos como en el mes anterior para Pinar del Río, todo el occidente se vio también muy afectado, incluida la Isla de la Juventud. Para ambos meses, los días con lluvia por intervalos expresados en deciles no muestran un intervalo de prevalencia acentuada. Los de menores valores resultaron de 0.1 mm a 10 mm y de 20 mm a 50 mm.

Período lluvioso de 2004

Este período refleja déficits de días con lluvia en la mayoría del territorio, sobre todo en gran parte de Pinar del Río, el norte de La Habana, Mayabeque, y el centro-norte de Matanzas.

Mayo presentó un déficit semejante al anterior, resaltan el sur de Pinar del Río, gran parte del territorio artemiseño, y el centro-norte de Mayabeque y Matanzas. En junio existió un mayor déficit hacia el interior de La Habana y la costa sureste de la Isla de la Juventud. Asimismo, septiembre mostró zonas muy deficitarias en el Cabo de San Antonio y en áreas centrales entre Pinar del Río y Artemisa, en Matanzas y la Isla de la Juventud.

En estos meses, los días con lluvia expresados en deciles muestran valores bajos en casi todos los intervalos. Los menores valores se manifestaron de 20 mm a 50 mm (Tabla 8).

Período lluvioso de 2006

Este período lluvioso reveló una cantidad de días con lluvia muy baja para la mayoría del territorio. Los déficits de mayor interés se concentraron hacia el oeste y el sur de Pinar del Río, en la provincia de La Habana y el centro-norte de Mayabeque y Matanzas.

Mayo resultó muy deficitario. Se localizaron zonas extremas en el Cabo de San Antonio, los alrededores de la ciudad de Pinar del Río, las zonas centrales de las provincias de Artemisa, Mayabeque y Matanzas, así como en toda la Isla de la Juventud. En septiembre, la región experimentó déficits importantes, más acentuados en la porción más occidental de Pinar del Río, la provincia de Artemisa, y el norte de La Habana hasta Matanzas.

En ambos meses se observa que la distribución por intervalos de 0.1 mm a 10 mm y superiores a 100 mm registra los mayores déficits, aunque los otros intervalos también fueron afectados (Tabla 8).

Período lluvioso de 2009

En este período deficitario se destacan zonas extremas en Artemisa, las áreas centrales de Matanzas y de la Isla de la Juventud, que presentan cantidad de días con lluvia entre los rangos deciles 1 y 2.

En julio, los déficits estuvieron presentes en todo el territorio, principalmente al norte de Artemisa, el centro de Matanzas y la Isla de la Juventud. Septiembre mostró déficits importantes, pero no tan acentuados como en julio. Se manifestaron zonas muy afectadas al norte de La Habana y Mayabeque, así como en el centro de Matanzas. Octubre exhibió zonas críticas al este de Pinar del Río hasta Artemisa y en la parte más oriental de Matanzas.

Los días con lluvia de estos meses presentan déficits en todos los intervalos. La clase superior a 100 mm resultó más afectada (Tabla 8).

En resumen, en la distribución por intervalos de los meses más afectados en todos los casos estudiados coincidentes con eventos de sequías significativos, los déficits en la cantidad de días con lluvia no dejan de manifestarse en cualquier intervalo. Por tanto, se deduce que la carencia de días con lluvia en los intervalos superiores no son los que únicamente contribuyen a estos procesos (Tabla 8).

Conclusiones

1. El promedio de días con lluvia en el período lluvioso es de 84 días y de 35 días para el poco lluvioso. En ambos casos, el intervalo de 0.1 mm a 10 mm alcanzó 64 % y 71 % respectivamente, del total de días con lluvia, mientras que de 0.1 mm a 50 mm se rebasó 95 % y 97 % del total de días correspondientes.
2. La distribución espacial de días con lluvia corrobora que en zonas interiores, de modo predominante, se presentan la mayor cantidad de días con lluvia, los cuales en general, disminuyen hacia las costas.
3. El coeficiente de variación de los días con lluvia en el período lluvioso es superior en zonas costeras e inferior en las interiores. La mayor variabilidad en el promedio de días con lluvia ocurre para los meses de tránsito estacional mayo y octubre, mientras que la menor acontece en septiembre y agosto.
4. La cantidad de días con lluvia promedio mensual, evaluada entre los decenios 1981-1990, 1991-2000 y 2001-2010, no reflejó diferencias estadísticamente significativas, por lo cual se deduce que no existieron modificaciones en el régimen de esta variable.

5. La cantidad de días con lluvia por intervalos del período lluvioso evidenció tendencias crecientes, pero solo estadísticamente significativas en los intervalos de 50 mm a 100 mm y superior a 100 mm.
6. En los períodos lluviosos considerados como deficitarios, para cada estación, los déficits en la cantidad de días con lluvia en los intervalos estudiados (salvo para el superior a 100 mm) fueron acentuados. El de 0.1 mm a 10 mm presentó los déficits más agudos.
7. En los casos estudiados se evidenciaron zonas comunes en la incidencia de días con lluvias deficitarias, tanto en los períodos mayo-octubre, como en los meses más afectados. En todos los intervalos de los meses de los períodos lluviosos con mayores déficits de días con lluvia, se presentaron afectaciones vinculadas con procesos de sequía significativos, lo cual no corrobora el supuesto de que estos procesos son ocasionados por la ausencia de lluvias significativas.

Agradecimientos

A todos los compañeros del Centro del Clima del Instituto de Meteorología, en especial, al compañero Braulio Lapinel por toda su colaboración.

Referencias

- Burlustky, R. F. 1982. "Large scale atmospheric circulation with respect to tropical droughts". *Mausam*, 33: 309–316, ISSN: 0252-9416.
- Centella, A.; Naranjo, L. R. & Paz, L. R. 1997. *Variaciones y cambios del clima en Cuba*. La Habana, Cuba: Instituto de Meteorología, p. 55.

Cutié, V. 2013. *La sequía en Cuba, un texto de referencia*. Proyecto, no. 1/OP-15/GEF, La Habana, Cuba: Instituto de Meteorología, p. 358.

Durán, I. 2013. *Caracterización de la cantidad de días con lluvia y su distribución por intervalos en la región occidental de Cuba*. Tesis de Diploma, La Habana, Cuba: Facultad de Geografía, Universidad de La Habana, 98 p.

Gibbs, W. J. & Maher, J. V. 1967. *Rainfall deciles as drought indicators*. (ser. Bulletin/ Bureau of meteorology, no. ser. 48), Melbourne: Bureau of Meteorology, 84 p.

González, N. D. 2010. *La vaguada de niveles medios y su conexión con la lluvia en la región occidental de Cuba*. Tesis de Diploma, La Habana, Cuba: Facultad de Geografía, Universidad de La Habana, 76 p.

Lapinel, B.; Centella, A.; González, I.; Fonseca, C. & Cutié, V. 2006. "Causas de la reciente sequía acaecida en la región oriental de Cuba". In: *V FRIEND World Conference: Climate Variability and Change-Hydrological Impacts*, La Habana, Cuba: IAHS Press, pp. 304–309, Available: <<http://iahs.info/uploads/dms/13678.58-304-309-20-308-BRAULIO-LAPINEL.pdf>>, [Consulted: October 25, 2016].

Lapinel, P. B. 1994. *El clima de Cuba*. La Habana, Cuba: Academia, 186 p., ISBN: 978-959-02-0006-9.

Mellado, E. & Borrajero, I. 1997. *Winstats*. version 2.0-Beta, [Windows], La Habana, Cuba, Available: <<http://math.exeter.edu/rparris/winstats.html>>.

- Ordóñez, P. P.; Ceacero, R. C. J.; Mesas, R. A. I.; Méndez, J. J. M. & Barba, S. R. 2008. "Análisis del estado del clima en Andalucía mediante índices climáticos atmosféricos". In: *IX Congreso Nacional del Medio Ambiente*, Madrid, España: Fundación CONAMA, Available: <http://www.conama9.conama.org/conama9/download/files/CTs/2671_POrd%F3%F1ez.pdf>, [Consulted: October 27, 2016].
- Sánchez, H. E. A. 1989. *Nuevo atlas nacional de Cuba*. 1st ed., La Habana, Cuba: Instituto de Geografía de la Academia de Ciencia de Cuba-Instituto Cubano de Geodesia y Cartografía, ISBN: 978-84-7819-007-2, Available: <<https://www.amazon.com/Nuevo-atlas-nacional-Cuba-Spanish/dp/8478190074>>, [Consulted: October 27, 2016].
- Trusov, I. I.; Izquierdo, A. & Díaz, L. R. 1983. *Características espaciales y temporales de las precipitaciones atmosféricas en Cuba*. La Habana, Cuba: Academia, 150 p.