

Variabilidad temporal de las variables meteorológicas que intervienen en los pronósticos a corto plazo en Cuba

Temporal variability of meteorological variables that intervene in the short range forecast in Cuba

MSc. Sinaí Barcia Sardiñas | sinai@cfg.insmet.cu | Centro Meteorológico Provincial de Cienfuegos, Instituto de Meteorología

Dra. Maritza Ballester Pérez | maritza.ballester@insmet.cu | Centro de Pronósticos, Instituto de Meteorología

MSc. Evelio García Valdés | evelio.garcia@insmet.cu | Centro de Pronósticos, Instituto de Meteorología

MSc. Janny González Socorro | janny.gonzalez@insmet.cu | Centro de Pronósticos, Instituto de Meteorología

Lic. Yiganis Cedeño Rojas | yiganis.cedeño@insmet.cu | Centro de Pronósticos, Instituto de Meteorología

Lic. Virgilio Regueira Molina | virgilio@dfg.insmet.cu | Centro Meteorológico Provincial de Cienfuegos, Instituto de Meteorología

Recibido: 28 de mayo de 2014; aceptado: 14 de julio de 2014.

Resumen

La evaluación de los pronósticos del tiempo en Cuba es una actividad que se realiza desde la década de los setenta del siglo XX. La metodología de evaluación ha sido revisada y actualizada en varias ocasiones, y está vigente la propuesta en la década de los noventa del siglo XX, con una modificación acometida en 2004. Si bien es cierto que, según el indicador considerado para la evaluación actual, la efectividad de los pronósticos ha mejorado en los últimos años, se desconoce cómo se ha manifestado el estado del tiempo en los últimos 15 años. Se propone la evaluación actual por la incertidumbre existente sobre la vigencia de los rangos de variabilidad considerados. El objetivo principal de este trabajo es valorar los rangos de las variables que intervienen en el pronóstico a corto plazo. La metodología de trabajo se basó en la caracterización estadística de cada variable que interviene en el pronóstico (cálculo de medidas de tendencia central y de dispersión) del tiempo a corto plazo en el período 1996-2010, con la finalidad de establecer el rango de variabilidad de cada una, y que este pueda utilizarse en el pronóstico y en su evaluación. Como resultados principales

se proponen nuevos rangos con vistas a la evaluación del pronóstico de las temperaturas extremas para diferentes regiones y períodos del año. Se propusieron, además, nuevas estaciones meteorológicas con régimen de brisas marinas y, en cada caso, se determinó el rango para su pronóstico.

PALABRAS CLAVE: Evaluación del pronóstico del tiempo, pronóstico del tiempo, pronóstico a corto plazo, rangos de variabilidad, temperatura, viento, nubosidad, lluvia, Cuba.

Abstract

The weather forecast evaluation is an activity that is developed in Cuba since 70's. The evaluation methodology has been reviewed and updated in some occasions, being the valid the proposed in 90's with the modification done in 2004. It's true that according with the indicator considered in the present evaluation, the forecast skill has improved in the last years, but it don't know how has behaved the weather in Cuba in last 15 years. That's why it is proposed a revision of the actual evaluation due to the uncertainty of used variability ranges. The main objective of

the present work is to value the variables ranges that intervene in short range forecast evaluation in Cuba. The methodology of work was based in the statistic characterization (central tendency and dispersion calculus) of each variable that intervene in short time weather forecast in the period 1996–2010 to establish the variability ranges of each one and it can be used in the forecast and its evaluation. Like main results its proposed new ranges for extreme temperatures forecast differentiating between regions and periods of the year. Also were proposed new meteorological stations with sea breezes regimen determining in each case the range for its forecast.

KEYWORDS: Forecast evaluation, forecast, short-range forecast, variability ranges, temperature, wind, cloud, rain, Cuba.

Introducción

En el transcurso, los pronósticos del tiempo han adquirido cada vez más una importancia vital no solo en la actividad cotidiana individual, sino en el desarrollo económico-social continuo de todos los países desarrollados y aquellos en vías de desarrollo. De modo que conocer el comportamiento de las condiciones meteorológicas es importante y desempeña un papel fundamental en la planificación de las diferentes actividades agrícolas, laborales, sociales y(o) deportivas. Asimismo, el valor esencial de los pronósticos del tiempo se basa en la confianza que brinda esa información; en este sentido, cabe la interrogación: ¿con qué precisión se prevé el tiempo?

En los últimos diez años, el Servicio Meteorológico Nacional ha sufrido cambios importantes en la adecuación del desarrollo tecnológico; por ello, se impone una evaluación objetiva de los pronósticos del tiempo que responda mejor a las características actuales y las exigencias de las previsiones requeridas.

Brier y Allen (1951) abordaron los requerimientos posibles en una evaluación y las expectativas sobre

esta para, en consecuencia, definir las medidas de exactitud. De fijarse amplias tolerancias, los resultados de la evaluación no arrojarán diferencias entre los pronósticos mejores y los más débiles, mientras que si las tolerancias son más agudas, los pronosticadores no se sentirán estimulados, puesto que podrían pensar que la exactitud deseada no será alcanzada.

En Cuba, esta actividad se realiza desde la segunda mitad de la década de los setenta del siglo xx con la aplicación del método de evaluación desarrollado por Sorochinski *et al.* (1975). A finales de la década de los noventa del siglo xx, Miguel A. Portela semiautomatizó el método anterior y, en 2004, realizó una modificación que aún está vigente; un año después se revisó y se hicieron cambios en la regionalización. Las variables pronosticadas y evaluadas son la *cobertura nubosa* y la *dirección y rapidez del viento trihorarias*; las *temperaturas extremas* y la *distribución espacial de la lluvia*. Para la lluvia, debe destacarse que solo se evalúa en el Centro Nacional de Pronósticos, únicamente, con la red de estaciones meteorológicas, lo cual se considera inapropiado si se tiene en cuenta la alta variabilidad espacial de esta variable en Cuba.

Según el indicador estimado, la efectividad de los pronósticos (válidos para 18 h y 24 h) ha mejorado en los últimos años en Cuba en correspondencia, en cierta medida, con el avance tecnológico y la mayor disponibilidad de los modelos numéricos. Sin embargo, cabe preguntarse: ¿cómo se ha manifestado el estado del tiempo en Cuba en los últimos 15 años? y ¿es el valor del índice actual suficientemente representativo de la realidad?

Por ello, una de las razones primarias para proponer una revisión de la evaluación actual es la incertidumbre sobre la vigencia de los rangos de variabilidad considerados. Además, según una encuesta aplicada a los pronosticadores, la red de estaciones meteorológicas no se ajusta a la evaluación de la distribución de la lluvia. Para dar respuesta a esta problemática, el presente trabajo propone una revisión de la evalua-

ción vigente, teniendo como *objetivo principal* valorar los rangos de las variables que intervienen en el pronóstico a corto plazo en Cuba.

Materiales y métodos empleados

Los datos analizados se corresponden con observaciones de las temperaturas máxima y mínima, la dirección y la velocidad del viento, y la nubosidad en 67 estaciones meteorológicas, pertenecientes a la red de estaciones meteorológicas del Instituto de Meteorología (INSMET) (Fig. 1). El período de estudio comprendió 15 años, entre 1996 y 2010.

Cada variable estudiada se sometió a un proceso de control de la calidad del dato, que incluyó el análisis de valores anómalos (*outliers*) y la presencia de “lagunas” en las series de datos. Con miras a cumplimentar el objetivo planteado en la investigación, como metodología de trabajo se propuso realizar una caracterización estadística de cada variable que interviene en el pronóstico del tiempo a corto plazo, con la finalidad de establecer los rangos de variabilidad para cada una y que estos puedan utilizarse en su pronóstico y en su evaluación. Con este propósito se aplicaron análisis de estadística descriptiva y se calcularon medidas de

tendencia central y dispersión, como la *media* y la *desviación estándar*.

Con vistas al estudio de las estaciones con una influencia del régimen de brisas marinas se realizaron las rosas de los vientos para los ocho horarios de medición y se analizó si existió un cambio de dirección significativo o un reforzamiento en la frecuencia de determinadas direcciones en los horarios de 10:00 a.m., 1:00 p.m., 4:00 p.m. y 7:00 p.m.

Análisis de los resultados

Temperaturas extremas

En Cuba la temperatura del aire alcanza su máximo anual en julio y agosto, mientras que el mínimo ocurre entre enero y febrero; en cuanto al comportamiento diario, al mediodía ocurre el máximo diario y el mínimo tiene lugar en horas de la noche, por lo general, al final de la madrugada. Otro elemento que caracteriza el régimen de la temperatura del aire son sus oscilaciones anual y diaria. La oscilación media anual (diferencia entre la temperatura media del mes más frío y el mes más cálido del año) no excede, generalmente, 7 °C, mientras que la oscilación diaria de ese elemento duplica casi siempre esta magnitud (Lecha *et al.*, 1994).



Fig. 1 Estaciones meteorológicas utilizadas en el estudio.

El pronóstico de las temperaturas extremas, sobre todo el de las mínimas en el período poco lluvioso del año (PPLL), resulta de los más controvertidos y seguidos, tanto por los pronosticadores y evaluadores, como por la población. En la actualidad, el rango para el pronóstico y la evaluación de esta variable es de ± 2 °C para todas las estaciones meteorológicas del país, durante todos los meses del año; sin embargo, los resultados del análisis de esta variable en los últimos 15 años indicaron que la temperatura mínima en el período poco lluvioso presenta la mayor variabilidad diaria: espacialmente, desde Pinar del Río hasta Ciego de Ávila, incluyendo la Isla de la Juventud, es donde se registra una desviación es-

tándar mayor. Como se muestra en las figuras 2 y 3, hasta la provincia de Ciego de Ávila se concentran las estaciones meteorológicas con desviaciones estándar superiores a 3 °C para la temperatura mínima en el período poco lluvioso, mientras que en el resto del país predominan valores inferiores a 2.5 °C. Este hecho está dado por una incidencia mayor de los sistemas frontales sobre la mitad occidental del país (Lecha *et al.*, 1994).

En el período lluvioso del año (PLL), la variación de esta variable se atenúa considerablemente en todo el territorio nacional; de igual modo, ocurre con la temperatura máxima, la cual, aunque presenta una desviación estándar mayor de noviembre a abril, sus

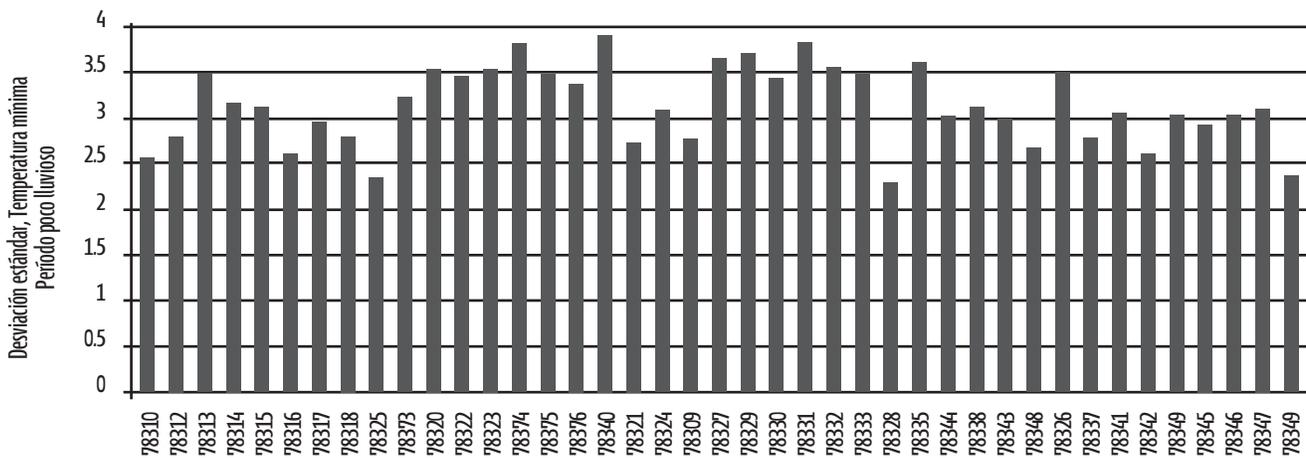


Fig. 2 Desviación estándar de la temperatura mínima en el período poco lluvioso para estaciones meteorológicas de las provincias desde Pinar del Río hasta Ciego de Ávila.

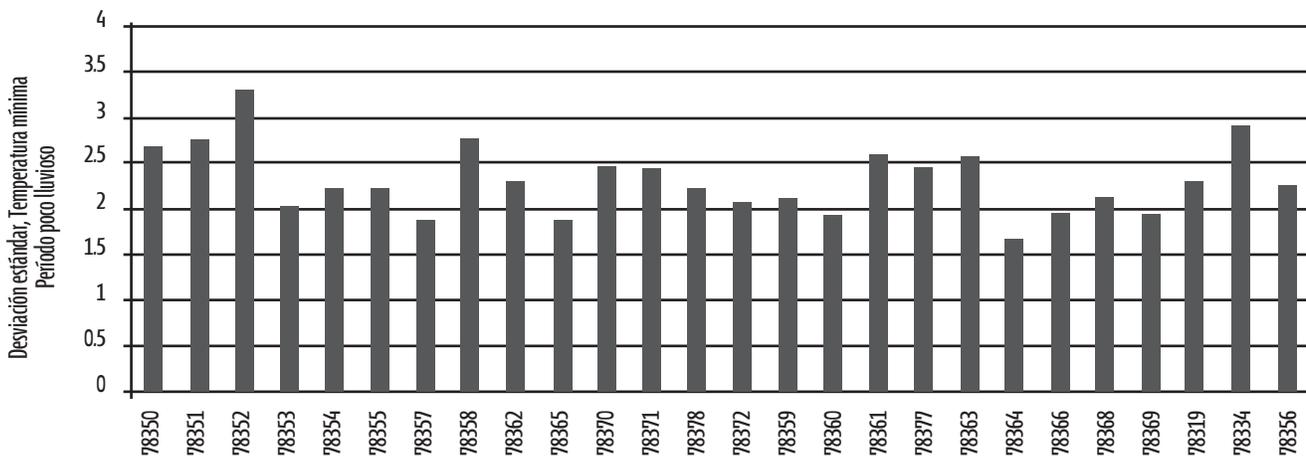


Fig. 3 Desviación estándar de la temperatura mínima en el período poco lluvioso para estaciones meteorológicas de las provincias desde Camagüey hasta Guantánamo.

valores son menores que en el caso de la temperatura mínima (Figs. 4 y 5).

Basado en lo anterior se propone realizar una diferenciación en el pronóstico de temperaturas extremas en relación con el período del año y la variable dada, y valorar también la región del país que se analiza (Tabla 1).

Viento

El viento constituye uno de los componentes principales del clima, tanto por su importancia directa como elemento, como por la influencia que ejerce sobre los restantes componentes del clima local. En Cuba, según Lecha *et al.* (1994), los vientos se originan por causas

Tabla 1. Propuesta de rangos de pronóstico y evaluación de las temperaturas extremas en Cuba

Provincias	Temperatura Mínima		Temperatura Máxima	
	PPLL	PLL	PPLL	PLL
Pinar del Río-Ciego de Ávila	±3	±1.5	±2.5	±1.5
Camagüey-Guantánamo	±2.5	±1.5	±2.5	±1.5

diferentes: a) la primera se refiere a la circulación en la periferia suroccidental del gran anticiclón del Atlántico Norte, que produce los vientos alisios con dirección predominante del noreste al este; b) la segunda, principalmente en el período poco lluvioso, se relaciona con la influencia de los anticiclones continentales migratorios, y se caracteriza por el predominio

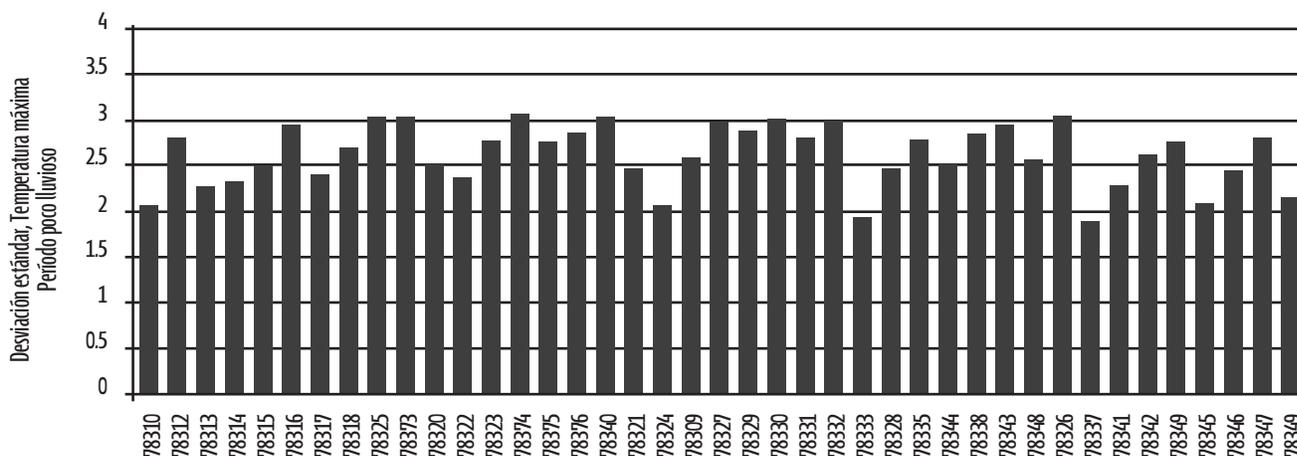


Fig. 4 Desviación estándar de la temperatura máxima en el período poco lluvioso para estaciones meteorológicas de las provincias desde Pinar del Río hasta Ciego de Ávila.

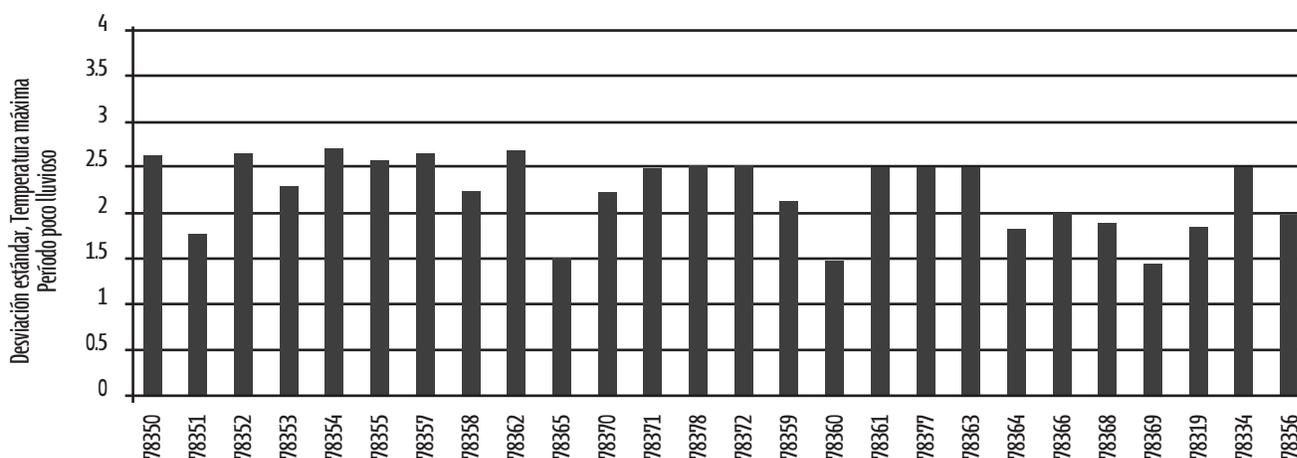


Fig. 5 Desviación estándar de la temperatura máxima en el período poco lluvioso para estaciones meteorológicas de las provincias desde Camagüey hasta Guantánamo.

de vientos del norte-noroeste al noreste, identificados comúnmente como “nortes”; y c) la tercera involucra las bajas o los ciclones extratropicales, sobre todo los formados en la región del golfo de México (“golfianas”) con vientos de región sur, fuertes, que han llegado a alcanzar fuerzas de huracán. Los “sures” son también más frecuentes en el período poco lluvioso y afectan con una intensidad mayor la mitad occidental del país.

Estos sistemas meteorológicos constituyen los procesos sinópticos que condicionan, desde el punto de vista climatológico, el régimen de vientos en Cuba. Otros fenómenos meteorológicos, tales como los huracanes, líneas de tormentas frontales, ondas tropicales y tormentas de verano, tienen una incidencia importante sobre la ocurrencia de vientos fuertes, incluso con elevado poder destructor, pero su frecuencia resulta tan significativa como para cambiar el comportamiento de las rosas de los vientos anuales

de una localidad dada (Lecha *et al.*, 1994).

Los vientos, como promedio, no suelen tener velocidades muy elevadas; los valores máximos ocurren durante el día, por lo general, en las primeras horas de la tarde, mientras que los mínimos se observan en las horas de la noche y la madrugada, cuando predominan las calmas en amplias zonas del territorio nacional.

El análisis de los valores medios mensual y anual de la rapidez del viento en las estaciones meteorológicas mostró que, raramente, las medias mensuales sobrepasan el valor de 15 km/h, lo cual sucede sobre todo en los meses del período poco lluvioso y en estaciones ubicadas en la costa norte del país (Fig. 6).

Los mínimos de la velocidad media mensual del viento se presentan, para todo el país, durante el período lluvioso; los mínimos absolutos, en dependencia de las particularidades específicas de las diferentes zonas físico-geográficas, corresponden a

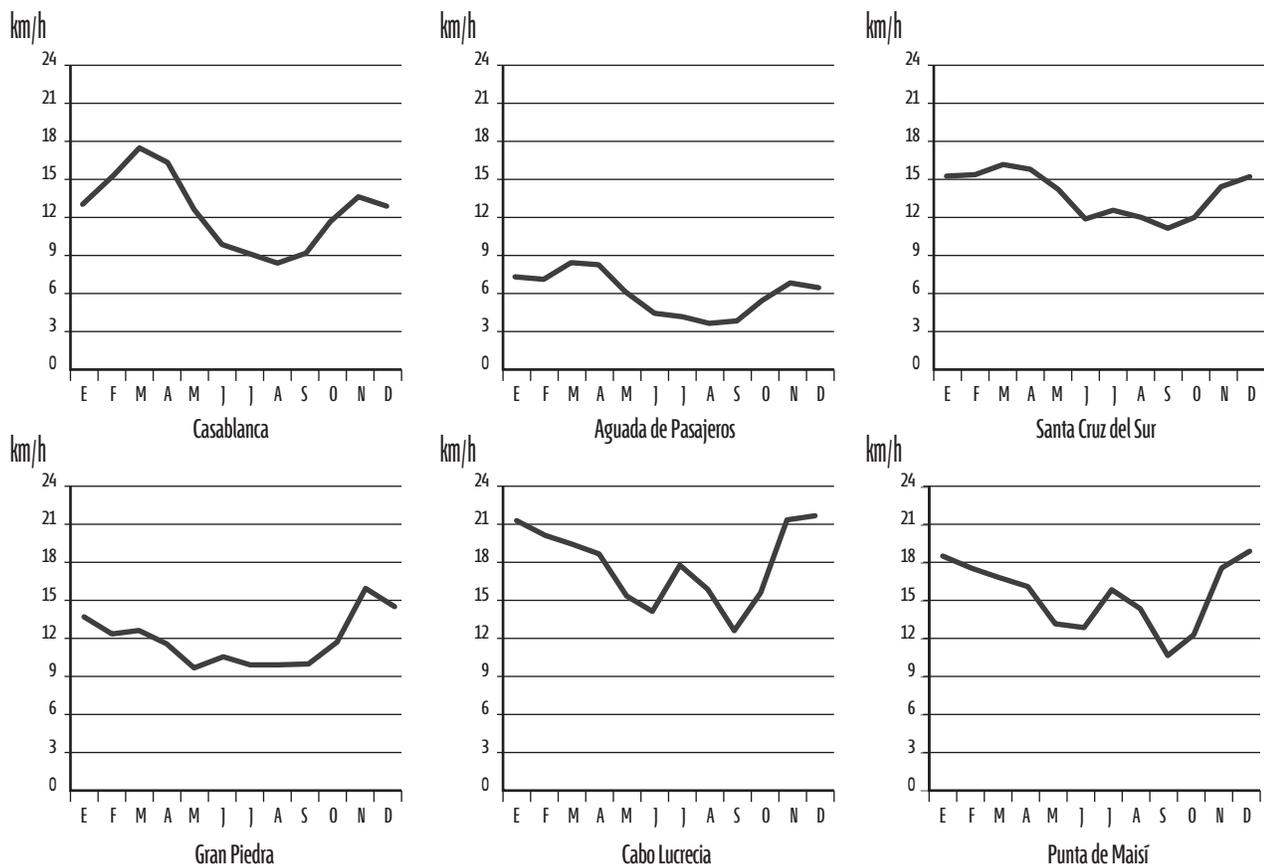


Fig. 6 Marcha media anual de la velocidad del viento en estaciones meteorológicas seleccionadas (período 1996-2010).

junio, septiembre y octubre (ver Fig. 6). También puede verse que en las localidades de la región oriental resulta significativa la ocurrencia de un máximo relativo en julio; este máximo secundario en el período estival, según Lecha *et al.* (1994), obedece a una mayor influencia anticiclónica subtropical sobre la mitad oriental de Cuba, que no llega a establecerse completamente en la mitad occidental del país.

En cuanto al comportamiento por horarios se observan máximos de velocidad en el horario diurno y mínimos en la madrugada (Fig. 7). En la estación de la Gran Piedra, la cual es representativa de la zona montañosa del oriente del país, el máximo para la rapidez del viento se observa en la noche y madrugada, mientras que el mínimo ocurre durante los horarios diurnos, o sea, a la inversa que en el resto de las zonas del país. Según Lecha *et al.* (1994), este comportamiento se debe a la altitud de esa estación (más de

1 000 m sobre el nivel medio del mar), la cual permite que en esta zona se mantenga casi ininterrumpidamente el régimen de vientos imperante en la tropósfera baja, que no resulta afectado por los mecanismos de circulación local.

La variabilidad de la velocidad del viento es mayor en el período poco lluvioso del año y raramente supera 10 km/h. En cuanto al análisis por horarios, la mayor desviación estándar se presenta, por lo general, en el horario diurno. Las calmas tienen su incidencia mayor en las localidades más alejadas de las costas y alcanzan el máximo de frecuencia entre mayo y octubre; en el transcurso del día, las calmas predominan durante la noche y la madrugada, y alcanzan su máximo de frecuencia de 4:00 a.m. a 7:00 a.m. El mínimo se registra, generalmente, en los horarios vespertinos, de 1:00 p.m. a 4:00 p.m., cuando es máxima la influencia de las brisas y los

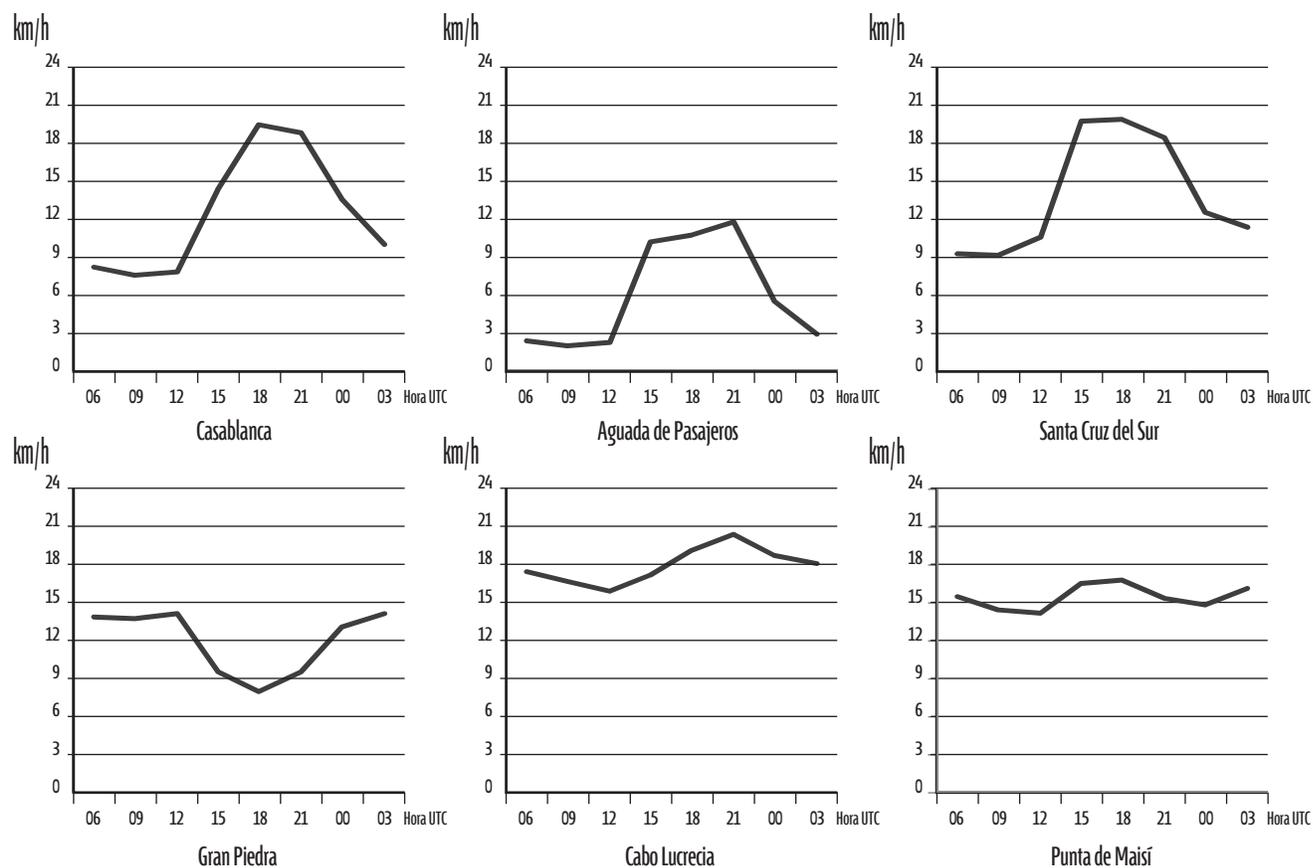


Fig. 7 Marcha media de la velocidad del viento por horarios en estaciones meteorológicas seleccionadas (período 1996-2010).

sistemas sinópticos productores de viento sobre el área.

Las direcciones predominantes pertenecen al primer cuadrante, en lo fundamental, del NE al E. En el intervalo de 1:00 p.m. a 4:00 p.m., en aquellas estaciones que tienen influencia del régimen de brisas, la dirección predominante cambia al segundo y el tercer cuadrantes si son de la costa sur, mientras que en las de costa norte se refuerzan en frecuencia y velocidad algunas direcciones del primer cuadrante.

Por último, se proponen aquellas estaciones meteorológicas (Tabla 3) en las cuales es posible pronosticar la brisa marina y, como se determinó en cada caso, el rango de direcciones válido para su pronóstico y evaluación.

Tabla 3. Rango de direcciones del viento para el pronóstico y la evaluación de la brisa marina

Estación	Rango	Estación	Rango
78312	0°-60°	78348	30°-90°
78316	0°-60°	78351	150°-210°
78318	0°-60°	78353	30°-90°
78320	130°-190°	78356	20°-80°
78322	130°-190°	78358	20°-80°
78324	45°-180°	78359	280°-340°
78325	0°-60°	78360	110°-170°
78328	30°-90°	78364	150°-210°
78333	140°-200°	78365	45°-105°
78337	140°-170° y 250°-280°	78368	150°-210°
78338	30°-90°	78369	30°-90°
78339	30°-90°	78370	20°-80°
78344	160°-220°		
78345	160°-220°		
78347	0°-60°		

Se incluyeron en el pronóstico de brisa marina las estaciones de La Palma (78316), Güira de Melena (78320), Camilo Cienfuegos (78347), Guaro (78370), Guantánamo (78368) y Cabo Cruz (78360).

En Cabo Cruz, el régimen de brisas marinas empieza un poco más temprano que en las demás esta-

ciones; comienza a manifestarse entre 10:00 a.m. y 7:00 p.m. La figura 8 muestra el cambio de dirección de un horario a otro.

En el caso de la Estación Meteorológica de Trinidad, el rango de la brisa se dividió en dos secciones, teniendo en cuenta las direcciones más frecuentes en el horario de la tarde; dada su posición geográfica, estas pueden presentarse de dos cuadrantes diferentes (Figs. 9 y 10).

Nubosidad

La observación visual de la nubosidad se efectúa sobre el supuesto de considerar la bóveda celeste dividida en ocho partes iguales, agrupando las nubes visibles hasta cubrir determinada cantidad de octavos. Para determinar la nubosidad deben tenerse en cuenta dos aspectos: el primero, está relacionado con el hecho de que las nubes más alejadas del observador se ven juntas y, en realidad, estas pueden estar muy separadas, especialmente si las nubes son densas; el segundo, se refiere a que no debe excluirse ningún tipo de nube y han de contarse también los velos transparentes que forman las nubes *cirrus* (Trujillo G., 2011).

La distribución y la densidad de estaciones meteorológicas determinan que la cobertura nubosa de una región dada sea observada doblemente o no observada de forma directa. En Cuba, las 68 estaciones meteorológicas terrestres no están distribuidas de forma homogénea; por ello, para distancias pequeñas entre dos estaciones existen sectores de la bóveda celeste que son observados por ambas, mientras que cuando disminuye la densidad de estaciones hay porciones del cielo que no son observadas desde ninguna estación o la nube debe sobrepasar una altura dada para que pueda ser vista. La nubosidad que pueda hallarse o no en esa región no se comprende dentro de la evaluación de esa variable, y si se comprende es porque las nubes superan la altura requerida y, por ende, son ubicadas dentro del área representativa de la estación desde donde fue observada, cuando, en realidad, la nube puede estar a

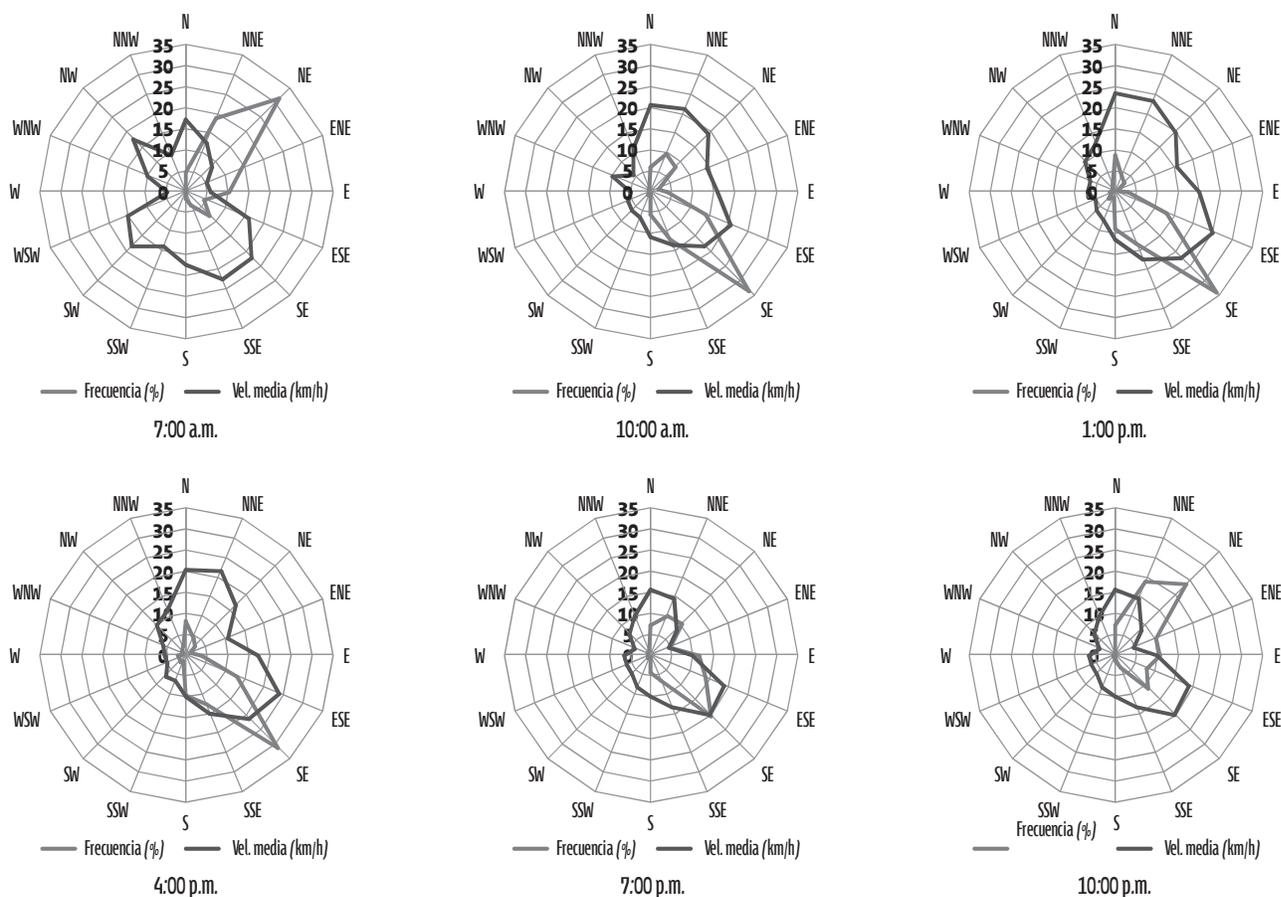


Fig. 8 Rosa de los vientos en los horarios de 7:00 a.m., 10:00 a.m., 1:00 p.m., 4:00 p.m., 7:00 p.m. y 10:00 p.m. (período 1996-2010, estación de Cabo Cruz).

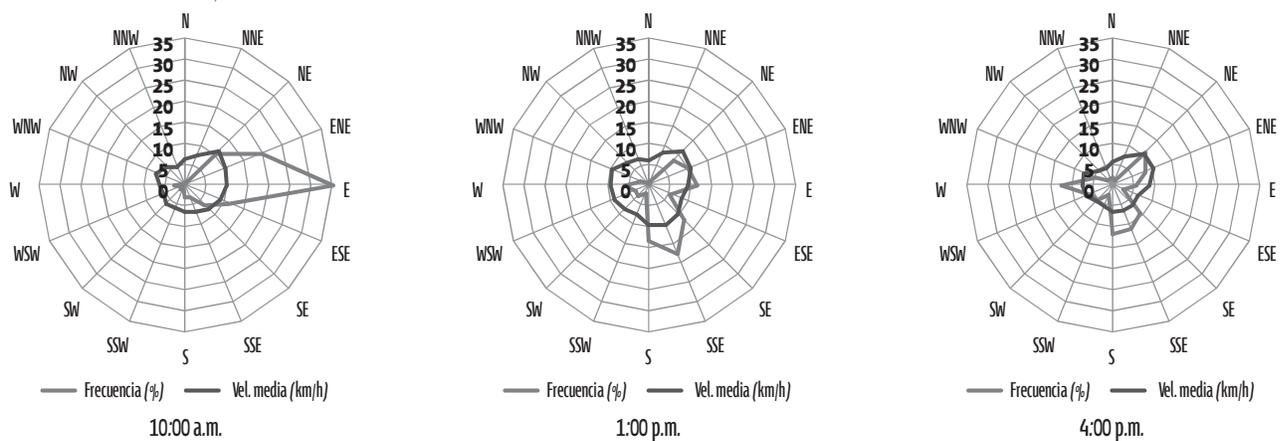


Fig. 9 Rosa de los vientos en los horarios de 10:00 a.m., 1:00 p.m. y 4:00 p.m. (período 1996-2010, estación de Trinidad).

decenas de kilómetros del lugar (Trujillo G., 2011).

Si bien la observación visual que por lo general se realiza en las estaciones meteorológicas aporta una información básica para el análisis y el estudio del clima, su resolución es limitada en el tiempo y es sensible a los

errores del observador (Carzola *et al.*, 2005).

Por medio de las imágenes de los satélites meteorológicos también pueden observarse las nubes con una buena cobertura espacio-temporal de grandes áreas casi desprovistas de otro tipo de información me-



teorológica. Desde sus inicios, en abril de 1960, estas imágenes facilitaron muchas líneas de investigación y se han convertido en una de las herramientas más prácticas para la predicción del tiempo, porque su empleo supuso un cambio de mentalidad al analizar y entender los fenómenos atmosféricos y oceánicos. En el país, no se han desarrollado métodos específicos para determinar la cobertura nubosa por satélite; de hecho, son pocos los productos y las informaciones que se extraen de las imágenes recibidas a diario en el INSMET. En 2011, Trujillo G. diseñó una metodología con vistas a estimar la cobertura nubosa mediante imágenes de satélite, la cual incluye algoritmos para el procesamiento digital de imágenes a partir de la relación entre la presencia o la ausencia de nubosidad y los niveles de grises. Experiencias

como estas podrían generalizarse en el campo de la evaluación del pronóstico de nubosidad a corto plazo, siempre y cuando desde el punto de vista operativo se garantice la eficiencia de esta metodología.

Por lo anterior, se propone mantener la forma en que actualmente se evalúa la nubosidad en los pronósticos a corto plazo, hasta tanto no se desarrollen e implementen metodologías eficientes de estimación de la cobertura nubosa mediante el procesamiento digital de imágenes de satélite.

Precipitaciones

En la actualidad, la evaluación de la efectividad del pronóstico de lluvia aún constituye un problema. Si bien este pronóstico solo se evalúa en el Centro Nacional de Pronóstico, teniendo en cuenta la red de estaciones meteorológicas del INSMET, se considera inadecuado este método de valoración dados los pocos puntos de medición considerados al caracterizar una zona de pronóstico, puesto que no se tiene en cuenta la gran variabilidad espacial de las precipitaciones en el territorio cubano. Por esta razón, se propone utilizar los datos de lluvia de la Red Informativa del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INRH), que cuenta con más de 700 equipos en todo el país, con vistas a realizar la evaluación de

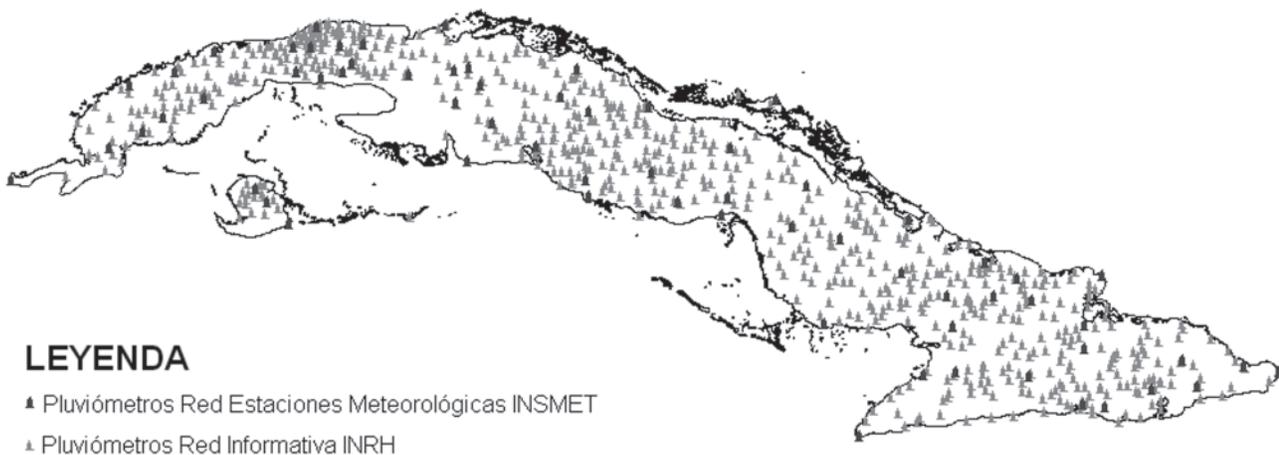


Fig. 11 Red de Telecorreo (INRH) y Red de Estaciones Meteorológicas.

la lluvia. Como parte del intercambio de información entre el INRH y el INSMET, a diario, estos datos se obtienen en formato digital, por lo que se hace factible su utilización con miras a la evaluación del pronóstico técnico.

La figura 11 muestra la distribución de la red informativa del INRH en conjunto con la red de estaciones meteorológicas del INSMET, que también se utilizan para la evaluación del pronóstico diario. Como puede observarse, la zona de la Ciénaga de Zapata, en la provincia de Matanzas, resulta la menos favorecida en este análisis. Como continuidad del presente trabajo, se asociará un grupo de pluviómetros a cada una de las regiones y zonas de pronóstico.

A este tipo de evaluación podría sumarse la utilización de métodos de estimación de lluvia sobre la base de la información satelital, como el propuesto por Quevedo J. L. (2012) en el cual se diseña y se valida una metodología para determinar las áreas de lluvia sobre Cuba a partir de las imágenes VIS e IR recibidas del GOES-E.

Conclusiones y recomendaciones

El estudio de la variabilidad de las variables meteorológicas que intervienen en el pronóstico a corto plazo en Cuba arrojó las conclusiones siguientes:

1. El análisis de variabilidad espacio-temporal de las temperaturas extremas conllevó proponer nuevos rangos para su pronóstico y evaluación, diferenciados estos por regiones y períodos del año.
2. La nueva propuesta amplía el rango de pronóstico para la temperatura mínima en el período poco lluvioso a ± 3 °C en las provincias desde Pinar del Río hasta Ciego de Ávila y a ± 2.5 °C de Camagüey a Guantánamo. En el caso de la máxima, se aumentó a ± 2.5 °C para todas las provincias en este período.
3. En el período lluvioso, dada la menor variabilidad de las temperaturas extremas se propone la dismi-

nución del rango de pronóstico a ± 1.5 °C.

4. El análisis de las rosas de los vientos trihorarias implicó realizar nuevas propuestas de estaciones meteorológicas con régimen de brisas marinas y determinar en cada caso el rango para su pronóstico. En este caso, se incluyeron La Palma (78316), Güira de Melena (78320) Camilo Cienfuegos (78347), Guaro (78370), Guantánamo (78368) y Cabo Cruz (78360).
5. Para la evaluación de la cobertura de precipitaciones se propone utilizar la red informativa del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos y extender esa evaluación a todas las provincias.

Referencias bibliográficas

- BRIER, G. W. & ALLEN, R. A. 1951. Verification of Weather Forecasts. Malone TF. In: COMPENDIUM OF METEOROLOGY, A. M. S. (ed.).
- CAZORLA, A., OLMO, F. J. & ALADOS-ARBOLEDAS, Y. L. 2005. Estimación nubosa en imágenes de cielo mediante el algoritmo de clasificación. Available: <http://www.aet.org.es/congresos/xi/ten76.pdf>.
- LECHA, L., PAZ, L. & LAPINEL, B. 1994. *El clima de Cuba*, La Habana.
- PORTELA, M. A. 2004. Metodología del Sistema Nacional de Evaluación de los Pronósticos del Tiempo.
- QUEVEDO, J. L. 2012. *Estimación de las áreas de lluvia sobre Cuba a partir de las imágenes VIS e IR obtenidas del satélite GOES-E*. Tesis de Grado en Meteorología Instituto Superior de Tecnología y Ciencias Aplicadas.
- SOROCHINSKI, M., GONZÁLEZ, C., RUBIO, G., CARCAÑO, G. & MARTÍNEZ, R. 1975. Métodos para la evaluación de pronósticos. ACC: Instituto de Meteorología.
- TRUJILLO, G. 2011. *Estimación de la cobertura nubosa sobre Cuba a partir de las imágenes del satélite GOES-E*. Tesis de grado en Meteorología, Instituto Superior de Tecnología y Ciencias Aplicadas.