

Verificación de las predicciones del tiempo emitidas por el Centro Nacional de Pronósticos del Instituto de Meteorología de Cuba en el período 1980-2019



<https://eqrcode.co/a/xNbEOj>

Verification of weather forecasts issued by the National Forecast Center of the Meteorological Institute of Cuba in the period 1980-2019

✉ Eileen González Fraguela^{1*}, ✉ Nathalí Valderá Figueredo²

¹Departamento de Meteorología, Instituto Superior de Tecnologías y Ciencias Aplicadas

²Universidad de la Habana, La Habana 10400, Cuba

RESUMEN: En este trabajo se presenta un análisis del comportamiento de los resultados alcanzados en la verificación de los pronósticos del tiempo emitidos por el Centro Nacional de Pronósticos del Instituto de Meteorología en el período de 1980-2019. Para ello, fue necesario realizar un rescate y completamiento de la información presente en formato impreso o mecanografiado en el período 1980-2000 debido a que se encontraba en mal estado y de difícil lectura. A causa del tamaño del cúmulo de datos presentes en formato digital correspondientes a los años 2001-2015, se desarrolló para la extracción automatizada de los mismos, el software Proc_DAT.cbp. A partir del año 2016, la información se encontraba en la base de datos del Sistema Integrado para la Verificación de los Pronósticos de Tiempo (SIVER), de manera que fue necesario la realización de consultas en SQL mediante el gestor de base de datos PostgreSQL v. 9.3. La efectividad de las predicciones presentó una tendencia creciente estadísticamente significativa en el período 1980-2019 y sus puntos mínimos y máximos se encontraron en los años 1995 y 2015, respectivamente. Los meses más difíciles de pronosticar fueron enero y octubre, y el mes con mayor efectividad fue julio, con un 90 %. En el período lluvioso del año se alcanzaron mayores valores que el poco lluvioso, excepto para la precipitación. El pronóstico de las variables precipitación y nubosidad, presentó el mayor grado de dificultad, y la dirección y fuerza del viento constituyeron las variables con la efectividad más elevada.

Palabras clave: Verificación de los pronósticos, Efectividad, pronóstico del tiempo.

ABSTRACT: In this work it shows up an analysis of the behavior of the results reached in the verification of the forecasts of the weather emitted by the National Forecast Center of the Institute of Meteorology in the period of 1980-2019. For this, it was necessary to carry out a rescue and complete of the present information in printed format or typed in the period 1980-2000 because a part was in not well state and of difficult reading. Because of the size of the heap of present data in digital format corresponding to the years 2001-2015, it was developed for the automated extraction of the same ones, the software Proc_DAT.cbp. Starting from the year 2016, the information was in the database of the Integrated System for the Verification of the Forecasting of Weather (SIVER), so that it was necessary the realization of consultations in SQL by means of the database agent PostgreSQL v. 9.3. The effectiveness of the predictions presented a growing tendency statistically significant in the period 1980-2019 and its minimum points and maxima were in the years 1995 and 2015, respectively. The months more difficult of predicting they were January and October, and the month with more effectiveness was July, with 90%. In the rainy period of the year bigger values were reached that the not very rainy one, except for the precipitation. The forecasting of the variable precipitation and clouding, they presented the bigger grade of difficulty, and the direction and force of the wind constituted the variables with the highest effectiveness.

Key Words: Effectiveness, verification, weather forecasting.

INTRODUCCIÓN

La especie humana está a merced de las inclemencias del tiempo. Pequeños cambios producidos en alguna de las variables del tiempo atmosférico pueden producir fenómenos meteorológicos tales como huracanes o sequías y, en consecuencia, grandes impactos en su vida cotidiana. Pero, ¿cómo conocer cuán exacto es un pronóstico del tiempo? Para responder esta interrogante es necesario verificar las predicciones meteorológicas. Si es importante conocer que sucederá con el estado del tiempo futuro, lo es así mismo saber cuán

certero fue lo que se predijo, pues así se podrá realizar cada vez un pronóstico más acertado. La verificación de los pronósticos no es más que el proceso comparativo de las predicciones meteorológicas siguiendo determinadas pautas (Saulo & Ruiz, 2013). Todos los Servicios Meteorológicos del mundo debieran tener un sistema capaz de resolver esta tarea ya que la verificación permite controlar la marcha de la actividad fundamental, detectar el grado de eficiencia del pronóstico de cada meteorólogo, de cada provincia, en cada periodo del año y del día, así como de cada variable meteorológica.

*Autor para correspondencia: Eileen González Fraguela. E-mail: eileen.gonzalez@insmet.cu

Recibido: 08/01/2020

Aceptado: 12/02/2021

La verificación de los pronósticos del tiempo no era una rama de estudio muy atractiva en la primera mitad del siglo XX. De hecho, en una revisión realizada por (Muller, 1944) en un rango corto de pronóstico del tiempo, fueron identificados 55 artículos de suficiente importancia para garantizar el resumen, y solo 66 fueron encontrados en total. Veintisiete de los 55 aparecieron después de 1913 según (Jolliffe & Stephenson, 2003). El primer estudio al que se hace mención fue realizado por (Finley, 1884) sobre la verificación de la ocurrencia o no ocurrencia de tornados con su tabla de contingencia de 2x2.

En Cuba los resultados de la verificación de los pronósticos datan de 1978 con el estudio de (Sorochinski *et. al*, 1975); pero no es hasta el 2015 que se realizan los primeros trabajos sobre el análisis de la efectividad de los pronósticos (Valderá, 2017) y (Valderá *et.al.*, 2017); pero en ambos casos, los resultados analizados no comprenden más de un año. De ahí que se pueda identificar un vacío asociado al desconocimiento del comportamiento histórico de la efectividad en los pronósticos en Cuba. Es notable, la necesidad de un estudio retrospectivo de la exactitud en las predicciones en Cuba desde 1980 al 2019. Ello permitirá identificar las variables meteorológicas más complejas de pronosticar, los meses y períodos del año con errores más significativos.

Por todas las razones antes expuestas se presenta como objetivo de este trabajo exponer el comportamiento de la efectividad de las predicciones del tiempo emitidas por el Centro de Pronósticos del tiempo en el período de 1980-2019.

MATERIALES Y MÉTODOS

Recopilación de la información

Se emplearon los datos de la efectividad de los pronósticos elaborados por el Centro de Pronósticos (CenPro) válidos para 24 horas pertenecientes al período 1980-2019. Los datos requeridos para el estudio se encontraron en diferentes formas de presentación. De ahí que el levantamiento de la información se haya realizado según lo anterior. Por lo que fueron requeridas tres etapas para el proceso de extracción:

1. Digitalización de los datos impresos y mecanografiados.
2. Levantamiento de los datos existentes en formato digital.
3. Extracción de los datos del Sistema Integrado para la Verificación de los pronósticos de Tiempo (SIVER).

A continuación, se muestran las particularidades del levantamiento de la información en cada etapa.

1. Datos en papeles impresos y mecanografiados

Se extrajeron de los resúmenes mensuales y trimestrales de la verificación de los pronósticos de 24 horas, los cuales se encontraron desde el año 1980 hasta el 2000 en papeles impresos y mecanografiados, algunos de ellos en mal estado y de difícil lectura. Solo se extrajeron los datos que recogieron los resultados de la efectividad según las regiones de pronóstico y por variables, y se excluyeron aquellos valores de índole personal, tales como el pronosticador, resultado de las variables según el pronosticador, etc.

2. Datos en formato digital

Se encontraron en formato digital (*.txt y *.DAT) los resúmenes mensuales y diarios desde el año 2001 hasta el 2015. En ese período la forma de representación de los resultados de la verificación sufrió variaciones que obedecieron en su momento a la metodología vigente con dos cambios: uno en 2005 y el otro en 2011. Debido al gran cúmulo de información y a las modificaciones en la estructura de los ficheros con los resultados de la verificación en este período, se automatizó este proceso mediante un software desarrollado para este fin específicamente denominado Proc_DAT.cbp. Dicho software fue desarrollado en lenguaje C++ por medio del programa informático CodeBlocks v. 13.12.

Como resultado de su aplicación se obtuvieron los datos requeridos en formato *.csv. En un fichero denominado DATOS.csv, se almacenaron los datos de los ficheros que fueron procesados, uno a continuación del otro, los cuales fueron copiados en la carpeta de origen del programa para que este los reconociera.

3. Datos del SIVER

A partir del mes de agosto de 2016 en el Servicio Nacional de Pronósticos de Cuba comenzó a utilizarse el SIVER como software oficial para la verificación de los pronósticos emitidos por el Centro de Pronósticos del Instituto de Meteorología. Dicho sistema trabaja con la arquitectura cliente servidor y para el almacenamiento de la información utiliza una base de datos. Es por ello que para el acceso a los resultados del período comprendido entre los años 2016 y 2019 se necesitó el uso de consultas en SQL por medio del sistema gestor de bases de datos PostgreSQL v. 9.3 (PostgreSQL Global Development Group, 2018).

Una vez digitalizada toda la información, se procedió a realizar un análisis estadístico-descriptivo mediante el software WinStat v. 2.0 en el cual se aplicaron los estadígrafos media y moda con el objetivo de caracterizar la serie de efectividad de los pronósticos del tiempo en el período 1980-2019. Además, se aplicaron los tests no paramétricos de Mann-Kendall y Pettit para el análisis de tendencias y puntos de cambios en la serie temporal analizada.

Las herramientas computacionales utilizadas fueron libres y/o de código abierto, con el objetivo de eliminar las restricciones privativas. El uso de las versiones libres, en vez de sus homólogos privados supone una alternativa viable y ajustable a la soberanía tecnológica apostada por el país.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para obtener el comportamiento del cumplimiento de la efectividad promedio de los pronósticos del tiempo y de las variables meteorológicas que intervienen en ellos, se analizaron un total de 3240 datos, de 3360 posibles, lo que representó el 96.4 % de los datos. Los datos faltantes representaron apenas el 3.6 % de la información recopilada y se corresponden a los años 1996 y 2000. No obstante, no alteraron la serie cronológica de efectividad anual de los pronósticos ya que las carencias son los acumulados medios mensuales de cada una de las variables que intervienen en la verificación.

Lo anterior, imposibilitó la aplicación de los test no paramétricos de Mann-Kendall y Pettit en el período 1980-2019 debido a la interrupción de la serie en 1996. En la [tabla 1](#) se muestra la cantidad de datos y el porcentaje disponible y faltante para la efectividad anual y para la efectividad de las variables involucradas en la verificación.

Comportamiento interanual de la efectividad de los pronósticos del tiempo

Como se observa en la [figura 1](#), la efectividad anual de los pronósticos del tiempo en el período 1980-2019 presenta un valor medio de 87.5 % con una desviación estándar de ± 4.1 puntos porcentuales. El valor máximo de 93.8 % fue alcanzado en el año 2015 y el mínimo de 80.8 % se obtuvo en el año 1991.

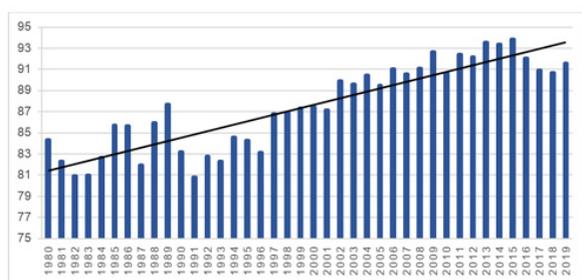


Figura 1. Comportamiento de la efectividad anual de los pronósticos del tiempo emitidos por el CenPro en el período (1980-2019)

Entre los años 1980 y 1997 la serie experimenta notables fluctuaciones en los valores interanuales de la efectividad de los pronósticos, debido al proceso de verificación y aprendizaje ante los cambios metodológicos introducidos en esta etapa. Además, no se contaba con las herramientas y el conocimiento de los sistemas sinópticos atmosféricos e interacción océano atmósfera con el que se cuenta en la actualidad.

Desde del año 1997, la tendencia creciente del comportamiento de la efectividad se empezó a estabilizar, haciéndose más homogéneo su ascenso hasta el año 1999. Dicho proceso coincide con el empleo de las imágenes de los satélites meteorológicos como una herramienta para el pronóstico del tiempo, que comienza a ser introducido en Cuba en la década del 90. Esta nueva herramienta, dotó al Sistema Meteorológico Nacional de información en tiempo real de un área extensa en la que se puede observar y analizar la evolución de los fenómenos del tiempo atmosférico; que conllevó a un incremento de la efectividad de las predicciones.

A partir el año 2001, correspondiente con el punto de cambio, se mantuvo el comportamiento manifestado en la serie entre los años 1997 y 2000 hasta su máximo valor en el 2015, influenciado por el comienzo y auge de la utilización de las salidas de los modelos numéricos. Este incremento se ve interrumpido desde 2016 hasta 2019, donde se evidencia un decremento de la efectividad coincidente con la introducción, en agosto de 2016, de una nueva metodología propuesta por ([Moya et al., 2013](#)).

En el período 1980-2000 se muestran marcadas fluctuaciones en la mayoría de la serie, mientras que en el período 2001-2019 predomina la tendencia creciente. Sin embargo, de manera general, puede apreciarse en la serie la tendencia creciente de la efectividad de las predicciones, lo que se justifica por el hecho de que a medida que se perfeccionan las técnicas y los métodos empleados, también aumentan los valores de efectividad. No obstante, es evidente el impacto de los cambios de metodología y del proceso de adaptación de los especialistas a dichos cambios.

Efectividad de las predicciones según las variables meteorológicas

La efectividad para cada una de las variables presenta características singulares y se comporta de forma diferente ([Figura 2](#)). En el período 1980-2019 la nubosidad

Tabla 1. Cantidad de datos analizados para la efectividad promedio y para las variables meteorológicas que intervienen en los pronósticos del tiempo en el período (1980-2019)

	Datos disponibles	Datos faltantes	% Disponible	% Faltante
Efectividad promedio	480	0	100.0	0
Variables meteorológicas	2760	120	95.8	4.2

sidad y la precipitación son las variables de efectividad más bajas, seguidas de las temperaturas extremas y la dirección y fuerza del viento. Al analizar la figura 2 se aprecia que mientras la nubosidad y la precipitación se encuentran por debajo del 80 % de efectividad, el resto de las variables de estudio se encuentran por encima del 90 % de efectividad.

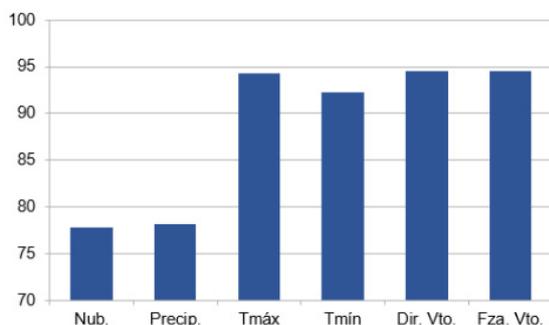


Figura 2. Efectividad de los pronósticos del tiempo según las variables de estudio en el período (1980-2019)

Los valores de la nubosidad y la precipitación de 77.8 y 78.2 % respectivamente, son los más bajos debido a diferentes factores:

- La precipitación se evalúa únicamente por medio de los pluviómetros de la red de estaciones meteorológicas; pero si consideramos la gran variabilidad espacial de la precipitación y que el pluviómetro solo mide la cantidad de lluvia que cayó en él, resulta bastante inapropiado.
- Las observaciones de la cobertura nubosa se realizan desde las estaciones meteorológicas donde se incrementa la ocurrencia de errores de índole humana y, por otra parte, la distribución y la densidad de las estaciones meteorológicas determinan si la cobertura nubosa de una región dada pueda ser observada doblemente o que no sea observada.

Las temperaturas extremas: máxima y mínima, son variables que presentan altos porcentos de efectividad, ambas con valores por encima del 90 %. En Cuba históricamente, la temperatura del aire alcanza su máximo anual en los meses de máxima radiación solar, o sea, julio y agosto y su mínimo en el período enero-febrero (Lecha *et al.*, 1994).

Las variables con mayor efectividad son la dirección y la fuerza del viento, ambas con un 94.6 %. El pronóstico de dirección del viento se considera correcto, si al menos, en un 30% de las estaciones de todas las zonas de la región son evaluadas como correctas; mientras que para las otras variables es el 50 % de las estaciones, o sea, el porcentaje requerido es menor. Por tanto, hay un mayor grado de error aceptable, lo que provoca que esta variable sea más efectiva.

El pronóstico de la fuerza del viento, se considera correcto, cuando esta no es superior o inferior en 10 km/h respecto al valor pronosticado, si este es único;

y cuando se pronostica un rango de intensidades de 15 km/h, se considera correcto si las observaciones no difieren en más de 2.5 km/h a ambos lados de los extremos del rango. Según estas condiciones, el rango aceptado como correcto es muy amplio y, por lo tanto, el margen de error aceptado también lo es. Esto propicia que la variable sea una de las más efectivas, puesto que puede presentar un mayor nivel de error y, aun así, considerarse correcto el pronóstico de la misma.

Efectividad de las variables meteorológicas según los meses y períodos del año

La nubosidad presenta muy poca variabilidad fluctuando entre 70 y 80 % de efectividad con un máximo en el mes de julio con un 81.4 % y un mínimo en diciembre con un 71.8 %; y presentó una desviación estándar de ± 3.3 puntos porcentuales. El período junio-septiembre se caracteriza por contener el máximo de esta variable y el mínimo está comprendido en los meses de noviembre a febrero. Según los períodos del año se puede expresar que la efectividad en el período lluvioso del año es de 80.3 %, mientras que en el período poco lluvioso es de 75.3 %. Para la precipitación por su parte presenta una mayor variabilidad con su máximo en los meses de febrero y marzo, ambos con un 84.8 % de efectividad y su mínimo en el mes de junio con un 72.7 %. En la figura 3 se puede observar la marcha anual de la nubosidad y la precipitación entre los años 1980 y 2019.

Resulta el hecho que las curvas de la nubosidad y la precipitación se comportan de manera inversa, casi que siguiendo el ciclo de duración de los periodos lluviosos y poco lluvioso del año. Ello puede estar dado a que durante el verano es más fácil el pronóstico del ciclo diurno de la nubosidad mientras que en el invierno se hace más complejo debido a la proximidad de frentes fríos, vaguadas prefrontales, entre otros sistemas. Por el contrario, el pronóstico de la precipitación en el verano parece ser más complejo y multifactorial que en el invierno. Es la primera vez que esta característica sale a relucir en las investigaciones en la temática de la verificación en Cuba.

La marcha anual de la efectividad de ambas temperaturas se comporta de forma similar, con sus máximos en el período junio-julio y sus mínimos en el mes de enero (Figura 4). No obstante, en el período poco lluvioso del año la efectividad de ambas temperaturas desciende debido a los grandes contrastes térmicos que impone la influencia de las masas de aire migratorias que influyen sobre Cuba tras la influencia de un frente frío o por el tránsito sucesivo de este tipo de sistema anticiclónico.

Los máximos de efectividad de las temperaturas extremas, comprendidos dentro del período junio-septiembre, se corresponden con los meses de máxima radiación solar y con la temporada ciclónica en Cuba

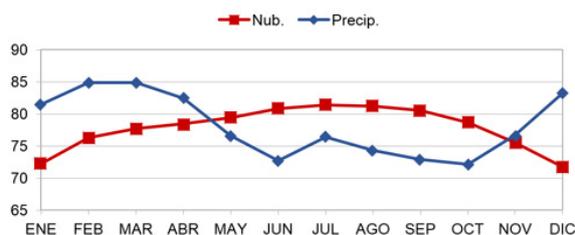


Figura 3. Efectividad de la nubosidad y la precipitación según los meses (1980-2019)

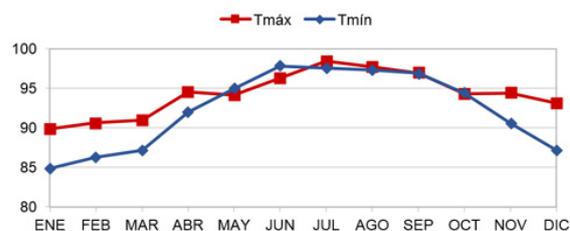


Figura 4. Efectividad de las temperaturas extremas según los meses (1980-2019)

donde las temperaturas se comportan con una menor variabilidad. A partir del mes de octubre los valores de efectividad comienzan a disminuir, en correspondencia con el período de transición hacia el período poco lluvioso del año.

Por otra parte, los mínimos en enero se relacionan con el período poco lluvioso, el cual resulta el período más difícil para el pronóstico de las temperaturas extremas; donde la mayor variabilidad la tiene la temperatura mínima (Barcia *et al.*, 2012). Este hecho está dado por la afectación de frentes fríos en esta época del año, principalmente en enero, mes de mayor incidencia histórica de estos sistemas (González, 1999).

La dirección y la fuerza del viento son las variables que alcanzaron los valores más altos de efectividad. Incluso en la variación anual de su efectividad todos los valores se encuentran por encima del 90 %. Los valores máximos de la dirección del viento y fuerza del viento se manifiestan en el trimestre julio-septiembre y su valor mínimo en el mes de enero.

Los valores máximos de la dirección y la fuerza del viento como se muestra en la figura 5 obtenidos en el trimestre julio-septiembre se corresponden con condiciones atmosféricas diferentes. En estos meses el territorio presenta una marcada influencia del anticiclón del Atlántico Norte, más específicamente por la circulación de su periferia suroccidental; lo que provoca que predominen vientos alisios del noreste al este y velocidades poco variables con valores que no sobrepasan los 15 km/h.

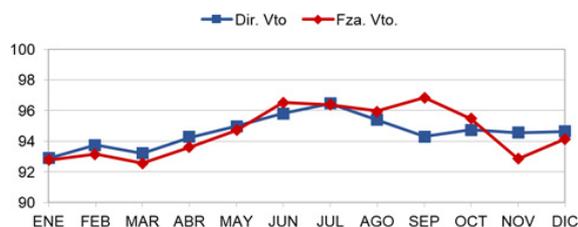


Figura 5. Efectividad de la dirección y fuerza del viento por meses (1980-2019)

Los valores mínimos, por otro lado, se encuentran en enero y coinciden con la influencia de los anticiclones migratorios que producen el predominio de vientos del norte-noroeste al noreste, llamados “nortes” y la presencia de bajas extratropicales sobre el golfo de México que producen los denominados “sures”. Estas

condiciones propician una mayor variabilidad temporal de las componentes del viento, lo que dificulta su pronóstico.

Para la identificación de las razones de los puntos de cambio que arrojaron los análisis de algunas de las variables, será necesario llevar a cabo un estudio más detallado de las variables diarias y mensuales de la verificación, así como de los sistemas que afectan a cada una de las variables meteorológicas. Además, pudiera existir un posible cambio de metodología en alguno o varios de estos puntos, del cual no se tiene conocimiento ya que aún no se ha llevado a cabo este tipo de estudio.

Variabilidad del comportamiento de la efectividad de las predicciones según los meses del año.

La efectividad de los pronósticos también experimenta variaciones de sus valores, de un mes a otro. En este sentido, sus máximos se encuentran en julio y abril con 90.0 % y 89.6 % de efectividad respectivamente. Asimismo, sus mínimos se localizan en enero con 87.3 % y en octubre con un 87.6 %. Esto es posible observarlo en la figura 6 que recoge la distribución del comportamiento de la efectividad según los meses del año en el período 1980-2019.



Figura 6. Comportamiento de la efectividad de los pronósticos del tiempo emitidos por el CenPro (1980-2019) según los meses del año

Las menores efectividades en enero y octubre suelen estar relacionadas con las características intrínsecas del mes. Enero es un mes donde las condiciones atmosféricas están regidas por la afectación de frentes fríos y líneas de tormentas frontales, los cuales traen consigo descensos en las temperaturas y aumentos en las precipitaciones y la nubosidad. Por su parte,

octubre es un mes de transición del período lluvioso al poco lluvioso y es un mes donde suele ocurrir un amplio espectro de procesos atmosféricos relacionados con la génesis de organismos tropicales, otros vinculados a anticiclones migratorios y los asociados con frentes casi estacionarios en la costa norte de Cuba (Fernández & Díaz, 2005). Es importante aclarar que, en un período no despreciable de la serie temporal, no se contemplaba en la verificación las situaciones meteorológicas complejas; de ahí que se necesite profundizar en este aspecto para determinar qué variable está condicionando el comportamiento antes mencionado.

El pico máximo de la efectividad de las predicciones lo tiene el mes de julio, seguido por abril. Julio es uno de los meses que presenta influencia del anticiclón del Atlántico Norte, lo que repercute en el predominio de días con tormentas en las tardes debido a la inestabilidad vespertina producto del calentamiento diurno con temperaturas elevadas y vientos con una velocidad media mensual que no suele superar los 15 km/h (Barcia *et al.*, 2012). Por otra parte, julio pertenece al período lluvioso del año, época del año en la que el pronóstico mediante el método por persistencia (“hoy será igual que ayer y mañana será igual que hoy”) resulta muy efectivo debido a las pocas variaciones de los campos meteorológicos en la zona tropical (Riehl, 1954).

Efectividad según el período del año

El clima en Cuba se divide en dos períodos: poco lluvioso y lluvioso. En la figura 7 se muestra cómo se comporta la efectividad en estos dos períodos para cada una de las variables que intervienen en el proceso de verificación.

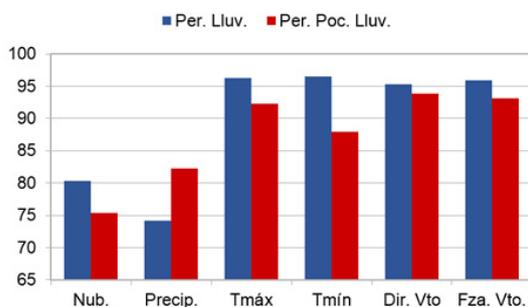


Figura 7. Efectividad de las variables meteorológicas según el período del año en el período (1980-2019)

Para casi todas las variables, exceptuando la precipitación, la efectividad es mayor en el período lluvioso que en el período poco lluvioso. Esto está condicionado por la poca variación de los elementos meteorológicos, característico de la zona tropical.

En el período lluvioso del año los máximos de efectividad lo alcanzan la temperatura mínima y la máxima, puesto que estas variables durante la estación lluviosa presentan muy poca variabilidad en sus valores,

propiciando que los pronósticos sean más acertados. El mínimo lo presenta la precipitación y se justifica a causa de su gran variación temporal y espacial, y a su gran dependencia con las características del relieve y la vegetación. Por ejemplo, en zonas elevadas y montañosas los acumulados de lluvia alcanzan valores superiores que en zonas poco accidentadas, bajas y urbanas.

El período poco lluvioso se comporta de manera diferente: el máximo lo alcanza la dirección del viento y el mínimo la nubosidad. En este período se alterna la influencia anticiclónica subtropical con la de los ciclones extratropicales y anticiclones continentales migratorios produciendo sobre Cuba un régimen en la dirección del viento relativamente constante proveniente de región Sur que pasan paulatinamente al Oeste y al Norte, siguiendo el ciclo de evolución de los procesos sinópticos característicos (Lecha *et al.*, 1994).

La nubosidad alcanza el mínimo valor de efectividad en el período poco lluvioso debido a que es una de las variables más difíciles de pronosticar, independientemente del período en el que se encuentre, a causa de la forma en que se verifica. La efectividad de la nubosidad está afectada fundamentalmente por la desigual distribución de las estaciones meteorológicas y por errores de carácter humano.

CONCLUSIONES

Se logró reconstruir la data histórica de la verificación de las predicciones del tiempo válidas para 24 horas que son emitidas por el Centro Nacional de Pronósticos en el período 1980-2019. De su análisis se derivan las conclusiones siguientes:

- La efectividad de las predicciones se ha incrementado con el decursar de los años, mostrando un valor promedio de 87.5 %, aunque llegó a alcanzar los 91.2 % en los años posteriores al 2001.
- Durante todos los meses del año la efectividad mostró una tendencia al incremento de sus valores, aunque se mantiene el mes de octubre con una de las efectividades más bajas con un 87.6 %, debido a su papel como mes de tránsito del período lluvioso al poco lluvioso.
- La efectividad para todas las variables se manifestó con valores mayores para el período lluvioso que para el poco lluvioso, excepto la precipitación. El período lluvioso alcanzó valores de 96.5 %, mientras que el máximo valor alcanzado en el período poco lluvioso fue de un 93.9 % de efectividad.
- Se corroboró el hecho de que las variables de más baja efectividad son la nubosidad y la precipitación, resultado condicionado por la subjetividad de las observaciones meteorológicas de superficie y por la no utilización de las técnicas satelitales en la verificación. El viento fue la variable que mejores resultados alcanzó con un 94.6 % de efectividad.

RECOMENDACIONES

- Introducir y aplicar los resultados obtenidos en la práctica operativa.
- Incluir en la investigación el análisis del comportamiento de la efectividad de los pronósticos según los períodos del día; madrugada-mañana y tarde-noche.
- Extender el estudio realizado a los pronósticos válidos para 18 horas del Centro de Pronósticos y para cada uno de los Centros Meteorológicos Provinciales del país con los dos tipos de pronóstico a corto plazo.

REFERENCIAS

- Barcia, S.; Ballester, M.; Cedeño, Y.; García, E.; González, J. & Regueira, V. 2012. *Variabilidad espacio-temporal de las variables que intervienen en los pronósticos a corto plazo en Cuba*. Informe de Resultado Científico, Resultado No 1, Proyecto Evaluación de los Pronósticos del Tiempo, Instituto de Meteorología, La Habana, Cuba.
- Fernández, A.J. & Díaz, Y.A. 2005. *Catálogo de Procesos Sinópticos del Archipiélago Cubano en el período 1979-1993*. Centro Meteorológico Provincial de Cienfuegos, Cuba. ISBN: 959-02-0355-8.
- Finley, J.P. 1884. *Tornado Predictions*. American Meteorological Journal 1(3): 85-88.
- 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.
- Jolliffe, I.T. & Stephenson, D.B. 2003. *Forecast Verification: A Practitioner's Guide in Atmospheric Science*. John Wiley & Sons Ltd., Chichester, West Sussex, England.
- Lecha, L.B.; Paz, L.R. & Lapinel, B. 1994. *El Clima de Cuba*. Editorial Academia, La Habana, Cuba, 196 p. ISBN: 959-02-006-0.
- Mellado, E. & Borrajeró, I. 1997. *WinStat*. Versión 2.0 (beta) [Windows], Instituto de Meteorología, La Habana, Cuba.
- Moya, A.S.; Estrada, A.; Ballester, M. & González, C. 2013. *Evaluación de los pronósticos del tiempo a corto plazo*. Informe de Resultado Científico, Resultado 3, Proyecto Evaluación de los Pronósticos del Tiempo, Instituto de Meteorología, La Habana, Cuba.
- Muller, R.H. 1944. *Verification of short-range weather forecasts (a survey of the literature)*. Bulletin of American Meteorological Society, 25(1): 18-27, 47-53, 88-95.
- Portela, M.A. 2004. *Metodología del Sistema Nacional de Evaluación de los Pronósticos del Tiempo* [Inédito]. La Habana, Cuba.
- PostgreSQL Global Development Group. 2018. PostgreSQL. Versión 9.3 [Linux]. Disponible en: <http://www.postgresql.org>
- Riehl, H. 1954. *Tropical meteorology*. McGraw-Hill Book Company, INC., New York.
- Saulo, C. & Ruiz, J. 2013. *Forecast Verification*. Training Workshop on Nowcasting Techniques. Buenos Aires, Argentina.
- Sorochinski, M.; González, C.; Rubio, G.; Carcaño, G. & Martínez, G. 1975. *Métodos para la evaluación de Pronósticos* [Inédito]. Academia de Ciencias de Cuba, Instituto de Meteorología, La Habana, Cuba.
- Valderá, N. 2017. *Método de la persistencia para la estimación de la habilidad de las predicciones del Centro de Pronósticos del Tiempo del Instituto de Meteorología de Cuba*. Tesis presentada para la obtención del título académico de Máster en Ciencias Meteorológicas. Universidad de La Habana, 96 p.
- Valderá, N.; Sánchez, A.L.; Ballester, M.; Sarmientos, M.; Barcia, S.; González, C.M.; González, C. & Pila, E. 2017. *Verificación de los pronósticos del tiempo de 24 horas*. Informe de Resultado Científico, Resultado 3, Proyecto Sistemas de Verificación de los Pronósticos del Tiempo a corto plazo, Instituto de Meteorología, La Habana, Cuba.

Eileen González Fragueta. Departamento de Meteorología, Instituto Superior de Tecnologías y Ciencias Aplicadas, Universidad de la Habana, La Habana 10400, Cuba. E-mail: eileen.gonzalez@insmet.cu

Nathali Valderá Figueredo. Departamento de Meteorología, Instituto Superior de Tecnologías y Ciencias Aplicadas, Universidad de la Habana, La Habana 10400, Cuba. E-mail: nathali.valdera@insmet.cu

Conflicto de intereses: Los autores declaran no tener conflicto de intereses

Contribución de los autores: Concepción de la idea: **Nathali Valderá-Figuero**. Manejo de los datos: **Eileen González-Fragueta**. Análisis de los datos: **Eileen González-Fragueta** y **Nathali Valderá-Figuero**. Investigación: **Eileen González-Fragueta**. Metodología: **Eileen González-Fragueta** y **Nathali Valderá-Figuero**. Software: **Eileen González-Fragueta**. Supervisión: **Nathali Valderá-Figuero**. Validación de los resultados: **Eileen González-Fragueta** y **Nathali Valderá-Figuero**.

Este artículo se encuentra bajo licencia [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional \(CC BY-NC 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)