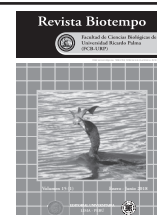




Biotempo (Lima)



ORIGINAL ARTICLE / ARTÍCULO ORIGINAL

PROGNOSIS FOR HURRICANE IRMA THROUGH REGRESSION OBJECTIVE REGRESSION AND ITS IMPACT ON THE VECTOR POPULATIONS AT THE METEOROLOGICAL STATION OF CAIBARIEN, VILLA CLARA, CUBA

PRONÓSTICO PARA EL HURACÁN IRMA POR MEDIO DE LA REGRESIÓN OBJETIVA REGRESIVA Y SU REPERCUSIÓN EN LAS POBLACIONES VECTORAS EN LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA DE CAIBARIÉN, VILLA CLARA, CUBA

Ricardo Osés-Rodríguez^{1*}; Meylin Otero-Martin¹; Nancy Ruiz-Cabrera¹;
Rigoberto Fimia-Duarte² & José Iannacone^{3,4}

^{1*} Centro Meteorológico Provincial de Villa Clara, Cuba. Calle Marta Abreu No 59 Altos. Esquina a Juan Bruno Sayas. CP 50100. Email: ricardo.oses@vcl.insmet.cu

² Facultad de Tecnología de la Salud «Julio Trigo López». Universidad de Ciencias Médicas de Villa Clara, Cuba. E-mail: rigobertofd@infomed.sld.cu

³ Laboratorio de Ecología y Biodiversidad Animal (LEBA). Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas. Universidad Nacional Federico Villarreal (UNFV). El Agustino, Lima, Perú.

⁴ Laboratorio de Parasitología. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Ricardo Palma (URP). Lima, Perú. E-mail: josiannacone@gmail.com

ABSTRACT

The hydrometeorological events are intensified, cyclones being the most destructive phenomenon in the tropics and with greater consequences, both for the populations of vector organisms and for human health. The objective of the present investigation was to describe the forecast made for Hurricane Irma one year in advance, taking into account the incidence in populations of vector organisms in the meteorological station of Caibarien, Villa Clara, Cuba. The study was carried out based on the forecast of the atmospheric pressure variable, with a series of data, from 1977 to 2016, by means of the Regression Objective Regression (ROR) methodology. It was shown that the forecast coincides with what happened during the passage of Hurricane Irma, except for a difference of three days and six hours, according to the data from the Caibarien weather station. Increasing the atmospheric pressure increases the larval density of mosquitoes. The forecast with one year and eleven years in advance of the tri-hourly atmospheric pressure is an important tool to predict the impact of hurricanes in our territory as well as its direct relationship with the increasing diffusion and presentation in different tropical and subtropical regions of infectious entities of viral and parasitic etiology, and the diffusion, irradiation

and propagation of the different genera and species of vector organisms, so it should be a daily service of the group of weather forecasting in the provincial meteorological centers.

Keywords: Caibarién – infectious entities – hurricane Irma – atmospheric pressure trihoraria – prognostic – Regressive Objective Regression – Villa Clara

RESUMEN

Los eventos hidrometeorológicos se intensifican, constituyendo los ciclones el fenómeno más destructor de los trópicos y con mayores consecuencias, tanto para las poblaciones de organismos vectores como para la salud humana. El objetivo de la presente investigación consistió en describir el pronóstico realizado para el huracán Irma con un año de antelación, teniendo en cuenta la incidencia en las poblaciones de organismos vectores en la estación meteorológica de Caibarién, Villa Clara, Cuba. El estudio se realizó a partir del pronóstico de la variable presión atmosférica, con una serie de datos, desde el año 1977 al 2016, por medio de la metodología Regresión Objetiva Regresiva (ROR). Se demostró que el pronóstico realizado coincide con lo ocurrido durante el paso del huracán Irma, excepto una diferencia de tres días y seis horas, según los datos de la estación meteorológica de Caibarién. Al aumentar la presión atmosférica aumenta la densidad larval de mosquitos. La predicción con un año y once años de antelación de la presión atmosférica trihoraria es una herramienta importante para prever el impacto de los huracanes en nuestro territorio, así como su relación directa, con una mayor difusión y presentación en diferentes regiones tropicales y subtropicales de entidades infecciosas de etiología viral y parasitaria, y la difusión, irradiación y propagación de los diferentes géneros y especies de organismos vectores, por lo que debiera ser un servicio cotidiano del grupo de predicción del tiempo en los centros meteorológicos provinciales.

Palabras clave: Caibarién – entidades infecciosas – huracán Irma – presión atmosférica trihoraria – pronóstico – Regresión Objetiva Regresiva – Villa Clara

INTRODUCCIÓN

Cada día que pasa, los desastres naturales se intensifican y amenazan la seguridad de las personas (Zhang & Krishnamurti, 1999; Gore, 2007; Dodla *et al.*, 2011; Cepero, 2012). Según el Centro para la Investigación de la Epidemiología de los Desastres (CRED, 2017), 102 países habían sufrido algún tipo de desastres natural al culminar el año 2016, dejando numeras pérdidas de vidas humanas y cuantiosas pérdidas económicas (Arnell & Gosling, 2016).

Los eventos hidrometeorológicos se intensifican, constituyendo los ciclones el fenómeno más destructor de los trópicos, por todo lo que traen a su paso: fuertes vientos, penetraciones del mar, deslizamientos de tierra e intensas precipitaciones (Aberson *et al.*, 1998; Goerss, 2000; Gore, 2007; Vecchi *et al.*, 2014; Ruan & Wu, 2018). La temporada de huracanes 2017 marcó varios valores absolutos, destacándose los huracanes Harvey, Irma, José y Katia. Irma alcanzó categoría 5, incluso antes de llegar al mar Caribe; además, fue el de mayor duración con esta intensidad (Socarrás, 2006). Fue a su vez, el meteoro más devastador en daños materiales en la región (CRED, 2017). Vale destacar que se formaron tres huracanes en la Cuenca Atlántica, lo que no sucede

con facilidad. Los estudios realizados en relación con el Cambio Climático prevén una mayor intensidad en su formación, lo que no está lejos de la realidad según el recién concluido período/temporada ciclónica 2017 (Camargo *et al.*, 2007; CRED, 2017).

Los pronósticos de los huracanes constituyen una ardua tarea para los científicos y de suma importancia para preservar la vida humana (Wu *et al.*, 2000; Emanuel, 2005; Webster *et al.*, 2005; Wang *et al.*, 2007; Halperin *et al.*, 2013; Vecchi *et al.*, 2014; Li *et al.*, 2016). El primer pronóstico de un huracán en Cuba fue realizado el 12 de septiembre de 1875 y elaborado por Benito Viñes. El mismo fue publicado en la prensa habanera y hace alusión a la caída de presión: “*El barómetro que se había mantenido en estos días pasados, más alto de lo ordinario, tiene actualmente marcada tendencia a un constante descenso, bien que no rápido*” (Ramos, 1996).

La provincia de Villa Clara, Cuba, situada al centro norte del país, es continuamente afectada por ciclones tropicales. Según la Guía Climática de la provincia, Villa Clara ha sido azotada por 36 ciclones tropicales (CT): 3 casos con la categoría de depresión tropical (DT), 17 con la categoría de tormenta tropical (TT) y 16 con la categoría de huracán (H); de ellos, 7 huracanes de categoría 1

los días 12 y 13 debía ocurrir un evento meteorológico extremo, debido a la gran caída de presión que se esperaba según la modelación ROR (Fimia *et al.*, 2016a; Fimia *et al.*, 2017a; Osés *et al.*, 2017a).

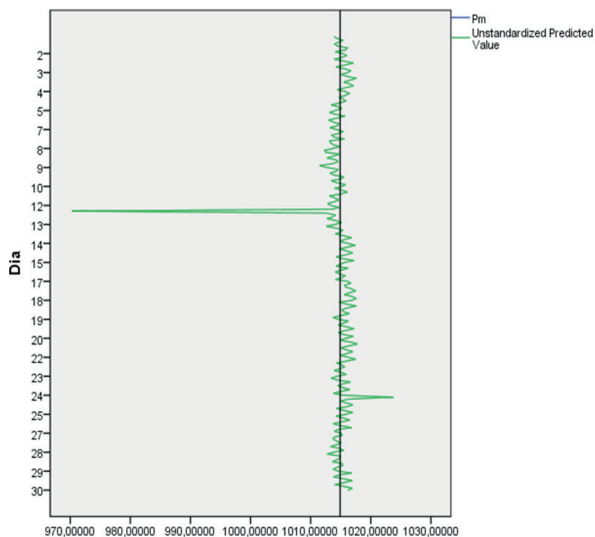


Figura 1. Presión atmosférica trihoraria a nivel de estación en Caibarién.

Leyenda: Unstandardized Predicted Value: Valor Predicho Estandarizado.

Pm: Presión Atmosférica Trihoraria

Lo ocurrido realmente se puede apreciar en la figura 2, donde la caída de presión del huracán Irma ocurre aproximadamente tres días antes de lo previsto, pero la coincidencia de los datos es asombrosa.

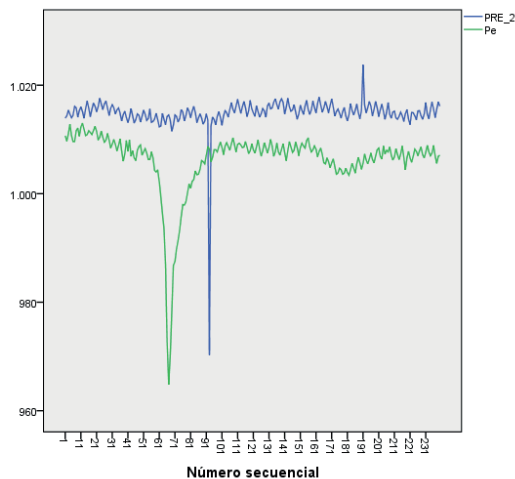


Figura 2. Presión ocurrida durante el huracán Irma en Septiembre de 2017. Estación de Caibarién. PRE_2:

Presión trihoraria prevista con un año de antelación según ROR. Pe.: Presión Trihoraria ocurrida en el mes de septiembre de 2017. Estación Caibarién. Eje X: Número de observaciones. Eje Y: Presión Atmosférica en Hectopascales (hPa).

Analizando la crosscorrelación entre PRE_2 y Pe podemos establecer, que con un retardo de 26 observaciones es que se presenta la mayor correlación entre estas variables como son 8 observaciones diarias, tenemos entonces dividiendo 26 entre 8 que es igual a 3 con resto 2, o sea 3 días y 6 h es la diferencia máxima que se equivocó el pronóstico (figura 3).

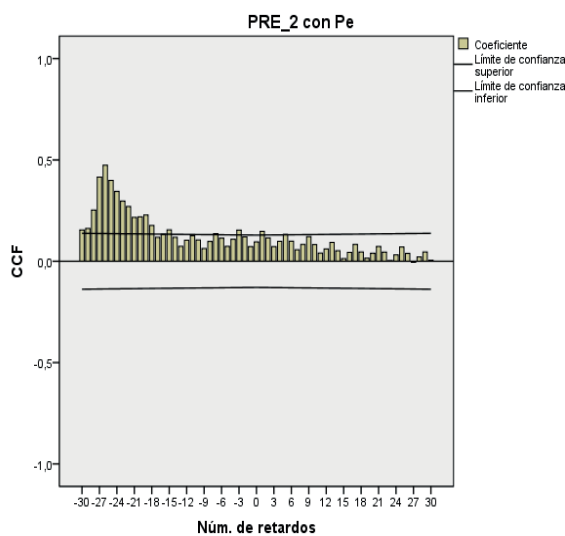


Figura 3. Croscorelación (CCF) entre PRE_2 y Pe en Caibarién- CUBA. Septiembre 2017.

PRE_2: Presión trihoraria Prevista con un año de antelación según ROR. Pe: Presión Trihoraria ocurrida en el mes de septiembre de 2017. Estación Caibarién.

En la tabla 1 podemos observar la correlación entre Lag26Pe y el pronóstico PRE_2 que es de 0,478 significativa al 100 %. Aparentemente Pe y PRE_2 no presentan correlación significativa por lo que pudiera ser engañoso este parámetro.

Tabla 1. Correlaciones entre PRE_2 y Lag26Pe. Caibarién, septiembre 2017.

Correlaciones	PRE 2	Pe	Lag26 Pe
PRE_2 Correlación de Pearson	1	,096	,478**
Sig. (bilateral)		,139	,000
N	240	240	214
Pe Correlación de Pearson	,096	1	-,091
Sig. (bilateral)	,139		,187
N	240	240	214
Lag26 Pe Correlación de Pearson	,478**	-,091	1
Sig. (bilateral)	,000	,187	
N	214	214	214

** La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral). PRE_2: Presión trihoraria Prevista con un año de antelación según ROR. Lag26Pe: Retardo en 26 observaciones.

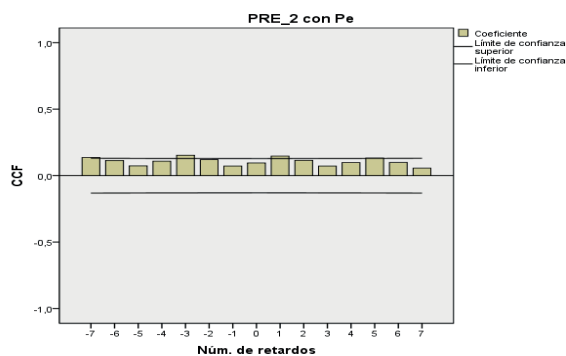


Figura 4. Croscorelación (CCF) entre PRE_2 y Pe en Caibarién CUBA. Septiembre 2017.

Los fuertes y cada vez más frecuentes e inusuales veranos e inviernos, inundaciones, sequías, disturbios meteorológicos (vendavales, tormentas tropicales, ciclones, huracanes, entre otros), reforzados por la intervención esporádica de «El Niño y La Niña» y más preocupante aún, la participación inconsecuente del hombre, así como el incremento ascendente del transporte aéreo y marítimo, están perpetuando en forma preocupante estos y otros episodios epidemiológicos (Arenas & Carvajal, 2012; Roy & Kovordányi, 2012; Arnell & Gosling, 2016). Por lo que es innegable, la influencia cada vez mucho más marcada, que tienen las variables meteorológicas en las poblaciones de organismos vectores (Fimia *et al.*, 2012; Osés *et al.*, 2012; Fimia *et al.*, 2016b).

Lo anteriormente analizado tiene repercusión directa en las especies de organismos vectores transmisores de

entidades infecciosas (Fimia *et al.*, 2016a,b; Fimia *et al.*, 2017c), a lo cual se une el cambio climático, con sus más de 20 fenómenos naturales, responsable directo de la cada vez mayor difusión y presentación en diferentes regiones tropicales y subtropicales de entidades infecciosas de etiología viral y parasitaria (Trenberth, 2005; Kundzewicz *et al.*, 2013; Rivera, 2014; Zhang, 2015), así como de la difusión, irradiación y propagación de los diferentes géneros y especies de vectores, principalmente *Anopheles*, *Aedes aegypti* (Linnaeus, 1762) y *Ae. Albopictus* Skuse 1895, lo cual concuerda con resultados vaticinados por otros autores (Beck-Johnson *et al.*, 2013; Zhang, 2015; Fimia *et al.*, 2017b,c).

Si tenemos en cuenta todo lo antes referido, más los resultados obtenidos en artículos publicados en relación con la temática objeto de análisis (Osés *et al.*, 2016; Aldaz *et al.*, 2017; Fimia *et al.*, 2017b), pues es de esperarse, en un futuro muy cercano, corrimientos/desplazamientos ecológicos de forma transitoria/temporal para especies de culícidos, desde los ecosistemas costeros hacia ecosistemas/asentamientos urbanos, separados incluso, a más de 50 km de las costas, con las consiguientes consecuencias epidemiológicas que este fenómeno pudiese traer consigo, tanto para la salud humana, como del resto de los animales; es decir, explosiones focales de entidades zoonóticas en áreas/sitios no coincidentes con la ecología y biología de las especies vectoras y hospedantes intermediarios.

Se demostró que el pronóstico realizado coincidió con lo ocurrido durante el paso del huracán Irma. La predicción con un año de antelación de la presión atmosférica trihoraria constituye una herramienta importante para prever el impacto de los huracanes en nuestro territorio, así como su relación directa, con la cada vez mayor difusión y presentación en diferentes regiones tropicales y subtropicales de entidades infecciosas de etiología viral y parasitaria, y la difusión, irradiación y propagación de los diferentes géneros y especies de organismos vectores.

Agradecimientos

Agradecemos al Departamento del Grupo de Instrumentos y Métodos de Observación (GIMO) del Centro Meteorológico Provincial de Villa Clara Cuba por los datos aportados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aberson, S.D.; Bender, M.A. & Tuleya, R.E. 1998. *Ensemble forecasting of tropical cyclone tracks*. Preprints, 12th Conference on Numerical

- Weather Prediction, Phoenix, AZ, American Meteor Society, pp. 290-292.
- Aldaz, C.J.W.; Osés, R.R.; Fimia, D.R.; Segura, O.J.J.; Aldaz, C.N.G.; Segura, O.J.J. & Fundora, G.R. 2017. The climate prediction with a year in advance through the Bultó's index for Havana city, Cuba. *International Journal of Current Research*, 9: 45382-45386.
- Arenas, V.A. & Carvajal, P.L. 2012. Influencia de los cambios climáticos en la definición del sexo en el *Aedes aegypti* y su impacto en las epidemias de dengue. *Revista Facultad de Salud*, 4: 11-24.
- Arnell, N.W. & Gosling, S.N. 2016. The impacts of climate change on river flood risk at the global scale. *Climatic Change*, 134: 387-401.
- Ballester, M.; González, C. & Pérez, R. 2010. *Variabilidad de la actividad ciclónica en la región del Atlántico Norte y su pronóstico*. Proyecto 0803. Ed. Academia. La Habana.
- Beck-Johnson, L.M.; Nelson, W.A.; Paaijmans, K.P.; Read, A.F.; Thomas, M.B. & Bjornstad, O.N. 2013. The effect of temperature on *Anopheles* mosquito population dynamics and the potential for malaria transmission. *Plos One*, 8: 1-12.
- Camargo, S.J.; Barnston, A.G.; Klotzbach, P.J. & Landsea, C.W. 2007. Seasonal tropical cyclone forecasts. *World Meteorological Organization Bulletin*, 56: 297-309.
- Cepero, R.O. 2012. El cambio climático: su efecto sobre enfermedades infecciosas. *REDVET*, 13 (05B): 1-15.
- CRED. 2017. *Centro para la Investigación de la Epidemiología de los Desastres*. <https://www.voanoticias.com/a/eeuu-huracanes-datos-record-2017-atlantico-clima-costos-destruccion/4021059.html>
- Dodla, V.B.; Desamsetti, S. & Yerramilli, A. 2011. A Comparison of HWRF, ARW and NMM Models in Hurricane Katrina (2005) Simulation. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 8: 2447-2469.
- Emanuel, K. 2005. Increasing destructiveness of tropical cyclones over the past 30 years. *Nature*, 436: 686-688.
- Fimia, D.R.; González, G.R.; Cepero, R.O.; Valdés, A.M.; Corona, S.E. & Argota, P.G. 2012. Influencia de algunas variables climáticas sobre la malacofauna fluvial con importancia zoonótica en la provincia Villa Clara. *REDVET*, 13 (7): Disponible en: <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n070712.html> [Consulta: 22 Febrero 2018].
- Fimia, R.; Osés, R.; Carmenate, A.; Iannacone, J.; González, R.; Camacho, L.; Cepero, O. & Cabrera, A. 2016a. Modeling and forecasting for mollusk's with angiostrongilosis in the province Villa Clara, Cuba using Objective Regressive Regression (ROR). *Neotropical Helminthology*, 10: 61-71.
- Fimia, D.R.; Iannacone, J.; Osés, R.R.; González, G.R.; Armiñana, G.R.; Gómez, C.L.; García, C.B. & Zaita, F.Y. 2016b. Asociación de algunas variables climáticas con la fasciolosis, angiostrongilosis y la malacofauna fluvial de la provincia Villa Clara, Cuba. *Neotropical Helminthology*, 10: 259-273.
- Fimia, R.; Osés, R.; Iannacone, J.; Carmenate, A.; Diéguez, L.; González, R.; Gómez, L. & Cepero, O. 2017a. Modelación y predicción hasta el año 2020 para la angiostrongilosis total utilizando la Regresión Objetiva Regresiva. Villa Clara, Cuba. *The Biologist (Lima)*, 15 (Suplemento Especial) 1:S16-S16.
- Fimia, R.; Osés, R.; Aldaz, J.W.; Iannacone, J.; Zaita, Y.; Osés, R. & Cabrera, M. 2017b. Modelación matemática del cólera por medio de la Regresión Objetiva Regresiva y su relación con las variables climáticas. Caibarién, Villa Clara, Cuba. *The Biologist (Lima)*, 15 (Suplemento Especial) 1: S128-S128.
- Fimia, D.R.; Alarcón, E.P.M.; Osés, R.R.; Argota, P.G.; Iannacone, O.J. & Capote, C.J. 2017c. Modeling of Equivalent Effective Temperature and its possible incidence on larval density of *Anopheles* mosquitoes (Diptera: Culicidae) in Villa Clara province, Cuba. *Revista de Biología Tropical*, 65: 565-573.
- Goerss, J.S. 2000. Tropical cyclone track forecasts using an ensemble of dynamical models. *Monthly Weather Review*, 128: 1187-1193.

- Gore, A. 2007. *An Inconvenient truth [videocinta]* EUA: Paramount Classics and Participant Productions.
- Halperin, D.J.; Fuelberg, H.E.; Rhart, R.E.; Cossuth, J.H. & Sura, P. 2013. An evaluation of tropical cyclone genesis forecasts from global numerical models. *Weather and Forecasting*, 28:1423-1445.
- Jiménez, G.J. 2017. *Efecto de la nubosidad en los paneles fotovoltaicos*. Tesis de Culminación de estudios de la especialidad de Ingeniería Eléctrica. Universidad Marta Abreu de Las Villas. Facultad de Ingeniería Eléctrica.
- Kundzewicz, Z.W.; Kanae, S.; Seneviratne, S.I.; Handmer, J.; Nicholls, N.; Peduzzi, P. et al. 2013. Flood risk and climate change: global and regional perspectives. *Hydrological Sciences Journal*, 59: 1-28.
- Li, Q.; Lan, H.; Chan, J.C.L.; Cao, C.; Li, C. & Wang, X. 2016. *An operational statistical scheme for tropical cyclone-induced rainfall forecast*. Chapter 10. *Recent developments in tropical cyclone dynamics, prediction, and detection*. pp. 217-232. Disponible en: <http://www.intechopen.com/books/recent-developments-intropical-cyclone-dynamics-prediction-and-detection>.
- Osés R.; Saura G. & Pedraza A. 2012. *Pronóstico de huracanes en el Mar Caribe utilizando la Regresión Objetiva Regresiva (ROR), 20 al 23 Marzo/2012*. Disponible en: <http://www.lidar.camaguey.cu/sometcuba/taller/resumen.php>.
- Osés, R. 2014. Modelación Matemática ROR aplicada al pronóstico total de terremotos a nivel global - Mathematical Modeling (ROR) applied to the forecast of earthquakes in the global level. *Revista Electrónica de Veterinaria*, 15 (08B).
- Osés, R.; Burgos, I.; Osés, C.; Otero, M. Fimia, R. Cruz, L. 2015. How much methodology ROR explains the rain errors in Caibarién, Cuba. *International Journal of Current Advanced Research*, 4: 17-21.
- Osés, R.R.; Rigoberto, D.R.; Iannacone, O.J.; Saura, G.G.; Gómez, C.L & Ruiz, C.N. 2016. Modelación de la temperatura efectiva equivalente para la estación del Yabú y para la densidad larval total de mosquitos en Caibarién, provincia Villa Clara, Cuba. *Revista Peruana de Entomología*, 51:1-7.
- Osés, R.; Sánchez, M.; Fimia, R.; Gascón, B.C.; Iannacone, J.; Zaita, Y.; Osés, C. & Burgos, I. 2017a. La Regresión Objetiva Regresiva más allá de un ruido blanco para los virus que circulan en la provincia Villa Clara, Cuba. *The Biologist (Lima)*, 15, Suplemento Especial, 1:127-127.
- Osés, R.; Aldaz, J.; Fimia, R.; Jagger, J.; Aldaz, N.; Segura, J. & Osés, C. 2017b. The ROR's Methodology and it's possibility to find information in a White Noise. *International Journal of Current Research*, 9: 47378-47382.
- Osés, R.; Domínguez, I.; Pedraza, F.A. & Jiménez, F. 2017c. *Modelación y Pronóstico de la Presión Atmosférica Tri-horaria a nivel del mar con 11 años de antelación de la provincia Villa Clara, Cuba*. Centro Meteorológico Provincial de Villa Clara. (Inédito).
- Ramos, L.E. 1996. *Benito Viñes, S. J.* Ed. Academia, La Habana.
- Roy, C. & Kovordányi, R. 2012. Tropical cyclone track forecasting techniques - A review. *Atmospheric Research*, 104-105: 40-69.
- Ruan, Z. & Wu, Q. 2018. Precipitation, convective clouds, and their connections with tropical cyclone intensity and intensity change. *Geophysical Research Letters*, 45: 1098-1105.
- Socarrás, J. 2006. *Guía Climática de la provincia de Villa Clara*. Proyecto de Investigación del Centro Meteorológico Provincial de Villa Clara. (Inédito).
- Trenberth, K. 2005. Uncertainty in Hurricanes and global warming. *Science*, 309: 1753-1754.
- Vecchi, G.A.; Delworth, T.; Gudgel, R.; Kapnick, S.; Rosati, A.; Wittenberg, A.T.; Zeng, F.; Anderson, W.; Balaji, V.; Dixon, K.; Jia, L.; Kim, H.S.; Krishnamurthy, L.; Msadek, R.; Stern, W.F.; Underwood, S.D.; Villarini, G.; Yang, X. & Zhang, S. 2014. On the seasonal forecasting of regional tropical cyclone activity. *Journal of climate*, 27: 7994-8016.

- Wang, B.; Xu, Y. & Baogui, B. 2007. Forecasting and warning of tropical cyclones in China. *Data Science Journal*, 6, Supplement, 13: S723-S737.
- Webster, P.J.; Holland, G.J.; Curry, J.A. & Chang, R.H. 2005. Changes in tropical cyclone number, duration, and intensity in a warming environment. *Science*, 309: 1884-1847.
- Wu, C.C.; Bender, M.A. & Kurihara, Y. 2000. Typhoon Forecast with the GFDL Hurricane Model: Forecast skill and comparison of predictions using AVN and NOGAPS global analyses. *Journal of the Meteorological Society of Japan*, 78: 777-788.
- Xie, L.; Bao, S.; Pietrafesa, L.J.; Foley, K. & Fuentes, M. 2006. A real-time Hurricane surface wind forecasting model: formulation and verification. *Monthly Weather Review*, 134: 1355-1370.
- Zhang, Z. & Krishnamurti, T.N. 1999. A perturbation method for hurricane ensemble predictions. *Monthly Weather Review*, 127: 447-469.
- Zhang, Y.; Feng, C.; Ma, C.; Yang, P.; Tang, S.; Lau, A.; Sun, W. & Wang, Q. 2015. The impact of temperature and humidity measures on influenza A (H7 N9) outbreaks-evidence from China. *International Journal Infectious Diseases*, 30: 122-124.

Received February 5, 2018.

Accepted June 28, 2018.