

Programa para el análisis espacial de los regímenes de temperatura y precipitación

Program for spatial analysis of temperature and rainfall regimes



<http://opn.to/a/9NDql>

Yosmani Emilio Lamorena-Arencibia ^{1*}, Axel Hidalgo-Mayo ¹

¹Centro Meteorológico Provincial de Holguín, Holguín, Cuba

RESUMEN: La representación espacial de los regímenes de temperatura y precipitación son de gran importancia y utilidad cuando se quiere analizar el comportamiento climático de una región determinada; por tal motivo la presente investigación tiene como objetivo el desarrollo de un programa que permita realizar dichas tareas. Se utilizaron datos de temperatura media del aire de las estaciones meteorológicas pertenecientes a las provincias de Granma, Santiago de Cuba, Guantánamo y Holguín, así como la información pluviométrica de esta última provincia; mientras que se utilizó el método de interpolación del inverso de la distancia al cuadrado. Este trabajo permitió obtener una caracterización climática de la provincia de Holguín respecto a las variables meteorológicas antes mencionadas y siendo aplicable en una región geográfica cualquiera.

Palabras clave: Inverso de la distancia al cuadrado, Interpolación, Precipitación, Temperatura, Cuba.

ABSTRACT: The spatial representation of the temperature and rainfall regimes are of great importance and usefulness when you want to analyze the climatic behavior of a given region; for this reason, the present investigation has as objective the development of a program that allows to perform said tasks. Data of the average temperature of the air from the meteorological stations belonging to the provinces of Granma, Santiago de Cuba, Guantanamo and Holguin were used, as well as the rainfall information of the latter province; while the interpolation method of the inverse of the distance squared was used. This work allowed obtaining a climatic characterization of the province of Holguín with respect to the aforementioned meteorological variables and being applicable in any geographic region.

Keywords: Inverse of the distance squared, Interpolation, Rainfall, Temperature, Cuba.

INTRODUCCIÓN

La creciente demanda de información para áreas específicas por parte de la agricultura y otras instituciones, hace cada vez más aguda la necesidad de representar espacialmente las variables climatológicas (temperatura y precipitación) sobre un territorio determinado. Esta problemática, unida a la carencia de datos climáticos y la distribución irregular de los mismos y al no contar con una herramienta computacional eficiente que permita realizar los análisis de temperatura y precipitación, hace aún más complejo el problema.

Varias han sido las investigaciones que han empleado métodos de interpolación, aunque con

diferentes fines, para representar espacialmente los regímenes de precipitación y temperatura (Díaz *et al.*, 2008; Londoño *et al.*, 2010; Vargas *et al.*, 2011; Vázquez & Solano, 2013) en el estudio de suelos.

Generalmente se propone el *kriging* como un gran interpolador, pero en la práctica este presenta ciertos inconvenientes en su utilización operativa pues resulta muy laborioso y requiere de encontrar un variograma óptimo para cada conjunto de datos diferentes, además de generar extrapolaciones fuera de rango cuando aparecen en el espacio lagunas de información.

*Autor para correspondencia. Yosmani Emilio Lamorena-Arencibia. E-mail: yosmani.lamorena@hlg.insmet.cu

Recibido: 14/12/2018

Aceptado: 01/04/2019

Otro método muy eficaz es el *thin-plate-spline*, su técnica es muy buena para la interpolación donde los datos son muy irregulares o esparcidos y es formalmente equivalente al *kriging*, aunque su formulación es diferente. Los autores corroboraron la validez del método con datos de lluvia y temperatura, aplicando técnicas objetivas y subjetivas (Vázquez & Solano, 2013). El método de la distancia inversa al cuadrado según (Vázquez & Solano, 2013) tiene como principal ventaja su exactitud para la interpolación en los puntos de rejilla, así como su alta velocidad de cálculo computacional.

Según, (Vargas et al., 2011) los modelos más sencillos de programar son el *V4* e *IDW* (inverso de la distancia por su siglas en inglés). El método de *kriging* por la cantidad de parámetros y la variación bajo las condiciones de número de estaciones y rangos de precipitación requiere mayor tiempo computacional y una programación más avanzada, sin que este esfuerzo produzca mejores resultados.

Por todo lo antes mencionado, el objetivo general del presente trabajo es implementar el método de interpolación del inverso de la distancia al cuadrado, con el fin de representar cartográficamente los elementos climáticos (temperatura y precipitación) en la provincia Holguín.

MATERIALES Y MÉTODOS

La mayoría de las investigaciones consultadas (Zimmerman et al., 1999; Li & Heap, 2008; Yu & Wong, 2008; Londoño et al., 2010; Vargas et al., 2011), convergen en la utilización de los métodos de interpolación *krigin*, *co-krigin*, *V4*, Método Modificado de Shepard, *thin plate smoothing spline* (TPSS), inverso de la distancia al cuadrado (IDW) por sus siglas en inglés. Según (Vargas et al., 2011) cada uno de los métodos empleados para la estimación de los campos de precipitación tiene una serie de ventajas y desventajas. En cuanto al número de puntos de muestreo, el modelo de *Kriging* requiere un elevado número de estaciones con registros, mientras que los modelos *IDW* y *V4* no tienen restricciones en este aspecto. Este resultado debe hacer reflexionar a los modeladores que emplean la metodología de *Kriging* de manera indiscriminada.

Es por esto que para el desarrollo de este programa, se implementó el método de interpolación (IDW), pues en las regiones de

Cuba o el país en general siempre se cuenta con pocas estaciones meteorológicas que aporten datos al método.

La formulación matemática del método de interpolación del inverso de la distancia al cuadrado según (Li & Heap, 2008) es la siguiente:

$$Z_{ij} = \frac{\sum_{e=1}^k P_e \cdot dP_e^{-2}}{\sum_{e=1}^k dP_e^{-2}} \quad (1)$$

donde,

Z_{ij} : es el valor estimado de la variable en el punto "ij"

P_e : es el valor de la variable en la estación "e".

K : es el número total de estaciones

dP_e : es el valor de la distancia euclidiana del punto "ij" a la estación "e"

$$DP_e = \sqrt{(X_{ij} - X_e)^2 + (Y_{ij} - Y_e)^2} \quad (2)$$

donde,

X_{ij}, Y_{ij} : es la posición geográfica del punto "ij"

X_e, Y_e : es la posición geográfica de la estación "e"

Los datos de la temperatura media del aire se obtuvieron de las estaciones meteorológicas pertenecientes a la provincia Holguín (ver figura 1), mientras que la información pluviométrica empleada se corresponde con las estaciones pluviométricas del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos en el territorio. El período empleado en ambos casos fue la Norma Climática 1981-2010.

El error de interpolación se calculó a partir del error cuadrático medio:

$$ECM = \frac{\sum_{i=1}^n (T_i - E_i)^2}{n} \quad (3)$$

Donde:

T_i : Valor de la variable medido en la estación meteorológica o pluviométrica.

E_i : Valor de la variable estimado en la estación meteorológica o pluviométrica.

n : Total de estaciones meteorológicas y/o pluviométricas empleadas en la interpolación.

Para esta región se crearon los 2 ficheros y se obtuvo uno nuevo con la información en los puntos de rejilla (8Km de lado), luego con estos

datos se confeccionaron los mapas de la distribución espacial de la temperatura y precipitación empleando el software Golden Surfer 8.0.

Descripción del programa

Antes de que el programa use esta técnica de interpolación para encontrar los valores aproximados de los puntos de rejilla es necesario construir la rejilla y establecer los límites del área que se desea estudiar. Esto se realiza de la manera que se describe a continuación:

Para construir dicha malla es necesario conocer las siguientes variables: *paso_rejilla*, X_{\min} ó longitud mínima de la región, X_{\max} ó longitud máxima de la región, Y_{\min} ó latitud mínima de la región, Y_{\max} ó latitud máxima de la región, luego el programa itera de la manera siguiente para cubrir toda la región con el *paso_rejilla* dado:

Se inicializa la rejilla en el punto $X_1 = X_{\min}$, luego para $i = 2; i + +$ se calculan las restantes “ X ” o “longitud” de los puntos de rejilla: $X_i = X_{i-1} + \text{paso_rejilla}$, de la misma forma se calculan las “ Y ” o “latitud” de los puntos de rejilla: $Y_1 = Y_{\min}$, luego para $i = 2; i + +$; $Y_i = Y_{i-1} + \text{paso_rejilla}$, tiene como condición de parada $X_i(Y_i) \geq X_{\max}(Y_{\max})$, obteniendo así los puntos $Z_{ij} = X_i, Y_j$ esta forma de conformar la rejilla permite la ventaja de conocer los valores estimados de un punto específico, lo único que se debe hacer es cambiar los valores de X_{\min} y Y_{\min} por la longitud y latitud de dicho punto. Esto es de gran ayuda a la hora de comprobar la eficiencia del método pues permite calcular el error de manera sencilla, restando el valor observado del valor estimado en una estación.

En la [figura 2](#) se puede observar la interface del programa realizada en el lenguaje QT; como

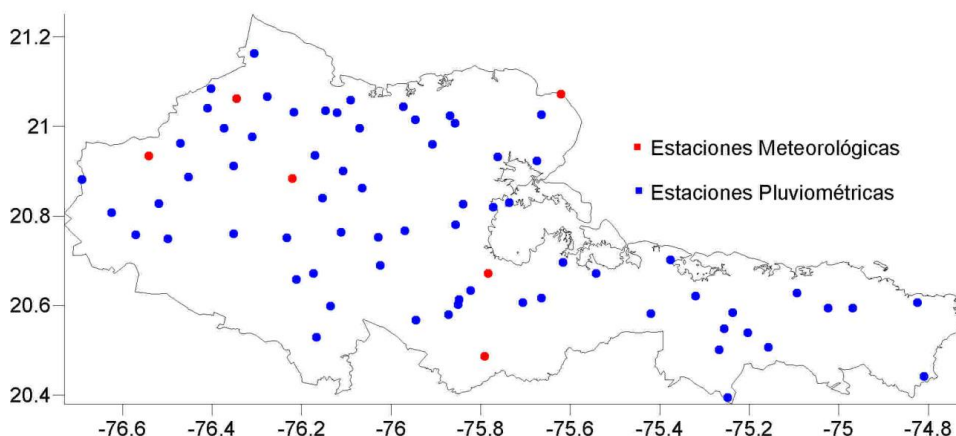


Figura 1. Ubicación geográfica de las estaciones meteorológicas y pluviométricas empleadas. Período 1981-2010.



Figura 2. Interfaz del programa obtenido

se puede observar el mismo necesita cargar 2 archivos en formato “.csv”, como se describe a continuación:

** Los archivos “CSV” se generan desde cualquier documento “.xls” al darle “guardar como” elegir “.csv” y listo, hay que verificar que los “.csv” estén en el orden a continuación y además en los números decimales se utiliza “.” en vez de “,” y los valores de las variables se separan por “;”

En estos casos el programa utiliza las estaciones cercanas que se encuentren a una distancia euclidiana menor a 50 y 20 Km del punto que se quiere conocer para los cálculos de la temperatura y precipitación respectivamente, de acuerdo a (OMM, 1990). Se debe tener en cuenta que los valores que devuelve el programa no presentan ninguna corrección por altura.

***** Orden de los “.CSV”*****

1- “.CSV” de los datos del mapa (*paso_rejilla; X_{min}; X_{max}; Y_{min}; Y_{max}*). Si se quiere que el *paso_rejilla* sea de 8km el dato que ponemos en el “.CSV” es $8/110 = 0.073$ (conversión aproximada a grados) entonces si el *paso_rejilla* = 0.073 , la $X_{min} = -76.901$, la $X_{max} = -74.809$, la $Y_{min} = 20.277$ y la $Y_{max} = 21.1627$ entonces el “.csv” queda (0.073; -76.901; -74.809; 20.277; 21.1627;)

2- “.CSV” de los datos de interpolación (*X; Y; temperatura; precipitacion*)

Ejemplo:

-76.541; 20.934; 25.9; 23.5; ; ; ; ; ; ; ; ;
 -75.621; 21.072; 26.6; 62.0; ; ; ; ; ; ; ; ;
 -75.783; 20.672; 25.7; 70.7; ; ; ; ; ; ; ; ;
 -75.791; 20.487; 22.0; 45.0; ; ; ; ; ; ; ; ;
 -76.221; 20.884; 26.1; 36.2; ; ; ; ; ; ; ; ;

Ninguno de los 'CSV' deben contener letras o líneas que solo contengan signos de puntuación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las [figuras 3](#) y [4](#) muestran la distribución espacial de la temperatura del aire y de la precipitación total anual respectivamente. Las mismas reflejan la disminución de la temperatura del aire con altura en las zonas montañosas de la provincia (valores inferiores a 24 °C), así como la mayor cantidad de precipitación que se registra en el municipio Moa producto a factores locales (lluvia orográfica). Estos resultados son similares a los obtenidos por ([Pérez & Hidalgo, 2016](#)).

Análisis de los errores

En este proceso se fueron sustrayendo de la serie de datos las estaciones meteorológicas y pluviométricas, independientemente unas de otras y se fueron comparando con los valores estimados en esos puntos y se obtuvo un margen de error para la temperatura entre enero y mayo entre 0.2-0.5 °C, mientras que el resto del año son inferiores a 0.2 °C. En el caso de la precipitación total anual los errores absolutos se encuentran entre 15-60 mm lo que representa errores del 2%, 4% y 5% para Cabo Lucrecia, Pedagógico-Holguín y Pinares de Mayarí respectivamente.

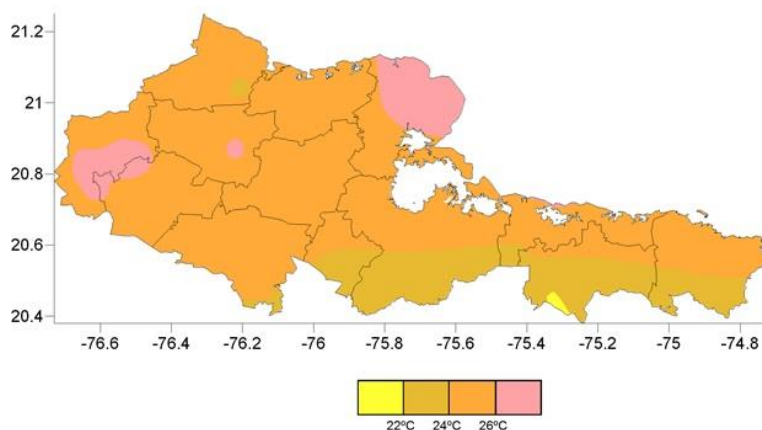


Figura 3. Distribución espacial de la temperatura media del aire anual en el período 1981-2010 en la provincia Holguín.

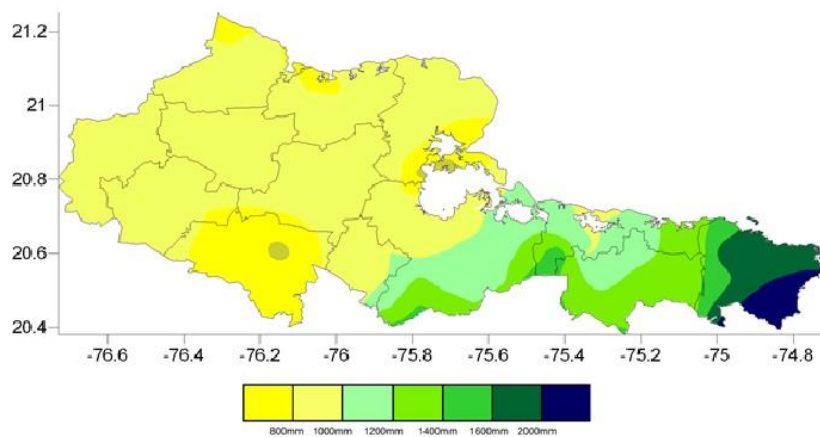


Figura 4. Distribución espacial de la temperatura media del aire anual en el período 1981-2010 en la provincia Holguín.

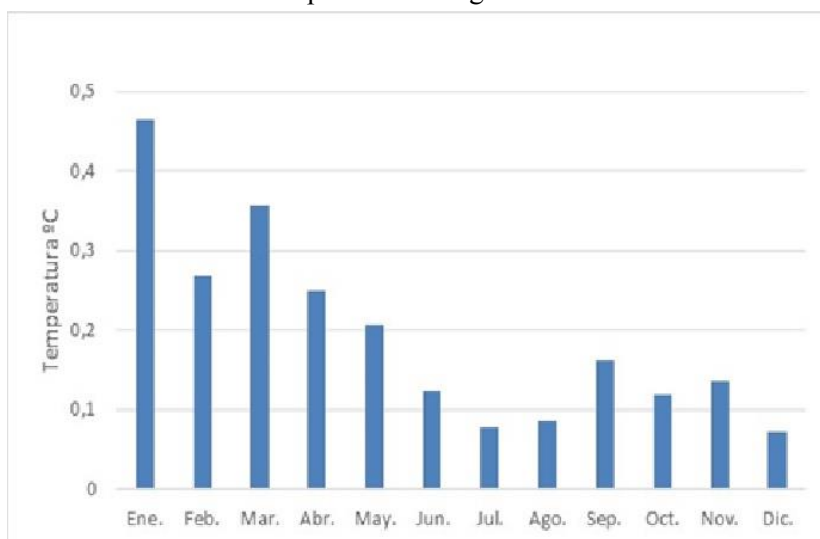


Figura 5. Error cuadrático medio de la temperatura media del aire anual para las estaciones de Velasco, Pedagógico- Holguín y La Jíquima.

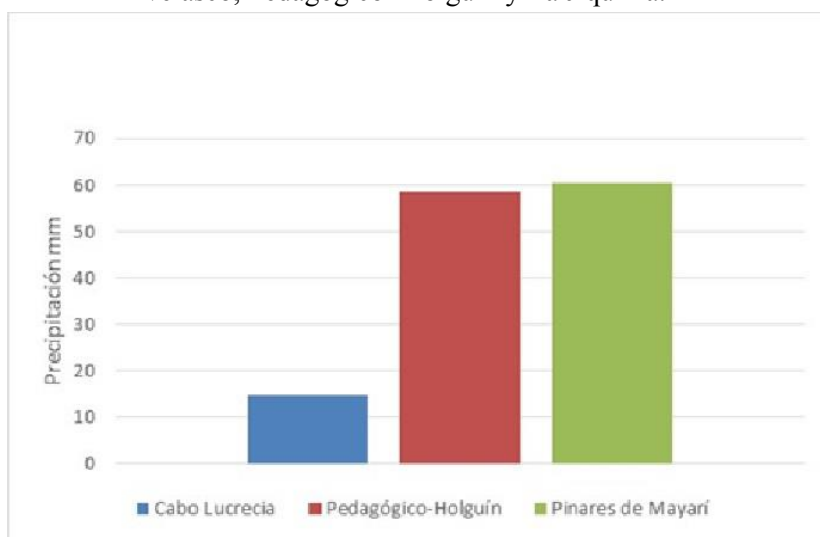


Figura 6. Error absoluto para el acumulado anual de precipitación durante el año 2016.

CONCLUSIONES

- La implementación del método del inverso de la distancia al cuadrado en el lenguaje QT, a un bajo costo computacional, permitió obtener resultados favorables en la estimación de la temperatura media anual con errores entre 0.1-0.5 °C y de la precipitación total anual con valores 15-60 mm que representan entre el 2-5% de los acumulados anuales.
- La representación espacial de los regímenes de precipitación y temperatura media del aire permitieron reflejar las diferencias entre estas dos variables en la provincia Holguín, provocadas fundamentalmente por la variación de la altura en las zonas montañosas del territorio.

REFERENCIAS

- Díaz, G.; Sánchez, I.; Quiroz, R.; Garatuza, J.; Watts, C. & Cruz, I. 2008. "Interpolación espacial de la precipitación pluvial en la zona de barlovento y sotavento del Golfo de México". 34(3): 279-287, ISSN: 0568-2517.
- Li, J. & Heap, A.,D. 2008. *A Review of Spatial Interpolation Methods for Environmental Scientists*. Canberra, Australia: Geoscience Australia, 137 p., ISBN: 978-1-921498-30-5.
- Londoño, L.,A.; Ramírez, J., R.; Ramírez, G.,I. & Ordoñez, C. A. 2010. "Modelo de interpolación espacial mediante Sistemas de Información Geográfica para el estudio de la variabilidad espacial de la resistencia a la penetración del suelo". *Dyna*, 77(6): 109-118, ISSN: 0012-7353.
- Pérez, G. & Hidalgo, A. 2016. "Regionalización climática de la provincia de Holguín". *Revista Cubana de Meteorología*, 22(1): 39-48, ISSN: 0864-151X.
- Vargas, A.; Santos, A.; Cárdenas, E. & Obregón, N. 2011. "Análisis de la distribución e interpolación espacial de las lluvias en Bogotá, Colombia". *Dyna* , 78(3): 151-159, ISSN: 0012-7353.
- Vázquez, R.J. & Solano, O.J. 2013. "Modelación espacial de la lluvia y la evapotranspiración teniendo en cuenta parámetros geográficos". *Revista Ciencias de la Tierra y del Espacio*, 14(1): 80-90, ISSN: 1729-3790.
- Yu, G.Y. & Wong, D.W. 2008. "An adaptive inverse-distance weighting spatial interpolation technique". *Computers & Geosciences*, 34: 1044-1055, ISSN: 0098-3004, DOI: 10.1016/j.cageo.2007.07.01.
- Zimmerman, D.; Pavlik, C.; Ruggles, A. & Armstrong, M.P. 1999. "An Experimental Comparison of Ordinary and Universal Kriging and Inverse Distance Weighting". *Mathematical Geology*, 31(4): 375-390, ISSN: 1874-8953.

Yosmani Emilio Lamorena Arencibia. Centro Meteorológico Provincial de Holguín, Holguín, Cuba. E-mai: yosmani.lamorena@hlg.insmet.cu

Axel Hidalgo Mayo. Centro Meteorológico Provincial de Holguín, Holguín, Cuba. E-mai: axel.hidalgo@hlg.insmet.cu

Los autores de este trabajo declaran no presentar conflicto de intereses.

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/)