

USO DE DASHBOARD Y SIG EN SERVICIOS CLIMÁTICOS DE CIEGO DE ÁVILA: NUEVA PROPUESTA METODOLÓGICA

USE OF DASHBOARD AND GIS IN CLIMATIC SERVICES OF CIEGO DE AVILA: NEW METHODOLOGICAL PROPOSAL

Autores: Alexey Valero Jorge¹

Felipe Matos Pupo¹

Silvia Hernández Hernández²

Institución: ¹Centro Meteorológico Provincial de Ciego de Ávila, Cuba

²Delegación Provincial de Recursos Hidráulicos en Ciego de Ávila, Cuba

Correo electrónico: alexey.valero@cav.insmet.cu

felipe.matos@cav.insmet.cu

silvia@ca.hidro.gob.cu

RESUMEN

El clima influye de forma directa en todas las esferas de la vida; aunque dicha dependencia se hace más evidente en determinados sectores socioeconómicos, como la agricultura, el turismo y la salud. En los últimos años se ha incrementado el número de clientes que solicitan información del clima al Centro Meteorológico Provincial de Ciego de Ávila. Estos tipos de servicios (condiciones meteorológicas y climáticas) se realizaban en esta institución en un periodo que oscilaba entre dos y tres horas, siendo los más complejos aquellos que necesitan de análisis tanto espacial como temporal. La morosidad radicaba en las técnicas de análisis aplicadas: reanálisis a partir de una base de datos en Excel, y las informaciones espaciales elaboradas a partir de Surfer. Proponemos el uso del software QGIS para el tratamiento espacial de los datos climáticos, y el análisis temporal se logra con mucha rapidez, por medio de un Dashboard. Con la nueva metodología, se han logrado resultados en menor tiempo (hasta cinco servicios en una hora) y una mejor calidad de estos servicios.

Palabras clave: Dashboard, Metodología, QGIS, Servicios Climáticos.

ABSTRACT

The climate affect directly over all life circles, although is more evident over some socioeconomic sectors as agriculture, tourism and health. Last year's more clients came to Meteorological Center in Ciego de Ávila province to find climatic information

and services. Some of these services (meteorological and climatic conditions) were realized in a work period that was between two and three hours, with longer work time to those that needed spatial and temporal analysis. Long work time to these services were due methodological tools: analysis from Excel data base and spatial information represented using Surfer software. Actually we are using QGIS software as tools for spatial representation in maps and temporal analysis using a Dashboard. With our new proposal, the work time was shortest (to five services in one hour) and increased the quality of services.

Keywords: Climatic Services, Dashboard, Methodology, QGIS.

INTRODUCCIÓN

Los métodos utilizados en la Cartografía tradicional han sido sometidos a cambios importantes, sustituidos por modernos procesos de cómputo que permiten conectar las cartas geográficas con bases de datos inteligentes. En los últimos veinte años, con la llegada de la cartografía digital, se han generado importantes avances desde el punto de vista tecnológico; los Sistemas de Información Geográfica (SIG) han jugado un papel esencial en tales avances.

El uso y aplicación de los SIG descansa entonces sobre la base de la Cartografía; desde la década de 1990 se observaba esta relación. Flores (1997) planteó que la estrecha colaboración entre cartógrafos y especialistas de la computación gráfica, ayudados además por las mejoras continuas de los medios de cómputo, permitió el origen y consolidación de la Cartografía Digital. Más recientemente, otros autores han brindado nuevos argumentos sobre los nexos entre los SIG y la Cartografía, con énfasis en los cambios experimentados por la información digital en la Geografía (Buzai, 2014; Buzai *et al.*, 2016; Monmonier, 2016; Paso Viola, 2016; Montes Galbán, 2017).

Durante la década de los ´60, patrocinado por el Departamento Federal de Energía y Recursos de Canadá, fue desarrollado el primer SIG denominado CGIS (Canadian Geographical Information Systems), liderado el proyecto por el Dr. Roger Tomlison (considerado entonces el padre de los SIG). Esta investigación tuvo como objetivo trabajar con datos del inventario geográfico canadiense y su análisis para la gestión en espacios rurales. Desde entonces los SIG han evolucionado aceleradamente en el tiempo (Buzai, 2015; Rabella, 2016). Actualmente el SIG de mayor uso es el

QGIS, no solo por las bondades que ofrece, en cuanto a las herramientas de trabajo que contiene para su uso en diferentes aplicaciones, sino porque está soportado sobre una plataforma de software libre (PostGIS-Project, 2013).

La importancia de estas herramientas de los SIG radica en las facilidades que ofrecen para elaborar mapas, muy útiles además para gestionar información geoespacial. Actualmente crecen aceleradamente las demandas de informaciones en forma de mapas, tal es la necesidad, que hoy en día se cuenta con herramientas que permiten la confección de mapas por vía on-line, a través de sitios web específicos diseñados para este fin, y también mapas para trabajar sobre soportes tecnológicos a través de móviles (Peterson, 2014).

Los SIG han tenido un gran espectro de aplicaciones en diferentes ramas del saber. Específicamente en la Hidrometeorología y la Climatología, estos han contribuido al manejo de información del tiempo atmosférico y las condiciones del clima, muy útiles para el desarrollo de sectores económicos de prioridad para un territorio, como son la agricultura y el turismo.

Sendos ejemplos existen, a través de los cuales se evidencia la influencia del tiempo y el clima en la agricultura (Fina, 1992; Almorox, 2009; Hernández *et al.*, 2020). También existen diversos resultados que manifiestan los nexos de las condiciones climáticas y el tiempo atmosférico con el desarrollo del sector turístico (Gómez-Martín, 2005; Gómez-Martín, Armesto-López y Martínez-Ibarra, 2017; Gómez-Martín *et al.*, 2020).

Los atlas climáticos han sido elaborados en diferentes regiones geográficas (Ninyerola, Pons y Roure, 2005; Salisbury *et al.*, 2019), incluida Cuba (González *et al.*, 1987); sin embargo, a pesar de la vasta base de datos climáticos con que cuenta la provincia de Ciego de Ávila, no hay referencias de la existencia de un Atlas climático provincial.

Ciego de Ávila cuenta con una densa red pluviométrica (operada y mantenida principalmente por el Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos), la cual brinda una información importante y con amplia distribución espacial que se constituye en una materia prima esencial para la elaboración de mapas climáticos provinciales (en este caso de precipitación temporal y espacial).

Otras variables meteorológicas (viento, radiación solar, temperatura, etc.) no cuentan con una base de datos tan ampliamente distribuida espacialmente, aunque si con un registro histórico adecuado. Aun así, es bien conocida la ventaja que ofrece la elaboración de mapas a través de SIG, ya que posee herramientas que permiten reconstruir el clima de una zona geográfica con información limitada (Hutchinson, 1991; Willeke, 1992).

El objetivo del presente estudio es proponer la base metodológica, que permita implementar el uso de Dashboard y SIG en los servicios climáticos en la provincia Ciego de Ávila.

MATERIALES Y MÉTODOS

Base de datos: Se utilizaron las salidas del SNVS (Sistema Nacional de Vigilancia de la Sequía), que dividen la provincia en una rejilla de 4x4 Km complementando un total de 492 puntos. Estos datos representan la información de 60 años de esta variable, distribuidos entre 1961 y el año 2020.

Los datos de precipitación por puntos por años están almacenados electrónicamente en hojas de Excel 2010 (Fig. 1) y organizados de manera tal que pueden ser utilizados para el trabajo con el SIG. La base de datos XLS contempla el número que identifica cada punto (*Id*) en una primera columna, así como los valores correspondientes a cada uno de los campos considerados en la data, y que se visualizan en las siguientes columnas, luego del *Id* de los puntos. Esta red de puntos y sus resultados son revisados y calibrados cada cierto tiempo, por lo que los datos pueden ser calificados como confiables en el contexto del trabajo propuesto.

Numero	long	lat	ano	mesl	lluvia	porcto	rango	condic	clas	racha	def	z	catz
3257	-79,085	21,8121	1961	1	17,3	50	3	2	-1	2	-17,3	-0,6	
3257	-79,085	21,8121	1961	2	89,8	237,9	9	0		CAMPOS	0	0,71	
3257	-79,085	21,8121	1961	3	42,6	127,5	7	0	0	0	0	9,2	0,35
3257	-79,085	21,8121	1961	4	46,7	83,6	5	0	0	0	0	-9,2	-0,2
3257	-79,085	21,8121	1961	5	76,1	40,7	1	1	-3	1	-110,7	-1,3	
3257	-79,085	21,8121	1961	6	281,9	129,7	9	0	2	0	0	64,6	0,52
3257	-79,085	21,8121	1961	7	63,5	39,9	1	1	-3	1	-95,5	-1,59	
3257	-79,085	21,8121	1961	8	306,8	168,8	10	0	3	0	125,1	1,74	
3257	-79,085	21,8121	1961	9	220,7	104,4	6	0	0	0	0	9,2	0,13
3257	-79,085	21,8121	1961	10	47,9	32,9	1	1	-3	1	-97,8	-1,37	
3257	-79,085	21,8121	1961	11	11,7	26,3	2	0	-3	2	-32,6	-1,25	
3257	-79,085	21,8121	1961	12	0	29,3	4	0	0	0	-16,9	-0,49	
3257	-79,085	21,8121	1962	1	0	2,4	4	0	0	0	-13	-0,45	
3257	-79,085	21,8121	1962	2	0	0	0	-3	1	1	-37,8	-0,8	
3257	-79,085	21,8121	1962	3	3,8	11,4	2	2	-2	2	-29,6	-1,12	
3257	-79,085	21,8121	1962	4	14,9	26,7	3	2	-1	3	-41	-0,89	
3257	-79,085	21,8121	1962	5	84,6	45,3	1	2	-3	4	-102,2	-1,2	
3257	-79,085	21,8121	1962	6	219,5	101	6	0	0	0	2,2	0,02	
3257	-79,085	21,8121	1962	7	72	45,3	1	1	-3	1	-87	-1,45	
3257	-79,085	21,8121	1962	8	174,7	96,1	5	0	0	0	-7	-0,1	
3257	-79,085	21,8121	1962	9	128,3	60,7	1	1	-3	1	-83,2	-1,19	
3257	-79,085	21,8121	1962	10	124,3	85,3	4	0	0	0	-21,4	-0,3	
3257	-79,085	21,8121	1962	11	1,1	2,5	1	1	-3	1	-43,2	-1,66	
3257	-79,085	21,8121	1962	12	0	0	1	2	-3	2	-23,9	-0,69	
3257	-79,085	21,8121	1963	1	0,3	0,9	1	2	-3	3	-34,3	-1,19	
3257	-79,085	21,8121	1963	2	47,6	126,1	8	0	1	0	9,8	0,21	
3257	-79,085	21,8121	1963	3	68,1	203,8	9	0	2	0	34,7	1,31	
3257	-79,085	21,8121	1963	4	18,8	33,7	3	1	-1	1	-37,1	-0,8	

Figura 1: Estructura de la base de datos de precipitación de la red pluviométrica de la Provincia Ciego de Ávila.

Con la aplicación de Excel se realizan los análisis estadísticos del comportamiento multianual de la precipitación: acumulados anuales en las escalas provincial y municipal, acumulados mensuales extremos (máximos y mínimos) y el comportamiento del Índice de Precipitación Estandarizado (SPI, por las siglas en inglés de *Standardized Precipitation Index*), tratando los valores promedios de este índice de anomalías. En todos los casos fueron considerados los acumulados de precipitaciones anuales y mensuales, así como los promedios de dichos acumulados para los mismos periodos de tiempo (anuales y mensuales).

Todos los indicadores no fueron calculados a través del Excel. Para el cálculo de las anomalías de las precipitaciones, tanto por año como por mes, se aplicó la corrida de un Script en el Software R Studio, contemplando en esta base metodológica el interfaz de trabajo para este cálculo con R Studio (Fig. 2).

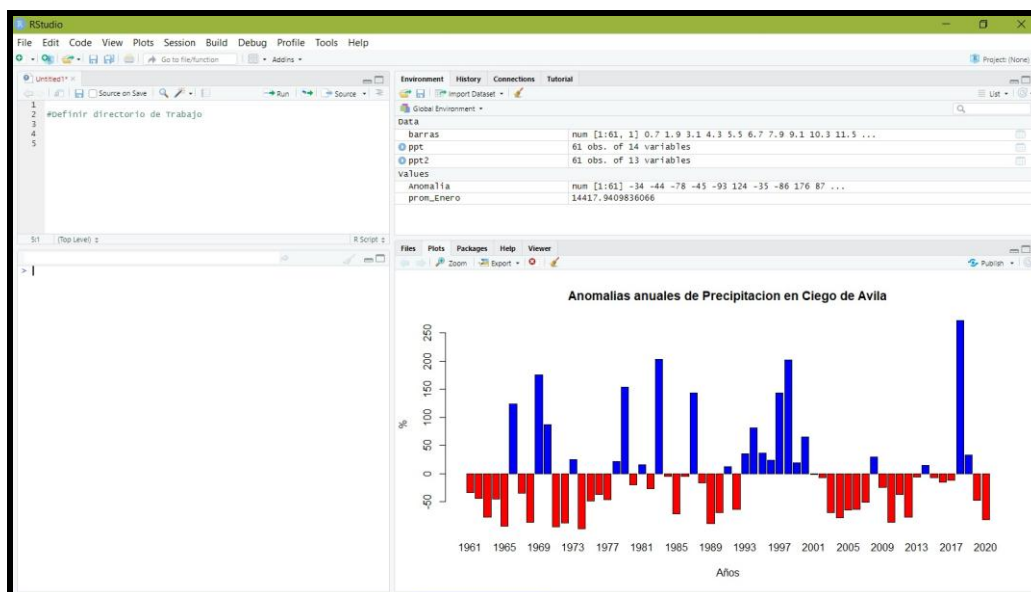


Figura 2: Interfaz de trabajo del Software R Studio, para el cálculo de anomalías.

Cálculo de indicadores

El cálculo de los indicadores se realizó usando como herramienta de gestión de la información un Dashboard. Un Dashboard o cuadro de mando es una herramienta de gestión de la información que monitoriza, analiza y muestra de manera visual los Indicadores Clave de Desempeño o de Rendimiento (KPI, por las siglas en inglés de *Key Performance Indicators*), métricas y datos fundamentales para hacer un

seguimiento del estado de una empresa, un departamento, una campaña o un proceso específico (Atlas SBI, 2017; Ortiz, 2020).

De forma general, el Dashboard constituye una excelente herramienta para el control de los negocios al trazar estrategias de marketing de forma muy ágil y eficiente, brindando sus mayores potencialidades en el control y manejo de información financiera y de contabilidad (Abellán, 2020). Por esta razón, prima el nivel de aplicación de los Dashboard en el campo de la economía de las empresas; nunca observado antes con aplicaciones en el manejo de datos climáticos, de ahí parte la novedad en este resultado.

Todos los indicadores fueron calculados con el Excel a partir de los Dashboards elaborados, excepto el cálculo de las anomalías de precipitación (por año y por mes), para cuyo fin se aplicó R Studio.

El cálculo de las anomalías anuales (a) y mensuales (m) de las precipitaciones, fue determinado mediante las fórmulas matemáticas siguientes:

$$A(a) = \left(\frac{Ac - Pa}{Pa} \right) * 100$$

Donde:

A(a)= Anomalías anuales (%).

Ac= Acumulado de las precipitaciones anuales (mm).

Pa= Promedio del acumulado de las precipitaciones anuales (mm).

$$A(m) = \left(\frac{Acm - Pm}{Pm} \right) * 100$$

Donde:

A(m)= Anomalías mensuales (%).

Acm= Acumulado de las precipitaciones por meses (mm).

Pm= Promedio del acumulado de las precipitaciones por meses (mm).

Representación espacial de los datos

La representación geoespacial de las precipitaciones (acumulados anuales a escala provincial) y los correspondientes indicadores a partir de estos valores, fue realizada mediante la aplicación del software QGIS, en su versión 3.16.1. Este es un Sistema de Información Geográfica de software libre y de código abierto para plataformas GNU/Linux, Unix, Mac OS, Microsoft Windows y Android.

Todas estas operaciones fueron realizadas en una máquina con un procesador Intel i3 de cuarta generación, con 4 GB de memoria RAM DDR2.

Al cargar los datos de los acumulados de precipitación en QGIS, estos como capa de texto delimitado, aparece en el entorno de trabajo como una red de puntos, estos en correspondencia con los pluviómetros.

Luego de cargar la capa vectorial, el siguiente paso consiste en generar la capa ráster interpolada, utilizando el complemento de interpolación. En este caso es utilizado el método de Interpolación de Distancia Inversa Ponderada (IDW, por las siglas en inglés de *Inverse Distance Weighting*).

Una vez generada la capa ráster interpolada, se asigna el tipo pseudocolor monobanda en las propiedades de la capa, ya que por defecto tiene asignado el gris monobanda como tipo de renderizado. Como paso final, se define una escala para elaborar el mapa de la distribución geoespacial de las precipitaciones, como producto final del proceso.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Descripción de la metodología

La metodología consiste en dos momentos. Una primera fase, dirigida al análisis de esta variable y los correspondientes indicadores en la escala temporal. La segunda fase consiste en la obtención de la distribución y análisis espacial de estos indicadores.

Análisis temporal

Para facilitar el manejo de todas estas variables, se crearon diferentes Dashboards, a partir del agrupamiento de un número de tablas y gráficos dinámicos. Los pasos para confeccionar estos Dashboards son los siguientes: (1) el primer paso consiste en insertar varias tablas dinámicas, definiendo los diferentes indicadores que se desean calcular, a partir de los datos primarios de precipitación; (2) cada tabla se conecta con un gráfico dinámico (Fig. 3); (3) luego de insertados los gráficos dinámicos en las correspondientes tablas dinámicas, estos son movidos a la hoja Dashboard (Fig. 4).



Figura 3: Conjunto de tablas y gráficos dinámicos creados en Excel.

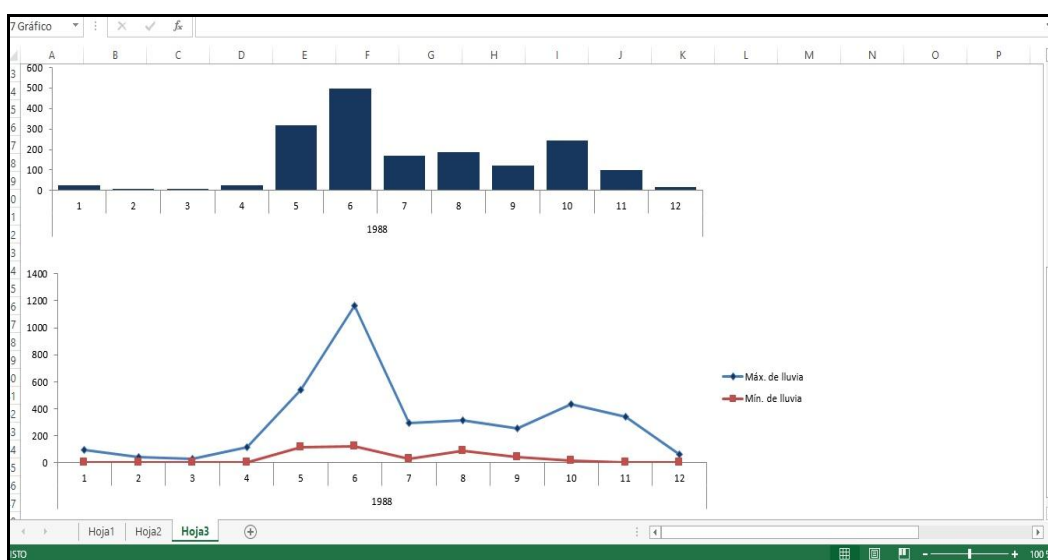


Figura 4: Dashboard creado para el manejo estadístico de los datos de precipitación.

Los restantes indicadores correspondientes a la escala temporal (anomalías), fueron calculados a partir de la aplicación informática R Studio.

Análisis espacial

La representación espacial de los acumulados de precipitación fue realizada a través de QGIS 3.16.1. Al cargar los datos de los acumulados de precipitación en QGIS, inicialmente como capa de texto delimitado, aparece la red de puntos de la provincia (Fig. 5) en el entorno de trabajo de la aplicación.

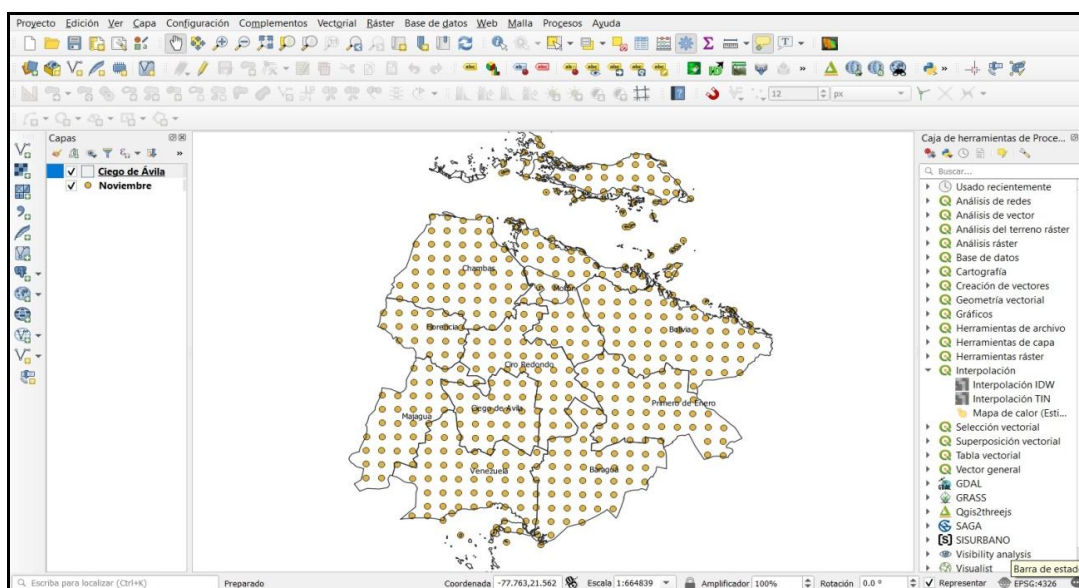


Figura 5: Representación geoespacial de la red pluviométrica de la Provincia Ciego de Ávila.

El siguiente paso consiste en generar la capa ráster interpolada (Fig. 6), aplicando la herramienta de interpolación. Al aplicar este método, los puntos de muestreo se ponderan durante la interpolación, de manera que la influencia de un punto en relación con otros disminuye con la distancia, desde el punto desconocido que se desea crear.

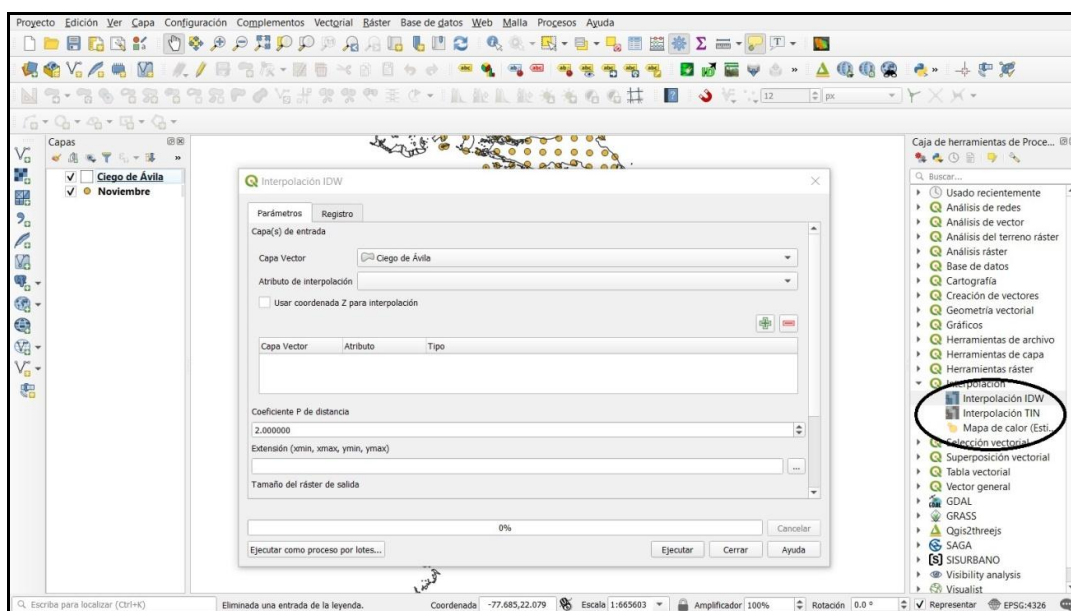


Figura 6: Complemento de Interpolación IDW, utilizado para generar la capa ráster interpolada.

Una vez culminado el proceso de interpolación se define una nueva escala cromática, ya que tiene predeterminada por defecto la escala de grises.

Productos de la metodología propuesta. Uso en servicios climáticos

Considerando que el trabajo está dirigido a tratar los aspectos metodológicos para realizar estos tipos de análisis con eficiencia, aunque se presentan gráficos y mapas en este acápite, en esencia no deben ser discutidas y analizadas estas distribuciones (en el tiempo y espacialmente). Se muestran solo como evidencias de las salidas logradas, a partir de los correspondientes análisis. No obstante, se especifican en cada caso los periodos analizados, y se brindan además algunas informaciones complementarias.

Dos ejemplos se muestran. Uno corresponde al año que ha experimentado un proceso de sequía intensa (2004), y contrario a este caso, se muestra también un año con presencia de intensas precipitaciones, por consiguiente, elevados registros de acumulados mensuales y anuales (2007).

Para ambos casos se muestran como ejemplos: la distribución espacial (Fig. 7); los valores promedios de precipitación por mes (Fig. 8); los valores máximos y mínimos de precipitación en la provincia (Fig. 9); y, los valores promedios del SPI (Fig. 10).

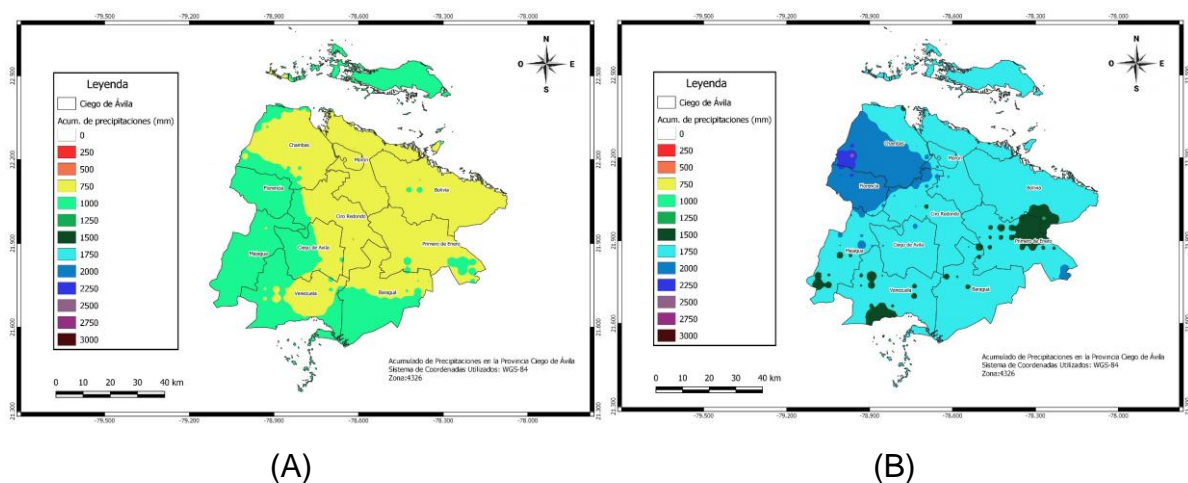


Figura 7: Acumulado de precipitación en la Provincia Ciego de Ávila, correspondiente a los años 2004 (A) y 2007 (B).

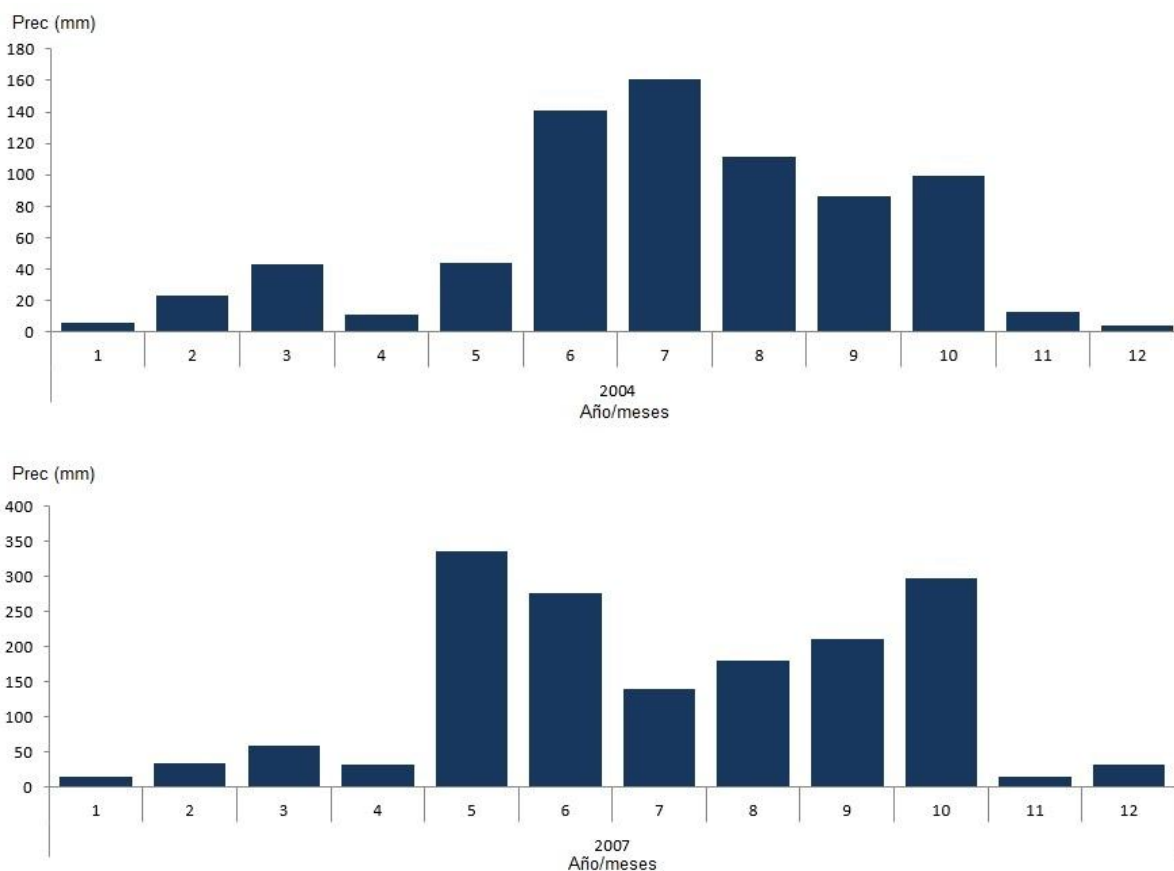


Figura 8: Valores promedio de precipitación por mes en la Provincia Ciego de Ávila, correspondiente a los años 2004 (superior) y 2007 (inferior).

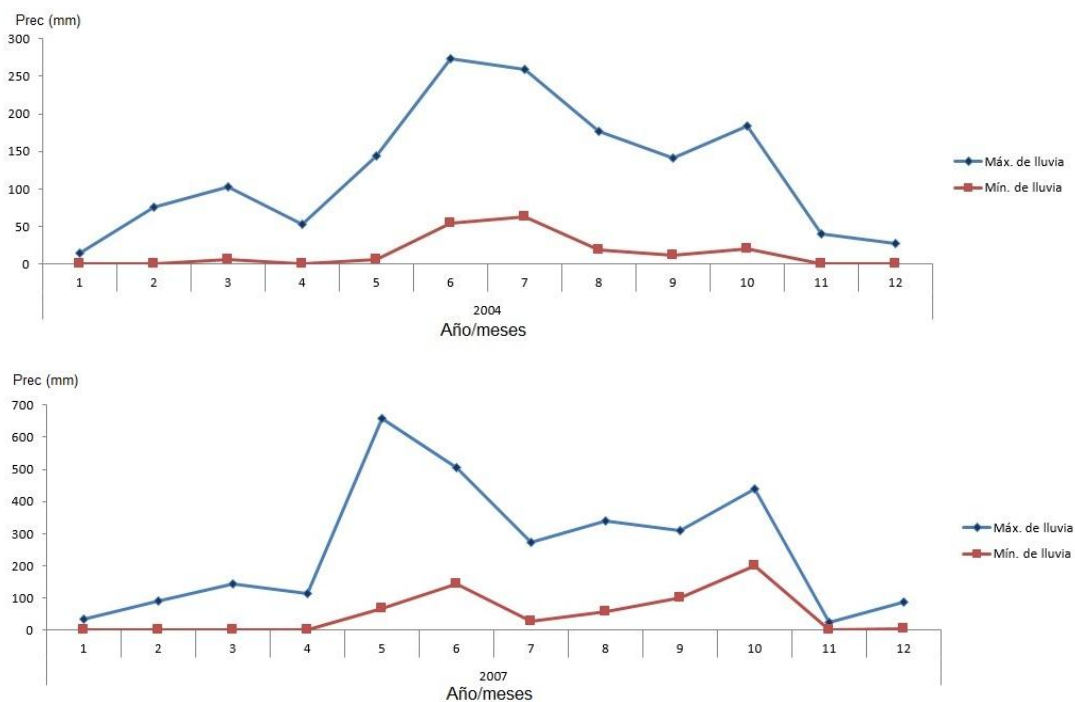


Figura 9: Valores máximos y mínimos de precipitación en la provincia Ciego de Ávila, correspondiente a los años 2004 (superior) y 2007 (inferior).

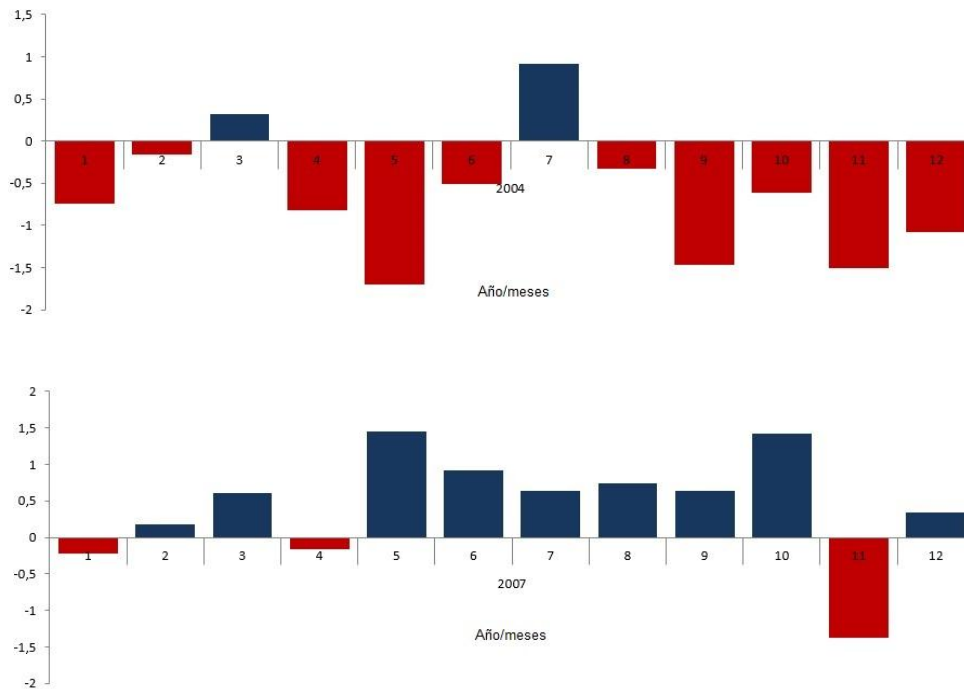


Figura 10: Valores promedio del SPI en la Provincia Ciego de Ávila, correspondiente a los años 2004 (superior) y 2007 (inferior).

De esta forma, se ejemplifica con una de las salidas de esas anomalías históricas, que corresponde al mes de septiembre (Fig. 11). Con este último ejemplo se visualiza el aporte del huracán Irma a los acumulados de precipitación de la provincia, durante su incidencia en el territorio avileño (septiembre de 2017).

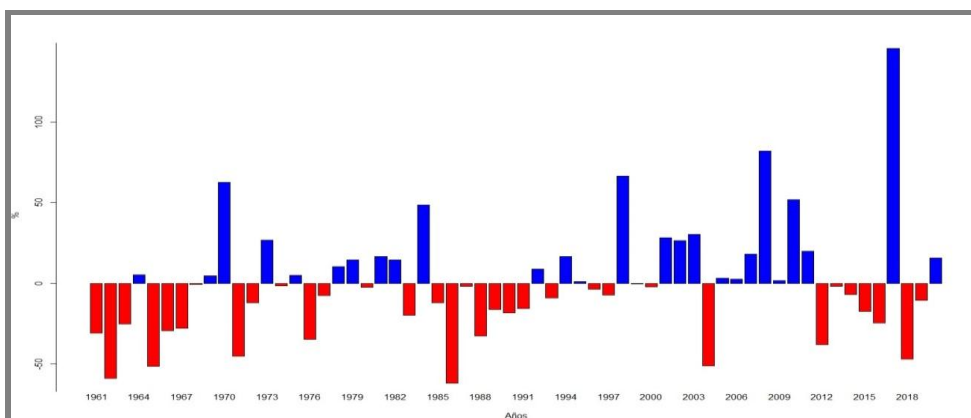


Figura 11: Anomalías históricas del mes de septiembre en la Provincia Ciego de Ávila.

La principal novedad del uso de la metodología propuesta radica en primer lugar, en el uso de Dashboard para hacer análisis de datos climáticos, por ser primera vez

que aplica a este caso. Hasta la actualidad, sus mayores usos estuvieron dirigidos a la gestión empresas, fundamentalmente la gestión económica y financiera (Abellán, 2020; Atlas SBI, 2017; Ortiz, 2020).

La posibilidad de elaborar servicios climáticos en el Centro Meteorológico Provincial de Ciego de Ávila, en un tiempo significativamente menor al aplicar esta metodología, impacta positivamente en la eficiencia y competitividad de los servicios de la institución.

No obstante, las mayores dificultades radican en el análisis espacial, fundamentalmente en el proceso de interpolación. La construcción de mapas climáticos mediante interpolación ha generado un elevado número de bibliografías específicas (Smith, Holland y Longley, 2005; Cañada Torrecilla, 2007; Erdogan, 2009; Pérez Vega y Mas, 2009; Gozdowski *et al.*, 2015). El planteamiento es sencillo: a partir de un conjunto de datos tomados de puntos (pluviómetros) localizados en un determinado espacio geográfico, deben estimarse los valores para otros sitios incluidos en un dominio espacial definido.

Este problema es soluble solo mediante una adecuada interpolación. Sin embargo, las dificultades son significativas si se considera la naturaleza de los datos. Entre los obstáculos que con gran frecuencia frenan en cierta medida la calidad de este proceso, radican los siguientes: series de datos heterogéneas, tanto en extensión como en calidad; una distribución espacial no idónea de los puntos; y a ello debe sumarse, las variables que por sí solas muestran una variabilidad temporal característica, principalmente la lluvia, que varía mucho espacial y temporalmente. De igual manera influyen las características físico geográficas propias de cada zona a estudiar. Esta, identificada además como la principal dificultad, que debe ser observada en la segunda fase de la proyección científica, consiste en el logro de un atlas climático para el territorio avileño. Fundamentalmente debe ser considerada en la distribución espacial de otras variables climáticas, ya que la provincia solo cuenta con cuatro estaciones meteorológicas.

CONCLUSIONES

A través de esta investigación se ha logrado una nueva propuesta metodológica, con la finalidad de prestar servicios climáticos más eficientes en el Centro Meteorológico Provincial de Ciego de Ávila, al mismo tiempo, una metodología que es básica para

la elaboración futura del atlas climático de la provincia, que contempla además la implementación del uso de SIG combinada con la aplicación y uso de Dashboards.

Este logro obtenido para Ciego de Ávila puede ser replicado con relativa facilidad en otros centros del servicio meteorológico nacional, además de brindar la posibilidad de extenderse al Instituto de Recursos Hidráulicos, por ser una institución que igualmente maneja y gestiona datos de precipitación.

El QGIS es muy útil para el análisis espacial de las variables climáticas, no solo por estar montado sobre plataforma de software libre, sino por las bondades de las herramientas que posee.

Los Dashboards constituyen una herramienta útil para el análisis de datos climáticos, solo se necesita hacer los ajustes adecuados para una aplicación correcta, y según los propósitos que persigue lograr con el correspondiente marco de control.

Se concluye la necesidad de ampliar los Dashboards, a partir de nuevos análisis propios de los estudios de variables climáticas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABELLÁN, E. (2020). ¿Qué es un dashboard de negocios y cuáles sus beneficios? Disponible en: <https://www.wearemarketing.com/es/blog/> Visitado el 18 de febrero de 2021.

ALMOROX, J. (2009). Climatología aplicada al Medio Ambiente y Agricultura. Disponible en: <http://ocw.upm.es/> Visitado el 2 de marzo de 2021.

ATLAS SBI (2017, June). Mucho más que un dashboard. Disponible en: <https://www.atlassbi.com/> Visitado el 18 de febrero de 2021.

BUZAI, G. D. (2014). Neogeografía y sociedad de la información geográfica. Una nueva etapa en la historia de la Geografía. *Boletín del Colegio de Geógrafos del Perú*, No. 1, p. 1-12.

BUZAI, G. D. (2015). Geografía y Sistemas de Información Geográfica, 50 años. *Boletín Red GESIG*, No. 1, p. 2-3.

BUZAI, G. D. ... [et al.] (2016). Sistemas de Información Geográfica. Cartografía temática y análisis espacial. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Editorial. 152 p.

CAÑADA TORRECILLA, R. (2007). Técnicas de interpolación espacial deterministas y exactas: media ponderada por el inverso de la distancia y uniones de base

- radial, en Moreno Jiménez, A. (Coord.): *Sistemas y análisis de la información geográfica*. Madrid, Ra-Ma, 781-809.
- ERDOGAN, S. (2009). A comparison of interpolation methods for producing digital elevation models at the field scale. *Earth Surface Processes and Landforms*, No. 34, pp. 366-376.
- FINA, A. L. de (1992). Aptitud agroclimática de la República Argentina, *Academia Nacional de Agronomía y Veterinaria*. Argentina. 402 p.
- FLORES, E. (1997). Cartografía temática: Corrientes actuales y perspectivas. *Geoenseñanza*. No. 2, pp. 99-107.
- GÓMEZ-MARTÍN, M. B. (2005). Weather, climate and tourism a geographical perspective. *Ann. Tour. Res.* No. 32, pp.571–591.
- GÓMEZ-MARTÍN, M. B., ARMESTO-LÓPEZ, X. A. y MARTÍNEZ-IBARRA, E. (2017). Tourists, weather and climate. Official tourism promotion websites as a source of information. *Atmosphere*, No. 8, pp. 255.
- GÓMEZ-MARTÍN, M. B. ... [et al.] (2020). Assessing Present and Future Climate Conditions for Beach Tourism in Jardines del Rey (Cuba). *Atmosphere* Vol. 11, No. 12, pp. 1295.
- GONZÁLEZ, C. ... [et al.] (1987). Atlas climático de Cuba. La Habana: Instituto Cubano de Geodesia y Cartografía. 207 p.
- GOZDOWSKI, D. ... [et al.] (2015). Prediction accuracy of selected spatial interpolation methods for soil texture at farm field scale. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, Vol. 15, No. 3, pp. 639-650.
- HERNÁNDEZ, A. A. ... [et al.] (2020). Future Thermal Assessment for the Phenological Development of Potato (*Solanum tuberosum* L.) in Cuba. *The 3rd International Electronic Conference on Atmospheric Sciences*, session Biometeorology.
- HUTCHINSON, M. F. (1991). Climatic analyses in data sparse regions. In Muchow & Bellamy (Eds.) *Climatic risk in crop production*: pp. 55-71. CAB International.
- MONMONIER, M. (2016). El impacto del SIG en la cartografía. *Boletín RedGESIG*. No. 4, p. 2-3.
- MONTES GALBÁN, E. (2017). Ideas sobre Tecnociencia y Experimentación Digital en Geografía. *Vientos del Norte*. Vol. 2, No. 5, pp. 7-17.

- NINYEROLA, M., PONS, X. y ROURE, J. M. (2005). Atlas climático digital de la Península Ibérica. Metodología y aplicaciones en bioclimatología y geobotánica. *Universidad Autónoma de Barcelona*.
- ORTIZ, D. (2020). ¿Qué es un dashboard y para qué se usa? Disponible en: <https://www.cyberclick.es/numerical-blog/> Visitado el 18 de febrero de 2021.
- PASO VIOLA, L. F. (2016). Los Sistemas de Información Geográfica y la Cartografía Digital. *Boletín Red GESIG*, No. 4, p. 4-5.
- PÉREZ VEGA, A. y MAS, J. F. (2009). Evaluación de los errores de modelos digitales de elevación obtenidos por cuatro métodos de interpolación. *Investigaciones Geográficas*, Boletín, No. 69, Instituto de Geografía, UNAM, México, pp. 53-67.
- PETERSON, M. (2014). Mapas a partir de la web y de los móviles. En ORMELING, F. and RYSTEDT, B. (Ed.) 2014. *El mundo de los mapas*. Asociación Cartográfica Internacional (ACI). Viena.
- POSTGIS-PROJECT (2013). Spatial support for postgresql. Disponible en: <http://postgis.refractions.net/> Visitado el 2 de marzo de 2021.
- RABELLA, J. M. (2016). Mapa y SIG: medio siglo para un reencuentro... o del mito a un gran triunfo. *Boletín Red GESIG*, No. 4, p. 6-8.
- SALISBURY, D. S. ...[et al.] (2019). El Atlas del Cambio Climático de las Américas. *Revista Geográfica*, No. 159, pp. 109-126.
- SMITH, S. L., HOLLAND, D. A. y LONGLEY, P. A. (2005). Quantifying interpolation errors in urban airborne laser scanning models. *Geographical Analysis*, No. 37, pp. 200-224.
- WILLEKE, G. E. (1992). GIS and water resources. *Update Water Resources*, Nro. 87. The Universities Council on Water Resources. pp. 17-20.