

ANÁLISIS DE INFORMACIÓN DE PRECIPITACIÓN PARA ZONAS DEL ESTADO DE GUANAJUATO: SAN FRANCISCO DEL RINCÓN, PURÍSIMA DEL RINCÓN Y MANUEL DOBLADO

Barajas Zapien, Marco Antonio (1), Fuentes Galván, María Lina (2)

¹ [Licenciatura en Ingeniería Hidráulica, Universidad de Guanajuato] | [marcoabarza16@gmail.com]

² [Dpto. Ingeniería Geomática e Hidráulica, División de Ingenierías, Campus Guanajuato, Universidad de Guanajuato] | [ml.fuentes@ugto.mx]

Resumen

Este estudio se realizó en los municipios de San Francisco del Rincón, Purísima del Rincón y Manuel Doblado, Guanajuato. Con el fin de obtener información de registros de lluvia faltantes mediante el uso de los registros existentes, esto para la utilización de la información para el diseño de obras hidráulicas, balances hídricos, sistemas de almacenamiento de agua, entre otros. Considerando la calidad y cantidad de datos de las estaciones pluviométricas se estableció un periodo de estudio que abarca los años 1981 al 2010 e identificando las estaciones en las cuales se realiza el llenado de datos mediante los métodos de interpolación: Radio Normalizado, Inverso de la Distancia al Cuadrado, Media Aritmética. Seleccionando el método de mejor ajuste con el error mínimo cuadrático, además de determinar los índices de estacionalidad y concentración de precipitación para la zona de estudio.

Abstract

This study was carried out in the municipalities of San Francisco del Rincon, Purisima del Rincon and Manuel Doblado, Guanajuato. In order to obtain information of missing rainfall data using existing records to use this information for the design of hydraulic works, water balances, water storage systems, among others. Considering the quality and quantity of data of the meteorological stations was established a study period that covers the years 1981 to 2010, and identifying the stations in which the filling of data is carried out by means of the interpolation methods: Normalized Radio, Inverse Distance Weighting and Arithmetic Mean. Was selected the best fit method with the least squared error. In addition, were obtained the seasonality and precipitation concentration indexes for the study area.

Palabras Clave

Precipitación; Variabilidad; Normales; Interpolación; Estimación.

INTRODUCCIÓN

La precipitación es la fuente primaria de agua de la superficie terrestre, y sus mediciones forman el punto de partida de la mayor parte de los estudios concernientes al uso y control de agua [1].

Esta variable hidrometeorológica suele medirse mediante los pluviómetros de cada estación meteorológica que forma parte de la red de estaciones meteorológicas automáticas de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) y el Servicio Meteorológico Nacional. Las estaciones meteorológicas miden y registran diversas variables que nos permiten la elaboración de predicciones a partir de modelos numéricos para estudios climáticos e hidrológicos.

Área de Estudio.

Para el análisis de precipitación, se seleccionó la zona que compone a los municipios de Manuel Doblado, Purísima del Rincón y San Francisco del Rincón (Imagen 1) en el estado de Guanajuato, los acuíferos de “la Muralla” y “Río Turbio” están delimitados dentro de estos municipios, cabe mencionar que la extracción de agua subterránea es la principal fuente de abastecimiento para la población de esta región [2].

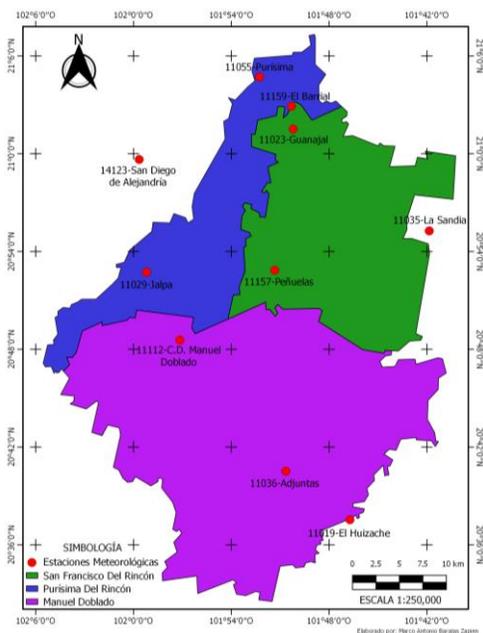


IMAGEN 1: Zona de estudio y ubicación de estaciones meteorológicas

Las principales fuentes de desarrollo de la zona de estudio son la agricultura, ganadería, la industria del calzado y sombrero.

El clima predominante en la zona de estudio va de seco a árido, con la presencia de lluvias en verano, en los meses de junio a septiembre, las lluvias en esta zona tienen la particularidad de ser intensas y de poca duración, además de que se presenta la época de estiaje de noviembre a abril, con una precipitación media anual cercana a los 634 mm [3], [4], [5].

El llenado de los datos mensuales faltantes es importante de estimar para posteriores estudios utilizando los valores estimados para una mejor aproximación en el diseño de obras hidráulicas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizó el software ERIC III [6] para la extracción de los registros diarios de precipitación de las estaciones disponibles en la región, tomando como criterio para selección estaciones índice aquellas que contaran con la cantidad de datos dentro del rango de años 1981-2010, para las estaciones con menor rango se les asignó como estaciones de soporte. La Organización Meteorológica Mundial recomienda que las normales sean calculadas a partir de 30 años de registros consecutivos para poder realizar alguna comparación [7].

Las estaciones índices seleccionadas fueron aquellas que se encuentran dentro del área de estudio y con un porcentaje de información mayor al 80% con el rango de años establecido [8], además se asignó como estación índice la estación del municipio de San Diego de Alejandría (14123) en Jalisco. Las estaciones con un rango menor al periodo establecido y con menor información, se utilizaron como estaciones de soporte, también se utilizó como soporte la estación La Sandía (11035) en León, Guanajuato. Estas estaciones se muestran distribuidas espacialmente en la región como se muestra en la Imagen 1 donde los puntos en rojo representan a cada estación utilizada para el estudio y el porcentaje de información (%) se muestra en la Tabla 1, así como, el municipio donde se

encuentra cada una de ellas, y resaltadas las estaciones índices.

Tabla 1. Estaciones y porcentaje de información

ESTACIÓN	NOMBRE	MUNICIPIO	RANGO (años)	%
11055	PURÍSIMA	PURÍSIMA DEL R.	1981-2010	95.30%
11159	EL BARRIAL	PURÍSIMA DEL R.	1981-2010	100.00%
11029	JALPA	PURÍSIMA DEL R.	1981-1992	64.58%
11023	GUANAJAL	SN. FRANCISCO DEL R.	1981-2010	90.56%
11157	PEÑUELAS	SN. FRANCISCO DEL R.	1981-2010	83.33%
11112	CD. MANUEL DOBLADO	MANUEL DOBADO	1981-1990	71.67%
11036	ADJUNTAS	MANUEL DOBADO	1981-2010	99.44%
11019	HUIZACHE	MANUEL DOBADO	1981-1993	71.53%
14123	SN. DIEGO DE ALEJANDRÍA	SN. DIEGO DE ALEJANDRÍA	1981-2010	96.67%
11035	LA SANDIA	LEÓN	1981-2010	92.78%

Uno de los métodos más conocidos para la estimación de datos faltantes de precipitación es el método ponderado del inverso de la distancia al cuadrado (IDC), también conocido como método IDW por sus siglas en inglés. La ponderación de las funciones de interpolación son solamente una función de la distancia de los puntos de interés y los puntos de muestreo [9]. Los valores faltantes se estiman con la ecuación (1)

$$\theta_m = \frac{\sum_{i=1}^n \theta_i d_{mi}^{-k}}{\sum_{i=1}^n d_{mi}^{-k}} \quad (1)$$

Donde θ_m es la observación en la estación base m ; n es el número de estaciones; θ_i es la observación en la estación i , d_{mi} es la distancia entre la localización i a la estación m , y k varía de 1.0 a 6.0, el valor más común es 2, el cual se utilizó para el estudio. Es recomendable realizar el

estudio para estaciones dentro de un radio de 100 km a la estación base [10]. En el caso de este estudio las estaciones se localizan dentro de un radio menor a 60 km.

El método del radio normalizado estima los datos faltantes para una estación a partir de sus relaciones existentes con otras estaciones adyacentes, el cual es recomendado aplicar para estaciones en donde la precipitación media anual difiere en menos del 20% [11]. Así mismo la estimación para un dato faltante está dada por la ecuación (2).

$$P_x = \frac{1}{n} \left[\left(\frac{N_x}{N_1} \right) P_1 + \left(\frac{N_x}{N_2} \right) P_2 + \dots + \left(\frac{N_x}{N_n} \right) P_n \right] \quad (2)$$

Donde P_x es la observación de la estación de estudio; n es el número de estaciones; P_i es la estación bajo observación i , N_x y N_i son los valores de precipitación media anual en la estación base y en la estación i respectivamente [12].

El método de la media aritmética consiste en sumar los valores de las precipitaciones de estaciones cercanas a la estación observada y dividir entre el número de estaciones, este método es más efectivo para estaciones cercanas a la estación de interés. La ecuación utilizada es la siguiente (3):

$$P_x = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n P_i \quad (3)$$

Donde P_x es la observación de la estación de estudio; n es el número de estaciones; P_i es la estación bajo observación i [12].

Para conocer que método se ajusta mejor en cada estación, se utilizó el método del mínimo error cuadrático, el cual compara la sumatoria del residuo entre las normales establecidas por el servicio meteorológico nacional y las medias mensuales de 30 años estimadas elevado al cuadrado, para la estación donde el valor obtenido sea más cercano a cero, entonces en esa estación se ajusta mejor el método de interpolación [1].

$$ECM = (x_{\varepsilon_i} - x_{0_i})^2 \quad (4)$$

Donde x_{ei} es el valor de la mensual normal; x_{0i} es el valor normal estimado por los métodos e i es el mes comparado.

Tras la selección de los métodos de llenado de datos mensuales a partir de interpolaciones también es importante establecer la distribución estacional e irregular de la precipitación que se presenta en la zona, para esto se obtuvieron los índices de concentración de la precipitación (PCI) y estacionalidad (SI) de la misma, Oliver [13] y Walsh [14] proponen el uso de las siguientes ecuaciones para la determinación de los índices mencionados:

$$PCI = 100 \sum_{n=1}^{12} \frac{x_n^2}{R^2} \quad (5)$$

$$SI = \frac{1}{R} \sum_{n=1}^{12} \left| X_n - \frac{R}{12} \right| \quad (6)$$

donde X_n es el mes observado y R es la precipitación acumulada del año observado.

Para los PCI obtenidos se puede llegar a diversas conclusiones dependiendo del valor obtenido, de acuerdo a la clasificación de Oliver: $PCI > 10$ indica distribución uniforme de la precipitación; $PCI > 11$ y < 15 indica concentración moderada de la precipitación, $PCI > 16$ y < 20 indica una distribución irregular y $PCI > 20$ indican una distribución irregular muy marcada (alta concentración de la precipitación).

Walsh recomienda clasificar los valores de SI dependiendo del grado de estacionalidad como se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2. Clasificación del índice de estacionalidad

RÉGIMEN DE LLUVIA	SI
Muy constante	≤ 0.19
Constante pero con una temporada lluviosa definida	0.20-0.39
Bastante estacional con una temporada corta seca	0.40-0.59
Estacional	0.60-0.79
Marcadamente estacional con una larga temporada seca	0.80-0.99
Mas lluvia en 3 meses o menos	1.00-1.19
Extrema, casi toda la lluvia en 1-2 meses	≥ 1.20

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los datos nulos o huecos en estas estaciones fueron llenados para registros mensuales con tres métodos de interpolación: Inverso de la distancia al cuadrado (IDC), radio normalizado (RN) y media aritmética (MA). Los resultados de la aplicación de los métodos se compararon con los valores de las normales establecidas por CONAGUA utilizando el método del error cuadrático mínimo (ECM), seleccionando el método de mejor ajuste basándonos en que la sumatoria de la comparativa para un año fuera más cercana a cero. La Tabla 3 muestra el resultado del ECM y el método de mejor ajuste para cada estación índice seleccionada.

Tabla 3. Selección del método de mejor ajuste

Estación	ECM	Método de mejor ajuste
11055-Purísima	24.6038	IDC
11023-Guanajal	18.0642	IDC
11157-Peñuelas	64.4281	RN
11039-Adjuntas	0.2566	IDC
14123-Sn. Diego	28.6186	MA

La precipitación anual estimada con los métodos tiene un comportamiento similar entre las estaciones, donde en algunos registros coinciden entre ellos o difieren muy poco como se muestra en la Imagen 2, se observan los registros anuales, máximas diarias y la media anual en la región equivalente a 634 mm aprox.

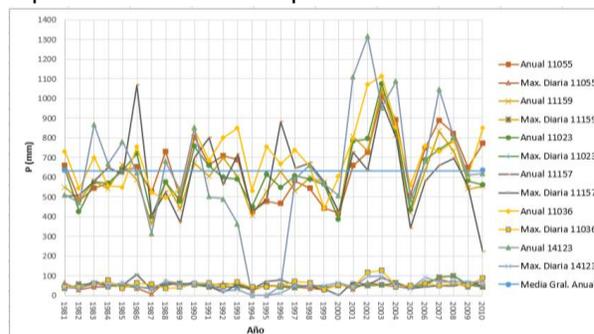


IMAGEN 2: Relación entre los registros de cada estación y registros máximos en 24hrs de la precipitación.

En la obtención de los índices de precipitación de esta zona, se puede observar que mediante el promedio del índice de estacionalidad se tiene un marcado régimen de lluvia donde esta se presenta principalmente en 3 meses del año, con algunos

valores extremos presentes en el mismo año para algunas estaciones, lo cual corroborando con el índice de concentración en la mayoría de las estaciones se tiene una distribución irregular de la lluvia en la zona. En promedio para el índice PCI fue un valor de 22.9 y para el SI 1.09. Los resultados de los índices PCI y SI se muestran en la Imagen 3.

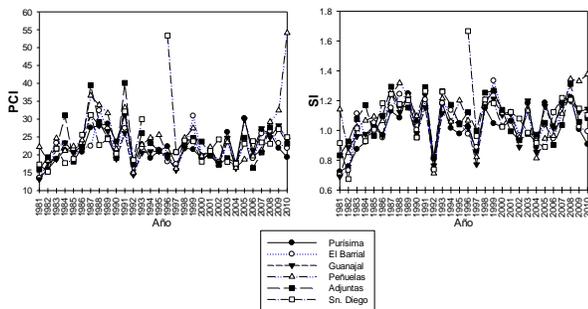


IMAGEN 3: Resultados de los índices PCI y SI para las estaciones en estudio.

CONCLUSIONES

Con el uso de los métodos de interpolación para la estimación de datos faltantes se obtuvieron datos confiables comparados con las normales del servicio meteorológico nacional para su futura utilización en el cálculo de volúmenes de precipitación, en obras hidráulicas y estudios hidrológicos, además de la importancia que es identificar los periodos lluviosos dentro de la región, la concentración y estacionalidad de las épocas de lluvia, así como, de la época de estiaje. Con estos datos estimados pueden ser el punto de partida para estudio de frecuencia de la lluvia y el cálculo de tiempos de retorno.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la División de Ingenierías de la Universidad de Guanajuato por la prestación de sus instalaciones para la investigación y la oportunidad que la Universidad le dio al primer autor para su participación en este programa. El primer autor agradece a su familia y pareja por el apoyo brindado en el desarrollo de su investigación y al asesor por la atención,

paciencia, correcciones y consejos brindados en el desarrollo de esta investigación.

REFERENCIAS

- [1] Aparicio Mijares, F. J., (1993). Fundamentos de Hidrología de Superficie (1 ed.) México. Editorial Limusa.
- [2] Consejo Estatal Hidráulico del Estado de Guanajuato (2017), COTAS Rio Turbio. Recuperado de <http://consejoestatalhidraulico.blogspot.mx/p/cotas.html>
- [3] INEGI (2009). Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos: Manuel Doblado, Guanajuato. Recuperado de <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/topografia/compendio.aspx>
- [4] INEGI (2009). Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos: Purísima del Rincón, Guanajuato. Recuperado de <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/topografia/compendio.aspx>
- [5] INEGI (2009). Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos: San Francisco del Rincón, Guanajuato. Recuperado de <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/topografia/compendio.aspx>
- [6] Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA). (1996). Eric III Versión 3.2, Extractor rápido de información climatológica. México.
- [7] World Meteorological Organization (2011). Chapter 4. Characterizing climate from datasets. En Guide to Climatological Practices (pp. 68-71). Geneva: World Meteorological Organization.
- [8] Fuentes, M.L. (2015). La captación del agua de lluvia como una fuente alternativa de abastecimiento en el área del acuífero Silao-Romita, Guanajuato. Tesis doctoral. Universidad Autónoma de San Luis Potosí, México.
- [9] Tabios, G. Q. & Salas, J. D. (1985). A comparative analysis of techniques for spatial interpolation of precipitation. Water resources bulletin American water resources association. 21(3), 365-380. Doi: 10.1111/j.1752-1688.1985.tb00147.x.
- [10] Teegavarapu, R. S. V., Tufail M. & Ormsbee L. (2009). Optimal functional forms for estimation of missing precipitation data. Journal of Hydrology. 374(1-2). 106-115. Doi: 10.1016/j.jhydrol.2009.06.014.
- [11] Brooks, K. N., Ffolliott, P. F. & Magner, J. A. (2013). Watersheds, Hydrologic Processes, and Pathways. En Hydrology And The Management Of Watersheds 4th Ed (p. 59-60). USA: Wiley-Blackwell.
- [12] Paulhus, J. L. H. & Kohler, M. A. (1952). Interpolation Of Missing Precipitation Records. Monthly Weather Review. 80(8). 129-132. Doi: 10.1175/1520-0493(1952)080<0129:1OMPR>2.0.CO;2.
- [13] Oliver J. E. (1980). Monthly Precipitation Distribution: A Comparative Index. Professional Geographer. 32(3). 300-309. Doi: 10.1111/j.0033-0124.1980.00300.x.
- [14] Walsh R. P. D. & Lawler D. M. (1981). Rainfall Seasonality: Description, Spatial Patterns And Change Through Time. Weather. 36(7). 201-208. Doi: 10.1002/j.1477-8696.1981.tb05400.x