

# ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN DE PRECIPITACIÓN EN LOS MUNICIPIOS DE OCAMPO Y SAN FELIPE DEL ESTADO DE GUANAJUATO

Montejo López Adriana Margarita (1), Fuentes Galván María Lina (2)

<sup>1</sup> [Ingeniería Agronómica en Recursos Naturales Renovables, Universidad de San Carlos de Guatemala] | [adrianita614@gmail.com]

<sup>2</sup> [Departamento de Ingeniería Geomática e Hidráulica, División de Ingenierías Campus Guanajuato, Universidad de Guanajuato] | [ml.fuentes@ugto.mx]

## Resumen

La demanda de agua de la población y el manejo inapropiado del recurso hídrico han causado la sobre explotación y deterioro de las fuentes de agua subterráneas y superficiales en el Estado de Guanajuato, como en el resto del mundo, por lo que es necesario el desarrollo de un manejo integral del recurso hídrico, en el que se tomen en cuenta, no solo la demanda de la población, sino también la capacidad de abastecimiento de las fuentes de agua, para evitar que se siga deteriorando. Los parámetros y características de la precipitación, son la base para cualquier estudio relacionado con la cantidad y distribución del agua de una zona. Así pues, se llevó a cabo un análisis de precipitación de los municipios de Ocampo y San Felipe, del estado de Guanajuato, con el fin de generar información de la precipitación de la zona en la cantidad y calidad necesarias para su aplicación en el manejo del agua. De este análisis, se determinó que el promedio de la precipitación media anual de la zona es de 378 mm, que la mayor concentración de las lluvias se encuentra entre los meses de junio-septiembre, presentando una precipitación altamente estacional.

## Abstract

The population water demand and the inappropriate management of this resource have caused the overexploitation and degradation of the surface and ground water sources in the Guanajuato state and in the world. Thus, it is necessary to develop an integrated water management in which factors as population demands and the supply capacity of water sources will be considered to avoid the spoilage of the resource. The parameters and characteristics of precipitation are the base to develop every study related with the quantity and distribution of water in the area. Thus, was carried out an analysis of the precipitation in the municipalities of Ocampo and San Felipe in the Guanajuato state to generate information of precipitation in the area with the quantity and quality to apply it in the water management. Of the analysis was obtain that the year mean precipitation in the area is of 378 mm, the rainfall concentration occurs in the months of June to September with a high seasonal concentration.

## Palabras Clave

Recurso hídrico; Manejo; Aprovechamiento; Sustentable.

## INTRODUCCIÓN

El recurso hídrico de una zona es vital para los seres vivos que habitan en ella. Los animales, plantas y los seres humanos contienen en promedio un 70% de agua [1], siendo indispensable en la realización de los procesos metabólicos y por ende para la vida. Mediante esta premisa el asentamiento de una población está condicionado por la disponibilidad de agua, que depende en gran medida de la cantidad y distribución de la precipitación propia de la región.

Desde el punto de vista de la ingeniería hidrológica, la precipitación es la fuente primaria del agua de la superficie terrestre y sus mediciones forman el punto de partida para la mayor parte de los estudios concernientes al uso y control del agua [2]. Así pues, el análisis de la precipitación de un área proporciona información importante para la realización de estudios relacionados con la disponibilidad espacial y temporal del agua de una región, y a su vez constituye un aspecto vital en la planificación y manejo integral del agua, diseño de obras hidráulicas, sistemas de riego, presas y de obras para asentamientos humanos en general.

Guanajuato es un estado que cuenta con 46 municipios, según la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) para el año 2015 reportó una población total de 5,817,614 habitantes, cuenta con una precipitación normal anual de 605 mm y en cuanto a consumo de agua para usos consuntivos se utilizan 4,095 hm<sup>3</sup>/año, de los cuales el 84% es utilizado en actividades agrícolas y el 13% es usado en abastecimiento público, las dos fuentes de abastecimiento de agua son: agua subterránea (65%) y superficial (35%) [3]. Como se puede observar, la principal fuente de abastecimiento es el agua proveniente de los acuíferos, lo que ha provocado que 14 de los 20 acuíferos del estado se encuentren sobreexplotados [4].

Dada la situación actual del recurso hídrico, que la población y la demanda de agua van en aumento, se pretende realizar un análisis de precipitación de 2 municipios del estado de Guanajuato (Ocampo y San Felipe), con el fin de generar información de calidad y en cantidad necesaria de la precipitación de estas zonas, para que puedan ser usados

como base en la planificación y manejo integral del recurso hídrico.

En términos generales el manejo efectivo de las aguas en las ciudades y poblaciones deben estar basados en la comprensión real de los impactos de las actividades humanas, en el ciclo hidrológico y el medio ambiente, de tal forma que se logre un manejo integral y sustentable de las aguas, incluyendo el reuso de las aguas residuales y uso de agua de lluvia [5].

## Área de estudio

El área de estudio abarca los municipios de Ocampo y San Felipe, ubicados en el Noroeste del estado. Por su parte, el municipio de Ocampo se encuentra entre los paralelos 21° 50' y 21° 22' de latitud norte; los meridianos 101° 17' y 101° 39' de longitud oeste; a una altitud entre 2,000 y 2,900 msnm; cuenta con un rango de temperatura de 12-18 °C y un rango de precipitación de 400-600 mm, presentando un clima Semiseco templado en más del 90% de su territorio [6]. En cuanto al municipio de San Felipe, se encuentra entre los paralelos 21° 51' y 21° 08' de latitud norte; los meridianos 100° 49' y 101° 41' de longitud oeste; a una altitud entre 1,300 y 3,000 m; colinda con el municipio de Ocampo; cuenta con un rango de temperatura de 12- 20 °C y un rango de precipitación de 300-900 mm, presentando un clima Semiseco templado en más del 70% de su territorio y templado subhúmedo en el resto [7].

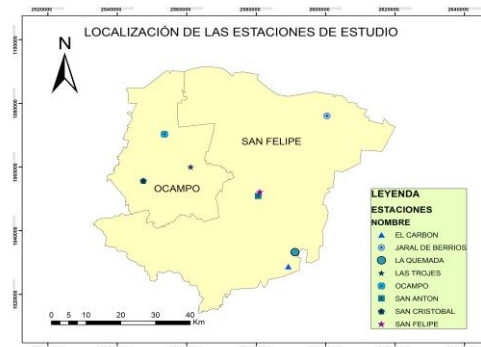


IMAGEN 1: Ubicación de las estaciones

## MATERIALES Y MÉTODOS

Para realizar el análisis de precipitación se seleccionaron 8 estaciones meteorológicas (Imagen 1), los datos utilizados corresponden a información de precipitación diaria del periodo de 1981-2011, que fueron obtenidas de la base de datos de la Comisión Nacional del Agua de México, mediante el programa Eric III versión 3.2.

Posteriormente se realizó un análisis de la calidad y la cantidad de la precipitación de cada una de las estaciones, seleccionando como estaciones principales, aquellas que contaran con más del 80% de la información para el periodo de años establecidos (31 años). De este proceso se seleccionaron 5 estaciones principales (Ocampo, San Antón, San Cristóbal, Las Trojes, El Carbón), y se descartaron 3 (Jaral de Berrios, La Quemada y San Felipe), por no cumplir con el porcentaje de datos (Tabla 1), sin embargo, fueron tomadas como estaciones de soporte para el llenado de datos faltantes.

Tabla 1: Estaciones meteorológicas utilizadas

Nombre	Clave	Municipio	Altitud (msnm)	Porcentaje de información (%)
Ocampo	11050	Ocampo	2250	96.51
El Carbón	11140	San Felipe	2100	96.10
San Antón	11061	San Felipe	2250	88.44
San Cristóbal	11063	Ocampo	1935	87.10
Las Trojes	11131	Ocampo	2190	87.58
Jaral de Berrios	11030	San Felipe	1855	59.95
San Felipe	11065	San Felipe	2080	68.03
La Quemada	11107	San Felipe	2041	60.46

Para obtener datos confiables es importante contar con información completa de la precipitación para el periodo de datos establecido, por lo que es importante llevar a cabo el llenado de datos faltantes. Para este proceso se utilizaron 3 métodos: Radio Normalizado, para este método los valores de precipitación están dados por la

relación entre la normal de las estaciones adyacentes y la estación bajo consideración [8]; Ponderado del Inverso de la Distancia, según este método las ponderaciones de la función de interpolación están en función de las distancias entre la estación de interés y las estaciones muestreadas [9] y; la media aritmética, en este método la precipitación de la estación bajo consideración se estima mediante un promedio de por lo menos tres estaciones cercanas y situadas alrededor de la estación cuyo dato no existe [8]. Los dos primeros métodos se recomiendan cuando el valor de la precipitación media anual de las estaciones adyacentes sobrepasa el 10% del valor de precipitación de la estación bajo consideración, mientras que la media aritmética solo se recomienda cuando los dichos valores no sobrepasan el 10%. Es importante señalar que este último método, fue utilizado únicamente como referencia.

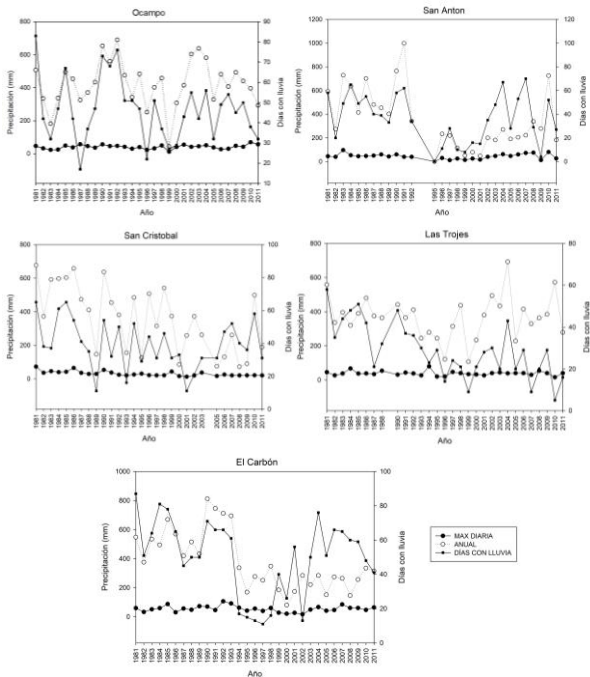
Para poder identificar cuál de los métodos anteriores se ajusta más a la precipitación normal manejada por la CONAGUA, se aplicó un análisis del error mínimo cuadrado, que es la diferencia del valor registrado y el valor estimado ( $g_i - h_i$ ), entre la normal de precipitación y cada uno de los métodos. Sin embargo, al no existir diferencias significativas entre los parámetros calculado para los tres métodos, se realizó de forma complementaria un análisis del error mínimo cuadrado, comparando los métodos entre sí. De este proceso se determinó que el método de llenado que maneja menor error entre los datos fue el de Ponderado del Inverso de la distancia. [10].

Completada la serie de datos para el periodo de 1981-2011 para cada una de las estaciones, se procedió a calcular los índices de Concentración de Precipitación ( $PC$ ) y de Estacionalidad ( $S$ ), para establecer la distribución estacional/irregular de la precipitación. También se obtuvieron datos de precipitación máxima diaria, días con lluvia, número de datos y probabilidad de lluvia, para cada estación, información clave para realizar el análisis posterior [10].

## RESULTADOS

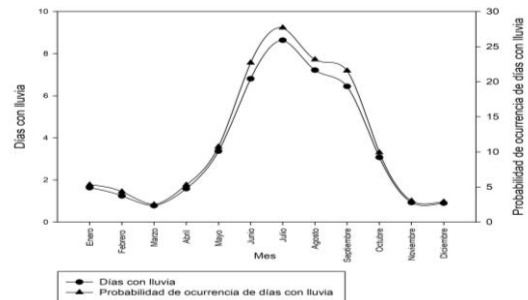
La Precipitación de la zona de estudio varía de los 349 a los 426 mm anualmente, con un promedio de 378 mm. La estación que presenta la menor precipitación es El Carbón, ubicado en el municipio de San Felipe; y la estación que presenta la mayor precipitación es Ocampo, ubicado en el municipio con su mismo nombre.

Los datos más altos de precipitación anual se presentan en el año 1900 presentando una precipitación arriba de 600 mm, con excepción de la estación Las Trojes. La moda de precipitación máxima diaria ocurrida durante el periodo estudiado se encuentra entre 20-60 mm, la máxima precipitación presentada durante el periodo fue de 106.4 mm en el año 1992, para la estación El Carbón; el promedio de días lluviosos para el área oscila entre 30-50; además es importante mencionar que para la estación San Antón se distingue un año de sequía en 1995. En la Imagen 2 se presentan las gráficas de precipitación anual, máximos diarios y días con lluvia del periodo establecido, para cada estación:



**IMAGEN 3: Precipitación anual, Máxima diaria y días con lluvia durante 1981-2011**

La temporada con mayor probabilidad de lluvia se da entre los meses de junio-septiembre, el mes con mayor probabilidad es julio con un valor promedio de 28%, le siguen agosto y junio con 23% y septiembre con 22%, los valores más bajos se presentan en la estación “Las Trojes” con promedio de 17% para estos 4 meses; además se observa que existe una relación proporcional entre días con lluvia y probabilidad de ocurrencia de lluvia (ver Imagen 3).



**IMAGEN 3: Probabilidad de ocurrencia de lluvia y días con lluvia, en la zona de estudio.**

Como se puede observar en la Tabla 2 los valores del Índice de Concentración de Precipitación (PCI) calculado para las estaciones de estudio se encuentra en valores mayores a 20, tanto para la moda para el promedio, por lo que la zona de estudio presenta una precipitación altamente estacional. Los valores más altos de PCI se encuentran en la estación de San Antón, con un promedio de 27. Por su parte los valores del Índice de estacionalidad (SI) obtenidos para el área se encuentran entre el rango de 1-1.9, dado que la moda de las cinco estaciones analizadas y que los promedios presentan valores dentro del rango, indicando que la precipitación de la zona se presenta en tres meses o menos.

**Tabla 2: Valores del Índice de Concentración de la precipitación e Índice de Estacionalidad.**

Estaciones	PCI				SI			
	Max	Min	Moda	Prom	Max	Min	Moda	Prom
Ocampo	44.3	0	>20	22.3	1.3	0	1-1.9	0.98
El Carbón	38.5	10.4	>20	21.3	1.4	0.44	1-1.9	0.96
San Antón	85.5	0	>20	27	1.7	0	1-1.9	1.06
San Cristóbal	36	12.9	>20	22.7	1.5	0.63	1-1.9	1.03
Las trojes	57.4	12.5	>20	23.8	1.5	0.64	1-1.9	1.05

## DISCUSIÓN

En el área de estudio se seleccionaron 8 estaciones de la CONAGUA, que después del proceso de selección se redujeron a 5, dichas estaciones presentaron arriba del 87% de los datos de precipitación diaria por lo que la calidad y cantidad de la información fueron adecuadas para la realización del análisis. De dicho análisis se determinó que la precipitación media anual para 4 de las estaciones se mantiene en un rango de 349-383 mm y únicamente la estación Ocampo presentó una precipitación media de 426; es importante señalar que existe una gran diferencia entre los datos de precipitación media anual calculadas y la precipitación Normal reportadas por la CONAGUA, existiendo una diferencia por arriba de 90 mm en 3 de las 5 estaciones estudiadas.

Los parámetros de precipitación calculados, son la herramienta base para estudios más profundos relacionados con la entrada y salida del recurso hídrico de la zona, que son aspectos importantes a tomar en cuenta al momento de planificar el manejo y aprovechamiento de agua.

## CONCLUSIONES

El análisis de la información de precipitación de una zona permite conocer parámetros como: intensidad, volumen, su distribución en el espacio y tiempo, y su probabilidad de ocurrencia; que son la base, mediante análisis más profundos, para realizar una planificación y un manejo integral de los recursos hídricos, en donde se tome en cuenta la demanda de la población y la capacidad de las fuentes de agua subterráneas y superficiales de la zona.

Según los valores de PCI y SI calculados para la zona de estudio, la distribución de la precipitación es altamente estacional y se presenta en tres meses o menos; El mes con mayor probabilidad de lluvia es Julio, seguido de Agosto; y su precipitación media anual se encuentra en un rango de 349 a 426 mm.

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi familia por el apoyo incondicional que me han brindado a lo largo de mi vida; a la Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía, por ser mi casa de estudios; a la Universidad de Guanajuato por permitirme formar parte de su programa de Verano de la Investigación Científica; y a la Dra. María Lina Fuentes Galván, a quien estoy profundamente agradecida por su dedicada supervisión y por compartirme sus conocimientos.

## REFERENCIAS

- [1] Sánchez Guillén, J.L. (2010). *Biología 2º de bachierato*. España. Editorial OVIEDO-Asturias.
- [2] Aparicio Mijares, F.J. (1989). *Fundamentos de la Hidrología de Superficie (1 ed.)*. México. Editorial Limusa.
- [3] Consejo Nacional del Agua, (2016). *Estadística del agua en México Edición 2016 D.F.*, México, secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- [4] Consejo Nacional del Agua, (2014). *Atlas del Agua en México Edición 2014 D.F.*, México, Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- [5] Campos Aranda, D.F. (2015). *Introducción a la Hidrología Urbana*. San Luis Potosí, México. Editorial Printego.
- [6] Instituto Nacional de Estadística y Geografía, (2010). *Compendio de Información Geográfica municipal, Ocampo*. Guanajuato.
- [7] Instituto Nacional de Estadística y Geografía, (2010). *Compendio de Información Geográfica municipal, San Felipe*. Guanajuato.
- [8] Herrera Ibañez, I.R. (1995). *Manual de Hidrología (1 ed.)*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.
- [9] Tobios, G.Q & Salas, J.D. (1985). *A Comparative Analysis of Techniques Interpolation of Precipitation*. *Water Rources Bulletin*. American Water Association. 21(3), 365-380.
- [10] 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