

## **BASE DE DATOS CLIMATOLÓGICOS DEL CENTRO DE DATOS HIDROMETEOROLÓGICOS DEL ESTADO DE CHIHUAHUA.**

**González J. L.\*, Chávez S. N.\*\*, Corrales S. A.\*, González G. M. \***

\*Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Pabellón, Km. 32.5 carretera Aguascalientes-Zacatecas, Pabellón de Arteaga, Aguascalientes, México.

\*\*Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Delicias, Carretera Km 2 Delicias-Rosales, Delicias, Chihuahua. México.

[gonzalez.luis@inifap.gob.mx](mailto:gonzalez.luis@inifap.gob.mx)

### **RESUMEN**

Comprender los fenómenos meteorológicos y climáticos es crucial, no solo desde la perspectiva científica del clima, sino también para su aplicación práctica en diversos campos. Por ejemplo, al planificar el riego de algún cultivo o en la construcción de un edificio, es indispensable conocer cuál podría ser la velocidad máxima del viento en determinada región. Las plagas en los cultivos están adaptadas para funcionar dentro de ciertos límites ambientales, por lo que conocer esos extremos resulta esencial. Además, el análisis global de estos eventos extremos aporta al desarrollo de las ciencias atmosféricas, ya que los valores fuera de lo común permiten detectar y entender mejor los cambios en los patrones climáticos a medida que el clima global evoluciona. Contar con un registro confiable de estos eventos no solo enriquece el conocimiento científico, sino que también puede ser una herramienta efectiva para despertar el interés general en el estudio del clima. Las bases de datos climatológicas son herramientas que permiten comprender los patrones del clima, detectar cambios a largo plazo y corto plazo, además de poder planificar estrategias en múltiples sectores como la agricultura, energía y gestión del riesgo. Su importancia ha crecido frente a los desafíos del cambio climático, la necesidad de resiliencia ante fenómenos extremos y la planificación del desarrollo sostenible.

**Palabras clave:** *Climatología, Evapotranspiración, Riego.*

### **ABSTRACT**

Understanding weather and climate phenomena is crucial, not only from a climate science perspective, but also for their practical application in various fields. For example, when planning crop irrigation or constructing a building, it is essential to know what the maximum wind speed could be in a given region. Crop pests are adapted to function within certain environmental limits, so understanding these extremes is essential. Furthermore, the global analysis of these extreme events contributes to the development of atmospheric sciences, as unusual values allow us to better detect and understand changes in weather patterns as the global climate evolves. Having a reliable record

of these events not only enriches scientific knowledge but can also be an effective tool to spark general interest in climate studies. Climatological databases are tools that allow us to understand weather patterns, detect long-term and short-term changes, and plan strategies in multiple sectors such as agriculture, energy, and risk management. Its importance has grown in the face of the challenges of climate change, the need for resilience to extreme events, and sustainable development planning.

**Key words:** *Climate change, Evapotranspiration, Irrigation.*

## INTRODUCCIÓN

Las bases de datos climáticas se han convertido en herramientas fundamentales tanto para la investigación científica como para la toma de decisiones gubernamentales y sociales. Estas bases permiten almacenar, organizar, procesar y compartir grandes volúmenes de información meteorológica y climática recolectada a lo largo del tiempo, facilitando así el estudio riguroso del clima y sus variaciones. Desde mediados del siglo XIX, y en algunas regiones como Europa incluso antes, los Servicios Meteorológicos Nacionales (SMN) han llevado a cabo un seguimiento constante y detallado de la atmósfera a nivel mundial. Las bases de datos relacionales suelen emplearse para realizar búsquedas usando lenguajes de consulta estructurados. Para hacer consultas correctas, el usuario debe conocer previamente la estructura de los datos. En contraste, los motores de búsqueda en la web han difundido un modelo distinto de búsqueda y navegación, más simple e intuitivo (Bhalotia et al., 2002). En este modelo, los usuarios solo ingresan palabras clave y navegan entre documentos a través de enlaces, sin necesidad de entender la organización interna de los datos. La información climática confiable y sistematizada es esencial para el estudio del sistema climático terrestre y la toma de decisiones basadas en evidencia. Esta información se almacena, procesa y distribuye mediante bases de datos climatológicas, que permiten el análisis de tendencias y la generación de modelos predictivos. Las bases de datos climatológicas son conjuntos estructurados de información relacionados con variables atmosféricas como temperatura, precipitación, humedad relativa, velocidad del viento, radiación solar, entre otras. Esta información puede ser registrada de manera horaria, diaria, mensual o anual y provenir de distintas fuentes como estaciones meteorológicas, satélites o modelos numéricos (World Meteorological Organization (WMO), 2023). Estas bases pueden ser locales, regionales o globales, y deben cumplir con criterios de calidad, continuidad, cobertura y accesibilidad. En Chihuahua se presentan diversos contrastes climáticos, con regiones que alcanzan temperaturas de 45 °C en el verano en las regiones desérticas y en el invierno existen regiones con mínimas de -23.0 °C en la Sierra Madre Occidental (Sierra Tarahumara). En el 40% del territorio estatal existe clima cálido y muy cálido seco, en las llanuras del norte y noreste del estado; la partes bajas de la Sierra Madre Occidental representan el 33% de la superficie estatal con clima templado y cálido semiseco con lluvias en verano; las sierras y partes altas ocupan el 24% del territorio, con clima semifrío subhúmedo, con lluvias en verano e invierno y

otras zonas con clima templado subhúmedo; la temperatura media anual en el estado es de 17.0°C, las lluvias son escasas y se presentan durante el verano, la precipitación anual varía de 240 a 780 mm, con un promedio anual de 510 mm (García et al., 2006). Con el objetivo de consolidar una red de estaciones agrometeorológicas automatizadas que permita el registro continuo de variables meteorológicas, se diseñó e implementó una base de datos que proporciona información meteorológica en tiempo real e histórica. La base de datos contiene información meteorológica generada por las estaciones meteorológicas automatizadas y está almacenada en el Centro de Datos Hidrometeorológicos del Estado de Chihuahua. La información está disponible tanto para su descarga como para generar los índices climatológicos, tecnología de alertas fitosanitarias y aplicaciones para el manejo del riego en tiempo real.

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

Se realizó la instalación y configuración del sistema operativo, se configuró una base de datos de la unidad central sobre el motor SQL Server, para ordenar y almacenar la información recibida de las estaciones climatológicas e hidrológicas automatizadas en un servidor. Por otra parte, se creó una página web para proporcionar acceso a la información y permitir su uso en aplicaciones web y dispositivos móviles, generar los cálculos de índices climatológicos, aplicación de modelos y varios recursos, así como los medios de consulta y resolución de solicitudes de los usuarios. Esta base de datos permite definir estrategias y prácticas de producción en las actividades del sector agrícola, pecuario, forestal, pesquero y del medio ambiente. La base de datos contiene información meteorológica generada por las estaciones automatizadas de la marca ADCON y DAVIS. El inicio de la información generada por las estaciones ADCON datan desde el año 2003 a la fecha y las estaciones DAVIS comenzaron a operar a partir de abril de 2004. Las variables meteorológicas que se guardan en la base de datos son la precipitación (en mm), temperatura (en °C), humedad relativa (en %), velocidad (en Km/h) y dirección (en °Azimut) del viento, así como la radiación global (en W/m<sup>2</sup>). Las estaciones toman automáticamente la lectura de estas variables cada 15 minutos y se reportan vía GSM a la unidad central. Esta información se integra a la base de datos, lo cual permite calcular datos de forma horaria, diaria, decenal y mensual, con la finalidad de contar con determinaciones en tiempo real a partir del comportamiento climático incidente. Usando la información de las temperaturas máxima y mínima, humedad relativa, radiación solar y velocidad del viento, se estima la evapotranspiración de referencia diaria, expresada en mm, utilizando el método de Penman-Monteith, descrito en Allen, et al., 2006, la cual es necesaria para realizar la estimación del consumo de agua de los cultivos. Estos datos pueden ser consultados por medio de la dirección web <https://secrural.chihuahua.gob.mx/sdr/datestaciones.aspx>. En la Figura 1 se muestra el resultado de una consulta de información meteorológica a la estación Campanario, ubicada en el municipio de Camargo en el estado de Chihuahua.

Fecha	Hum.	Velocidad	Dir. Vel.	Temp. Aire	Temp. Suelo	Prof. Dda.	Dir. Vel.
20170302	4.80	20.20	10.00	23.00	2.00	142.70	205.00
20170303	18.20	20.20	17.00	19.00	2.00	133.07	176.00
20170304	24.00	20.00	10.00	22.00	2.00	120.07	197.00
20170305	3.00	20.20	10.00	22.70	2.00	130.22	145.70
20170306	4.00	20.20	17.00	21.00	2.00	130.00	222.00
20170307	4.00	22.00	10.00	23.50	2.00	126.50	222.07
20170308	4.00	22.00	10.00	24.00	2.00	127.00	222.00
20170309	4.00	22.00	10.00	23.00	2.00	126.00	222.00
20170310	4.00	22.00	10.00	23.00	2.00	126.00	222.00
20170311	4.00	22.00	10.00	23.00	2.00	126.00	222.00
20170312	4.00	22.00	10.00	23.00	2.00	126.00	222.00
20170313	4.00	22.00	10.00	23.00	2.00	126.00	222.00
20170314	4.00	22.00	10.00	23.00	2.00	126.00	222.00
20170315	4.00	22.00	10.00	23.00	2.00	126.00	222.00
20170316	4.00	22.00	10.00	23.00	2.00	126.00	222.00
20170317	4.00	22.00	10.00	23.00	2.00	126.00	222.00
20170318	4.00	22.00	10.00	23.00	2.00	126.00	222.00
20170319	4.00	22.00	10.00	23.00	2.00	126.00	222.00
20170320	4.00	22.00	10.00	23.00	2.00	126.00	222.00

**Figura 2** Tabla de resultados del periodo de consulta de una estación climatológica automatizada.

La información reportada por la base de datos es materia prima fundamental para realizar análisis climatológicos, aplicar modelos fenológicos de cultivos e insectos plaga, pronóstico de enfermedades, programación del riego en tiempo real, estimación de varios índices climáticos, como índices de sequía, estimación de riesgo de incendios forestales, estudios ambientales que permiten programar actividades para eficientizar los procesos, predecir riesgos en diferentes actividades primarias, obras civiles, protección civil, aviación, entre varias de las actividades de los diferentes sectores, como lo señalan Mahmood et al., 2017. En el diseño conceptual de la base de datos se identificaron las entidades, atributos y relaciones entre los datos que se almacena. Las entidades que se manejan en la base de datos son Estados, Municipios, Estaciones, Datos Meteorológicos, Dueños y Proveedores (de estaciones meteorológicas). Los atributos creados son variables según el tipo de datos que se está almacenando, como por ejemplo hay atributos simples (nombres de estación, ubicación, etc.), compuestos (estaciones, que comprende su nombre, ubicación, pertenencia, tipo de estación, etc), derivados (grados día, horas frío, evapotranspiración, etc.). Una vez definido el modelo conceptual, se pasa al diseño lógico, donde se convierte el diagrama entidad relación en un modelo relacional. Aquí se definieron las tablas, las claves primarias (que identifican de forma única cada registro) y las claves foráneas (que vinculan una tabla con otra). El modelo relacional garantiza las relaciones generadas en la base de datos que permite evitar la pérdida de datos, asegurar que la información relacionada se mantenga consistente, almacenar datos una sola vez y acceder a ellos desde diferentes tablas, evitando la redundancia, realizar consultas complejas que combinan datos de múltiples tablas. Con el modelo relacional establecido se realizó la implementación física, que consiste en crear la base de datos dentro de un Sistema de Gestión de Bases de Datos Relacional (SGBDR), que en este caso se realizó en SQL Server. En este entorno,



## CONCLUSIONES

Las bases de datos climatológicas son esenciales para construir sociedades resilientes al cambio climático. Su adecuada gestión permite la planificación eficiente de políticas públicas, fortalece la investigación científica y contribuye a la seguridad humana. Es fundamental documentar el tipo de instrumento con el que se realizan las mediciones y contar con los registros de los metadatos, los cuales deben incluir cuando menos el fabricante, modelo identificación, sensibilidad, tiempo de respuesta del sensor. Se necesitan buenos metadatos para garantizar que el usuario final de los datos no tenga dudas sobre las condiciones en que se registraron, recopilaron y transmitieron los datos. Conocer la fecha y hora exactas de reemplazo de un termómetro, así como las características técnicas del instrumento nuevo y antiguo, sin duda ayudará a eliminar la huella no climática de este cambio en ese registro de temperatura en particular. Para mejorar el valor de las bases de datos climatológicas se debe ampliar y modernizar la red de observación, fomentar la apertura de los datos, aplicar métodos de control de calidad y homogenización. Es crucial la integración de tecnologías como sensores remotos, inteligencia artificial y análisis con Big data para optimizar el uso de estas bases.

## REFERENCIAS

- Aguilar, E., Auer, I., Brunet, M., Peterson, T., & Wieringa, J. (2003). *Guidelines on climate metadata and homogenization*. 53.
- Bhalotia, G., Hulgeri, A., Nakhe, C., Chakrabarti, S., & Sudarshan, S. (2002). Keyword searching and browsing in databases using BANKS. *Proceedings - International Conference on Data Engineering*, 431–440. <https://doi.org/10.1109/ICDE.2002.994756>
- García, G., Padilla, G., Martínez, M., Serna, M., Silva, A., & Baez-Gonzalez, A. D. (2006). *Estadísticas Climatológicas Básicas del Estado de Chihuahua (periodo 1961-2003)*. INIFAP. ISBN:970-430038-7.
- Mahmood, R., Boyles, R., Brinson, K., Fiebrich, C., Foster, S., Hubbard, K., Robinson, D., Andresen, J., & Leathers, D. (2017). MESONETS: Mesoscale weather and climate observations for the United States. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 98(7), 1349–1361. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-15-00258.1>
- World Meteorological Organization (WMO). (2023). *Guidelines for the WMO Evaluation of Records of Weather and Climate Extremes* (Issue 1317).