



TECNOLÓGICO  
NACIONAL DE MÉXICO



# Instituto tecnológico de Culiacán

## **Actividad:**

Sistema Experto Analítico-Predictivo Multifactorial basado en Deep Learning (DL) para la Prevención, Mitigación y Contingencia de Daños ante Sequías en el Estado de Sinaloa.

## **Alumnos:**

Ivan Eduardo Ramírez moreno

Fernando Alonso Moreno Millán

## **Carrera:**

Ing. en sistemas computacionales

## **Docente:**

ZURIEL DATHAN MORA FELIX

## **Materia:**

Tópicos de IA

## **Semestre:**

## **Resumen**

El presente protocolo describe el desarrollo de un sistema experto analítico-predictivo multifactorial, basado en Deep Learning, enfocado en la prevención, mitigación y manejo de contingencias ante sequías en el estado de Sinaloa. El sistema integrará datos históricos meteorológicos, hidrológicos y ambientales, provenientes de fuentes oficiales como CONAGUA, INEGI y NOAA, para entrenar un modelo predictivo de redes neuronales recurrentes (LSTM). Este modelo permitirá anticipar la probabilidad e intensidad de sequías futuras.

Complementariamente, el sistema experto combinará las predicciones generadas con un conjunto de reglas heurísticas definidas por especialistas en gestión hídrica, con el fin de emitir alertas y recomendaciones automatizadas a las autoridades y sectores productivos. Este enfoque híbrido permitirá contar con una herramienta robusta de apoyo a la toma de decisiones, permitiendo actuar de forma preventiva y adaptativa ante escenarios de estrés hídrico.

El sistema será desarrollado en Python, utilizando librerías especializadas para la manipulación de datos (Pandas, NumPy), modelado (TensorFlow, Keras) y construcción de interfaces (Flask o FastAPI). La validación del modelo predictivo se realizará mediante métricas específicas como MAE y RMSE, evaluando su precisión en comparación con registros históricos. Con este proyecto se busca contribuir a la sostenibilidad hídrica de Sinaloa, apoyando la planeación estratégica y reduciendo los impactos sociales, económicos y ambientales derivados de las sequías.

## **Índice**

### **CAPÍTULO I: GENERALIDADES DEL PROYECTO**

- 1.1 Introducción
- 1.2 Planteamiento del problema
- 1.3 Objetivos
  - 1.3.1 Objetivo general
  - 1.3.2 Objetivos específicos
- 1.4 Justificación

### **CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO**

- 2.1 Contexto de sequías y cambio climático
- 2.2 Modelos predictivos aplicados a la gestión hídrica
- 2.3 Deep Learning aplicado a series temporales ambientales
- 2.4 Sistemas expertos en la toma de decisiones ambientales

### **CAPÍTULO III: METODOLOGÍA**

- 3.1 Enfoque metodológico
- 3.2 Fuentes de datos
- 3.3 Proceso de desarrollo
- 3.4 Productos esperados

# **CAPÍTULO I: GENERALIDADES DEL PROYECTO**

## **1.1 Introducción**

El almacenamiento de agua en presas es una de las estrategias más importantes para garantizar la disponibilidad de este recurso vital a lo largo del año. En estados como Sinaloa, donde la actividad agrícola es clave, la gestión adecuada de los cuerpos de agua es esencial para asegurar la productividad y el bienestar social. Sin un almacenamiento y manejo adecuado, el acceso al agua dependería únicamente de la estacionalidad y el comportamiento impredecible de las lluvias.

Las sequías, caracterizadas por periodos prolongados de precipitaciones anormalmente bajas, representan una amenaza crítica. En Sinaloa, las sequías generan estragos en la agricultura, la disponibilidad de agua potable y los ecosistemas. Su impacto es multidimensional, afectando la economía, el medio ambiente y la seguridad alimentaria.

La utilización de modelos predictivos basados en inteligencia artificial es una alternativa prometedora para anticipar la aparición y magnitud de las sequías, permitiendo a las autoridades tomar decisiones preventivas y mitigar el impacto. Este protocolo propone el desarrollo de un sistema experto analítico-predictivo multifactorial basado en Deep Learning, que integre datos meteorológicos, hidrológicos y ambientales, proporcionando un modelo integral para la gestión hídrica en el estado de Sinaloa.

## **1.2 Planteamiento del problema**

Las sequías en Sinaloa han aumentado en frecuencia e intensidad debido al cambio climático, la deforestación y la sobreexplotación de recursos hídricos. Este fenómeno reduce la disponibilidad de agua, afecta la agricultura, incrementa el costo de los alimentos y genera conflictos por el recurso hídrico. Sin herramientas de predicción confiables, las autoridades enfrentan dificultades para planificar y ejecutar acciones oportunas.

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Objetivo general**

Desarrollar un sistema experto basado en Deep Learning capaz de analizar información meteorológica e hidrológica de las presas de Sinaloa para generar predicciones y recomendaciones para la gestión de sequías.

### **1.3.2 Objetivos específicos**

1. Recopilar datos meteorológicos e hidrológicos de fuentes oficiales (CONAGUA, INEGI, NOAA).
2. Preprocesar y limpiar los datos mediante algoritmos de Python.
3. Entrenar un modelo de Deep Learning con redes neuronales recurrentes (LSTM) para realizar predicciones.
4. Diseñar un sistema experto que combine predicciones automáticas con reglas heurísticas para emitir alertas y recomendaciones.

### **1.4 Justificación**

La gestión eficiente del agua es clave para la sostenibilidad de Sinaloa. Predecir sequías permite implementar medidas preventivas y optimizar el uso del recurso. Aplicar inteligencia artificial mejora la precisión de los pronósticos, mientras que integrar un sistema experto permite traducir predicciones en decisiones claras para autoridades y agricultores.

## **CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO**

### **2.1 Contexto de sequías y cambio climático**

El cambio climático ha intensificado eventos extremos, incluyendo sequías más prolongadas. La gestión tradicional de recursos hídricos, basada en promedios históricos, es insuficiente para enfrentar este desafío.

### **2.2 Modelos predictivos aplicados a la gestión hídrica**

Los modelos basados en series temporales permiten anticipar tendencias y comportamientos de variables ambientales. En particular, el uso de IA mejora significativamente la precisión.

### **2.3 Deep Learning aplicado a series temporales ambientales**

Las redes LSTM son ideales para analizar secuencias temporales, ya que aprenden dependencias a largo plazo entre datos climáticos e hidrológicos.

### **2.4 Sistemas expertos en la toma de decisiones ambientales**

Los sistemas expertos combinan modelos predictivos con reglas definidas por expertos (heurísticas), permitiendo generar alertas o recomendaciones automáticas.

# CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

## 3.1 Enfoque metodológico

El enfoque es cuantitativo y experimental, basado en la recopilación y análisis de datos históricos mediante Python, seguido por el desarrollo de un sistema experto predictivo.

## 3.2 Fuentes de datos

- CONAGUA: Niveles de presas, precipitación y temperaturas.
- INEGI: Datos ambientales y de uso de suelo.
- NOAA: Registros climáticos globales.

## 3.3 Proceso de desarrollo

Fase	Actividad
Recopilación	Descarga y consolidación de datos
Preprocesamiento	Limpieza y normalización
Modelado	Entrenamiento LSTM
Sistema experto	Integración de predicciones y reglas
Visualización	Dashboard interactivo

## 3.4 Productos esperados

- Modelo predictivo entrenado.
- Sistema experto funcional (API + dashboard).
- Manual técnico y reporte final.

## Referencias

Comisión Nacional del Agua. (2023). *Datos Hidrometeorológicos Históricos*. CONAGUA. Recuperado de <https://www.gob.mx/conagua>

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2023). *Estadísticas del Agua en México*. INEGI. Recuperado de <https://www.inegi.org.mx>

National Oceanic and Atmospheric Administration. (2023). *National Centers for Environmental Information (NCEI)*. NOAA. Recuperado de <https://www.ncdc.noaa.gov>

Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). *Deep Learning*. MIT Press. Recuperado de <https://www.deeplearningbook.org>

Chollet, F. (2018). *Deep Learning with Python*. Manning Publications.

Russell, S., & Norvig, P. (2020). *Artificial Intelligence: A Modern Approach* (4ta ed.). Pearson.

Medina, G., & Llano, M. (2011). *El Impacto de las Sequías en México y Estrategias de Mitigación*. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA). Recuperado de <https://www.imta.gob.mx>

Zhou, X., & Li, C. (2020). Time Series Forecasting Using LSTM Networks for Drought Prediction. *Environmental Modelling & Software*, 134, 104849. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2020.104849>

Valencia, J., & Pérez, M. (2019). *Sistemas Expertos Aplicados a la Gestión Ambiental*. Revista Latinoamericana de Ingeniería de Software, 7(2), 45-56.