



Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), septiembre-octubre 2026,
Volumen 10, Número 5.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v10i5

ANÁLISIS DE LOS PATRONES DE LLUVIA DE MÉXICO A NIVEL NACIONAL

**ANALYSIS OF MEXICO'S RAINFALL PATTERNS AT THE
NATIONAL LEVEL**

Mauricio Alberto Ruiz Olaes

Universidad Autónoma de Querétaro UAQ-FCA, México

Luis Miguel Cruz Lázaro

Universidad Autónoma de Querétaro UAQ-FCA, México

Análisis de los Patrones de Lluvia de México a Nivel Nacional

Mauricio Alberto Ruiz Olaes¹

mrui_olaes@hotmail.com

Universidad Autónoma de Querétaro UAQ-

FCA

México

Luis Miguel Cruz Lázaro

corintio29@hotmail.com

<https://orcid.org/0000-0001-6542-9682>

Universidad Autónoma de Querétaro UAQ-

FCA

México

RESUMEN

El objetivo de la investigación es determinar la presencia de cambios estructurales en el registro nacional de las lluvias de 1998 a diciembre de 2025 de México. Para lo cual, se examinó el registro de las lluvias por mes de enero de 1998 a diciembre de 2025. Esta información se analizó por medio de estadística descriptiva; se estimó su línea de tendencia; y se realizaron dos pruebas de raíces unitarias con quiebres estructurales: una es con tendencia y otra sin tendencia. Con esta última metodología se podrá determinar si durante el periodo de análisis, de enero de 1998 a diciembre de 2025, se presentó un cambio estructural en el registro de lluvia de México. Los resultados de la estadística descriptiva señalan que hay dispersión de los datos, lo que indica que el promedio de los patrones del registro de las lluvias por mes de enero de 1998 a diciembre de 2025 de México no es representativo. Otro de los resultados de la investigación es que se observó que hay estacionalidad en el comportamiento de los patrones del registro de las lluvias por mes de enero de 1998 a diciembre de 2025 de México. Con respecto a las pruebas de raíz unitaria con quiebres estructurales (con y sin tendencia), sustentan que los patrones del registro de las lluvias por mes de enero de 1998 a diciembre de 2025 de México son una serie estacionaria sin cambios estructurales ni tendencia estadísticamente significativa. Se concluye que se alcanzó el objetivo de la investigación.

Palabras clave: quiebres estructurales, recursos hídricos, cambio climático, cambios estructurales

¹ Autor principal

Correspondencia: corintio29@hotmail.com

Analysis of Mexico's Rainfall Patterns at the National Level

ABSTRACT

The objective of this research is to determine the presence of structural changes in Mexico's national rainfall records from January 1998 to December 2025. To this end, monthly rainfall data for this period were examined. The data were analyzed using descriptive statistics and trend line estimation, and two unit root tests incorporating structural breaks were conducted: one accounting for a trend and one without. This methodology allows for determining whether a structural change occurred in Mexico's rainfall records during the analysis period. Descriptive statistics reveal data dispersion, indicating that the average monthly rainfall pattern for Mexico from January 1998 to December 2025 is not representative. The research also identified seasonality in the monthly rainfall patterns during this period. Regarding the unit root tests with structural breaks (both with and without a trend), the results indicate that the monthly rainfall patterns in Mexico from January 1998 to December 2025 constitute a stationary series, exhibiting neither structural changes nor a statistically significant trend. It is concluded that the research objective was achieved.

Keywords: structural breaks, water resources, climate change, structural changes

*Artículo recibido 05 septiembre 2026
Aceptado para publicación: 10 octubre 2026*



INTRODUCCIÓN

Los recursos hídricos son uno de los elementos más importantes para la sobrevivencia de las sociedades, de los animales, la vegetación, los ecosistemas y todo ser vivo. En este sentido, la lluvia es uno de los principales elementos que sostienen los recursos hídricos disponibles, ya que son unas de las fuentes que alimentan a los cuerpos acuíferos y que sostienen a las sociedades (Lira y Briones, 2012; Méndez et al., 2008; Rodríguez et al., 2025).

Es así que, debido a su importancia, se realiza un monitoreo constante de los patrones de lluvia empleando distintos tipos de métodos y tecnologías. Esto con el fin de poder administrar este recurso (Rodríguez et al., 2025). De esta forma, al tener esta información, las autoridades y los usuarios de este recurso pueden tomar decisiones sobre el suministro y uso de este importante recurso. Por ejemplo, los agricultores pueden decidir cuánto y qué producir, o la industria eléctrica puede hacer estimaciones de cuánto líquido tiene disponible y con ello, realizar estimaciones de cómo afectará en la generación de electricidad del país (Lira y Briones, 2012; Méndez et al., 2008; Rodríguez et al., 2025).

En este punto, se debe agregar que hay eventos que se han señalado que pueden influir en la cantidad de lluvia que hay en ciertas regiones o países del mundo. Entre los que se encuentran el fenómeno de El Niño y La Niña. Estos fenómenos tienen las características de que suceden con cierta frecuencia y pueden cambiar los patrones de lluvia. Por ejemplo, pueden ocasionar en algunas zonas intensas lluvias y en otras, sequías. En este sentido, se ha indicado que el fenómeno de El Niño ocasiona lluvias invernales en Baja California Norte y Sonora (García y Cruz, 2009).

Otro evento que ha sido señalado como causante de los cambios en los patrones de lluvia de algunas regiones o países es el cambio climático. Esto se debe a que es un fenómeno que puede causar cambios en las temperaturas, lo que repercute en afectar a los patrones de la lluvia y, por lo tanto, afectar a las zonas, a los usuarios y a los ecosistemas de estas zonas. Es por esta razón que el cambio climático se ha señalado como causante de ocasionar cambios en los patrones de lluvia y, por lo tanto, ocasionar sequías o inundaciones según sea el tipo de repercusión que tenga en la zona (Méndez et al., 2008; Campos, 2015; García y Cruz, 2009).

En este sentido, para determinar el impacto del cambio climático y otros fenómenos en los patrones de lluvia, es decir, establecer que el cambio climático y otros fenómenos afectan a los patrones de lluvia,

se deben examinar los registros de los patrones de lluvia por diferentes métodos estadísticos, para establecer la presencia de cambios estructurales en los patrones de lluvia. Pero para examinar estos cambios, se deben tomar en cuenta varios factores, como el tiempo, la zona geográfica, la temperatura y otros elementos (Méndez et al., 2008; Campos, 2015; Rodríguez et al., 2025; García y Cruz, 2009).

Es por ello que se estudia el registro de la lluvia con el fin de poder determinar el efecto de fenómenos como el cambio climático sobre los patrones de la lluvia de las diversas zonas de México. Por su importancia y por los eventos que pueden alterar los patrones de lluvia en las zonas y regiones, causando un impacto devastador no solo para las sociedades, sino también para los ecosistemas y seres vivos (Méndez et al., 2008; Campos, 2015; García y Cruz, 2009).

Es de esta manera que se examinan los patrones de lluvia en México para establecer si han cambiado por diversos motivos, como el cambio climático, que ocasiona cambios en la temperatura y en los patrones de lluvia (Méndez et al., 2008; Campos, 2015; Rodríguez et al., 2025; García y Cruz, 2009).

También, por el fenómeno de La Niña y el Niño, los cuales causan cambios de temperatura y lluvia (García y Cruz, 2009; Clarke, 2008; Bravo et al., 2010; Seager et al., 2009; Englehart y Dougla, 2002).

Es así que, para determinar si estos fenómenos causan cambios estructurales en los patrones de lluvia, se propone como objetivo de la investigación determinar la presencia de cambios estructurales en el registro nacional de las lluvias de 1998 a diciembre de 2025 de México. Esta información permitirá aportar a la discusión sobre si se han presentado cambios en los patrones de lluvia de México; dicha información ayudará a los tomadores de decisión, así como a los consumidores y las autoridades encargadas de gestionar estos recursos.

Marco teórico

Los patrones de lluvia influyen en muchos aspectos, como los de la naturaleza, sociales, económicos y otros. Por ejemplo, en el tipo de vegetación que se presenta en las zonas geográficas de México y el tipo de cultivo que se puede producir en ciertas zonas. De esta forma, la lluvia y los recursos acuíferos que hay en ciertas zonas son uno de los recursos más importantes para las zonas de México (Lira y Briones, 2012; Méndez et al., 2008; Rodríguez et al., 2025).

Se debe indicar que la lluvia afecta a los cuerpos hídricos como los ríos, los lagos y otros. Por ello, se monitorean con el fin de conocer la cantidad de recursos hídricos disponibles para las distintas



actividades humanas. Para este monitoreo se han desarrollado distintas herramientas tecnológicas y se han instalado diferentes estaciones meteorológicas, con el fin de tener una medición correcta (Rodríguez et al., 2025).

Entre las tecnologías diseñadas y usadas para el monitoreo de las lluvias están los sistemas de teledetección espacial y el uso de satélites y radares. Con respecto a la teledetección espacial, hay que señalar que este sistema emplea distintas herramientas para el monitoreo de las lluvias, como el empleo de sensores de distintos tipos, como infrarrojos y de microondas, así como radares de precipitación. En este sentido, hay que señalar que los datos recopilados por las estaciones climatológicas a veces contienen errores, derivados de lo complejo de los procesos para monitorear la lluvia; estos tipos de errores pueden hacer que los estudios de los patrones de lluvia tengan errores (Rodríguez et al., 2025).

Estas mediciones permiten llevar un registro de los patrones de la lluvia con el fin de generar información que pueda examinarse y, con ello, tomar decisiones. Entre las cuales, están determinar si hay suficientes recursos hídricos para satisfacer la demanda de este insumo para los diferentes consumidores, como los productores agrícolas, el consumo doméstico de los habitantes de las ciudades y otros sectores productivos como la minería o la industria eléctrica de México (Lira y Briones, 2012; Méndez et al., 2008; Rodríguez et al., 2025).

También, con el estudio y monitoreo de registro de las lluvias, se pueden determinar si hay fluctuaciones en los registros de las lluvias, las cuales pueden originarse por diversos motivos. Estas fluctuaciones pueden afectar de manera positiva o negativa a los demandantes de este insumo. Por ejemplo, si hay un exceso de lluvia, esta puede ocasionar afectaciones negativas en las ciudades al causar inundaciones (Lira y Briones, 2012; Méndez et al., 2008; Rodríguez et al., 2025).

Se debe agregar que, para el caso de México, al ser un país tan extenso, tiene regiones que reciben distinta cantidad de lluvia, lo que causa que haya regiones de México con una baja precipitación de lluvia y otras que tienen abundancia de lluvias, lo que causa que haya regiones en México con escasez de agua y otras con abundancia (Méndez et al., 2008; Rodríguez et al., 2025).

Con respecto a las zonas geográficas, aquellas zonas donde hay escasez de lluvia son zonas llamadas áridas o semiáridas, mientras que las zonas donde hay un registro abundante de este recurso son las zonas húmedas. Estas zonas se monitorean para ver si hay consistencia en los registros de lluvias o hay

variaciones que puedan perjudicar a las zonas, a los usuarios y a los ecosistemas de estas zonas (Méndez et al., 2008; Rodríguez et al., 2025).

Asimismo, hay que señalar que la lluvia presenta estacionalidad, es decir, que hay temporadas donde se presenta más lluvia y otras donde hay menos presencia de lluvia. Esto hace que esos patrones de lluvia sean predecibles y los usuarios de este insumo puedan planificar su uso (Méndez et al., 2008; García y Cruz, 2009).

También es importante señalar que está el fenómeno de El Niño y La Niña, los cuales afectan los ciclos de las lluvias. Estos fenómenos suceden con cierta regularidad y pueden ocasionar en algunas zonas intensas lluvias y en otras, sequías. Por ejemplo, El Niño ocasiona lluvias invernales en Baja California Norte y Sonora (García y Cruz, 2009).

Un tema que toma relevancia por su efecto en los patrones de la lluvia es el cambio climático. Este fenómeno puede ocasionar cambios en los patrones de la lluvia y, por lo tanto, afectar la cantidad de recursos hídricos de las zonas, afectando, por ejemplo, a los usuarios y a los ecosistemas de estas zonas. En este sentido, el cambio climático puede ocasionar sequías e inundaciones. Es por ello que se estudia el registro de la lluvia con el fin de poder determinar el efecto del cambio climático sobre los patrones de la lluvia de las diversas zonas de México (Méndez et al., 2008; Campos, 2015; García y Cruz, 2009). En este sentido, para determinar el impacto del cambio climático en los patrones de lluvia, es decir, establecer que el cambio climático afectó a los patrones de lluvia, se deben examinar los registros de los patrones de lluvia por diferentes métodos estadísticos, para establecer, por ejemplo, que la tendencia ha cambiado. Pero para examinar estos cambios, se deben tomar en cuenta varios factores, como el tiempo, la zona geográfica, la temperatura y otros elementos (Méndez et al., 2008; Campos, 2015; Rodríguez et al., 2025; García y Cruz, 2009).

Entre los elementos a los cuales se les atribuye el cambio climático, están los gases de efecto invernadero, los cuales se han acumulado de manera importante. Estos gases ocasionan que las temperaturas, tanto del aire como de los océanos, se eleven. Se debe agregar que no solo la actividad humana ha ocasionado la acumulación de los gases de invernadero que están ocasionando el cambio climático, sino que también es un proceso natural. De esta forma, la variabilidad de la temperatura por procesos naturales, así como por la actividad humana, ha ocasionado un aumento de la temperatura que

afecta de diferentes maneras a la naturaleza, siendo uno de ellos el cambio en los patrones de las lluvias (Méndez et al., 2008; Campos, 2015; García y Cruz, 2009).

Los efectos del cambio climático sobre las lluvias pueden variar dependiendo de las zonas; hay algunas regiones en las que se han presentado aumentos de los registros de las lluvias y otras, donde se ha presentado una disminución considerable de los patrones de la lluvia (Méndez et al., 2008; Campos, 2015; García y Cruz, 2009).

Es por ello que, en el caso de México, se lleva un registro de los patrones de la lluvia y se ha encontrado que es heterogénea la cantidad de lluvia que las diversas zonas de México reciben. En este sentido, México tiene zonas de alta precipitación pluvial y otras de baja precipitación pluvial (Méndez et al., 2008; Campos, 2015).

Entre las conclusiones a las que se ha llegado al examinar el impacto del cambio climático en México, están que, debido a donde se encuentra México en términos geográficos, la lluvia va a disminuir y la temperatura aumentará. Esto para el caso de México será preocupante, porque debido a sus condiciones socioeconómicas, el impacto de este fenómeno ambiental será mayor (Campos, 2015).

Esto ocasiona que, para el caso de México, sea necesario examinar los patrones de lluvia, para determinar si hay un cambio en los patrones y, con esa información, tomar medidas preventivas que permitan estar en una mejor posición ante los efectos del cambio climático. Asimismo, se pueden realizar estudios a nivel estatal, con el fin de tener un panorama más completo de lo que sucede en cada uno de los estados que componen a México (Campos, 2015).

Algunos estudios han encontrado efectos del cambio climático en los patrones de lluvia de algunos estados de México, como el caso de Campos (2015), donde halló evidencia estadística de que en Zacatecas ha ido disminuyendo la precipitación anual. Sin embargo, no hay una evidencia concluyente del efecto del cambio climático en los patrones de lluvia de México (Campos, 2015).

En el caso de México, hay que señalar que está el Servicio Meteorológico Nacional (SMN), el cual es una de las entidades gubernamentales que monitorean las lluvias en México. Asimismo, México cuenta con 3329 estaciones climatológicas; sin embargo, su distribución no es la más óptima para cumplir con su trabajo; también, algunas no tienen todos sus registros, lo que dificulta el estudio de la lluvia en México. Otra institución es la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) (Rodríguez et al., 2025).



Fenómenos de El Niño y La Niña

La variabilidad que se presenta en los diferentes periodos de lluvia en México se encuentra estrechamente relacionada con las condiciones meteorológicas que se desarrollan en el océano Pacífico, las cuales afectan a las condiciones atmosféricas que se presentan en la región del Pacífico ecuatorial y a todas las regiones alrededor del mundo.

La variabilidad de las precipitaciones pluviales, que se presentan por la interacción de los océanos y la región del Pacífico ecuatorial que se señaló en el párrafo anterior, se pone de manifiesto, principalmente, por los fenómenos meteorológicos conocidos como: El Niño-Oscilación del Sur (ENOS).

De acuerdo con lo establecido por Clarke (2008), el fenómeno conocido como el Niño-Oscilación del Sur (ENOS) muestra tres variaciones claramente definidas, las cuales se describen brevemente a continuación:

Una fase cálida, la cual se conoce como El Niño. El fenómeno climático conocido como El Niño ocurre cuando las corrientes de aires tropicales se debilitan y las corrientes marítimas cálidas del océano Pacífico se trasladan hacia las costas de la región de Sudamérica.

- El fenómeno climático conocido coloquialmente como El Niño puede llegar a tener una duración entre los diez y ocho meses normalmente.
- Durante la fase de El Niño, el calentamiento anormal que se presenta en el agua superficial del océano Pacífico central y oriental debilita las corrientes de los vientos tropicales.
- En México, este cambio climático causa un desplazamiento hacia el sur la corriente en chorro subtropical, lo que a su vez provoca que exista un incremento en la entrada de humedad e inestabilidad atmosférica en latitudes medias y altas durante el periodo invernal (Magaña et al., 2003), lo que trae como consecuencia que las regiones del norte y del noroeste del país experimenten un incremento significativo en las precipitaciones invernales, lo cual queda manifestado por la presencia de frentes fríos y tormentas invernales con mayor intensidad (Bravo et al., 2010).

Una fase fría, la cual es conocida como La Niña. El fenómeno climático conocido como La Niña ocurre cuando las corrientes de aires tropicales, que soplan fuerte y constantemente desde las altas presiones subtropicales hacia las bajas presiones del ecuador, hacen que las aguas calientes se desplacen

hacia el oeste, lo que a su vez provoca que emerjan las aguas frías de la región del océano Pacífico central y oriental.

- El fenómeno climático conocido coloquialmente como La Niña puede llegar a tener una duración entre los 7 meses y los tres años normalmente. La fase de La Niña se caracteriza por el reforzamiento de las corrientes de los vientos tropicales y un enfriamiento de las aguas superficiales del océano Pacífico ecuatorial, lo que provoca que se presenten modificaciones en las precipitaciones pluviales.
- En México, el fenómeno de La Niña provoca que, durante el periodo de invierno, la corriente en chorro subtropical se desplace hacia el norte del país, alejándose del territorio mexicano y entrando al territorio de los Estados Unidos de América. Dicho desplazamiento propicia que exista una especie de bloqueo en el camino de los sistemas frontales, lo que a su vez provoca que se reduzcan drásticamente las precipitaciones en la franja septentrional de México, lo que coadyuva a que se presenten periodos de sequía en los estados como Chihuahua, Coahuila, Sonora y Nuevo León (Seager et al., 2009).

Una condición neutral. Esta condición neutral se presenta cuando las temperaturas del océano y los vientos tropicales no presentan anomalías, es decir, se encuentran dentro de los valores promedio históricos.

Se debe señalar que, de acuerdo con lo planteado por Englehart y Dougla (2002), el sistema climático que se presenta en México reviste especial complejidad, lo que es consecuencia de la posición geográfica en la que se localiza el país. Geográficamente, México es cruzado por el trópico de Cáncer y bordeado por el océano Pacífico y por el golfo de México, el cual le abre las puertas al océano Atlántico. Así mismo, el país tiene una topografía particular, entre las que resaltan las cadenas montañosas de la Sierra Madre Occidental y de la Sierra Madre Oriental.

Autores como Higgins et al. (2003), plantean que la mayor parte de las precipitaciones pluviales que tiene México dependen de las lluvias que se presentan en la época del verano en el país, las cuales se encuentran condicionadas por la actividad atmosférica que se presentan en la zona de convergencia intertropical, el sistema del Monzón Norteamericano, la entrada de diferentes ondas tropicales y el proceso de formación de bajas, o altas, presiones atmosféricas en el océano Pacífico y Atlántico.



Cabe resaltar que, de acuerdo con lo señalado por Cavazos (1999), en la franja septentrional de México, la cual comprende la zona norte del país, se presentan periodos invernales intensos, los cuales se encuentran asociados con el paso de frentes fríos y con periodos prolongados de bajas presiones atmosféricas.

Se debe resaltar que, cuando se presenta el fenómeno conocido como el Niño-Oscilación del Sur (ENOS) en su variable cálida (El Niño) o en su variable fría (La Niña), se muestran variaciones anómalas significativas en las temperaturas de la superficie de los diferentes mares y océanos, lo que a su vez provoca un desplazamiento de los centros de circulación atmosférica en las diferentes regiones del mundo. Siguiendo a lo planteado por Magaña et al. (2003), dicho desplazamiento de los centros de circulación atmosférica tiene como consecuencia que se produzcan redistribuciones severas en los patrones de humedad y precipitación pluviales en las distintas regiones fisiográficas de México.

El poder entender claramente el fenómeno conocido como el Niño-Oscilación del Sur resulta relevante para los diferentes agentes económicos en México, debido a que las alteraciones pluviales que se presentan por El Niño y La Niña impacta de forma directa a la recarga de los mantos acuíferos, a la disponibilidad del agua superficial, a la producción agrícola que se basa en las precipitaciones pluviales, al empleo en el sector agrícola, al desarrollo regional y en la inflación (Conde et al., 2006).

Además, de acuerdo con lo planteado por Ramírez-Sanches et al. (2022), las perturbaciones climáticas causadas por el fenómeno del Niño-Oscilación del Sur tienen impactos negativos entre la población, debido a que pueden provocar desbordamiento de los cauces de los ríos, deslaves de montes y pérdida de las cosechas.

Además de lo planteado en los párrafos anteriores, se debe señalar que las variaciones que se presentan en las precipitaciones pluviales alrededor del mundo constituyen un elemento que impacta significativamente al equilibrio de los diferentes ecosistemas, lo que a su vez se manifiesta en alteraciones climáticas que dañan a la flora y fauna endémica, o no, de las diferentes regiones.

Diferentes autores, como Ruiz-Corral et al. (2021), establecen que las diferentes perturbaciones climáticas derivadas del fenómeno conocido como el Niño-Oscilación del Sur, en sus diferentes variables, provocan anomalías que impactan significativamente a las corrientes de aire que soplan de

manera frecuente desde las altas presiones subtropicales hacia las bajas presiones del ecuador. Asimismo, dichas perturbaciones climáticas afectan a las diferentes corrientes marítimas.

Algunos estudios, como los presentados por Gomes et al. (2025) y Zargar et al. (2011), plantean que las anomalías que se presentan en las corrientes de aire y en las corrientes marinas, las cuales se señalaron en el párrafo anterior, actúan como un medio para regular las precipitaciones pluviales a nivel global, lo que a su vez provoca que existan contrastes importantes en la forma en que impactan a las diferentes regiones en el mundo, ya que pueden incrementar tanto los periodos de sequías como los periodos de lluvias extremas en el país.

Asimismo, las perturbaciones climáticas causadas por el fenómeno del Niño-Oscilación del Sur pueden provocar que se reconfiguren las cuencas hídricas en las diferentes regiones del mundo, ya que las precipitaciones pluviales que se presentan a lo largo de los años representan un mecanismo de variabilidad climática en el sistema hídrico en el que interactúan el océano y la atmósfera (Rebelo et al., 2020).

Además, autores como Gomes et al. (2025) señalan que las perturbaciones por el aumento de las temperaturas, las cuales son causadas por el fenómeno del Niño, alteran la distribución de las precipitaciones pluviales. Asimismo, el fenómeno de La Niña ocasiona que haya un enfriamiento en la atmósfera. Cabe señalar que tanto el fenómeno de El Niño como el de La Niña condicionan los ciclos de las precipitaciones pluviales que se presentan a lo largo del territorio en México.

Adicionalmente, la interacción que se presenta entre la temperatura superficial de los diferentes mares provoca que existan alteraciones en la circulación atmosférica del planeta, lo que a su vez impacta directamente en la frecuencia de eventos pluviales anómalos (Navarro-Monterroza et al., 2019).

Cabe resaltar que las anomalías climáticas que se presentan por el fenómeno del Niño-Oscilación del Sur no ocurren de manera aislada. Existen diferentes estudios empíricos, como los presentados por Santos et al. (2022) y Silva et al. (2025), que plantean que los ciclos pluviales se integran a ciclos climáticos de mayor escala, como, por ejemplo, la oscilación del Pacífico. Dichos ciclos climáticos regulan la intensidad y persistencia de las anomalías pluviales que se registran a lo largo de los años.

Por lo planteado en los párrafos anteriores, y de acuerdo con lo expresado por Aliaga et al. (2016) y Montalvo et al. (2024), se puede establecer que la identificación de las anomalías climáticas que se

presentan por el fenómeno del Niño-Oscilación del Sur, tanto en su variable del Niño como de la Niña, permiten entender como las fluctuaciones en la temperatura que se presentan en las superficies de los mares, en conjunto con el incremento en la fuerza de los vientos, influyen directamente en el comportamiento de las precipitaciones pluviales, las cuales, al ser anómalas, pueden ocasionar periodos de sequía prolongada o periodos de lluvias intensas.

Cabe resaltar que, de acuerdo con los resultados de las investigaciones de Cai et al. (2021), debido a la influencia del fenómeno del Niño-Oscilación del Sur sobre la transferencia de energía térmica mediante el movimiento de las aguas del océano Pacífico, durante la fase del Niño y la fase de La Niña, se presentan cambios en la atmósfera que repercuten de manera directa en los cultivos, lo cual a su vez impacta a la seguridad alimentaria de los diferentes de las diferentes regiones, además de que puede llegar a dañar a la infraestructura de la que disponen los diferentes países para poder captar, almacenar, tratar y distribuir las aguas provenientes de las precipitaciones pluviales para su utilización por parte de la población y los diferentes productores agrícolas.

La variabilidad climática que se presenta en México deriva del fenómeno de El Niño-Oscilación del Sur se ponen de manifiesto por la reconfiguración de los patrones pluviales que se presentan a lo largo y ancho del país, las cuales, como se mencionó en el párrafo anterior, provocan que se presenten perturbaciones y anomalías espacio-temporales en la disponibilidad de los recursos hídricos, en la infraestructura hidráulica, en el sector agrícola y en la biodiversidad, además de que ponen en riesgo a los mexicanos que no cuentan con los recursos para poder protegerse adecuadamente de los fenómenos extremos de los fenómenos del Niño y de La Niña.

METODOLOGÍA

La metodología está diseñada para alcanzar el objetivo de la investigación, que es determinar la presencia de cambios estructurales en el registro nacional de las lluvias de 1998 a diciembre de 2025 de México. Para lo cual, se extrajo la información del sitio web del *Servicio Meteorológico Nacional de la Comisión Nacional de Agua* (SMN-CONAGUA, 2026). Las bases de datos son mensuales y es el registro de las lluvias por mes de enero de 1998 a diciembre de 2025, expresado en milímetros de lluvia. Esta información se analizó por medio de estadística descriptiva; se estimó su línea de tendencia y dos pruebas de raíces unitarias con quiebres estructurales, donde uno es con tendencia y otro sin tendencia.



Para estas últimas se siguió la metodología explicada por Gujarati y Porter (2010) y Perron y Vogelsang (1993). Con esta última metodología se podrá determinar si durante el periodo de análisis, de enero de 1998 a diciembre de 2025, se presentó un cambio estructural en el registro de lluvia de México. Las fechas que se espera puedan ocasionar un cambio estructural se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Fechas examinadas para determinar los cambios estructurales.

Fecha del evento	Evento
1994-1995 (El Niño)	Episodio cálido prolongado que enlazó con estiajes críticos previos en el centro y sur del país.
1996-1997 (La Niña / Transición)	Breve fase fría con precipitaciones moderadas y rápida evolución a un nuevo ciclo.
1997-1998 (El Niño muy fuerte)	Uno de los más intensos del siglo XX. Provocó sequías devastadoras para la agricultura, escasez de granos básicos, incendios forestales masivos, el paso catastrófico del huracán Paulina y nevadas extraordinarias en zonas como Jalisco, Guanajuato y el centro del país.
1998-2001 (La Niña prolongada)	Fase fría consecutiva de varios años que propició una intensa actividad de huracanes en el Atlántico y recuperación hídrica regional.
2002-2003 (El Niño moderado)	Generó anomalías cálidas de corta duración con estiajes marcados en el sur y centro. 2007-2008 (La Niña moderada): Causó descensos drásticos de temperatura e invierno riguroso en el norte y centro del territorio nacional.
2009-2010 (El Niño fuerte)	Provocó alteraciones notorias en la distribución de lluvias invernales en el norte y acentuó las ondas de calor estivales.
2010-2012 (La Niña fuerte)	Generó lluvias torrenciales e inundaciones considerables en varios estados del noreste y sureste, alternando con sequías previas.
2014-2016 (El Niño muy fuerte / "Godzilla")	Calentamiento extremo del Pacífico que redujo drásticamente las lluvias del monzón y elevó las temperaturas nacionales a récords históricos.
2017-2018 (La Niña débil/moderada)	Afectó los patrones de frentes fríos invernales con descensos repentinos de temperatura.
2020-2023 (La Niña multianual)	Tres años consecutivos de fase fría que impactaron los volúmenes de almacenamiento de las presas nacionales e incrementaron los déficits pluviales en el centro y norte.
2023-2024 (El Niño fuerte)	Calentamiento rápido que elevó los termómetros de manera drástica durante el verano e invierno, disipándose a inicios de 2024.
2026 (Vigilancia y establecimiento de El Niño):	El Servicio Meteorológico Nacional (SMN) y la Comisión Nacional del Agua (Conagua) confirmaron el rápido calentamiento del Pacífico ecuatorial tras el fin de La Niña, alertando por un potencial incremento de eventos de calor extremo y actividad ciclónica dispar

Fuente: Elaboración propia con base en García y Cruz (2009), Clarke (2008), Bravo et al. (2010), Seager et al. (2009) y Englehart y Douglá (2002).

En la Tabla 1, se muestran las fechas de los fenómenos de El Niño y La Niña, los cuales pudieron ocasionar un cambio estructural en los patrones de lluvia de México y que, por lo tanto, se sospecha que pudieran causar un cambio estructural en el registro de las lluvias de México. Para ver si estos eventos que se presentaron en la Tabla 1 causaron cambios estructurales, se analizará el registro de lluvias a nivel nacional de México.

La base teórica de esta investigación es que los patrones de lluvia en México han cambiado por diversos motivos, como el cambio climático, que ocasiona alteraciones en la temperatura y en los patrones de lluvia (Méndez et al., 2008; Campos, 2015; Rodríguez et al., 2025; García y Cruz, 2009). También, por el fenómeno de La Niña y el niño, los cuales causan cambios de temperatura y lluvia (García y Cruz, 2009; Clarke, 2008; Bravo et al., 2010; Seager et al., 2009; Englehart y Dougla, 2002). Es así que, para determinar si estos fenómenos ocasionaron cambios estructurales en los patrones de lluvia, se realizarán dos pruebas de raíces unitarias con quiebres estructurales. Se debe agregar que, para robustecer los resultados, se estimará estadística descriptiva de los patrones de lluvia; en este sentido, se estimarán el promedio, la media, la mediana, la varianza y otros. Asimismo, se estimará la línea de tendencia.

Pruebas de raíces unitarias con quiebres estructurales

Para realizar las dos pruebas de raíces unitarias con quiebres estructurales, se usará la metodología mostrada por Gujarati y Porter (2010) y Perron y Vogelsang (1993). Dichas pruebas se realizarán para determinar la estacionariedad de la serie de tiempo y si dicha serie presenta algún quiebre estructural a lo largo del tiempo examinado (de 1998 a diciembre de 2025).

Asimismo, para robustecer el análisis, se realizaron dos pruebas de raíces unitarias con quiebres estructurales, en las cuales una es con intercepto, lo cual implica que solo se agregó una constante al momento de especificar la tendencia; y otra, pero con tendencia e intercepto, lo que significa que al momento de especificarlo se incluye una constante, así como una tendencia lineal determinista.

También se debe agregar que el punto de ruptura de la serie de datos se estableció a través de la minimización del estadístico t de Dickey-Fuller. Para el número óptimo de rezagos se usó el criterio de Schwarz con un número máximo de 16 rezagos. En la Tabla 2 se presenta la descripción del modelo que se aplicó.

Tabla 2. Modelos de pruebas de raíces unitarias con quiebres estructurales.

Modelos	Variable dependiente	Variables independientes
Sin tendencia	Registro de la lluvia nacional	Registro de la lluvia nacional del término autorregresivo ($t - 1$). Constante (c) Variables ficticias (<i>dummies</i>) de cambio estructural: cambio en el intercepto y, efecto puntual de la ruptura en el periodo especificado.
Con tendencia	Registro de la lluvia nacional	Registro de la lluvia nacional del término autorregresivo ($t - 1$). Constante (c) Variables ficticias (<i>dummies</i>) de cambio estructural: cambio en el intercepto y, efecto puntual de la ruptura en el periodo especificado. Tendencia lineal.

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 2 se muestran los dos modelos de las pruebas de raíces unitarias con quiebres estructurales.

En la Tabla 2 se aprecia que en ambos modelos la variable dependiente es el registro de lluvia nacional de México por mes de enero de 1998 a diciembre de 2025, expresado en milímetros de lluvia, mientras que las variables independientes son el registro de la lluvia nacional del término autorregresivo ($t - 1$); la constante (c); y las variables ficticias (*dummies*) de cambio estructural: cambio en el intercepto y, efecto puntual de la ruptura en el periodo especificado.

Es importante indicar que se harán dos modelos, de los cuales uno es con tendencia y el otro sin tendencia. Por ello, en la Tabla 2 se presentan dos modelos, en los cuales la diferencia es que en uno se agregó una tendencia, que es la variable independiente tendencia lineal; mientras que en uno no se agrega la tendencia.

Ahora, obtenidos ambos modelos de raíces unitarias con quiebres estructurales, se examinarán los valores del estadístico t y sus correspondientes valores p de las pruebas Dickey-Fuller aumentada, para establecer si tienen raíces unitarias, lo que implicaría que no es estacionaria; o que no tiene raíces unitarias. Esta prueba se realizará con un alfa del 5 %.

Asimismo, se examinará el valor p de las variables ficticias (*dummies*) de cambio estructural, que son dos: cambio en el intercepto y efecto puntual de la ruptura en el periodo especificado, para determinar si hay un cambio estructural en la pendiente o en el intercepto. La evaluación del quiebre estructural se realizará con un alfa del 5 %.

RESULTADOS

En la Tabla 3, se presentan los resultados de la estadística descriptiva del registro de las lluvias por mes de enero de 1998 a diciembre de 2025 de México.

Tabla 3. Estadística descriptiva de los patrones de lluvia.

Medida	Valor
Media	65.1
Error típico	3.1
Mediana	39.0
Moda	14.0
Desviación estándar	56.2
Varianza de la muestra	3159.4
Curtosis	-0.7
Coefficiente de asimetría	0.8
Rango	238.2
Mínimo	6.0
Máximo	244.2
Suma	21869.9
Cuenta	336.0
Mayor (1)	244.2
Menor (1)	6.0
Nivel de confianza (95.0%)	6.0

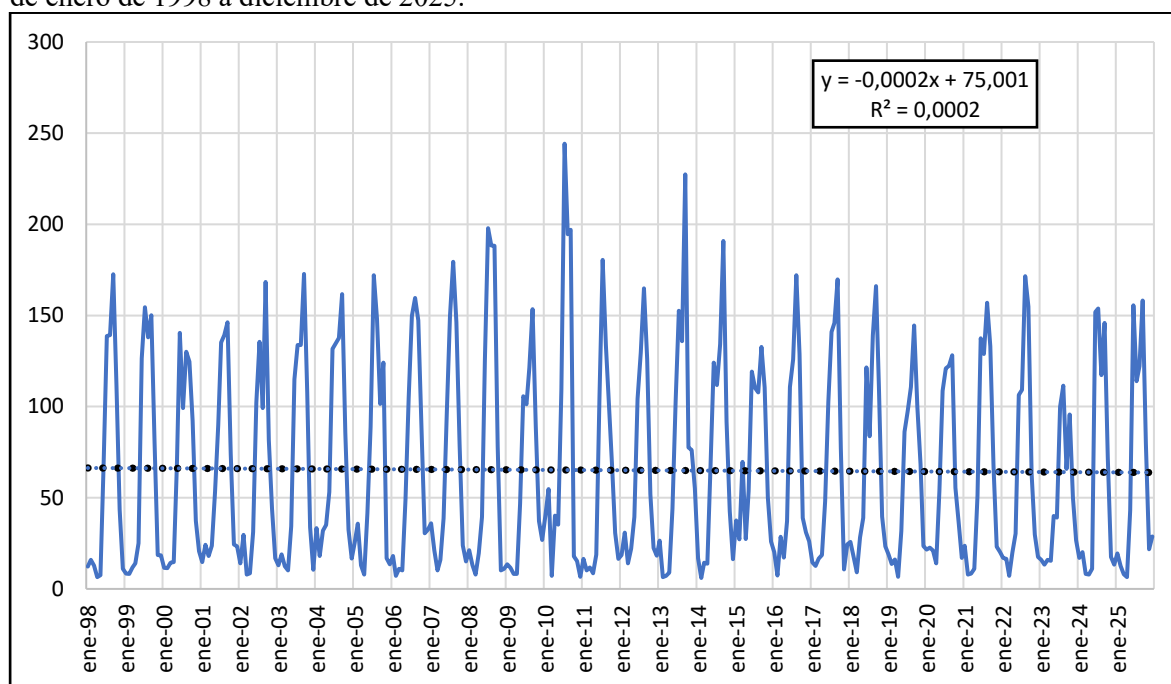
Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 3, se aprecia que, en promedio, de enero de 1998 a diciembre de 2025 en México, el registro promedio de lluvia fue de 65.1 milímetros por mes a nivel nacional. Sin embargo, se puede observar que hay algunos valores atípicos que pueden hacer que el promedio no sea representativo. Evidencia de esto es que la mediana tiene un valor de 39 milímetros, que está lejos del promedio registrado de 65.1 milímetros.

En esta misma línea de ideas, en la Tabla 3, con respecto a las medidas de dispersión, se puede encontrar evidencia de que el promedio no es representativo, porque hay medidas que muestran una amplia dispersión. Entre ellas, está la desviación estándar, la cual es de 56.2 milímetros, lo que indica una amplia dispersión alrededor del promedio. Asimismo, se encuentra el valor máximo, que es de 244.2 milímetros, y el mínimo con 6 milímetros, lo cual muestra la dispersión de los datos. Para robustecer los resultados de la estadística descriptiva, a continuación, en la Figura 1, se presentan el gráfico de dispersión y la línea de tendencia del registro de la lluvia a nivel nacional de México de enero de 1998 a diciembre de 2025.



Figura 1. Gráfico de dispersión y línea de tendencia del registro de la lluvia a nivel nacional de México de enero de 1998 a diciembre de 2025.



Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 1, se aprecia el gráfico de dispersión y la línea de tendencia del registro de la lluvia a nivel nacional de México de enero de 1998 a diciembre de 2025. En ella se aprecian distintos picos, lo cual coincide con lo descrito en la estadística descriptiva, es decir, que hay mucha dispersión de los datos.

También, en el gráfico que se muestra en la Figura 1, se presenta la línea de tendencia y su ecuación, la cual muestra que tiene una pendiente negativa; es decir, de acuerdo con la línea de tendencia, el crecimiento del registro de la lluvia a nivel nacional de México de enero de 1998 a diciembre de 2025 ha sido negativo; sin embargo, este decrecimiento es muy pequeño, ya que el valor del coeficiente de regresión es de -0.0002. Algo a resaltar es que el valor del coeficiente de determinación es de 0.0002, lo cual indica que la ecuación de la línea de regresión no es válida.

Pruebas de raíces unitarias con quiebres estructurales

En la Tabla 4, se presentan los resultados de las pruebas de raíces unitarias con quiebres estructurales sin tendencia del registro de la lluvia a nivel nacional de México de enero de 1998 a diciembre de 2025.

Tabla 4. Resultados de la prueba de raíz unitaria con quiebres estructurales sin tendencia.

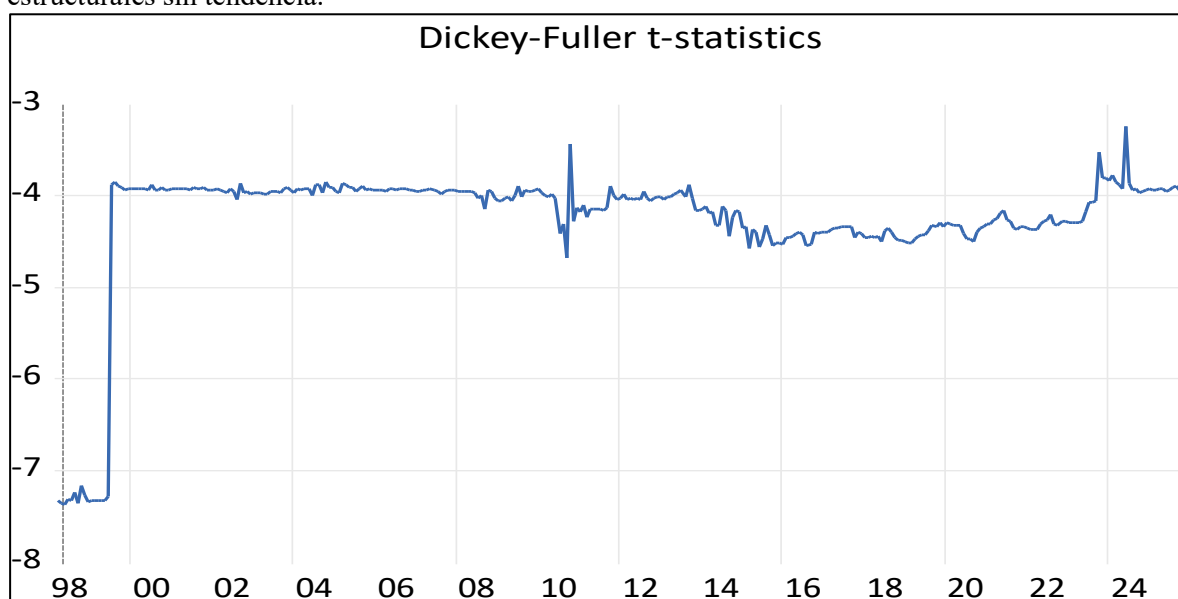
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
NACIONAL(-1)	0.719149	0.038118	18.8664	0
C	1.904966	22.50871	0.084632	0.9326
INCPTBREAK	16.65067	22.69176	0.733776	0.4636
BREAKDUM	-15.55818	39.10033	-0.397904	0.691
R-squared	0.523658			
Adjusted R-squared	0.51934			
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-7.367946			
Valor p del estadístico Dickey-Fuller	0.01			
Durbin-Watson stat	1.427648			
Break Date	Mayo de 1998			

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 4 se aprecia que, de acuerdo con la prueba de raíz unitaria con quiebres estructurales sin tendencia, la serie es estacionaria, debido a que el valor p del estadístico Dickey-Fuller aumentado (cuyo valor es de -7.36) es de 0.01, que es menor a 0.05. Asimismo, la prueba de raíz unitaria con quiebres estructurales sin tendencia, aunque se detectó un cambio estructural en mayo de 1998, este cambio estructural no fue estadísticamente significativo debido a que los valores p de las variables INCPTBREAK y BREAKDUM son mayores a 0.05.

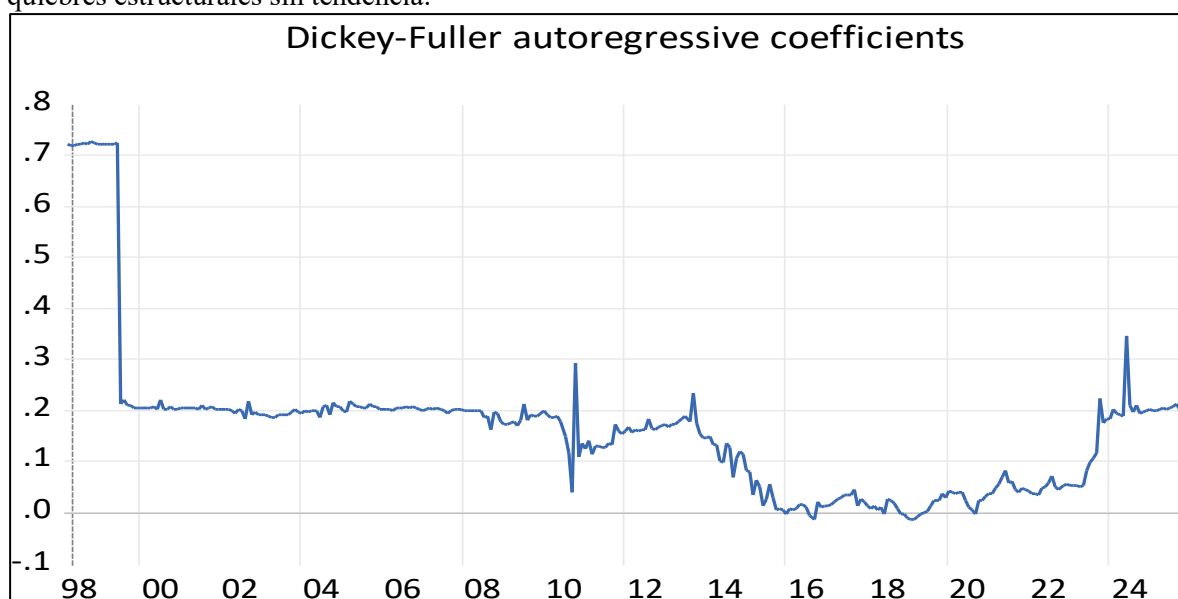
De esta manera, se determina que el registro de las lluvias por mes de enero de 1998 a diciembre de 2025 de México es una serie estacionaria sin un cambio estructural estadísticamente significativo. En este sentido, para ampliar los resultados, se presenta en la Figura 2 la gráfica del estadístico t de Dickey Fuller; mientras que, en la Figura 3, se presenta la gráfica de los coeficientes autorregresivos Dickey Fuller.

Figura 2. Gráfica del estadístico t de Dickey-Fuller de la prueba de raíz unitaria con quiebres estructurales sin tendencia.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3. Gráfica de los coeficientes de autorregresivos Dickey-Fuller de la prueba de raíz unitaria con quiebres estructurales sin tendencia.



Fuente: Elaboración propia.

En las Figuras 2 y 3, donde se presentan la gráfica del estadístico t de Dickey-Fuller (Figura 2) y la gráfica de los coeficientes autorregresivos Dickey-Fuller (Figura 3), se aprecia el cambio estructural en mayo de 1998 en los patrones del registro de las lluvias por mes de enero de 1998 a diciembre de 2025 de México que mostraba la prueba de raíz unitaria con quiebres estructurales sin tendencia. Sin embargo, dicho cambio estructural no es estadísticamente significativo debido a que los valores p de las variables

INCPTBREAK y BREAKDUM son mayores a 0.05. Ahora, para robustecer los análisis, en la Tabla 5 se presentan los resultados de las pruebas de raíces unitarias con quiebres estructurales con tendencia.

Tabla 5. Resultados de la prueba de raíz unitaria con quiebres estructurales con tendencia.

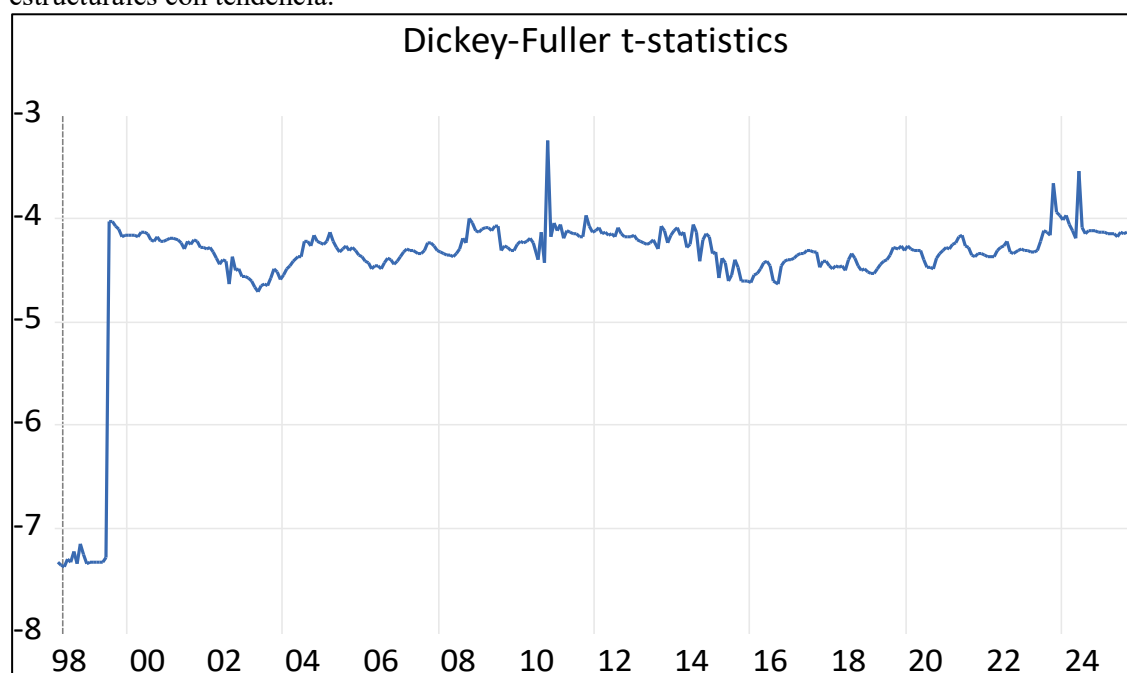
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
NACIONAL(-1)	0.718635	0.038181	18.82191	0
C	1.932295	22.53589	0.085743	0.9317
TREND	-0.010155	0.022457	-0.452168	0.6514
INCPTBREAK	18.38343	23.04	0.797892	0.4255
BREAKDUM	-17.27437	39.33097	-0.439205	0.6608
R-squared	0.523953			
Adjusted R-squared	0.518182			
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-7.369281			
Valor p del estadístico Dickey-Fuller	0.01			
Durbin-Watson stat	1.42761			
Break Date	Mayo de 1998			

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 5 se aprecia que, de acuerdo con la prueba de raíz unitaria con quiebres estructurales con tendencia, la serie es estacionaria, debido a que el valor p del estadístico Dickey-Fuller aumentado (-7.36) es de 0.01, que es menor a 0.05. Asimismo, la prueba de raíz unitaria con quiebres estructurales con tendencia detectó un cambio estructural en mayo de 1998 en los patrones del registro de las lluvias por mes de enero de 1998 a diciembre de 2025 de México; sin embargo, este cambio estructural no fue estadísticamente significativo debido a que los valores p de las variables INCPTBREAK y BREAKDUM son mayores a 0.05.

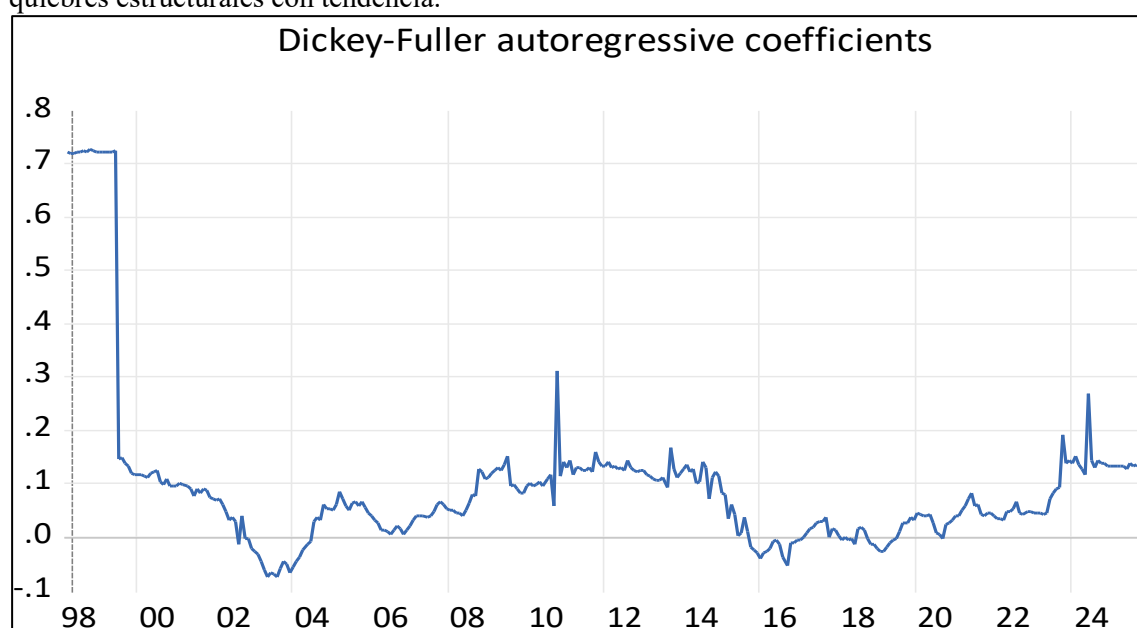
De esta manera, se determina que el registro de las lluvias por mes de enero de 1998 a diciembre de 2025 de México es una serie estacionaria sin un cambio estructural estadísticamente significativo. Es así que se robustece que el registro de las lluvias por mes de enero de 1998 a diciembre de 2025 de México es estacionario y que no presenta un cambio estructural. En este sentido, para ampliar los resultados de la prueba de raíz unitaria con quiebres estructurales con tendencia, se presenta en la Figura 4 la gráfica del estadístico t de Dickey-Fuller; mientras que, en la Figura 5, se presenta la gráfica de los coeficientes autorregresivos Dickey-Fuller.

Figura 4. Gráfica del estadístico t de Dickey-Fuller de la prueba de raíz unitaria con quiebres estructurales con tendencia.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5. Gráfica de los coeficientes de autorregresivos Dickey-Fuller de la prueba de raíz unitaria con quiebres estructurales con tendencia.



Fuente: Elaboración propia.

En las Figuras 4 y 5, donde se presentan la gráfica del estadístico t de Dickey-Fuller (Figura 4) y la gráfica de los coeficientes autorregresivos Dickey-Fuller (Figura 5), se aprecia el cambio estructural en mayo de 1998 en los patrones del registro de las lluvias por mes de enero de 1998 a diciembre de 2025

de México que mostraba la prueba de raíz unitaria con quiebres estructurales con tendencia. Pero dicho cambio no es estadísticamente significativo, como se observó en la Tabla 5.

De esta manera, basado en las pruebas de raíz unitaria con quiebres estructurales (con y sin tendencia), se determinó que los patrones del registro de las lluvias por mes de enero de 1998 a diciembre de 2025 de México son una serie estacionaria sin un cambio estructural ni tendencia estadísticamente significativa.

DISCUSIÓN

Los resultados de la estadística descriptiva señalan que hay dispersión de los datos, lo que indica que el promedio de los patrones del registro de las lluvias por mes de enero de 1998 a diciembre de 2025 de México no es representativo. Esto se puede atribuir a lo indicado por algunos autores como Méndez et al. (2008) y Rodríguez et al. (2025), quienes indican que México, al ser un país tan extenso, tiene regiones que presentan distintos tipos de registro de lluvia, lo que causa que haya regiones de México con una baja precipitación de lluvia y otras que tienen abundancia de lluvias, lo que causa que haya regiones en México con escasez de agua y otras con abundancia.

En este sentido, el registro de las lluvias por mes de enero de 1998 a diciembre de 2025 de México examinados en esta investigación, al ser datos nacionales, hay mucha dispersión. Esto, por ser un país tan extenso y con regiones con distinto grado de precipitación.

Otro de los resultados de la investigación es el gráfico de la Figura 1, la cual ilustra que hay estacionalidad en el comportamiento de los patrones del registro de las lluvias por mes de enero de 1998 a diciembre de 2025 de México, algo que fue señalado por autores como Méndez et al. (2008) y García y Cruz (2009). Estos autores indican que la lluvia presenta estacionalidad, es decir, que hay temporadas donde se presenta más lluvia y otras donde hay menos presencia de lluvia. Esto hace que esos patrones de lluvia sean predecibles y los usuarios de este insumo puedan planificar su uso. Los resultados confirman lo indicado por los autores.

Con respecto a la línea de tendencia que se aprecia en el gráfico de la Figura 1, la cual muestra un decrecimiento bajo, aunque no es tan grande, podría ser evidencia de estabilidad o consistencia en los patrones del registro de las lluvias por mes de enero de 1998 a diciembre de 2025 de México. A esto

hay que sumar los resultados de las pruebas de raíz unitaria con quiebres estructurales (con y sin tendencia).

En este sentido, las pruebas de raíz unitaria con quiebres estructurales (con y sin tendencia) sustentan que los patrones del registro de las lluvias por mes de enero de 1998 a diciembre de 2025 de México son una serie estacionaria sin cambios estructurales ni tendencia estadísticamente significativa. Es decir, los resultados de las investigaciones indican que no hay un cambio estructural estadísticamente significativo en los patrones de lluvia.

Es así que, para el periodo examinado, no se encontró evidencia estadística de que durante 1998 a diciembre de 2025 no se halló evidencia de que hayan cambiado los patrones del registro de las lluvias de México. Por lo cual, no se halló evidencia de que algún fenómeno ocasionara un cambio estructural estadísticamente significativo durante el periodo de análisis.

De esta manera, se cumple lo que indican Méndez et al. (2008) y García y Cruz (2009), quienes indican que los periodos de lluvia son predecibles y, por lo tanto, se puede afirmar que esta consistencia permite a los usuarios de estos recursos hídricos realizar gestiones y planes para administrar este recurso.

Igualmente, hay que señalar que la investigación, aunque no encontró evidencia de un cambio estructural, el cual pueda atribuirse a fenómenos como el cambio climático o fenómenos como La Niña o El Niño, esto no implica que no se esté dando. El hecho de que no se haya encontrado evidencia estadística de un cambio estructural ocasionado por el cambio climático que algunos autores han señalado -Méndez et al., 2008; Campos, 2015; Rodríguez et al., 2025; García y Cruz, 2009- o por La Niña o El Niño -García y Cruz, 2009; Clarke, 2008; Bravo et al., 2010; Seager et al., 2009; Englehart y Dougla, 2002- puede atribuirse a que, por ejemplo, el cambio climático todavía no ha tenido un efecto estadísticamente significativo durante el periodo de análisis y que, aunque El Niño y La Niña causen cambio en los patrones de lluvia, estos no son estadísticamente significativo.

Otro motivo al cual puede atribuirse la ausencia de cambios estructurales durante el periodo de análisis pueden ser errores de medición, los cuales han sido señalados por algunos autores como Rodríguez et al. (2025). Por lo cual, es necesario seguir investigando para determinar el comportamiento de los patrones de lluvia.

CONCLUSIONES

El objetivo de la investigación fue determinar la presencia de cambios estructurales en el registro nacional de las lluvias de 1998 a diciembre de 2025 de México. Para lo cual, se extrajo la información del sitio web del Servicio Meteorológico Nacional de la Comisión Nacional de Agua. Las bases de datos son mensuales y es el registro de las lluvias nacionales de México por mes de enero de 1998 a diciembre de 2025, expresado en milímetros de lluvia. Esta información se analizó por medio de estadística descriptiva; se estimó su línea de tendencia y dos pruebas de raíces unitarias con quiebres estructurales, donde uno es con tendencia y otro sin tendencia.

Los resultados de la estadística descriptiva señalan que hay dispersión de los datos, lo que indica que el promedio de los patrones del registro de las lluvias por mes de enero de 1998 a diciembre de 2025 de México no es representativo. Otro de los resultados de la investigación es que se observó que hay estacionalidad en el comportamiento de los patrones del registro de las lluvias por mes de enero de 1998 a diciembre de 2025 de México; y que la línea de tendencia indica un decrecimiento bajo, aunque no es tan grande la pendiente.

Con respecto a los resultados de las pruebas de raíz unitaria con quiebres estructurales (con y sin tendencia), sustentan que los patrones del registro de las lluvias por mes de enero de 1998 a diciembre de 2025 de México son una serie estacionaria sin cambios estructurales ni tendencia estadísticamente significativa. Es decir, los resultados de las investigaciones indican que no hay un cambio estructural estadísticamente significativo en los patrones de lluvia.

De esta manera, se concluye que se alcanzó el objetivo de la investigación. Asimismo, se debe indicar que el hecho de que no se haya encontrado evidencia de cambios estructurales no significa que no haya cambio climático o que los fenómenos de La Niña o El Niño no tengan significancia. Esta ausencia de cambios estructurales puede atribuirse a limitaciones de la investigación, errores de medición por parte de las autoridades o a que durante el periodo de estudio estos fenómenos no hayan ocasionado un cambio estadísticamente significativo. Se sugiere seguir investigando, usar otras metodologías o realizar estudios más locales.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aliaga, D., Leandro, J., y Schumann, G. J.-P. (2016). Influence of urban forms on surface flow in urban pluvial flooding. *Journal of Hydrology*, (540), 1111–1125.
- Bravo, J. L., Azpra, E., Zarraluqui, V., Gay, C., & Estrada, F. (2010). Cluster analysis for winter precipitation in the north of Mexico and its relation to ENSO. *Atmósfera*, 23(3), 259-270.
- Cai, W., Santoso, A., Collins, M., Dewitte, B., Karamperidou, C., Kug, J. S., Lengaigne, M., McPhaden, M. J., Stuecker, M. F., Taschetto, A. S., Timmermann, A., Wu, L., Yeh, S. W., Wang, G., Ng, B., Jia, F., Yang, Y., Ying, J., Zheng, X. T., ... Zhong, W. (2021). Changing El Niño–Southern Oscillation in a warming climate. *Nature Reviews Earth and Environment*, 2(9), 628-644.
DOI: <https://doi.org/10.1038/s43017-021-00199-z>
- Campos Aranda, D. F. (2015). Búsqueda de tendencias en la precipitación anual del estado de Zacatecas, México; en 30 registros con más de 50 años. *Ingeniería Investigación y Tecnología*, 16(3), 355-368.
- Cavazos, T. (1999). Large-scale circulation anomalies conducive to extreme precipitation events and derivation of daily rainfall in northeastern Mexico and southeastern Texas. *Journal of Climate*, 12(5), 1506–1523.
- Clarke, J.A. (2008). *An Introduction to the Dynamics of El Niño & the Southern Oscillation*. Academic Press.
- Conde, C., Ferrer, R., y Orozco, S. (2006). Climate change and climate variability impacts on rainfed agricultural activities and on possible adaptation responses. *International Journal of Climatology*, 26(7), 927-938.
- Englehart, P. J., y Douglas, A. V. (2002). Mexico's summer precipitation regime: Spatial modes and associated atmospheric circulation features. *International Journal of Climatology*, 22(1), 39-58.
- García-Páez, F., y Cruz-Medina, I. R. (2009). Variabilidad de la precipitación pluvial en la región pacífico norte de México. *AGROCIENCIA*, 1-9.
- Gomes, M., Castro, A., Durão, R., & Soares, A. (2025). Geostatistical Predictive Model of Drought Severity: A Case Study of Southern Portugal. *Mathematical Geosciences*.
DOI: [10.1007/s11004-025-10184-7](https://doi.org/10.1007/s11004-025-10184-7)



- Gujarati DN y Porter DC. (2010). *Econometría*. México: McGraw Hill.
- Higgins, J. P. T., Thompson, S. G., Deeks, J. J., y Altman, D. G. (2003). Measuring inconsistency in meta-analyses. *BMJ*, 327(7414), 557–560.
- Lira Torres, I., y Briones Salas, M. (2012). Abundancia relativa y patrones de actividad de los mamíferos de los Chimalapas, Oaxaca, México. *Acta Zoológica Mexicana*, 28(3), 566-585.
- Magaña, V. O., Vázquez, J. L., Pérez, J. L., & Pérez, J. B. (2003). Impact of El Niño on precipitation in Mexico. *Geofísica Internacional*, 42(3), 313-330.
- Méndez González, J., Nívar Cháidez, J. d., y González Ontiveros, V. (2008). Análisis de tendencias de precipitación (1920-2004) en México. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM*, (65), 38-55.
- Montalvo, C., Reyes-Silva, J. D., Sañudo, E., Cea, L., & Puertas, J. (2024). Urban pluvial flood modelling in the absence of sewer drainage network data: A physics-based approach. *Journal of Hydrology*, 634, 131043. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2024.131043>
- Navarro-Monterroza, E., Arias, P. A., y Vieira, S. C. (2019). El Niño-Oscilación del Sur, fase Modoki, y sus efectos en la variabilidad espacio-temporal de la precipitación en Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 43(166), 120-132. <https://doi.org/10.18257/raccefyn.704>
- Perron, P., y Vogelsang, T. J. (1993). A note on the asymptotic distributions of unit root tests in the additive outlier model with breaks. *Brazilian Review of Econometrics*, 13(2), 8–20. DOI: <https://doi.org/10.12660/bre.v13n21993.2981>
- Ramírez Sánchez, Hermes Ulises Fajardo Montiel Aida Lucia, Ortiz Bañuelos Alma Delia, and De la Torre Villaseñor Odila. (2022). “Impacts of Climate Change on the Water Sector in Mexico”. *Asian Journal of Environment & Ecology*, 17(2), 37-57. DOI: <https://doi.org/10.9734/ajee/2022/v17i230289>
- Rebelo, A. M. Quadrado, A. Franco, N. Lacasta y P. Machado. (2020). Water reuse in Portugal: new legislation trends to support the definition of water quality standards based on risk characterization. *Water Cycle*, 1, 41-53. DOI: [10.1016/j.watcyc.2020.05.006](https://doi.org/10.1016/j.watcyc.2020.05.006)



- Rodríguez-Herrera, J. G., Amante-Orozco, A., Muñoz-Robles, C. A., Pimentel-López, J., Ruiz-Vera, V. M., y Esteban, S.-O. (2025). Evaluación de Datos de Precipitación de Imágenes CHIRPS en Cuencas de Clima Seco y Tropical (San Luis Potosi) y Templado (Estado de México), México. *Terra Latinoamericana*, (43), 1-13. DOI: <https://doi.org/10.28940/terra.v43i.1953>
- Ruiz-Corral, J. A., Contreras Rodriguez, S. H., García Romero, G. E., y Villavicencio García, R. (2021). Climas de Jalisco según el sistema Köppen-García con ajuste por vegetación potencial. *Revista Mexicana De Ciencias Agrícolas*, 12(5). DOI: <https://doi.org/10.29312/remexca.v12i5.2988>
- Santos, C. A., Neale, C. M. U., Mekonnen, M., Gonçalves, I. Z., de Oliveira, G., Ruiz-Álvarez, O., Safa, B. N., y Rowe, C. M. (2022). Trends of extreme air temperature and precipitation and their impact on corn and soybean yields in Nebraska, USA. *Theoretical and Applied Climatology*, (147), 1379–1398.
- Seager, R., Ting, M., Davis, M., Cane, M., Naik, N., Nakamura, J., y Rodriguez, M. (2009). Mexican drought: An observational modeling study of the 1998–2002 drought and its comparison to the 1950s drought. *Journal of Climate*, 22(1), 1-21.
- Servicio Meteorológico Nacional de la Comisión Nacional de Agua. (2026). Resúmenes Mensuales de Lluvia y Temperatura. *Servicio Meteorológico Nacional de la Comisión Nacional de Agua*. SMN-CONAGUA. Recuperado de: <https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/temperaturas-y-lluvias/resumenes-mensuales-de-temperaturas-y-lluvias>
- Silva, G. de A., Freire, É. M. de S., Silva, F. G. da, Nascimento, J. R. I., Alba, A. H. C. do, Silva, E., y Bezerra, A. C. (2025). Spatio-temporal evolution of surface water resources in the Brazilian semi-arid: a case study in the Sertão of Pernambuco. *RBRH*, 30, e42.
- Zargar, A., Sadiq, R., Naser, B. y Khan, F. I. (2011). A review of drought indices. *Environmental Reviews*, 19(1), 333-349. DOI: 10.1139/a11-013