



**UNIVERSIDAD DE LA
SIERRA**

**DIVISIÓN DE CIENCIAS
BIOLÓGICAS**

Título del Proyecto:

**Análisis comparativo de datos climáticos
registrados en Rancho Nuevo, Moctezuma,
Sonora.**

MEMORIA PROFESIONAL

Que para obtener el título de:

Licenciado en Biología

Presenta:

Jesús Daniel Moreno Yáñez

Moctezuma, Sonora.

Enero, 2026

DEDICATORIA

A mis padres, María y Jesús por ser mi apoyo durante esta etapa de mi vida, apoyándome en cada uno de mis planes, ya sea físicamente como emocionalmente.

A mi tía y prima por siempre estar al pendiente de cualquier cosa que yo pudiera necesitar apoyo y/o ayuda.

A Liza, mi mejor amiga, que siempre estuvo conmigo en momentos difíciles durante toda esta etapa de mi vida, dándome su cariño y consejos, nunca dejándome solo cuando la necesitaba.

AGRADECIMIENTOS

A Sky Island Alliance, por siempre tenerme en cuenta en cada uno de sus proyectos, tanto de conservación como recreativos, brindándome un conocimiento enorme para mi futuro, abriéndome puertas para futuras oportunidades.

A la Universidad de la Sierra, por ser mi casa de estudios, brindándome las herramientas para poder desarrollarme como biólogo.

A mi asesora externa, Mónica Montaña, que en muy poco tiempo se volvió una persona muy especial para mí, considerándola una parte de mi familia, siempre tomándome en cuenta para cualquier plan o actividad, brindándome oportunidades increíbles de conocimiento y aprendizaje para mi formación profesional y personal.

A mi asesor interno, Guilebaldo Lavandera, por su apoyo durante toda esta etapa, donde siempre se podía contar con él para resolver cualquier duda o problema que se presentara.

A todos los maestros que me marcaron en esta etapa, Rosy, Elvira, Gertrudis, Uriel, Salomé, que me brindaron su ayuda y conocimiento.

A los 2 reales que siempre estuvieron conmigo durante toda la universidad, Javier y Aldo, brindándome nuevas experiencias en toda esta etapa.

A Amaranto Barceló por brindarme los datos necesarios para este estudio.

A todos los que formaron parte de este camino para poder llegar donde estoy.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	ii
ÍNDICE GENERAL	iii
ÍNDICE DE TABLAS	v
ÍNDICE DE FIGURAS	vi
RESUMEN	vii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEORICO	2
2.1 Antecedentes	2
2.2 Cambio climático	3
2.3 Cambio climático para Sonora	3
2.4 Fenómenos naturales	4
2.4.1 El niño.....	4
2.4.2 La niña.....	4
2.4.3 Ciclos estacionales.....	5
2.4.4 El monzón norteamericano.....	5
2.5 Modelos predictivos	6
2.5.1 ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average).....	6
2.6 Minitab	6
2.7 Índice Ryan-Joiner	7
2.8 Planteamiento del problema	8
2.9 Justificación	9
III. OBJETIVOS	10
3.1 Objetivo general	10

3.2 Objetivos específicos	10
IV. MATERIALES Y MÉTODOS	11
4.1 Descripción del área de estudio	11
4.2 Metodología.....	12
4.2.1 Captura y digitalización de los datos	12
4.2.2 Cálculo de valores históricos mensuales, anuales y estacionales.....	12
4.2.3 Pronosticación de valores anuales en Minitab con el modelo predictivo ARIMA.....	13
4.2.4 Pronosticación de valores estacionales en Minitab con el modelo predictivo ARIMA	13
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	14
5.1 Mensual y anual histórico	15
5.2 Precipitación estacional	17
5.2.1 Precipitación de primavera	17
5.2.2 Modelo predictivo para primavera	19
5.2.3 Precipitación de verano	20
5.2.4 Modelo predictivo para verano	21
5.2.5 Precipitación de otoño	22
5.2.6 Modelo predictivo para otoño	24
5.2.7 Precipitación de invierno	25
5.2.8 Modelo predictivo para invierno.....	27
5.3 Proyección estacional	28
VI. CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES	30
VII. BIBLIOGRAFÍA.....	32

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla I. Datos históricos de precipitación en Rancho Nuevo de 1990 a 2024	14
Tabla II. Proyección estacional para 4 años posteriores	29

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de Rancho Nuevo	11
Figura 2. Precipitación promedio mensual histórico en Rancho Nuevo correspondiente al periodo 1990-2024	16
Figura 3. Precipitación total anual histórica en Rancho Nuevo correspondiente al periodo 1990-2024	17
Figura 4. Precipitación promedio estacional de primavera (marzo-junio) en Rancho Nuevo correspondiente al periodo 1990-2024.....	18
Figura 5. Pronóstico ARIMA de precipitación en primavera (marzo-junio) en Rancho Nuevo para el periodo 1990-2024.....	19
Figura 6. Precipitación promedio estacional de verano (junio-septiembre) en Rancho Nuevo correspondiente al periodo 1990-2024.....	21
Figura 7. Pronóstico ARIMA de precipitación en verano (junio-septiembre) en Rancho Nuevo para el periodo 1990-2024.....	22
Figura 8. Precipitación promedio estacional de otoño (septiembre-diciembre) en Rancho Nuevo correspondiente al periodo 1990-2024.	24
Figura 9. Pronóstico ARIMA de precipitación en otoño (septiembre-diciembre) en Rancho Nuevo para el periodo 1990-2024.....	25
Figura 10. Precipitación promedio estacional de invierno (diciembre-marzo) en Rancho Nuevo correspondiente al periodo 1990-2024.....	27
Figura 11. Pronóstico ARIMA de precipitación en invierno (diciembre-marzo) en Rancho Nuevo para el periodo 1990-2024.....	28

RESUMEN

El presente trabajo se enfocó en el análisis comparativo de los registros históricos de precipitación en el predio Rancho Nuevo, ubicado en el municipio de Moctezuma, Sonora, con el objetivo principal de identificar tendencias climáticas y posibles señales vinculadas al cambio climático. Se recopilaron valores mensuales de precipitación entre 1990 y 2024 los cuales fueron digitalizados y procesados en hojas de cálculo para obtener valores históricos mensuales anuales y estacionales adicionalmente se aplicaron modelos predictivos ARIMA en la plataforma Minitab para proyectar el comportamiento pluvial de los siguientes 4 años. Los resultados mostraron una marcada estacionalidad con precipitaciones muy bajas de enero a mayo y un aumento considerable entre junio y septiembre debido a la influencia del monzón norteamericano. El promedio histórico anual fue de 21.82 pulgadas, aunque los últimos años se observaron varios periodos por debajo de este valor lo cual evidencia un incremento en la irregularidad interanual. El análisis estacional confirmó que el verano es la época con mayor precipitación mientras que el otoño e invierno mostraron variaciones considerables entre un año y otro con periodos secos dominantes y episodios aislados de lluvias intensas. El modelo ARIMA permitió proyectar escenarios futuros con márgenes amplios de incertidumbre especialmente para verano y otoño indicando que las variaciones climáticas continuarán siendo irregulares y difíciles de predecir. Los resultados sugieren que Rancho Nuevo presenta una tendencia hacia condiciones secas y variables asociadas tanto a la influencia de fenómenos globales como El Niño la niña y el monzón como posibles señales de cambio climático que afectan la disponibilidad de agua y los sistemas productivos locales. Estos hallazgos ofrecen información útil para la planificación regional el manejo sustentable del suelo y la gestión del recurso hídrico especialmente en zonas donde la ganadería y la agricultura dependen directamente de las lluvias estacionales.

I. INTRODUCCIÓN

El clima es un factor clave que regula el desempeño de los ecosistemas considerando que tiene una influencia directa sobre la productividad del suelo, la cantidad de agua disponible y el crecimiento de la vegetación. La precipitación, en zonas áridas y semiáridas como la mayor parte del estado de Sonora, juega un papel fundamental por su alta variabilidad temporal y su estrecha vinculación con las actividades humanas, sobre todo la agricultura, la ganadería y el uso de los recursos naturales.

En el noroeste de México, la distribución de la precipitación está fuertemente condicionada por fenómenos climáticos de gran escala, como el monzón norteamericano, así como por eventos interanuales asociados a El Niño y La Niña. Estos sistemas influyen en la intensidad, duración y estacionalidad de las lluvias, generando periodos húmedos concentrados principalmente en verano, alternados con estaciones secas prolongadas. No obstante, la respuesta local de estos fenómenos puede variar considerablemente dependiendo de las características geográficas y climáticas específicas de cada región.

La precipitación en el noroeste de México está fuertemente influenciada por fenómenos climáticos de gran magnitud, como el monzón norteamericano, y también por sucesos interanuales vinculados a El Niño y La Niña. Estos sistemas tienen un impacto en la duración, periodicidad y fuerza de las lluvias.

Aunque estos procesos son muy importantes, las investigaciones climáticas a nivel local continúan siendo escasas, en particular en áreas rurales como Rancho Nuevo, ubicado en el municipio de Moctezuma, Sonora. El entendimiento de la evolución de la precipitación a través del tiempo, así como la relación de estos cambios con el cambio climático y la variabilidad climática natural, es obstaculizado por la ausencia de análisis exhaustivos.

El objetivo de esta investigación fue proporcionar datos climáticos locales que ayuden a entender mejor la dinámica de las lluvias en la región, lo cual permitirá mejorar la toma de decisiones vinculadas con una administración sostenible del territorio.

II. MARCO TEORICO

2.1 Antecedentes

El Estado de Sonora cuenta con una superficie territorial de 184.934 Km², ubicado al noroeste del país, ocupa el segundo lugar en extensión de entre todas las entidades federativas de México. Geográficamente se ubica entre los paralelos 32° 29' y los 26° 14' de latitud Norte y entre los 108° 26' y los 105° 02' de longitud Oeste del meridiano de Greenwich. Sonora es un estado de gran importancia ecológica por su diversidad de ecosistemas debido a su ubicación geográfica, cuenta con una diversidad de paisajes terrestres que se pueden agrupar en tres grandes regiones: llanuras costeras, piedemonte y montañas y valles intermontanos de la Sierra Madre Occidental.

En relación con los recursos naturales, el uso del suelo se refiere al cambio que ha sufrido la vegetación natural para llevar a cabo algunas actividades productivas. En el estado de Sonora se han identificado los siguientes usos: agricultura de riego, agricultura de temporal, bosque cultivado, cuerpo de agua, granjas acuícolas, minas, pastizal inducido, pastos cultivados, salina y tular (CEDES, 2024).

En cuanto a las condiciones climáticas, la climatología de la entidad es árida en las partes bajas (distribuidas alrededor de las costas del Golfo de California), templada en la planicies sonorenses y fría en las zonas serranas (SEMARNAT y CEDES, 2010).

De manera más específica, la distribución del clima en el territorio sonorense es, en general, tipo seco y semiseco en la Sierra Madre Occidental (48%), muy seco en las zonas de la Llanuras Costeras del Golfo (46.5%), templado subhúmedo (4%) en la zona este del estado, y cálido subhúmedo (1.5%) en la región sureste (CEDES, 2021).

En este contexto, resulta importante destacar el caso de La localidad de Moctezuma se localiza en los 29°48' latitud Norte y meridiano 109°40' longitud Oeste, con una altitud de 635 msnm; es una localidad en el estado de Sonora, ubicada al noroeste de México. Colinda al norte con el municipio de Cumpas. Se encuentra dentro del Desierto de Sonora. El clima es árido, clasificado por Köppen como BW (muy seco desértico),

con una evaporación potencial de aproximadamente entre 2,000 y 2,400 mm anuales y una precipitación entre los 300 y 400 mm al año (Gamboa Navarro, 2024).

2.2 Cambio climático

El cambio climático se ha convertido en el mayor reto de la humanidad en el siglo XXI, ya que afecta tanto a los sistemas naturales como a las dinámicas sociales en todo el mundo. Se trata de un fenómeno complejo que, aunque está científicamente comprobado como consecuencia de la actividad humana, ha sido minimizado en la esfera política y social debido a intereses económicos y estrategias de desinformación. Esta situación ha contribuido a que el tema tenga escasa prioridad en las agendas públicas, lo que aumenta la vulnerabilidad de las poblaciones más desfavorecidas.

Frente a ello, no basta con promover transformaciones tecnológicas o energéticas; se requiere también de un cambio cultural y educativo profundo. La educación para el cambio climático no se limita a transmitir conocimientos científicos, sino que busca fomentar una conciencia crítica, la participación ciudadana y la construcción de alternativas colectivas que permitan modificar estilos de vida y relaciones con el entorno. En este sentido, la educación se presenta como una herramienta indispensable para impulsar transiciones hacia sociedades más sostenibles y justas (González Gaudiano & Meira Cartea, 2020).

2.3 Cambio climático para Sonora

El estado de Sonora debido a su posición geográfica, alto grado de exposición a fenómenos extremos y la escasa capacidad de adaptación en los sectores hídrico, agropecuario y energético, primordiales para el desarrollo económico de región, es altamente vulnerable a sufrir las severas consecuencias del cambio climático antropogénico en el mediano y largo plazo. Los cambios de uso de suelo y las deficiencias en el aprovechamiento de los recursos naturales han causado desertificación en ciertas zonas del estado (SEMARNAT & CEDES, 2010) que consecuentemente ha consumado en que los ecosistemas y la biodiversidad de la

entidad estén clasificados como vulnerables. Los gobiernos subnacionales son factor clave para diseñar e implementar la acción climática, en este sentido Sonora busca generar respuestas que permitan favorecer la reducción de emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero mediante el fortalecimiento de las capacidades locales de respuesta (CEDES, 2021).

2.4 Fenómenos naturales

2.4.1 El niño

El océano participa en el calentamiento de la atmósfera proveyendo casi el 50% de su energía, de esta manera, cuando la temperatura superficial del mar es superior a la de la atmósfera, el mar se evapora y transmite energía en forma de vapor de agua.

El fenómeno El Niño (FEN) es un fenómeno océano-atmosférico que surge como manifestación de la elevación de la temperatura de la superficie del mar, debido al ingreso de grandes cantidades de aguas cálidas del pacífico occidental hacia el pacífico ecuatorial, que se produce por alteraciones de la presión atmosférica. Se declara un FEN cuando existe un incremento de la temperatura superficial promedio del mar en 0,5 °C, o más, por al menos 5 meses consecutivos. El FEN constituye el más importante ciclo climático que contribuye a la variabilidad climática anual y comprende los cambios observados en la temperatura superficial del mar en el Pacífico ecuatorial central, así como los cambios de la presión atmosférica en el Pacífico (Hijar et al., 2016).

2.4.2 La niña

A su vez, el fenómeno contraparte del niño, conocido como la niña, la temperatura de superficie del mar en la región del pacífico tropical centro-este es más baja de lo normal y los efectos en el clima del planeta son aproximadamente opuestos a los observados

durante el niño, siendo esto en pocas palabras, que la niña disminuye las temperaturas del planeta mientras que el niño las aumenta (Martínez & Fernández, 2004).

2.4.3 Ciclos estacionales

La atmósfera terrestre tiene un espesor de aproximadamente 700 kilómetros. Sin esta capa de gases que nos protege, no podríamos vivir. El sol nos quemaría durante el día y nos congelaría por la noche. La mayor parte de la atmósfera es una tenue mezcla de gases, tranquila e inmutable. Pero los 11 kilómetros más bajos, la capa en la que vivimos y respiramos contienen todo el clima que experimentamos y están llenos de gases, agua y polvo. A medida que el sol calienta la tierra y el mar que se encuentran debajo, el calor mantiene estos 11 kilómetros más bajos en constante movimiento. (Utah Education Network, 2025).

El año se divide principalmente en dos periodos: la estación seca, que se extiende de mediados de octubre a finales de mayo, y la estación húmeda, que comienza en los primeros días de junio y se prolonga hasta mediados de octubre, cuando las lluvias de tipo monzónico aportan la mayor parte del agua anual. Durante la temporada húmeda son comunes las tormentas eléctricas de corta duración, pero alta intensidad, que representan un recurso vital para la recarga de acuíferos y el desarrollo de la vegetación (Adams & Comrie, 1997).

2.4.4 El monzón norteamericano

El monzón norteamericano es un cambio estacional en la circulación atmosférica que se produce cuando el sol de verano calienta la masa continental. Durante gran parte del año, el viento predominante sobre el noroeste de México, Arizona y Nuevo México es del oeste y seco. Con el aumento del calor veraniego en Norteamérica, se forma una zona de alta presión sobre el suroeste de Estados Unidos, y el viento se torna más sureño, trayendo consigo humedad del océano Pacífico y del golfo de California. Esta circulación genera tormentas eléctricas y lluvias en la región monzónica, aportando gran parte de la precipitación anual total.

Las lluvias asociadas al monzón son muy importantes para la región. El noroeste de México recibe más del 75% de su precipitación anual promedio durante los meses de julio a septiembre, y Arizona y Nuevo México más del 50%. Las precipitaciones generalmente presentan un marcado ciclo diurno, con mañanas mayormente secas, tormentas que se desarrollan a lo largo del día y la mayor parte de la lluvia concentrada en la tarde y la noche (Becker, 2021).

2.5 Modelos predictivos

2.5.1 ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average)

El enfoque ARIMA es uno de los más utilizados para la previsión de series temporales. No obstante, se puede utilizar de dos formas distintas, en función del tipo de datos de series temporales. En el primer caso, se realiza la creación de un modelo ARIMA no estacional que no considera la estacionalidad en los datos de las series temporales, siendo la previsión de futuros estados simplemente la observación de patrones de los datos del pasado. En el segundo caso, se tiene en cuenta la estacionalidad, que se refiere a ciclos periódicos normales que afectan a dicha serie temporal. Los ciclos pueden ser diarios, semanales, mensuales, lo que permite modelar patrones observados en los datos históricos de la serie con los que se pueden pronosticar valores de la serie en el futuro. Una serie temporal se define como una secuencia parametrizada ordenada de mediciones del desarrollo de una variable, en intervalos temporales igualmente espaciados unos de otros. Es importante no olvidar que no todos los conjuntos de datos que poseen un componente temporal son realmente series temporales, por este criterio tan particular en lo que se refiere a establecer intervalos temporales constantes. (IBM, 2024).

2.6 Minitab

El software Minitab permite realizar análisis estadísticos descriptivos, pruebas de hipótesis, regresiones lineales, análisis de varianza (ANOVA), estudios de capacidad

de procesos y diseño de experimentos. Además, cuenta con herramientas gráficas que ayudan a visualizar tendencias, variaciones y posibles causas de errores en los datos. Estas funciones lo convierten en una herramienta esencial en el ámbito de la ingeniería industrial, la manufactura y la investigación aplicada (Minitab, Inc., 2024).

2.7 Índice Ryan-Joiner

La prueba de Ryan-Joiner proporciona un coeficiente de correlación, que indica la correlación entre los datos y las puntuaciones normales de los datos. Si el coeficiente de correlación está cerca de 1, los datos se encuentran cerca de la gráfica de probabilidad normal. Si es menor que el valor crítico adecuado, usted rechazará la hipótesis nula de normalidad (Minitab, LLC, 2025).

2.8 Planteamiento del problema

En los últimos años, el cambio climático ha provocado alteraciones significativas en los patrones de temperatura y precipitación en el estado de Sonora, afectando directamente los ecosistemas áridos y semiáridos característicos de la región. Rancho Nuevo, al encontrarse dentro del área serrana de Moctezuma, experimenta variaciones climáticas que pueden influir en la disponibilidad de agua, la productividad del suelo y la biodiversidad local. Sin embargo, la información específica y actualizada sobre las variaciones climáticas de esta zona es escasa, lo que dificulta comprender con precisión los cambios ambientales que se están presentando.

A pesar de que existen registros climáticos en diferentes estaciones del estado, muchos de ellos no han sido comparados ni analizados de forma detallada a nivel local. Esta falta de análisis limita la capacidad de evaluar cómo las variaciones de precipitación se comportan a lo largo del tiempo, así como su relación con fenómenos climáticos globales como El Niño, La Niña o el monzón norteamericano, los cuales inciden en la dinámica ambiental del noroeste de México.

La ausencia de estudios comparativos locales impide la formulación de estrategias de manejo ambiental y conservación más precisas, especialmente en terrenos como Rancho Nuevo, donde las actividades productivas dependen directamente de las condiciones climáticas.

2.9 Justificación

El análisis comparativo de los datos climáticos registrados en Rancho Nuevo permitirá obtener una visión más clara de las tendencias y variaciones que se han presentado en los últimos años en la región serrana de Moctezuma, Sonora. Comprender estos cambios es esencial para identificar cómo fenómenos como El Niño, La Niña y el monzón norteamericano influyen en las condiciones locales de temperatura y precipitación, las cuales determinan en gran medida la disponibilidad de recursos naturales, en especial el agua.

La generación de información climática detallada y actualizada en esta zona resulta de gran relevancia, ya que los estudios locales son escasos y, por lo tanto, no existe un panorama preciso sobre la magnitud de las variaciones climáticas que están ocurriendo. Este conocimiento es necesario para fortalecer la toma de decisiones en materia de conservación ambiental, planeación territorial y uso sustentable del suelo.

Asimismo, los resultados de este análisis contribuirán a enriquecer la identificación de patrones climáticos locales, también permitirá establecer comparaciones con otras zonas del estado, aportando evidencia que respalde estrategias de adaptación frente a los efectos del cambio climático.

III. OBJETIVOS

3.1 Objetivo general

Analizar y comparar registros de precipitación del periodo (1990-2024) con datos climáticos históricos de Rancho Nuevo, con el fin de identificar tendencias y posibles señales asociadas al cambio climático.

3.2 Objetivos específicos

- Calcular estadísticamente el panorama climatológico dentro de 4 años mediante la aplicación del modelo predictivo ARIMA.
- Realizar comparación de parámetros pluviales proyectados entre estaciones para estimar posibles afectaciones conectadas al cambio climático.
- Determinar afectaciones asociadas al monzón norteamericano.

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Descripción del área de estudio

El estudio se llevó a cabo en el municipio de Moctezuma, Sonora, México, en el predio Rancho Nuevo (Figura 1) ubicado en el Km 17 rumbo a Huásabas con una elevación de 916 msnm (Rojo Quintero, 2008) y unas coordenadas geográficas 29°49'36"N 109°29'01" W.

Rancho Nuevo tiene una extensión territorial de 1,459 Ha, las cuales están destinadas a la ganadería extensiva e intensiva (Peralta Aguilar, 2021). El predio cuenta con 16 represas y dos pozos de agua destinados para abastecer al ganado.

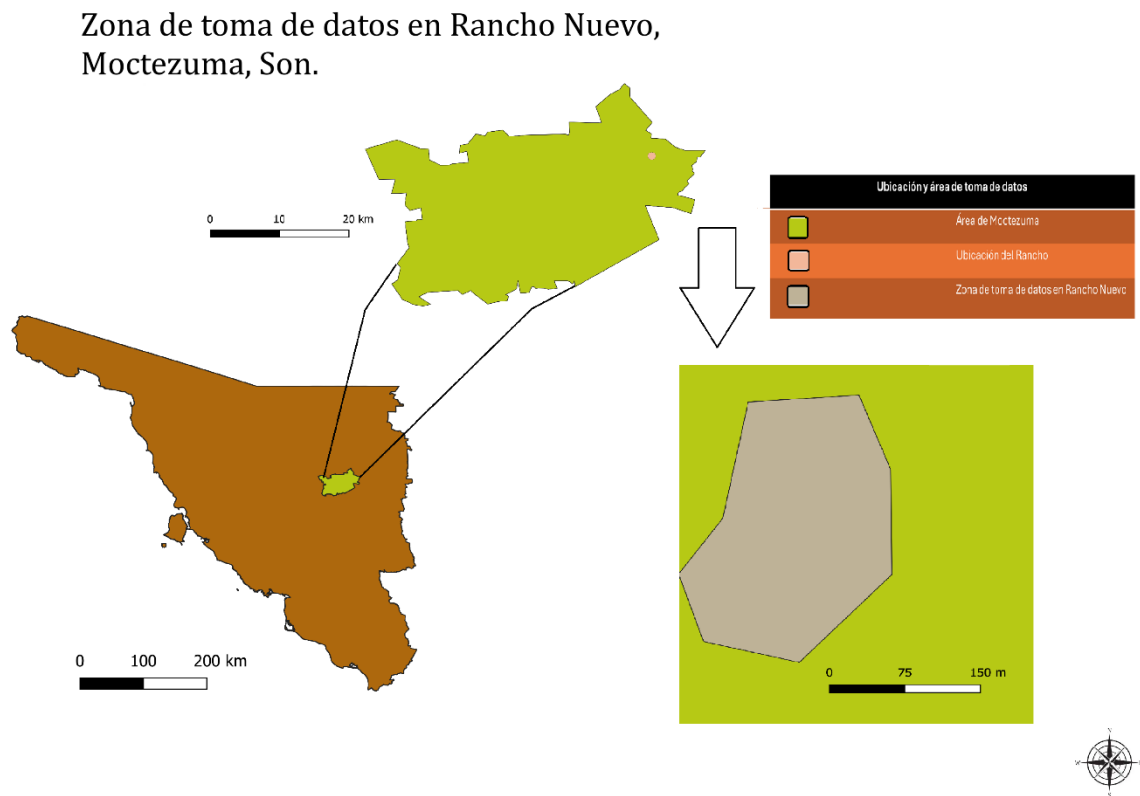


Figura 1. Ubicación de Rancho Nuevo

4.2 Metodología

4.2.1 Captura y digitalización de los datos

Se obtuvieron los registros pluviales mensuales en pulgadas, por el dueño del predio y registrados en una libreta de campo, posteriormente se introdujeron a una base de datos en la plataforma Excel para su posterior análisis. Se organizaron los datos de precipitación pluvial correspondientes a los años 1990 a 2024, ordenando los valores mensuales de enero a diciembre para cada año, con el fin de mostrar la variación anual y total de las lluvias registradas.

4.2.2 Cálculo de valores históricos mensuales, anuales y estacionales

Para el cálculo de este valor, se utilizó la hoja de cálculo Excel. Se consideró un periodo exacto de 30 años (1990-2024). Calculando el promedio correspondiente a cada mes, para los 30 años comprendidos. Con los doce promedios obtenidos se calculó el promedio total anual, que fue la suma de todos los promedios dividido entre doce meses. La representación gráfica de estos valores se realizó de igual forma con el programa Excel, contempló una línea de referencia (valor promedio anual), que permitiera identificar históricamente, meses con buena y baja precipitación.

Para encontrar los valores históricos anuales se consideraron las precipitaciones totales anuales dentro del periodo (1990-2020). De igual manera se calculó la precipitación total promedio, que permitiera establecer una línea de referencia para identificar años consecutivos con buena y baja precipitación. El cálculo de los valores totales anuales, así como los gráficos correspondientes se realizaron en la hoja de cálculo Excel.

Finalmente, para determinar los valores históricos estacionales, se consideraron las estaciones del año: verano (junio a septiembre), otoño (septiembre a diciembre), invierno (diciembre a marzo) y primavera (marzo a junio). Los meses se agruparon según la estación correspondiente, tomando los valores de precipitación de cada uno para calcular el promedio anual de cada estación (1990, 1991, 1992, etc.).

Posteriormente, estos promedios se sumaron para obtener el valor histórico final de cada estación.

4.2.3 Pronosticación de valores anuales en Minitab con el modelo predictivo ARIMA

Los datos anuales se ingresaron en la plataforma Minitab, abarcando el periodo de 1990 a 2024, junto con sus respectivos valores. Posteriormente, se aplicó el modelo estadístico de series de tiempo ARIMA, obteniendo así los valores pronosticados, así como sus límites superior e inferior.

4.2.4 Pronosticación de valores estacionales en Minitab con el modelo predictivo ARIMA

Los datos estacionales se incorporaron en la plataforma Minitab, agrupando la información por estaciones (según los meses correspondientes a cada una) para cada año del periodo 1990, 1991, 1992, y así sucesivamente. Posteriormente, se aplicó el modelo estadístico de series de tiempo ARIMA, obteniendo así los valores pronosticados, así como sus límites superior e inferior para cada estación.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La climatología es un campo de estudio bastante amplio que podemos conectar con muchos temas, en este caso con modelos predictivos de precipitación en Rancho Nuevo, aplicando metodologías para el procesamiento de datos históricos de precipitación y traducirlo a probables comportamientos de los periodos de lluvia, información de gran importancia para la zona estudiada ya que la mayoría de la comunidad de Moctezuma está conectada con labores tanto agrícolas como pecuarias, siendo el recurso hídrico proveniente de las lluvias algo indispensable. Hablando de temas de conservación y cuidado del medio ambiente, también sirve esta información a manera de impulso y motivación para mejorar en cuanto al manejo sustentable de las tierras.

Los resultados del presente proyecto se basan en la comparación por periodos en la precipitación de lluvias anuales, mensuales y por estación, arrojando datos variantes para cada categoría; para el promedio anual histórico se obtuvo un aproximado de 21.82 pulgadas (Tabla I); en cuanto al promedio mensual podemos encontrar variaciones significativas destacando los meses con mayor precipitación en junio hasta septiembre, esto debido al Monzón y de igual manera conectando con los valores estacionales llevándonos a comparaciones más específicas. A continuación, podemos encontrar una tabla con los valores recaudados y de los cuales se obtuvieron dichas estadísticas las cuales se desglosarán en las siguientes páginas.

Tabla I. Datos históricos de precipitación en Rancho Nuevo de 1990 a 2024

Año/Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
1990	0.75	0.75	0.35	0.00	0.00	1.00	8.40	5.70	4.50	1.90	1.75	2.50	27.6
1991	0.75	3.35	0.50	0.00	0.00	1.25	2.60	6.70	0.45	0.15	0.40	5.85	22.00
1992	2.00	1.40	3.00	0.15	0.10	0.00	7.30	4.40	2.35	0.60	0.10	3.90	25.3
1993	4.10	2.35	0.20	0.55	0.00	1.85	4.60	6.70	6.90	3.00	1.30	2.20	33.8
1994	0.00	0.55	0.25	0.15	0.00	1.30	4.35	3.45	3.75	1.20	6.90	10.60	32.50
1995	0.60	3.90	0.60	0.00	0.00	0.00	1.40	3.60	5.30	1.10	1.00	0.60	18.10
1996	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.45	7.40	3.30	2.05	0.40	0.50	0.00	15.10
1997	0.20	0.90	0.60	1.10	1.00	1.70	4.65	4.70	3.80	0.00	2.00	4.30	24.95
1998	0.00	2.55	0.75	0.00	0.00	2.35	7.60	4.90	0.50	2.20	0.70	0.00	21.55
1999	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.25	6.75	2.50	1.50	0.10	0.00	0.25	14.35
2000	0.00	0.00	0.70	0.00	0.00	3.80	6.30	4.30	0.60	7.75	1.50	0.00	24.95
2001	2.25	0.40	0.00	0.00	0.00	1.45	8.55	3.80	1.50	0.00	0.00	0.60	18.55
2002	0.50	2.60	0.00	0.00	0.00	0.80	7.20	4.50	2.40	0.00	0.10	2.40	20.50

2003	0.00	3.40	0.20	0.00	0.00	0.70	3.30	1.45	2.65	0.50	1.10	0.00	13.30
2004	1.40	1.10	1.20	1.85	0.00	1.30	9.70	2.60	1.10	0.60	1.95	1.45	24.25
2005	4.05	2.95	0.55	0.00	0.80	0.00	1.25	6.95	0.60	0.00	0.00	0.30	17.45
2006	0.10	0.40	0.00	0.00	0.00	2.50	6.60	5.75	4.75	1.00	0.50	0.60	22.20
2007	1.85	0.00	0.50	0.00	0.00	1.45	5.10	5.80	2.55	0.15	0.80	3.15	21.35
2008	0.80	0.40	0.00	0.00	0.00	1.65	9.00	6.25	1.50	0.00	0.90	0.20	20.70
2009	0.45	0.40	0.50	0.00	0.30	2.50	5.95	3.40	1.85	5.00	1.25	0.60	22.20
2010	2.55	1.80	0.30	0.10	0.00	0.00	8.60	4.40	2.25	0.00	0.00	0.55	20.55
2011	0.00	0.15	0.00	0.00	0.00	1.80	4.25	6.35	0.10	0.00	5.50	2.10	20.25
2012	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.70	7.05	7.15	1.10	0.00	0.00	1.20	18.20
2013	0.70	0.10	0.00	0.00	0.00	3.00	6.00	3.15	3.90	0.00	1.10	1.20	19.15
2014	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	7.70	4.95	3.95	0.25	0.10	0.20	17.35
2015	1.50	0.60	3.25	0.70	0.00	0.70	9.40	2.30	2.95	1.40	1.40	0.40	24.60
2016	1.00	0.00	0.65	0.00	0.10	3.05	6.00	3.15	3.80	0.00	0.00	2.30	20.05
2017	2.25	0.40	0.00	0.00	0.00	1.75	7.25	2.85	0.75	0.00	0.20	1.50	16.95
2018	0.00	0.75	0.10	0.00	0.00	1.60	4.80	4.30	4.50	2.00	0.00	1.10	19.15
2019	1.00	3.50	2.55	0.00	0.00	0.00	2.55	4.00	1.70	1.55	4.55	2.20	23.60
2020	0.25	0.70	5.00	0.00	0.20	0.30	4.90	3.05	0.00	0.00	0.00	0.95	15.35
2021	2.10	0.30	0.25	0.00	0.00	1.20	9.90	5.95	3.75	0.00	0.50	3.55	27.50
2022	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.65	6.00	8.90	1.95	0.00	0.00	0.00	18.50
2023	1.80	0.90	0.10	0.00	0.00	2.65	5.80	6.90	4.35	1.70	0.00	0.00	24.20
2024	1.95	1.90	0.65	0.70	0.00	3.15	2.10	2.25	0.00	0.00	0.00	0.00	12.70
Promedio	0.97	1.21	0.73	0.15	0.08	1.44	6.22	4.55	2.52	1.03	1.19	1.77	1.82

5.1 Mensual y anual histórico

En Rancho Nuevo, la precipitación promedio mensual (Figura 2) presentó un patrón claramente estacional: de enero a mayo se registraron valores muy bajos, que no superaron las 1.2 pulgadas, mientras que de junio a septiembre ocurrieron las mayores precipitaciones, posiblemente influenciadas por el monzón norteamericano, un fenómeno climático que transporta humedad desde el océano Pacífico y el Golfo de California hacia el noroeste de México durante los meses cálidos (Servicio Meteorológico Nacional, 2024). Conforme la intensidad del monzón disminuyó a finales del verano, las precipitaciones también se redujeron gradualmente hasta retornar a niveles mínimos durante el otoño e invierno.

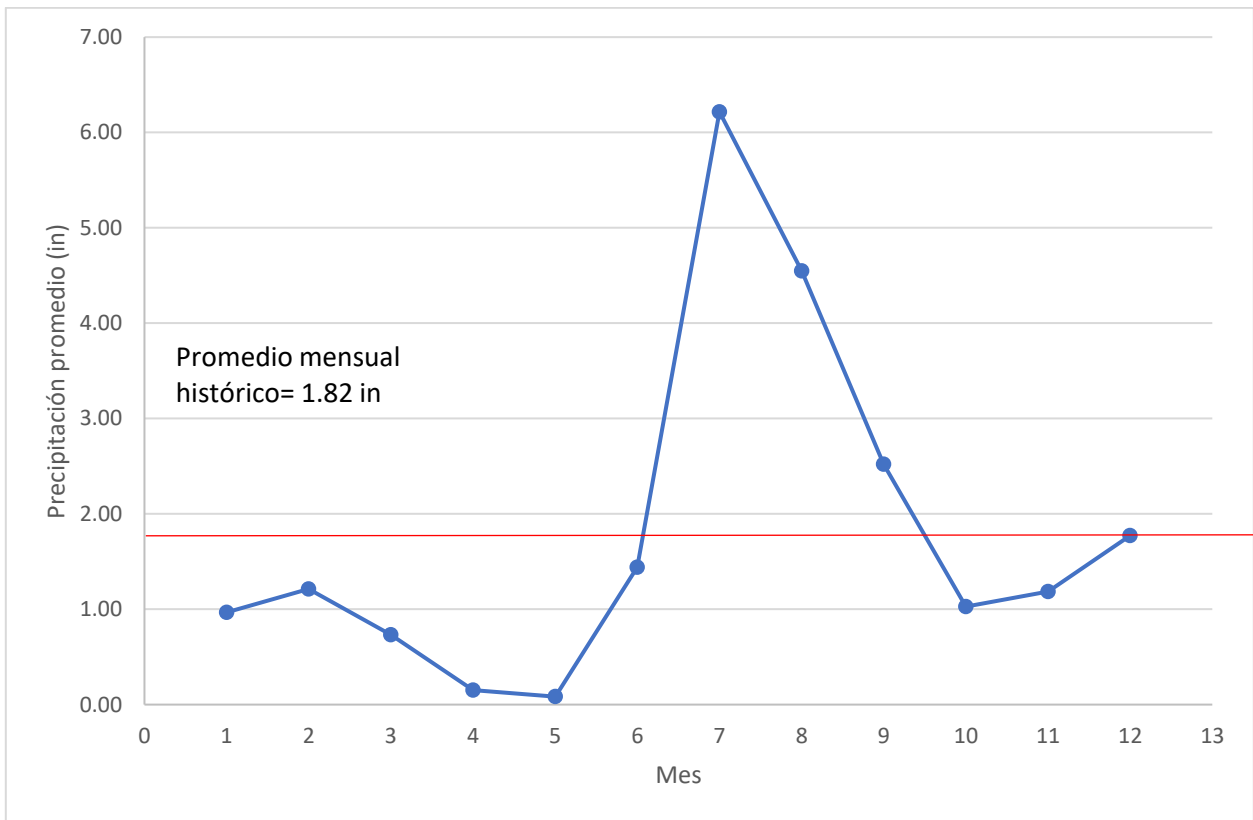


Figura 2. Precipitación promedio mensual histórico en Rancho Nuevo correspondiente al periodo 1990-2024

Por otro lado, la precipitación total anual histórica (Figura 3) presentó variaciones significativas a lo largo del periodo 1990-2024, con años excepcionalmente húmedos durante la primera mitad de la década de 1990, seguidos por una disminución notable y una mayor irregularidad en los años posteriores. Aunque el valor normal histórico para los 30 años fue de 21.82 pulgadas, muchos años recientes se mantuvieron por debajo de ese umbral, lo que reflejó una tendencia hacia condiciones más secas y una mayor variabilidad interanual, como pudo observarse en el periodo 2010-2014, durante ese lapso se observó una disminución considerable de la precipitación causando una racha menor al valor normal histórico. Esta fluctuación pudo atribuirse a la influencia de fenómenos climáticos de gran escala, como El Niño y La Niña, que modifican de manera importante los patrones de lluvia en el noroeste mexicano; El Niño tiende a debilitar el monzón norteamericano al disminuir la transferencia de humedad entre el

Golfo de California y el Pacífico, lo que trae consigo veranos más áridos. En cambio, La Niña acostumbra a fortalecer ese transporte, aumentando las posibilidades de lluvias estacionales y episodios húmedos severos en el noroeste de México (Higgins & Shi, 2003; Magaña, 2003; Muñoz-Arriola et al., 2009), además de posibles efectos asociados al cambio climático que han contribuido a incrementar la recurrencia de sequías y años con menor precipitación acumulada.

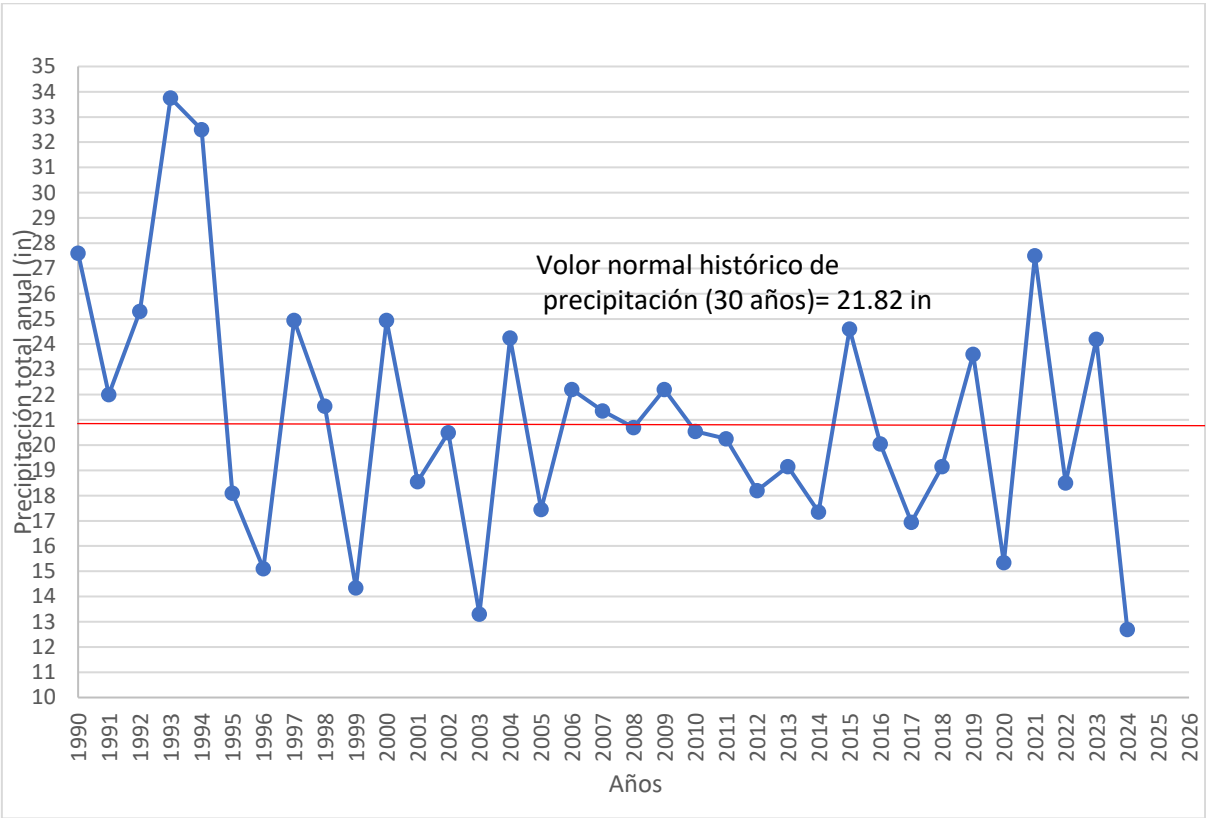


Figura 3. Precipitación total anual histórica en Rancho Nuevo correspondiente al periodo 1990-2024

5.2 Precipitación estacional

5.2.1 Precipitación de primavera

Primavera presentó una notable variabilidad a través de los años, alternando entre estaciones con lluvias relativamente abundantes y otras con precipitaciones mínimas (Figura 4). A lo largo de la década de los 90, se registraron algunos picos destacados,

por ejemplo, en los años 1992, 1997 y sobre todo 1999 y 2000, cuando las cifras rebasaron una pulgada, lo que señala primaveras con precipitaciones atípicamente altas para el área. Desde el año 2001, la lluvia primaveral ha experimentado una reducción notable, con varios años seguidos de promedios por debajo de media pulgada, aunque ha habido algunos aumentos, como en 2005 y 2009.

A partir de 2010, el patrón siguió siendo irregular, con estaciones secas en años como el 2011, el 2014 y el 2018. Esto contrasta con aumentos significativos en los años 2015, 2016 y especialmente en el año 2020, cuando se observó un valor muy elevado, cerca de las 1.4 pulgadas. Las precipitaciones han permanecido moderadas en los últimos años, de 2021 a 2024, sin alcanzar niveles extremos, aunque se ha observado un pequeño aumento hacia 2024.

En términos generales, la serie muestra que, en Rancho Nuevo, la primavera es una época de transición con lluvias irregulares y sin un patrón consistente. Esto se debe probablemente a la interacción entre sistemas invernales tardíos y el comienzo del calentamiento antes del monzón.

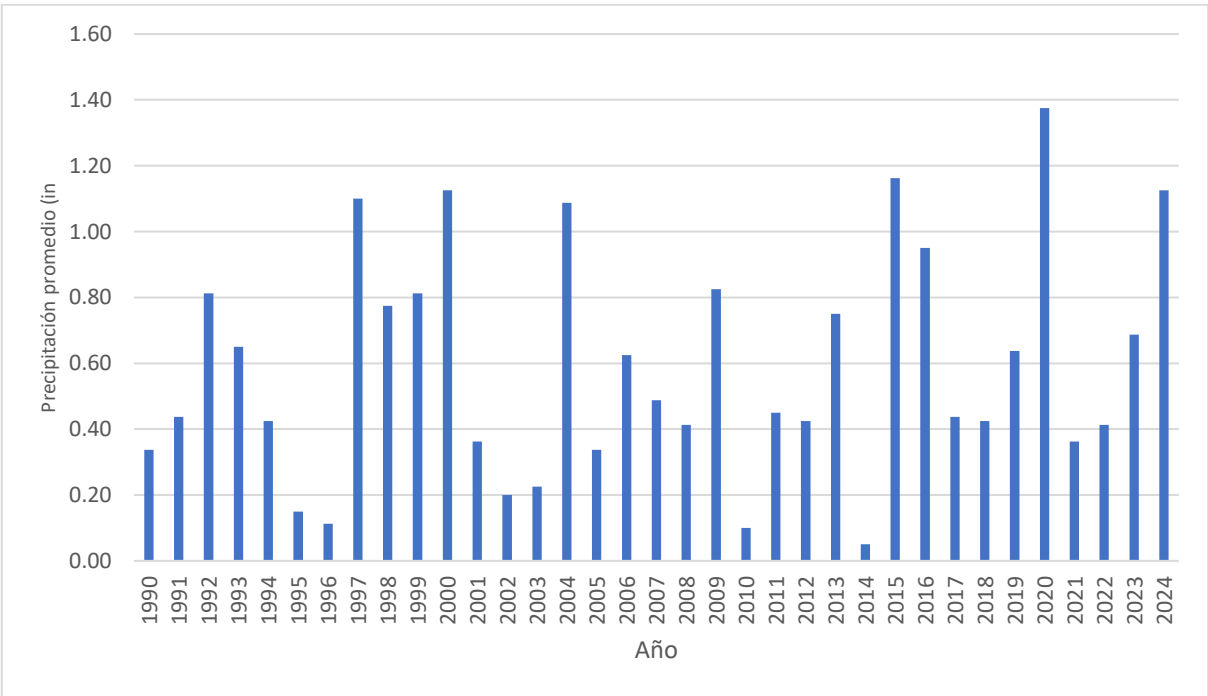


Figura 4. Precipitación promedio estacional de primavera (marzo-junio) en Rancho Nuevo correspondiente al periodo 1990-2024.

5.2.2 Modelo predictivo para primavera

El análisis del modelo de pronóstico (Figura 5) indica que, las precipitaciones en primavera para los cuatro años siguientes podrían seguir dentro de un intervalo parecido al que se ha observado a lo largo de la historia. Los valores esperados no indican aumentos drásticos ni disminuciones notables, sino una continuación de la tendencia previamente observada. Los intervalos de confianza al 95 % muestran la incertidumbre vinculada a la variabilidad climática de un año a otro, incluyendo desde escenarios con pocas precipitaciones hasta otros que superan ligeramente el promedio, pero sin distanciarse demasiado del comportamiento habitual de la época.

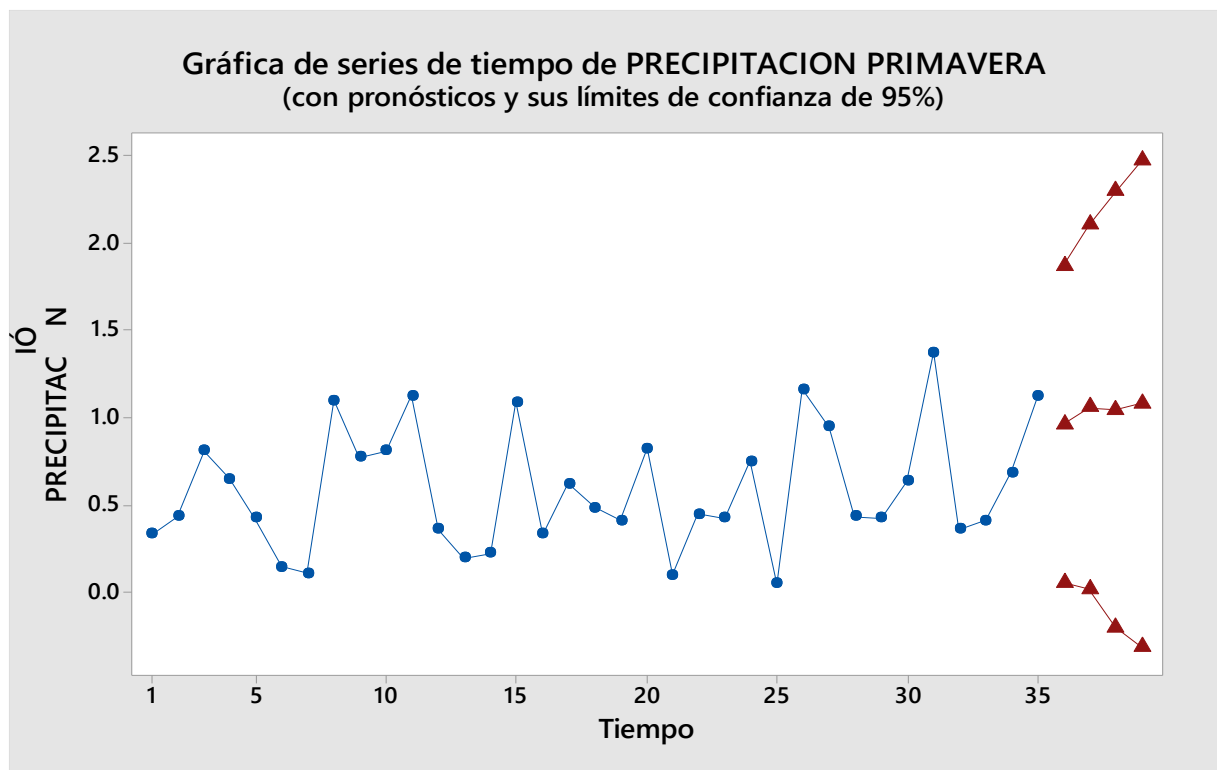


Figura 5. Pronóstico ARIMA de precipitación en primavera (marzo-junio) en Rancho Nuevo para el periodo 1990-2024.

5.2.3 Precipitación de verano

La estación de verano arrojó cambios significativos en cuanto a precipitación con respecto a cada año, a lo largo de más de tres décadas se observó que Rancho nuevo presenta fluctuaciones importantes entre años como se observa en la figura 6.

Durante los primeros años del periodo, 1990 y 1994, se notaron cifras bastante elevadas, con algunos máximos que sobrepasan las 4.5 pulgadas, lo cual indica veranos especialmente húmedos. No obstante, a mediados de la década de los noventa se observó una disminución temporal; por ejemplo, en 1995 los valores fueron más bajos, alrededor o por debajo de las 3 pulgadas.

La precipitación se mostró más moderada y estable entre finales de los 90 y mediados de la década del 2000, con cifras que variaron entre las 3.5 y las 4 pulgadas, lo que sugiere veranos con lluvias dentro de lo normal para la región. Algunos picos altos también se notaron en este mismo periodo, como el de 2006, cuando la precipitación se aproximó nuevamente a las 5 pulgadas, lo que indica un verano particularmente lluvioso.

A partir de 2010, de nuevo se observó una variación significativa en la gráfica. Aunque años como el 2012, 2013 y 2014 tuvieron precipitaciones relativamente elevadas (de aproximadamente 4 a 4.2 pulgadas), otros años, como el 2018 y el 2019, mostraron una disminución significativa, con cifras cercanas a las dos pulgadas. Esto indica que estos últimos años experimentaron temporadas de monzón poco intensas y posiblemente afectadas por condiciones secas en términos climáticos a nivel regional.

En años más recientes, 2021 y 2022 respectivamente, el comportamiento vuelve a cambiar: se presentan veranos con mucha humedad, sobre todo en 2022, que tuvo una de las cifras más altas del periodo, alrededor de 5.2 pulgadas. Sin embargo, esta tendencia no se sostuvo, ya que 2023 y 2024 mostraron otra vez un decrecimiento, especialmente en 2024, que baja a menos de dos pulgadas, lo que la sitúa entre los años más secos del registro.

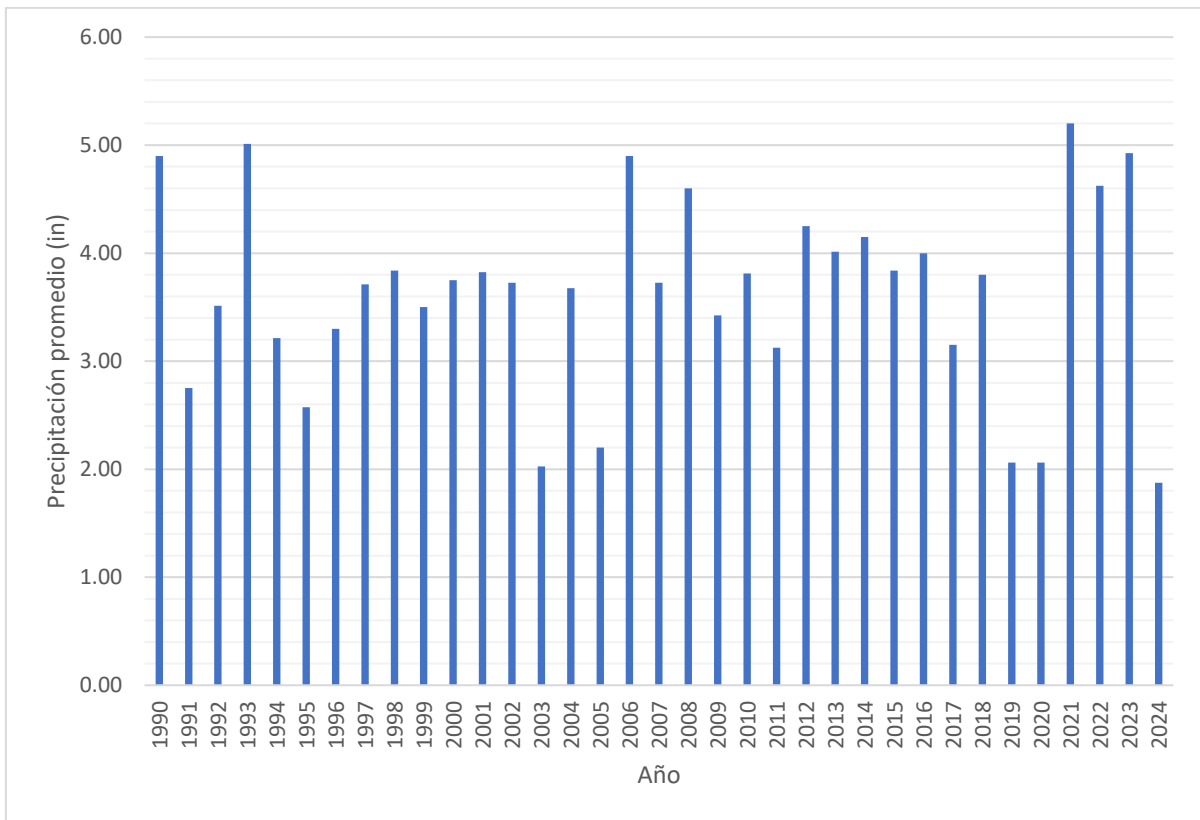


Figura 6. Precipitación promedio estacional de verano (junio-septiembre) en Rancho Nuevo correspondiente al periodo 1990-2024.

5.2.4 Modelo predictivo para verano

El pronóstico de la precipitación del verano (Figura 7) presenta una variabilidad considerable entre los valores calculados para los cuatro años siguientes. El modelo proyecta escenarios opuestos, en los que algunos puntos señalan la posibilidad de precipitaciones superiores al promedio más reciente, mientras que otros apuntan a una reducción significativa. El margen de confianza muestra un grado significativo de incertidumbre en los estimados, lo que quiere decir que las condiciones futuras pueden variar entre veranos relativamente húmedos y otros mucho más secos. El pronóstico muestra que la estacionalidad del verano continuará presentando cambios significativos y un comportamiento de precipitación poco predecible en cuanto a su intensidad.

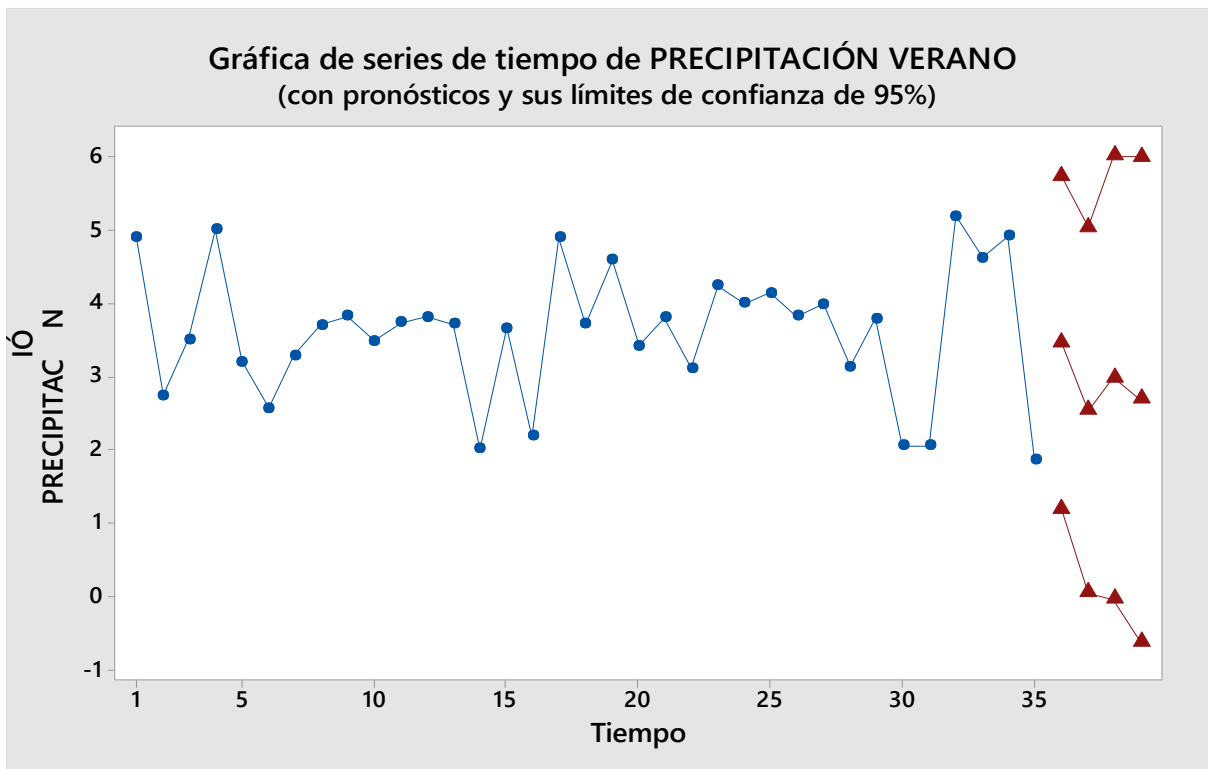


Figura 7. Pronóstico ARIMA de precipitación en verano (junio-septiembre) en Rancho Nuevo para el periodo 1990-2024

5.2.5 Precipitación de otoño

La estación de otoño presentó cambios notorios en la precipitación a lo largo de más de tres décadas, mostrando una variabilidad considerable entre un año y otro, tal como se aprecia en la figura 8. Durante los primeros años del periodo, sobre todo entre 1990 y 1994, se registraron algunos valores muy altos, con un máximo notable en 1994 que pasó por mucho las 5.5 pulgadas; esto indica que el otoño fue inusualmente húmedo para la zona.

No obstante, tras ese pico temprano, se aprecia una fuerte caída en la segunda parte de los años noventa. Los años 1996, 1997 y 1999 presentaron cifras mucho más bajas, incluso algunas apenas por encima de una pulgada, lo que sugiere otoños bastante áridos. A pesar de que hay recuperaciones moderadas, por ejemplo, en 1998 y 2000 no llegan a los altos niveles que se observaron al comienzo del periodo.

A lo largo de los primeros años de la década del 2000, las precipitaciones en otoño continuaron siendo mínimas y con oscilaciones moderadas. Años como 2003, 2004 y 2005 presentaron aumentos discretos, alrededor de una pulgada, pero no se registran eventos significativos de lluvia. Se observa una recuperación más marcada solamente en 2007 y 2008, con cifras de más de dos pulgadas, lo que sugiere otoños relativamente más húmedos que los años anteriores.

Después de 2010, el comportamiento vuelve a experimentar significativos cambios. Mientras que otros años, como 2012 y 2014, tienen valores muy bajos (menos de una pulgada), algunos años (por ejemplo, 2011 y 2013) mostraron incrementos moderados. La alternancia entre años con lluvias moderadas y otros muy secos evidencia que, en Rancho Nuevo, la precipitación de otoño está más ligada a eventos aislados que a un modelo estacional constante.

Esta anomalía persiste en el periodo más reciente, de 2018 a 2024. Se aprecia en 2019 un incremento importante, cerca de dos pulgadas; sin embargo, los números vuelven a bajar considerablemente en 2020 y 2022. Uno de los registros más bajos, que apenas supera unas décimas, se presenta en el año 2021. A pesar de que en 2023 se observa una leve recuperación, el 2024 muestra nuevamente cifras bajas, lo que confirma que el otoño en esta zona sigue siendo una temporada con escasas precipitaciones pluviales y muy fluctuantes.

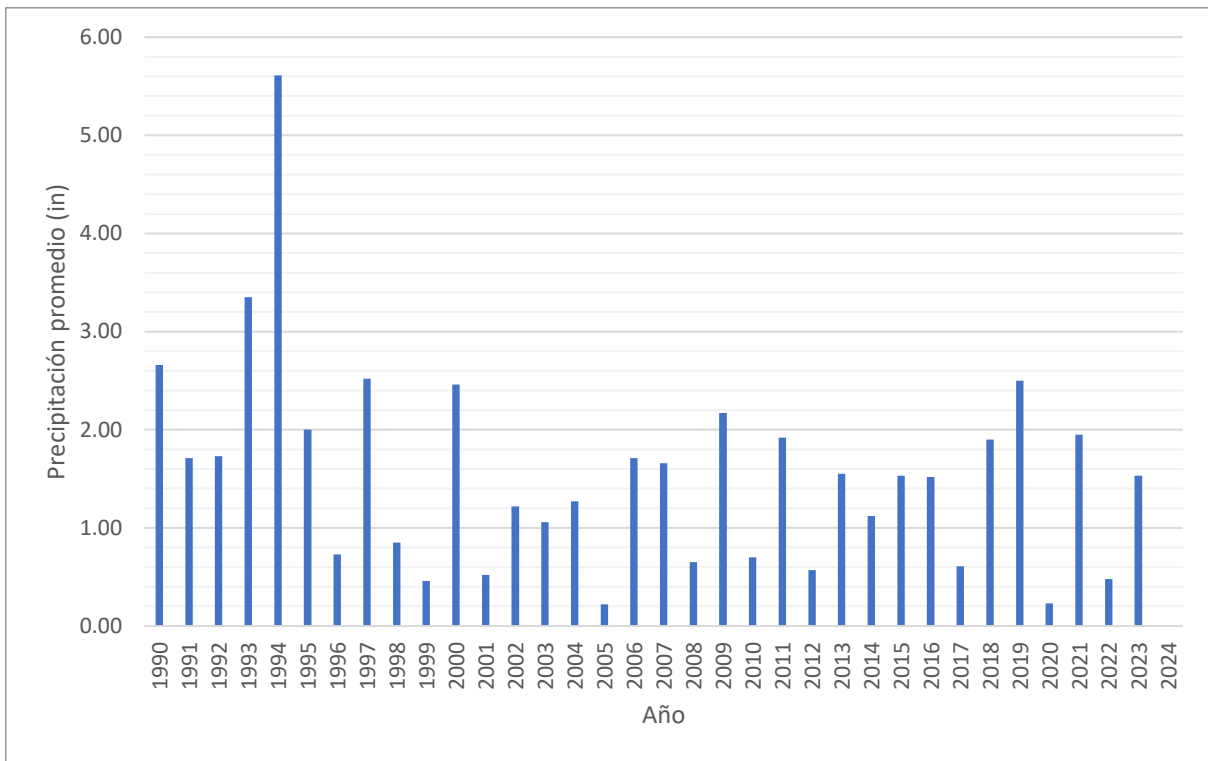


Figura 8. Precipitación promedio estacional de otoño (septiembre-diciembre) en Rancho Nuevo correspondiente al periodo 1990-2024.

5.2.6 Modelo predictivo para otoño

El pronóstico estacional para otoño (Figura 9) mostró valores proyectados con una tendencia algo variable; algunos escenarios indicaron aumentos moderados en la precipitación, mientras que otros sugerían descensos potenciales. Los límites de confianza del 95 % mostraron un rango extenso de resultados posibles, desde condiciones bastante húmedas hasta situaciones mucho más secas. Esta amplitud mostró que las proyecciones para el otoño conservaron un grado de incertidumbre significativo, lo cual pudo haber hecho que la intensidad de las lluvias oscilara significativamente entre diferentes periodos. En líneas generales, el modelo previó que la precipitación en otoño no tendría un patrón estable, pero contará con una cierta tendencia a decrecer.

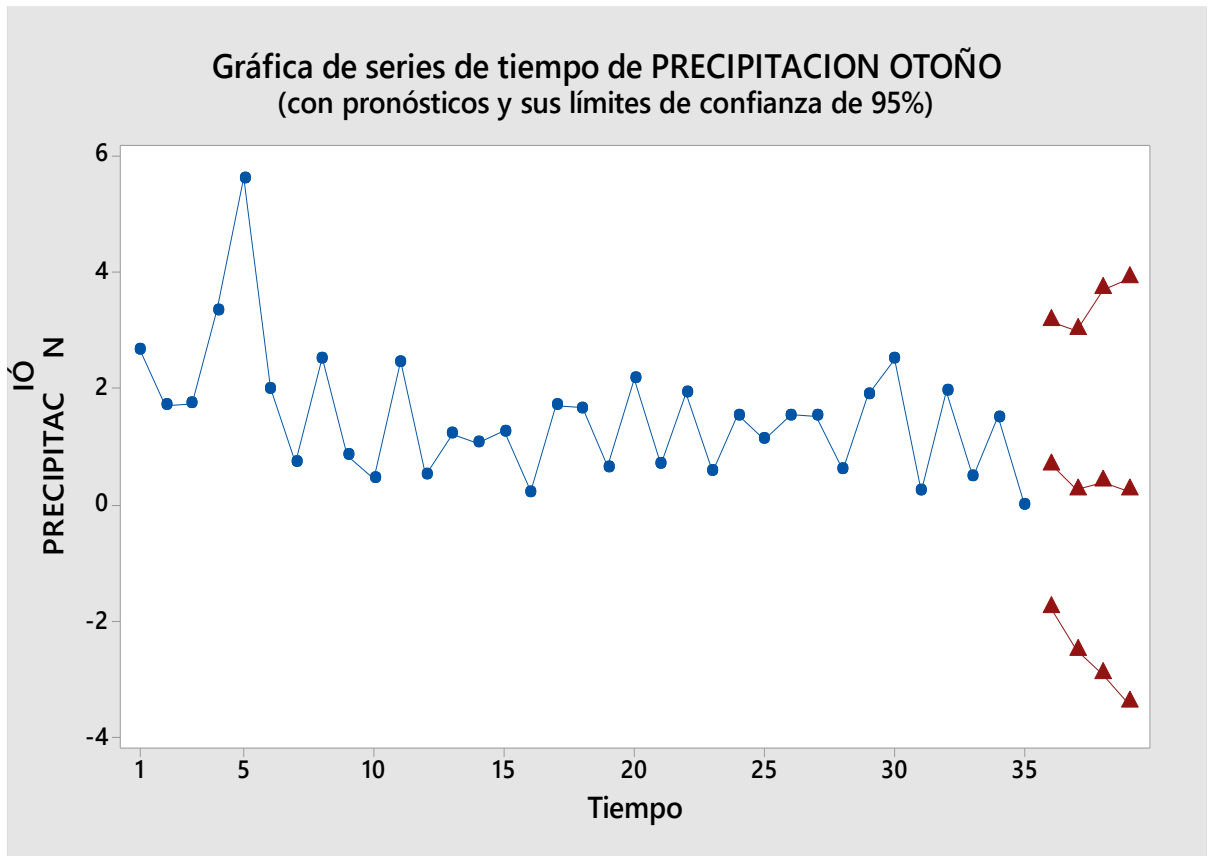


Figura 9. Pronóstico ARIMA de precipitación en otoño (septiembre-diciembre) en Rancho Nuevo para el periodo 1990-2024

5.2.7 Precipitación de invierno

La estación de invierno (Figura 10) en presenta una conducta notablemente irregular, caracterizada por marcadas diferencias entre años sucesivos y la falta de una tendencia clara de incremento o disminución sostenida. Esto señala que en este lugar el invierno no sigue un patrón estable, sino que está caracterizado por episodios aislados de lluvia.

Comparados con el resto de la época, los primeros años de la década de 1990 presentan inviernos relativamente húmedos. Un invierno con valor extraordinariamente alto, que sobrepasa las 5.5 pulgadas, lo cual indica una estación invernal inusualmente

lluviosa. No obstante, este comportamiento no perdura; a partir de los años siguientes se aprecia una disminución significativa, lo que da lugar a inviernos mucho más secos, algunos con mediciones de cerca o incluso por debajo de una pulgada.

A lo largo de la segunda mitad de los años noventa y los primeros años del 2000 siguen presentando fluctuaciones, con ciertos aumentos moderados que sobrepasan las dos pulgadas, aunque no llegan a los niveles extremos que se habían registrado al comienzo del periodo. Estos aumentos temporales son seguidos de caídas bruscas, lo que muestra una gran variabilidad interanual y la inestabilidad de las condiciones húmedas.

En el periodo de los años 2000, el comportamiento se caracteriza por ser mayormente seco, con inviernos con baja precipitación, alternados con recuperaciones discretas. A pesar de que varios años presentan cifras un poco más altas, estas no se mantienen ni establecen una etapa húmeda continua, lo cual reafirma la noción de inviernos inconstantes y sujetos a sucesos específicos.

A partir del año 2010, la serie conserva esta variabilidad. Conjuntamente con inviernos secos, algunos de ellos con menos de una pulgada, hay otros que tienen precipitaciones moderadas. Se nota un aumento significativo hacia finales de la década de 2010, pero este es temporal, pues en años recientes los valores se reducen nuevamente considerablemente, alcanzando incluso uno de los niveles más bajos de toda la serie.

En general, la precipitación invernal en Rancho Nuevo entre 1990 y 2024 se distingue por su marcada inconsistencia, con escasos inviernos excesivamente lluviosos y una preponderancia de periodos secos. Esta dinámica indica que el invierno en la región está fuertemente influenciado por fenómenos climáticos esporádicos, lo que se traduce en una gran inestabilidad y poca previsibilidad de la lluvia durante esta época.

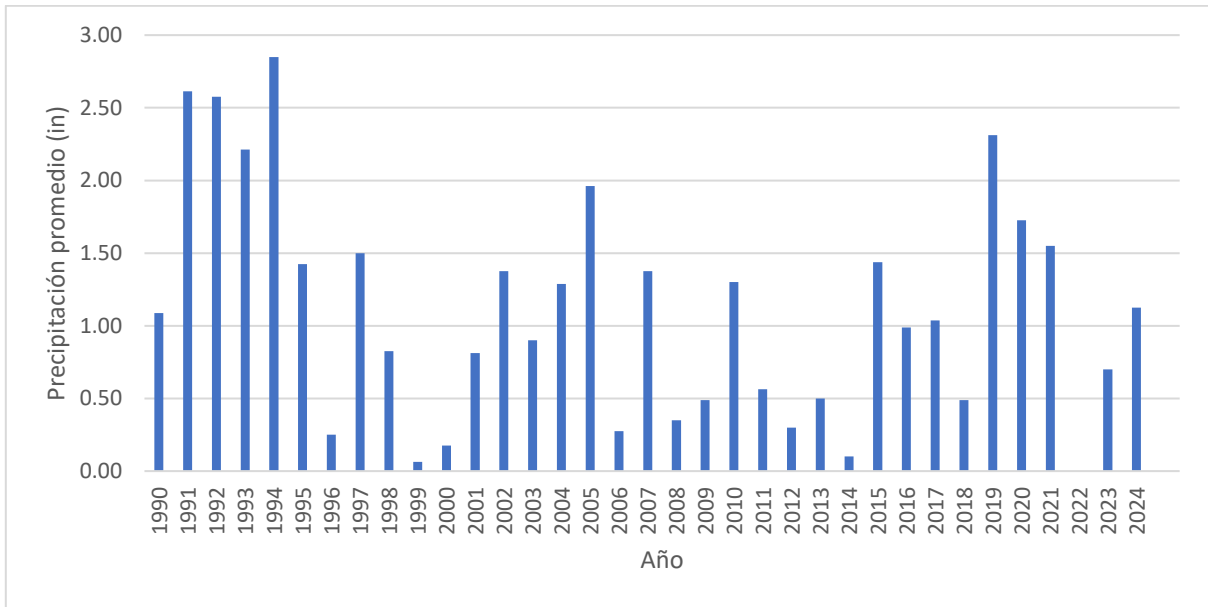


Figura 10. Precipitación promedio estacional de invierno (diciembre-marzo) en Rancho Nuevo correspondiente al periodo 1990-2024.

5.2.8 Modelo predictivo para invierno

Las estimaciones del pronóstico de la precipitación invernal se centraron en valores moderados, aunque con un rango de variación significativo. Los límites de confianza del 95% mostraron situaciones que iban desde inviernos con condiciones relativamente húmedas hasta otros con precipitaciones más escasas (Figura 11). Esta amplitud en las proyecciones sugiere que las condiciones futuras podrían haber tenido incertidumbres y que existía la posibilidad de variaciones significativas entre períodos. En general, el modelo indicó que la precipitación en invierno no tendría un comportamiento uniforme, sino que estaría sujeta a variaciones vinculadas con la fluctuación climática de la zona.

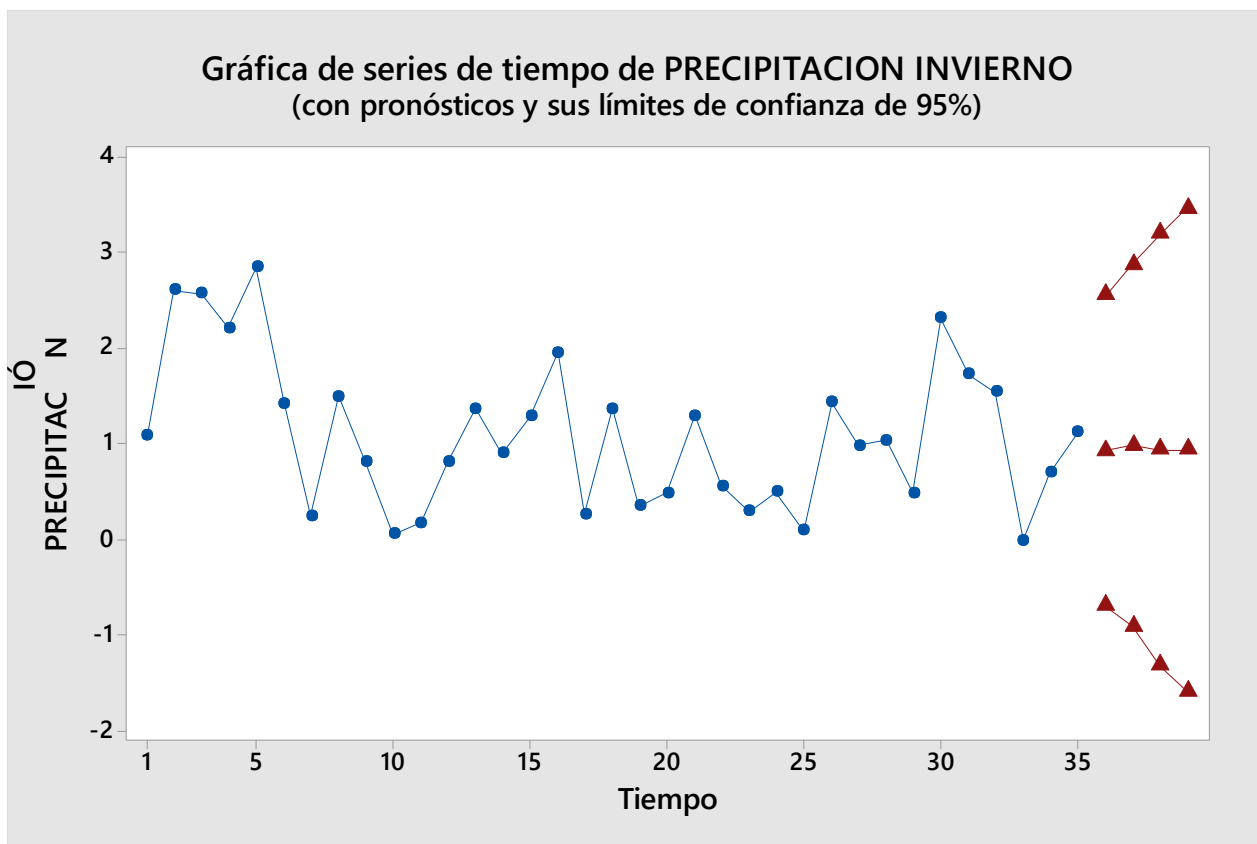


Figura 11. Pronóstico ARIMA de precipitación en invierno (diciembre-marzo) en Rancho Nuevo para el periodo 1990-2024.

5.3 Proyección estacional

Las estimaciones hechas para los cuatro años siguientes (Tabla II) indicaron que el comportamiento de la precipitación podría cambiar significativamente dependiendo de la estación. Para la primavera, los valores calculados permanecieron más o menos estables, con pronósticos alrededor de una pulgada y la opción de aumentos menores en situaciones más propicias. Esto señaló que las condiciones de lluvia moderada se mantendrían, sin cambios drásticos en el periodo primaveral.

Por otro lado, los valores esperados para el verano fueron significativamente más altos. Los escenarios más elevados llegaron a cifras significativas, lo que indicó la posibilidad de estaciones con precipitaciones abundantes. Aun en las proyecciones más conservadoras, los valores se mantuvieron relativamente altos en comparación

con otras estaciones, confirmando que el verano continuaría siendo la estación de mayor contribución de precipitación.

La incertidumbre fue más alta en otoño. Las estimaciones variaron entre cifras negativas, vinculadas a condiciones de sequedad extrema, y máximos que superan las tres pulgadas. Esto sugirió que el otoño podría ser muy variable en los próximos cuatro años, con periodos potencialmente húmedos, aunque también con la posibilidad de episodios de escasa precipitación.

Por último, los resultados invernales revelaron niveles moderados, con pronósticos próximos a una pulgada en la mayor parte de los casos, aunque sin excluir períodos un poco más húmedos. La fluctuación fue menor que en otoño, lo cual indica que los inviernos fueron más estables y no tuvieron extremos marcados.

En general, los pronósticos indicaron que el verano sería la época con más posibilidades de lluvias intensas en los años venideros. A continuación, estarían las primaveras y los inviernos, con cifras moderadas. Por último, el otoño podría tener un comportamiento menos predecible, ya que podría variar entre condiciones secas y húmedas dependiendo del año.

Tabla II. Proyección estacional para 4 años posteriores

	Primavera	Verano	Otoño	Invierno
Límite superior	1.869	5.739	3.150	2.554
	2.102	5.045	2.994	2.876
	2.291	6.015	3.697	3.198
	2.466	6.004	3.876	3.459
Pronóstico	0.964	3.472	0.689	0.931
	1.060	2.551	0.254	0.987
	1.045	2.995	0.393	0.943
	1.078	2.699	0.239	0.939
Límite inferior	0.058	1.206	-1.772	-0.692
	0.018	0.058	-2.486	-0.902
	-0.201	-0.025	-2.911	-1.313
	-0.310	-0.606	-3.397	-1.581

VI. CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES

Gracias a este estudio, se logró alcanzar los fines planteados y conseguir resultados precisos acerca de la variabilidad interanual y el patrón estacional de la lluvia en Rancho Nuevo entre 1990 y 2024. El análisis realizado permitió identificar diferencias bien definidas entre las estaciones del año y brindó una caracterización minuciosa del régimen de lluvias de la región.

La comparación de las precipitaciones entre estaciones reveló que el verano es el período de mayor aporte pluvial, con cifras que superan consistentemente a las demás estaciones; esto confirma la predominante influencia del monzón en la zona. En contraste, la primavera y el invierno mostraron precipitaciones moderadas; en cambio, el otoño se distinguió por su comportamiento más variable e irregular, alternando entre años húmedos y años con lluvias escasas.

La variabilidad interanual que se encuentra en todas las estaciones fue detectada gracias al análisis estadístico de las series temporales, lo que demuestra que la precipitación en Rancho Nuevo no mantiene un patrón constante a través del tiempo. Esta variabilidad fue más marcada en otoño y verano, mientras que primavera e invierno tuvieron una dispersión inferior.

Además, el uso de modelos de predicción permitió calcular la conducta prevista de la precipitación durante los cuatro años siguientes al periodo estudiado. Los hallazgos señalaron que el verano seguiría siendo la estación con más probabilidades de lluvias intensas, seguida de la primavera y el invierno con cifras intermedias. El otoño, por otro lado, mostró el rango más amplio de variación en las proyecciones, lo que corrobora su dependencia significativa de eventos climáticos particulares.

Los hallazgos logrados corroboraron que se lograron de forma satisfactoria las metas del estudio, pues fue factible examinar, contrastar y proyectar la conducta estacional de la precipitación en Rancho Nuevo.

Como recomendaciones para futuros estudios se propone:

Tomar en cuenta la variabilidad estacional, que se ha determinado como un elemento crucial en la planificación de las actividades agropecuarias y del manejo del agua, particularmente en verano.

Se sugiere añadir variables climáticas adicionales (temperatura, evapotranspiración y fenómenos de gran escala) al análisis de series temporales para determinar con mayor detalle su impacto en el comportamiento de la precipitación.

Implementar y contrastar diversos modelos de pronóstico, además del que se usó en este estudio, con el propósito de analizar su rendimiento y disminuir la incertidumbre en futuras proyecciones.

VII. BIBLIOGRAFÍA

- Adams, D. K., & Comrie, A. C. (1997). The North American Monsoon. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 78(10), 2197-2213.
- Becker, E. (2021, 26 de agosto). *The North American Monsoon*. NOAA Climate.gov. Recuperado de <https://www.climate.gov/news-features/blogs/enso/north-american-monsoon>
- Comisión de Ecología y Desarrollo Sustentable del Estado de Sonora (CEDES). (2021). *Programa Estatal de Cambio Climático de Sonora*. Gobierno del Estado de Sonora. <https://www.cedes.gob.mx>
- Fernández, María Luisa. 2024. Descripción general de los ecosistemas y recursos forestales en Sonora. Comisión de Ecología y Desarrollo Sustentable del Estado de Sonora (CEDES). Hermosillo, Sonora. 14 pp.
- Gamboa Navarro, A. P. (2024). *Variación de la dieta de Phrynosoma solare en comunidades de Hermosillo y Moctezuma, Sonora y su relación con las hormigas* [Memoria profesional de licenciatura, Universidad de la Sierra].
- González Gaudiano, E. J., & Meira Carrea, P. Á. (2020). Educación para el cambio climático. ¿Educar sobre el clima o para el cambio? *Perfiles Educativos*, 42(168), 157-172. <https://doi.org/10.22201/iisue.24486167e.2020.168.59464>
- Hijar G, Bonilla C, Munayco CV, Gutierrez EL, Ramos W. Fenómeno El Niño y desastres naturales: intervenciones en salud pública para la preparación y respuesta. *Rev Peru Med Exp Salud Publica*. 2016;33(2):300-10. doi: 10.17843/rpmesp.2016.332.2205. doi: 10.17843/rpmesp.2016.332.2205
- International Business Machines (IBM) (2024, mayo 23). ¿Qué son los modelos ARIMA? IBM Think. <https://www.ibm.com/es-es/think/topics/arima-model>
- 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.
- Martínez, J., & Fernández, A. (Coords.). (2004). *Cambio climático: una visión desde México*. Instituto Nacional de Ecología.
- Minitab, Inc. (2024, marzo). Introducción a Minitab Statistical Software (v. 03) [Guía en formato PDF]. Recuperado de https://www.minitab.com/content/dam/www/en/uploadedfiles/documents/getting-started/MinitabGettingStarted-v032024_ES.pdf.coredownload.inline.pdf
- Minitab, LLC. (2025). *Métodos y fórmulas para Prueba de normalidad: Ryan-Joiner* [Página web]. Recuperado de <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/help-and-how-to/statistics/basic-statistics/how-to/normality-test/methods-and-formulas/methods-and-formulas/#ryan-joiner>
- Peralta Aguilar, M. M. (2021). *Valoración de la fauna silvestre para su gestión biológica en Moctezuma, Sonora* [Memoria profesional, Universidad de la Sierra]. Universidad de la Sierra.
- Rojó Quintero, A. E. (2008). *Técnica de obtención de bulbillos y estado actual de las poblaciones silvestres de Agave angustifolia Haw en el municipio de Moctezuma, Sonora* [Memoria profesional, Universidad de la Sierra]. Universidad de la Sierra.

- Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y Comisión de Ecología y Desarrollo Sustentable del Estado de Sonora (CEDES) (2010). *Formulación del Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial de Sonora*. Agencia para el Desarrollo Internacional de los Estados Unidos. Septiembre. Hermosillo.
- Servicio Meteorológico Nacional. (2024). *Lluvias de verano y monzón de Norteamérica*. En Comisión Nacional del Agua (Ed.), *Somos Conagua*, (122), 16–17.
- Utah Education Network. (2025). *Seasonal cycles*. UEN. <https://www.uen.org/themepark/cycles/season.shtml>
- Wayne Higgins, R., Douglas, Art, Hahmann, Andrea, Berbery, E. Hugo, Gutzler, Dave, Shuttleworth, Jim, Stensrud, David, Amador, Jorge, Carbone, Rit, Cortez, Miguel, Douglas, Michael, Lobato, Rene, Meitin, Jose, Ropelewski, Chester, Schemm, Jae, Schubert, Siegfried, & Zhang, Chidong. (2003). Progress in Pan American CLIVAR Research: The North American Monsoon System. *Atmósfera*, 16(1), 29-65. Recuperado en 02 de diciembre de 2025, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-62362003000100003&lng=es&tlng=en.