

COCREACIÓN I: Análisis Predictivo de Precipitaciones para la Gestión Ambiental y Agrícola en Boyacá(Provincia Del Tundama)

Andres Felipe Araque Guerrero

Introducción

La predicción de precipitaciones es crucial para la planificación y gestión de recursos en sectores como la agricultura y la conservación del medio ambiente. Las variaciones en los patrones de lluvia pueden tener un impacto significativo en la salud de los cultivos, la seguridad alimentaria y el manejo de los recursos hídricos. Así, contar con herramientas predictivas precisas y accesibles permite a los tomadores de decisiones reaccionar de manera oportuna ante fenómenos climáticos extremos, como sequías o inundaciones.

En este contexto, el análisis de datos históricos de precipitaciones se convierte en una herramienta clave para optimizar la gestión agrícola y ambiental. Este proyecto busca, en primer lugar, seleccionar una base de datos adecuada y con información suficiente para llevar a cabo predicciones precisas. El objetivo es utilizar datos históricos sobre precipitaciones en municipios de Boyacá, específicamente en la provincia de Tundama, para generar modelos predictivos que ayuden a anticipar las cantidades de lluvia y detectar anomalías en los patrones de precipitación.

Al predecir la cantidad de lluvias en milímetros e identificar posibles cambios en los patrones de precipitación, el proyecto ofrece una valiosa herramienta para las comunidades locales y los tomadores de decisiones. Estas predicciones permitirán mejorar la toma de decisiones en cuanto a la gestión de cultivos y recursos naturales, promoviendo una respuesta más eficiente ante eventos climáticos y mejorando la sostenibilidad en la región.

Descripción de la Fuente de Datos

- Origen de los datos: La base de datos utilizada para este análisis fue obtenida de Kaggle, específicamente del conjunto de datos titulado Rainfall Data for the Department of Boyacá. Este conjunto proporciona información detallada sobre precipitaciones en la región de Boyacá, Colombia.
- Autor: Yessid Esteban Duarte Prieto es el autor de esta base de datos.
- Descripción de las variables: La base de datos contiene las siguientes variables relevantes:
 - Longitud: Coordenada geográfica del municipio.
 - Latitud: Coordenada geográfica del municipio.
 - Municipio: Nombre del municipio en Boyacá.

- Año: Año en el que se registró la medición de precipitación.
 - Mes: Mes del año correspondiente al registro.
 - Precipitación (mm): Valor de la precipitación medida en milímetros para el mes y año especificados.
- Periodo de tiempo: Los datos abarcan desde enero de 1981 hasta mayo de 2023, lo que proporciona una cobertura de más de cuatro décadas de información sobre las precipitaciones en la región.
 - Limitaciones de los datos:
 - Calidad de los datos: La base de datos puede contener errores o imprecisiones en los registros, debido a la variabilidad en la calidad de las mediciones de precipitación a lo largo del tiempo. Algunas estaciones meteorológicas pueden haber tenido fallas en los equipos de medición o inconsistencias en la forma en que se recopilaban los datos.
 - Datos faltantes: Es posible que haya períodos en los que no se registraron datos de precipitación para ciertos municipios o meses. Estos valores ausentes podrían afectar la precisión de los modelos predictivos si no se manejan adecuadamente (por ejemplo, mediante imputación o eliminación de registros incompletos).
 - Sesgos espaciales y temporales: Algunos municipios podrían tener más estaciones de medición o mayor cobertura durante ciertos períodos, lo que puede generar sesgos en la representatividad espacial y temporal de los datos. Esto podría dificultar la generalización de los resultados a toda la región.
 - Cambios en las condiciones de medición: A lo largo del tiempo, los métodos y equipos utilizados para medir la precipitación podrían haber cambiado, lo que podría afectar la consistencia de los datos en períodos más antiguos en comparación con los más recientes.

Exploración y Primer Análisis de Datos

Se utilizó la librería Pandas para la manipulación y procesamiento de los datos, junto con Matplotlib para la visualización. El objetivo fue realizar un análisis preliminar que permitiera explorar los datos, identificar patrones y aplicar filtros adecuados para un análisis más preciso.

Dentro de los procesos realizados con Pandas se incluyen:

1. **Visualización y filtro inicial:** Se realizó una primera visualización y filtrado para analizar los municipios incluidos en la base de datos, confirmando que todos los municipios del departamento de Boyacá estaban presentes.
2. **Análisis de un municipio específico:** Se aplicó un primer filtro para extraer los datos de precipitaciones de un solo municipio, generando una gráfica de líneas que muestra las precipitaciones anuales de este municipio desde 1981 hasta 2022.

3. **Creación del data frame para la provincia de Tundama:** Se elaboró una lista de los municipios que conforman la provincia de Tundama y se construyó un dataframe con las precipitaciones anuales de cada uno de estos municipios.
4. **Verificación de calidad de los datos:** Se verificó que el dataframe estuviera libre de sesgos y datos faltantes para garantizar la calidad de los datos antes de su análisis.
5. **Gráfica de precipitaciones anuales:** Finalmente, se graficaron las precipitaciones anuales de cada uno de los municipios que conforman la provincia de Tundama en el departamento de Boyacá.

Este procedimiento se encuentra en el archivo adjunto en Python, en el cual se realizaron los pasos mencionados anteriormente.

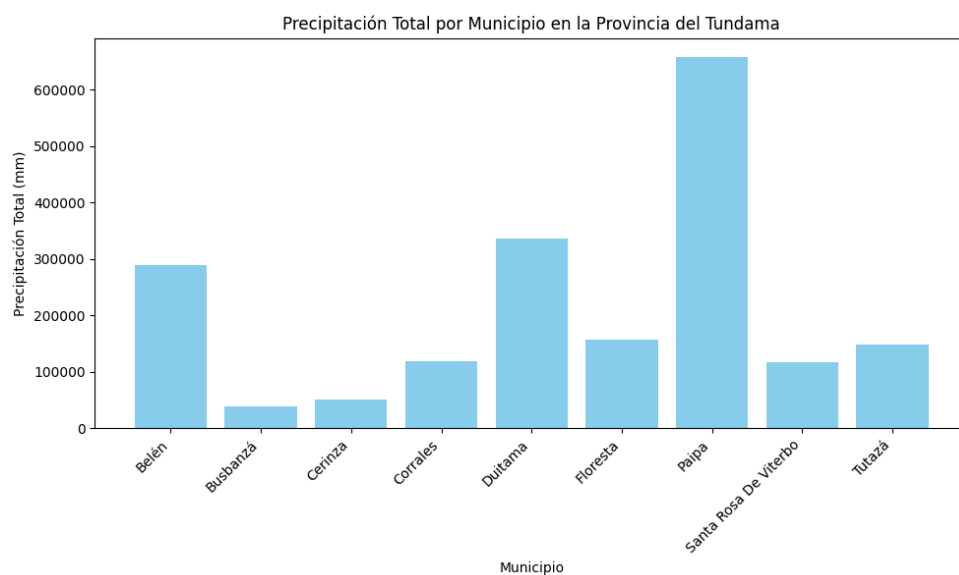
Resultados Preliminares:

Los resultados obtenidos de la base de datos incluyen lo siguiente:

1. Se cuenta con una base de datos que contiene las precipitaciones mensuales de cada municipio de Boyacá, expresadas en milímetros (mm).
2. Tras un proceso de filtrado de datos, se obtuvieron las precipitaciones anuales para los municipios que conforman la provincia de Tundama, que es el objetivo del estudio.
3. A partir de la visualización gráfica, se observa que los municipios con mayor precipitaciones anuales son Paipa y Duitama.
4. En contraste, los municipios con menor precipitación anual son Busbanzá y Cerinza.

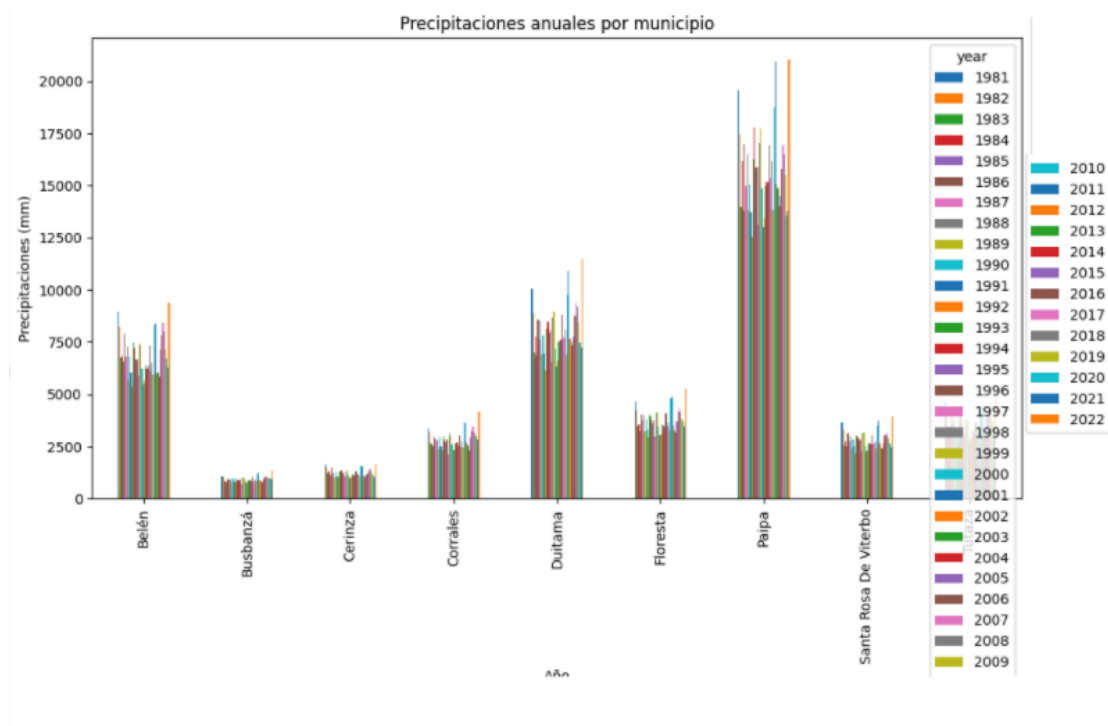
Visualizaciones:

- Dentro del análisis realizado, se examinaron las precipitaciones totales registradas en cada municipio de la provincia del Tundama a lo largo de los últimos años. Este estudio permitió identificar cuáles municipios presentan los mayores niveles de precipitación y cuáles los menores, proporcionando información clave para la toma de decisiones en la gestión ambiental y agrícola de la región.



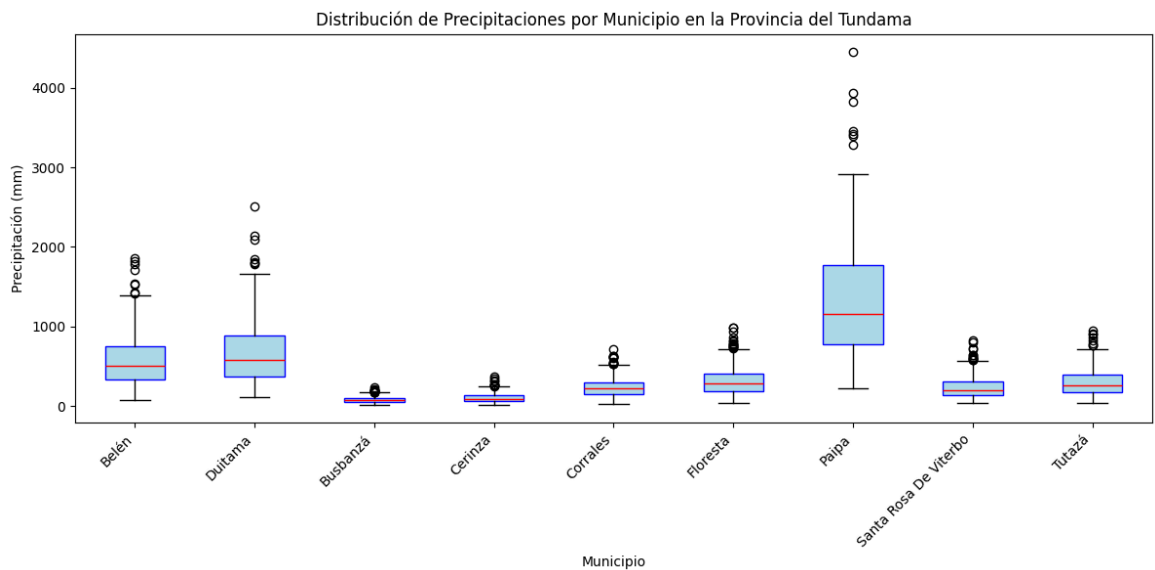
En la imagen presentada se observa que el municipio con el mayor volumen de precipitaciones a lo largo del tiempo es Paipa, mientras que Busbanzá registra el menor volumen de precipitaciones.

- Para un análisis más detallado de las precipitaciones totales en cada municipio de la provincia del Tundama, es útil observar las precipitaciones anuales de cada municipio. Esto permite verificar si, en promedio, cada municipio mantiene un volumen de precipitaciones similar año tras año, lo que puede ayudar a identificar patrones consistentes o variaciones significativas a lo largo del tiempo.



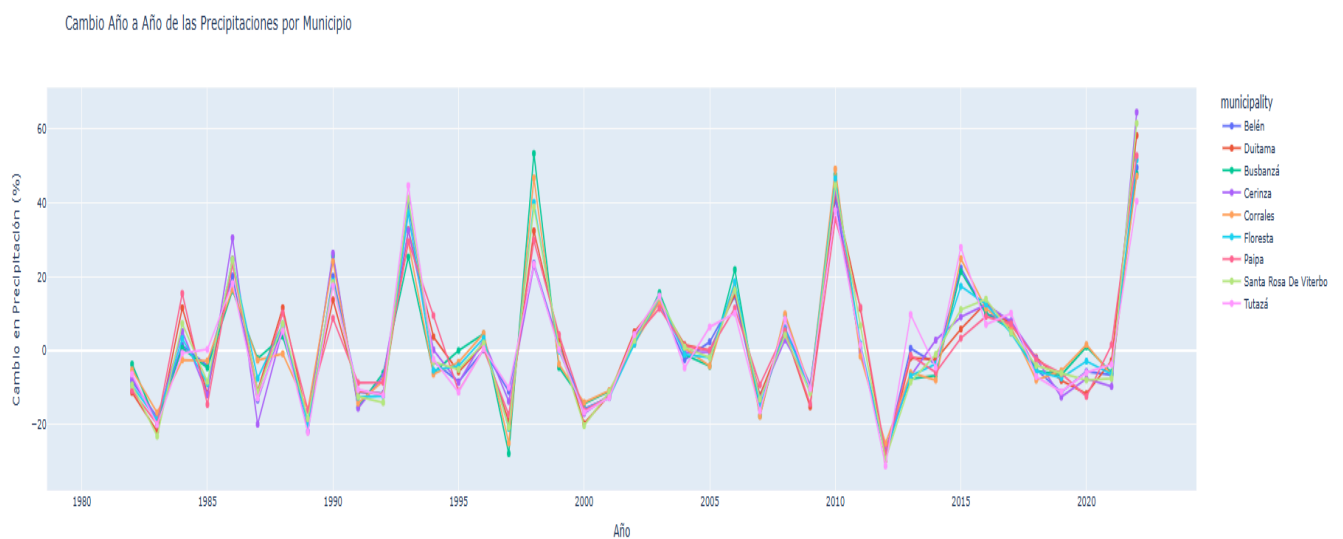
En la imagen se observa que, año tras año, cada municipio presenta en promedio un volumen similar de precipitaciones, con excepción de algunos años específicos en los que ciertos municipios muestran una mayor desviación estándar. Este comportamiento es más notable en municipios con mayores volúmenes de precipitación, como Paipa, Belén y Duitama.

- Para observar de manera más clara el comportamiento de los datos de precipitaciones en cada municipio, se puede utilizar un gráfico de bigotes (boxplot). Este tipo de gráfico permite analizar aspectos clave como la media, la variabilidad y los valores atípicos de las precipitaciones, proporcionando una representación visual que facilita la identificación de patrones y anomalías en los datos de cada municipio.



En la imagen se observa que los municipios con menores precipitaciones presentan cajas más estrechas, lo que indica que los datos están concentrados alrededor de la mediana, con poca dispersión. Por otro lado, en los municipios con mayores precipitaciones, se presenta lo contrario, con cajas más amplias, lo que refleja una mayor dispersión de los datos. Además, los municipios con mayor volumen de precipitaciones muestran una mayor variabilidad en sus datos, así como una mayor presencia de valores atípicos, lo que sugiere fluctuaciones más amplias en las precipitaciones a lo largo de los años.

- finalmente se generó una gráfica para observar el cambio de las precipitaciones cada año con respecto a la media



Identificación de resultados

- Los municipios alta variabilidad en las precipitaciones (es decir, con rangos más amplios o una mayor dispersión de los datos), esto sugiere que el clima en esa región es más impredecible o cambiante. Estos municipios son Paipa, Duitama y Belén.

Esta variabilidad podría ser causada por factores geográficos (como montañas o valles), o por fenómenos meteorológicos locales que afectan las precipitaciones de manera irregular.

- Los municipios con baja variabilidad en las precipitaciones tienden a tener un clima más estable a lo largo del tiempo. Esto puede ser útil para la planificación agrícola, ya que se pueden prever con mayor certeza las cantidades de lluvia esperadas.
- Los municipios con menor cantidad de precipitaciones en comparación con los demás pueden estar ubicados en áreas con clima árido o semiárido. Estos municipios podrían enfrentar un desafío particular relacionado con la escasez de agua, lo que puede afectar tanto a la agricultura como a la preservación de los ecosistemas naturales.
- Estrategias de adaptación: Para estos municipios, podría ser necesario implementar estrategias de irrigación eficiente, la gestión adecuada del agua y la selección de cultivos resistentes a la sequía.
- Si existen diferencias marcadas en la cantidad de precipitaciones entre municipios cercanos, esto podría indicar una desigualdad en la distribución de los recursos hídricos. Los municipios con mayores precipitaciones podrían beneficiarse de una mejor gestión del agua, mientras que los municipios con menos precipitaciones podrían necesitar inversiones en infraestructura hídrica y políticas para optimizar el uso del agua.
- Los municipios con poca lluvia podrían necesitar más infraestructura para la recolección y almacenamiento de agua, así como sistemas de riego eficiente. Mientras tanto, aquellos con precipitaciones más altas podrían requerir sistemas de drenaje para evitar inundaciones.
- Para los municipios con alta variabilidad en las precipitaciones, es crucial contar con sistemas de monitoreo de precipitaciones y alertas tempranas para ayudar a prevenir daños tanto por sequías como por lluvias extremas.

Modelo de regresión para la predicción de precipitaciones

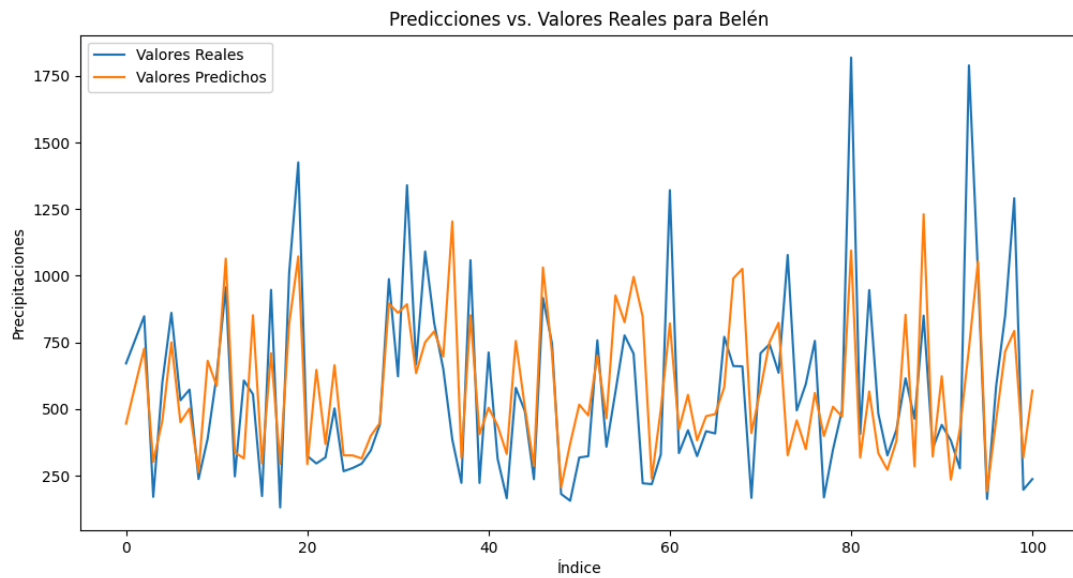
Para realizar las predicciones, se utilizó el modelo de Random Forest. Los datos fueron divididos en un 80% para entrenamiento y un 20% para prueba. Además, se emplearon 200 árboles de decisión. Para evaluar el rendimiento del modelo, se calcularon el RMSE (Error Cuadrático Medio) y el R^2 (Coeficiente de Determinación).

Los resultados obtenidos para cada municipio fueron:

- Belén:

RMSE: 260.84

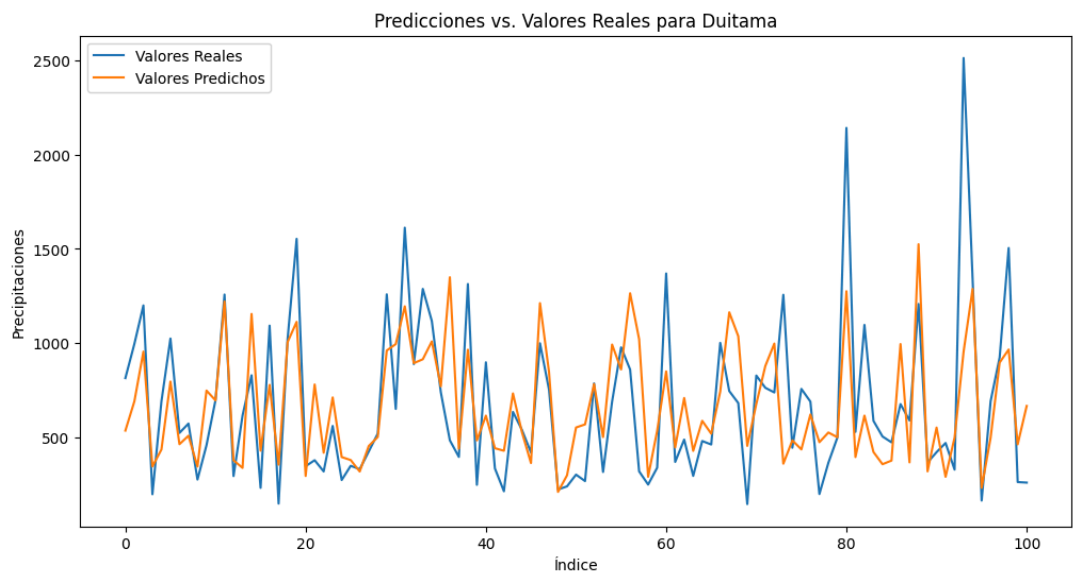
R^2 : 0.43



- Duitama:

RMSE: 317.16

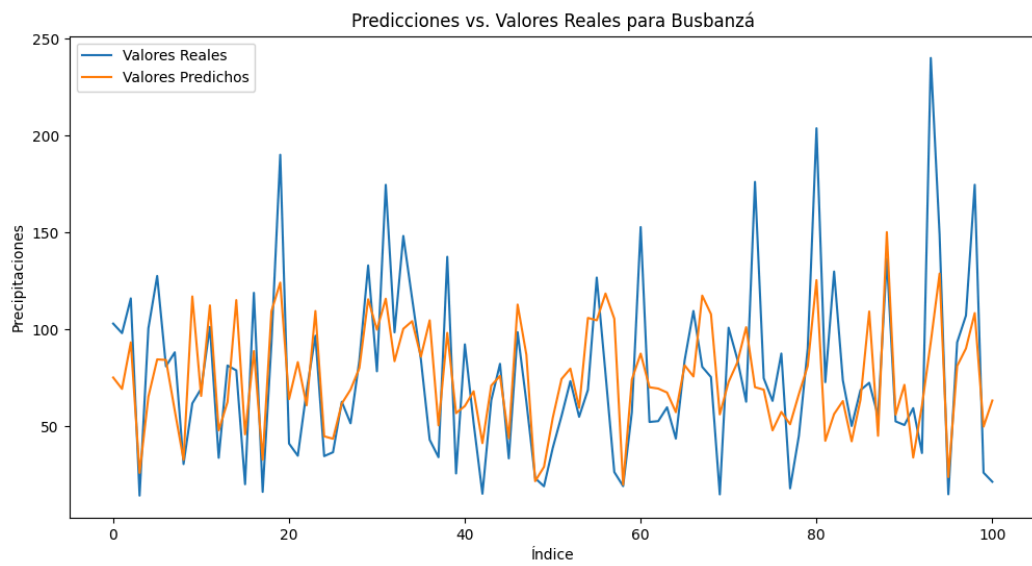
R^2 : 0.45



- Evaluación para Busbanzá:

RMSE: 34.52

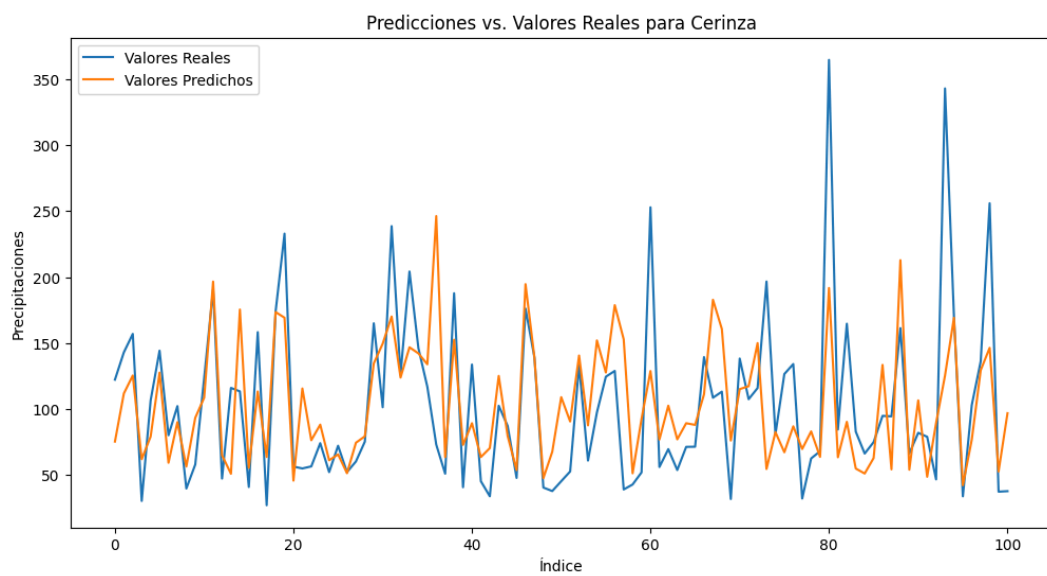
R^2 : 0.42



- Evaluación para Cerinza:

RMSE: 52.11

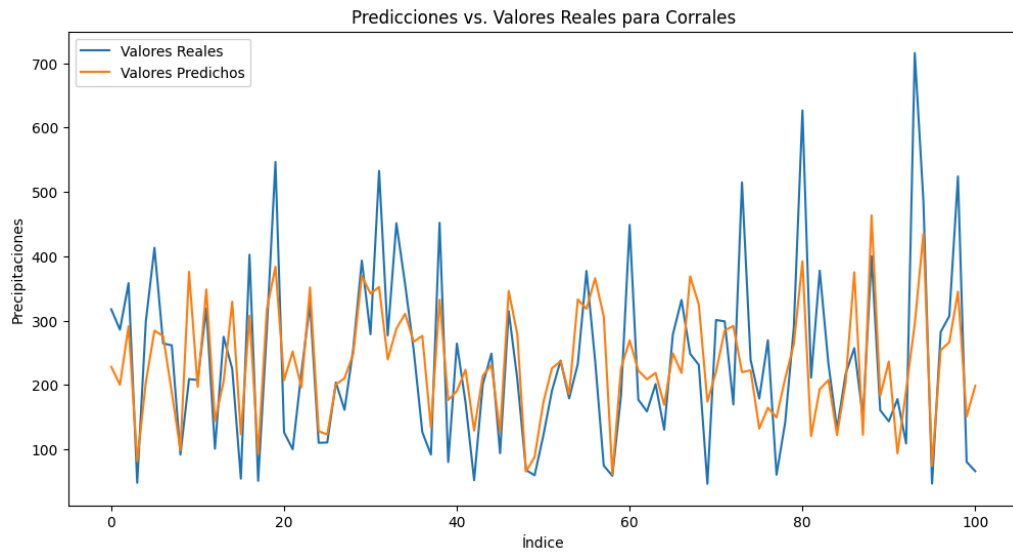
R^2 : 0.35



- Evaluación para Corrales:

RMSE: 99.84

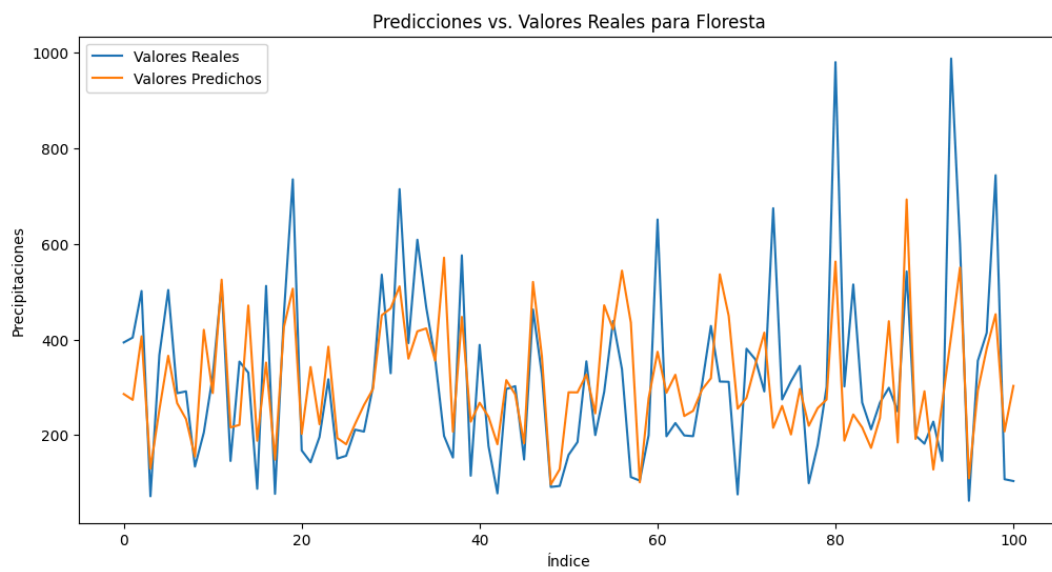
R^2 : 0.47



- Evaluación para Floresta:

RMSE: 146.31

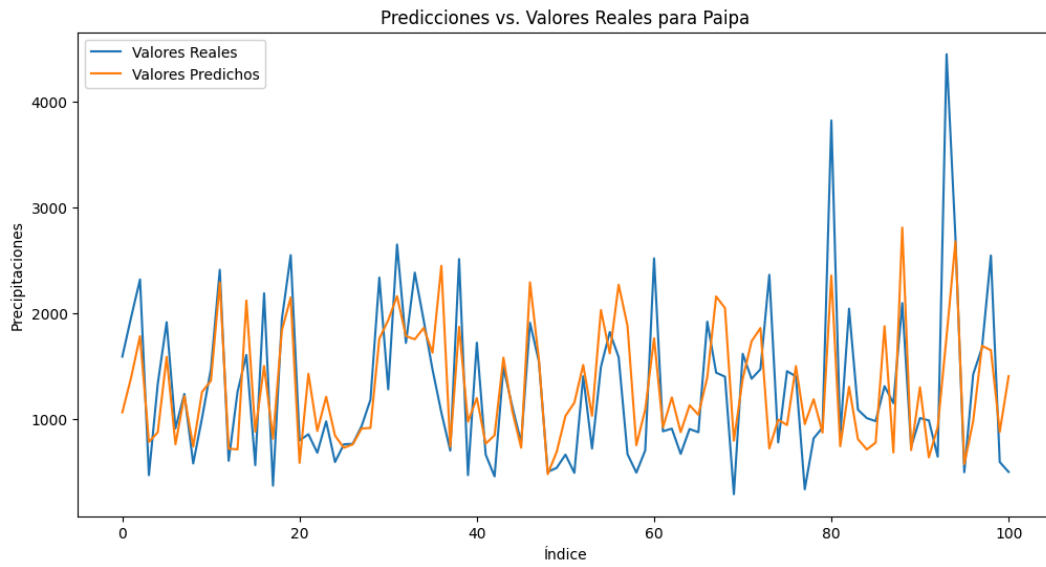
R^2 : 0.39



- Evaluación para Paipa:

RMSE: 552.30

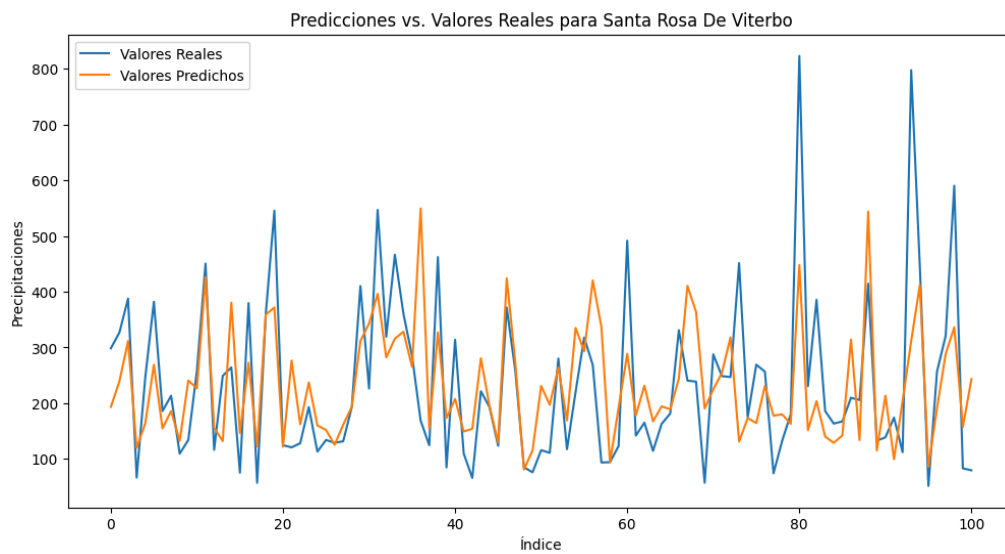
R^2 : 0.46



- Evaluación para Santa Rosa De Viterbo:

RMSE: 117.92

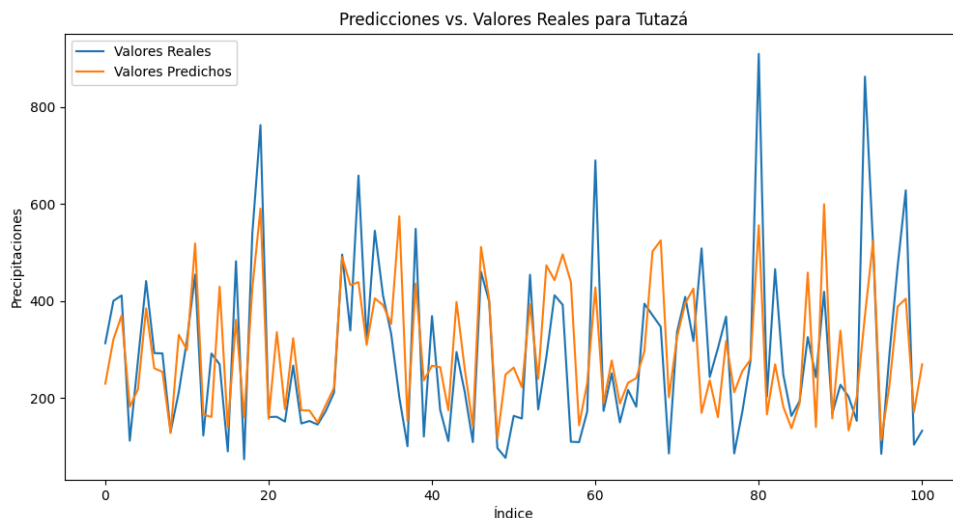
R^2 : 0.38



- Evaluación para Tutazá:

RMSE: 125.18

R^2 : 0.48



Además se creó el código para generar predicciones del volumen de precipitaciones según el año y mes escogido por el usuario:

```
Introduce el municipio: Belén
Introduce el año: 2024
Introduce el mes (1-12): 12
La predicción de precipitaciones para Belén en 2024-12 es: 317.04 mm
```

el código utilizado para las predicciones se encuentra adjunto.

Conclusiones:

- Alta variabilidad en precipitaciones: Los municipios de Paipa, Duitama y Belén tienen climas más impredecibles, posiblemente por factores geográficos. Esto dificulta la planificación agrícola y la gestión del agua.
- Baja variabilidad en precipitaciones: Los municipios con clima más estable permiten una mejor previsibilidad de las precipitaciones, lo que facilita la planificación agrícola.
- Escasez de agua: Los municipios con menos precipitaciones podrían estar en zonas áridas, lo que requiere estrategias de adaptación como riego eficiente y selección de cultivos resistentes a la sequía.
- Desigualdad en la distribución de agua: Las diferencias en precipitaciones entre municipios cercanos sugieren que algunos necesitan infraestructuras para almacenamiento de agua, mientras que otros requieren sistemas de drenaje.
- Infraestructura hídrica: Los municipios secos necesitan inversiones en infraestructura de riego y almacenamiento de agua, mientras que los más lluviosos deben centrarse en el drenaje.
- Monitoreo y alertas: Para municipios con alta variabilidad, es esencial contar con sistemas de monitoreo y alertas tempranas para gestionar riesgos de sequías y lluvias extremas.
- Modelo de Random Forest: El modelo de regresión Random Forest utilizado para predecir precipitaciones mostró un buen desempeño, evaluado mediante RMSE y R^2 , lo que ayuda a evaluar la precisión y mejorar la toma de decisiones.

