

ANALISIS DE PRECIPITACIONES CON INFORMACION PLUVIOMETRICA Y SATELITAL EN LA CUENCA DE SUMBAY- AREQUIPA

Gutierrez Roger^a

^a *Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa - Perú*

La precipitación es un componente clave en la investigación climática, especialmente en la identificación de extremos climáticos, valores atípicos y predicciones. Los datos de precipitación generalmente se obtienen de estaciones meteorológicas. Sin embargo, algunas regiones del país tienden a tener bajas densidades de pluviómetros, que en su mayoría están ubicados en áreas de mayor densidad de población, lo que resulta en una distribución desigual de los datos. Una alternativa a la cuantificación de la precipitación es utilizar información satelital para mejorar la comprensión espaciotemporal y considerar la posibilidad de hacer que este tipo de información esté disponible en primer lugar. El propósito de este estudio fue comparar series históricas completas de precipitación para el período 1962-2015 en la estación de Imata y 1963-2014 en la estación de Pillones para mejorar la información pluviométrica. Fue desarrollado utilizando un sistema de cuadrícula que permitió una combinación de estimaciones de precipitación mensual con resolución espacial de 0.25° del satélite y mediciones de estaciones meteorológicas ubicadas en la estación meteorológica de Imata y Pillones. Los resultados permitieron obtener una serie histórica completa de precipitación mensual.

Introducción

En las últimas décadas ha existido un incremento en la cantidad de satélites que monitorean la precipitación a escala global y redes regulares con mejor resolución espacio-temporal (Satgé, et al., 2019), el satélite *NASA POWER LARC*, como sensor de microondas activas capaz de inferir precipitación con base en el espacio. Este sensor emplea un pulso de energía en microondas emitido desde el satélite, y mide la señal reflejada por la atmósfera y la superficie. Se caracteriza por tener alta cobertura espacial y alta resolución temporal.

La precipitación es un componente clave en análisis climáticos ya que el estudio de su intensidad, duración y frecuencia permite evidenciar la existencia de anomalías y eventos extremos. Si bien los valores de precipitación generalmente se obtienen de estaciones meteorológicas, en varias regiones del mundo es común contar con una baja cantidad de medidores pluviométricos que, en su mayoría, se ubican los sectores más densamente poblados, que ocasiona una distribución desigual de la información. Esta situación evidencia la necesidad de obtener información pluviométrica a partir de otros medios, como ser de estimaciones satelitales.

Las Estimaciones de Precipitación Satelital son mediciones indirectas hechas desde constelaciones de satélites y están sujetas a incertidumbres, tales como: muestreo irregular, tiempo de revisita limitado, falta de homogeneidad en los registros por envejecimiento del sensor, contraste entre la temperatura y emisividad es decir el agua y las áreas cubierta por nieve que crean señales de fondo similares a las producidas por la precipitación, introduciendo errores en la estimación de precipitaciones especialmente en regiones áridas y/o durante estaciones secas (Michaelides et al., 2009; Satgé et al., 2019). Existen múltiples técnicas que combinan SPEs y mediciones provenientes de estaciones meteorológicas de superficie que buscan mejorar la calidad de la información considerando los problemas que aún muestran las estimaciones y las limitaciones indicadas. El objetivo del presente estudio fue comparar series históricas de precipitación en el período 1998- 2018, para la identificación de anomalías climáticas en el sistema serrano bonaerense.

Trabajos relacionados

La estimación de las precipitaciones (lluvias y nevadas) derivadas de los sensores de los satélites es actualmente parte integrante de la vigilancia del sistema terrestre. La principal ventaja de utilizar conjuntos de datos de observación de la Tierra para la estimación de las precipitaciones es la perspectiva global que ofrecen los satélites. Las técnicas que utilizan estos datos han explotado una gama de sistemas de satélites y sus sensores con frecuencias/longitudes de onda diferentes, pero complementarias, para proporcionar productos de precipitación oportunos a la comunidad de usuarios. En este capítulo se describen los fundamentos de la estimación de la precipitación por satélite, los satélites y sensores utilizados, la gama de técnicas y esquemas para convertir las

observaciones en productos de precipitación, junto con la validación de los propios productos de precipitación (Kidd, C., y Levizzani, 2013).

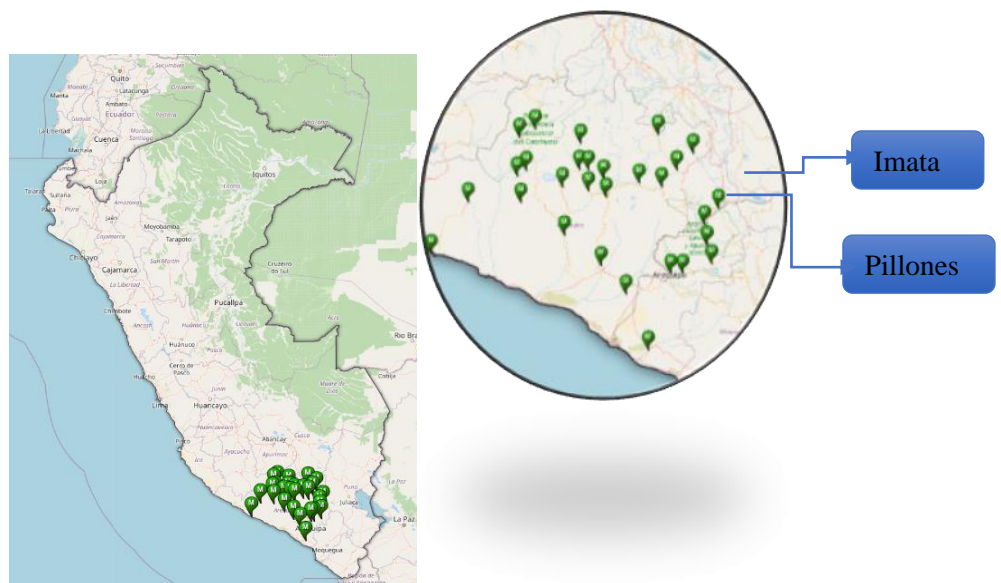
La medición de la precipitación se resume en términos de los instrumentos que cuentan y miden el tamaño de las gotas (definidos como disdrómetros) y los instrumentos que miden una cantidad media proporcional al volumen integrado de un conjunto de gotas de lluvia (estos instrumentos se denominan normalmente pluviómetros). La teledetección de las precipitaciones se lleva a cabo con radares terrestres y a partir de datos obtenidos por satélite. La climatología de la precipitación ha evolucionado a lo largo de los años desde los análisis tradicionales de datos pluviométricos hasta las bases de datos más sofisticadas que resultan de la fusión de datos e información sobre la precipitación procedentes de varias fuentes en productos fusionados. Recientemente, las observaciones de la lluvia procedentes tanto del suelo como del espacio se han asimilado a modelos numéricos regionales y mundiales de predicción meteorológica con el objetivo de mejorar el análisis de la humedad y las previsiones de fenómenos meteorológicos extremos. Se examinan la situación actual y las principales cuestiones pendientes relacionadas con la predicción de las precipitaciones, proporcionando una estructura básica para la coordinación de la investigación encaminada a la mejora de la modelización, la observación y la asimilación de datos aplicables a escalas mundial y regional. (Michaelides, et al, 2009)

Metodología

El sector en estudio abarca el la cuencia del Rio Sumbay en Arequipa - Perú.

1. Base de datos hidrológica

Se emplearon los datos de Precipitación Diaria (PD) de la estación meteorológica de Imata y Pillones provistos por SENAMHI



Fuente: Senamhi

La fecha disponible para el dataset de senamhi es:

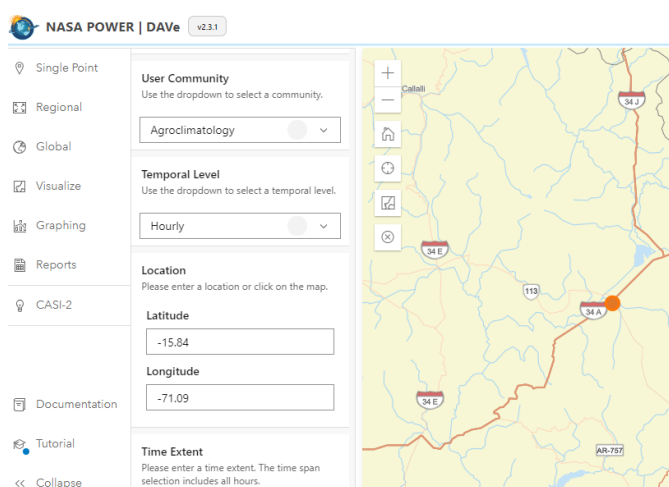
Imata: 1962-1-1 al 2015-10-31

Pillones: 1963-11-1 al 2014-4-30

SATELITE NASA POWER LARC

- Se descargo información satelital del servidor NASA POWER LARC

Link: <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>



PUNTO	LATITUD	LONGITUD	ALTITUD
Est. Imata	-15.842656°	-71.090617°	4475
Est. Pillones	-15.978611°	-71.213333°	4455

Las fechas disponibles de la información meteorológica satelital es de 01/01/2001 hasta la actualidad 01/06/2024 para ambas estaciones.

2. Formato

2.1. SENAMHI

La descarga de datos es en formato .txt sin encabezado y la fecha disponible son:

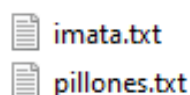


Figura 1. Archivo de descarga Senamhi


En la siguiente tabla, se muestra el formato de la información de los 05 primeros registros de la información de senamhi, de la estación de Imata. Y también se aprecia que tiene 06 campos año,mes, día(1-31), precipitación, temperatura máxima y temperatura mínima, que son de tipo numérico.


	año	mes	día	precipitacion	TMax	TMin
0	1962	1	1	0.0	13.0	0.0
1	1962	1	2	0.0	13.0	-3.8

	año	mes	día	precipitacion	TMax	TMin
2	1962	1	3	3.4	14.0	-1.5
3	1962	1	4	0.9	10.2	1.6
4	1962	1	5	0.0	12.4	-2.2

2.2. SATELITE NASA POWER LARC

descargamos en formato .csv

 POWER_Point_Hourly_20010101_20240608_015d98N_071d21W_LST_PILLONES.csv

 POWER_Point_Hourly_20010101_20240608_015d84S_071d09W_LST_IMATA.csv

Se muestra el formato de la información de los 05 primeros registros de la información satelital de NASA POWER LARC, de la estación de Imata. Como se aprecia tiene tres campos año, día(1-365), y precipitación, que son de tipo numerico

	YEAR	DOY	PRECTOTCORR
0	2001	1	5.98
1	2001	2	1.58
2	2001	3	0.34
3	2001	4	2.82
4	2001	5	6.62

3. TRANSFORMACIONES

- Del dataset de Senamhi seleccionamos los registros con incidentes, ponemos en null y luego completamos con la funcion ffill().
- Del dataset de senamhi de la estación de Senamhi se tiene registros entre el 1962-1-1 al 2015-10-31 y de la estación de pillones entre 1963-11-1 al 2014-4-30. Se completa la información hasta la fecha de 01 junio 2024 con información del satélite NASA POWER LARC
- En el nuevo dataset que generamos de ambas estaciones imata y pillones presenta dos campos en común (TimeStep, Precipitacion) el primero corresponde a tipo fecha y el segundo al tipo de dato numerico

4.- PRETRATAMIENTO DE LA INFORMACION

- Para el análisis de la precipitación es necesario tener una base de datos completa, para lo cual se usará la base de datos de senamhi y la base de datos satelital de NASA Powe Larc. Las cuales se unirán para tener una base de datos completa que luego nos servirá para predecir la precipitación
- En los datos de senamhi hay información de precipitación con -99.9 tanto en precipitación, tmax, tmin. Lo cual nos muestra que hubo error en el registro de su información

```
Cantidad de valores -99 en precipitacion' column:
ESTACION IMATA:84
ESTACION Pillones: 154
```

- Del análisis de datos se presenta los resultados:

- **Información senamhi**

```
Imata: 19662
Pillones: 18444
```

- **Información satelital**

```
Imata (sat): 8560
Pillones (sat): 8560
```

De senamhi, de la información y análisis de atributos vemos que los campos del año, mes y día en formato numérico entero y la precipitación, Tmax, Tmin son tipo número decimal. La precipitación en mm, la TMax y TMin en grados centígrados.

De la información satelital se aprecia tiene tres campos año, día(1-365), en formato entero y la precipitación en formato decimal.

- De la estación de Imata de senamhi se tiene la siguiente tabla de resumen:

	año	mes	día	precipitacion	TMax	TMin
count	19662.000000	19662.000000	19662.000000	19662.000000	19662.000000	19662.000000
mean	1988.417455	6.507578	15.729224	1.025790	11.111785	-7.227304
std	15.539779	3.442778	8.800152	7.717908	12.516720	9.002336
min	1962.000000	1.000000	1.000000	-99.900000	-99.900000	-99.900000
25%	1975.000000	4.000000	8.000000	0.000000	10.900000	-11.000000
50%	1988.000000	7.000000	16.000000	0.000000	12.400000	-6.500000
75%	2002.000000	9.000000	23.000000	0.300000	14.000000	-2.000000
max	2015.000000	12.000000	31.000000	57.200000	19.500000	7.000000

De la estación de Pillones de senamhi se tiene la siguiente tabla de resumen:

	año	mes	día	precipitacion	TMax	TMin
count	18444.000000	18444.000000	18444.000000	18444.000000	18444.000000	18444.000000

	año	mes	día	precipitacion	TMax	TMin
mean	1988.581219	6.513121	15.728746	0.293140	-81.441949	-78.874583
std	14.580939	3.460373	8.799858	9.792594	41.707355	39.183755
min	1963.000000	1.000000	1.000000	-99.900000	-99.900000	-99.900000
25%	1976.000000	4.000000	8.000000	0.000000	-99.900000	-99.900000
50%	1989.000000	7.000000	16.000000	0.000000	-99.900000	-99.900000
75%	2001.000000	10.000000	23.000000	0.000000	-99.900000	-99.900000
max	2014.000000	12.000000	31.000000	60.700000	19.800000	8.800000

De la estación de Imata, de la estación satelital NASA POWER LARC

	YEAR	DOY	PRECTOTCORR
count	8560.000000	8560.000000	8560.000000
mean	2012.224299	181.191005	0.342429
std	6.768840	105.554934	18.924508
min	2001.000000	1.000000	-999.000000
25%	2006.000000	90.000000	0.000000
50%	2012.000000	180.000000	0.010000
75%	2018.000000	273.000000	0.200000
max	2024.000000	366.000000	125.040000

De la estación de Pillones, de la estación satelital NASA POWER LARC

	YEAR	DOY	PRECTOTCORR
count	8560.000000	8560.000000	8560.000000
mean	2012.224299	181.191005	0.342429
std	6.768840	105.554934	18.924508
min	2001.000000	1.000000	-999.000000
25%	2006.000000	90.000000	0.000000
50%	2012.000000	180.000000	0.010000
75%	2018.000000	273.000000	0.200000
max	2024.000000	366.000000	125.040000

- Con la información de precipitaciones de las 04 estaciones meteorológicas se insertará como null a los datos -99.9 y luego se realizará la completación de datos. Verificamos el número de valores nulos de acuerdo a cada campo de la estación de imata de senamhi

```
año      0
mes      0
dia      0
precipitacion  84
TMax     0
TMin     0
dtype: int64
```

- Verificamos el número de valores nulos de acuerdo a cada campo de la estación de Pillones de senamhi

```
año      0
mes      0
dia      0
precipitacion  154
TMax     0
TMin     0
dtype: int64
```

ahora realizamos la completacion de datos con el código ffill() de pandas, obteniendo cero datos nulos o erróneos en ambas estaciones

```
año      0
mes      0
dia      0
precipitacion  0
TMax     0
TMin     0
dtype: int64
```

creamos el campo time_steps tanto para la data de senamhi como la satelital
vemos los 05 primeros registros de la estación de imata de senamhi

	año	mes	dia	precipitacion	TMax	TMin	Time_steps
0	1962	1	1	0.0	13.0	0.0	1962-01-01
1	1962	1	2	0.0	13.0	-3.8	1962-01-02
2	1962	1	3	3.4	14.0	-1.5	1962-01-03
3	1962	1	4	0.9	10.2	1.6	1962-01-04
4	1962	1	5	0.0	12.4	-2.2	1962-01-05

Vemos los 05 primeros registros de la estación satelital de imata

	YEAR	DOY	PRECTOTCORR	Time_steps
0	2001	1	5.98	2001-01-01

	YEAR	DOY	PRECTOTCORR	Time_steps
1	2001	2	1.58	2001-01-02
2	2001	3	0.34	2001-01-03
3	2001	4	2.82	2001-01-04
4	2001	5	6.62	2001-01-05

Realizamos la unión de información de la estación de Imata tanto de Senamhi como la satelital obtenemos 22796 registros:

	Time_steps	precipitación
0	1962-01-01	0.0
1	1962-01-02	0.0
2	1962-01-03	3.4
3	1962-01-04	0.9
4	1962-01-05	0.0
...
8547	2024-05-27	0.0
8548	2024-05-28	0.0
8549	2024-05-29	0.0
8550	2024-05-30	0.0
8551	2024-05-31	0.0

22796 rows × 2 columns

Realizamos la unión de información de la estación de pillones tanto de senamhi como la satelital obtenemos 22127 registros:

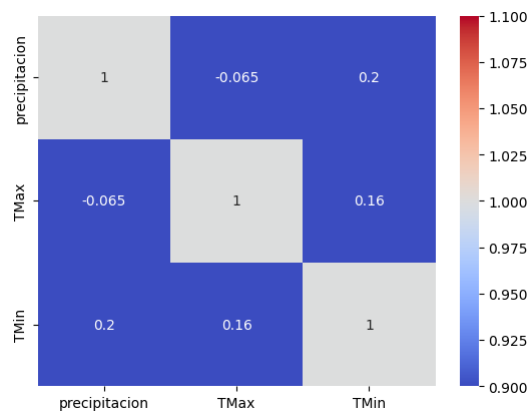
	Time_steps	precipitación
0	1963-11-01	0.0
1	1963-11-02	0.0
2	1963-11-03	0.0
3	1963-11-04	0.0
4	1963-11-05	0.0
...

	Time_steps	precipitación
8547	2024-05-27	0.0
8548	2024-05-28	0.0
8549	2024-05-29	0.0
8550	2024-05-30	0.0
8551	2024-05-31	0.0

22127 rows × 2 columns

4.- Resultados

R1. De acuerdo al índice de correlación de Pearson vemos que hay poca correlación entre las variables de precipitación y temperatura máxima y minina, en un 16% y 20% respectivamente.



R2. Cual será el año más lluvioso

Necesitamos determinar la Precipitación anual para determinar el año más lluvioso, como se muestra en las siguientes tablas, el año mas lluvioso se presenta en el año 2024 tanto en la estación de Imata como la de Pillones

Time_steps	Precipitación Anual Pillones
1963-12-31	75.50
1964-12-31	357.40
1965-12-31	327.85
1966-12-31	343.14
1967-12-31	573.15
...	...

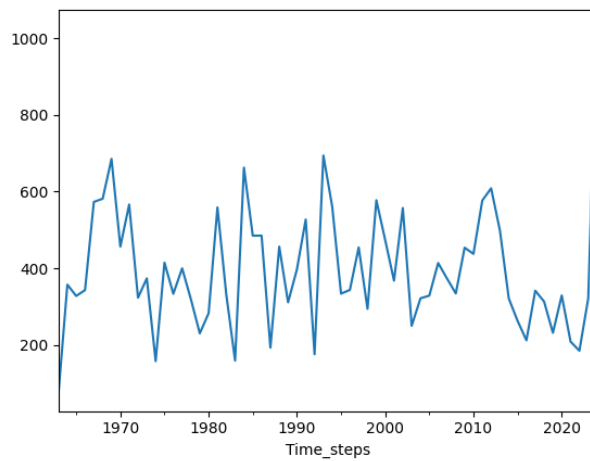
Time_steps	Precipitación Anual Pillones
2020-12-31	329.22
2021-12-31	208.83
2022-12-31	185.02
2023-12-31	321.19
2024-12-31	1026.24

62 rows × 1 columns

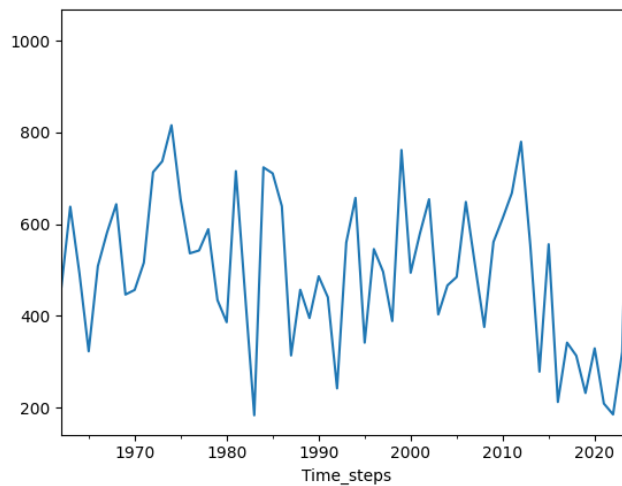
Time_steps	Precipitación Anual Imata
1962-12-31	457.30
1963-12-31	638.15
1964-12-31	492.60
1965-12-31	322.80
1966-12-31	508.55
...	...
2020-12-31	329.22
2021-12-31	208.83
2022-12-31	185.02
2023-12-31	321.19
2024-12-31	1026.24

63 rows × 1 columns

De las tablas anteriores determinamos la graficas de precipitaciones multianuales en las estaciones de Pillones e Imata, y se verifica que el año más lluvioso es el 2024



Precipitación multianual de pillones



Precipitación multianual de imata

R3 Los meses de mayor precipitación están en verano e invierno, en la estación de pillones e imata

Para comprobar esta hipótesis necesitamos determinar las precipitaciones promedio mensual de ambas estaciones, y se muestra que los meses mas lluviosos son noviembre, diciembre y enero en ambas estaciones

	noviembre	diciembre	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	septiembre	octubre
0 precipitacion	3.033305	3.187744	2.783533	0.814541	0.198275	0.099933	0.185091	0.098156	0.231606	0.42036	0.673219	1.615955

Tabla de precipitación promedio mensual

Time_steps	Precipitación mensual pillones
1963-11-30	0.00
1963-12-31	75.50
1964-01-31	39.70

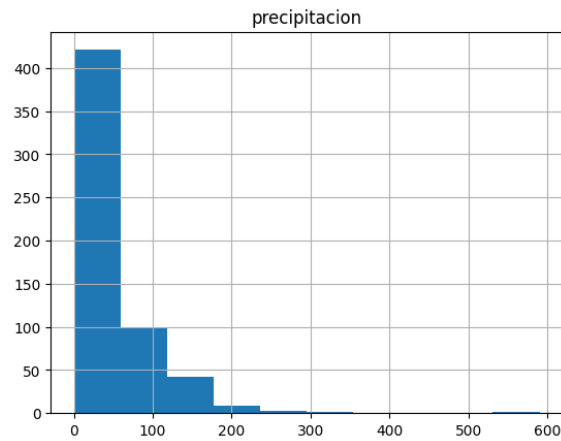
Time_steps	Precipitación mensual pillones
1964-02-29	85.80
1964-03-31	94.40
...	...
2024-01-31	39.06
2024-02-29	55.02
2024-03-31	590.08
2024-04-30	261.41
2024-05-31	80.67

727 rows × 1 columns

Time_steps	precipitación Imata mensual
1962-01-31	78.00
1962-02-28	128.90
1962-03-31	74.35
1962-04-30	70.80
1962-05-31	6.70
...	...
2024-01-31	39.06
2024-02-29	55.02
2024-03-31	590.08
2024-04-30	261.41
2024-05-31	80.67

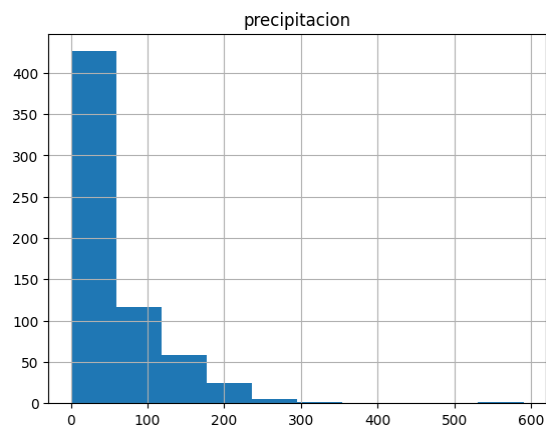
749 rows × 1 columns

Del grafico de histograma vemos en la estación de Pillones la precipitación se da en mayor frecuencia entre 0 a 100mm



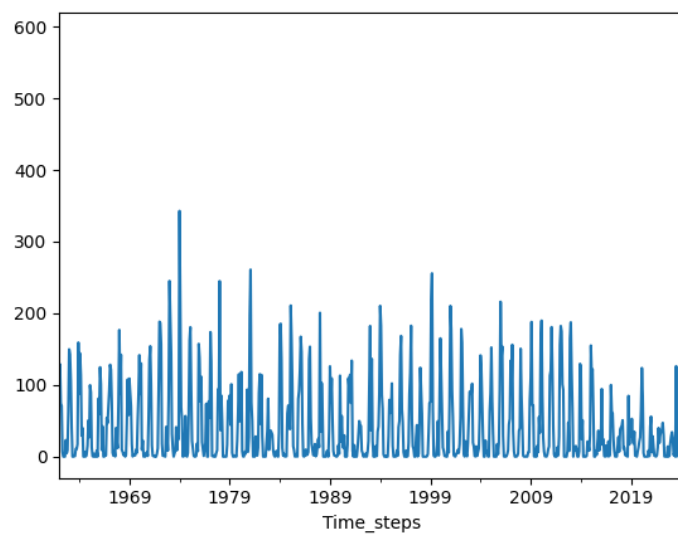
Histograma de precipitación de la estación de pillones

Del grafico de histograma vemos en la estación de Imata la precipitación se da en mayor frecuencia entre 0 a 100mm



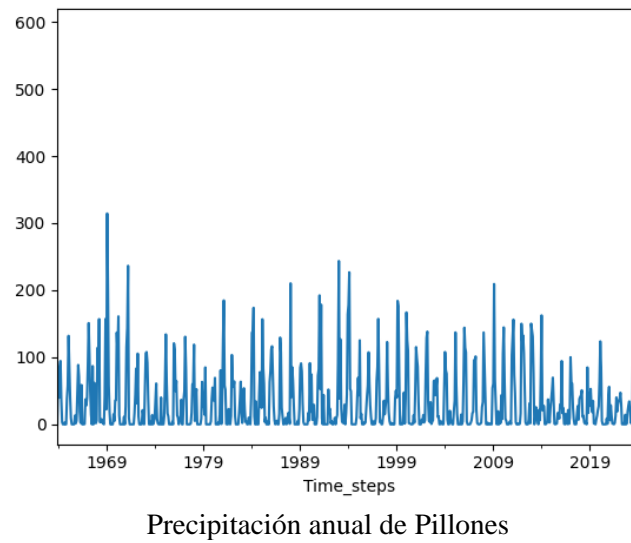
Histograma de precipitación de la estación de Imata

Del procesamiento de la información anual vemos el comportamiento de la precipitación anual de la estación de Imata



Precipitación anual de Imata

Del procesamiento de la información anual vemos el comportamiento de la precipitación anual de la estación de Pillones



Tenemos el comportamiento de la grafica de cajas y vigotes del comportamiento de la precipitación promedio anual

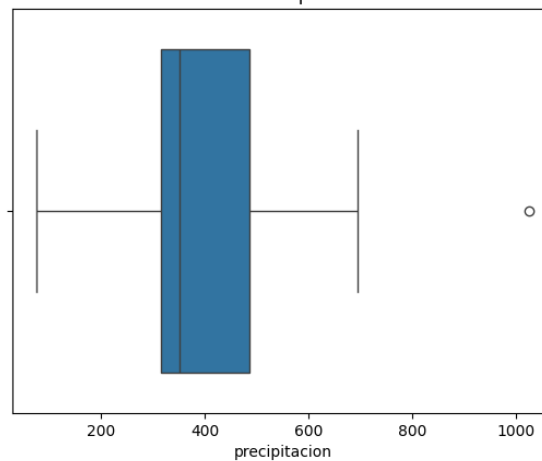


Diagrama de caja y bigotes de la precipitación promedio anual

CONCLUSIÓN

- Se realizó la completación de datos faltantes con información satelital y así tener una base de datos completa hasta la actualidad
- Se utilizó la información de senamhi como la información satelital para la mejor interpretación de la información de precipitaciones.
- Se determinó que el año más lluvioso es el 2024
- Se determinó que los meses más lluviosos son de

References

- Kidd, C., y Levizzani, L., 2013. Quantitative Precipitation Estimation from Earth Observation Satellites. Rainfall: State of the Science, Vol. 191, 127-158 pp.
- Michaelides, S., Nauditt, A., Birkel, C., Verbist, K., y Ribbe, L., 2009. Precipitation: Measurement, remote sensing, climatology and modeling. Hydrology and Earth System Sciences, vol. 94, 1297-1318 pp.
- Satgé, F., Ruelland, D., Bonnet, M., Molina, J., y Pillco, R., 2019. Consistency of satellite precipitation estimates in space and over time compared with gauge observations and snow-hydrological modelling in the Lake Titicaca region. Hydrology and Earth System Science, vol.23, 595-619 pp. recuperado de: <https://www.hydrol-earth-syst-sci.net/23/595/2019/hess-23-595-2019.pdf>.