

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ

ESCUELA DE POSGRADO

**UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y DEL
AMBIENTE**



TESIS

**Predicción de Sequías Mediante Modelos de Cúpulas
y Datos Hidrometeorológicos en la Región Sur del
Perú, 2024**

PRESENTADA POR:

Virgilio Arriaga Gómez

**PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:
MAESTRO EN GESTIÓN SOSTENIBLE DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS**

Huancayo – Perú

2025

Índice general

| | |
|---|----------|
| 1 Reporte de Análisis de Datos | 5 |
| 1.1 Análisis Global | 5 |
| 1.1.1 Análisis Univariado | 5 |
| 1.2 Análisis Bivariado Global | 10 |
| 1.2.1 Matriz de Correlación | 11 |
| 1.2.2 Análisis de Información Mutua | 11 |
| 1.2.3 Pairplot Global | 14 |
| 1.3 Análisis Estadístico de la Estación Ancachuro | 14 |
| 1.3.1 Estadísticas Descriptivas | 15 |
| 1.3.2 Análisis Univariado | 16 |
| 1.3.3 Análisis Bivariado | 19 |
| 1.4 Análisis Estadístico de la Estación Andahuaylas | 20 |
| 1.4.1 Estadísticas Descriptivas | 21 |
| 1.4.2 Análisis Univariado | 22 |
| 1.4.3 Análisis Bivariado | 24 |
| 1.5 Análisis Estadístico de la Estación Ancachuro | 25 |
| 1.5.1 Estadísticas Descriptivas | 26 |
| 1.5.2 Análisis Univariado | 27 |
| 1.5.3 Análisis Bivariado | 30 |
| 1.6 Análisis Estadístico de la Estación Caraveli | 31 |
| 1.6.1 Estadísticas Descriptivas | 32 |
| 1.6.2 Análisis Univariado | 33 |
| 1.6.3 Análisis Bivariado | 35 |
| 1.7 Análisis Estadístico de la Estación Coracora | 36 |
| 1.7.1 Estadísticas Descriptivas | 37 |

| | |
|---|----|
| 1.7.2 Análisis Univariado | 38 |
| 1.7.3 Análisis Bivariado | 40 |
| 1.8 Análisis Estadístico de la Estación Cotahuasi | 41 |
| 1.8.1 Estadísticas Descriptivas | 42 |
| 1.8.2 Análisis Univariado | 43 |
| 1.8.3 Análisis Bivariado | 45 |
| 1.9 Análisis Estadístico de la Estación Cotahuasi | 46 |
| 1.9.1 Estadísticas Descriptivas | 47 |
| 1.9.2 Análisis Univariado | 48 |
| 1.9.3 Análisis Bivariado | 50 |
| 1.10 Análisis Estadístico de la Estación Huambo | 51 |
| 1.10.1 Estadísticas Descriptivas | 52 |
| 1.10.2 Análisis Univariado | 53 |
| 1.10.3 Análisis Bivariado | 55 |
| 1.11 Análisis Estadístico de la Estación Huaraya | 56 |
| 1.11.1 Estadísticas Descriptivas | 57 |
| 1.11.2 Análisis Univariado | 58 |
| 1.11.3 Análisis Bivariado | 60 |
| 1.12 Análisis Estadístico de la Estación Imata | 61 |
| 1.12.1 Estadísticas Descriptivas | 62 |
| 1.12.2 Análisis Univariado | 63 |
| 1.12.3 Análisis Bivariado | 65 |
| 1.13 Análisis Estadístico de la Estación Kayra | 66 |
| 1.13.1 Estadísticas Descriptivas | 67 |
| 1.13.2 Análisis Univariado | 68 |
| 1.13.3 Análisis Bivariado | 70 |
| 1.14 Análisis Estadístico de la Estación Mañazo | 71 |
| 1.14.1 Estadísticas Descriptivas | 72 |
| 1.14.2 Análisis Univariado | 73 |
| 1.14.3 Análisis Bivariado | 75 |
| 1.15 Análisis Estadístico de la Estación Pampa Blanca | 76 |

| | |
|--|-----|
| 1.15.1 Estadísticas Descriptivas | 77 |
| 1.15.2 Análisis Univariado | 78 |
| 1.15.3 Análisis Bivariado | 80 |
| 1.16 Análisis Estadístico de la Estación Pizacoma | 81 |
| 1.16.1 Estadísticas Descriptivas | 82 |
| 1.16.2 Análisis Univariado | 83 |
| 1.16.3 Análisis Bivariado | 85 |
| 1.17 Análisis Estadístico de la Estación Pucara | 86 |
| 1.17.1 Estadísticas Descriptivas | 87 |
| 1.17.2 Análisis Univariado | 88 |
| 1.17.3 Análisis Bivariado | 90 |
| 1.18 Análisis Estadístico de la Estación Punta Atico | 91 |
| 1.18.1 Estadísticas Descriptivas | 92 |
| 1.18.2 Análisis Univariado | 93 |
| 1.18.3 Análisis Bivariado | 95 |
| 1.19 Análisis Estadístico de la Estación Punta Coles | 96 |
| 1.19.1 Estadísticas Descriptivas | 97 |
| 1.19.2 Análisis Univariado | 98 |
| 1.19.3 Análisis Bivariado | 100 |
| 1.20 Análisis Estadístico de la Estación Sicuani | 101 |
| 1.20.1 Estadísticas Descriptivas | 102 |
| 1.20.2 Análisis Univariado | 103 |
| 1.20.3 Análisis Bivariado | 105 |
| 1.21 Análisis Estadístico de la Estación Ubinas | 106 |
| 1.21.1 Estadísticas Descriptivas | 107 |
| 1.21.2 Análisis Univariado | 108 |
| 1.21.3 Análisis Bivariado | 110 |
| 1.22 Análisis Estadístico de la Estación Yarada | 111 |
| 1.22.1 Estadísticas Descriptivas | 112 |
| 1.22.2 Análisis Univariado | 113 |
| 1.22.3 Análisis Bivariado | 115 |

| | |
|--|------------|
| 2 Análisis por estación y temporada | 117 |
| 2.1 Station: Ancachuro | 118 |
| 2.1.1 Precipitation (P) | 118 |
| 2.1.2 Interpretación | 119 |
| 2.1.3 Evapotranspiración Potencial (PET) | 120 |
| 2.1.4 Comparación por temporada | 121 |

Bibliografía

CAPÍTULO I

REPORTE DE ANÁLISIS DE DATOS

1.1. Análisis Global

1.1.1. Análisis Univariado

Tabla 1

Global descriptive statistics of meteorological variables

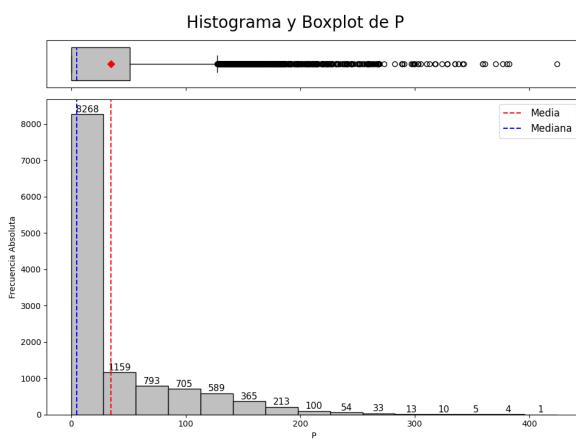
| Statistic | P (mm) | RH (%) | T (°C) | WS (m/s) | PET (mm) |
|--------------------------|---------|--------|--------|----------|----------|
| n | 12312 | 12312 | 12312 | 12312 | 12312 |
| Minimum | 0.00 | 21.67 | -1.41 | 0.00 | 2.9991 |
| 1st Quartile | 0.00 | 58.63 | 9.95 | 1.90 | 5.0882 |
| Median | 4.80 | 69.66 | 12.08 | 2.60 | 5.6153 |
| Mean | 34.82 | 68.19 | 13.06 | 2.88 | 5.7215 |
| 3rd Quartile | 51.00 | 79.11 | 16.54 | 3.50 | 6.4799 |
| Maximum | 424.10 | 99.62 | 26.52 | 27.80 | 9.0703 |
| Range | 424.10 | 77.95 | 27.93 | 27.80 | 6.0712 |
| Interquartile Range | 51.00 | 20.48 | 6.59 | 1.60 | 1.3917 |
| Variance | 3020.50 | 195.25 | 24.25 | 2.4378 | 1.0611 |
| Standard Deviation | 54.96 | 13.97 | 4.92 | 1.56 | 1.0301 |
| Coefficient of Variation | 1.58 | 0.20 | 0.38 | 0.54 | 0.18 |
| Skewness | 1.97 | -0.44 | 0.25 | 2.56 | 0.15 |
| Kurtosis | 4.06 | -0.53 | -0.18 | 19.76 | -0.19 |

La Tabla 1 resume las estadísticas descriptivas globales de las variables meteorológicas. La precipitación (P) presenta una distribución altamente asimétrica a la derecha, con una Mean considerablemente mayor que la Median y un Range amplio, lo que evidencia eventos extremos de lluvia. La humedad relativa (RH) muestra una distribución relativamente simétrica, con valores concentrados entre 60 % y 90 %, y baja variabilidad. La temperatura (T) exhibe una distribución cercana a la simetría, con una Mean de 13.06 °C y una dispersión moderada. La velocidad del viento (WS) tiene una alta Skewness positiva y curtosis, lo que

sugiere la presencia de ráfagas fuertes poco frecuentes. Por último, la evapotranspiración potencial (PET) muestra una distribución bastante estable, con baja variabilidad y similitud entre Mean y mediana, indicando homogeneidad en los valores registrados.

Precipitación (P)

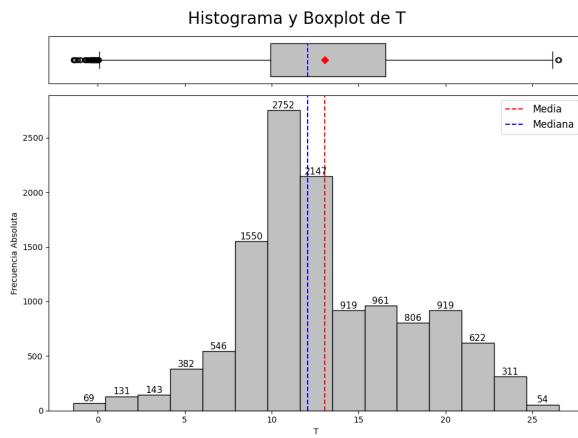
Figura 1
Histograma de la Precipitación (P).



La distribución de la precipitación es altamente asimétrica a la derecha. Se observa un gran número de valores atípicos superiores, reflejo de eventos de lluvia extrema. La Mean supera considerablemente a la mediana, lo que confirma esta asimetría. La mayoría de los registros se concentran por debajo de 50 mm.

Temperatura (T)

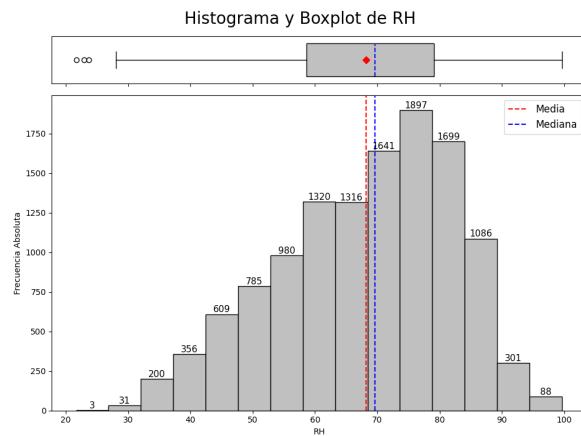
Figura 2
Histograma de la Temperatura (T).



La temperatura presenta una distribución aproximadamente simétrica, con algunos valores atípicos en ambos extremos. La Mean y la Median son cercanas, lo que sugiere equilibrio en la dispersión. La mayoría de los valores se encuentran entre 10 °C y 20 °C.

Humedad Relativa (RH)

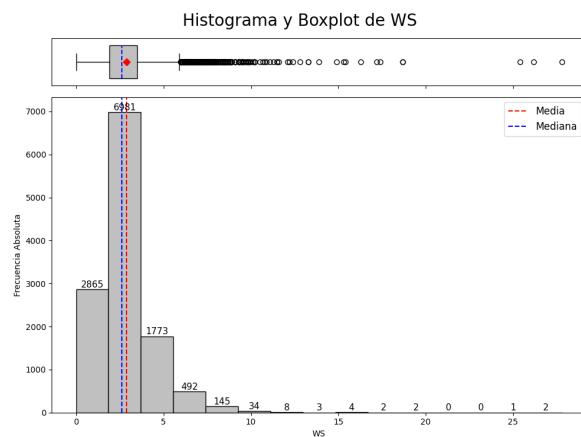
Figura 3
Histograma de la Humedad Relativa (RH).



La humedad relativa muestra una distribución sesgada hacia la izquierda, concentrando la mayor parte de los valores entre 60 % y 90 %. Algunos valores atípicos inferiores podrían asociarse a condiciones secas excepcionales. La Mediana es ligeramente mayor que la media.

Velocidad del Viento (WS)

Figura 4
Histograma de la Velocidad del Viento (WS).



La velocidad del viento presenta una distribución marcadamente asimétrica a la derecha, con la mayoría de los datos concentrados entre 0 y 5 m s^{-1} . Se identifican múltiples valores atípicos altos, correspondientes a eventos aislados de vientos intensos.

Evapotranspiración Potencial (PET)

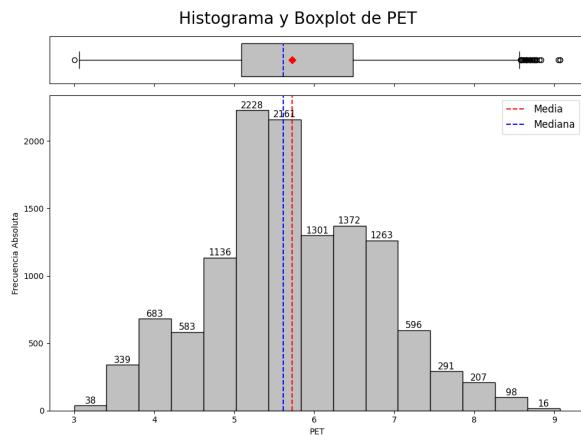


Figura 5

Histograma de la Evapotranspiración Potencial (PET).

La evapotranspiración potencial muestra una distribución casi simétrica con ligera Skewness a la derecha. Tanto la Mean como la Median se ubican en torno a 5,7 mm. Se presentan pocos valores atípicos superiores, lo que indica una distribución bastante estable y consistente.

1.2. Análisis Bivariado Global

A continuación, se presenta el análisis bivariado entre las principales variables climáticas: Precipitación (P), Temperatura (T), Humedad Relativa (RH), Velocidad del Viento (WS) y Evapotranspiración Potencial (PET), utilizando correlaciones lineales, información mutua y gráficos de dispersión.

1.2.1. Matriz de Correlación

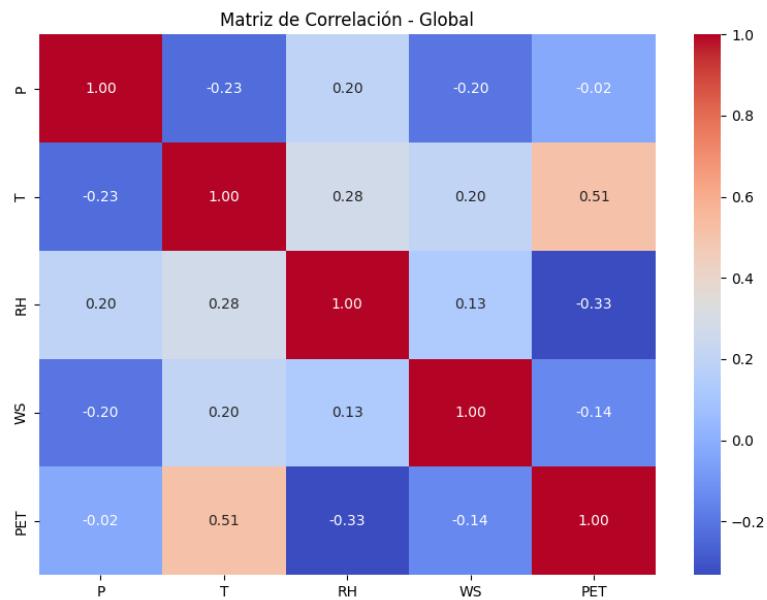


Figura 6
Matriz de correlación de variables climáticas globales.

1.2.2. Análisis de Información Mutua

Las siguientes figuras muestran la información mutua de cada variable considerada como variable dependiente. Esta métrica permite detectar relaciones no necesariamente lineales entre las variables.

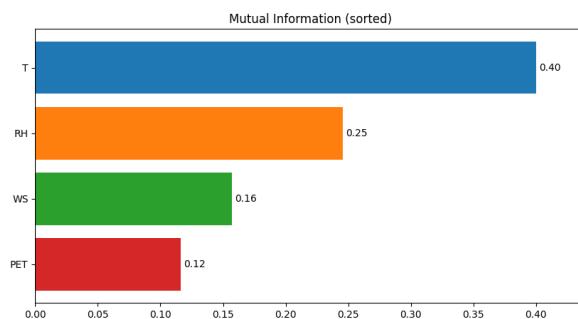
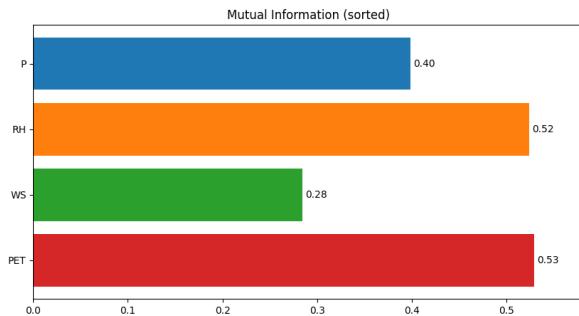
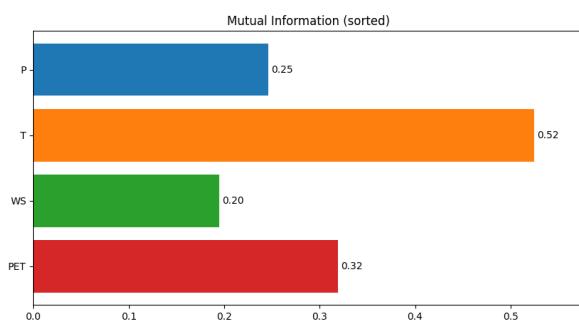


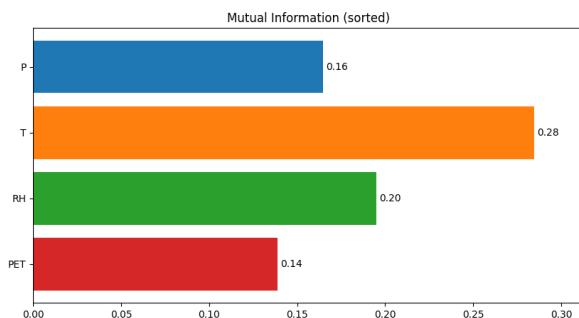
Figura 7
Información mutua con variable objetivo: Precipitación (P).

**Figura 8**

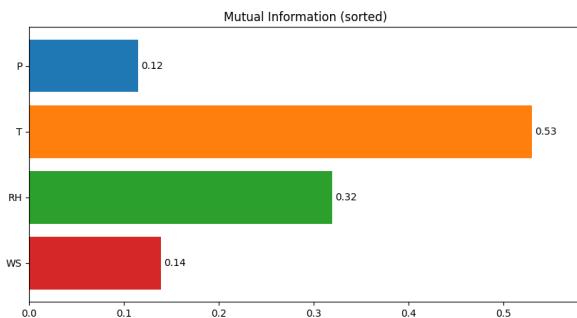
Información mutua con variable objetivo: Temperatura (*T*).

**Figura 9**

Información mutua con variable objetivo: Humedad Relativa (RH).

**Figura 10**

Información mutua con variable objetivo: Velocidad del Viento (WS).

**Figura 11**

Información mutua con variable objetivo: Evapotranspiración Potencial (PET).

A partir de las Figuras 7 a 11, se evidencia que la temperatura (T) es consistentemente una de las variables más informativas, especialmente para la predicción de PET, con un valor de información mutua superior a 0.5. Asimismo, la humedad relativa (RH) también muestra valores relevantes en distintos contextos, mientras que la velocidad del viento (WS) y la precipitación (P) presentan menor relevancia relativa. Este análisis complementa a la matriz de correlación al identificar dependencias no lineales.

1.2.3. Pairplot Global

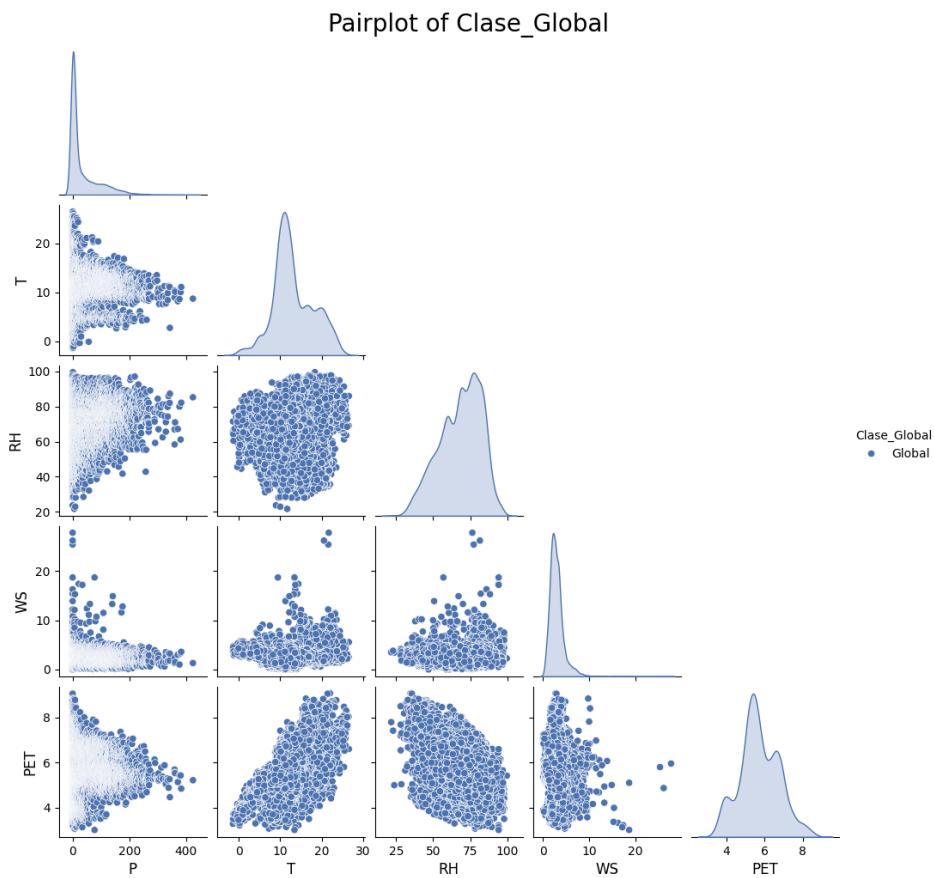


Figura 12

Gráfico de dispersión (pairplot) entre variables climáticas a nivel global.

La Figura 12 permite observar visualmente las relaciones bivariadas entre todas las variables. Se destaca una relación creciente entre la temperatura (T) y la evapotranspiración potencial (PET), así como una distribución dispersa entre precipitación (P) y las demás variables, lo que refuerza la débil correlación lineal observada. También se puede apreciar la distribución de cada variable en la diagonal principal, indicando sesgos o asimetrías en las distribuciones.

1.3. Análisis Estadístico de la Estación Ancachuro

A continuación, se presenta el análisis estadístico descriptivo y exploratorio correspondiente a la estación meteorológica de Ancachuro. Este incluye medidas univariadas por va-

riable y relaciones bivariadas, junto con sus respectivas representaciones gráficas.

1.3.1. Estadísticas Descriptivas

Tabla 2

Descriptive statistics of meteorological variables at the Ancachuro station

| Statistic | P (mm) | RH (%) | T (°C) | WS (m/s) | PET (mm) |
|--------------------------|---------|--------|--------|----------|----------|
| <i>n</i> | 648.00 | 648.00 | 648.00 | 648.00 | 648.00 |
| Minimum | 0.00 | 49.42 | 6.91 | 0.80 | 3.13 |
| 1st Quartile | 6.30 | 67.27 | 10.41 | 2.20 | 4.95 |
| Median | 43.15 | 72.27 | 11.87 | 3.00 | 5.35 |
| Mean | 65.60 | 72.45 | 11.58 | 2.96 | 5.26 |
| 3rd Quartile | 113.23 | 77.23 | 12.68 | 3.60 | 5.76 |
| Maximum | 296.70 | 93.03 | 14.74 | 5.50 | 6.86 |
| Range | 296.70 | 43.61 | 7.83 | 4.70 | 3.73 |
| Interquartile Range | 106.93 | 9.96 | 2.27 | 1.40 | 0.81 |
| Variance | 4478.19 | 56.82 | 2.02 | 0.83 | 0.56 |
| Standard Deviation | 66.92 | 7.54 | 1.42 | 0.51 | 0.81 |
| Coefficient of Variation | 1.02 | 0.10 | 0.12 | 0.31 | 0.15 |
| Skewness | 0.52 | 0.08 | -0.42 | -0.09 | -0.56 |
| Kurtosis | 0.01 | -0.20 | -0.57 | -0.56 | -0.25 |

Interpretación: La precipitación (P) muestra alta variabilidad y Skewnesspositiva, lo que evidencia eventos extremos de lluvia. La humedad relativa (RH) se encuentra centrada entre 67 % y 77 % con baja asimetría. La temperatura (T) presenta simetría leve hacia la izquierda. La velocidad del viento (WS) es relativamente simétrica, mientras que la evapotranspiración potencial (PET) es estable y con Skewnessnegativa.

1.3.2. Análisis Univariado

Precipitación (P)

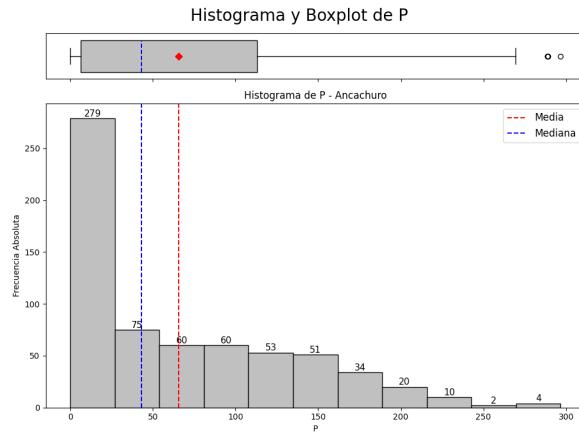


Figura 13
Histograma de la precipitación (P) en la estación Ancachuro.

Interpretación: Se observa una distribución fuertemente sesgada a la derecha. La mayoría de los valores se sitúan por debajo de los 100 mm, aunque existen eventos extremos superiores a 250 mm, lo que explica la diferencia entre la Mean y la mediana.

Temperatura (T)

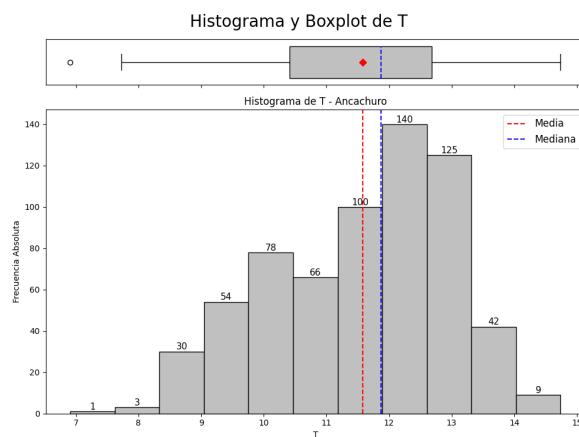


Figura 14
Histograma de la temperatura (T) en la estación Ancachuro.

Interpretación: Distribución relativamente simétrica con ligera Skewness negativa. La mayor parte de los valores se concentran entre 10 y 13 °C.

Humedad Relativa (RH)

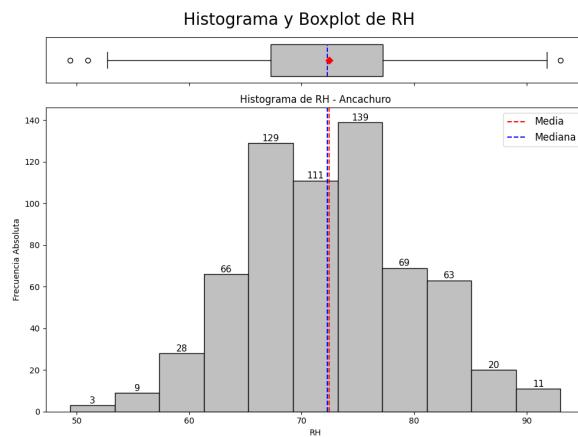


Figura 15
Histograma de la humedad relativa (RH) en la estación Ancachuro.

Interpretación: La humedad relativa está centrada entre 65 % y 80 %, con algunos valores extremos bajos y una leve simetría.

Velocidad del Viento (WS)

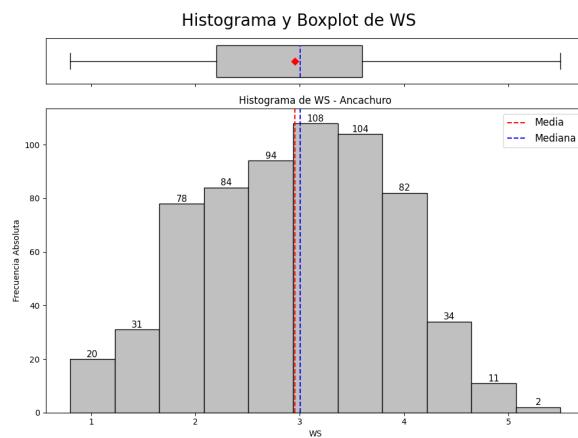


Figura 16
Histograma de la velocidad del viento (WS) en la estación Ancachuro.

Interpretación: Distribución simétrica con picos en torno a 3 m/s. La mayoría de los registros se encuentran entre 2 y 4 m/s.

Evapotranspiración Potencial (PET)

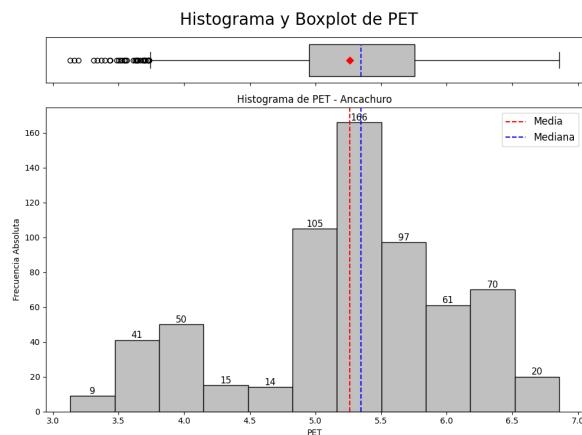


Figura 17

Histograma de la evapotranspiración potencial (PET) en la estación Ancachuro.

Interpretación: Distribución bastante concentrada con leve Skewnessnegativa. Valores centrados en torno a 5.2 mm con escasos valores extremos.

1.3.3. Análisis Bivariado

Matriz de Correlación

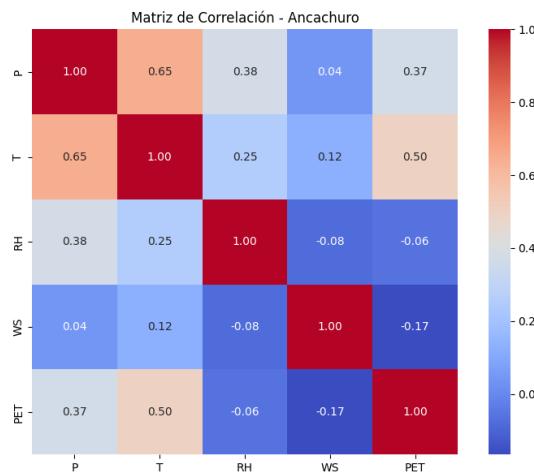


Figura 18

Matriz de correlación de las variables meteorológicas en Ancachuro.

Interpretación: Se observa correlación positiva entre temperatura (T) y PET ($r \approx 0,50$), y entre precipitación (P) y temperatura (T) ($r \approx 0,55$).

Gráfico de Pares (Pairplot)

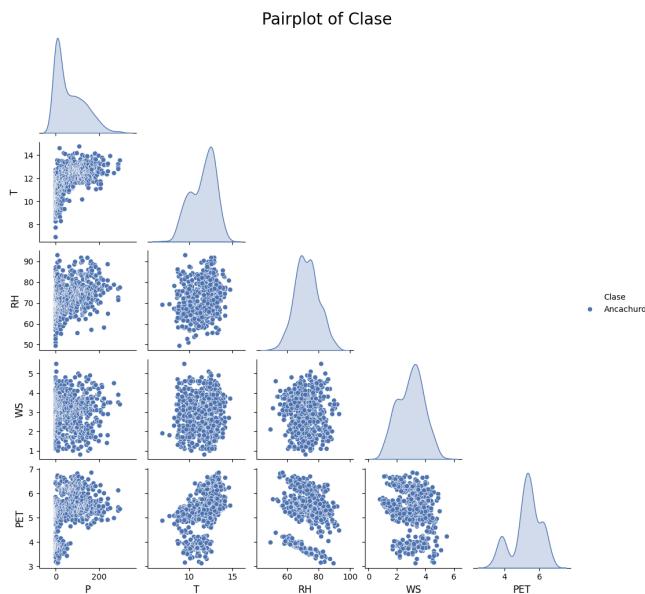


Figura 19
Pairplot de las variables meteorológicas en la estación Ancachuro.

Interpretación: El pairplot evidencia patrones visuales similares a los encontrados en la matriz de correlación. Se destaca la asociación positiva entre T y PET, y una relación moderada entre P y T. RH y WS presentan distribuciones dispersas respecto a las demás variables.

1.4. Análisis Estadístico de la Estación Andahuaylas

A continuación, se presenta el análisis estadístico descriptivo y exploratorio correspondiente a la estación meteorológica de Andahuaylas. Este incluye medidas univariadas por variable y relaciones bivariadas, junto con sus respectivas representaciones gráficas.

1.4.1. Estadísticas Descriptivas

Tabla 3

Descriptive statistics of meteorological variables at the Andahuaylas station

| Statistic | P (mm) | RH (%) | T (°C) | WS (m/s) | PET (mm) |
|--------------------------|---------|--------|--------|----------|----------|
| n | 648.00 | 648.00 | 648.00 | 648.00 | 648.00 |
| Minimum | 0.00 | 58.45 | 10.35 | 0.50 | 3.48 |
| 1st Quartile | 14.23 | 74.08 | 12.37 | 2.00 | 4.53 |
| Median | 39.55 | 78.84 | 13.59 | 2.50 | 5.10 |
| Mean | 54.57 | 80.18 | 13.42 | 2.49 | 5.03 |
| 3rd Quartile | 88.02 | 86.49 | 14.47 | 2.74 | 5.50 |
| Maximum | 251.50 | 97.12 | 16.83 | 6.20 | 6.45 |
| Range | 251.50 | 38.67 | 6.48 | 5.30 | 2.97 |
| Interquartile Range | 73.80 | 12.42 | 2.10 | 0.74 | 0.57 |
| Variance | 2450.00 | 65.16 | 1.65 | 0.51 | 0.36 |
| Standard Deviation | 49.50 | 8.07 | 1.29 | 0.78 | 0.50 |
| Coefficient of Variation | 0.51 | 0.10 | 0.10 | 0.31 | 0.12 |
| Skewness | 1.06 | 0.24 | -0.24 | 1.39 | -0.13 |
| Kurtosis | 0.54 | -0.76 | -0.75 | 3.48 | -0.87 |

Interpretación: La precipitación (P) muestra alta variabilidad y Skewnesspositiva, lo que evidencia eventos extremos de lluvia. La humedad relativa (RH) se encuentra centrada entre 74 % y 86 %, con ligera Skewnesspositiva. La temperatura (T) presenta simetría leve hacia la izquierda. La velocidad del viento (WS) es asimétrica con presencia de ráfagas, mientras que la evapotranspiración potencial (PET) es relativamente estable con Skewnessnegativa leve.

1.4.2. Análisis Univariado

Precipitación (P)

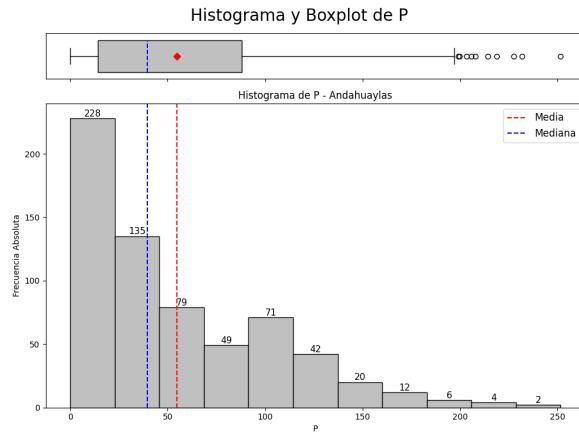


Figura 20
Histograma y boxplot de la precipitación (P) en la estación Andahuaylas.

Interpretación: Distribución altamente asimétrica a la derecha. La mayoría de los valores se concentran por debajo de los 100 mm, con presencia de eventos extremos superiores a 250 mm.

Temperatura (T)

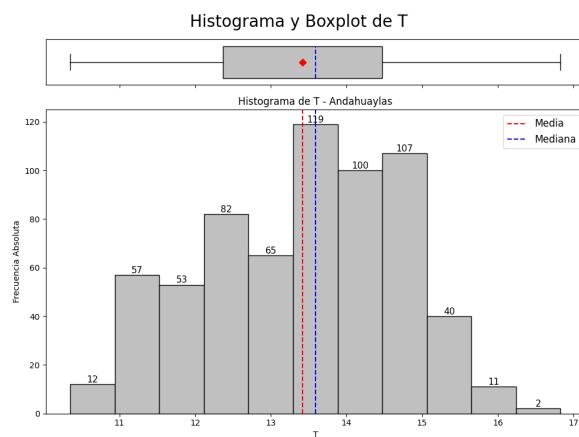


Figura 21
Histograma y boxplot de la temperatura (T) en la estación Andahuaylas.

Interpretación: Distribución moderadamente simétrica con leve sesgo negativo. La mayoría de los registros se encuentran entre 12 y 15 °C.

Humedad Relativa (RH)

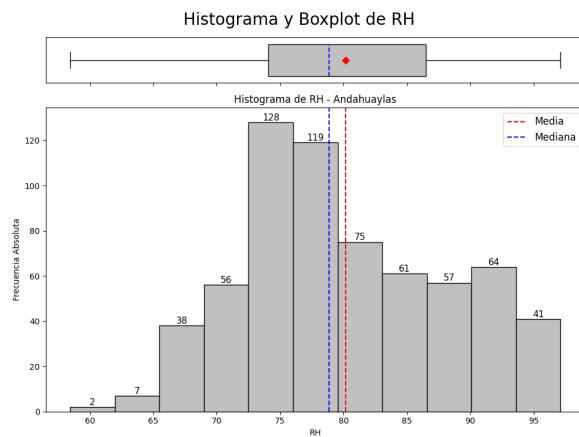


Figura 22

Histograma y boxplot de la humedad relativa (RH) en la estación Andahuaylas.

Interpretación: La RH está centrada entre 70 % y 90 %, con Skewnesspositiva leve y valores extremos bajos ocasionales.

Velocidad del Viento (WS)

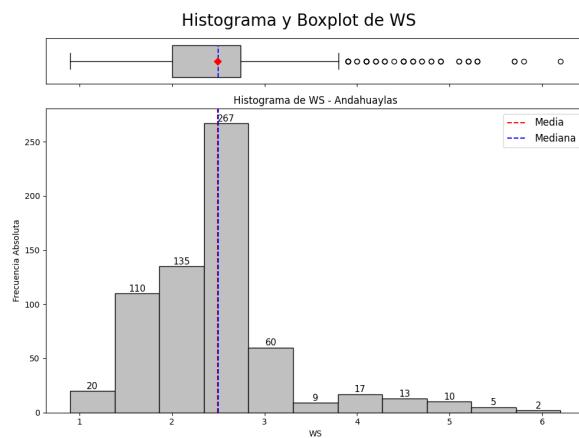


Figura 23

Histograma y boxplot de la velocidad del viento (WS) en la estación Andahuaylas.

Interpretación: Distribución sesgada con concentración en valores bajos (2 a 3 m/s), pero con outliers que representan ráfagas inusuales de hasta 6.2 m/s.

Evapotranspiración Potencial (PET)

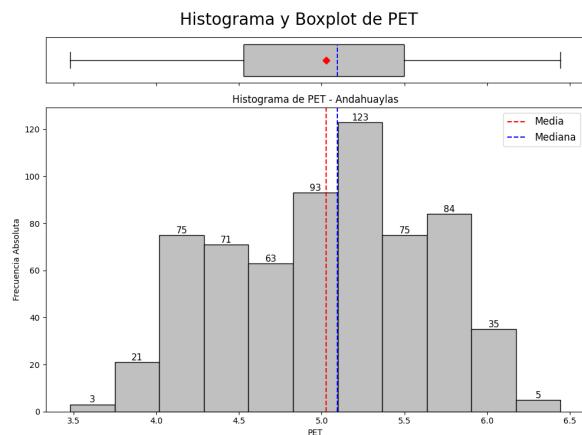


Figura 24

Histograma y boxplot de la evapotranspiración potencial (PET) en la estación Andahuaylas.

Interpretación: Distribución relativamente estable, con valores entre 4.5 y 6.5 mm y ligera Skewness negativa.

1.4.3. Análisis Bivariado

Matriz de Correlación

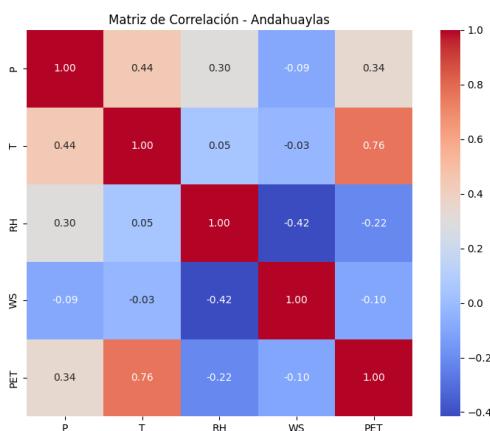


Figura 25

Matriz de correlación de las variables meteorológicas en Andahuaylas.

Interpretación: Se evidencia fuerte correlación positiva entre temperatura (T) y evapotranspiración potencial (PET) ($r = 0,76$). También se observa correlación moderada entre P y T ($r = 0,44$). Las correlaciones entre RH, WS y otras variables son generalmente bajas o negativas.

Gráfico de Pares (Pairplot)

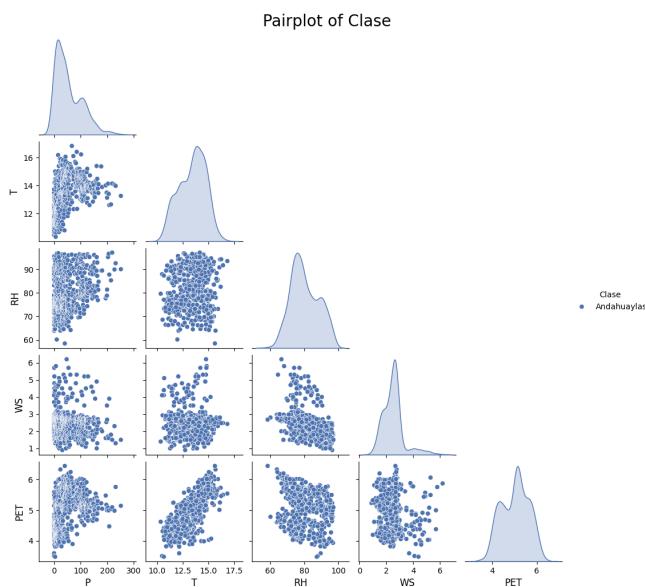


Figura 26
Pairplot de las variables meteorológicas en la estación Andahuaylas.

Interpretación: El gráfico de dispersión confirma la fuerte asociación entre T y PET, y una relación moderada entre P y T. RH presenta relación inversa con PET y WS. Las combinaciones con WS tienden a ser más dispersas.

1.5. Análisis Estadístico de la Estación Ancachuro

A continuación, se presenta el análisis estadístico descriptivo y exploratorio correspondiente a la estación meteorológica de Ancachuro. Este incluye medidas univariadas por variable y relaciones bivariadas, junto con sus respectivas representaciones gráficas.

1.5.1. Estadísticas Descriptivas

Tabla 4

Descriptive statistics of meteorological variables at the Ancachuro station

| Statistic | P (mm) | RH (%) | T (°C) | WS (m/s) | PET (mm) |
|--------------------------|---------|--------|--------|----------|----------|
| n | 648.00 | 648.00 | 648.00 | 648.00 | 648.00 |
| Minimum | 0.00 | 49.42 | 6.91 | 0.80 | 3.13 |
| 1st Quartile | 6.30 | 67.27 | 10.41 | 2.20 | 4.95 |
| Median | 43.15 | 72.27 | 11.87 | 3.00 | 5.35 |
| Mean | 65.60 | 72.45 | 11.58 | 2.96 | 5.26 |
| 3rd Quartile | 113.23 | 77.23 | 12.68 | 3.60 | 5.76 |
| Maximum | 296.70 | 93.03 | 14.74 | 5.50 | 6.86 |
| Range | 296.70 | 43.61 | 7.83 | 4.70 | 3.73 |
| Interquartile Range | 106.93 | 9.96 | 2.27 | 1.40 | 0.81 |
| Variance | 4478.19 | 56.82 | 2.02 | 0.83 | 0.56 |
| Standard Deviation | 66.92 | 7.54 | 1.42 | 0.51 | 0.81 |
| Coefficient of Variation | 1.02 | 0.10 | 0.12 | 0.31 | 0.15 |
| Skewness | 0.52 | 0.08 | -0.42 | -0.09 | -0.56 |
| Kurtosis | 0.01 | -0.20 | -0.57 | -0.56 | -0.25 |

Interpretación: La precipitación (P) muestra alta variabilidad y Skewnesspositiva, lo que evidencia eventos extremos de lluvia. La humedad relativa (RH) se encuentra centrada entre 67 % y 77 % con baja asimetría. La temperatura (T) presenta simetría leve hacia la izquierda. La velocidad del viento (WS) es relativamente simétrica, mientras que la evapotranspiración potencial (PET) es estable y con Skewnessnegativa.

1.5.2. Análisis Univariado

Precipitación (P)

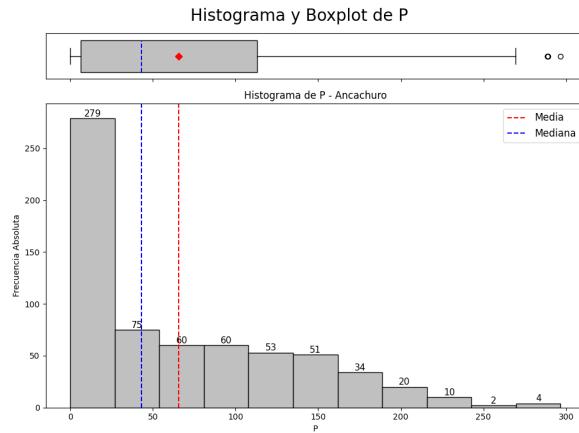


Figura 27

Histograma de la precipitación (P) en la estación Ancachuro.

Interpretación: Se observa una distribución fuertemente sesgada a la derecha. La mayoría de los valores se sitúan por debajo de los 100 mm, aunque existen eventos extremos superiores a 250 mm, lo que explica la diferencia entre la Mean y la mediana.

Temperatura (T)

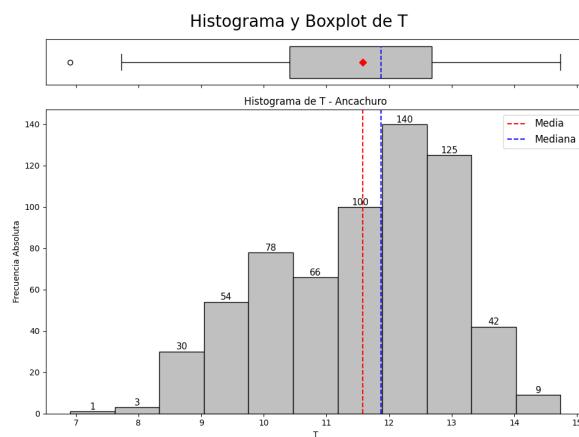


Figura 28

Histograma de la temperatura (T) en la estación Ancachuro.

Interpretación: Distribución relativamente simétrica con ligera Skewnessnegativa. La mayor parte de los valores se concentran entre 10 y 13 °C.

Humedad Relativa (RH)

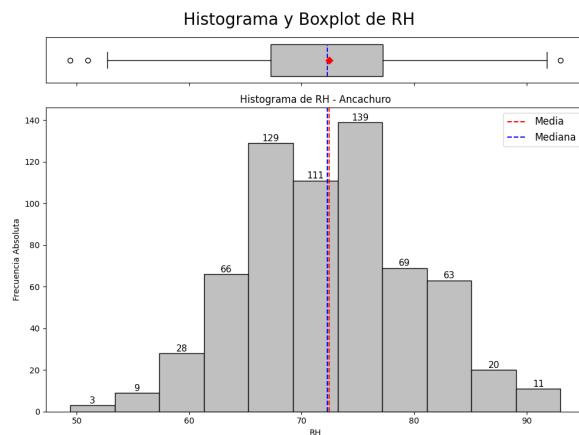


Figura 29
Histograma de la humedad relativa (RH) en la estación Ancachuro.

Interpretación: La humedad relativa está centrada entre 65 % y 80 %, con algunos valores extremos bajos y una leve simetría.

Velocidad del Viento (WS)

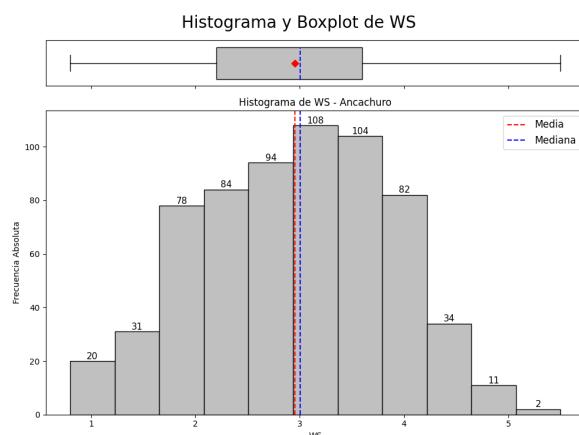


Figura 30
Histograma de la velocidad del viento (WS) en la estación Ancachuro.

Interpretación: Distribución simétrica con picos en torno a 3 m/s. La mayoría de los registros se encuentran entre 2 y 4 m/s.

Evapotranspiración Potencial (PET)

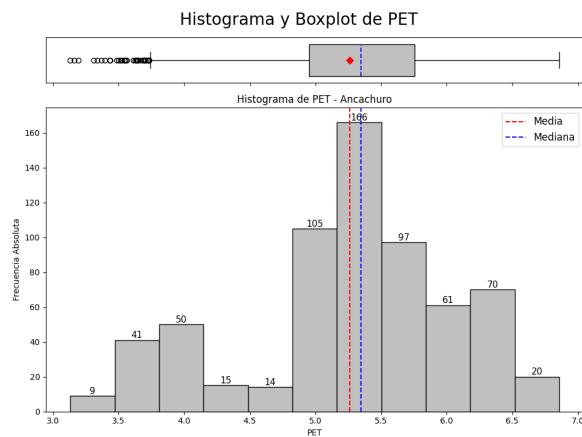


Figura 31

Histograma de la evapotranspiración potencial (PET) en la estación Ancachuro.

Interpretación: Distribución bastante concentrada con leve Skewnessnegativa. Valores centrados en torno a 5.2 mm con escasos valores extremos.

1.5.3. Análisis Bivariado

Matriz de Correlación

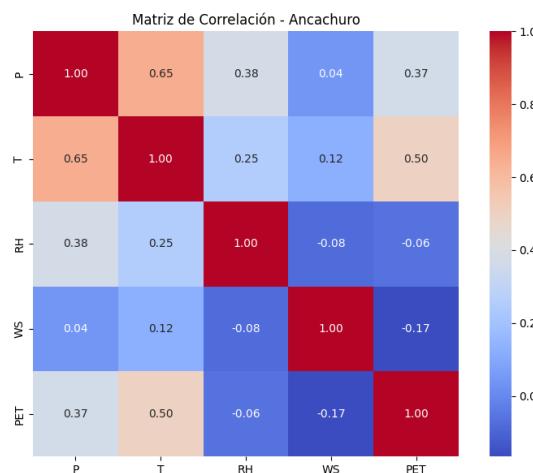


Figura 32

Matriz de correlación de las variables meteorológicas en Ancachuro.

Interpretación: Se observa correlación positiva entre temperatura (T) y PET ($r = 0,50$), y entre precipitación (P) y temperatura (T) ($r = 0,55$). La humedad relativa (RH) muestra correlaciones débiles con las demás variables.

Gráfico de Pares (Pairplot)

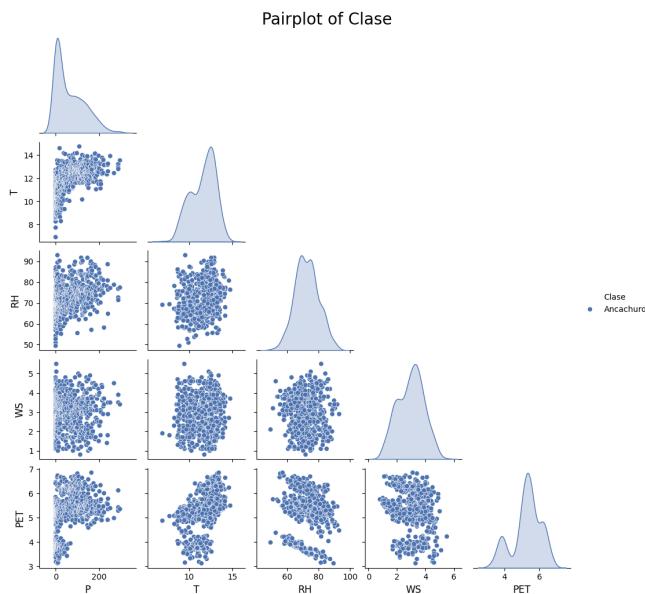


Figura 33
Pairplot de las variables meteorológicas en la estación Ancachuro.

Interpretación: El pairplot evidencia patrones visuales similares a los encontrados en la matriz de correlación. Se destaca la asociación positiva entre T y PET, y una relación moderada entre P y T. RH y WS presentan distribuciones dispersas respecto a las demás variables.

1.6. Análisis Estadístico de la Estación Caraveli

A continuación, se presenta el análisis estadístico descriptivo y exploratorio correspondiente a la estación meteorológica de Caraveli. Este incluye medidas univariadas por variable y relaciones bivariadas, junto con sus respectivas representaciones gráficas.

1.6.1. Estadísticas Descriptivas

Tabla 5

Estadísticas descriptivas de las variables meteorológicas en la estación Caraveli

| Estadístico | P (mm) | RH (%) | T (°C) | WS (m/s) | PET (mm) |
|--------------------------|--------|--------|--------|----------|----------|
| <i>n</i> | 648.00 | 648.00 | 648.00 | 648.00 | 648.00 |
| Minimum | 0.00 | 32.21 | 16.74 | 0.80 | 5.84 |
| 1st Quartile | 0.00 | 47.02 | 19.05 | 1.90 | 7.07 |
| Median | 0.00 | 54.46 | 19.78 | 2.20 | 7.50 |
| Mean | 2.92 | 54.76 | 19.76 | 2.31 | 7.49 |
| 3rd Quartile | 1.60 | 62.84 | 20.51 | 2.60 | 7.95 |
| Maximum | 89.90 | 82.71 | 23.50 | 4.80 | 9.07 |
| Range | 89.90 | 50.50 | 6.76 | 4.00 | 3.23 |
| Interquartile Range | 1.60 | 15.81 | 1.46 | 0.70 | 0.89 |
| Variance | 67.75 | 120.56 | 1.08 | 0.32 | 0.38 |
| Standard Deviation | 8.23 | 10.58 | 1.04 | 0.56 | 0.51 |
| Coefficient of Variation | 2.82 | 0.20 | 0.05 | 0.24 | 0.08 |
| Skewness | 5.65 | 0.13 | 0.14 | 0.86 | -0.13 |
| Kurtosis | 42.79 | -0.53 | 0.07 | 1.07 | -0.39 |

Interpretación: La precipitación (P) en Caraveli es muy baja en la mayoría de los casos, con una fuerte Skewnesspositiva, lo que indica la presencia de eventos extremos aislados. La humedad relativa (RH) y la temperatura (T) se distribuyen de manera moderadamente simétrica, aunque con valores ligeramente variables. La velocidad del viento (WS) y la evapotranspiración potencial (PET) presentan una distribución estable con ligera variabilidad.

1.6.2. Análisis Univariado

Precipitación (P)

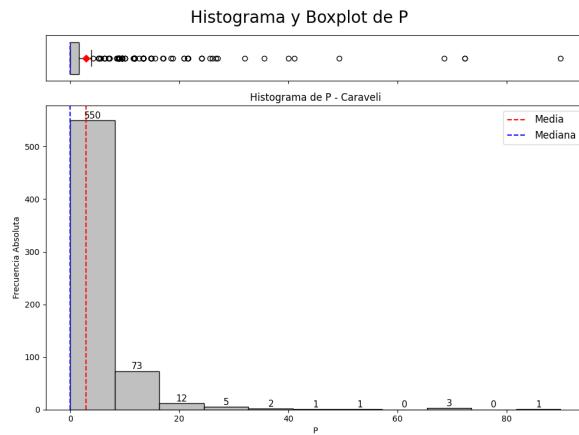


Figura 34

Histograma y boxplot de la precipitación (P) en la estación Caraveli.

Interpretación: La mayoría de los registros se concentran en cero milímetros, con pocos eventos de lluvia. La distribución es fuertemente sesgada a la derecha, con una Mean considerablemente superior a la mediana.

Temperatura (T)

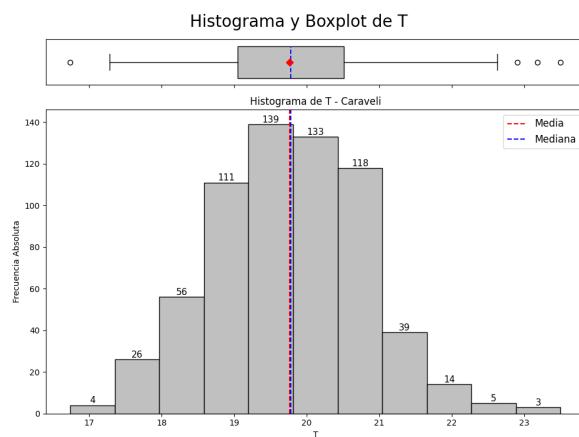


Figura 35

Histograma y boxplot de la temperatura (T) en la estación Caraveli.

Interpretación: La temperatura se distribuye de manera bastante simétrica, centrada en torno a los 20 °C, con ligera dispersión hacia ambos extremos.

Humedad Relativa (RH)

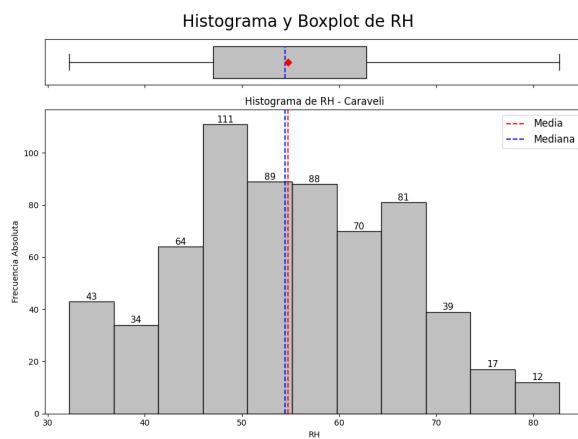


Figura 36

Histograma y boxplot de la humedad relativa (RH) en la estación Caraveli.

Interpretación: La RH muestra una distribución algo simétrica, con un Range amplio que abarca desde valores por debajo del 40 % hasta más del 80 %.

Velocidad del Viento (WS)

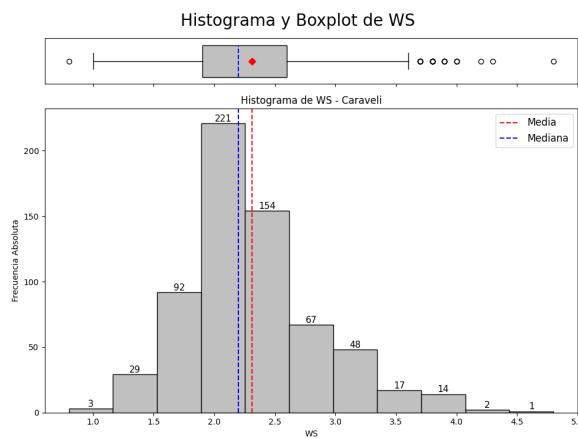


Figura 37

Histograma y boxplot de la velocidad del viento (WS) en la estación Caraveli.

Interpretación: La velocidad del viento se concentra principalmente entre 1.5 y 3.0 m/s. Se observan algunos valores atípicos por encima de 4.5 m/s.

Evapotranspiración Potencial (PET)

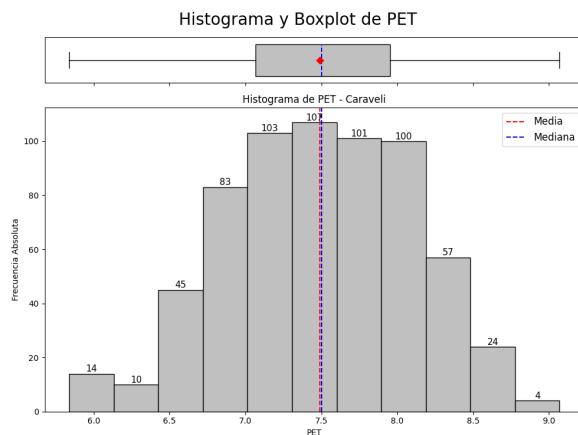


Figura 38
Histograma y boxplot de la evapotranspiración potencial (PET) en la estación Caraveli.

Interpretación: La PET se concentra en torno a 7.5 mm, mostrando una distribución relativamente simétrica y una baja variabilidad.

1.6.3. Análisis Bivariado

Matriz de Correlación

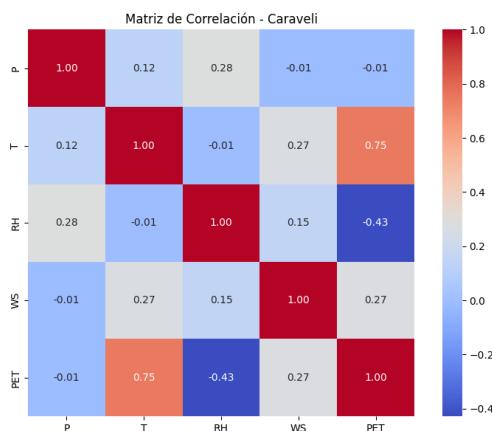


Figura 39
Matriz de correlación de las variables meteorológicas en Caraveli.

Interpretación: Se observa una fuerte correlación entre temperatura (T) y evapotranspiración (PET) ($r = 0.75$). La RH presenta una correlación negativa con PET ($r = -0.43$). El resto de las correlaciones son débiles o moderadas.

Gráfico de Pares (Pairplot)

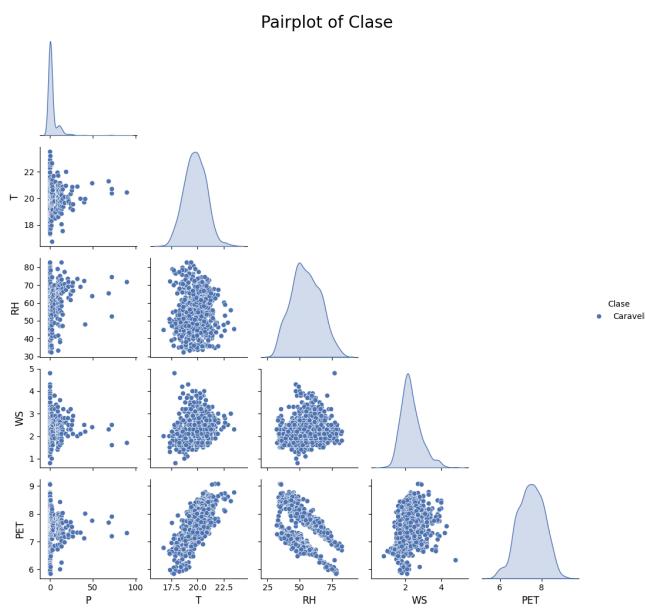


Figura 40
Pairplot de las variables meteorológicas en la estación Caraveli.

Interpretación: Se confirma visualmente la asociación positiva entre T y PET. Se detecta una leve relación negativa entre RH y PET. Las demás combinaciones no muestran patrones evidentes de asociación.

1.7. Análisis Estadístico de la Estación Coracora

A continuación se presenta el análisis estadístico descriptivo y exploratorio de la estación meteorológica de Coracora, considerando estadísticas univariadas y relaciones bivariadas con representaciones gráficas correspondientes.

1.7.1. Estadísticas Descriptivas

Tabla 6

Descriptive statistics of meteorological variables at the Coracora station

| Statistic | P (mm) | RH (%) | T (°C) | WS (m/s) | PET (mm) |
|--------------------------|---------|--------|--------|----------|----------|
| n | 648.00 | 648.00 | 648.00 | 648.00 | 648.00 |
| Minimum | 0.00 | 37.02 | 9.11 | 0.00 | 3.36 |
| 1st Quartile | 0.00 | 56.87 | 10.89 | 1.40 | 5.18 |
| Median | 6.82 | 68.44 | 11.78 | 1.90 | 5.57 |
| Mean | 36.94 | 67.40 | 11.82 | 2.03 | 5.52 |
| 3rd Quartile | 51.63 | 77.81 | 12.82 | 2.27 | 5.97 |
| Maximum | 382.70 | 90.51 | 15.00 | 15.40 | 7.23 |
| Range | 382.70 | 53.89 | 5.89 | 15.40 | 3.88 |
| Interquartile Range | 51.63 | 20.54 | 1.93 | 0.87 | 0.80 |
| Variance | 3399.42 | 170.53 | 1.39 | 1.70 | 0.57 |
| Standard Deviation | 58.30 | 13.07 | 1.18 | 1.30 | 0.82 |
| Coefficient of Variation | 1.58 | 0.19 | 0.10 | 0.54 | 0.15 |
| Skewness | 2.08 | -0.19 | 0.01 | 6.16 | -0.39 |
| Kurtosis | 5.00 | -0.89 | -0.73 | 51.93 | -0.36 |

Interpretación: La precipitación presenta una Skewness positiva marcada y elevada dispersión, lo que indica eventos extremos de lluvia. La humedad relativa tiene una distribución relativamente simétrica. La temperatura está centrada en torno a 11.8 °C con baja dispersión. La velocidad del viento muestra valores extremos, mientras que la evapotranspiración potencial tiene una distribución simétrica y concentrada.

1.7.2. Análisis Univariado

Precipitación (P)

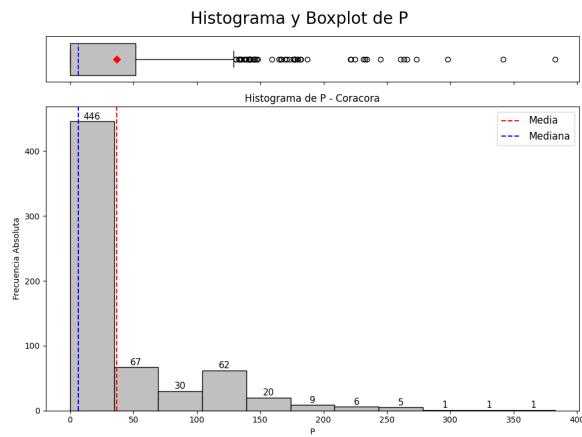


Figura 41
Histograma y boxplot de la precipitación (P) en la estación Coracora.

Interpretación: Distribución extremadamente sesgada a la derecha, con gran número de valores bajos y presencia de eventos extremos.

Temperatura (T)

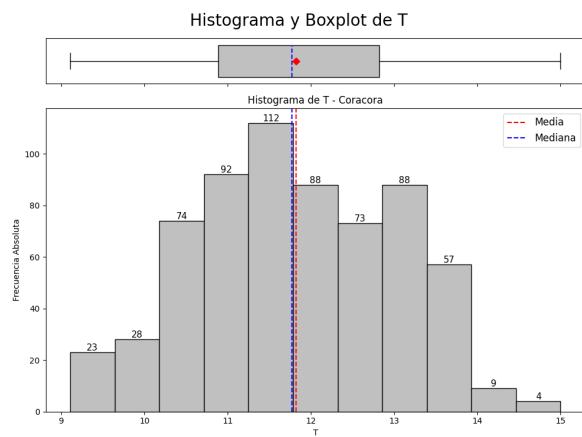


Figura 42
Histograma y boxplot de la temperatura (T) en la estación Coracora.

Interpretación: La distribución es simétrica con leve tendencia positiva. La mayoría de los valores se encuentran entre 10 y 13 °C.

Humedad Relativa (RH)

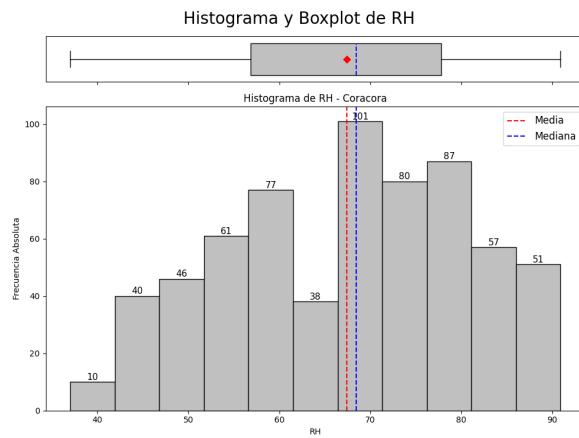


Figura 43

Histograma y boxplot de la humedad relativa (RH) en la estación Coracora.

Interpretación: Distribución amplia con valores que oscilan entre 40 % y 90 %. Ligera Skewnessnegativa.

Velocidad del Viento (WS)

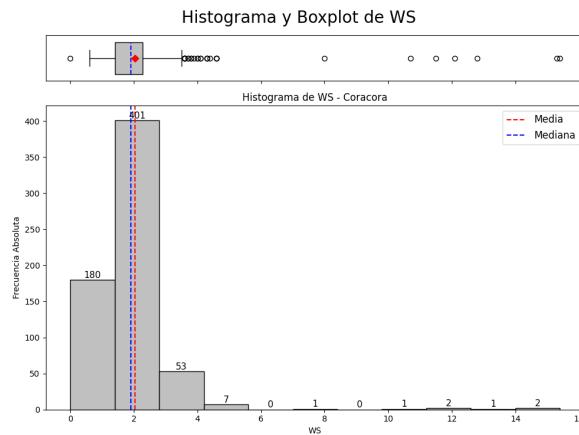


Figura 44

Histograma y boxplot de la velocidad del viento (WS) en la estación Coracora.

Interpretación: La mayor parte de los valores se concentran entre 1 y 3 m/s, con presencia de valores extremos hasta 15 m/s.

Evapotranspiración Potencial (PET)

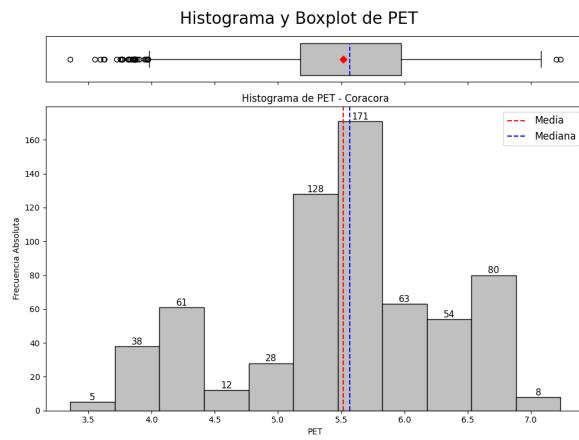


Figura 45

Histograma y boxplot de la evapotranspiración potencial (PET) en la estación Coracora.

Interpretación: Distribución simétrica con ligera Skewness negativa. La mayoría de valores están centrados entre 5 y 6 mm.

1.7.3. Análisis Bivariado

Matriz de Correlación

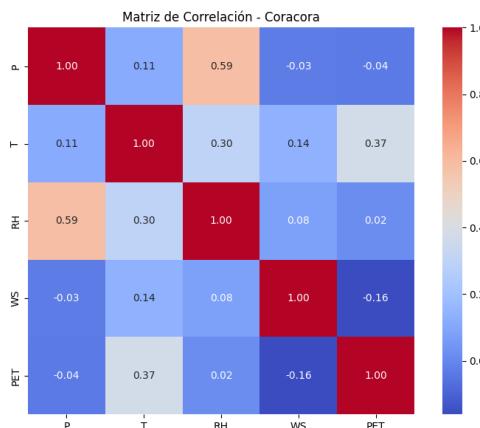


Figura 46

Matriz de correlación de las variables meteorológicas en Coracora.

Interpretación: Se observan correlaciones moderadas entre precipitación y humedad relativa ($r = 0,59$), y entre temperatura y PET ($r = 0,37$). El resto de las correlaciones son

bajas.

Gráfico de Pares (Pairplot)

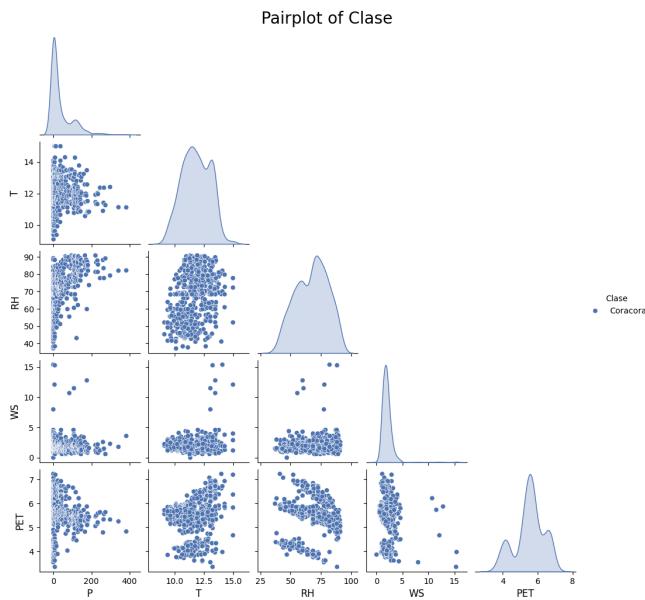


Figura 47

Pairplot de las variables meteorológicas en la estación Coracora.

Interpretación: Se confirman visualmente las correlaciones observadas. Se destacan patrones lineales entre T y PET, y agrupaciones densas en la distribución de P, RH y WS.

1.8. Análisis Estadístico de la Estación Cotahuasi

A continuación se presenta el análisis estadístico descriptivo y exploratorio de la estación meteorológica de Cotahuasi, considerando estadísticas univariadas y relaciones bivariadas con representaciones gráficas correspondientes.

1.8.1. Estadísticas Descriptivas

Tabla 7

Estadísticas descriptivas de las variables meteorológicas en la estación Cotahuasi

| Estadístico | P (mm) | RH (%) | T (°C) | WS (m/s) | PET (mm) |
|--------------------------|---------|--------|--------|----------|----------|
| n | 648.00 | 648.00 | 648.00 | 648.00 | 648.00 |
| Minimum | 0.00 | 28.01 | 13.66 | 1.20 | 5.78 |
| 1st Quartile | 0.00 | 38.85 | 15.14 | 2.90 | 6.78 |
| Median | 4.25 | 47.88 | 15.82 | 3.30 | 7.14 |
| Mean | 26.38 | 51.29 | 15.91 | 3.40 | 7.22 |
| 3rd Quartile | 32.53 | 63.26 | 16.60 | 3.70 | 7.62 |
| Maximum | 205.40 | 83.61 | 20.33 | 11.10 | 8.83 |
| Range | 205.40 | 55.60 | 6.67 | 9.90 | 3.05 |
| Interquartile Range | 32.53 | 24.41 | 1.47 | 0.80 | 0.84 |
| Variance | 1744.29 | 208.17 | 1.11 | 1.46 | 0.37 |
| Standard Deviation | 41.76 | 14.43 | 1.05 | 1.21 | 0.51 |
| Coefficient of Variation | 1.58 | 0.28 | 0.07 | 0.36 | 0.08 |
| Skewness | 1.88 | 0.44 | 0.57 | 3.36 | 0.40 |
| Kurtosis | 2.96 | -1.06 | 0.33 | 16.03 | -0.50 |

Interpretación: La precipitación muestra una distribución fuertemente sesgada a la derecha con valores extremos significativos. La humedad relativa es más variable, con Skewnessmoderada positiva. La temperatura es bastante homogénea. La velocidad del viento presenta Kurtosis alta por eventos atípicos. La evapotranspiración potencial muestra distribución levemente sesgada.

1.8.2. Análisis Univariado

Precipitación (P)

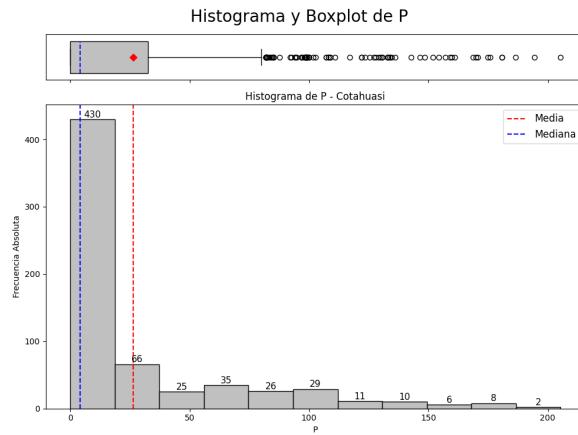


Figura 48

Histograma y boxplot de la precipitación (P) en la estación Cotahuasi.

Interpretación: Alta frecuencia de valores bajos de precipitación, pero con varios eventos extremos, reflejando una distribución sesgada positiva.

Temperatura (T)

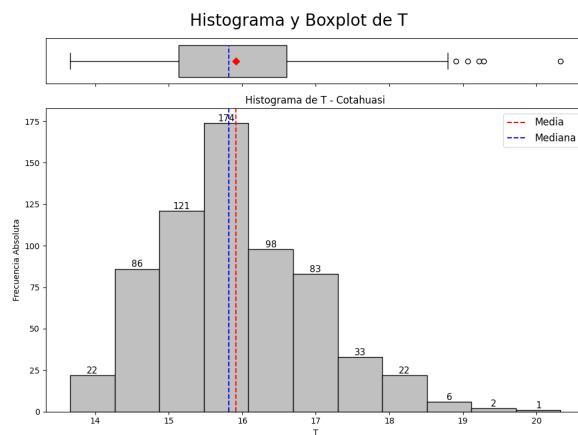


Figura 49

Histograma y boxplot de la temperatura (T) en la estación Cotahuasi.

Interpretación: La distribución es simétrica y estrecha. La mayoría de los valores oscilan entre 15 y 17 °C.

Humedad Relativa (RH)

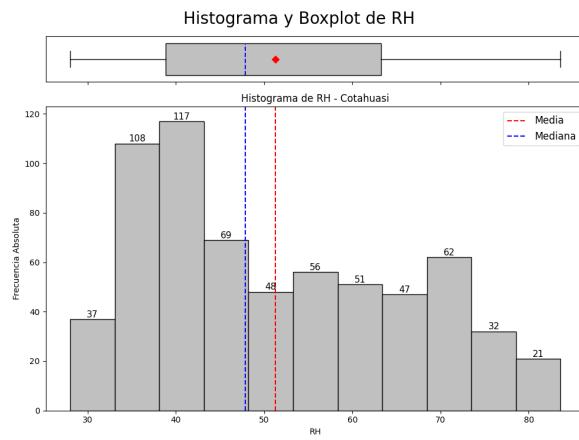


Figura 50

Histograma y boxplot de la humedad relativa (RH) en la estación Cotahuasi.

Interpretación: Distribución amplia con dispersión significativa. Predominan valores entre 40 % y 70 %.

Velocidad del Viento (WS)

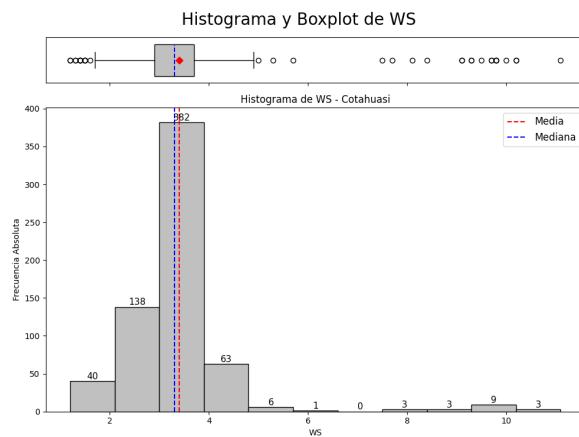


Figura 51

Histograma y boxplot de la velocidad del viento (WS) en la estación Cotahuasi.

Interpretación: La mayoría de los datos se encuentran entre 2.5 y 4 m/s. Se evidencian varios valores atípicos que alcanzan hasta 11 m/s.

Evapotranspiración Potencial (PET)

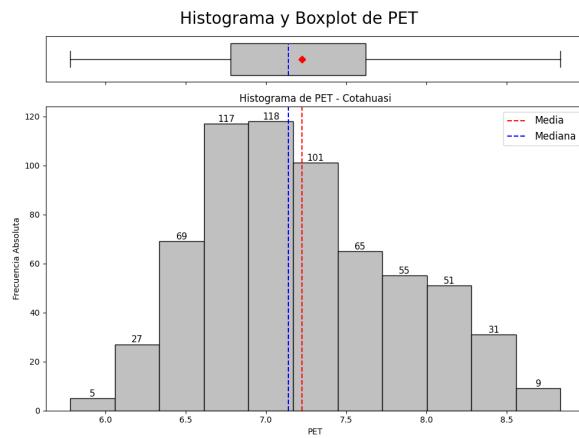


Figura 52

Histograma y boxplot de la evapotranspiración potencial (PET) en la estación Cotahuasi.

Interpretación: Distribución ligeramente sesgada a la derecha. La mayoría de los valores oscilan entre 6.5 y 8 mm.

1.8.3. Análisis Bivariado

Matriz de Correlación

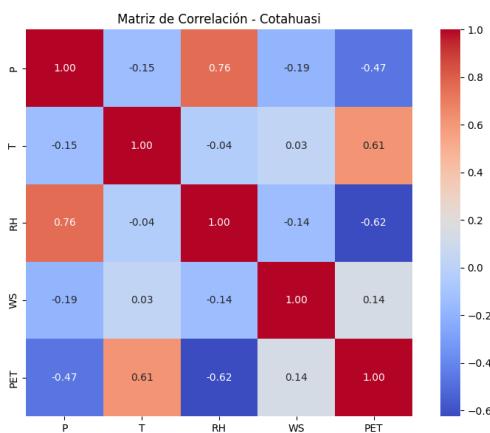


Figura 53

Matriz de correlación de las variables meteorológicas en Cotahuasi.

Interpretación: Se observa una alta correlación positiva entre P y RH ($r = 0.76$), así como entre T y PET ($r = 0.51$). La correlación entre RH y PET es negativa ($r = -0.52$),

sugiriendo que a menor humedad, mayor es la evapotranspiración potencial.

Gráfico de Pares (Pairplot)

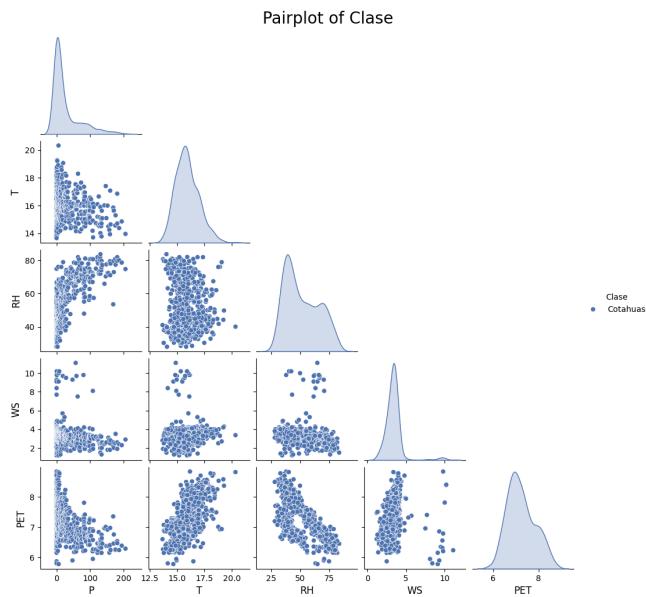


Figura 54
Pairplot de las variables meteorológicas en la estación Cotahuasi.

Interpretación: El gráfico confirma las asociaciones observadas: fuerte relación lineal entre T y PET, y entre P y RH. También se observan distribuciones densas y patrones consistentes con las correlaciones.

1.9. Análisis Estadístico de la Estación Cotahuasi

A continuación se presenta el análisis estadístico descriptivo y exploratorio de la estación meteorológica de Cotahuasi, considerando estadísticas univariadas y relaciones bivariadas con representaciones gráficas correspondientes.

1.9.1. Estadísticas Descriptivas

Tabla 8

Estadísticas descriptivas de las variables meteorológicas en la estación Cotahuasi

| Estadístico | P (mm) | RH (%) | T (°C) | WS (m/s) | PET (mm) |
|--------------------------|---------|--------|--------|----------|----------|
| n | 648.00 | 648.00 | 648.00 | 648.00 | 648.00 |
| Minimum | 0.00 | 28.01 | 13.66 | 1.20 | 5.78 |
| 1st Quartile | 0.00 | 38.85 | 15.14 | 2.90 | 6.78 |
| Median | 4.25 | 47.88 | 15.82 | 3.30 | 7.14 |
| Mean | 26.38 | 51.29 | 15.91 | 3.40 | 7.22 |
| 3rd Quartile | 32.53 | 63.26 | 16.60 | 3.70 | 7.62 |
| Maximum | 205.40 | 83.61 | 20.33 | 11.10 | 8.83 |
| Range | 205.40 | 55.60 | 6.67 | 9.90 | 3.05 |
| Interquartile Range | 32.53 | 24.41 | 1.47 | 0.80 | 0.84 |
| Variance | 1744.29 | 208.17 | 1.11 | 1.46 | 0.37 |
| Standard Deviation | 41.76 | 14.43 | 1.05 | 1.21 | 0.51 |
| Coefficient of Variation | 1.58 | 0.28 | 0.07 | 0.36 | 0.08 |
| Skewness | 1.88 | 0.44 | 0.57 | 3.36 | 0.40 |
| Kurtosis | 2.96 | -1.06 | 0.33 | 16.03 | -0.50 |

Interpretación: La precipitación muestra una distribución fuertemente sesgada a la derecha con valores extremos significativos. La humedad relativa es más variable, con Skewnessmoderada positiva. La temperatura es bastante homogénea. La velocidad del viento presenta Kurtosis alta por eventos atípicos. La evapotranspiración potencial muestra distribución levemente sesgada.

1.9.2. Análisis Univariado

Precipitación (P)

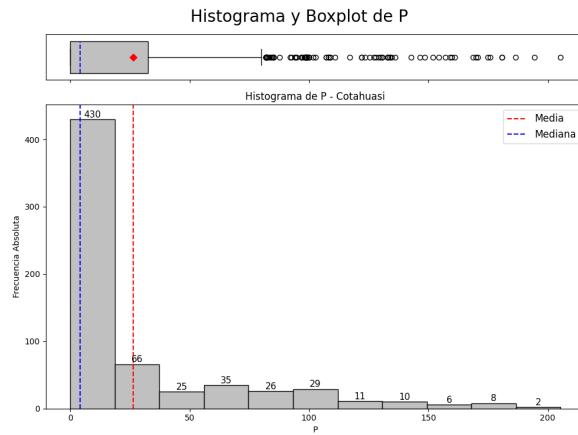


Figura 55

Histograma y boxplot de la precipitación (P) en la estación Cotahuasi.

Interpretación: Alta frecuencia de valores bajos de precipitación, pero con varios eventos extremos, reflejando una distribución sesgada positiva.

Temperatura (T)

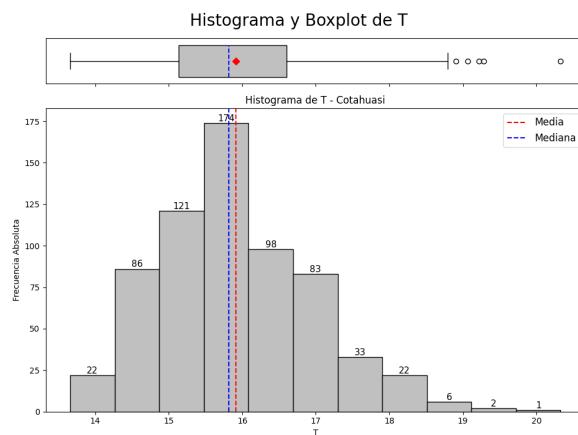


Figura 56

Histograma y boxplot de la temperatura (T) en la estación Cotahuasi.

Interpretación: La distribución es simétrica y estrecha. La mayoría de los valores oscilan entre 15 y 17 °C.

Humedad Relativa (RH)

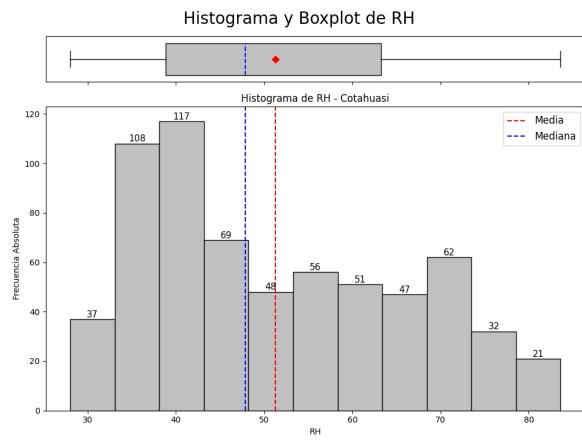


Figura 57

Histograma y boxplot de la humedad relativa (RH) en la estación Cotahuasi.

Interpretación: Distribución amplia con dispersión significativa. Predominan valores entre 40 % y 70 %.

Velocidad del Viento (WS)

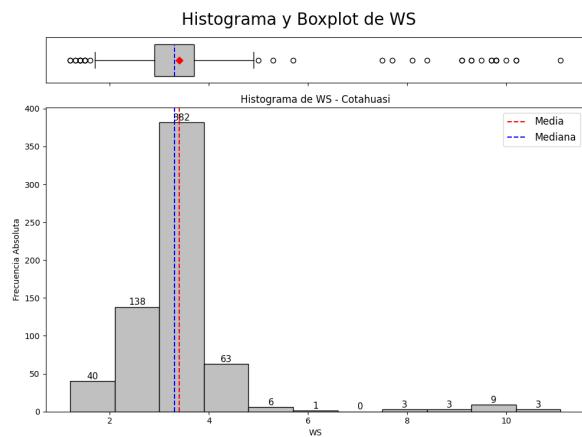


Figura 58

Histograma y boxplot de la velocidad del viento (WS) en la estación Cotahuasi.

Interpretación: La mayoría de los datos se encuentran entre 2.5 y 4 m/s. Se evidencian varios valores atípicos que alcanzan hasta 11 m/s.

Evapotranspiración Potencial (PET)

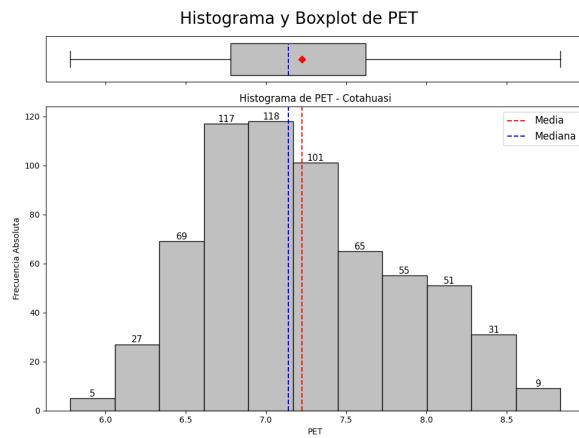


Figura 59

Histograma y boxplot de la evapotranspiración potencial (PET) en la estación Cotahuasi.

Interpretación: Distribución ligeramente sesgada a la derecha. La mayoría de los valores oscilan entre 6.5 y 8 mm.

1.9.3. Análisis Bivariado

Matriz de Correlación

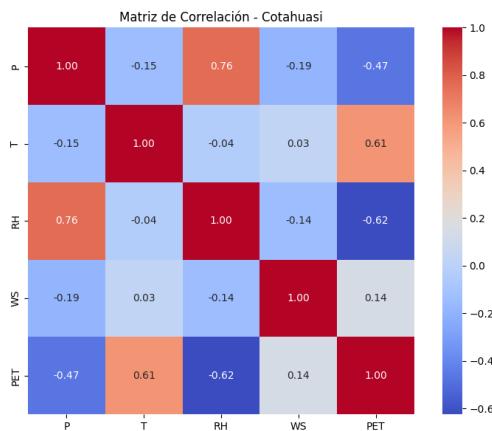


Figura 60

Matriz de correlación de las variables meteorológicas en Cotahuasi.

Interpretación: Se observa una alta correlación positiva entre P y RH ($r = 0.76$), así como entre T y PET ($r = 0.51$). La correlación entre RH y PET es negativa ($r = -0.52$),

sugiriendo que a menor humedad, mayor es la evapotranspiración potencial.

Gráfico de Pares (Pairplot)

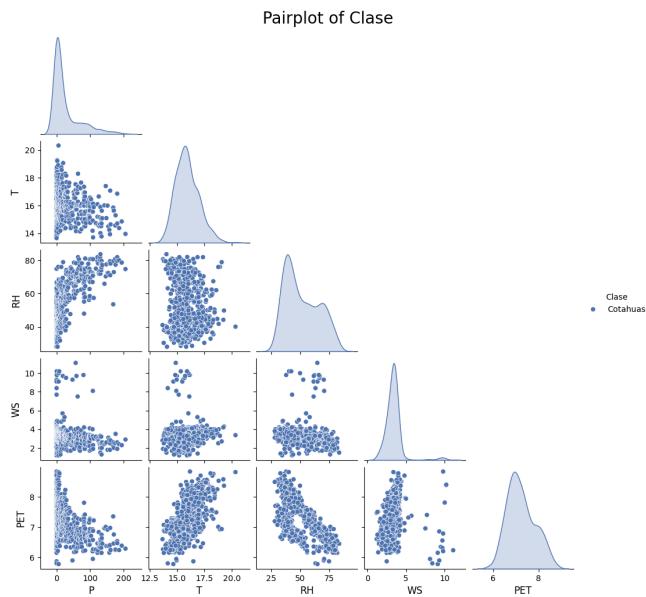


Figura 61
Pairplot de las variables meteorológicas en la estación Cotahuasi.

Interpretación: El gráfico confirma las asociaciones observadas: fuerte relación lineal entre T y PET, y entre P y RH. También se observan distribuciones densas y patrones consistentes con las correlaciones.

1.10. Análisis Estadístico de la Estación Huambo

A continuación se presenta el análisis estadístico descriptivo y exploratorio de la estación meteorológica de Huambo, considerando estadísticas univariadas y relaciones bivariadas con representaciones gráficas correspondientes.

1.10.1. Estadísticas Descriptivas

Tabla 9

Estadísticas descriptivas de las variables meteorológicas en la estación Huambo

| Estadístico | P (mm) | RH (%) | T (°C) | WS (m/s) | PET (mm) |
|--------------------------|---------|--------|--------|----------|----------|
| n | 648.00 | 648.00 | 648.00 | 648.00 | 648.00 |
| Minimum | 0.00 | 36.90 | 8.21 | 1.40 | 4.67 |
| 1.er cuartil | 0.00 | 53.24 | 9.60 | 2.38 | 5.56 |
| Median | 2.50 | 60.15 | 10.34 | 3.00 | 5.91 |
| Mean | 22.67 | 62.80 | 10.31 | 3.01 | 5.91 |
| 3.er cuartil | 29.50 | 72.10 | 11.01 | 3.60 | 6.28 |
| Maximum | 186.90 | 88.40 | 13.14 | 4.50 | 7.07 |
| Range | 186.90 | 51.50 | 4.93 | 3.10 | 2.41 |
| Interquartile Range | 29.50 | 18.86 | 1.41 | 1.23 | 0.72 |
| Variance | 1387.26 | 147.53 | 1.05 | 0.52 | 0.22 |
| Desviación estándar | 37.25 | 12.15 | 1.03 | 0.72 | 0.46 |
| Coeficiente de variación | 1.64 | 0.19 | 0.10 | 0.24 | 0.08 |
| Skewness | 2.04 | 0.35 | 0.00 | 0.09 | -0.07 |
| Kurtosis | 3.89 | -0.81 | -0.47 | -1.10 | -0.73 |

Interpretación: La variable precipitación muestra alta Skewnesspositiva, indicando la presencia de eventos extremos. La temperatura presenta una distribución aproximadamente normal. La velocidad del viento tiene una distribución simétrica centrada en 3 m/s. La humedad relativa presenta un sesgo ligero hacia la izquierda. La PET está levemente sesgada hacia la izquierda y centrada alrededor de 5.9 mm.

1.10.2. Análisis Univariado

Precipitación (P)

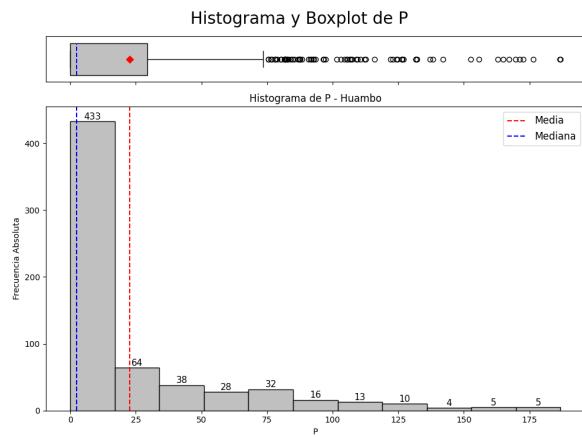


Figura 62
Histograma y boxplot de la precipitación (P) en la estación Huambo.

Interpretación: Distribución fuertemente sesgada a la derecha con alta frecuencia de valores bajos y presencia de precipitaciones intensas puntuales.

Temperatura (T)

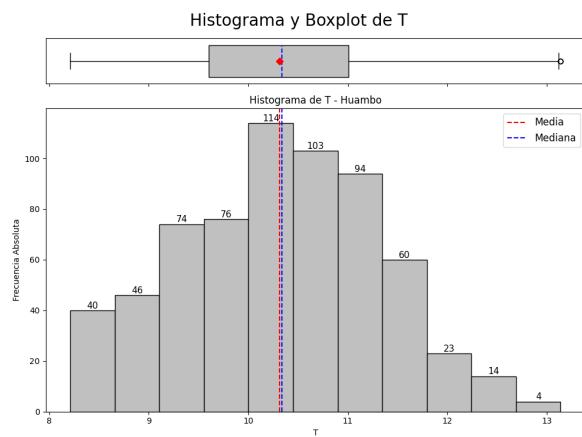


Figura 63
Histograma y boxplot de la temperatura (T) en la estación Huambo.

Interpretación: Distribución simétrica centrada entre 9 y 11 °C, con bajo nivel de dispersión.

Humedad Relativa (RH)

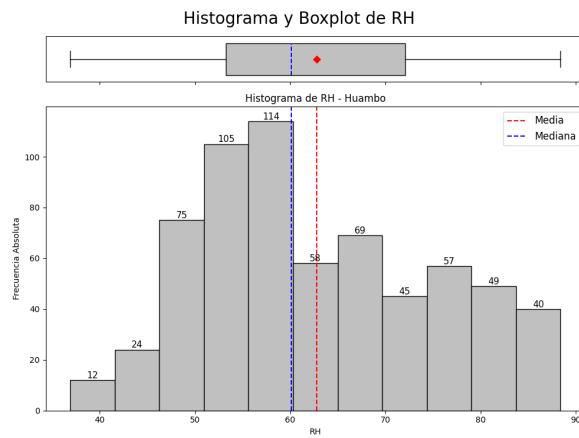


Figura 64

Histograma y boxplot de la humedad relativa (RH) en la estación Huambo.

Interpretación: Valores centrados entre 50 % y 70 %, con ligera Skewness positiva.

Velocidad del Viento (WS)

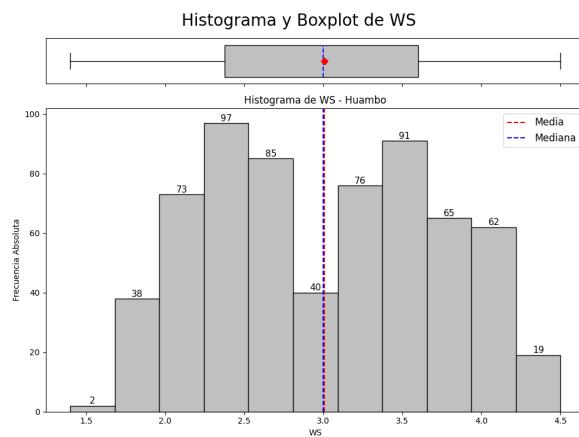


Figura 65

Histograma y boxplot de la velocidad del viento (WS) en la estación Huambo.

Interpretación: La distribución es simétrica, concentrada entre 2.5 y 3.5 m/s, sin valores extremos significativos.

Evapotranspiración Potencial (PET)

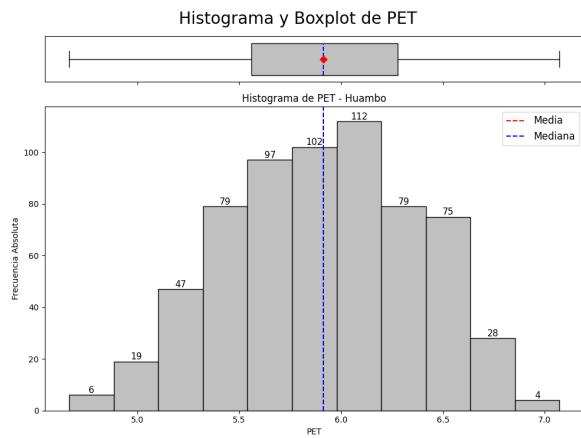


Figura 66

Histograma y boxplot de la evapotranspiración potencial (PET) en la estación Huambo.

Interpretación: Distribución simétrica con valores concentrados entre 5.5 y 6.5 mm.

1.10.3. Análisis Bivariado

Matriz de Correlación

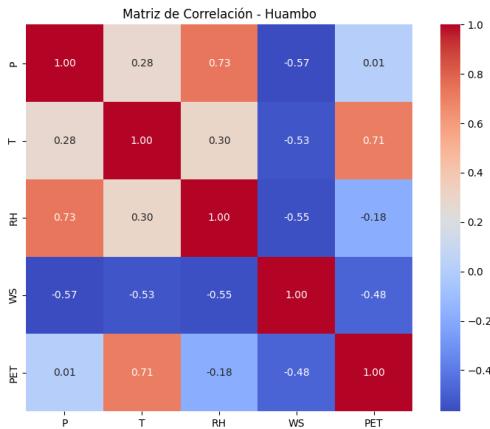


Figura 67

Matriz de correlación de las variables meteorológicas en la estación Huambo.

Interpretación: Se evidencian correlaciones moderadas entre Precipitación y Humedad Relativa ($r = 0.73$), así como entre Temperatura y PET ($r = 0.71$). También hay correlaciones negativas moderadas entre RH y WS, y entre WS y PET.

Gráfico de Pares (Pairplot)

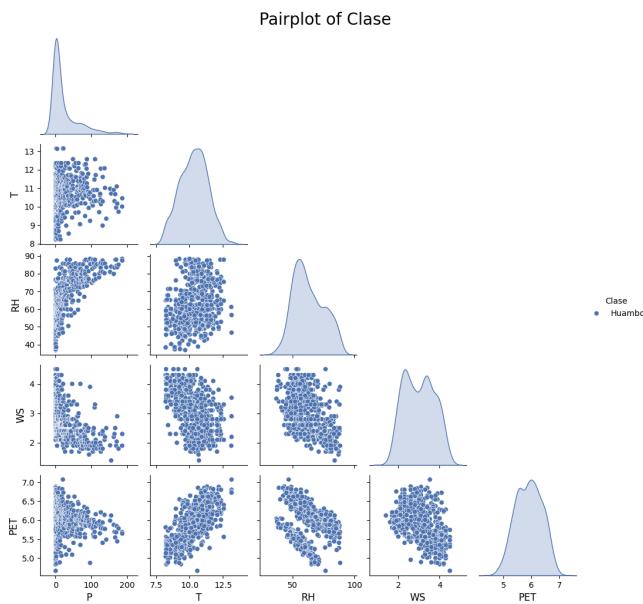


Figura 68
Pairplot de las variables meteorológicas en la estación Huambo.

Interpretación: Se aprecian relaciones lineales destacadas entre T y PET, así como entre P y RH. También se observa agrupamiento en las variables WS y T.

1.11. Análisis Estadístico de la Estación Huaraya

A continuación se presenta el análisis estadístico descriptivo y exploratorio de la estación meteorológica de Huaraya, considerando estadísticas univariadas y relaciones bivariadas con representaciones gráficas correspondientes.

1.11.1. Estadísticas Descriptivas

Tabla 10

Estadísticas descriptivas de las variables meteorológicas en la estación Huaraya

| Estadístico | P (mm) | RH (%) | T (°C) | WS (m/s) | PET (mm) |
|--------------------------|---------|--------|--------|----------|----------|
| <i>n</i> | 648.00 | 648.00 | 648.00 | 648.00 | 648.00 |
| Minimum | 0.00 | 44.41 | 5.41 | 0.50 | 3.18 |
| 1st Quartile | 10.33 | 65.77 | 7.98 | 1.40 | 5.04 |
| Median | 47.75 | 72.40 | 9.31 | 1.70 | 5.28 |
| Mean | 71.71 | 71.82 | 9.11 | 1.80 | 5.25 |
| 3rd Quartile | 112.33 | 77.99 | 10.22 | 2.10 | 5.78 |
| Maximum | 424.10 | 93.73 | 12.58 | 5.00 | 7.15 |
| Range | 424.10 | 49.32 | 7.17 | 4.50 | 3.97 |
| Interquartile Range | 102.00 | 12.22 | 2.24 | 0.70 | 0.74 |
| Variance | 5541.96 | 67.90 | 2.29 | 0.27 | 0.75 |
| Desviación Estándar | 74.44 | 8.24 | 1.51 | 0.52 | 0.86 |
| Coeficiente de Variación | 1.04 | 0.11 | 0.17 | 0.29 | 0.16 |
| Skewness | 1.35 | -0.19 | -0.28 | 0.52 | -0.51 |
| Kurtosis | 1.75 | -0.57 | -0.58 | 2.34 | -0.19 |

Interpretación: Las precipitaciones presentan gran variabilidad y fuerte Skewnesspositiva, con valores extremos. La humedad relativa está centrada entre 66 % y 78 %, con distribución ligeramente negativa. La temperatura se concentra en torno a los 9 °C con baja dispersión. La velocidad del viento es baja en general, con pocos valores elevados. La evapotranspiración tiene distribución simétrica.

1.11.2. Análisis Univariado

Precipitación (P)

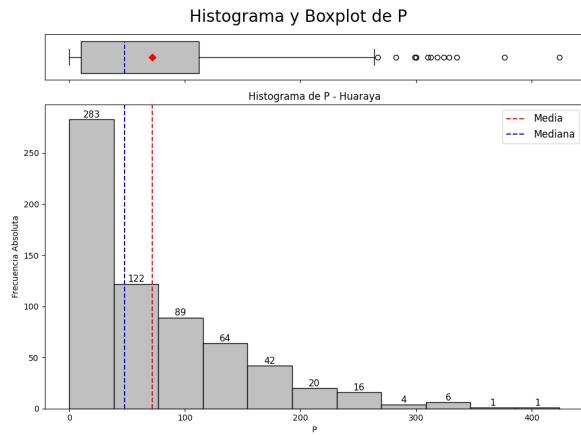


Figura 69

Histograma y boxplot de la precipitación (P) en la estación Huaraya.

Interpretación: Distribución fuertemente sesgada a la derecha, con una alta frecuencia de valores bajos y algunos eventos extremos.

Temperatura (T)

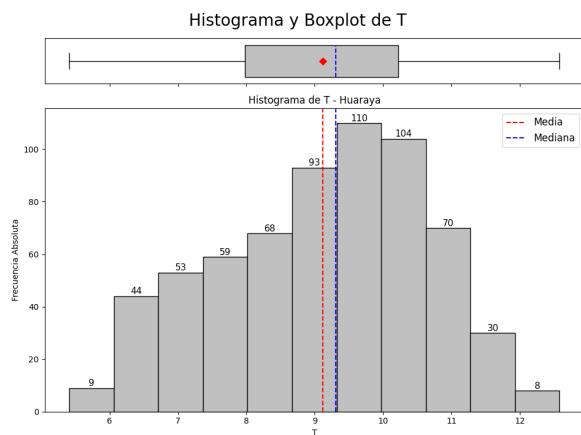


Figura 70

Histograma y boxplot de la temperatura (T) en la estación Huaraya.

Interpretación: La temperatura presenta una distribución relativamente simétrica y concentrada en valores entre 8 °C y 11 °C.

Humedad Relativa (RH)

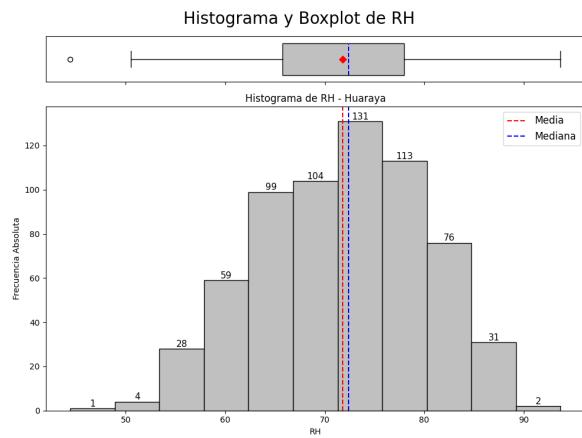


Figura 71

Histograma y boxplot de la humedad relativa (RH) en la estación Huaraya.

Interpretación: RH presenta una distribución con leve sesgo negativo, y valores que oscilan entre 50 % y 90 %.

Velocidad del Viento (WS)

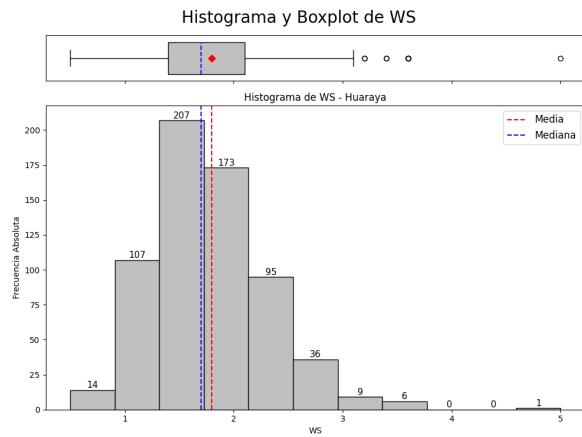


Figura 72

Histograma y boxplot de la velocidad del viento (WS) en la estación Huaraya.

Interpretación: Predominan velocidades entre 1 y 2.5 m/s. Existen algunos valores extremos aislados hasta 5 m/s.

Evapotranspiración Potencial (PET)

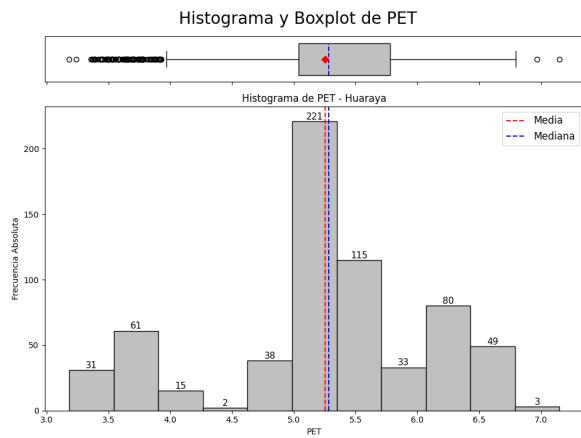


Figura 73

Histograma y boxplot de la evapotranspiración potencial (PET) en la estación Huaraya.

Interpretación: Distribución simétrica y moderadamente concentrada, centrada entre 5 y 6 mm diarios.

1.11.3. Análisis Bivariado

Matriz de Correlación

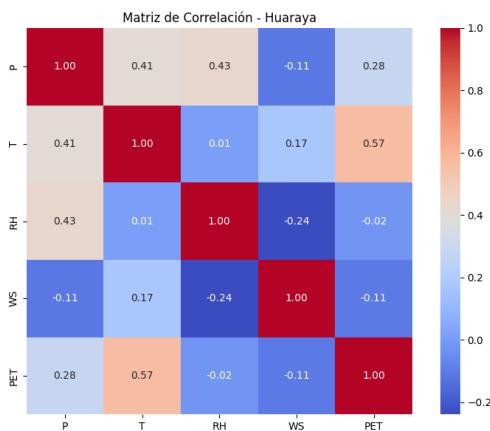


Figura 74

Matriz de correlación de las variables meteorológicas en Huaraya.

Interpretación: Se evidencian correlaciones moderadas entre precipitación y humedad relativa ($r = 0.43$), temperatura y PET ($r = 0.57$), y temperatura con precipitación ($r = 0.41$).

Gráfico de Pares (Pairplot)

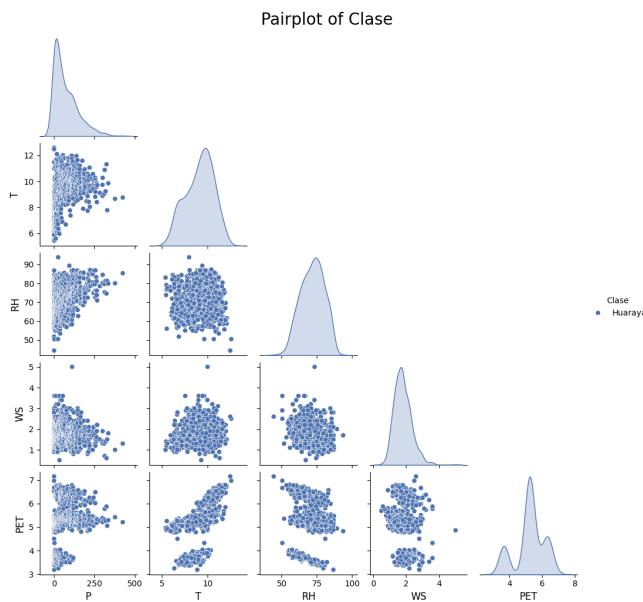


Figura 75
Pairplot de las variables meteorológicas en la estación Huaraya.

Interpretación: El pairplot confirma visualmente las correlaciones observadas y permite identificar agrupaciones densas en las variables P, T y RH.

1.12. Análisis Estadístico de la Estación Imata

A continuación se presenta el análisis estadístico descriptivo y exploratorio de la estación meteorológica de Imata, considerando estadísticas univariadas y relaciones bivariadas con representaciones gráficas correspondientes.

1.12.1. Estadísticas Descriptivas

Tabla 11

Estadísticas descriptivas de las variables meteorológicas en la estación Imata

| Estadístico | P (mm) | RH (%) | T (°C) | WS (m/s) | PET (mm) |
|--------------------------|---------|--------|--------|----------|----------|
| <i>n</i> | 648.00 | 648.00 | 648.00 | 648.00 | 648.00 |
| Minimum | 0.00 | 44.60 | -1.41 | 2.00 | 3.21 |
| 1st Quartile | 1.10 | 64.99 | 1.87 | 3.40 | 4.02 |
| Median | 14.65 | 71.12 | 4.09 | 3.80 | 4.72 |
| Mean | 44.34 | 70.80 | 3.38 | 3.79 | 4.56 |
| 3rd Quartile | 73.85 | 77.26 | 4.90 | 4.20 | 5.01 |
| Maximum | 342.80 | 88.25 | 7.17 | 5.70 | 5.73 |
| Range | 342.80 | 43.65 | 8.58 | 3.70 | 2.52 |
| Interquartile Range | 72.75 | 12.27 | 3.03 | 0.80 | 0.59 |
| Variance | 3461.74 | 71.25 | 3.80 | 0.38 | 0.32 |
| Desviación Estándar | 58.84 | 8.44 | 1.95 | 0.52 | 0.57 |
| Coefficient of Variation | 1.33 | 0.12 | 0.58 | 0.16 | 0.12 |
| Skewness | 1.54 | -0.23 | -0.53 | 0.16 | -0.41 |
| Kurtosis | 1.89 | -0.29 | -0.82 | 0.27 | -1.01 |

Interpretación: La precipitación presenta una alta variabilidad y una marcada Skewnesspositiva, evidenciando la presencia de eventos extremos. La temperatura muestra una distribución aproximadamente simétrica, centrada en torno a los 3.4 °C. Tanto la humedad relativa como la velocidad del viento exhiben distribuciones concentradas y simétricas, con poca dispersión.

1.12.2. Análisis Univariado

Precipitación (P)

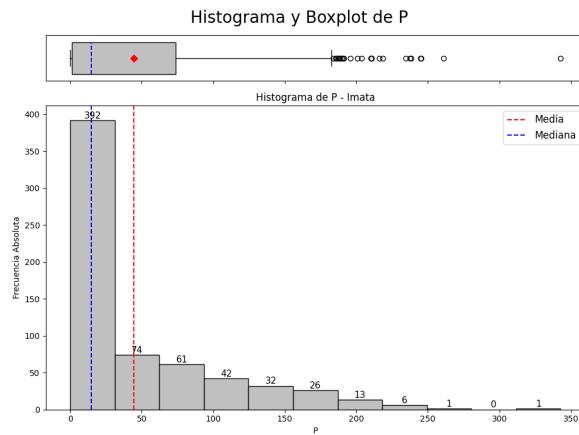


Figura 76
Histograma y boxplot de la precipitación (P) en la estación Imata.

Temperatura (T)

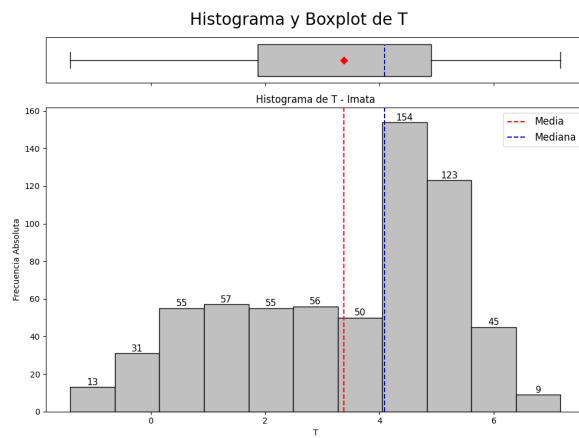


Figura 77
Histograma y boxplot de la temperatura (T) en la estación Imata.

Humedad Relativa (RH)

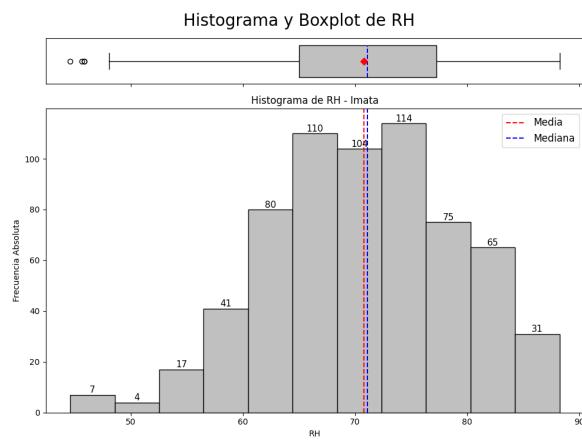


Figura 78

Histograma y boxplot de la humedad relativa (RH) en la estación Imata.

Velocidad del Viento (WS)

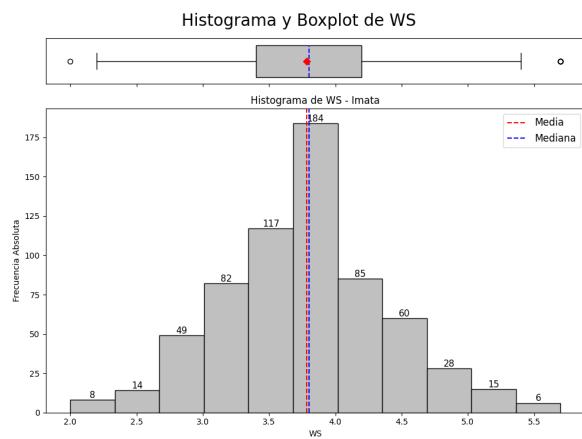


Figura 79

Histograma y boxplot de la velocidad del viento (WS) en la estación Imata.

Evapotranspiración Potencial (PET)

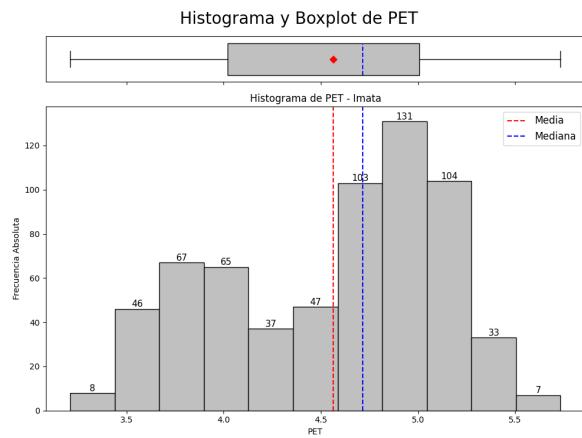


Figura 80

Histograma y boxplot de la evapotranspiración potencial (PET) en la estación Imata.

1.12.3. Análisis Bivariado

Matriz de Correlación

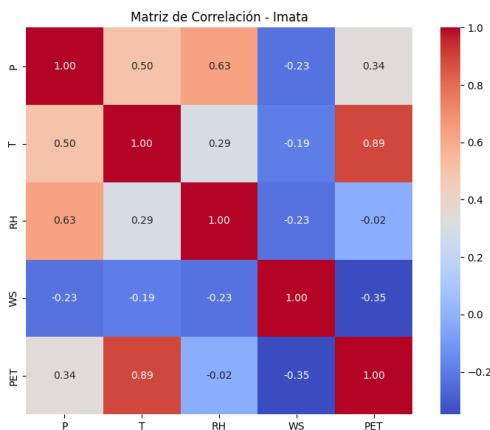


Figura 81

Matriz de correlación de las variables meteorológicas en Imata.

Interpretación: Se observan correlaciones significativas entre temperatura y PET, mientras que la precipitación muestra una correlación más débil con el resto de variables.

Gráfico de Pares (Pairplot)

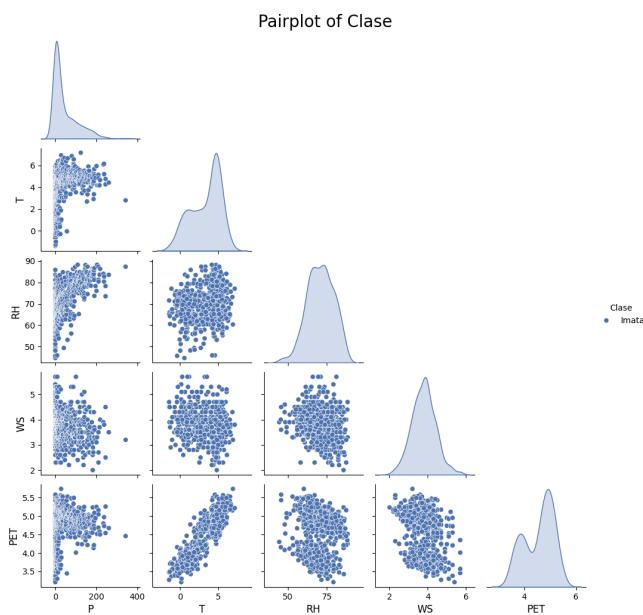


Figura 82
Pairplot de las variables meteorológicas en la estación Imata.

Interpretación: La relación más consistente se presenta entre la temperatura y la evapotranspiración. Las demás combinaciones presentan patrones más dispersos, con alguna densidad en la distribución de humedad relativa y precipitación.

1.13. Análisis Estadístico de la Estación Kayra

A continuación se presenta el análisis estadístico descriptivo y exploratorio de la estación meteorológica de Kayra, considerando estadísticas univariadas y relaciones bivariadas con representaciones gráficas correspondientes.

1.13.1. Estadísticas Descriptivas

Tabla 12

Estadísticas descriptivas de las variables meteorológicas en la estación Kayra

| Estadístico | P (mm) | RH (%) | T (°C) | WS (m/s) | PET (mm) |
|--------------------------|---------|--------|--------|----------|----------|
| n | 648.00 | 648.00 | 648.00 | 648.00 | 648.00 |
| Minimum | 0.00 | 63.05 | 8.53 | 0.10 | 3.50 |
| 1st Quartile | 5.90 | 68.81 | 11.21 | 0.50 | 5.41 |
| Median | 40.35 | 71.39 | 12.69 | 1.40 | 5.72 |
| Mean | 57.11 | 72.06 | 12.40 | 1.45 | 5.61 |
| 3rd Quartile | 101.95 | 75.56 | 13.57 | 1.90 | 6.09 |
| Maximum | 268.50 | 77.61 | 16.13 | 3.70 | 7.05 |
| Range | 268.50 | 14.56 | 7.60 | 3.60 | 3.55 |
| Interquartile Range | 96.05 | 6.75 | 2.36 | 1.00 | 0.58 |
| Variance | 3241.52 | 18.31 | 2.43 | 0.46 | 0.85 |
| Standard Deviation | 56.93 | 4.28 | 1.56 | 0.57 | 0.52 |
| Coefficient of Variation | 1.00 | 0.06 | 0.13 | 0.47 | 0.16 |
| Skewness | 0.85 | -0.24 | -0.39 | 0.54 | -0.74 |
| Kurtosis | -0.19 | -0.54 | -0.76 | -0.16 | -0.13 |

Interpretación: La precipitación muestra gran variabilidad y Skewnesspositiva, indicando presencia de eventos extremos. La humedad relativa se concentra entre 69 % y 76 %, con baja dispersión. La temperatura es moderadamente simétrica. La velocidad del viento tiene distribución sesgada, y la evapotranspiración potencial está bien centrada.

1.13.2. Análisis Univariado

Precipitación (P)

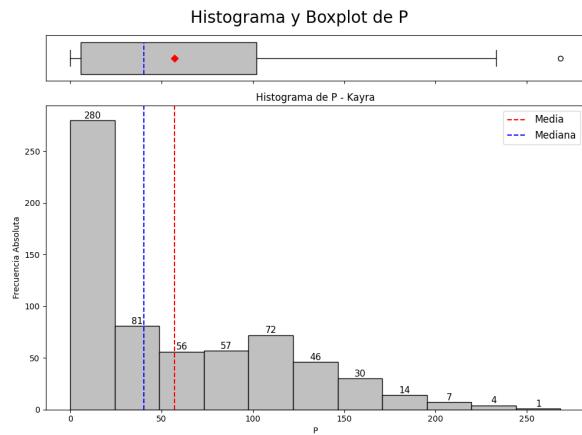


Figura 83
Histograma y boxplot de la precipitación (P) en la estación Kayra.

Temperatura (T)

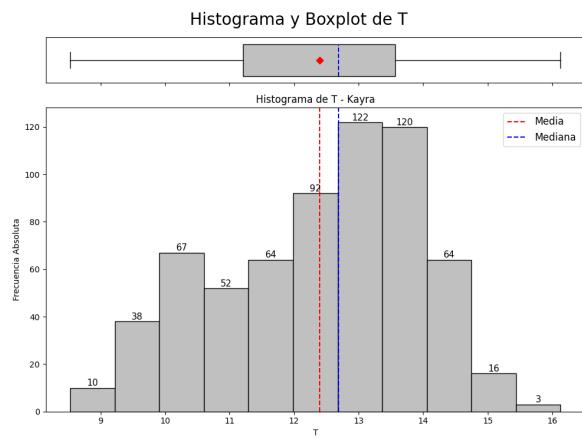


Figura 84
Histograma y boxplot de la temperatura (T) en la estación Kayra.

Humedad Relativa (RH)

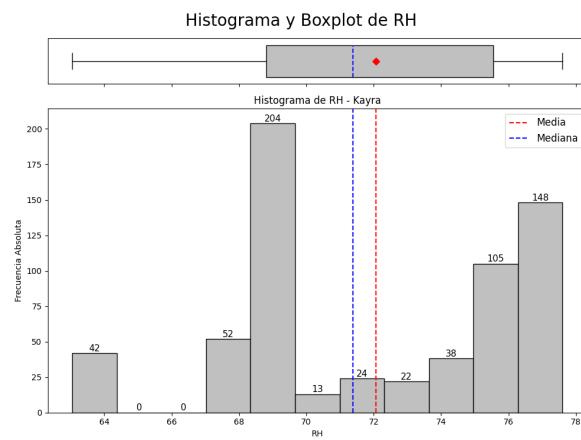


Figura 85

Histograma y boxplot de la humedad relativa (RH) en la estación Kayra.

Velocidad del Viento (WS)

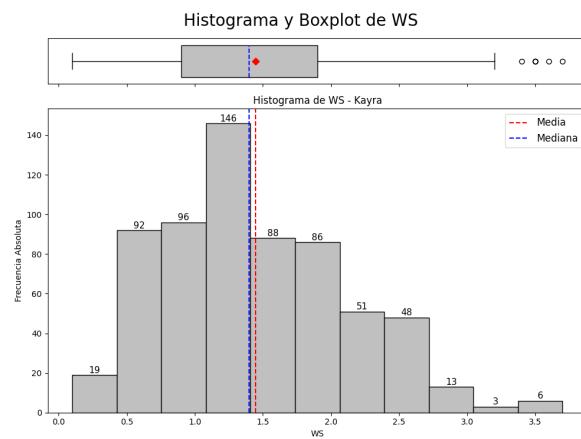


Figura 86

Histograma y boxplot de la velocidad del viento (WS) en la estación Kayra.

Evapotranspiración Potencial (PET)

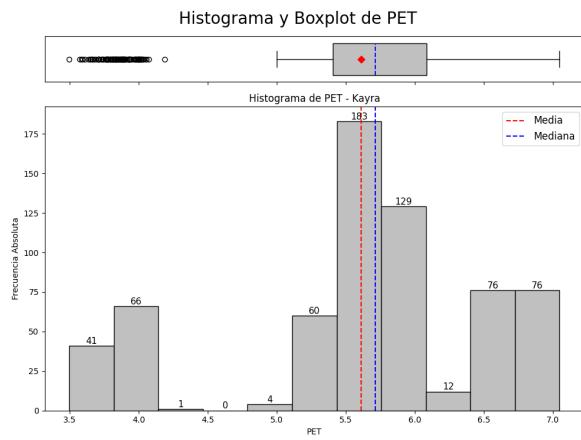


Figura 87

Histograma y boxplot de la evapotranspiración potencial (PET) en la estación Kayra.

1.13.3. Análisis Bivariado

Matriz de Correlación

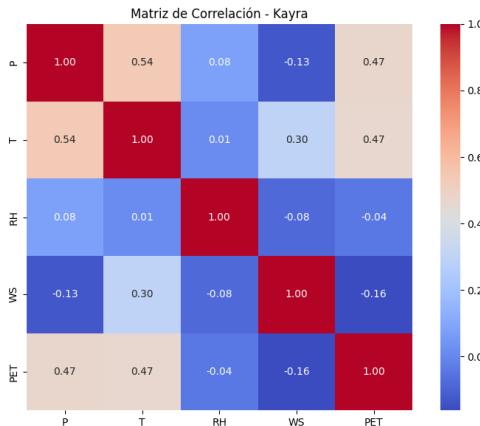


Figura 88

Matriz de correlación de las variables meteorológicas en Kayra.

Interpretación: Se destacan correlaciones moderadas entre precipitación y temperatura ($r = 0.54$), y entre temperatura y PET ($r = 0.47$). El resto de relaciones son débiles.

Gráfico de Pares (Pairplot)

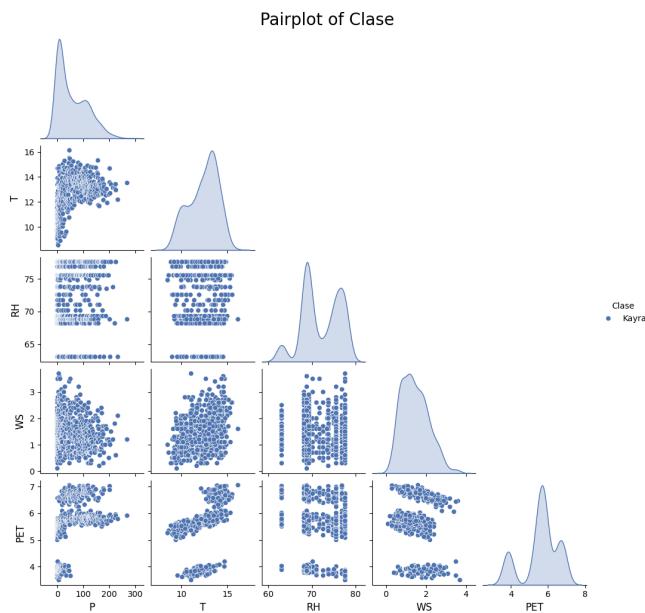


Figura 89
Pairplot de las variables meteorológicas en la estación Kayra.

Interpretación: Se observa densidad moderada en los núcleos de P y T, y una dispersión importante en RH y WS. La relación T–PET se aprecia como la más lineal.

1.14. Análisis Estadístico de la Estación Mañazo

A continuación se presenta el análisis estadístico descriptivo y exploratorio de la estación meteorológica de Mañazo, considerando estadísticas univariadas y relaciones bivariadas con representaciones gráficas correspondientes.

1.14.1. Estadísticas Descriptivas

Tabla 13

Estadísticas descriptivas de las variables meteorológicas en la estación Mañazo

| Estadístico | P (mm) | RH (%) | T (°C) | WS (m/s) | PET (mm) |
|--------------------------|---------|--------|--------|----------|----------|
| n | 648.00 | 648.00 | 648.00 | 648.00 | 648.00 |
| Minimum | 0.00 | 32.82 | 6.33 | 0.50 | 3.60 |
| 1st Quartile | 5.10 | 50.30 | 8.43 | 1.50 | 5.22 |
| Median | 35.20 | 59.51 | 9.50 | 1.90 | 5.51 |
| Mean | 61.18 | 59.28 | 9.47 | 2.01 | 5.52 |
| 3rd Quartile | 99.70 | 68.57 | 10.34 | 2.50 | 6.03 |
| Maximum | 361.10 | 82.70 | 13.13 | 3.80 | 7.50 |
| Range | 361.10 | 49.88 | 6.80 | 3.20 | 3.91 |
| Interquartile Range | 94.60 | 18.27 | 1.91 | 1.00 | 0.80 |
| Variance | 4543.48 | 131.90 | 2.01 | 0.50 | 0.78 |
| Standard Deviation | 67.41 | 11.48 | 1.42 | 0.70 | 0.88 |
| Coefficient of Variation | 1.10 | 0.19 | 0.15 | 0.35 | 0.16 |
| Skewness | 1.24 | -0.01 | 0.06 | 0.48 | -0.17 |
| Kurtosis | 1.11 | -0.51 | -0.53 | -0.43 | -0.39 |

Interpretación: La precipitación muestra alta variabilidad y Skewnesspositiva, reflejando eventos extremos. La humedad relativa presenta una distribución bimodal, con dispersión moderada. La temperatura es simétrica y centrada alrededor de los 9.5 °C. La velocidad del viento exhibe ligera Skewnessy amplitud media. La evapotranspiración potencial se mantiene estable, con una distribución levemente sesgada.

1.14.2. Análisis Univariado

Precipitación (P)

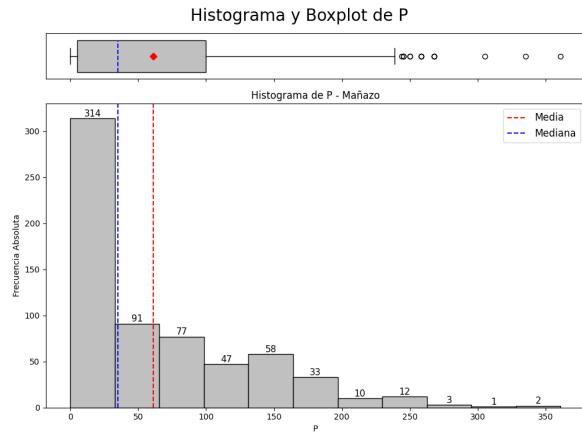


Figura 90
Histograma y boxplot de la precipitación (P) en la estación Mañazo.

Temperatura (T)

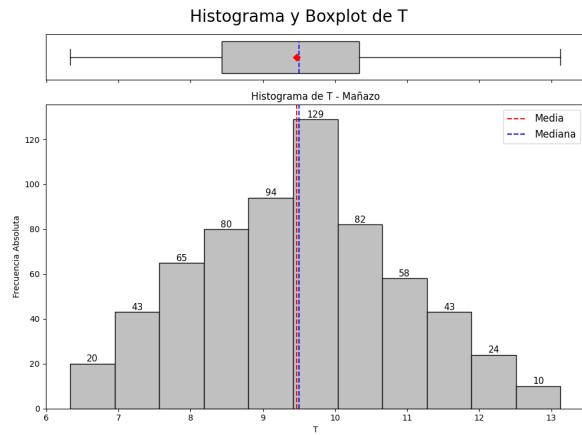


Figura 91
Histograma y boxplot de la temperatura (T) en la estación Mañazo.

Humedad Relativa (RH)

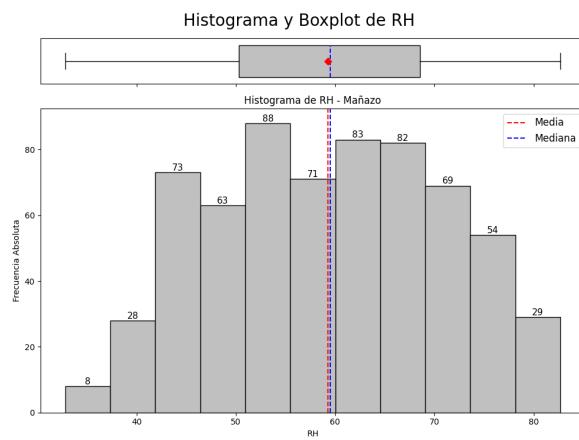


Figura 92

Histograma y boxplot de la humedad relativa (RH) en la estación Mañazo.

Velocidad del Viento (WS)

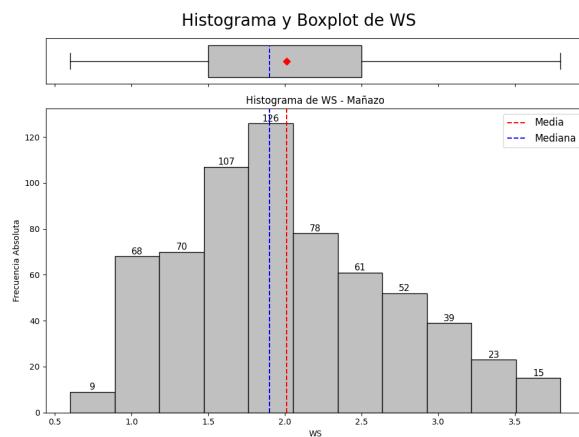


Figura 93

Histograma y boxplot de la velocidad del viento (WS) en la estación Mañazo.

Evapotranspiración Potencial (PET)

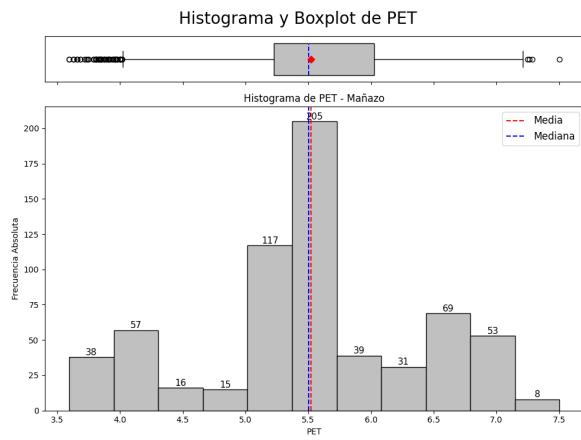


Figura 94

Histograma y boxplot de la evapotranspiración potencial (PET) en la estación Mañazo.

1.14.3. Análisis Bivariado

Matriz de Correlación

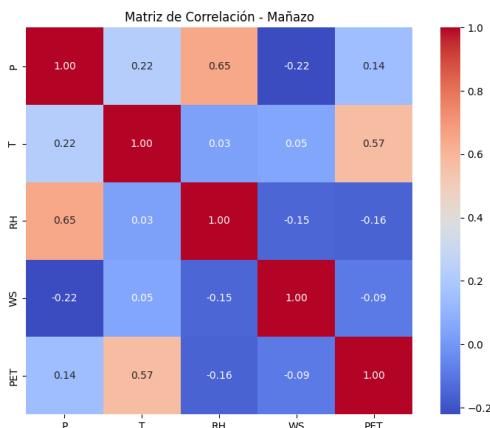


Figura 95

Matriz de correlación de las variables meteorológicas en Mañazo.

Interpretación: Se observan correlaciones moderadas entre precipitación y humedad relativa ($r = 0.55$), y entre temperatura y PET ($r = 0.57$). Las demás relaciones son débiles.

Gráfico de Pares (Pairplot)

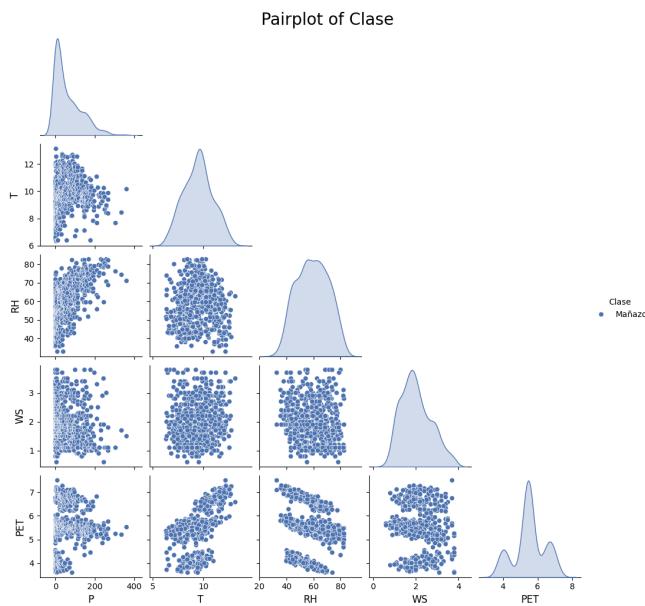


Figura 96

Pairplot de las variables meteorológicas en la estación Mañazo.

Interpretación: Se evidencia relación positiva entre temperatura y PET, mientras que el resto de variables muestran núcleos de dispersión sin patrones marcados.

1.15. Análisis Estadístico de la Estación Pampa Blanca

A continuación se presenta el análisis estadístico descriptivo y exploratorio de la estación meteorológica de Pampa Blanca, considerando estadísticas univariadas y relaciones bivariadas con representaciones gráficas correspondientes.

1.15.1. Estadísticas Descriptivas

Tabla 14

Estadísticas descriptivas de las variables meteorológicas en la estación Pampa Blanca

| Estadístico | P (mm) | RH (%) | T (°C) | WS (m/s) | PET (mm) |
|--------------------------|--------|--------|--------|----------|----------|
| n | 648.00 | 648.00 | 648.00 | 648.00 | 648.00 |
| Minimum | 0.00 | 61.30 | 14.50 | 1.20 | 4.51 |
| 1st Quartile | 0.00 | 74.21 | 17.38 | 2.50 | 5.47 |
| Median | 0.11 | 77.59 | 20.04 | 3.10 | 6.41 |
| Mean | 0.52 | 77.30 | 20.18 | 3.08 | 6.29 |
| 3rd Quartile | 0.43 | 80.42 | 22.98 | 3.60 | 7.04 |
| Maximum | 17.19 | 91.78 | 26.45 | 11.50 | 8.47 |
| Range | 17.19 | 30.48 | 11.95 | 10.30 | 3.96 |
| Interquartile Range | 0.43 | 6.21 | 5.60 | 1.10 | 1.56 |
| Variance | 1.99 | 18.99 | 8.79 | 0.82 | 0.77 |
| Standard Deviation | 1.41 | 4.36 | 2.96 | 0.51 | 0.88 |
| Coefficient of Variation | 2.71 | 0.06 | 0.15 | 0.29 | 0.14 |
| Skewness | 6.73 | -0.19 | 0.13 | 3.05 | -0.07 |
| Kurtosis | 57.93 | 0.04 | -1.27 | 25.49 | -1.19 |

Interpretación: La precipitación presenta fuerte Skewnesspositiva y Kurtosis muy elevada, lo que evidencia la presencia de valores extremos. La humedad relativa muestra leve sesgo negativo y poca dispersión. La temperatura presenta distribución simétrica. La velocidad del viento tiene una Skewnesspronunciada a la derecha, al igual que la evapotranspiración potencial, aunque esta última con menor intensidad.

1.15.2. Análisis Univariado

Precipitación (P)

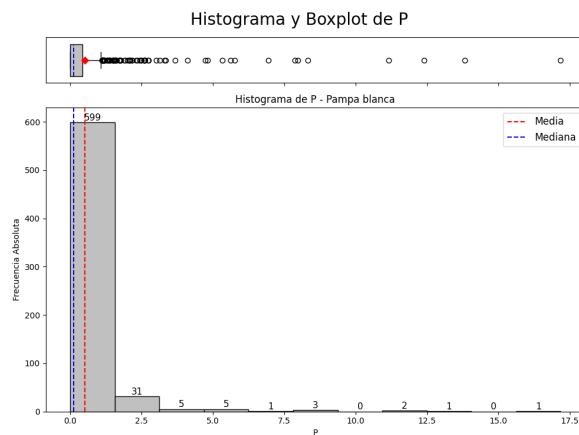


Figura 97

Histograma y boxplot de la precipitación (P) en la estación Pampa Blanca.

Temperatura (T)

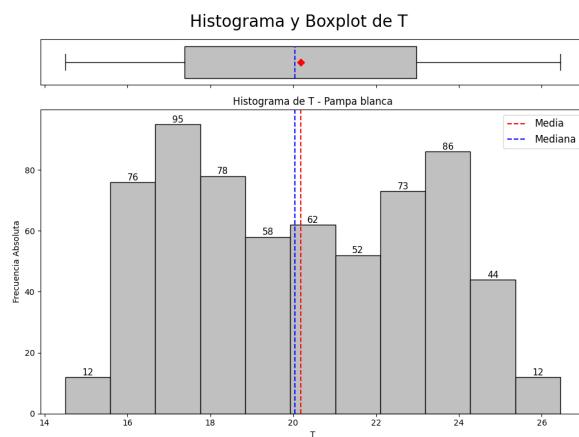


Figura 98

Histograma y boxplot de la temperatura (T) en la estación Pampa Blanca.

Humedad Relativa (RH)

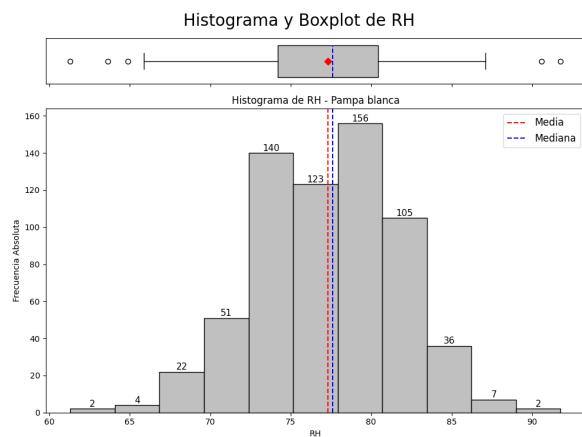


Figura 99

Histograma y boxplot de la humedad relativa (RH) en la estación Pampa Blanca.

Velocidad del Viento (WS)

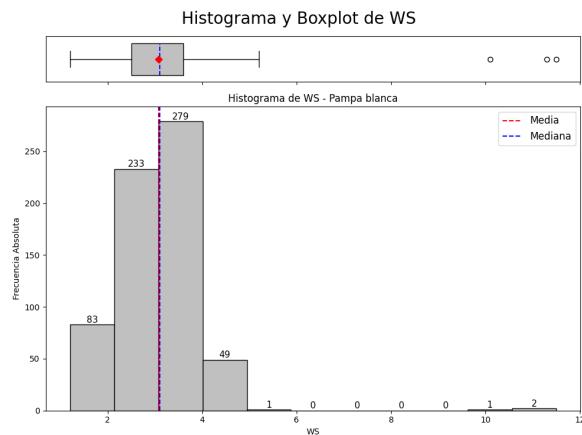


Figura 100

Histograma y boxplot de la velocidad del viento (WS) en la estación Pampa Blanca.

Evapotranspiración Potencial (PET)

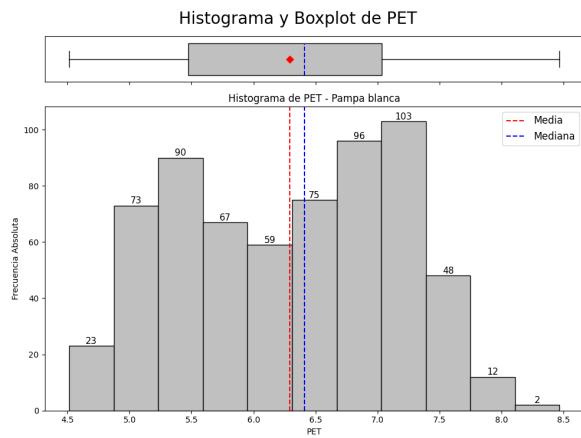


Figura 101

Histograma y boxplot de la evapotranspiración potencial (PET) en la estación Pampa Blanca.

1.15.3. Análisis Bivariado

Matriz de Correlación

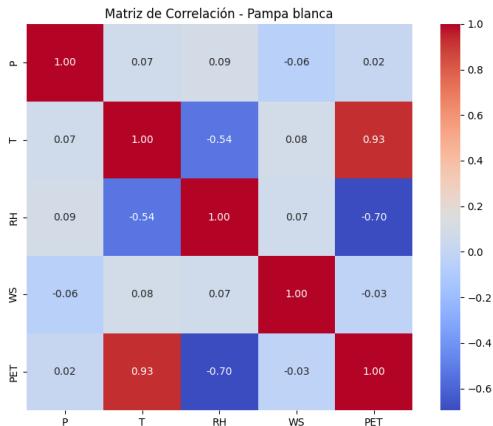


Figura 102

Matriz de correlación de las variables meteorológicas en Pampa Blanca.

Interpretación: Se espera una baja correlación entre precipitación y el resto de variables. Posiblemente, temperatura y PET mantendrán una correlación positiva marcada, como se ha observado en otras estaciones.

Gráfico de Pares (Pairplot)

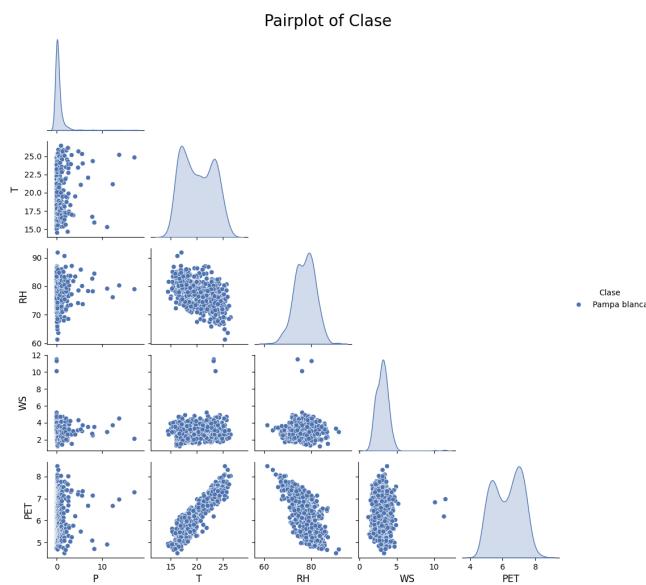


Figura 103

Pairplot de las variables meteorológicas en la estación Pampa Blanca.

Interpretación: Las distribuciones reflejan una gran concentración de datos en torno a valores bajos para la precipitación, mientras que temperatura y PET muestran tendencias más uniformes. La velocidad del viento revela una clara dispersión asimétrica.

1.16. Análisis Estadístico de la Estación Pizacoma

A continuación se presenta el análisis estadístico descriptivo y exploratorio de la estación meteorológica de Pizacoma, considerando estadísticas univariadas y relaciones bivariadas con representaciones gráficas correspondientes.

1.16.1. Estadísticas Descriptivas

Tabla 15

Estadísticas descriptivas de las variables meteorológicas en la estación Pizacoma

| Estadístico | P (mm) | RH (%) | T (°C) | WS (m/s) | PET (mm) |
|--------------------------|---------|--------|--------|----------|----------|
| n | 648.00 | 648.00 | 648.00 | 648.00 | 648.00 |
| Minimum | 0.00 | 21.67 | 3.57 | 0.50 | 3.29 |
| 1st Quartile | 2.10 | 45.47 | 7.04 | 2.90 | 5.00 |
| Median | 20.30 | 51.25 | 9.13 | 3.30 | 5.50 |
| Mean | 51.18 | 51.48 | 8.78 | 3.52 | 5.53 |
| 3rd Quartile | 78.63 | 58.58 | 10.40 | 4.10 | 6.11 |
| Maximum | 380.50 | 78.38 | 12.81 | 9.10 | 7.79 |
| Range | 380.50 | 56.71 | 9.24 | 8.50 | 4.50 |
| Interquartile Range | 76.53 | 13.11 | 3.37 | 1.20 | 1.12 |
| Variance | 4953.40 | 91.44 | 4.54 | 1.44 | 0.88 |
| Standard Deviation | 70.38 | 9.56 | 2.13 | 1.20 | 0.54 |
| Coefficient of Variation | 1.38 | 0.19 | 0.24 | 0.34 | 0.17 |
| Skewness | 1.87 | -0.11 | -0.35 | 0.88 | 0.03 |
| Kurtosis | 3.52 | -0.33 | -0.87 | 2.05 | -0.50 |

Interpretación: La precipitación en Pizacoma presenta alta variabilidad y Skewness positiva, indicando eventos extremos de lluvia. La humedad relativa está centrada en valores moderados, con baja dispersión. La temperatura es levemente simétrica, mientras que la velocidad del viento muestra cierta dispersión hacia valores altos. La evapotranspiración potencial tiene distribución centrada con ligera simetría.

1.16.2. Análisis Univariado

Precipitación (P)

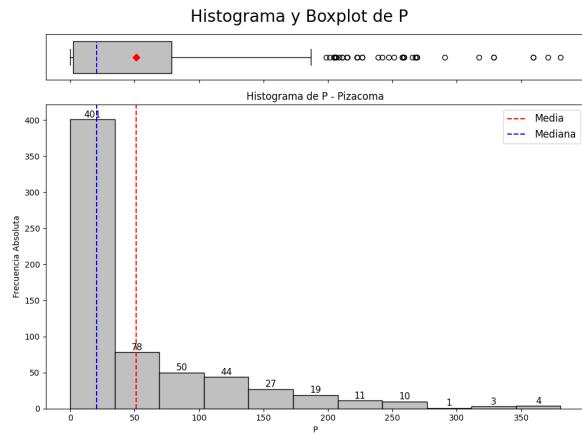


Figura 104

Histograma y boxplot de la precipitación (P) en la estación Pizacoma.

Interpretación: Se observa una distribución fuertemente sesgada a la derecha, con gran número de registros bajos y presencia de valores extremos superiores a los 300 mm.

Temperatura (T)

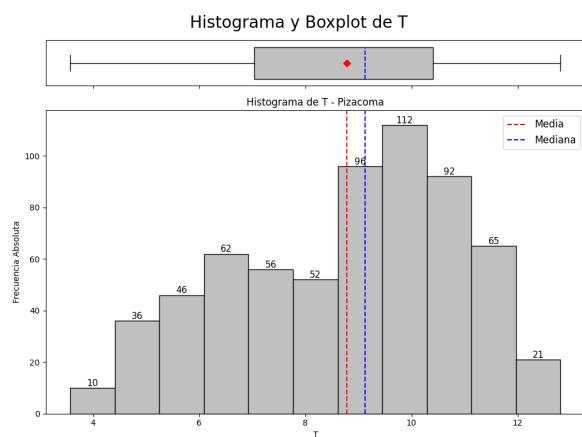


Figura 105

Histograma y boxplot de la temperatura (T) en la estación Pizacoma.

Interpretación: La temperatura muestra una distribución relativamente simétrica, con mayoría de datos entre 7 y 11 °C.

Humedad Relativa (RH)

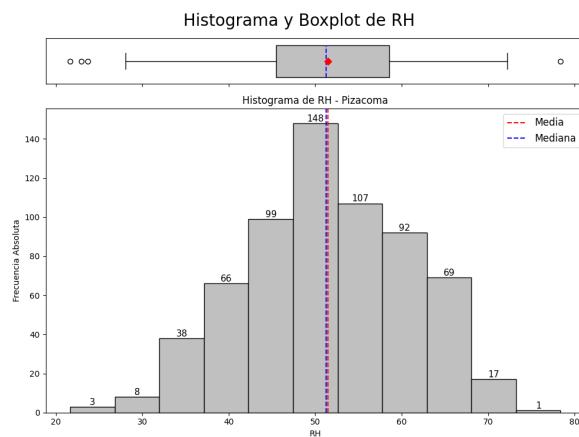


Figura 106

Histograma y boxplot de la humedad relativa (RH) en la estación Pizacoma.

Interpretación: Distribución amplia, con valores entre 20 % y 80 %, y una leve Skewness negativa.

Velocidad del Viento (WS)

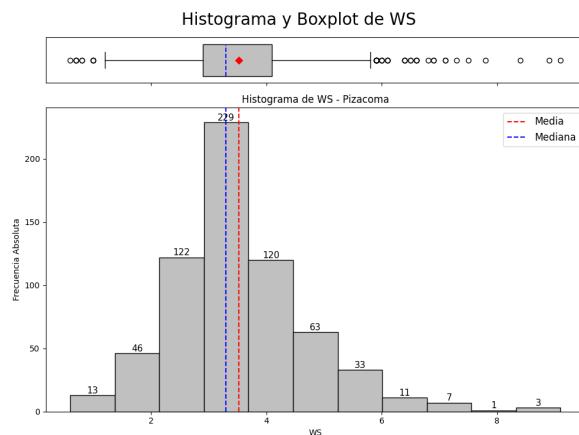


Figura 107

Histograma y boxplot de la velocidad del viento (WS) en la estación Pizacoma.

Interpretación: La velocidad del viento se concentra entre 2 y 4 m/s, con algunos eventos de ráfagas elevadas de hasta 9 m/s.

Evapotranspiración Potencial (PET)

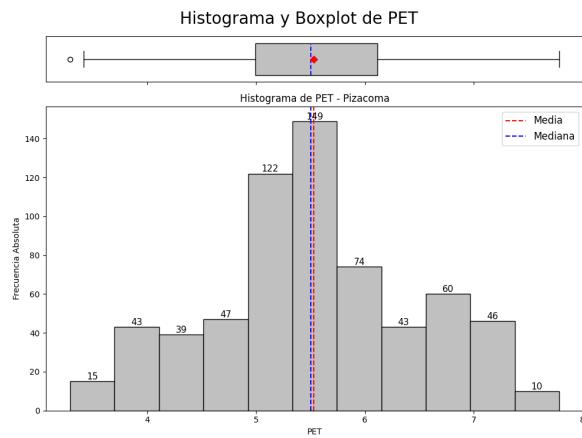


Figura 108

Histograma y boxplot de la evapotranspiración potencial (PET) en la estación Pizacoma.

Interpretación: La PET presenta distribución centrada, con valores entre 5 y 6.5 mm y ligera Skewnesspositiva.

1.16.3. Análisis Bivariado

Matriz de Correlación

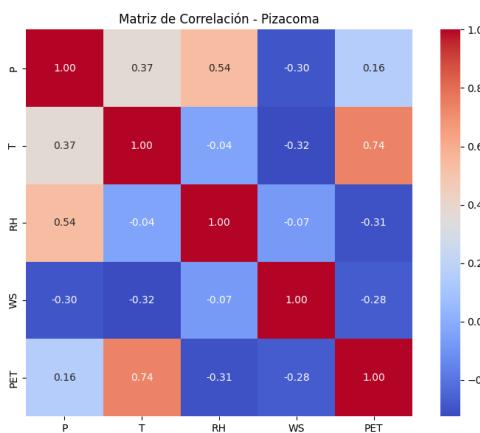


Figura 109

Matriz de correlación de las variables meteorológicas en Pizacoma.

Interpretación: Se destacan correlaciones moderadas entre la temperatura y la PET, mientras que la precipitación presenta baja correlación con el resto de variables.

Gráfico de Pares (Pairplot)

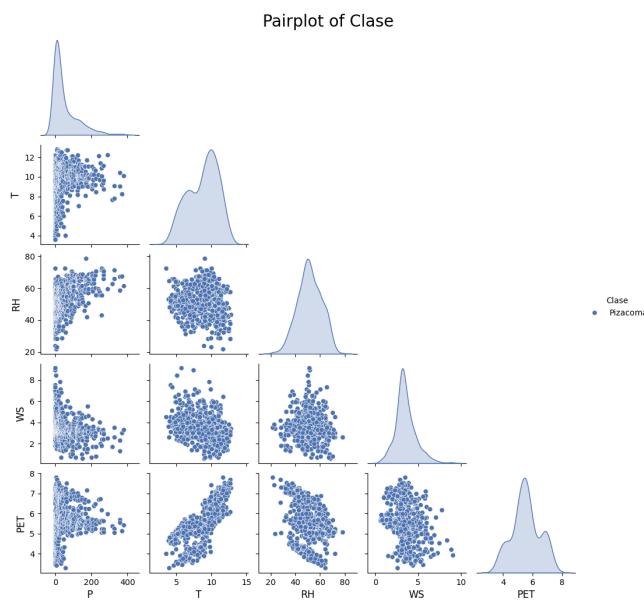


Figura 110

Pairplot de las variables meteorológicas en la estación Pizacoma.

Interpretación: El gráfico evidencia una relación positiva entre temperatura y PET, mientras que las demás combinaciones muestran asociaciones más dispersas.

1.17. Análisis Estadístico de la Estación Pucara

A continuación se presenta el análisis estadístico descriptivo y exploratorio de la estación meteorológica de Pucara, considerando estadísticas univariadas y relaciones bivariadas con representaciones gráficas correspondientes.

1.17.1. Estadísticas Descriptivas

Tabla 16
Descriptive statistics of meteorological variables at the Pucara station

| Statistic | P (mm) | RH (%) | T (°C) | WS (m/s) | PET (mm) |
|--------------------------|---------|--------|--------|----------|----------|
| n | 648.00 | 648.00 | 648.00 | 648.00 | 648.00 |
| Minimum | 0.00 | 41.98 | 5.90 | 1.20 | 3.06 |
| 1st Quartile | 7.08 | 57.59 | 8.28 | 2.53 | 4.88 |
| Median | 43.45 | 63.38 | 9.89 | 3.30 | 5.31 |
| Mean | 61.87 | 65.00 | 9.60 | 3.10 | 5.27 |
| 3rd Quartile | 104.23 | 72.97 | 10.84 | 3.50 | 5.75 |
| Maximum | 338.20 | 85.96 | 13.07 | 4.70 | 7.05 |
| Range | 338.20 | 43.98 | 7.17 | 3.50 | 3.99 |
| Interquartile Range | 97.15 | 15.38 | 2.56 | 0.57 | 0.87 |
| Variance | 4013.43 | 103.42 | 2.66 | 0.78 | 0.70 |
| Standard Deviation | 63.35 | 10.17 | 1.63 | 0.88 | 0.84 |
| Coefficient of Variation | 1.02 | 0.16 | 0.17 | 0.28 | 0.16 |
| Skewness | 1.10 | 0.18 | -0.34 | -0.22 | -0.31 |
| Kurtosis | 0.76 | -0.76 | -0.86 | -0.19 | -0.26 |

Interpretación: La precipitación presenta una alta variabilidad y asimetría positiva, evidenciando eventos extremos. La humedad relativa está centrada entre 58 % y 73 %. La temperatura tiene una distribución moderadamente simétrica, mientras que la velocidad del viento y la evapotranspiración muestran concentraciones alrededor de sus medias, con poca dispersión.

1.17.2. Análisis Univariado

Precipitación (P)

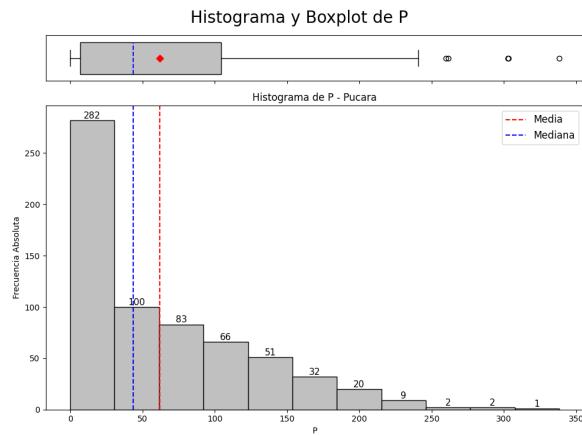


Figura 111

Histograma y boxplot de la precipitación (P) en la estación Pucara.

Temperatura (T)

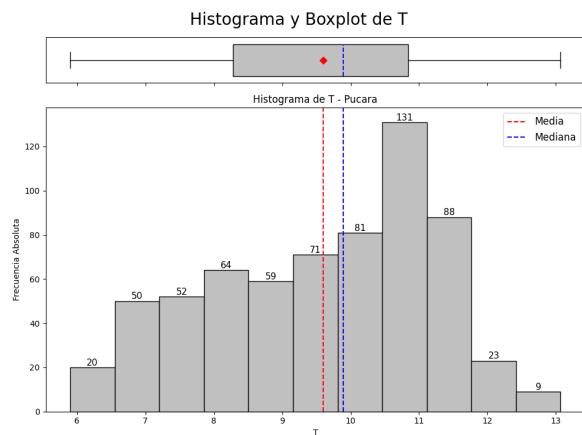


Figura 112

Histograma y boxplot de la temperatura (T) en la estación Pucara.

Humedad Relativa (RH)

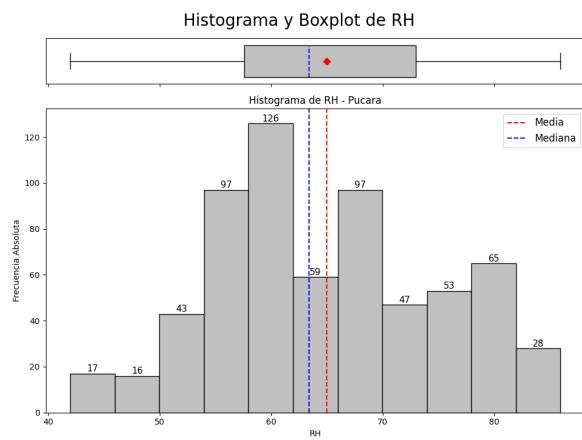


Figura 113

Histograma y boxplot de la humedad relativa (RH) en la estación Pucara.

Velocidad del Viento (WS)

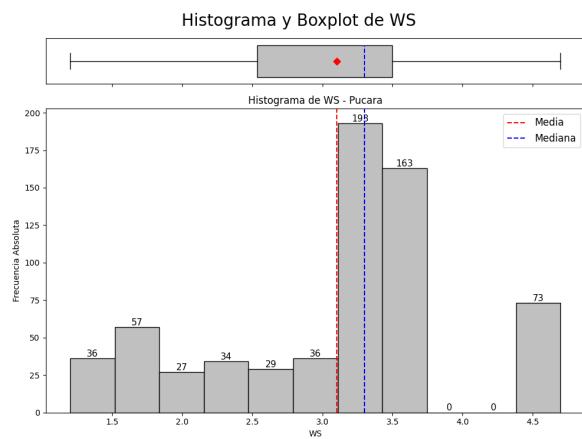


Figura 114

Histograma y boxplot de la velocidad del viento (WS) en la estación Pucara.

Evapotranspiración Potencial (PET)

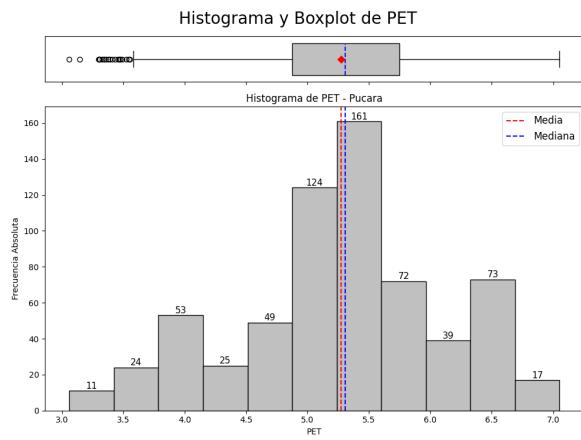


Figura 115

Histograma y boxplot de la evapotranspiración potencial (PET) en la estación Pucara.

1.17.3. Análisis Bivariado

Matriz de Correlación

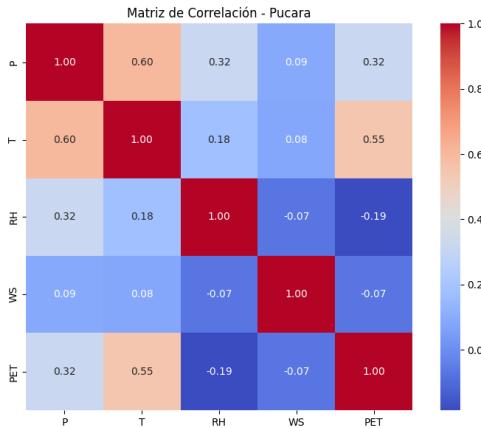


Figura 116

Matriz de correlación de las variables meteorológicas en Pucara.

Interpretación: Se observan correlaciones débiles entre la mayoría de variables. Destaca una relación leve entre la temperatura y la evapotranspiración.

Gráfico de Pares (Pairplot)

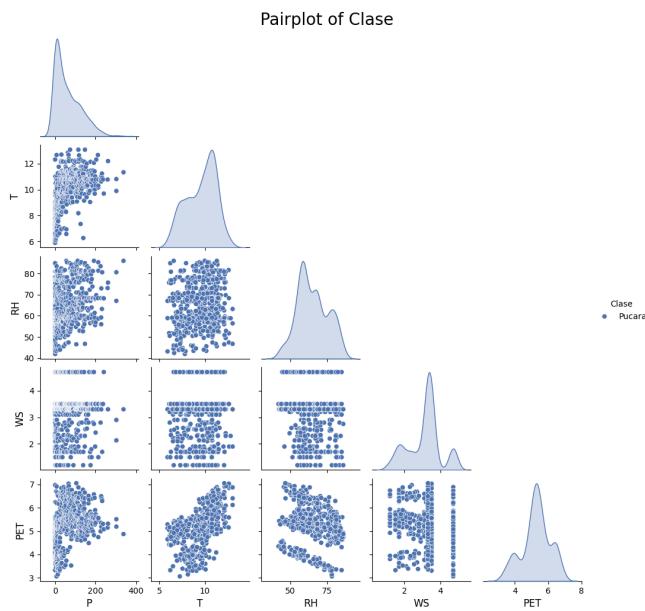


Figura 117

Pairplot de las variables meteorológicas en la estación Pucara.

Interpretación: El pairplot refleja asociaciones poco marcadas, siendo más notoria la alineación entre temperatura y PET. Las demás variables presentan dispersiones amplias.

1.18. Análisis Estadístico de la Estación Punta Atico

A continuación se presenta el análisis estadístico descriptivo y exploratorio de la estación meteorológica de Punta Atico, considerando estadísticas univariadas y relaciones bivariadas con representaciones gráficas correspondientes.

1.18.1. Estadísticas Descriptivas

Tabla 17

Estadísticas descriptivas de las variables meteorológicas en la estación Punta Atico

| Estadístico | P (mm) | RH (%) | T (°C) | WS (m/s) | PET (mm) |
|-----------------------|--------|--------|--------|----------|----------|
| n | 648.00 | 648.00 | 648.00 | 648.00 | 648.00 |
| Mínimo | 0.00 | 71.96 | 14.00 | 1.50 | 3.52 |
| 1er Cuartil | 0.00 | 80.44 | 16.72 | 5.70 | 4.70 |
| Mediana | 0.00 | 82.13 | 18.93 | 6.50 | 5.31 |
| Media | 0.59 | 82.32 | 18.93 | 6.65 | 5.31 |
| 3er Cuartil | 0.40 | 84.25 | 21.11 | 7.33 | 5.96 |
| Máximo | 42.60 | 92.64 | 25.14 | 27.80 | 7.05 |
| Rango | 42.60 | 20.58 | 11.14 | 26.30 | 3.54 |
| Rango Intercuartílico | 0.40 | 3.81 | 4.39 | 1.63 | 1.26 |
| Varianza | 7.67 | 10.19 | 5.88 | 3.64 | 0.56 |
| Desviación Estándar | 2.77 | 3.19 | 2.43 | 1.91 | 0.75 |
| Coef. de Variación | 4.03 | 0.04 | 0.13 | 0.29 | 0.14 |
| Asimetría | 9.45 | 0.16 | 0.09 | 5.21 | -0.06 |
| Curtosis | 111.35 | 0.36 | -1.17 | 52.84 | -1.02 |

Interpretación: La precipitación muestra una asimetría extremadamente positiva y gran dispersión, lo cual sugiere eventos muy poco frecuentes de lluvia intensa. La humedad relativa está altamente concentrada en torno al 82%. La temperatura tiene una distribución simétrica y bien centrada. La velocidad del viento presenta valores extremos, con una curtosis muy elevada. La evapotranspiración se mantiene moderadamente dispersa, con una leve simetría negativa.

1.18.2. Análisis Univariado

Precipitación (P)

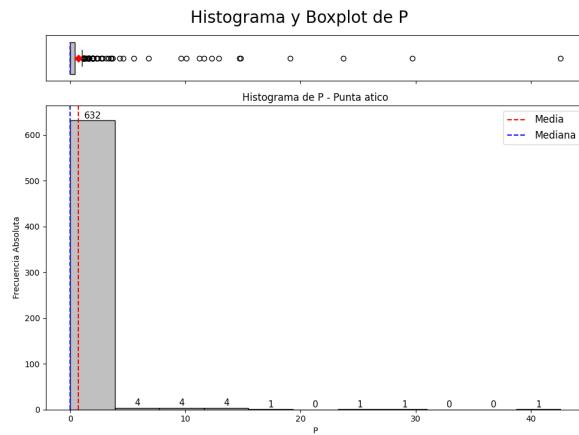


Figura 118

Histograma y boxplot de la precipitación (P) en la estación Punta Atico.

Temperatura (T)

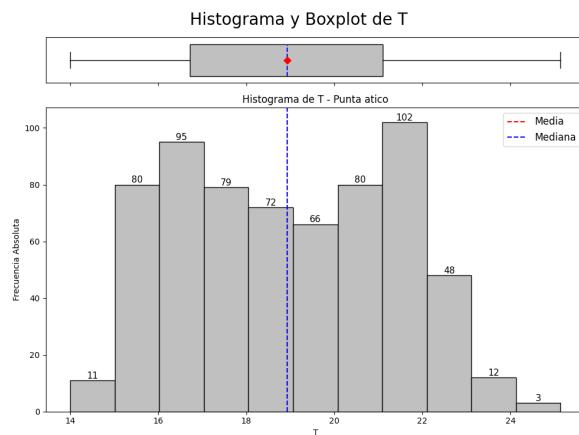


Figura 119

Histograma y boxplot de la temperatura (T) en la estación Punta Atico.

Humedad Relativa (RH)

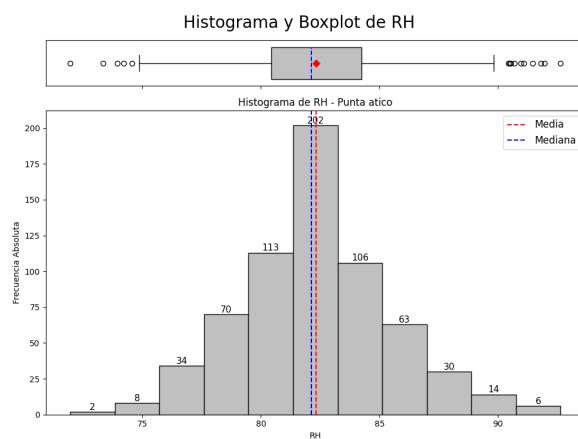


Figura 120

Histograma y boxplot de la humedad relativa (RH) en la estación Punta Atico.

Velocidad del Viento (WS)

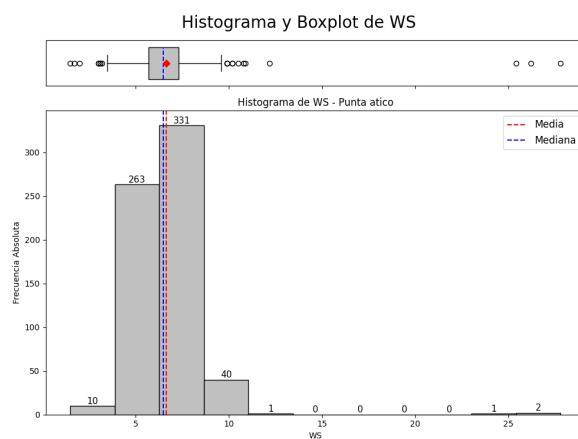


Figura 121

Histograma y boxplot de la velocidad del viento (WS) en la estación Punta Atico.

Evapotranspiración Potencial (PET)

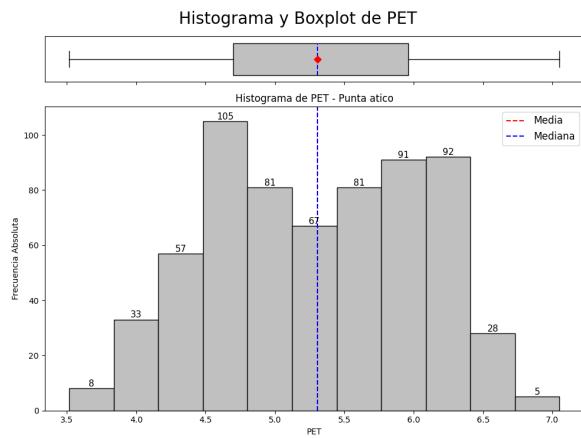


Figura 122

Histograma y boxplot de la evapotranspiración potencial (PET) en la estación Punta Atico.

1.18.3. Análisis Bivariado

Matriz de Correlación

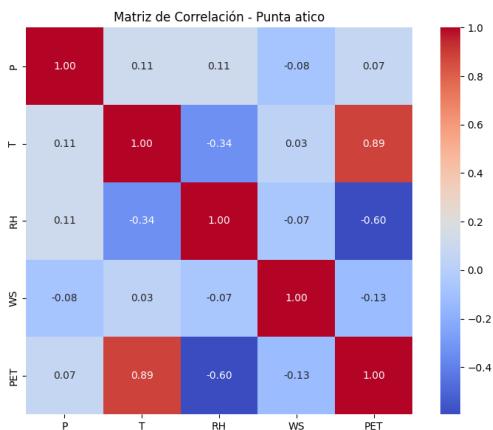


Figura 123

Matriz de correlación de las variables meteorológicas en Punta Atico.

Interpretación: Las correlaciones son en su mayoría débiles, con una ligera asociación positiva entre temperatura y PET, y entre velocidad del viento y PET.

Gráfico de Pares (Pairplot)

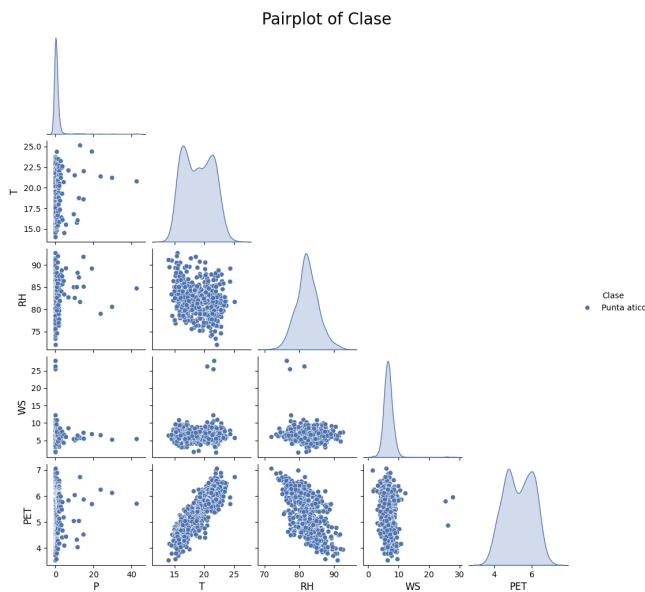


Figura 124
Pairplot de las variables meteorológicas en la estación Punta Atico.

Interpretación: El gráfico de pares muestra una dispersión amplia en precipitación, mientras que temperatura y PET reflejan una correlación visualmente apreciable. La velocidad del viento también se asocia de forma moderada con la PET.

1.19. Análisis Estadístico de la Estación Punta Coles

A continuación se presenta el análisis estadístico descriptivo y exploratorio de la estación meteorológica de Punta Coles, considerando estadísticas univariadas y relaciones bivariadas con representaciones gráficas correspondientes.

1.19.1. Estadísticas Descriptivas

Tabla 18

Estadísticas descriptivas de las variables meteorológicas en la estación Punta Coles

| Estadístico | P (mm) | RH (%) | T (°C) | WS (m/s) | PET (mm) |
|-----------------------|--------|--------|--------|----------|----------|
| n | 648.00 | 648.00 | 648.00 | 648.00 | 648.00 |
| Mínimo | 0.00 | 75.47 | 14.64 | 0.50 | 3.49 |
| 1er Cuartil | 0.00 | 83.24 | 17.44 | 3.90 | 4.83 |
| Mediana | 0.00 | 86.56 | 19.63 | 4.50 | 5.47 |
| Media | 0.29 | 86.47 | 19.58 | 4.49 | 5.40 |
| 3er Cuartil | 0.13 | 89.34 | 21.62 | 5.20 | 5.92 |
| Máximo | 9.40 | 97.81 | 26.52 | 7.90 | 7.44 |
| Rango | 9.40 | 22.34 | 11.88 | 7.30 | 3.95 |
| Rango Intercuartílico | 0.13 | 6.10 | 4.19 | 1.30 | 1.09 |
| Varianza | 0.82 | 22.24 | 5.47 | 1.21 | 0.48 |
| Desviación Estándar | 0.50 | 4.72 | 2.34 | 1.10 | 0.59 |
| Coef. de Variación | 3.11 | 0.05 | 0.12 | 0.25 | 0.13 |
| Asimetría | 5.24 | 0.16 | 0.10 | -0.37 | -0.10 |
| Curtosis | 32.98 | -0.25 | -0.57 | 1.07 | -0.57 |

Interpretación: La precipitación presenta una distribución fuertemente asimétrica a la derecha con curtosis elevada, lo que indica eventos extremos poco frecuentes. La humedad relativa está concentrada entre 83 % y 89 %, con baja dispersión. La temperatura es moderadamente simétrica. La velocidad del viento muestra una distribución levemente sesgada a la izquierda. La evapotranspiración presenta simetría casi perfecta y valores medianamente dispersos.

1.19.2. Análisis Univariado

Precipitación (P)

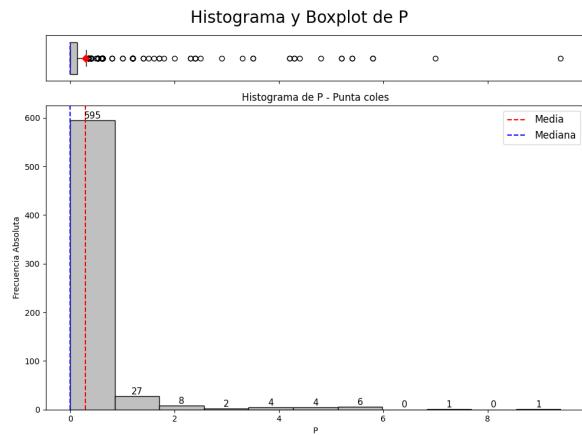


Figura 125

Histograma y boxplot de la precipitación (P) en la estación Punta Coles.

Temperatura (T)

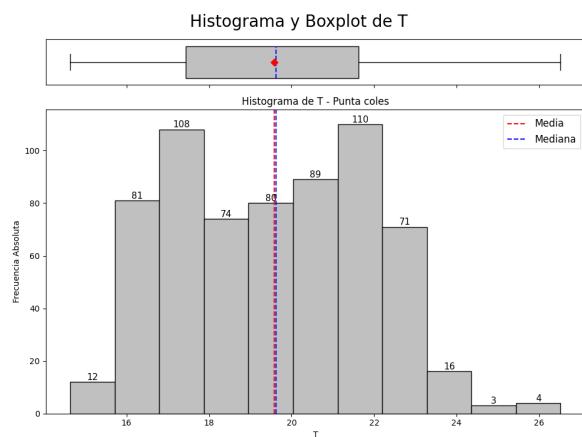


Figura 126

Histograma y boxplot de la temperatura (T) en la estación Punta Coles.

Humedad Relativa (RH)

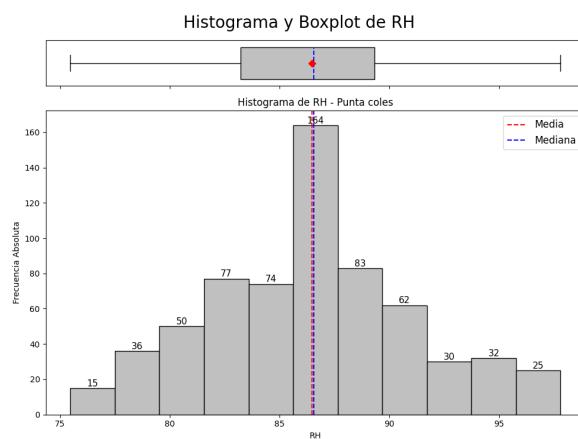


Figura 127

Histograma y boxplot de la humedad relativa (RH) en la estación Punta Coles.

Velocidad del Viento (WS)

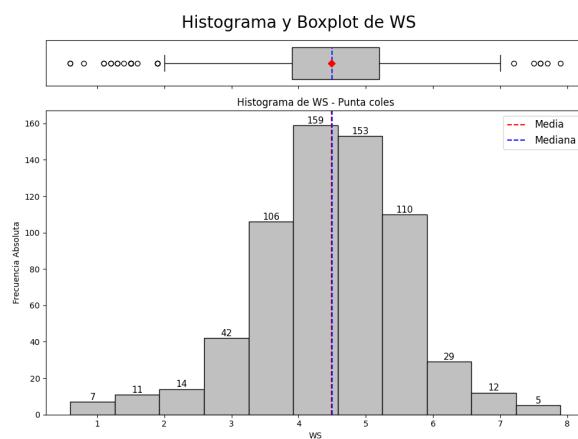


Figura 128

Histograma y boxplot de la velocidad del viento (WS) en la estación Punta Coles.

Evapotranspiración Potencial (PET)

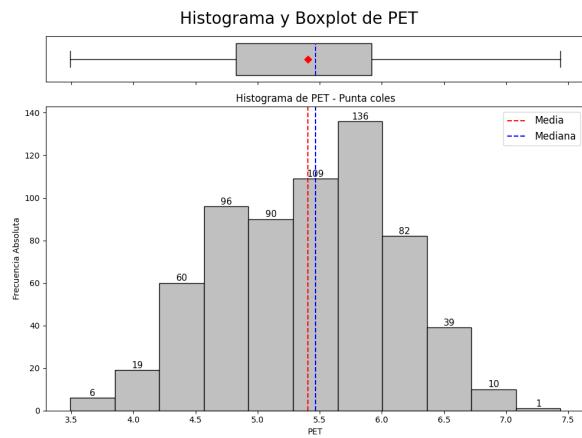


Figura 129

Histograma y boxplot de la evapotranspiración potencial (PET) en la estación Punta Coles.

1.19.3. Análisis Bivariado

Matriz de Correlación

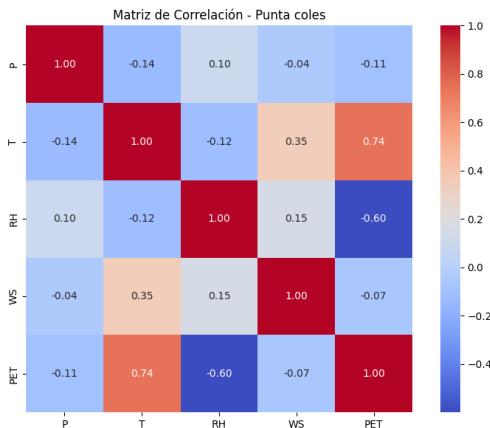


Figura 130

Matriz de correlación de las variables meteorológicas en Punta Coles.

Interpretación: Se observan relaciones positivas leves entre temperatura y PET, así como entre velocidad del viento y PET. Las demás variables muestran correlaciones débiles o nulas.

Gráfico de Pares (Pairplot)

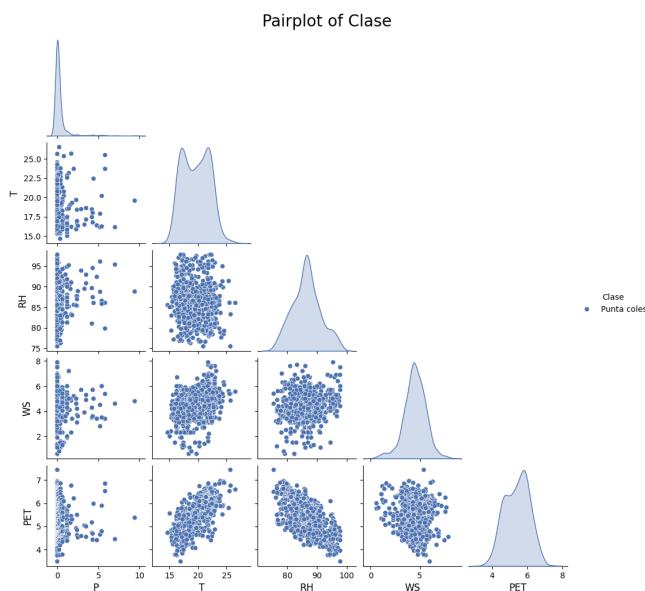


Figura 131
Pairplot de las variables meteorológicas en la estación Punta Coles.

Interpretación: El gráfico evidencia agrupaciones densas en los pares T–PET y WS–PET, indicando correlaciones moderadas. Las demás combinaciones presentan relaciones más dispersas.

1.20. Análisis Estadístico de la Estación Sicuani

A continuación se presenta el análisis estadístico descriptivo y exploratorio de la estación meteorológica de Sicuani, considerando estadísticas univariadas y relaciones bivariadas con representaciones gráficas correspondientes.

1.20.1. Estadísticas Descriptivas

Tabla 19

Estadísticas descriptivas de las variables meteorológicas en la estación Sicuani

| Estadístico | P (mm) | RH (%) | T (°C) | WS (m/s) | PET (mm) |
|-----------------------|---------|--------|--------|----------|----------|
| n | 648.00 | 648.00 | 648.00 | 648.00 | 648.00 |
| Mínimo | 0.00 | 42.65 | 7.14 | 0.10 | 3.66 |
| 1er Cuartil | 6.57 | 58.21 | 10.41 | 0.50 | 5.41 |
| Mediana | 45.31 | 64.69 | 11.93 | 1.92 | 5.63 |
| Media | 60.40 | 64.16 | 11.59 | 2.02 | 5.68 |
| 3er Cuartil | 108.30 | 71.38 | 12.75 | 2.60 | 6.09 |
| Máximo | 259.50 | 81.17 | 15.30 | 18.70 | 7.45 |
| Rango | 259.50 | 38.52 | 8.16 | 18.60 | 3.79 |
| Rango Intercuartílico | 101.73 | 13.18 | 2.34 | 1.70 | 0.58 |
| Varianza | 3368.68 | 68.58 | 2.60 | 2.72 | 0.79 |
| Desviación Estándar | 58.04 | 8.28 | 1.61 | 1.65 | 0.89 |
| Coef. de Variación | 0.56 | 0.13 | 0.14 | 0.82 | 0.16 |
| Asimetría | 0.70 | -0.33 | -0.46 | 4.31 | -0.27 |
| Curtosis | -0.57 | -0.78 | -0.45 | 32.06 | -0.27 |

Interpretación: La precipitación muestra una asimetría positiva con valores extremos, mientras que la temperatura y la humedad relativa presentan distribuciones más simétricas. La velocidad del viento revela eventos atípicos con ráfagas muy elevadas, reflejando una curtosis muy alta. La evapotranspiración potencial es relativamente estable con ligera asimetría negativa.

1.20.2. Análisis Univariado

Precipitación (P)

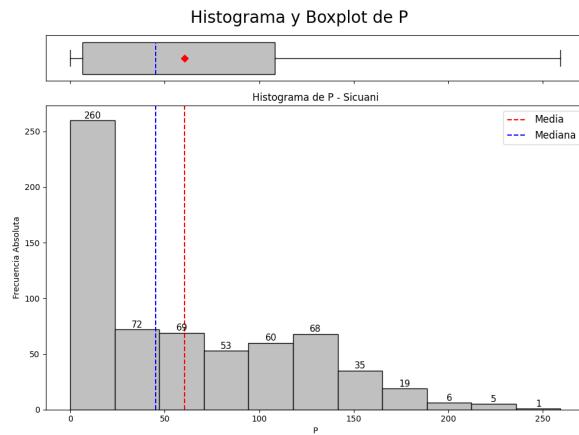


Figura 132

Histograma y boxplot de la precipitación (P) en la estación Sicuani.

Temperatura (T)

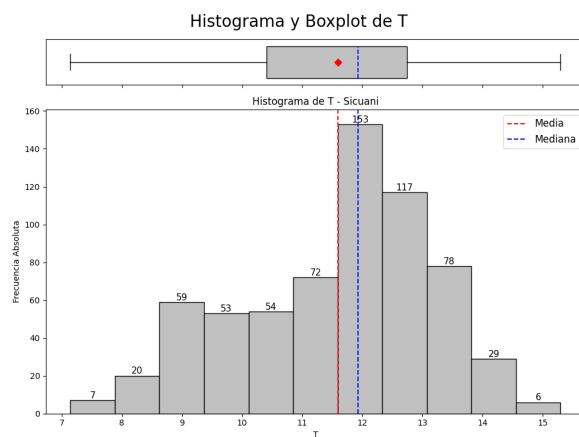


Figura 133

Histograma y boxplot de la temperatura (T) en la estación Sicuani.

Humedad Relativa (RH)

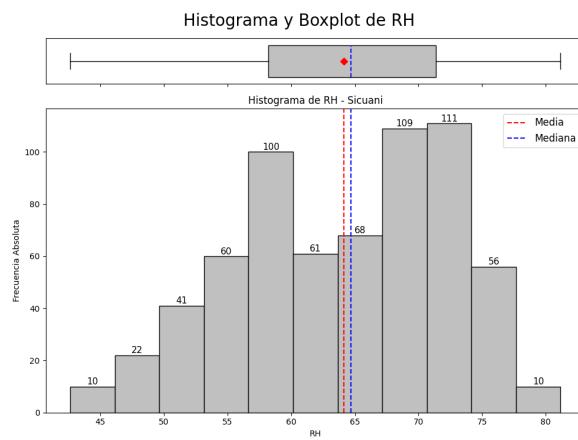


Figura 134

Histograma y boxplot de la humedad relativa (RH) en la estación Sicuani.

Velocidad del Viento (WS)

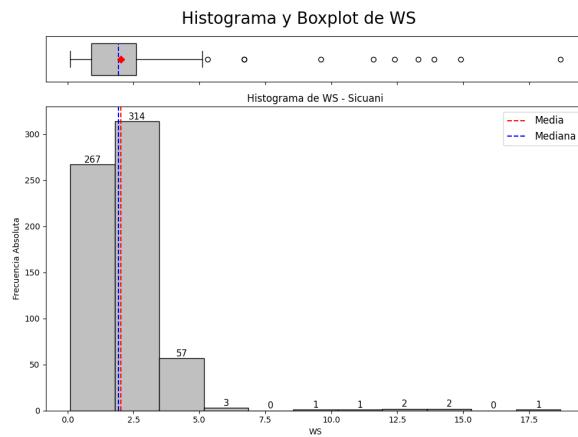


Figura 135

Histograma y boxplot de la velocidad del viento (WS) en la estación Sicuani.

Evapotranspiración Potencial (PET)

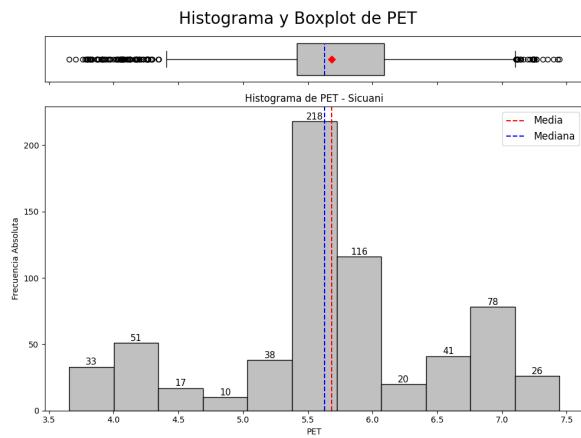


Figura 136

Histograma y boxplot de la evapotranspiración potencial (PET) en la estación Sicuani.

1.20.3. Análisis Bivariado

Matriz de Correlación

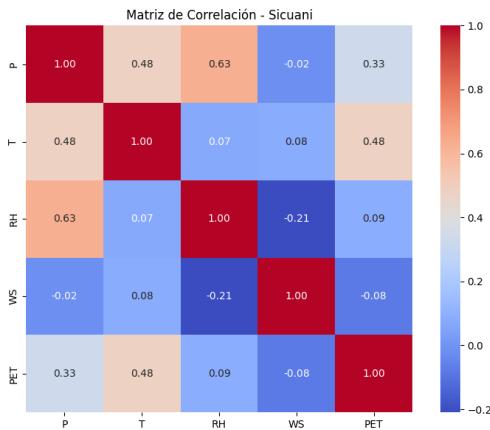


Figura 137

Matriz de correlación de las variables meteorológicas en Sicuani.

Interpretación: Se observan correlaciones moderadas entre la temperatura y la evapotranspiración potencial. Las demás variables presentan relaciones débiles, salvo algunos casos de correlaciones puntuales con la velocidad del viento.

Gráfico de Pares (Pairplot)

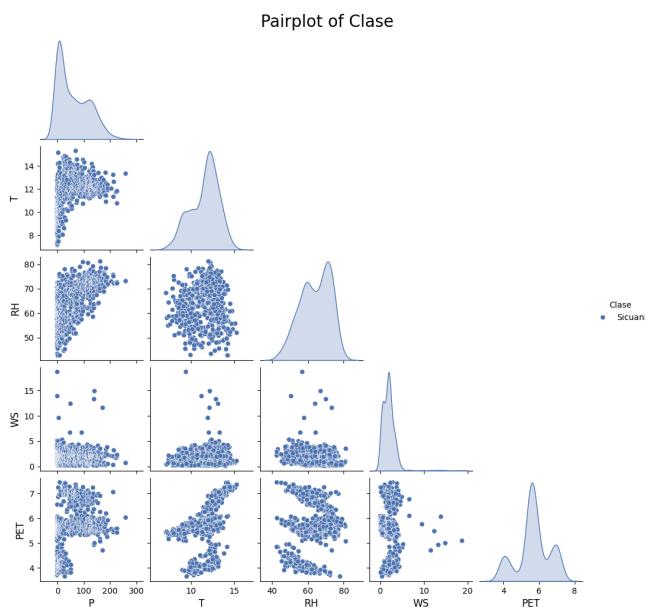


Figura 138

Pairplot de las variables meteorológicas en la estación Sicuani.

Interpretación: Se evidencian patrones de dispersión amplia en las variables relacionadas con el viento. La relación T–PET es la más destacada visualmente por su concentración.

1.21. Análisis Estadístico de la Estación Ubinas

A continuación se presenta el análisis estadístico descriptivo y exploratorio de la estación meteorológica de Ubinas, considerando estadísticas univariadas y relaciones bivariadas con representaciones gráficas correspondientes.

1.21.1. Estadísticas Descriptivas

Tabla 20

Estadísticas descriptivas de las variables meteorológicas en la estación Ubinas

| Estadístico | P (mm) | RH (%) | T (°C) | WS (m/s) | PET (mm) |
|-----------------------|---------|--------|--------|----------|----------|
| n | 648.00 | 648.00 | 648.00 | 648.00 | 648.00 |
| Mínimo | 0.00 | 32.86 | 7.19 | 0.50 | 4.27 |
| 1er Cuartil | 0.00 | 47.91 | 9.90 | 2.20 | 5.39 |
| Mediana | 5.00 | 54.80 | 11.25 | 2.50 | 6.16 |
| Media | 26.48 | 57.74 | 11.07 | 2.46 | 6.05 |
| 3er Cuartil | 34.33 | 66.28 | 12.40 | 2.80 | 6.64 |
| Máximo | 206.70 | 96.89 | 15.05 | 4.00 | 7.50 |
| Rango | 206.70 | 64.03 | 7.86 | 3.40 | 3.23 |
| Rango Intercuartílico | 34.33 | 18.37 | 2.50 | 0.50 | 1.25 |
| Varianza | 1783.28 | 156.90 | 2.54 | 0.28 | 0.47 |
| Desviación Estándar | 42.23 | 12.53 | 1.59 | 0.53 | 0.59 |
| Coef. de Variación | 1.59 | 0.22 | 0.14 | 0.21 | 0.11 |
| Asimetría | 1.95 | 0.50 | -0.18 | -0.50 | -0.08 |
| Curtosis | 3.24 | -0.57 | -0.78 | 0.16 | -1.26 |

Interpretación: La precipitación muestra una fuerte asimetría positiva y gran variabilidad, con eventos extremos. La humedad relativa presenta un sesgo leve hacia la derecha. La temperatura se distribuye simétricamente alrededor de 11 °C. La velocidad del viento y la evapotranspiración potencial presentan baja dispersión y sesgo negativo leve.

1.21.2. Análisis Univariado

Precipitación (P)

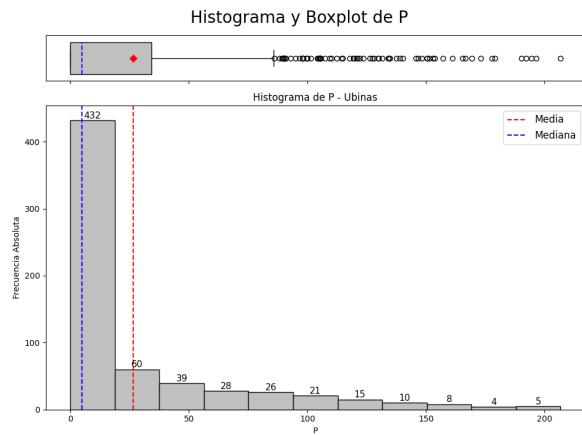


Figura 139

Histograma y boxplot de la precipitación (P) en la estación Ubinas.

Temperatura (T)

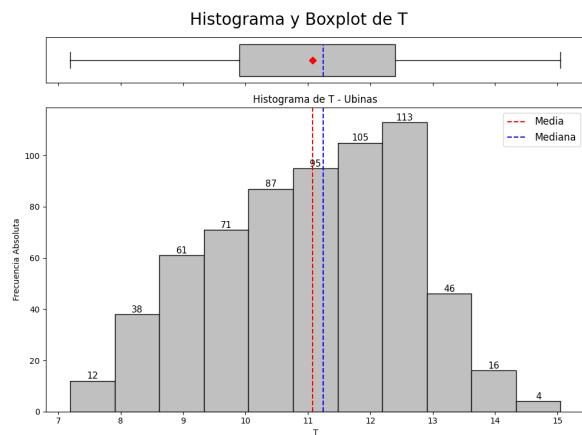


Figura 140

Histograma y boxplot de la temperatura (T) en la estación Ubinas.

Humedad Relativa (RH)

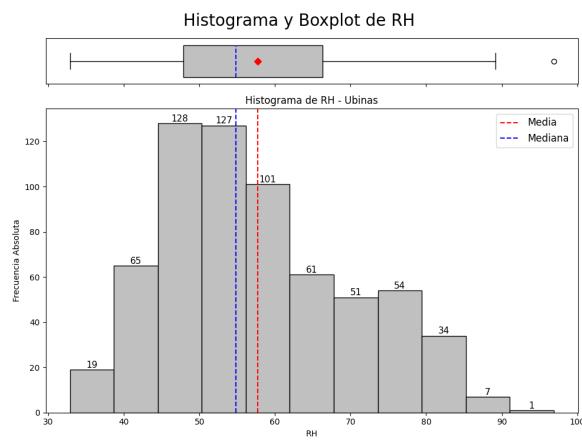


Figura 141

Histograma y boxplot de la humedad relativa (RH) en la estación Ubinas.

Velocidad del Viento (WS)

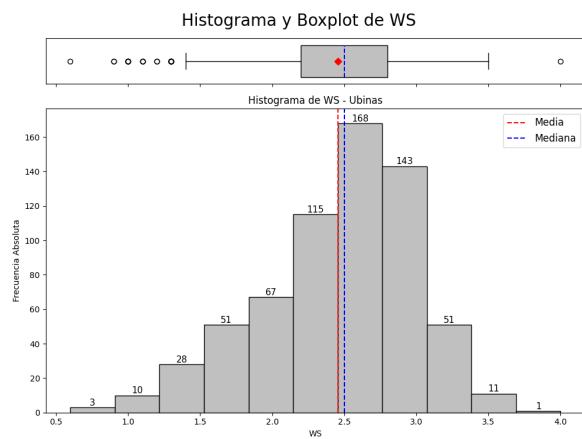


Figura 142

Histograma y boxplot de la velocidad del viento (WS) en la estación Ubinas.

Evapotranspiración Potencial (PET)

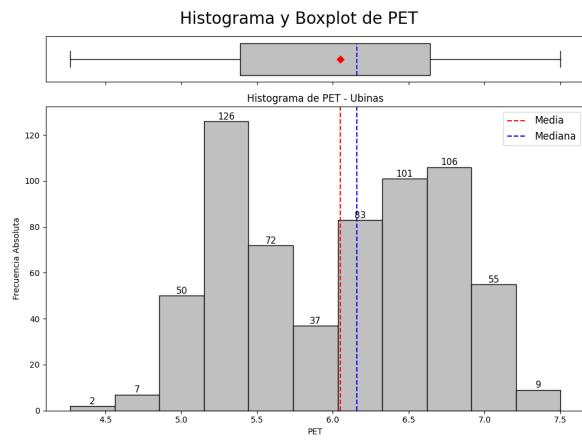


Figura 143

Histograma y boxplot de la evapotranspiración potencial (PET) en la estación Ubinas.

1.21.3. Análisis Bivariado

Matriz de Correlación

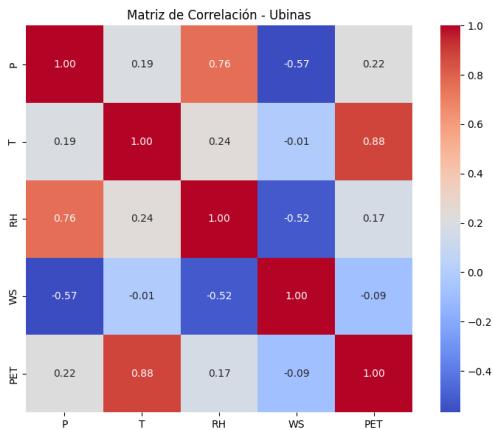


Figura 144

Matriz de correlación de las variables meteorológicas en Ubinas.

Interpretación: Se observa una correlación positiva moderada entre temperatura y PET. Las demás relaciones entre variables son débiles.

Gráfico de Pares (Pairplot)

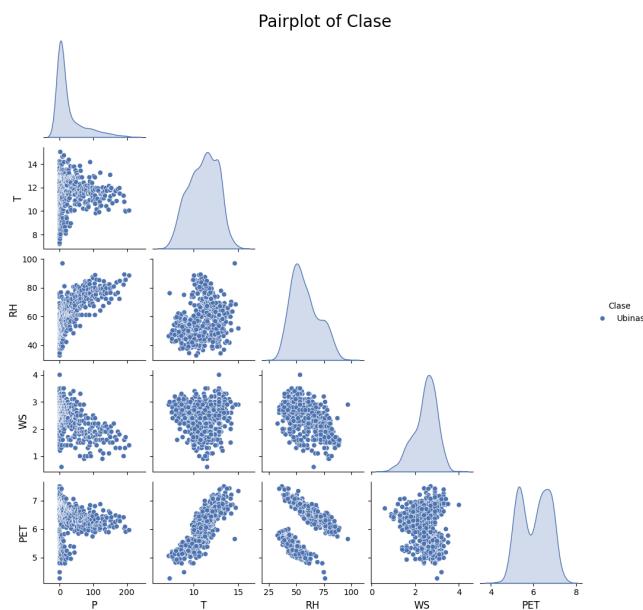


Figura 145

Pairplot de las variables meteorológicas en la estación Ubinas.

Interpretación: El gráfico de pares revela relaciones lineales moderadas entre temperatura y evapotranspiración, mientras que las demás combinaciones presentan patrones dispersos.

1.22. Análisis Estadístico de la Estación Yarada

A continuación se presenta el análisis estadístico descriptivo y exploratorio de la estación meteorológica de Yarada, considerando estadísticas univariadas y relaciones bivariadas con representaciones gráficas correspondientes.

1.22.1. Estadísticas Descriptivas

Tabla 21

Estadísticas descriptivas de las variables meteorológicas en la estación Yarada

| Estadístico | P (mm) | RH (%) | T (°C) | WS (m/s) | PET (mm) |
|-----------------------|--------|--------|--------|----------|----------|
| n | 648.00 | 648.00 | 648.00 | 648.00 | 648.00 |
| Mínimo | 0.00 | 67.60 | 15.03 | 1.20 | 3.85 |
| 1er Cuartil | 0.00 | 81.45 | 17.77 | 2.00 | 4.90 |
| Mediana | 0.00 | 83.70 | 19.89 | 2.30 | 6.09 |
| Media | 0.38 | 83.11 | 19.95 | 2.33 | 5.86 |
| 3er Cuartil | 0.17 | 85.55 | 22.15 | 2.56 | 6.63 |
| Máximo | 8.40 | 99.62 | 26.11 | 4.10 | 7.77 |
| Rango | 8.40 | 32.02 | 11.08 | 2.90 | 3.92 |
| Rango Intercuartílico | 0.17 | 4.10 | 4.38 | 0.56 | 1.73 |
| Varianza | 1.15 | 19.87 | 6.43 | 0.25 | 0.86 |
| Desviación Estándar | 1.07 | 4.46 | 2.53 | 0.50 | 0.53 |
| Coef. de Variación | 2.83 | 0.05 | 0.13 | 0.21 | 0.16 |
| Asimetría | 4.43 | -0.53 | 0.11 | 0.55 | -0.08 |
| Curtosis | 22.59 | 1.94 | -1.20 | 0.50 | -1.45 |

Interpretación: La precipitación presenta muy baja frecuencia y una fuerte asimetría positiva, con valores máximos inusuales. La humedad relativa y la temperatura se concentran en rangos altos y muestran baja dispersión. La velocidad del viento es relativamente constante, al igual que la PET, que muestra una leve simetría y tendencia central.

1.22.2. Análisis Univariado

Precipitación (P)

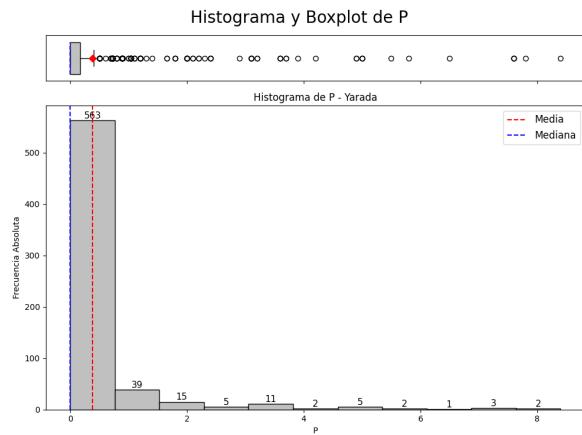


Figura 146

Histograma y boxplot de la precipitación (P) en la estación Yarada.

Temperatura (T)

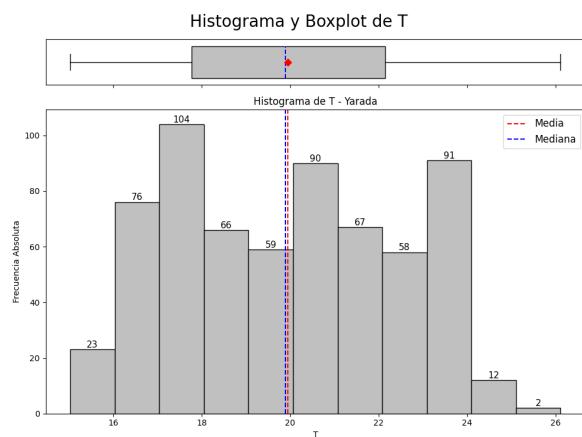


Figura 147

Histograma y boxplot de la temperatura (T) en la estación Yarada.

Humedad Relativa (RH)

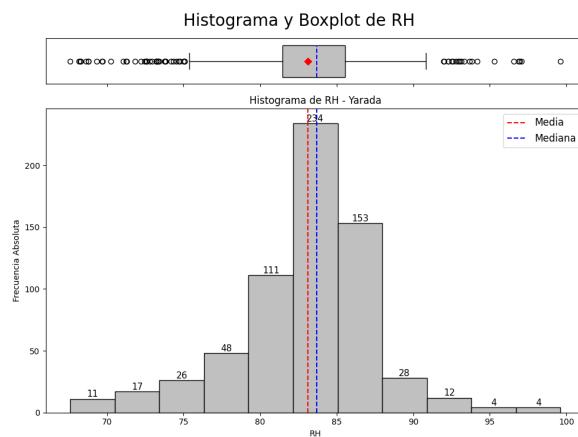


Figura 148

Histograma y boxplot de la humedad relativa (RH) en la estación Yarada.

Velocidad del Viento (WS)

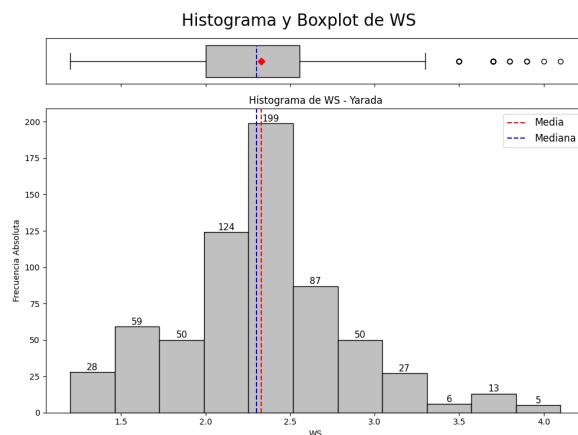


Figura 149

Histograma y boxplot de la velocidad del viento (WS) en la estación Yarada.

Evapotranspiración Potencial (PET)

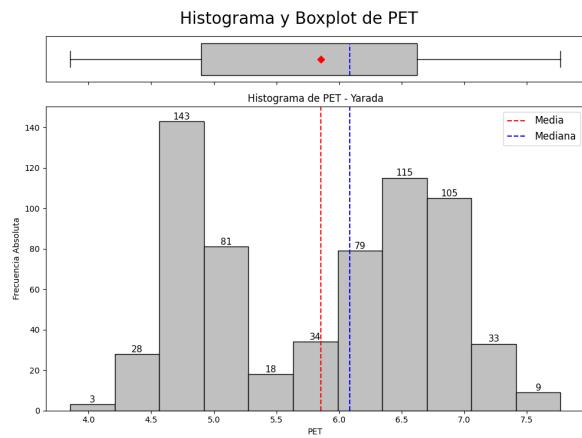


Figura 150

Histograma y boxplot de la evapotranspiración potencial (PET) en la estación Yarada.

1.22.3. Análisis Bivariado

Matriz de Correlación

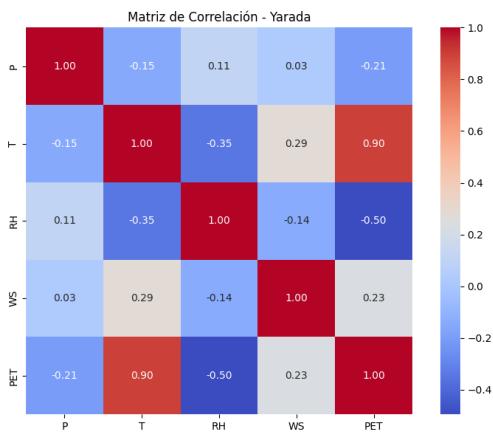
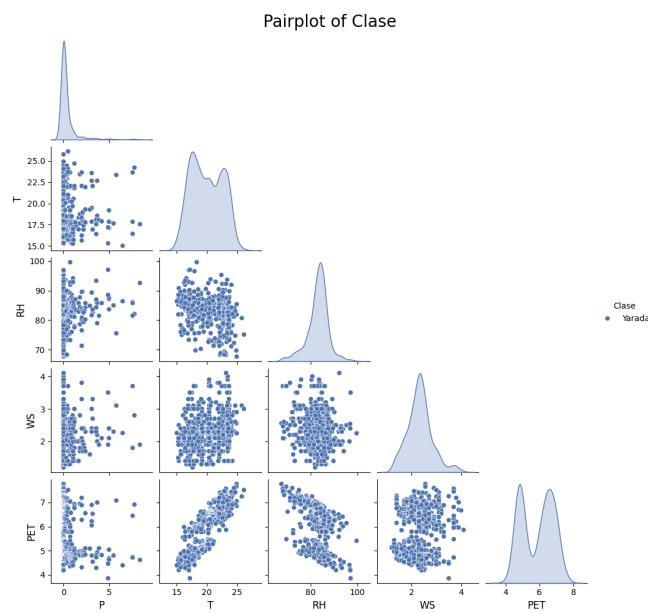


Figura 151

Matriz de correlación de las variables meteorológicas en Yarada.

Interpretación: Se observan correlaciones moderadas entre temperatura y PET. El resto de variables muestran relaciones más débiles o nulas.

Gráfico de Pares (Pairplot)**Figura 152**

Pairplot de las variables meteorológicas en la estación Yarada.

Interpretación: El gráfico muestra un patrón claro entre T y PET, mientras que P, RH y WS presentan comportamientos dispersos y poco correlacionados.

CAPÍTULO II

ANÁLISIS POR ESTACIÓN Y TEMPORADA

A continuación se presentan los análisis estadísticos univariados por temporada (verano, otoño, invierno, primavera) para cada una de las estaciones meteorológicas consideradas. El análisis incluye gráficos tipo boxplot y histogramas con boxplot combinados, organizados por variable y temporada.

2.1. Station: Ancachuro

2.1.1. Precipitation (P)

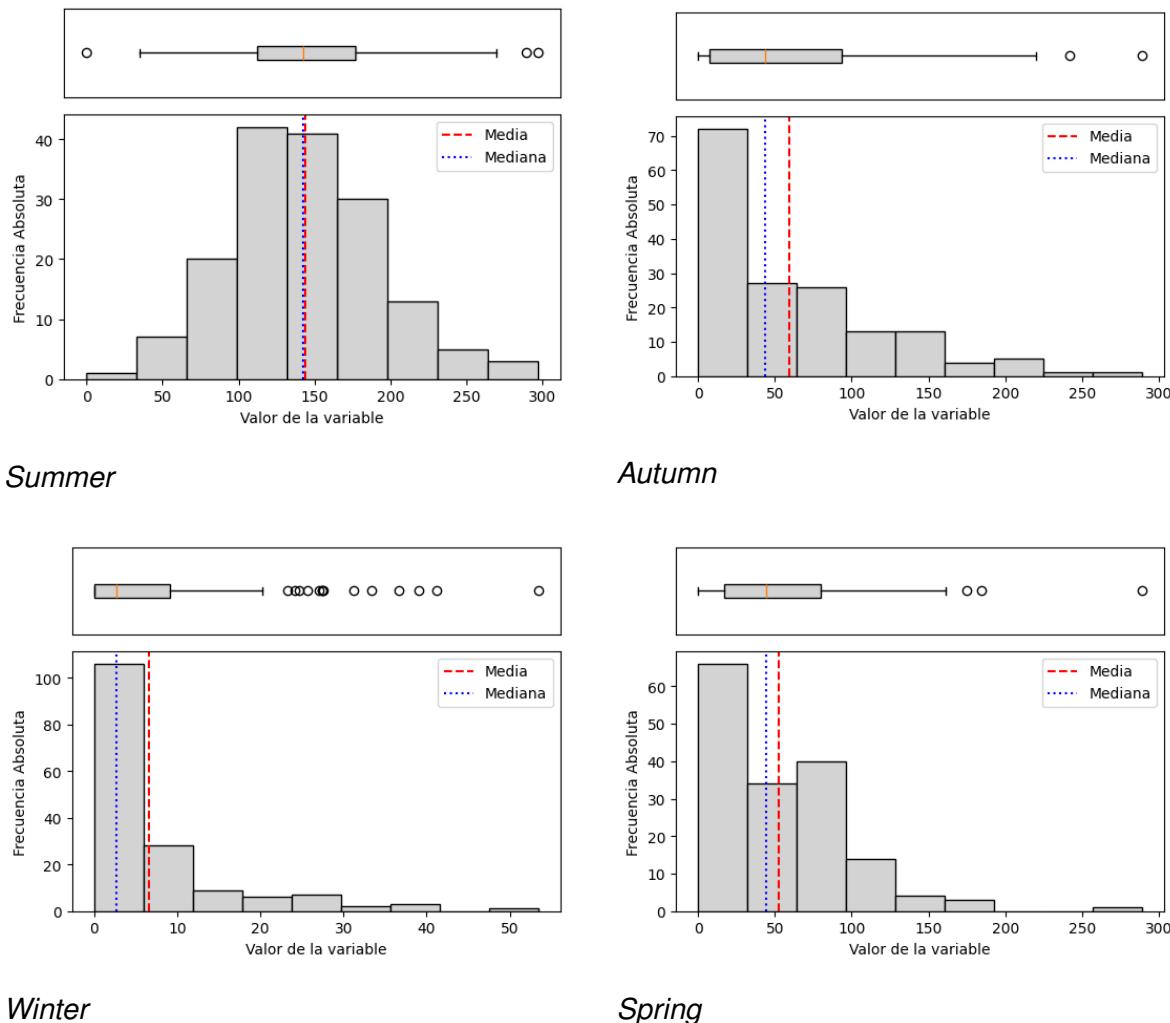
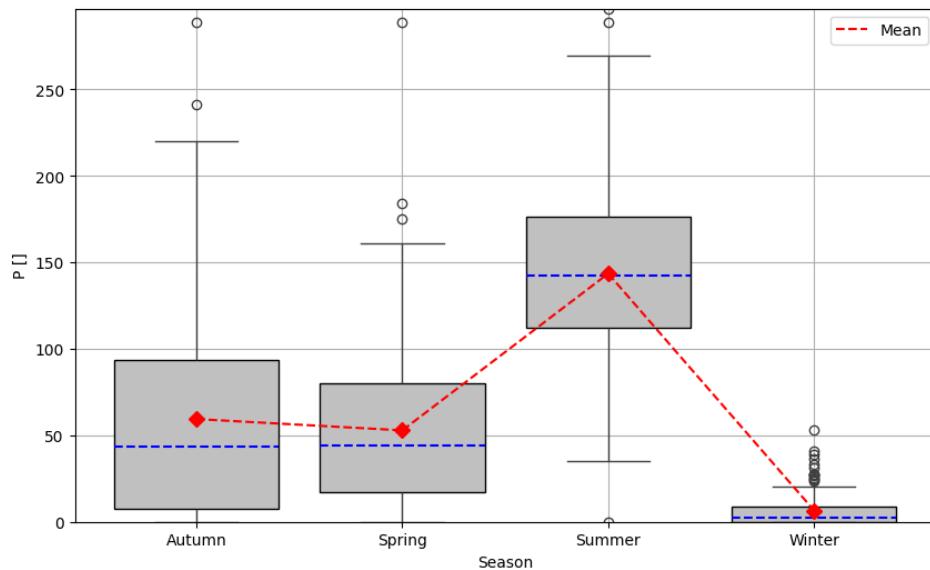


Figura 153

Histograms and boxplots of precipitation (P) by season in the Ancachuro station.

Boxplot de P por clases (Season)

**Figura 154**

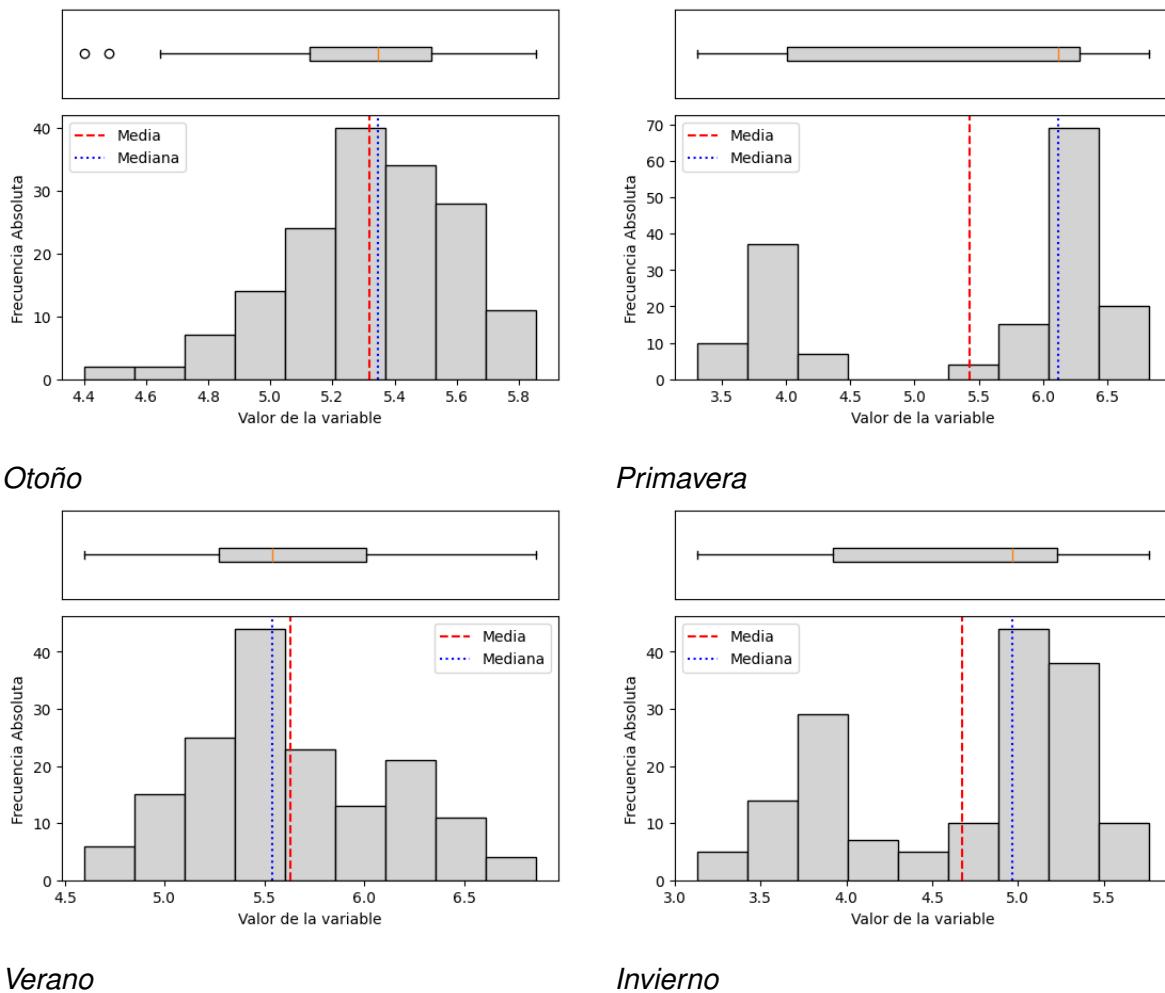
Comparative seasonal boxplot of precipitation (P) at Ancachuro station.

2.1.2. Interpretación

Las gráficas anteriores muestran el comportamiento estacional de la precipitación en la estación meteorológica Ancachuro. A continuación, se destacan los hallazgos principales:

- **Verano** presenta la mayor cantidad de precipitación, con una mediana superior a las demás estaciones y una gran dispersión, lo que indica eventos de lluvia más intensos y variables.
- En **otoño** y **primavera** se observa un comportamiento similar, con distribuciones sesgadas positivamente, lo que evidencia que la mayoría de los valores son bajos, pero con algunos eventos extremos.
- **Invierno** muestra la menor cantidad de precipitación, con la mayoría de los valores concentrados por debajo de 10 mm, reflejando una estación más seca.
- El boxplot general confirma esta tendencia, destacando cómo la distribución de la precipitación varía significativamente entre estaciones, siendo más marcada en verano.

2.1.3. Evapotranspiración Potencial (PET)

**Figura 155**

Distribución de la Evapotranspiración Potencial (PET) en la estación Ancachuro por temporada.

2.1.4. Comparación por temporada

Boxplot de PET por clases (Season)

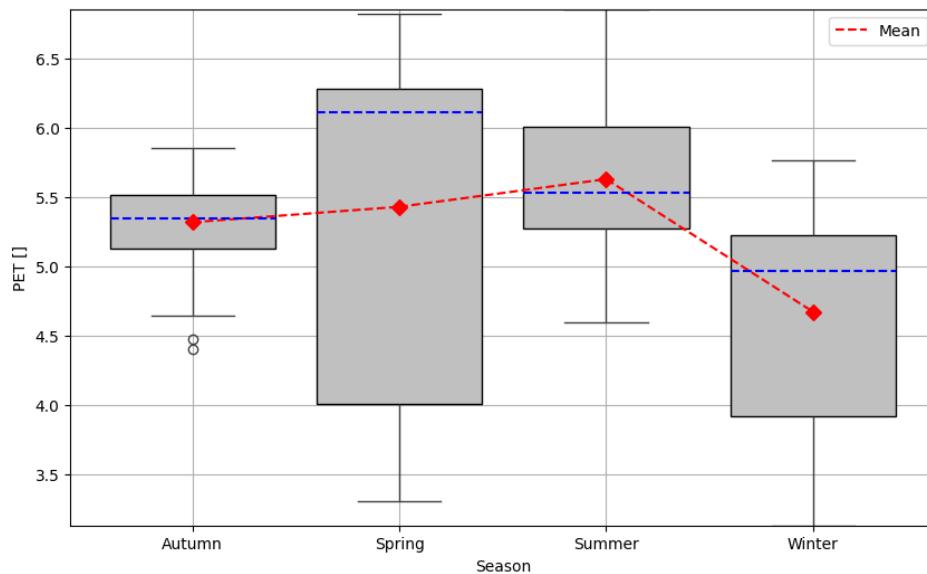


Figura 156

Boxplot de Evapotranspiración Potencial (PET) por temporada en la estación Ancachuro.

Interpretación

Durante el análisis estacional de la variable **PET** en la estación Ancachuro, se observa que:

- **Verano** presenta los valores promedio más altos de evapotranspiración, con una distribución concentrada y simétrica, lo que indica condiciones atmosféricas más cálidas y secas.
- **Primavera** muestra una mayor dispersión, incluyendo valores extremos más amplios, lo cual sugiere una transición climática marcada en esta estación.
- En **Otoño y Invierno**, la PET tiende a disminuir, siendo el invierno la estación con menores valores promedio, lo cual se asocia a temperaturas más bajas y menor radiación.
- La gráfica de boxplot permite comparar de forma clara estas diferencias estacionales, mientras que los histogramas permiten visualizar la simetría o asimetría de cada distribución.

ANEXO A: [TÍTULO DEL ANEXO]