

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

Índice de Figuras	X
Índice de Tablas	XI
Glosario de Términos	XII
CAPÍTULO 1 Análisis Global de datos Meteorológicos	13
1.1 Análisis Univariado	13
1.1.1 Estadísticas Descriptivas Globales	13
1.2 Análisis Bivariado Global	16
1.2.1 Matriz de Correlación	17
1.2.2 Análisis de Información Mutua	17
1.2.3 Gráfico de Dispersión Pareado (Pairplot)	17
CAPÍTULO 2 Análisis de datos por Estación Meteorológica	22
2.1 Análisis Estadístico de la Estación Ancachuro	22
2.1.1 Estadísticas Descriptivas	22
2.1.2 Análisis Univariado	23
2.1.3 Análisis Bivariado	25
2.2 Análisis Estadístico de la Estación Andahuaylas	27
2.2.1 Estadísticas Descriptivas	28
2.2.2 Análisis Univariado	28
2.2.3 Análisis Bivariado	32
2.3 Análisis Estadístico de la Estación Caraveli	34
2.3.1 Estadísticas Descriptivas	34
2.3.2 Análisis Univariado	34
2.3.3 Análisis Bivariado	38

2.4	Análisis Estadístico de la Estación Coracora	40
2.4.1	Estadísticas Descriptivas	40
2.4.2	Análisis Univariado	40
2.4.3	Análisis Bivariado	44
2.5	Análisis Estadístico de la Estación Cotahuasi	44
2.5.1	Estadísticas Descriptivas	46
2.5.2	Análisis Univariado	46
2.5.3	Análisis Bivariado	48
2.6	Análisis Estadístico de la Estación Huambo	50
2.6.1	Estadísticas Descriptivas	51
2.6.2	Análisis Univariado	51
2.6.3	Análisis Bivariado	54
2.7	Análisis Estadístico de la Estación Huaraya	56
2.7.1	Estadísticas Descriptivas	56
2.7.2	Análisis Univariado	56
2.7.3	Análisis Bivariado	58
2.8	Análisis Estadístico de la Estación Imata	60
2.8.1	Estadísticas Descriptivas	60
2.8.2	Análisis Univariado	62
2.8.3	Análisis Bivariado	62
2.9	Análisis Estadístico de la Estación Kayra	66
2.9.1	Estadísticas Descriptivas	66
2.9.2	Análisis Univariado	68
2.9.3	Análisis Bivariado	68
2.10	Análisis Estadístico de la Estación Mañazo	71
2.10.1	Estadísticas Descriptivas	71
2.10.2	Análisis Univariado	73
2.10.3	Análisis Bivariado	73
2.11	Análisis Estadístico de la Estación Pampa Blanca	76
2.11.1	Estadísticas Descriptivas	76
2.11.2	Análisis Univariado	78

2.11.3 Análisis Bivariado	78
2.12 Análisis Estadístico de la Estación Pizacoma	81
2.12.1 Estadísticas Descriptivas	81
2.12.2 Análisis Univariado	82
2.12.3 Análisis Bivariado	84
2.13 Análisis Estadístico de la Estación Pucara	84
2.13.1 Estadísticas Descriptivas	87
2.13.2 Análisis Univariado	87
2.13.3 Análisis Bivariado	87
2.14 Análisis Estadístico de la Estación Punta Atico	91
2.14.1 Estadísticas Descriptivas	91
2.14.2 Análisis Univariado	92
2.14.3 Análisis Bivariado	93
2.15 Análisis Estadístico de la Estación Punta Coles	97
2.15.1 Estadísticas Descriptivas	97
2.15.2 Análisis Univariado	100
2.15.3 Análisis Bivariado	100
2.16 Análisis Estadístico de la Estación Sicuani	102
2.16.1 Estadísticas Descriptivas	102
2.16.2 Análisis Univariado	105
2.16.3 Análisis Bivariado	105
2.17 Análisis Estadístico de la Estación Ubinas	107
2.17.1 Estadísticas Descriptivas	107
2.17.2 Análisis Univariado	109
2.17.3 Análisis Bivariado	109
2.18 Análisis Estadístico de la Estación Yarada	112
2.18.1 Estadísticas Descriptivas	112
2.18.2 Análisis Univariado	115
2.18.3 Análisis Bivariado	115
CAPÍTULO 3 Análisis por estación y temporada	117
3.1 Estación: Ancachuro	117

3.1.1	Precipitation (P)	117
3.1.2	PET (mm/d)	118
3.1.3	Relative Humidity (RH)	120
3.1.4	Mean Temperature (T)	121
3.1.5	Wind Speed (WS)	123
3.2	Estación: Andahuaylas	124
3.2.1	P (mm/d)	124
3.2.2	PET (mm/d)	126
3.2.3	RH (%)	128
3.2.4	T (°C)	130
3.2.5	WS (m/s)	130
3.3	Estación: Candavare	133
3.3.1	Precipitation (P)	133
3.3.2	Evapotranspiration (PET)	133
3.3.3	P (mm/d)	134
3.3.4	Velocidad Media del Viento (WS)	136

Bibliografía

Índice de figuras

1	Histograma de la precipitación (P (mm/d))	14
2	Histograma de la temperatura (T (°C)).	15
3	Histograma de la humedad relativa (RH (%)).	15
4	Histograma de la velocidad del viento (WS (m/s)).	16
5	Histograma de la evapotranspiración potencial (PET (mm/d)).	17
6	Matriz de correlación de variables meteorológicas a nivel global.	18
7	Información mutua con variable objetivo: P (mm/d).	18
8	Información mutua con variable objetivo: T (°C).	19
9	Información mutua con variable objetivo: RH (%).	19
10	Información mutua con variable objetivo: WS (m/s).	19
11	Información mutua con variable objetivo: PET (mm/d).	20
12	Gráfico de dispersión pareado entre variables meteorológicas globales.	20
13	Histograma de la P (mm/d) en la estación Ancachuro.	23
14	Histograma de la T (°C) en la estación Ancachuro.	24
15	Histograma de la RH (%) en la estación Ancachuro.	24
16	Histograma de la WS (m/s) en la estación Ancachuro.	25
17	Histograma de la PET (mm/d) en la estación Ancachuro.	26
18	Matriz de correlación de las variables meteorológicas en la estación Ancachuro.	26
19	Gráfico de pares (pairplot) de las variables meteorológicas en la estación Ancachuro.	27
20	Histograma y boxplot de la P (mm/d) en la estación Andahuaylas.	29
21	Histograma y boxplot de la T (°C) en la estación Andahuaylas.	29
22	Histograma y boxplot de la RH (%) en la estación Andahuaylas.	30
23	Histograma y boxplot de la WS (m/s) en la estación Andahuaylas.	31
24	Histograma y boxplot de la PET (mm/d) en la estación Andahuaylas.	31

25	Matriz de correlación de las variables meteorológicas en Andahuaylas.	32
26	Pairplot de las variables meteorológicas en la estación Andahuaylas.	33
27	Histograma y boxplot de la P (mm/d) en la estación Caraveli.	35
28	Histograma y boxplot de la T (°C) en la estación Caraveli.	36
29	Histograma y boxplot de la RH (%) en la estación Caraveli.	36
30	Histograma y boxplot de la WS (m/s) en la estación Caraveli.	37
31	Histograma y boxplot de la PET (mm/d) en la estación Caraveli.	37
32	Matriz de correlación de las variables meteorológicas en Caraveli.	38
33	Pairplot de las variables meteorológicas en la estación Caraveli.	39
34	Histograma y boxplot de la P (mm/d) en la estación Coracora.	41
35	Histograma y boxplot de la T (°C) en la estación Coracora.	41
36	Histograma y boxplot de la RH (%) en la estación Coracora.	42
37	Histograma y boxplot de la WS (m/s) en la estación Coracora.	43
38	Histograma y boxplot de la PET (mm/d) en la estación Coracora.	43
39	Matriz de correlación de las variables meteorológicas en Coracora.	44
40	Pairplot de las variables meteorológicas en la estación Coracora.	45
41	Histograma y boxplot de la P (mm/d) en la estación Cotahuasi.	46
42	Histograma y boxplot de la T (°C) en la estación Cotahuasi.	47
43	Histograma y boxplot de la RH (%) en la estación Cotahuasi.	47
44	Histograma y boxplot de la WS (m/s) en la estación Cotahuasi.	48
45	Histograma y boxplot de la PET (mm/d) en la estación Cotahuasi.	49
46	Matriz de correlación de las variables meteorológicas en Cotahuasi.	49
47	Pairplot de las variables meteorológicas en la estación Cotahuasi.	50
48	Histograma y boxplot de la P (mm/d) en la estación Huambo.	52
49	Histograma y boxplot de la T (°C) en la estación Huambo.	52
50	Histograma y boxplot de la RH (%) en la estación Huambo.	53
51	Histograma y boxplot de la WS (m/s) en la estación Huambo.	53
52	Histograma y boxplot de la PET (mm/d) en la estación Huambo.	54
53	Matriz de correlación de las variables meteorológicas en la estación Huambo.	55
54	Pairplot de las variables meteorológicas en la estación Huambo.	55
55	Histograma y boxplot de la P (mm/d) en la estación Huaraya.	57

56	Histograma y boxplot de la T (°C) en la estación Huaraya.	57
57	Histograma y boxplot de la RH (%) en la estación Huaraya.	58
58	Histograma y boxplot de la WS (m/s) en la estación Huaraya.	59
59	Histograma y boxplot de la PET (mm/d) en la estación Huaraya.	59
60	Matriz de correlación de las variables meteorológicas en Huaraya.	60
61	Pairplot de las variables meteorológicas en la estación Huaraya.	61
62	Histograma y boxplot de la P (mm/d) en la estación Imata.	62
63	Histograma y boxplot de la T (°C) en la estación Imata.	63
64	Histograma y boxplot de la RH (%) en la estación Imata.	63
65	Histograma y boxplot de la WS (m/s) en la estación Imata.	64
66	Histograma y boxplot de la PET (mm/d) en la estación Imata.	64
67	Matriz de correlación de las variables meteorológicas en Imata.	65
68	Pairplot de las variables meteorológicas en la estación Imata.	65
69	Histograma y boxplot de la P (mm/d) en la estación Kayra.	67
70	Histograma y boxplot de la T (°C) en la estación Kayra.	67
71	Histograma y boxplot de la RH (%) en la estación Kayra.	68
72	Histograma y boxplot de la WS (m/s) en la estación Kayra.	69
73	Histograma y boxplot de la PET (mm/d) en la estación Kayra.	69
74	Matriz de correlación de las variables meteorológicas en Kayra.	70
75	Pairplot de las variables meteorológicas en la estación Kayra.	70
76	Histograma y boxplot de la P (mm/d) en la estación Mañazo.	72
77	Histograma y boxplot de la T (°C) en la estación Mañazo.	72
78	Histograma y boxplot de la RH (%) en la estación Mañazo.	73
79	Histograma y boxplot de la WS (m/s) en la estación Mañazo.	74
80	Histograma y boxplot de la PET (mm/d) en la estación Mañazo.	74
81	Matriz de correlación de las variables meteorológicas en Mañazo.	75
82	Pairplot de las variables meteorológicas en la estación Mañazo.	75
83	Histograma y boxplot de la P (mm/d) en la estación Pampa Blanca.	77
84	Histograma y boxplot de la T (°C) en la estación Pampa Blanca.	77
85	Histograma y boxplot de la RH (%) en la estación Pampa Blanca.	78
86	Histograma y boxplot de la WS (m/s) en la estación Pampa Blanca.	79

87	Histograma y boxplot de la PET (mm/d) en la estación Pampa Blanca.	79
88	Matriz de correlación de las variables meteorológicas en Pampa Blanca.	80
89	Pairplot de las variables meteorológicas en la estación Pampa Blanca.	80
90	Histograma y boxplot de la P (mm/d) en la estación Pizacoma.	82
91	Histograma y boxplot de la T (°C) en la estación Pizacoma.	83
92	Histograma y boxplot de la RH (%) en la estación Pizacoma.	83
93	Histograma y boxplot de la WS (m/s) en la estación Pizacoma.	84
94	Histograma y boxplot de la PET (mm/d) en la estación Pizacoma.	85
95	Matriz de correlación de las variables meteorológicas en Pizacoma.	85
96	Pairplot de las variables meteorológicas en la estación Pizacoma.	86
97	Histograma y boxplot de la P (mm/d) en la estación Pucara.	88
98	Histograma y boxplot de la T (°C) en la estación Pucara.	88
99	Histograma y boxplot de la RH (%) en la estación Pucara.	89
100	Histograma y boxplot de la WS (m/s) en la estación Pucara.	89
101	Histograma y boxplot de la PET (mm/d) en la estación Pucara.	90
102	Matriz de correlación de las variables meteorológicas en Pucara.	90
103	Pairplot de las variables meteorológicas en la estación Pucara.	91
104	Histograma y boxplot de la P (mm/d) en la estación Punta Atico.	92
105	Histograma y boxplot de la T (°C) en la estación Punta Atico.	93
106	Histograma y boxplot de la RH (%) en la estación Punta Atico.	94
107	Histograma y boxplot de la WS (m/s) en la estación Punta Atico.	94
108	Histograma y boxplot de la PET (mm/d) en la estación Punta Atico.	95
109	Matriz de correlación de las variables meteorológicas en Punta Atico.	95
110	Pairplot de las variables meteorológicas en la estación Punta Atico.	96
111	Histograma y boxplot de la P (mm/d) en la estación Punta Coles.	98
112	Histograma y boxplot de la T (°C) en la estación Punta Coles.	98
113	Histograma y boxplot de la RH (%) en la estación Punta Coles.	99
114	Histograma y boxplot de la WS (m/s) en la estación Punta Coles.	99
115	Histograma y boxplot de la PET (mm/d) en la estación Punta Coles.	100
116	Matriz de correlación de las variables meteorológicas en Punta Coles.	101
117	Pairplot de las variables meteorológicas en la estación Punta Coles.	101

118	Histograma y boxplot de la P (mm/d) en la estación Sicuani.	103
119	Histograma y boxplot de la T (°C) en la estación Sicuani.	103
120	Histograma y boxplot de la RH (%) en la estación Sicuani.	104
121	Histograma y boxplot de la WS (m/s) en la estación Sicuani.	104
122	Histograma y boxplot de la PET (mm/d) en la estación Sicuani.	105
123	Matriz de correlación de las variables meteorológicas en Sicuani.	106
124	Pairplot de las variables meteorológicas en la estación Sicuani.	106
125	Histograma y boxplot de la P (mm/d) en la estación Ubinas.	108
126	Histograma y boxplot de la T (°C) en la estación Ubinas.	108
127	Histograma y boxplot de la RH (%) en la estación Ubinas.	109
128	Histograma y boxplot de la WS (m/s) en la estación Ubinas.	110
129	Histograma y boxplot de la PET (mm/d) en la estación Ubinas.	110
130	Matriz de correlación de las variables meteorológicas en Ubinas.	111
131	Pairplot de las variables meteorológicas en la estación Ubinas.	111
132	Histograma y boxplot de la P (mm/d) en la estación Yarada.	113
133	Histograma y boxplot de la T (°C) en la estación Yarada.	113
134	Histograma y boxplot de la RH (%) en la estación Yarada.	114
135	Histograma y boxplot de la WS (m/s) en la estación Yarada.	114
136	Histograma y boxplot de la PET (mm/d) en la estación Yarada.	115
137	Matriz de correlación de las variables meteorológicas en Yarada.	116
138	Pairplot de las variables meteorológicas en la estación Yarada.	116
139	Histograms and boxplots of precipitation (P) by season in the Ancachuro station.	117
140	Comparative seasonal boxplot of precipitation (P) at Ancachuro station.	118
141	Distribución de la PET (mm/d) en la estación Ancachuro por temporada.	119
142	Boxplot de PET (mm/d) por temporada en la estación Ancachuro.	119
143	Histograms and boxplots of relative humidity (RH) by season in the Ancachuro station.	120
144	Comparative seasonal boxplot of relative humidity (RH) at Ancachuro station.	121
145	Histograms and boxplots of mean temperature (T) by season in the Ancachuro station.	122
146	Comparative seasonal boxplot of mean temperature (T) at Ancachuro station.	122
147	Histograms and boxplots of wind speed (WS) by season in the Ancachuro station.	123
148	Comparative seasonal boxplot of wind speed (WS) at Ancachuro station.	124

149	Histograms and boxplots of precipitation (P) by season in the Andahuaylas station.	125
150	Comparative seasonal boxplot of precipitation (P) at Andahuaylas station.	125
151	Histogramas y boxplots de PET (mm/d) por estación en Andahuaylas.	126
152	Boxplot comparativo estacional de la PET (mm/d) en Andahuaylas.	127
153	Histogramas y boxplots de RH (%) por estación en la estación Andahuaylas.	127
154	Boxplot comparativo estacional de RH (%) en la estación Andahuaylas.	128
155	Histogramas y boxplots de T (°C) por estación del año en la estación Andahuaylas.	129
156	Boxplot comparativo estacional de T (°C) en la estación Andahuaylas.	129
157	Histogramas y boxplots de WS (m/s) por estación en la estación Andahuaylas.	131
158	Boxplot comparativo estacional de WS (m/s) en la estación Andahuaylas.	131
159	Histograms and boxplots of precipitation (P) by season in the Candavare station.	132
160	Comparative seasonal boxplot of precipitation (P) at Candavare station.	132
161	Histograms and boxplots of potential evapotranspiration (PET) by season in the Candavare station.	133
162	Comparative seasonal boxplot of potential evapotranspiration (PET) at Candavare station.	134
163	Histogramas y boxplots de P (mm/d) por estación en Candavare.	135
164	Boxplot comparativo estacional de P (mm/d) en Candavare.	135
165	Histogramas y boxplots de WS (m/s) por estación en Candavare.	136
166	Boxplot comparativo estacional de WS (m/s) en Candavare.	137

Índice de Tablas

1	Estadísticas descriptivas globales de las variables meteorológicas	13
2	Descriptive statistics of meteorological variables at the Ancachuro station	22
3	Descriptive statistics of meteorological variables at the Andahuaylas station	28
4	Estadísticas descriptivas de las variables meteorológicas en la estación Caraveli . . .	34
5	Descriptive statistics of meteorological variables at the Coracora station	40
6	Estadísticas descriptivas de las variables meteorológicas en la estación Cotahuasi . .	45
7	Estadísticas descriptivas de las variables meteorológicas en la estación Huambo . . .	51
8	Estadísticas descriptivas de las variables meteorológicas en la estación Huaraya . . .	56
9	Estadísticas descriptivas de las variables meteorológicas en la estación Imata	61
10	Estadísticas descriptivas de las variables meteorológicas en la estación Kayra	66
11	Estadísticas descriptivas de las variables meteorológicas en la estación Mañazo . . .	71
12	Estadísticas descriptivas de las variables meteorológicas en la estación Pampa Blanca	76
13	Estadísticas descriptivas de las variables meteorológicas en la estación Pizacoma . .	81
14	Descriptive statistics of meteorological variables at the Pucara station	87
15	Estadísticas descriptivas de las variables meteorológicas en la estación Punta Atico .	92
16	Estadísticas descriptivas de las variables meteorológicas en la estación Punta Coles .	97
17	Estadísticas descriptivas de las variables meteorológicas en la estación Sicuani	102
18	Estadísticas descriptivas de las variables meteorológicas en la estación Ubinas	107
19	Estadísticas descriptivas de las variables meteorológicas en la estación Yarada	112

CAPÍTULO I

ANÁLISIS GLOBAL DE DATOS METEOROLÓGICOS

1.1. Análisis Univariado

En esta sección se presentan los resultados del análisis univariado de las variables meteorológicas a nivel global, incluyendo estadísticas descriptivas y visualizaciones gráficas. Se analizan las siguientes variables: *precipitation* (P (mm/d)), *relative humidity* (RH (%)), *temperature* (T (°C)), *wind speed* (WS (m/s)) y *potential evapotranspiration* (PET (mm/d)). *Fuente de datos: Senamhi, periodo 1970–2023.*

1.1.1. Estadísticas Descriptivas Globales

Tabla 1

Estadísticas descriptivas globales de las variables meteorológicas

Statistic	P (mm)	RH (%)	T (°C)	WS (m/s)	PET (mm)
<i>n</i>	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	20.30	6.59	1.60	1.3917
Variance	3020.70	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	0.74	0.18
Skewness	1.97	-0.74	0.25	2.56	0.15
Kurtosis	4.06	-0.73	-0.18	19.76	-0.19

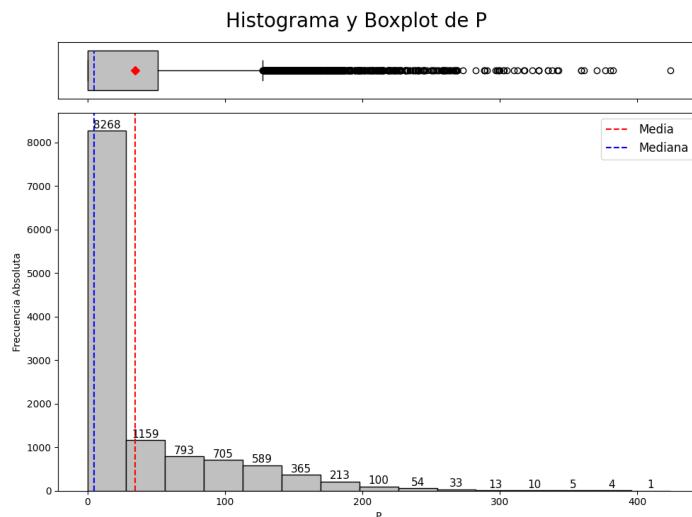
La Tabla 1 muestra un resumen estadístico global de las variables meteorológicas analizadas. La P (mm/d) presenta una alta asimetría positiva (*skewness* = 1.97) y curtosis elevada (*kurtosis* = 4.06), lo que refleja la ocurrencia de eventos extremos de precipitación en ciertas estaciones y épocas del año. La RH (%) muestra una distribución relativamente simétrica, con una baja variabilidad (coeficiente de variación = 0.20) y valores concentrados entre 58.6 % y 79.1 %. La T (°C) se distribuye de forma casi simétrica (*skewness* = 0.25), con una media de 13.06 °C y una desviación estándar moderada (4.92). La WS (m/s) destaca por su fuerte asimetría positiva (*skewness* = 2.56) y curtosis muy alta (*kurtosis* = 19.76), indicando la presencia de ráfagas puntuales intensas. Finalmente, la PET (mm/d) presenta una

distribución estable y baja dispersión (coeficiente de variación = 0.18), con valores próximos entre la media (5.72 mm) y la mediana (5.61 mm).

Precipitación (P (mm/d))

Figura 1

Histograma de la precipitación (P (mm/d)).



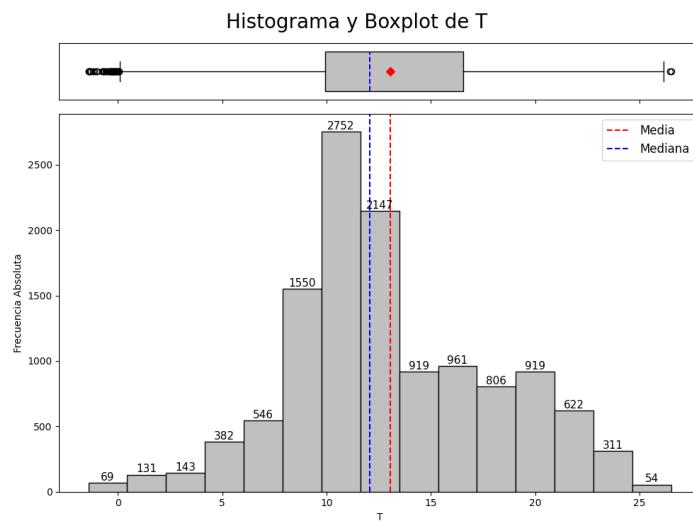
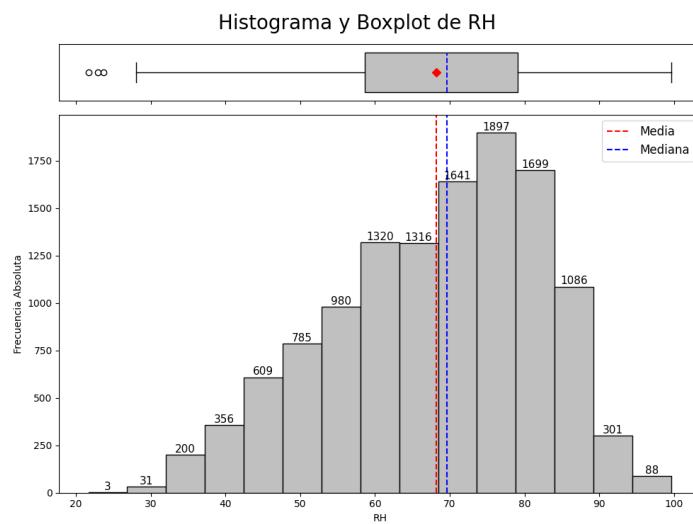
La Figura 1 muestra que la distribución de la P (mm/d) es altamente asimétrica hacia la derecha, con una *mean* considerablemente mayor que la *median*. La mayoría de los valores se concentra por debajo de 50 mm, mientras que los valores atípicos superiores reflejan eventos extremos de precipitación.

Temperatura (T (°C))

Según la Figura 2, la T (°C) presenta una distribución aproximadamente simétrica, con *mean* y *median* próximas. La mayor parte de los valores se sitúa entre 10 °C y 20 °C, indicando una dispersión moderada y escasa presencia de extremos.

Humedad relativa (RH (%))

La Figura 3 muestra que la RH (%) tiene una distribución sesgada levemente a la izquierda. La *median* supera ligeramente a la *mean*, y los valores se concentran entre 60 % y 90 %. Algunos valores

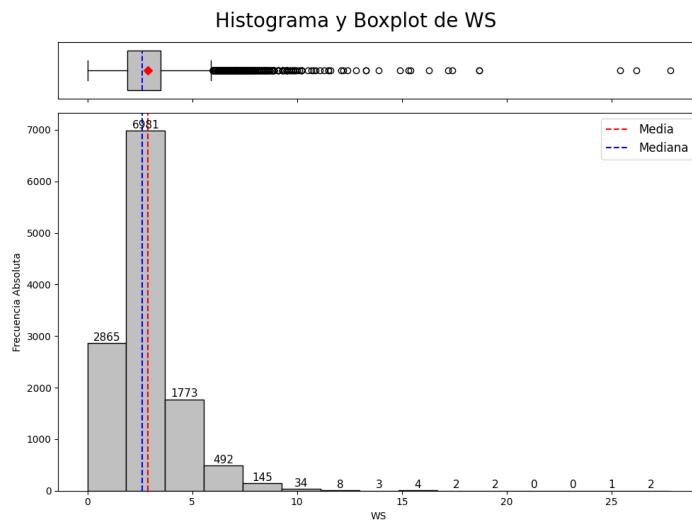
Figura 2*Histograma de la temperatura ($T (^{\circ}C)$).***Figura 3***Histograma de la humedad relativa (RH (%)).*

bajos podrían asociarse a condiciones secas atípicas.

Velocidad del viento (WS (m/s))

Figura 4

Histograma de la velocidad del viento (WS (m/s)).



Como se observa en la Figura 4, la WS (m/s) presenta una fuerte asimetría positiva, con valores concentrados por debajo de 5 m s^{-1} . La presencia de valores atípicos altos indica eventos esporádicos de vientos intensos, reflejados también en la elevada *skewness* y *kurtosis*.

Evapotranspiración potencial (PET (mm/d))

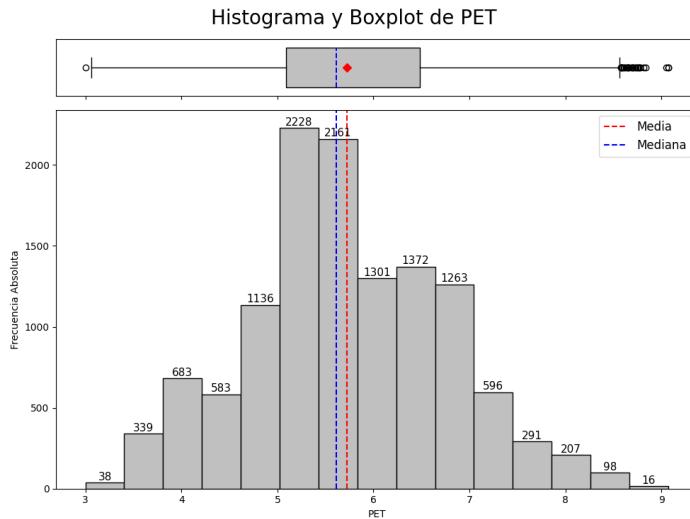
La Figura 5 evidencia que la PET (mm/d) tiene una distribución casi simétrica, con *mean* y *median* cercanas a 5,7 mm. La baja dispersión y escasa cantidad de valores atípicos reflejan estabilidad y uniformidad en su comportamiento.

1.2. Análisis Bivariado Global

Se presenta a continuación el análisis bivariado entre las principales variables meteorológicas: P (mm/d), T ($^{\circ}\text{C}$), RH (%), WS (m/s) y PET (mm/d), considerando tanto dependencias lineales (mediante coeficientes de correlación de Pearson) como relaciones no lineales (evaluadas a través de información mutua). Asimismo, se incluye un análisis gráfico mediante diagramas de dispersión pa-

Figura 5

Histograma de la evapotranspiración potencial (PET (mm/d)).



reados.

1.2.1. Matriz de Correlación

La Figura 6 revela asociaciones lineales moderadas entre algunas variables. Destaca la correlación positiva entre T ($^{\circ}$ C) y PET (mm/d), mientras que P (mm/d) muestra correlaciones débiles con el resto, lo que sugiere comportamientos más complejos o no lineales.

1.2.2. Análisis de Información Mutua

El análisis de información mutua permite identificar relaciones no lineales entre pares de variables. Las siguientes figuras presentan esta métrica al considerar cada variable como objetivo dependiente.

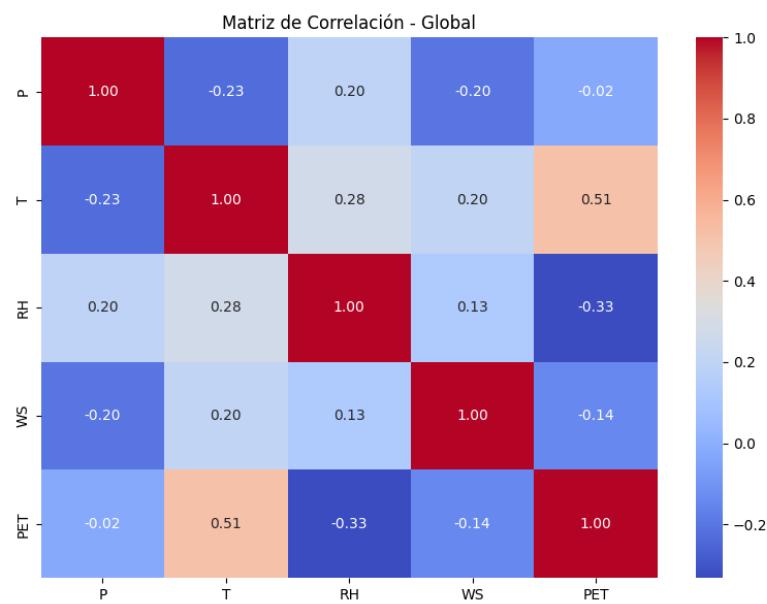
A partir de las Figuras 7 a 11, se evidencia que la T ($^{\circ}$ C) es consistentemente una de las variables con mayor poder explicativo, destacando especialmente para la predicción de PET (mm/d), con un valor de información mutua superior a 0.7. La RH (%) también muestra relevancia en distintos contextos, mientras que WS (m/s) y P (mm/d) presentan menor contribución relativa. Este análisis complementa la correlación lineal al capturar dependencias más complejas.

1.2.3. Gráfico de Dispersión Pareado (Pairplot)

La Figura 12 permite examinar visualmente las relaciones entre pares de variables. Se observa una tendencia positiva entre T ($^{\circ}$ C) y PET (mm/d), y una relación más dispersa entre P (mm/d) y las demás

Figura 6

Matriz de correlación de variables meteorológicas a nivel global.

**Figura 7**

Información mutua con variable objetivo: P (mm/d).

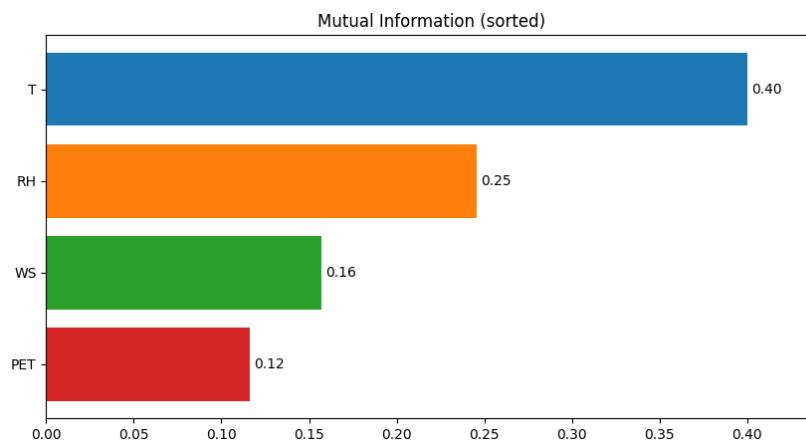
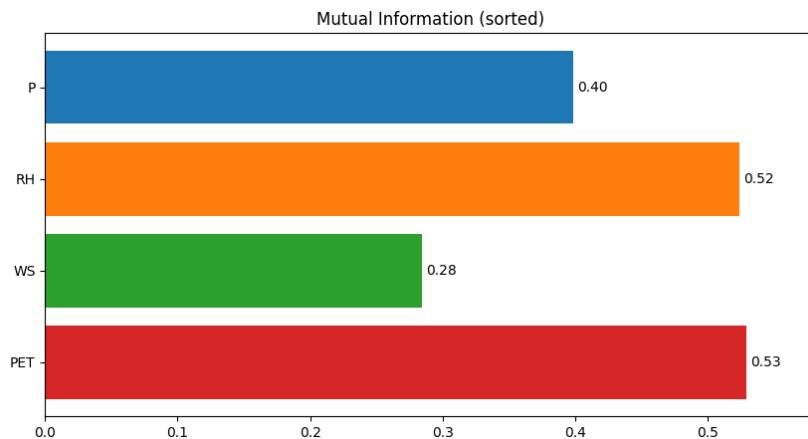
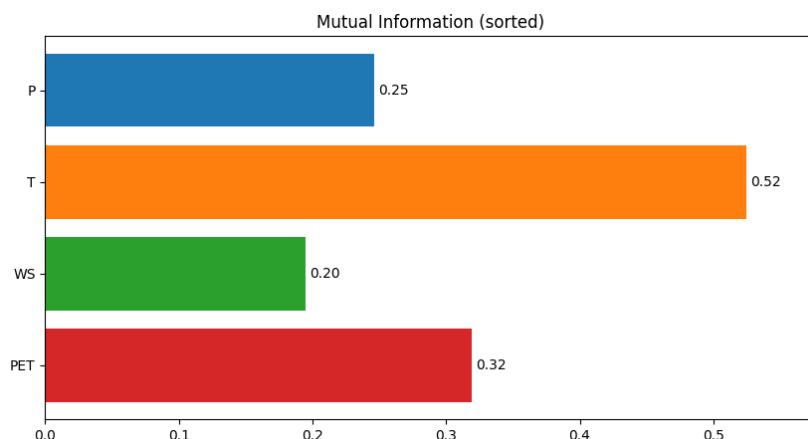


Figura 8

Información mutua con variable objetivo: T ($^{\circ}C$).

**Figura 9**

Información mutua con variable objetivo: RH (%).

**Figura 10**

Información mutua con variable objetivo: WS (m/s).

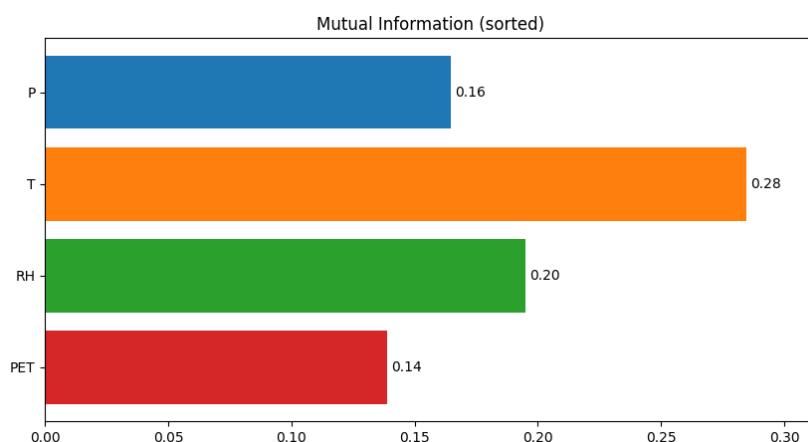


Figura 11

Información mutua con variable objetivo: PET (mm/d).

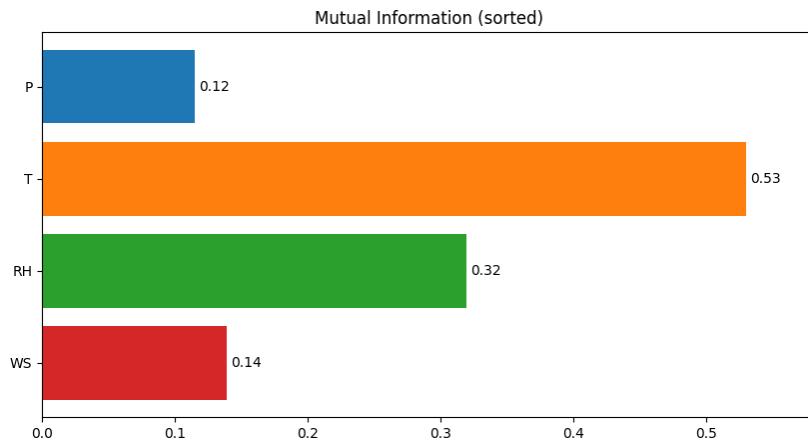
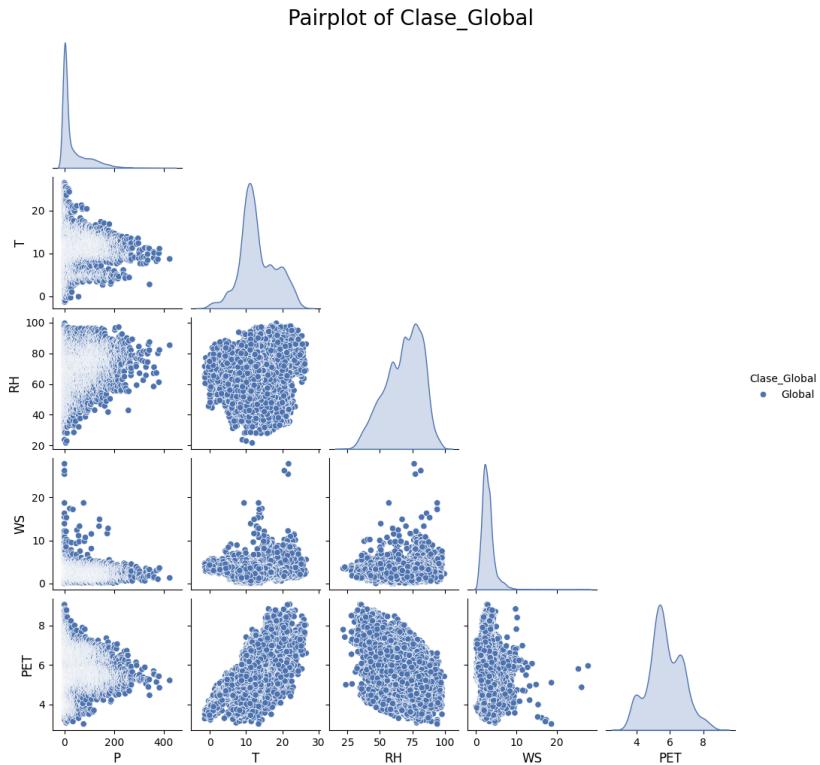
**Figura 12**

Gráfico de dispersión pareado entre variables meteorológicas globales.



variables. Las distribuciones marginales en la diagonal principal evidencian sesgos, como asimetría en P (mm/d) y WS (m/s), en concordancia con el análisis univariado.

CAPÍTULO II

ANALISIS DE DATOS POR ESTACIÓN METEOROLÓGICA

2.1. 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.

2.1.1. Estadísticas Descriptivas

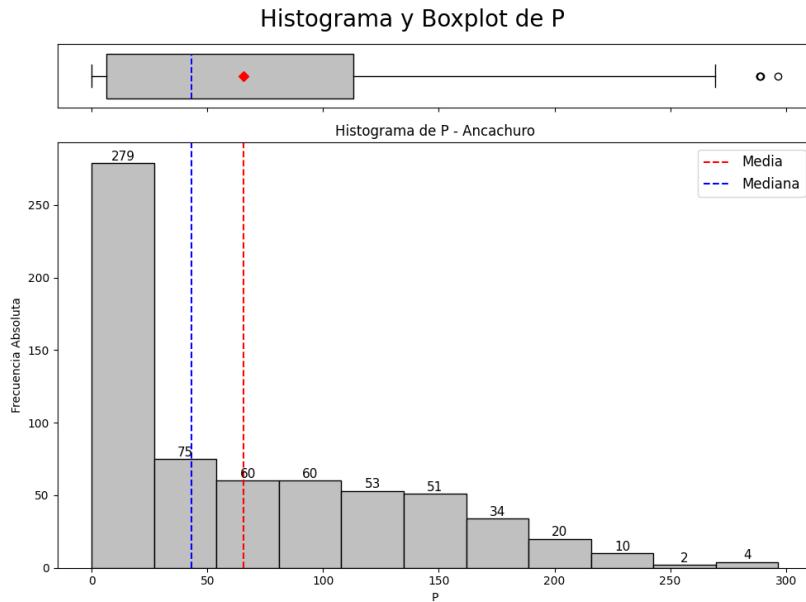
Tabla 2

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	0.70	3.13
1st Quartile	6.30	67.27	10.71	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	0.71
Variance	4478.19	56.82	2.02	0.73	0.76
Standard Deviation	66.92	7.54	1.42	0.71	0.71
Coefficient of Variation	1.02	0.10	0.12	0.31	0.15
Skewness	0.72	0.08	-0.72	-0.09	-0.76
Kurtosis	0.01	-0.20	-0.77	-0.76	-0.25

La Tabla 2 muestra que la P (mm/d) presenta una alta variabilidad y una asimetría positiva (*skewness*), lo que sugiere la presencia de eventos extremos de precipitación. La RH (%) se concentra principalmente entre 67 % y 77 %, con una distribución prácticamente simétrica. La T (°C) muestra una ligera asimetría negativa, mientras que la WS (m/s) tiene una distribución aproximadamente simétrica. Por su parte, la PET (mm/d) evidencia una distribución estable con ligera asimetría hacia la izquierda.

Figura 13
Histograma de la P (mm/d) en la estación Ancachuro.



2.1.2. Análisis Univariado

P (mm/d)

La Figura 13 muestra que la distribución de la P (mm/d) está fuertemente sesgada a la derecha. La mayoría de los registros se encuentran por debajo de los 100 mm, aunque se presentan eventos extremos superiores a 250 mm. Esta asimetría se refleja en la diferencia entre la media y la mediana.

T (°C)

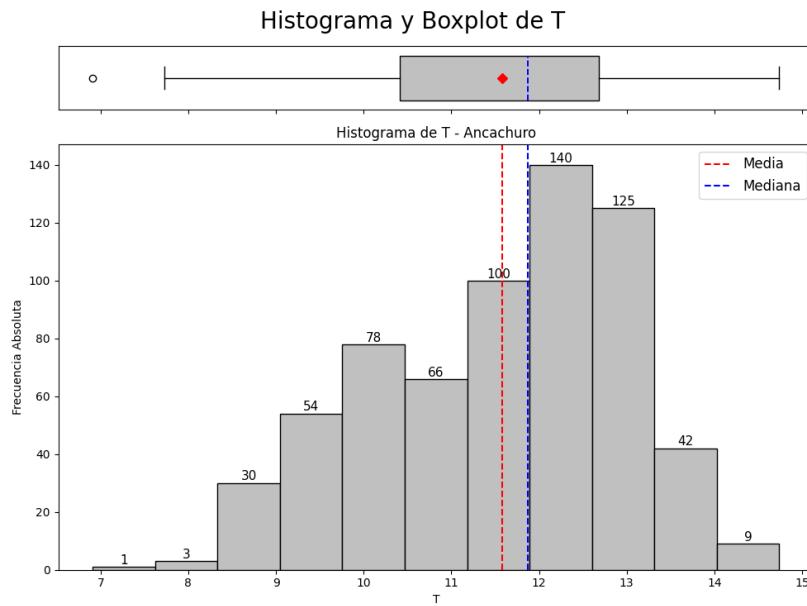
Como se observa en la Figura 14, la T (°C) presenta una distribución relativamente simétrica, con ligera asimetría negativa. La mayor concentración de datos se sitúa entre 10 y 13 °C.

RH (%)

En la Figura 15 se aprecia que la RH (%) se concentra principalmente entre 65 % y 80 %, con una leve simetría general y algunos valores atípicos bajos.

Figura 14

Histograma de la T (°C) en la estación Ancachuro.

**Figura 15**

Histograma de la RH (%) en la estación Ancachuro.

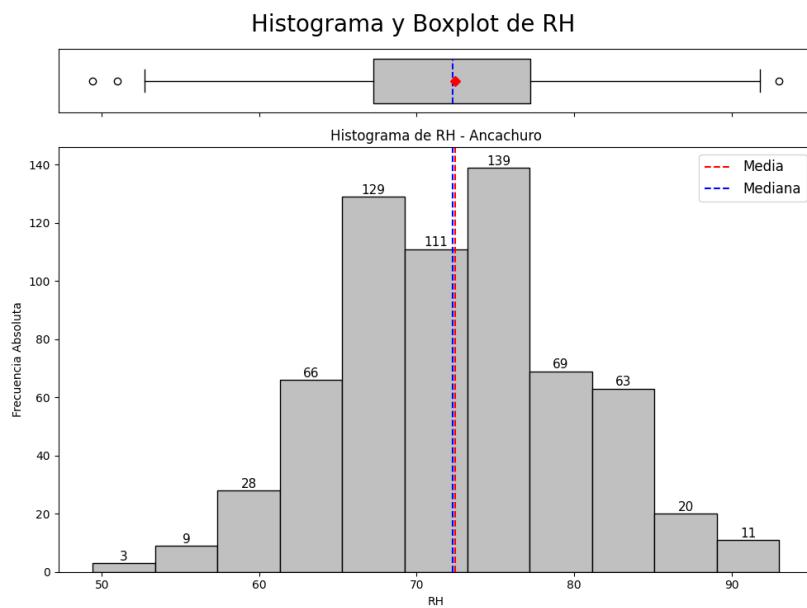
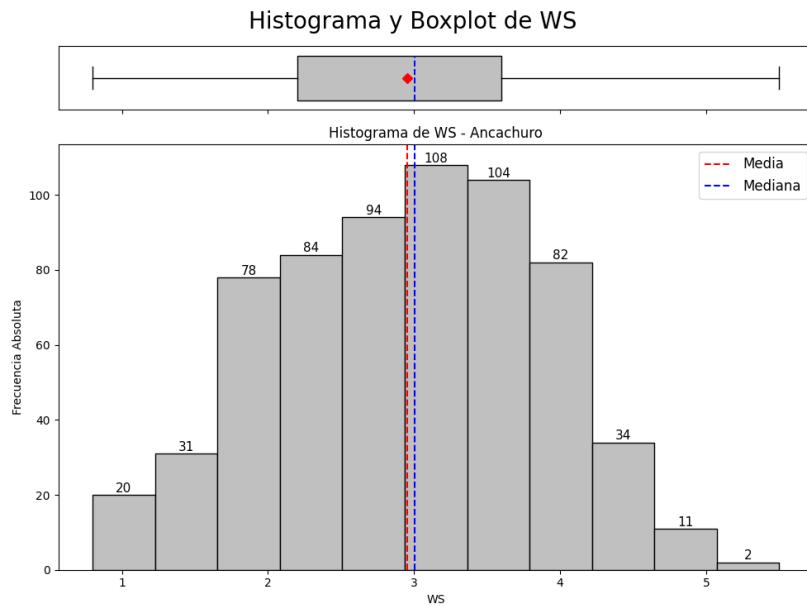


Figura 16
Histograma de la WS (m/s) en la estación Ancachuro.



WS (m/s)

La Figura 16 indica que la WS (m/s) muestra una distribución aproximadamente simétrica, con valores centrados alrededor de 3 m/s. La mayoría de los datos se ubican entre 2 y 4 m/s.

PET (mm/d)

De acuerdo con la Figura 17, la PET (mm/d) presenta una distribución relativamente concentrada, con ligera asimetría negativa. Los valores se agrupan principalmente alrededor de los 5.2 mm, y se identifican pocos valores extremos.

2.1.3. Análisis Bivariado

Matriz de Correlación

La Figura 18 revela una correlación positiva fuerte entre T ($^{\circ}$ C) y PET (mm/d) ($r \approx 0,70$), así como entre P (mm/d) y T ($^{\circ}$ C) ($r \approx 0,75$). Estas asociaciones indican que el aumento de la temperatura está vinculado tanto a una mayor evapotranspiración como a un incremento en los registros de precipitación. En contraste, la RH (%) y la WS (m/s) muestran correlaciones débiles con el resto de variables.

Figura 17
Histograma de la PET (mm/d) en la estación Ancachuro.

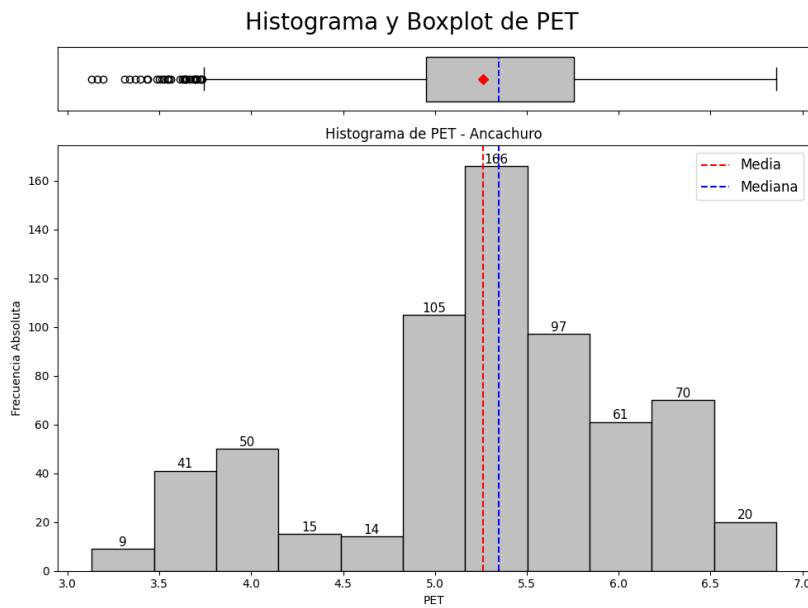


Figura 18
Matriz de correlación de las variables meteorológicas en la estación Ancachuro.

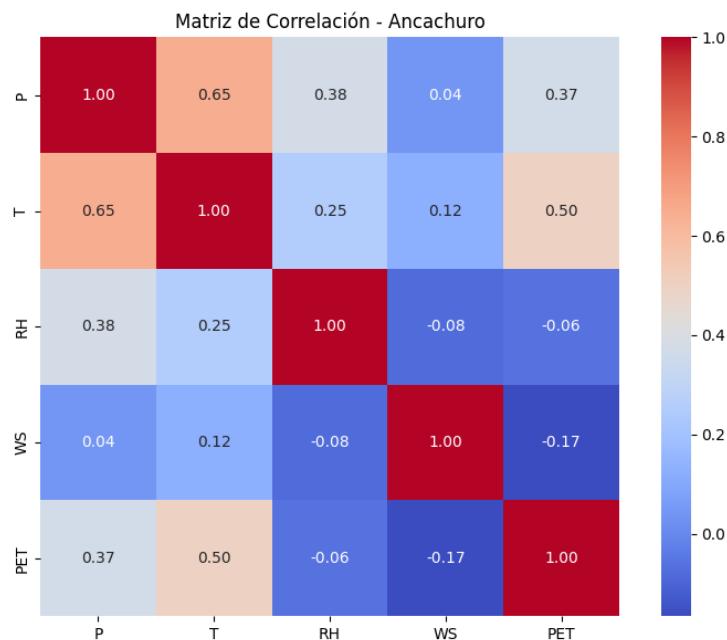
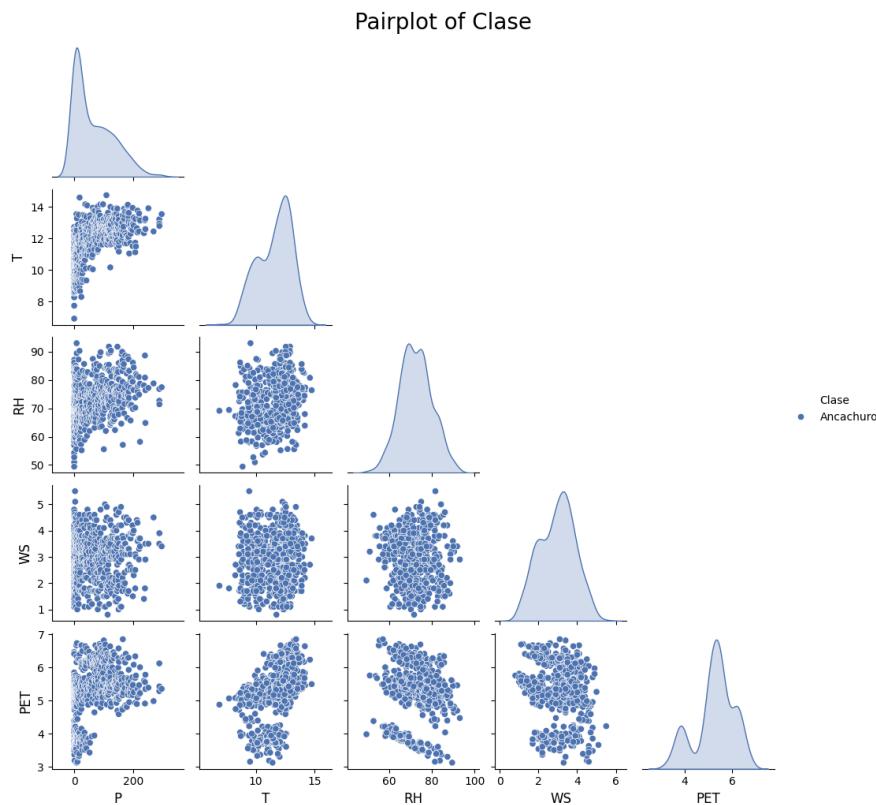


Gráfico de Pares (Pairplot)

Figura 19

Gráfico de pares (pairplot) de las variables meteorológicas en la estación Ancachuro.



El gráfico de la Figura 19 complementa el análisis anterior al mostrar visualmente las relaciones bivariadas. Se evidencia una asociación creciente entre T ($^{\circ}\text{C}$) y PET (mm/d), así como una relación positiva entre P (mm/d) y T ($^{\circ}\text{C}$). Las variables RH (%) y WS (m/s) presentan nubes de puntos dispersas, lo que refuerza la baja dependencia lineal observada en la matriz de correlación.

2.2. 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.

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	0.70	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	0.77
Variance	2450.00	65.16	1.65	0.71	0.36
Standard Deviation	49.50	8.07	1.29	0.78	0.70
Coefficient of Variation	0.71	0.10	0.10	0.31	0.12
Skewness	1.06	0.24	-0.24	1.39	-0.13
Kurtosis	0.74	-0.76	-0.75	3.48	-0.77

2.2.1. Estadísticas Descriptivas

La Tabla ?? muestra que la P (mm/d) presenta una alta variabilidad y *skewness* positiva, lo que indica la ocurrencia de eventos extremos de precipitación. La RH (%) está centrada entre 74 % y 86 %, con una ligera asimetría hacia la derecha. La T (°C) presenta una leve simetría hacia la izquierda. La WS (m/s) exhibe asimetría positiva, asociada a ráfagas de viento ocasionales. Finalmente, la PET (mm/d) se comporta de forma relativamente estable, con una leve *skewness* negativa.

2.2.2. Análisis Univariado

P (mm/d)

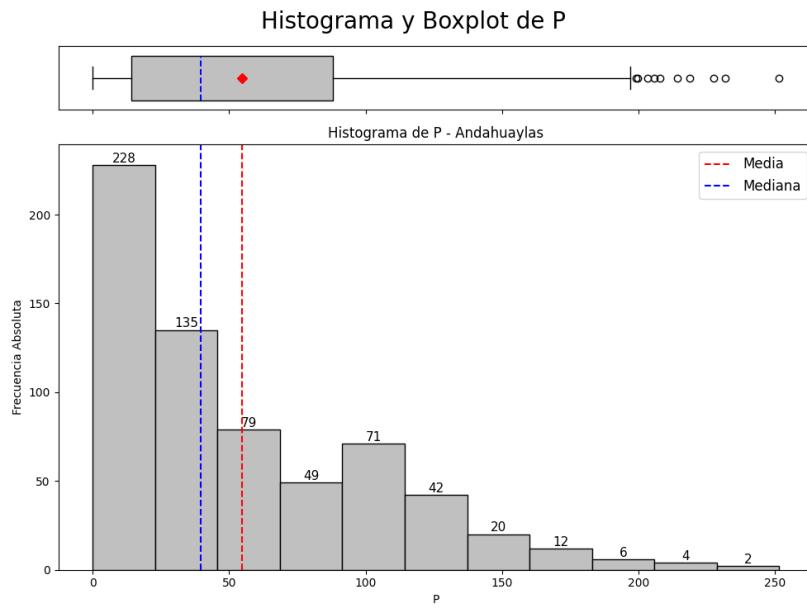
La Figura 20 muestra que la distribución de la P (mm/d) en la estación Andahuaylas es altamente asimétrica hacia la derecha. La mayoría de los valores se concentran por debajo de 100 mm, con eventos extremos que superan los 250 mm, lo que explica la marcada diferencia entre la media y la mediana.

T (°C)

En la Figura 21, se observa que la T (°C) presenta una distribución moderadamente simétrica, con leve *skewness* negativa. Los registros predominan entre 12 y 15 °C, con valores extremos moderados.

Figura 20

Histograma y boxplot de la P (mm/d) en la estación Andahuaylas.

**Figura 21**

Histograma y boxplot de la T (°C) en la estación Andahuaylas.

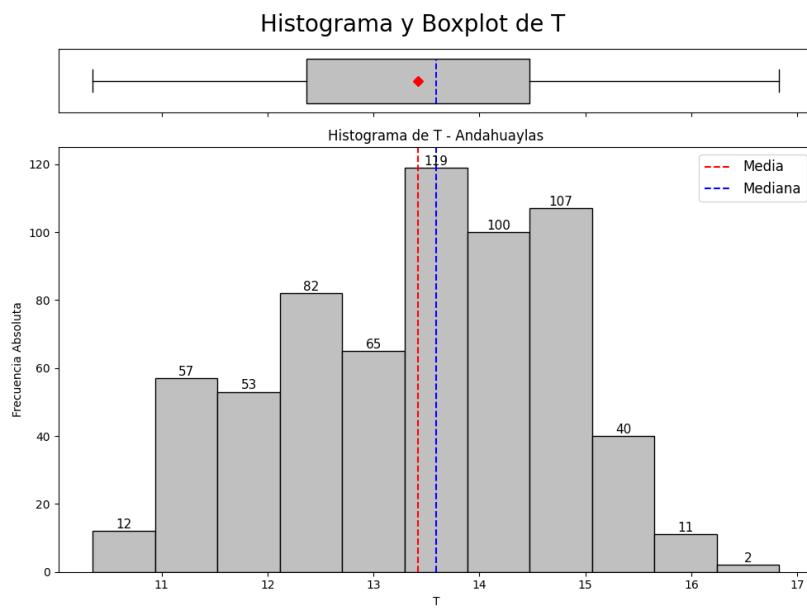
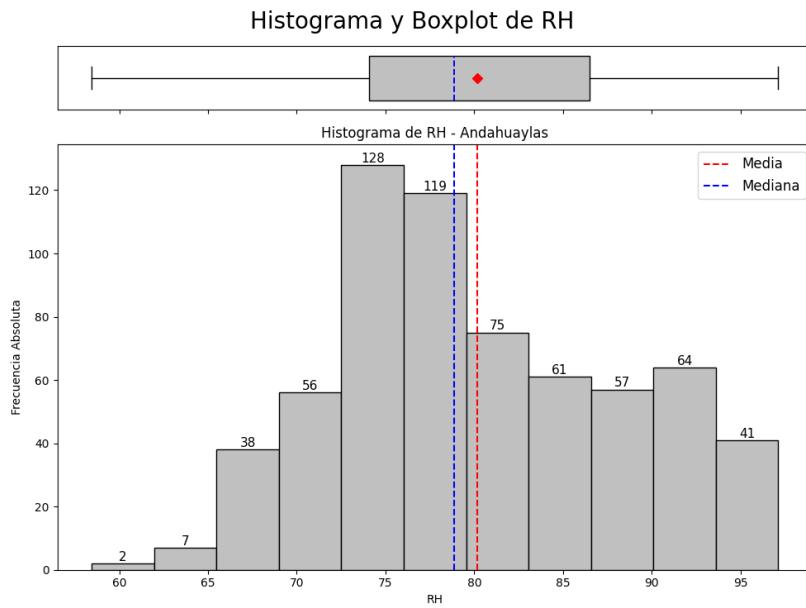


Figura 22

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



RH (%)

La Figura 22 indica que la RH (%) está centrada entre 70% y 90%, con una ligera asimetría positiva y algunos valores extremos bajos, reflejo de condiciones de humedad relativa atípicamente baja en ciertos períodos.

WS (m/s)

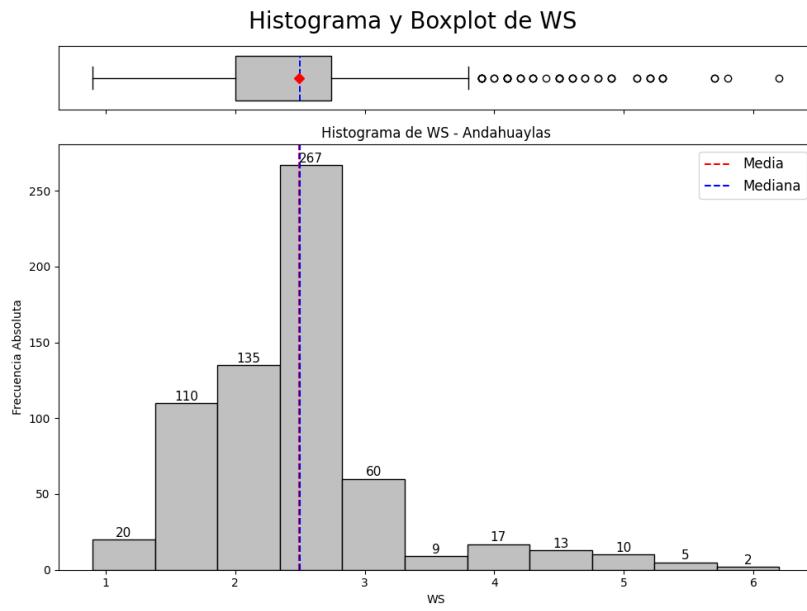
Según la Figura 23, la WS (m/s) presenta una distribución sesgada hacia la derecha, con la mayoría de los valores concentrados entre 2 y 3 ms^{-1} . Se identifican valores atípicos de hasta 6.2 ms^{-1} , indicativos de ráfagas de viento inusuales.

PET (mm/d)

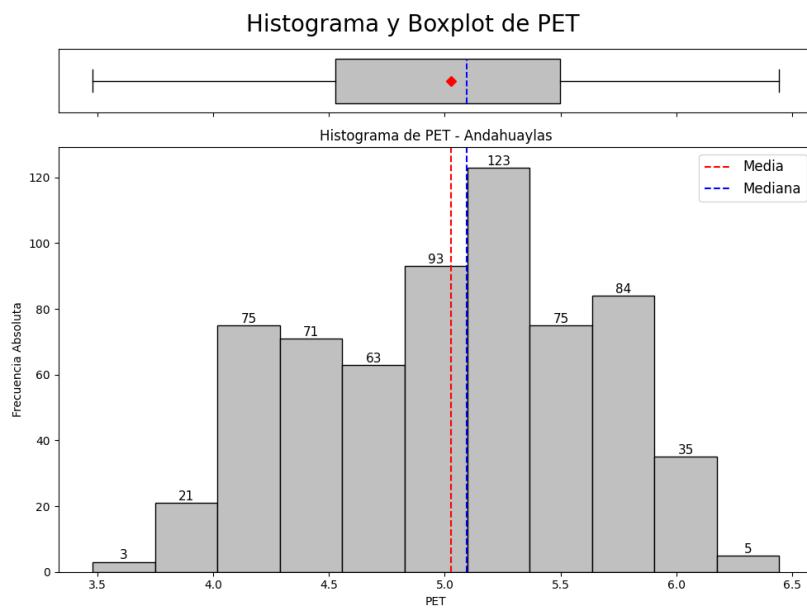
Finalmente, en la Figura 24, la PET (mm/d) muestra una distribución relativamente estable, con valores entre 4.5 y 6.5 mm y una ligera *skewness* negativa. Esta estabilidad sugiere condiciones consistentes de demanda atmosférica de evaporación.

Figura 23

Histograma y boxplot de la WS (m/s) en la estación Andahuaylas.

**Figura 24**

Histograma y boxplot de la PET (mm/d) en la estación Andahuaylas.

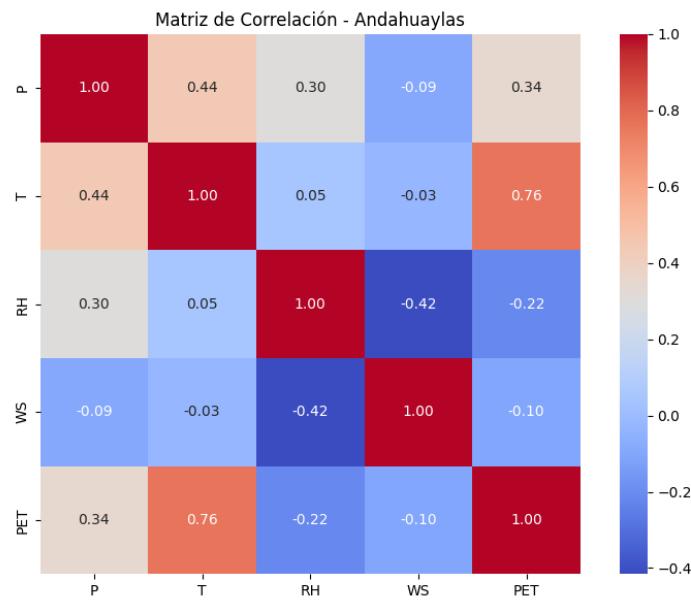


2.2.3. Análisis Bivariado

Matriz de Correlación

Figura 25

Matriz de correlación de las variables meteorológicas en Andahuaylas.



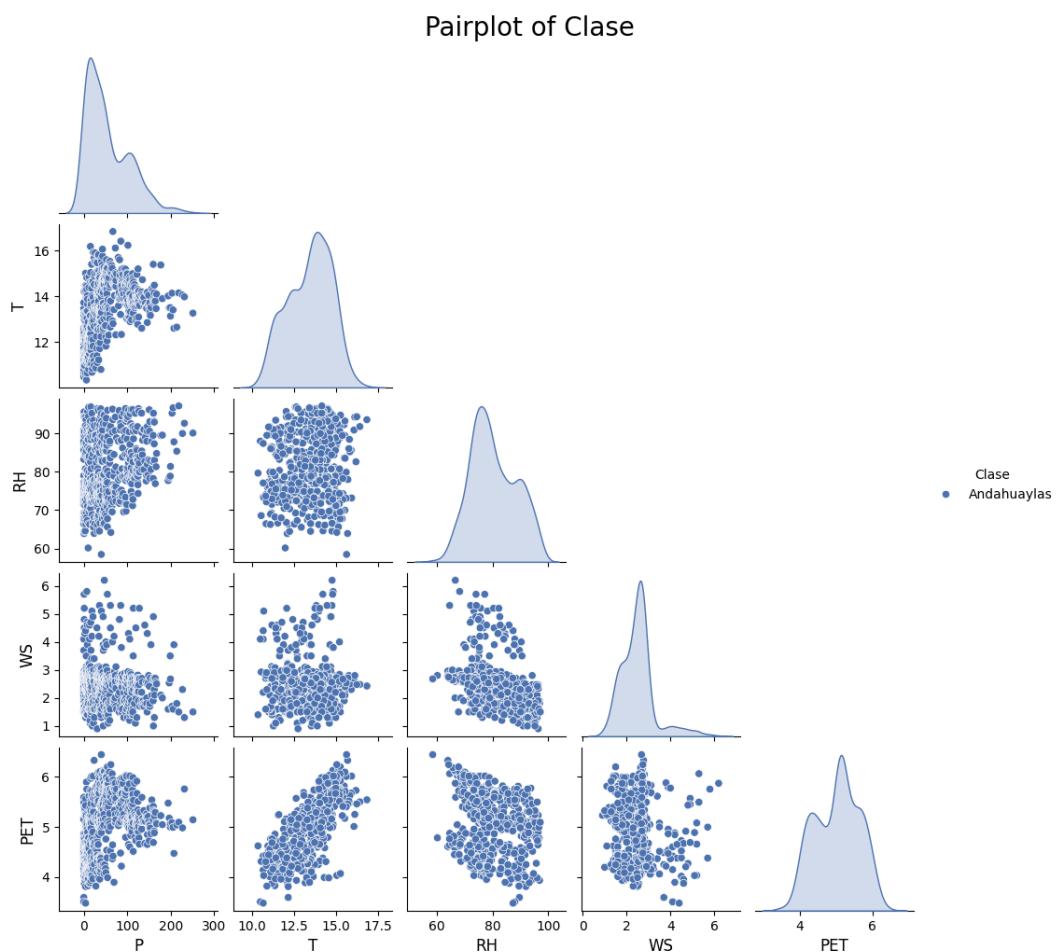
La matriz de correlación presentada en la Figura 25 revela una fuerte correlación positiva entre T ($^{\circ}\text{C}$) y PET (mm/d) ($r = 0,76$), lo que refleja la influencia directa de la temperatura sobre la demanda evaporativa. Además, se observa una correlación moderada entre P (mm/d) y T ($^{\circ}\text{C}$) ($r = 0,74$), posiblemente relacionada con procesos convectivos. Las correlaciones que involucran RH (%) y WS (m/s) son en general bajas o negativas, sugiriendo relaciones débiles o inversas.

Gráfico de Pares (Pairplot)

El pairplot de la Figura 26 corrobora visualmente estos hallazgos. Se evidencia una fuerte asociación entre T ($^{\circ}\text{C}$) y PET (mm/d), así como una relación positiva entre P (mm/d) y T ($^{\circ}\text{C}$). La RH (%) muestra una relación inversa con PET (mm/d) y WS (m/s), mientras que las combinaciones que incluyen WS (m/s) presentan mayor dispersión, lo que indica variabilidad local o menor dependencia directa con las demás variables.

Figura 26

Pairplot de las variables meteorológicas en la estación Andahuaylas.



2.3. 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.

2.3.1. Estadísticas Descriptivas

Tabla 4

Estadísticas descriptivas de las variables meteorológicas en la estación Caraveli

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	32.21	16.74	0.70	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	20.71	2.60	7.95
Maximum	89.90	82.71	23.50	4.80	9.07
Range	89.90	50.70	6.76	4.00	3.23
Interquartile Range	1.60	15.81	1.46	0.70	0.79
Variance	67.75	120.76	1.08	0.32	0.38
Standard Deviation	8.23	10.78	1.04	0.76	0.71
Coefficient of Variation	2.82	0.20	0.05	0.24	0.08
Skewness	5.65	0.13	0.14	0.76	-0.13
Kurtosis	42.79	-0.73	0.07	1.07	-0.39

La tabla 4 muestra las estadísticas descriptivas de las variables meteorológicas registradas en la estación Caraveli. La P (mm/d) presenta valores extremadamente bajos en la mayoría de observaciones, con una fuerte asimetría positiva (*skewness*), reflejada en una *kurtosis* muy elevada, lo cual indica la ocurrencia de eventos de precipitación extremos y poco frecuentes. La RH (%) y la T (°C) exhiben distribuciones moderadamente simétricas, con ligeras variaciones alrededor de sus medias. En cuanto a la WS (m/s), los datos muestran una leve asimetría hacia la derecha, mientras que la PET (mm/d) mantiene una distribución estable con dispersión reducida y *skewness* negativa leve, lo que sugiere consistencia en las tasas de evapotranspiración potencial en la zona.

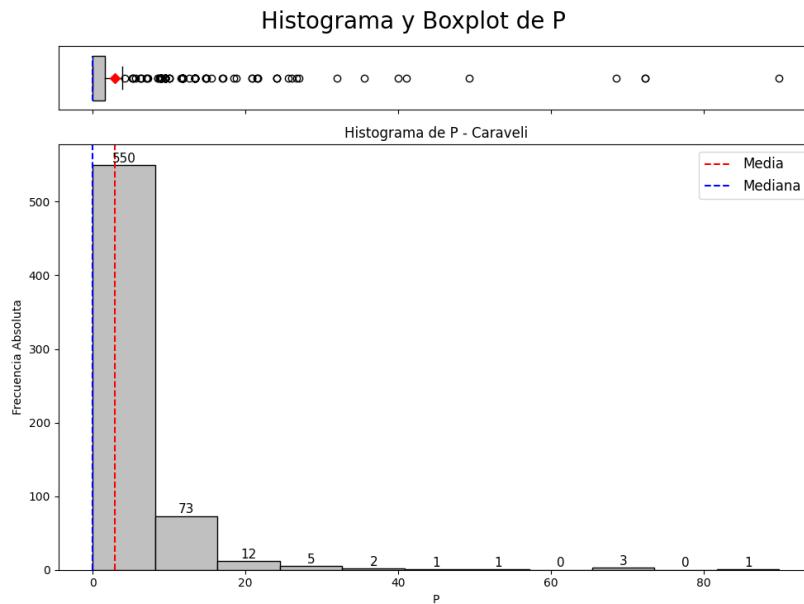
2.3.2. Análisis Univariado

P (mm/d)

La Figura 27 muestra el histograma y boxplot de la P (mm/d) en Caraveli. La mayoría de los registros se concentran en cero milímetros, indicando escasa ocurrencia de lluvia. La distribución es fuertemente asimétrica a la derecha, con una media considerablemente mayor que la mediana debido

Figura 27

Histograma y boxplot de la P (mm/d) en la estación Caraveli.



a eventos extremos aislados.

T (°C)

En la Figura 28, se observa que la T (°C) presenta una distribución bastante simétrica, con valores centrados en torno a los 20 °C. La dispersión es reducida, lo que refleja estabilidad térmica en esta estación.

RH (%)

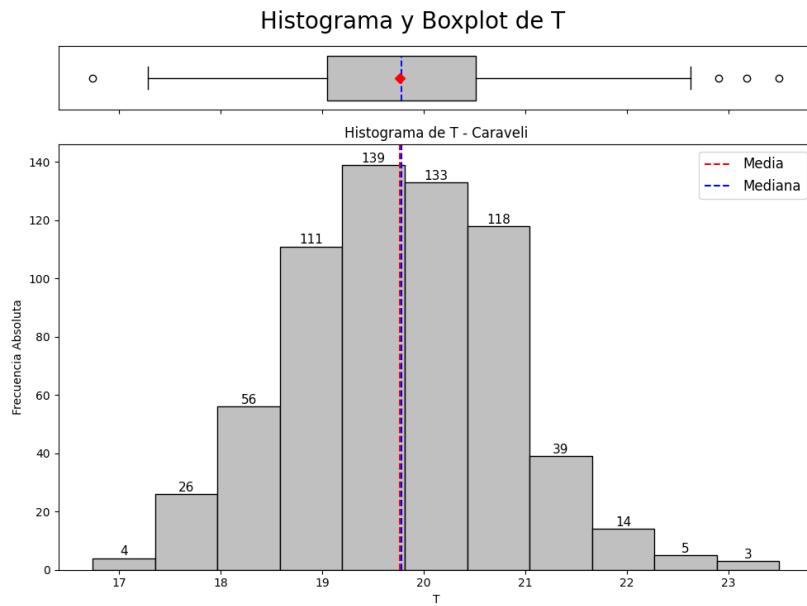
La Figura 29 representa la distribución de la RH (%), la cual muestra una forma algo simétrica. El rango de valores es amplio, desde menos del 40

WS (m/s)

En la Figura 30, la WS (m/s) se concentra principalmente entre 1.5 y 3.0m/s. Existen algunos valores atípicos por encima de 4.5m/s, los cuales representan posibles ráfagas o eventos intensos de viento.

Figura 28

Histograma y boxplot de la T ($^{\circ}\text{C}$) en la estación Caraveli.

**Figura 29**

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

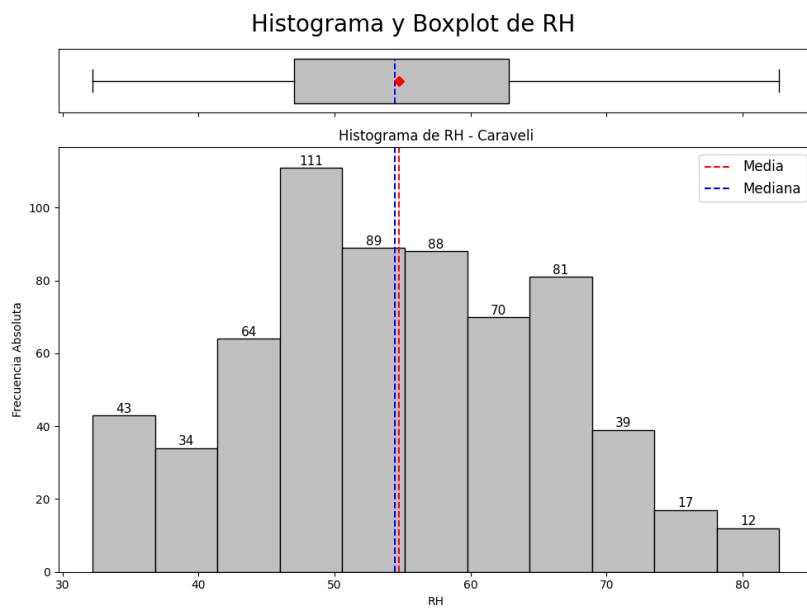
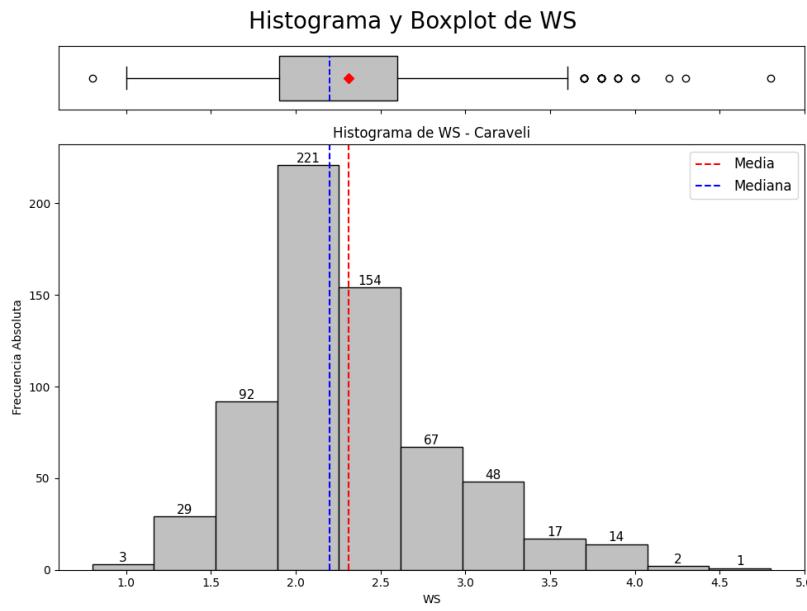
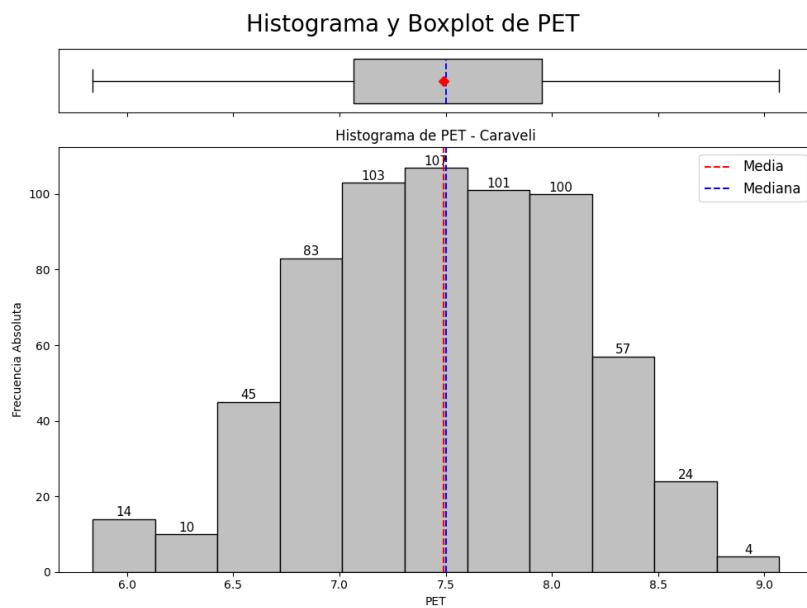


Figura 30

Histograma y boxplot de la WS (m/s) en la estación Caraveli.

**Figura 31**

Histograma y boxplot de la PET (mm/d) en la estación Caraveli.



PET (mm/d)

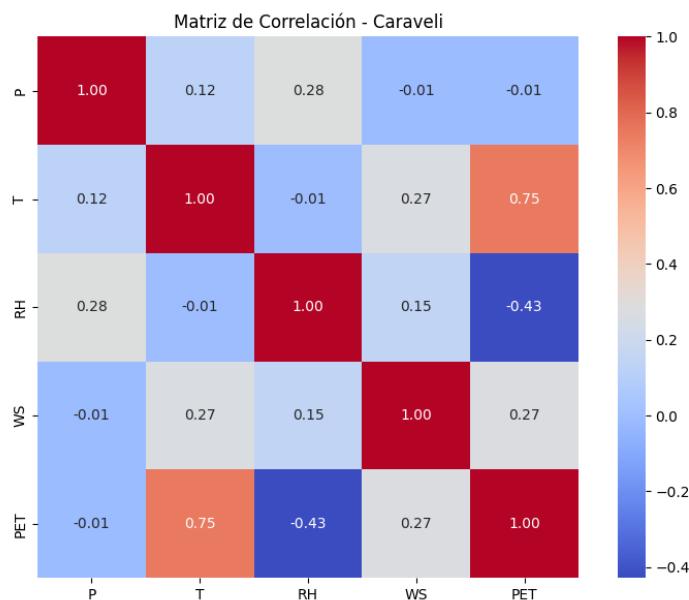
La Figura 31 muestra que la PET (mm/d) se agrupa alrededor de los 7.5 mm, con una distribución bastante simétrica y baja variabilidad, lo que sugiere una evapotranspiración constante en la zona.

2.3.3. Análisis Bivariado

Matriz de Correlación

Figura 32

Matriz de correlación de las variables meteorológicas en Caraveli.



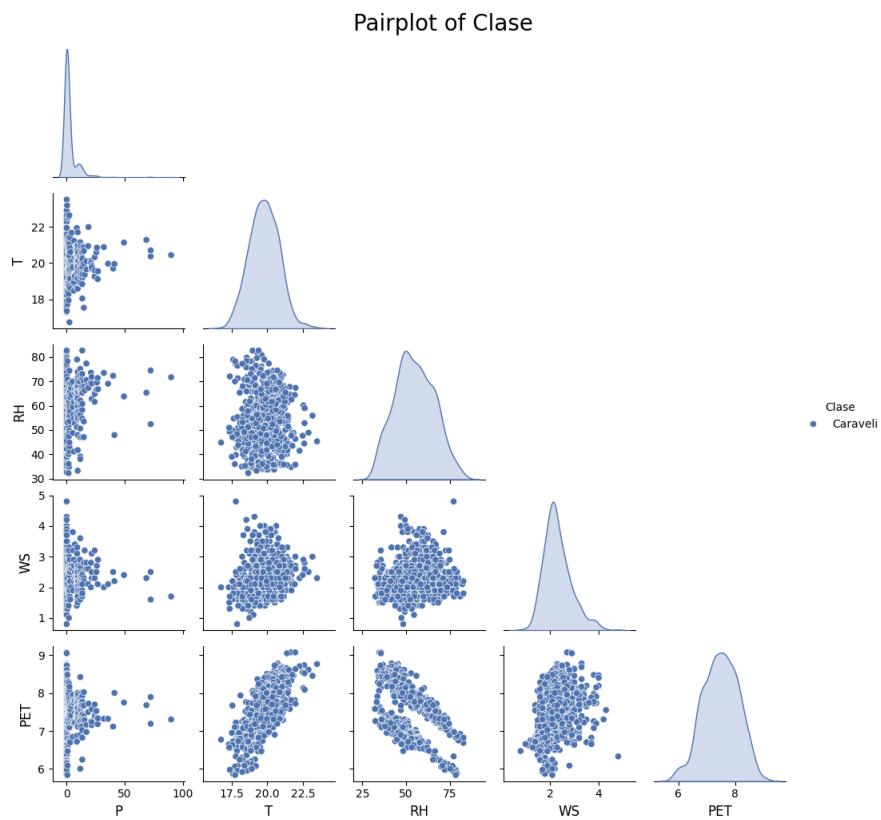
La Figura 32 evidencia una fuerte correlación positiva entre T ($^{\circ}\text{C}$) y PET (mm/d) ($r = 0.75$). Asimismo, se observa una correlación negativa entre RH (%) y PET (mm/d) ($r = -0.73$), lo que sugiere que a menor humedad relativa, mayor es la demanda evaporativa. Las demás relaciones son débiles o moderadas.

Gráfico de Pares (Pairplot)

La Figura 33 confirma visualmente las correlaciones observadas: una asociación positiva clara entre T ($^{\circ}\text{C}$) y PET (mm/d), así como una relación inversa leve entre RH (%) y PET (mm/d). No se aprecian patrones marcados en otras combinaciones de variables.

Figura 33

Pairplot de las variables meteorológicas en la estación Caraveli.



2.4. 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.

2.4.1. Estadísticas Descriptivas

Tabla 5

Descriptive statistics of meteorological variables at the Coracora 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	37.02	9.11	0.00	3.36
1st Quartile	0.00	56.87	10.79	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	90.71	15.00	15.40	7.23
Range	382.70	53.89	5.89	15.40	3.88
Interquartile Range	51.63	20.74	1.93	0.77	0.70
Variance	3399.42	170.73	1.39	1.70	0.77
Standard Deviation	58.30	13.07	1.18	1.30	0.72
Coefficient of Variation	1.58	0.19	0.10	0.74	0.15
Skewness	2.08	-0.19	0.01	6.16	-0.39
Kurtosis	5.00	-0.79	-0.73	51.93	-0.36

Como se observa en la Tabla 5, la P (mm/d) presenta una *skewness* positiva marcada y alta dispersión, lo que evidencia la ocurrencia de eventos extremos de lluvia. La RH (%) exhibe una distribución relativamente simétrica. La T (°C) está centrada en torno a 11,8 °C, con baja variabilidad. La WS (m/s) muestra valores extremos que indican ráfagas poco frecuentes. Por su parte, la PET (mm/d) presenta una distribución simétrica y concentrada, reflejando estabilidad en la demanda evaporativa.

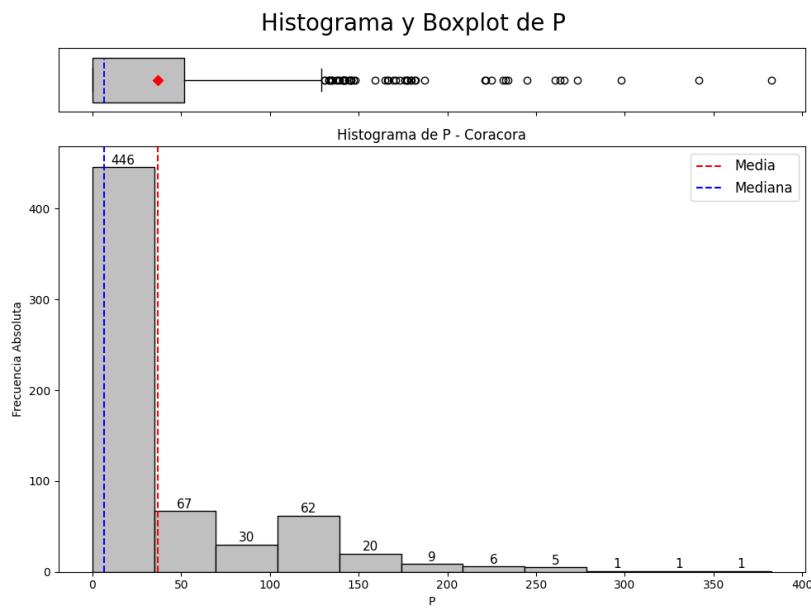
2.4.2. Análisis Univariado

P (mm/d)

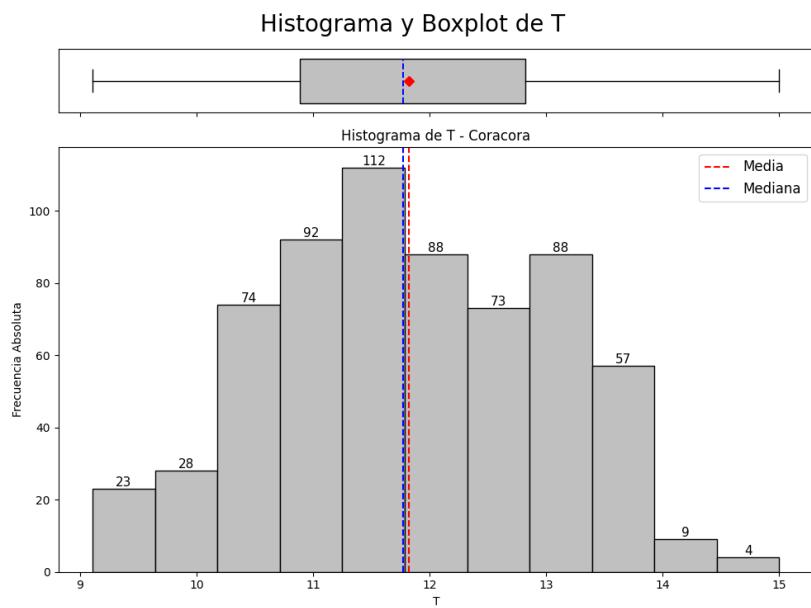
La Figura 34 muestra que la P (mm/d) presenta una distribución extremadamente sesgada a la derecha, con una gran concentración de valores bajos y presencia de eventos extremos de precipitación. La mayoría de los registros se sitúan por debajo de 100 mm, con algunos picos que superan los 300 mm, lo que explica la diferencia entre la media y la mediana.

Figura 34

Histograma y boxplot de la P (mm/d) en la estación Coracora.

**Figura 35**

Histograma y boxplot de la T (°C) en la estación Coracora.

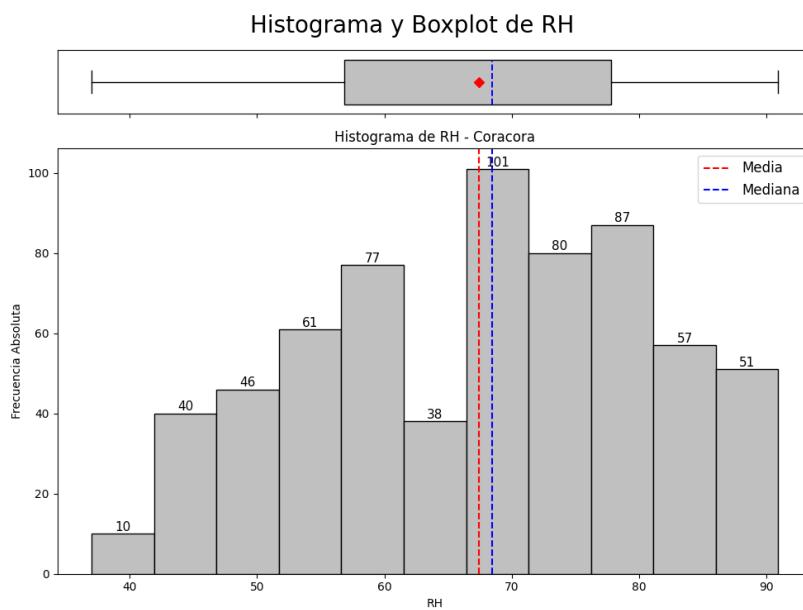


T (°C)

Como se observa en la Figura 35, la T (°C) muestra una distribución simétrica con ligera tendencia positiva. La mayoría de los valores están comprendidos entre 10 y 13 °C.

RH (%)**Figura 36**

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



En la Figura 36, se aprecia que la RH (%) tiene una distribución amplia, con valores que oscilan entre 40 % y 90 %, y ligera *skewness* negativa.

WS (m/s)

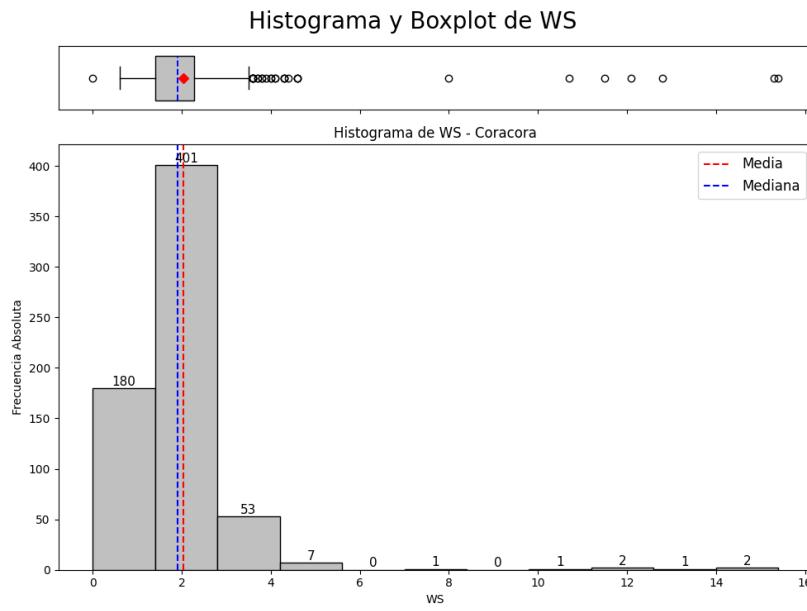
La Figura 37 revela que la WS (m/s) se concentra mayoritariamente entre 1 y 3 m/s, con presencia de valores extremos que alcanzan los 15 m/s.

PET (mm/d)

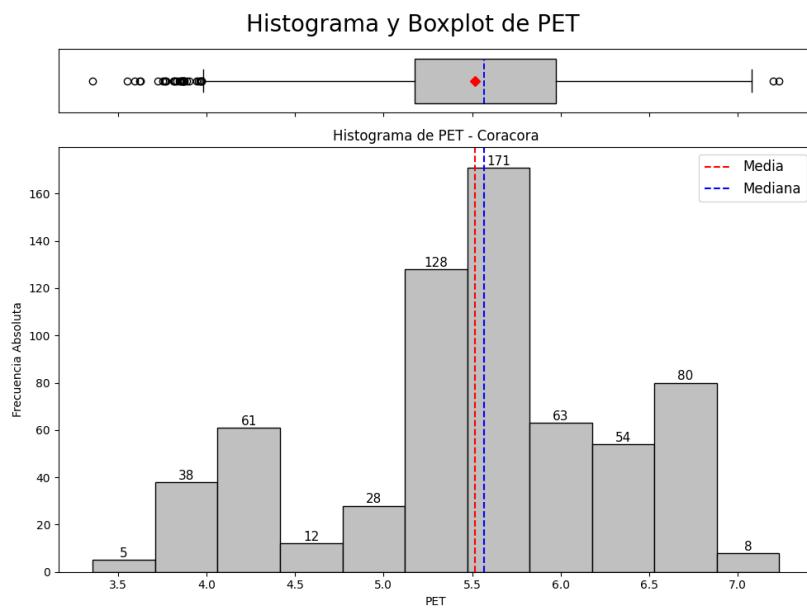
La Figura 38 indica que la PET (mm/d) presenta una distribución simétrica con ligera *skewness* negativa, centrada entre 5 y 6 mm.

Figura 37

Histograma y boxplot de la WS (m/s) en la estación Coracora.

**Figura 38**

Histograma y boxplot de la PET (mm/d) en la estación Coracora.

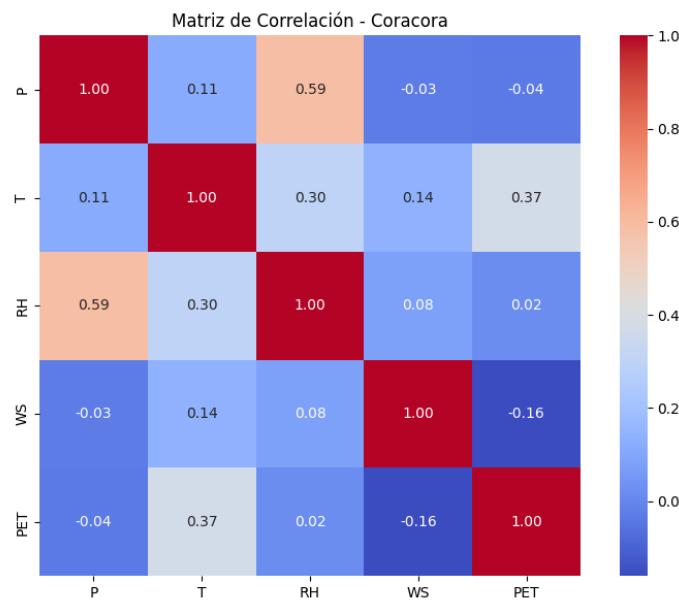


2.4.3. Análisis Bivariado

Matriz de Correlación

Figura 39

Matriz de correlación de las variables meteorológicas en Coracora.



La Figura 39 evidencia correlaciones moderadas entre P (mm/d) y RH (%) ($r = 0,79$), y entre T ($^{\circ}\text{C}$) y PET (mm/d) ($r = 0,37$). Las demás correlaciones son bajas.

Gráfico de Pares (Pairplot)

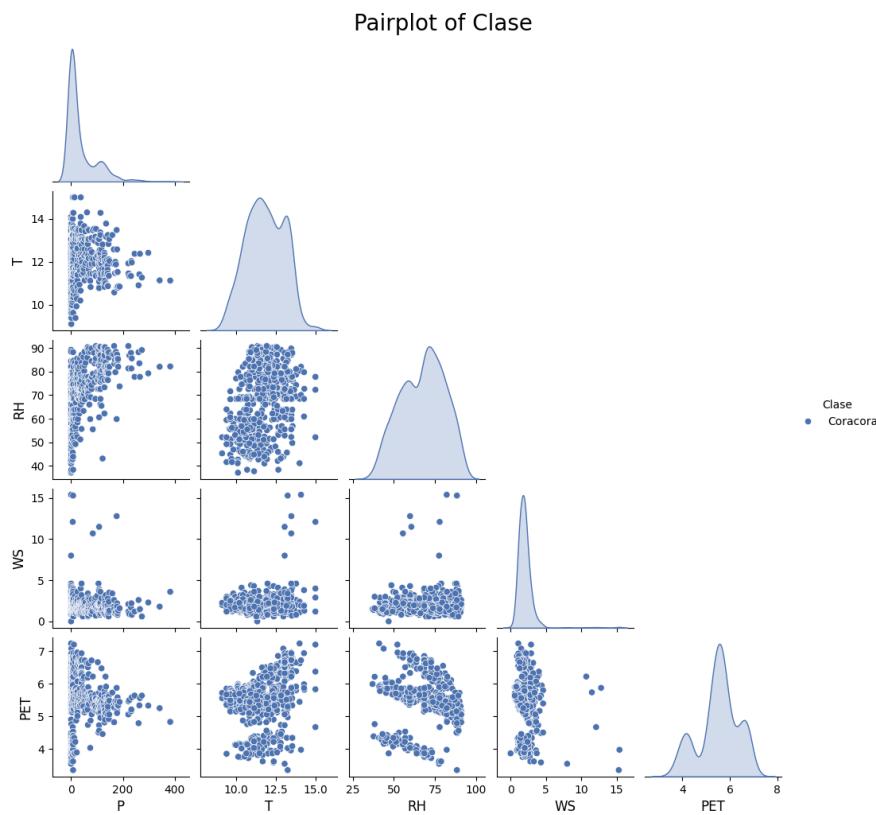
La Figura 40 confirma visualmente los patrones observados en la matriz de correlación. Destaca la relación lineal entre T ($^{\circ}\text{C}$) y PET (mm/d), así como agrupaciones densas en la distribución conjunta de P (mm/d), RH (%) y WS (m/s).

2.5. 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.

Figura 40

Pairplot de las variables meteorológicas en la estación Coracora.

**Tabla 6**

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	0.70	0.74
Variance	1744.29	208.17	1.11	1.46	0.37
Standard Deviation	41.76	14.43	1.05	1.21	0.71
Coefficient of Variation	1.58	0.28	0.07	0.36	0.08
Skewness	1.88	0.74	0.77	3.36	0.70
Kurtosis	2.96	-1.06	0.33	16.03	-0.70

2.5.1. Estadísticas Descriptivas

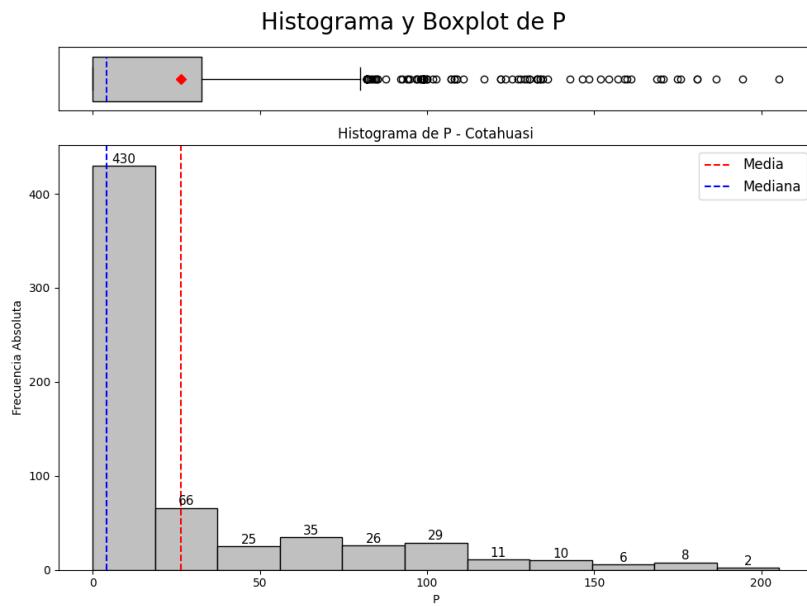
Interpretación: La precipitación muestra una distribución fuertemente sesgada a la derecha con valores extremos significativos. La humedad relativa es más variable, con Skewness moderada positiva. La temperatura es bastante homogénea. La velocidad del viento presenta Kurtosis alta por eventos atípicos.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

2.5.2. Análisis Univariado

P (mm/d)

Figura 41

Histograma y boxplot de la P (mm/d) en la estación Cotahuasi.



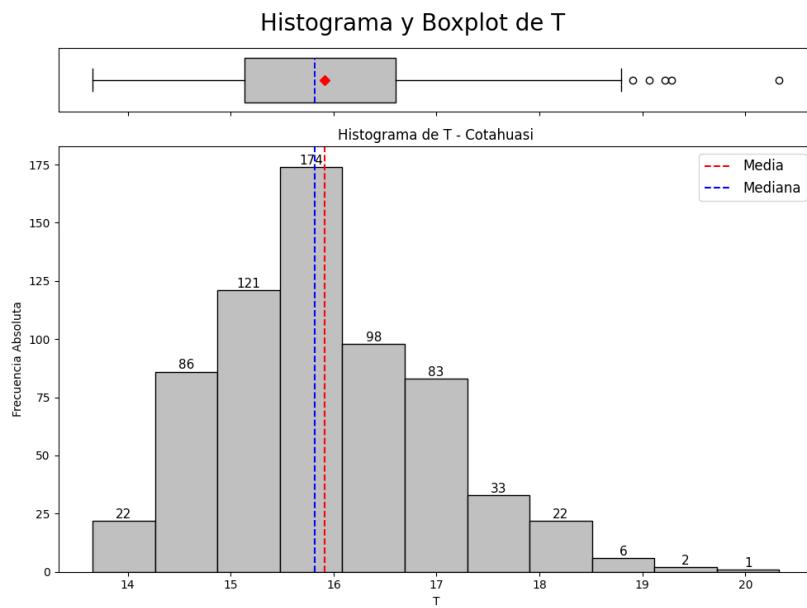
Interpretación: Alta frecuencia de valores bajos de precipitación, pero con varios eventos extremos, reflejando una distribución sesgada positiva.

T (°C)

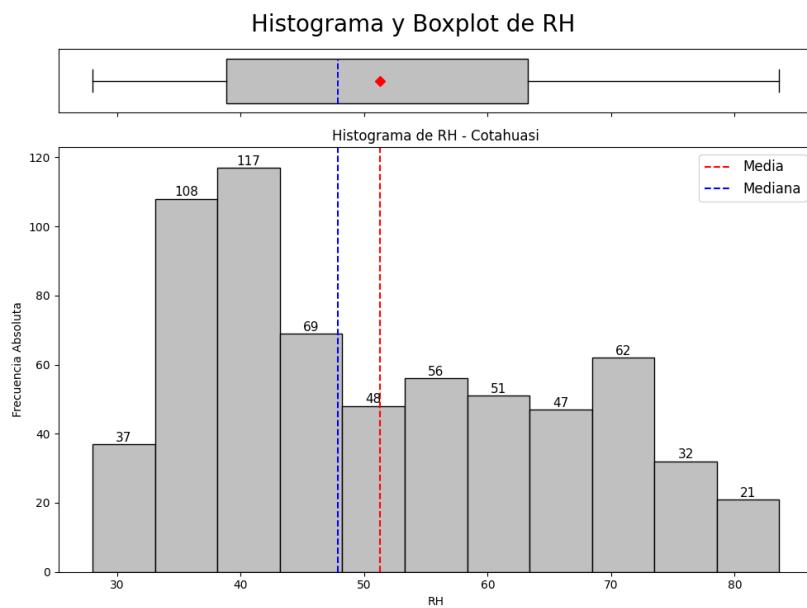
Interpretación: La distribución es simétrica y estrecha. La mayoría de los valores oscilan entre 15 y 17 °C.

Figura 42

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

**Figura 43**

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

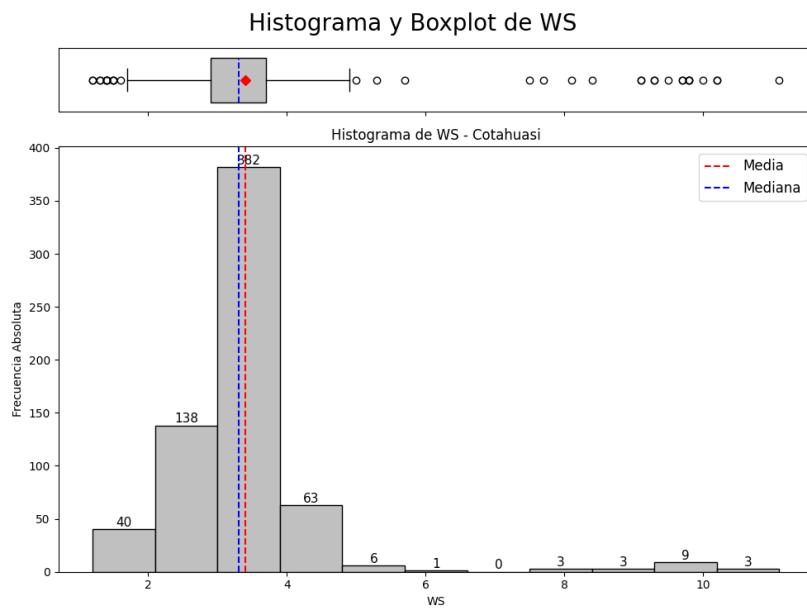


RH (%)

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

WS (m/s)**Figura 44**

Histograma y boxplot de la WS (m/s) 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.

PET (mm/d)

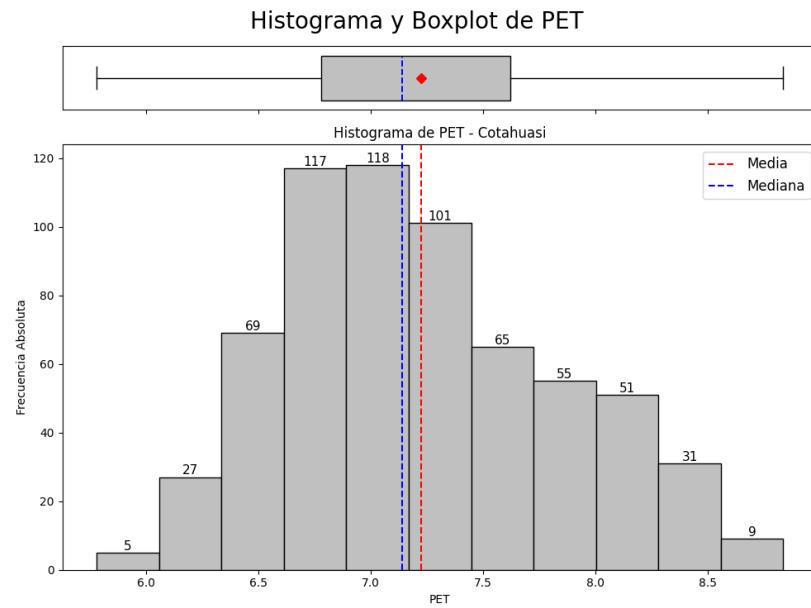
Interpretación: Distribución ligeramente sesgada a la derecha. La mayoría de los valores oscilan entre 6.5 y 8 mm.

2.5.3. Análisis Bivariado**Matriz de Correlación**

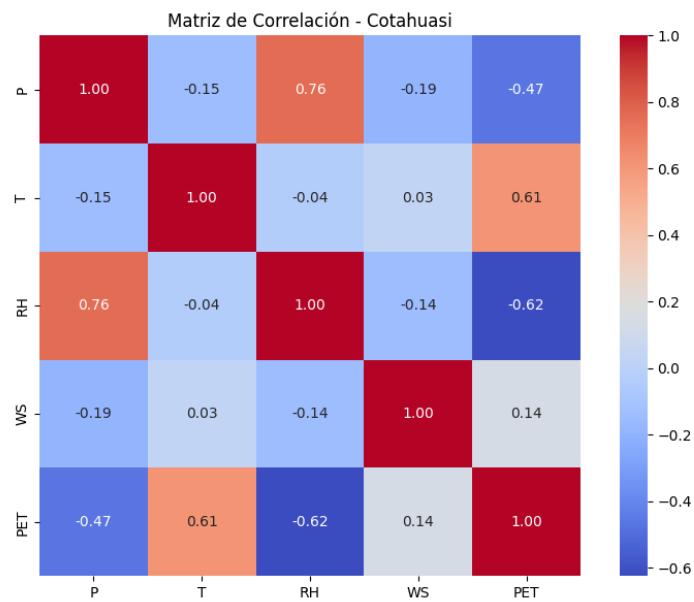
Interpretación: Se observa una alta correlación positiva entre P y RH ($r = 0.76$), así como entre T y PET ($r = 0.71$). La correlación entre RH y PET es negativa ($r = -0.72$), sugiriendo que a menor

Figura 45

Histograma y boxplot de la PET (mm/d) en la estación Cotahuasi.

**Figura 46**

Matriz de correlación de las variables meteorológicas en Cotahuasi.

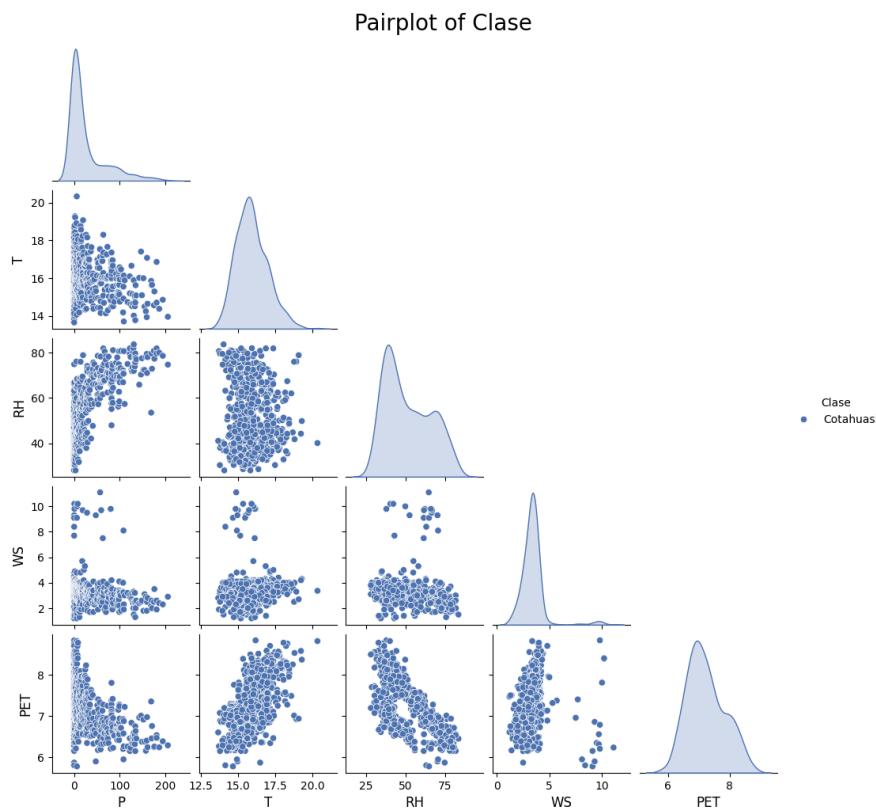


humedad, mayor es la evapotranspiración potencial.

Gráfico de Pares (Pairplot)

Figura 47

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.

2.6. 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.

Tabla 7

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	0.72	0.22
Desviación estándar	37.25	12.15	1.03	0.72	0.76
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	-0.71	-0.77	-1.10	-0.73

2.6.1. Estadísticas Descriptivas

Interpretación: La variable precipitación muestra alta Skewness positiva, 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.

2.6.2. Análisis Univariado

P (mm/d)

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

T (°C)

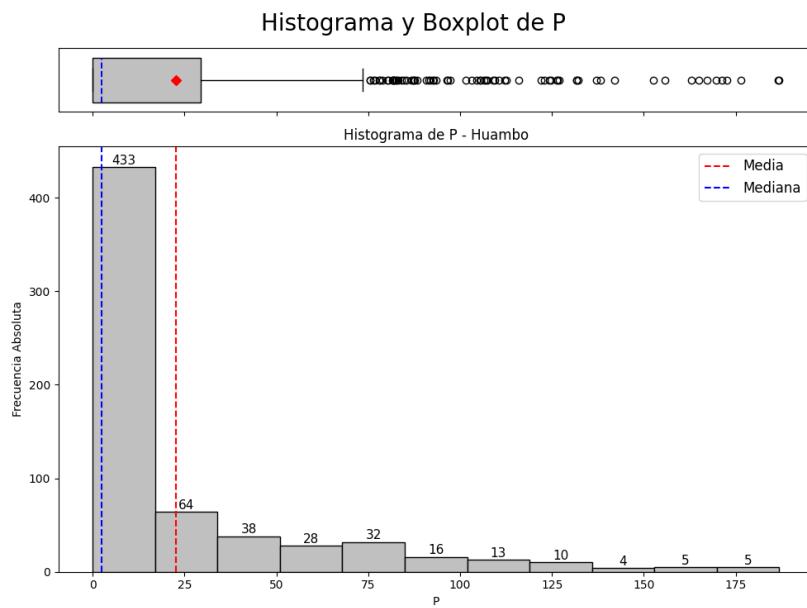
Interpretación: Distribución simétrica centrada entre 9 y 11 °C, con bajo nivel de dispersión.

RH (%)

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

Figura 48

Histograma y boxplot de la P (mm/d) en la estación Huambo.

**Figura 49**

Histograma y boxplot de la T (°C) en la estación Huambo.

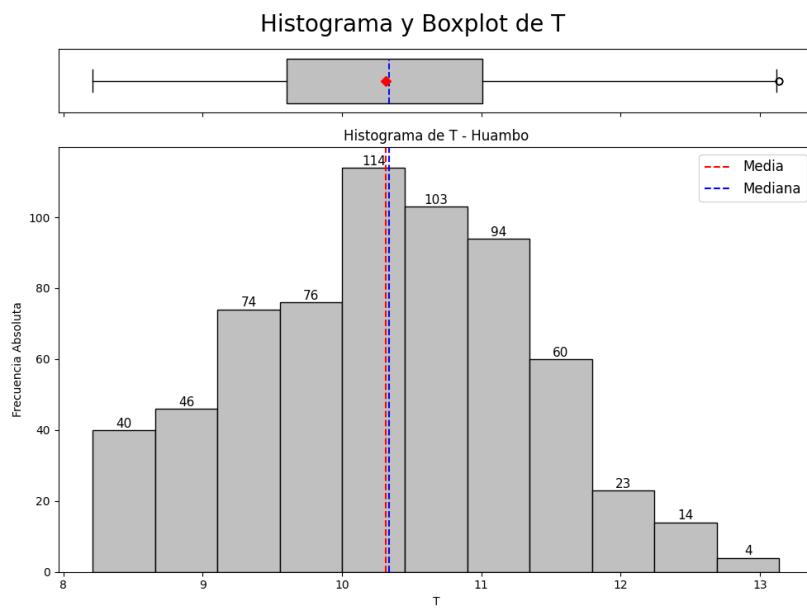
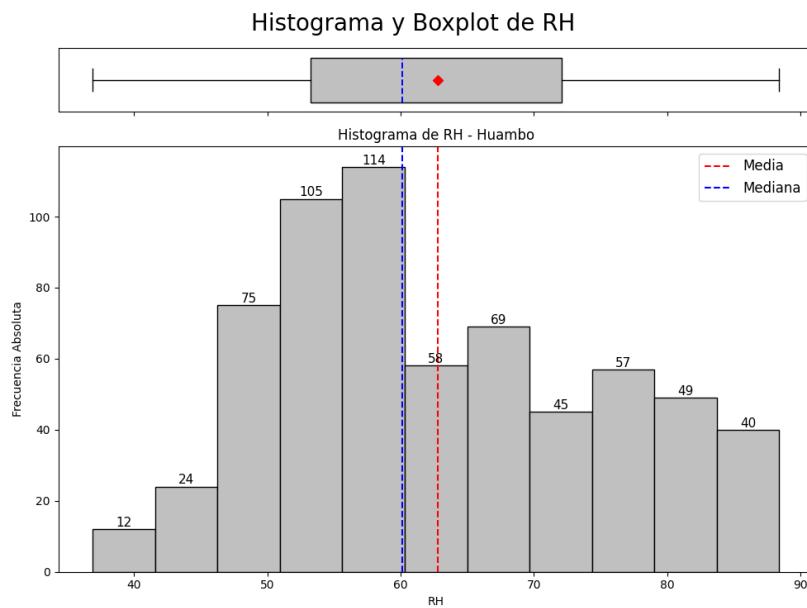
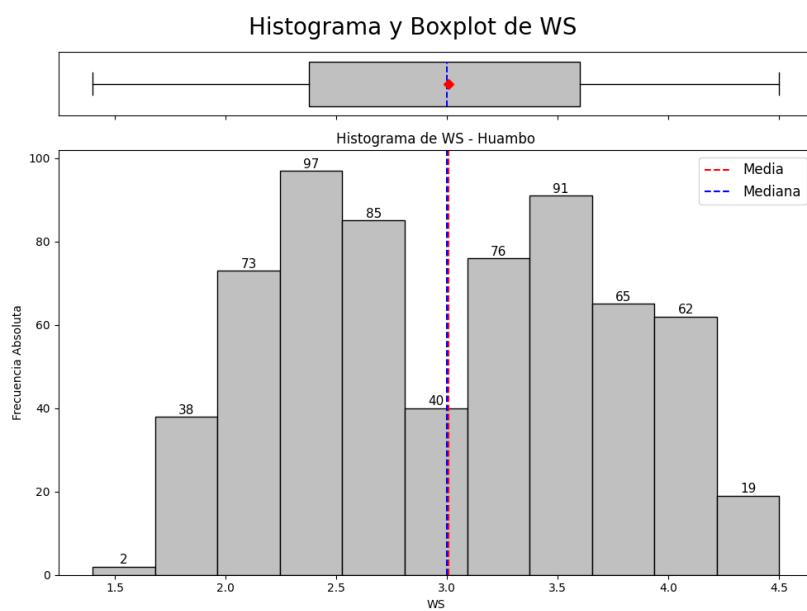


Figura 50

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

**Figura 51**

Histograma y boxplot de la WS (m/s) en la estación Huambo.



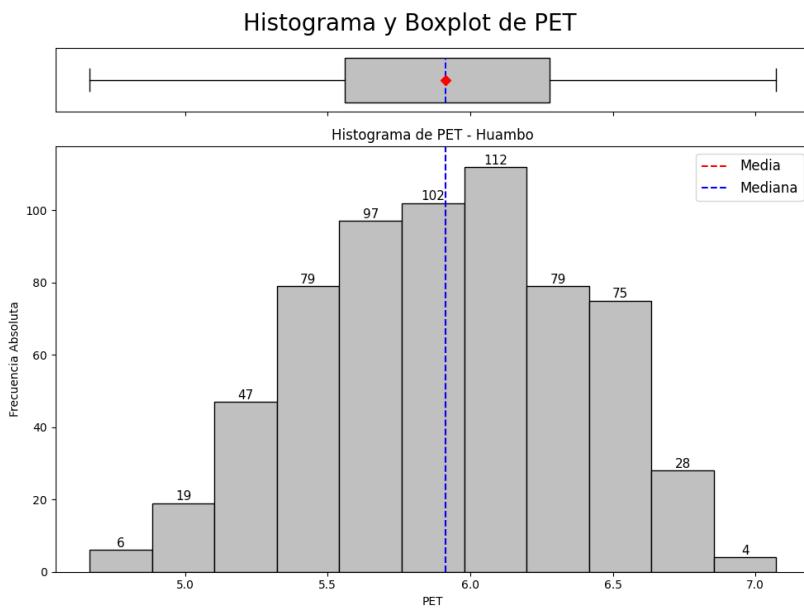
WS (m/s)

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

PET (mm/d)

Figura 52

Histograma y boxplot de la PET (mm/d) en la estación Huambo.



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

2.6.3. Análisis Bivariado

Matriz de Correlación

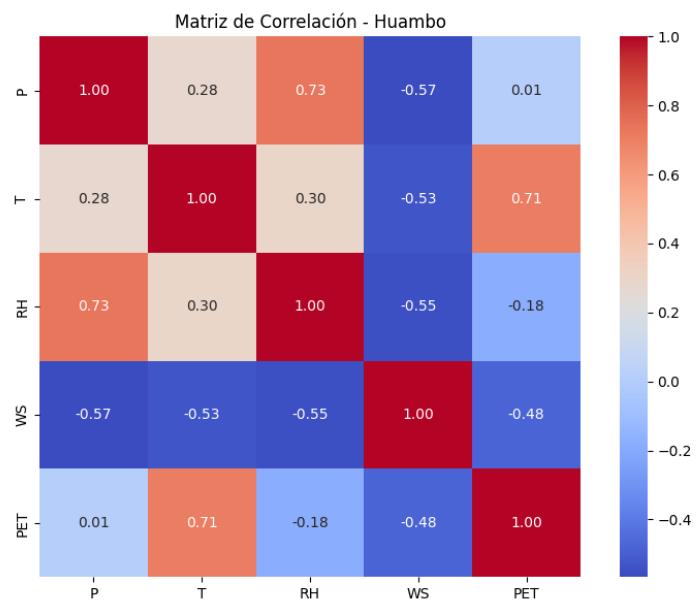
Interpretación: Se evidencian correlaciones moderadas entre Precipitación y Humedad Relativa ($r = 0.73$), así como entre Temperatura y PET ($r = 0.71$). También hay correlaciones negativas moderadas entre RH y WS, y entre WS y PET.

Gráfico de Pares (Pairplot)

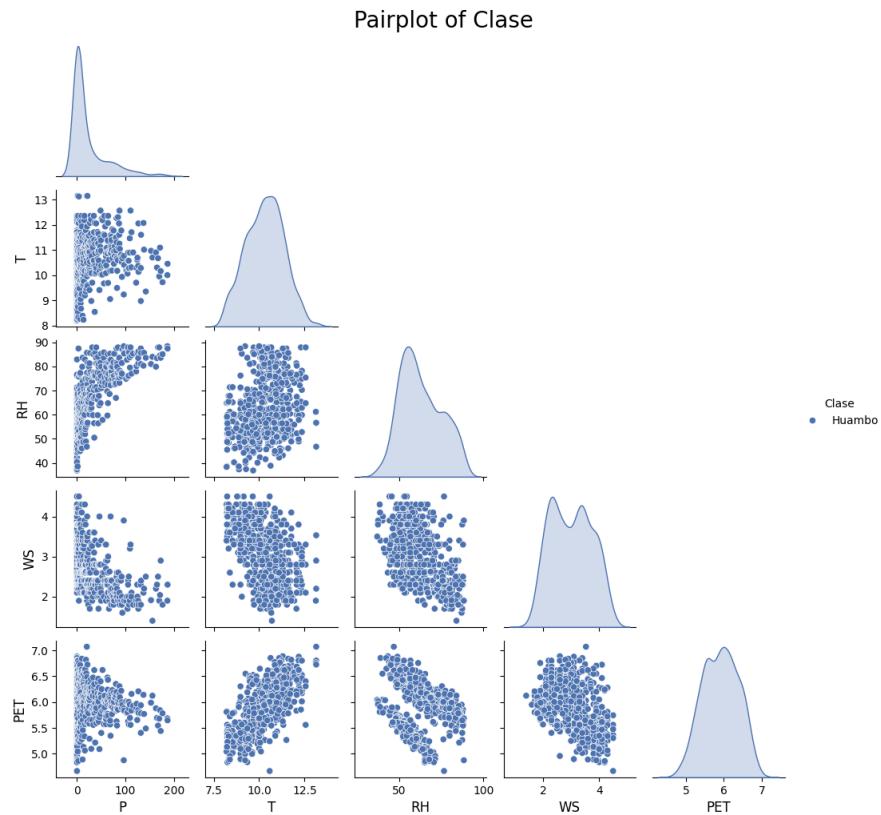
Interpretación: Se aprecian relaciones lineales destacadas entre T y PET, así como entre P y RH. También se observa agrupamiento en las variables WS y T.

Figura 53

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

**Figura 54**

Pairplot de las variables meteorológicas en la estación Huambo.



2.7. 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.

2.7.1. Estadísticas Descriptivas

Tabla 8

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	0.70	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	0.72	0.76
Coeficiente de Variación	1.04	0.11	0.17	0.29	0.16
Skewness	1.35	-0.19	-0.28	0.72	-0.71
Kurtosis	1.75	-0.77	-0.78	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.

2.7.2. Análisis Univariado

P (mm/d)

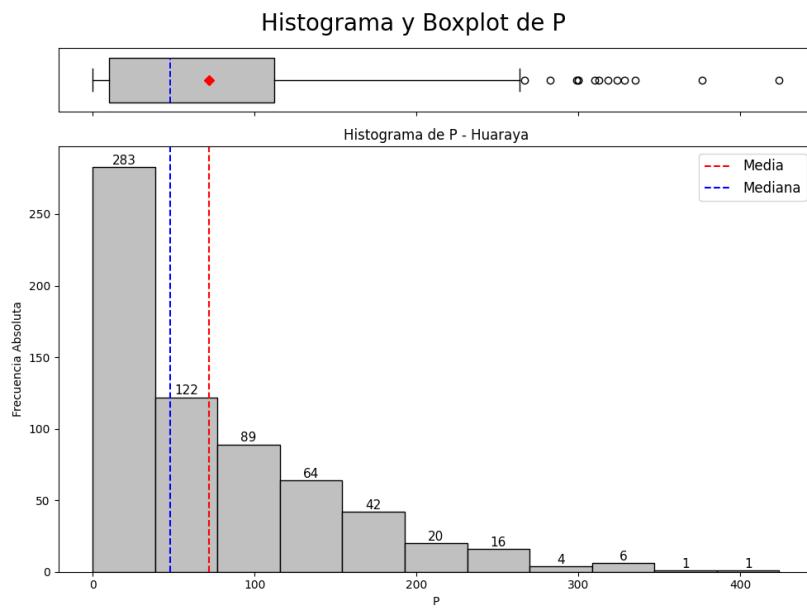
Interpretación: Distribución fuertemente sesgada a la derecha, con una alta frecuencia de valores bajos y algunos eventos extremos.

T (°C)

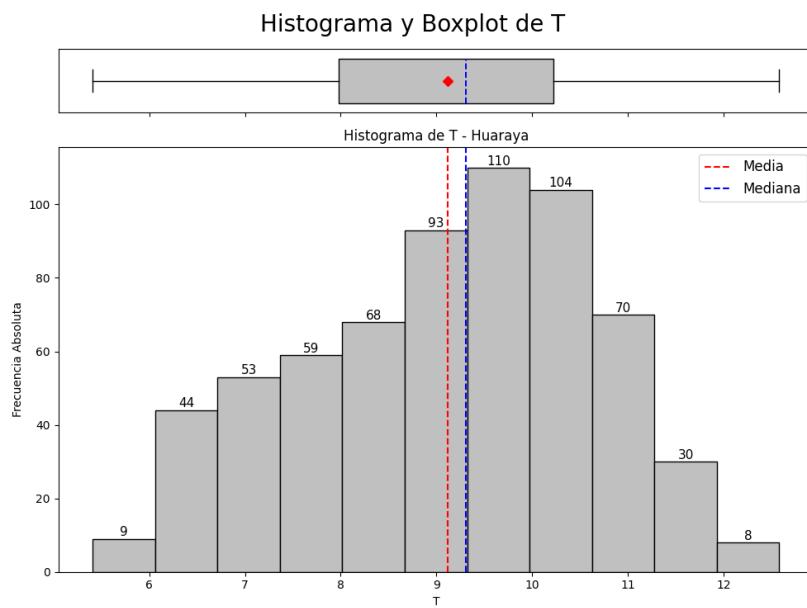
Interpretación: La temperatura presenta una distribución relativamente simétrica y concentrada en valores entre 8 °C y 11 °C.

Figura 55

Histograma y boxplot de la P (mm/d) en la estación Huaraya.

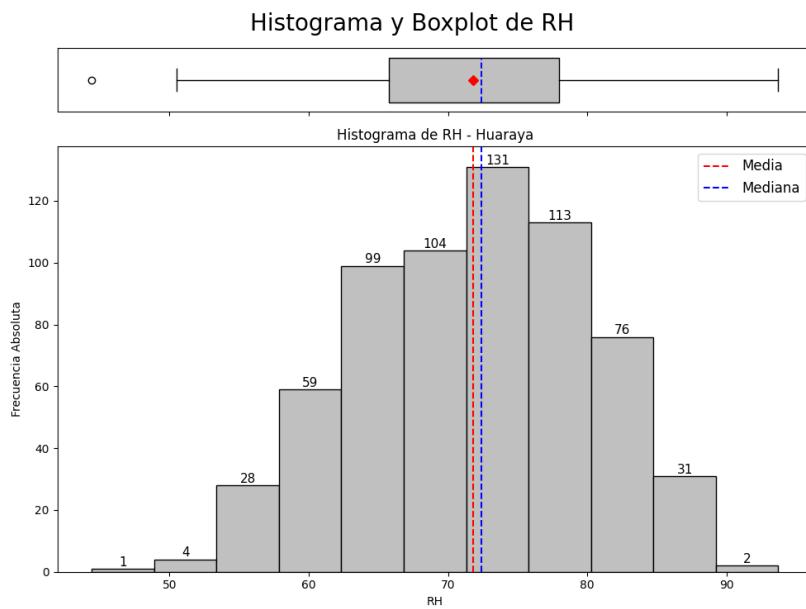
**Figura 56**

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



RH (%)**Figura 57**

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



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

WS (m/s)

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

PET (mm/d)

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

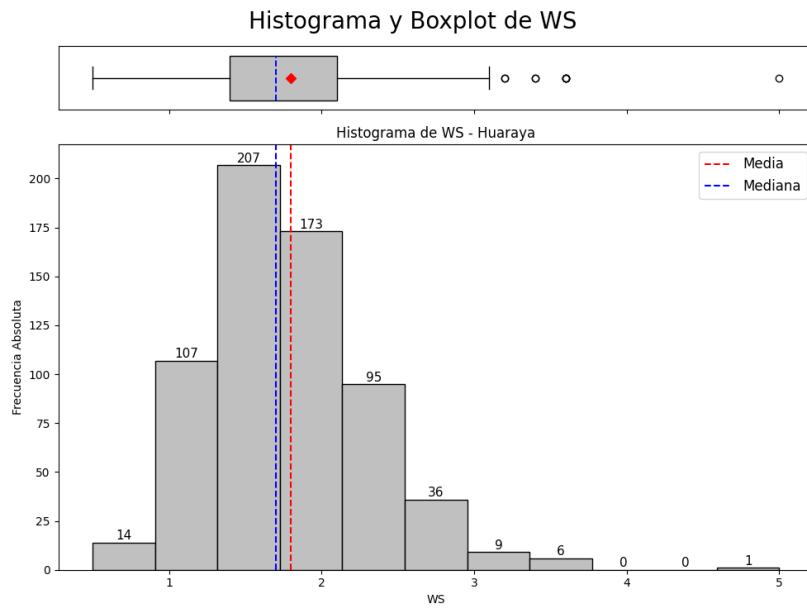
2.7.3. Análisis Bivariado

Matriz de Correlación

Interpretación: Se evidencian correlaciones moderadas entre precipitación y humedad relativa ($r = 0.73$), temperatura y PET ($r = 0.77$), y temperatura con precipitación ($r = 0.71$).

Figura 58

Histograma y boxplot de la WS (m/s) en la estación Huaraya.

**Figura 59**

Histograma y boxplot de la PET (mm/d) en la estación Huaraya.

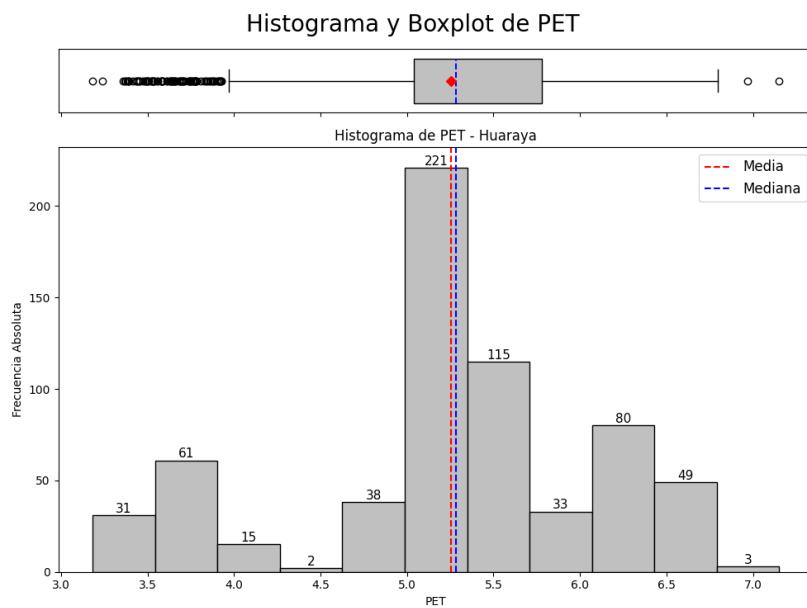


Figura 60

Matriz de correlación de las variables meteorológicas en Huaraya.

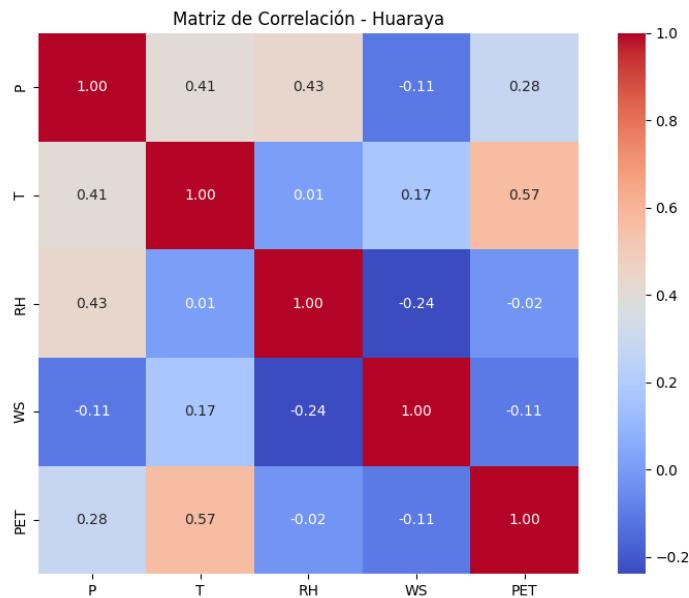


Gráfico de Pares (Pairplot)

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

2.8. Análisis Estadístico de la Estación Imata

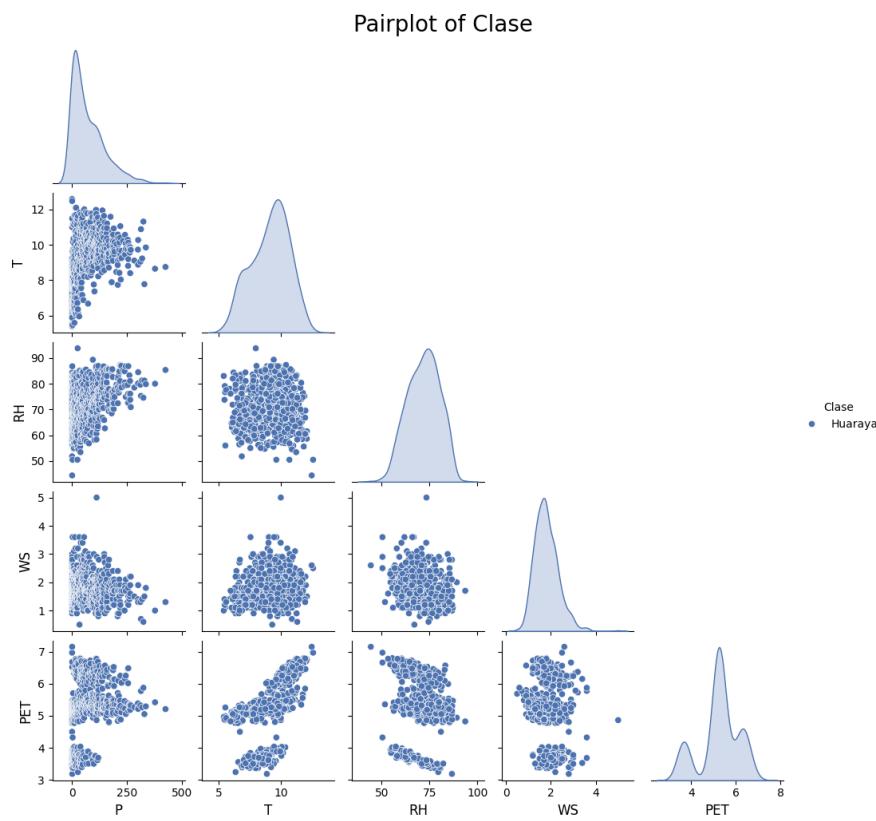
A continuación se presenta el análisis estadístico descriptivo y exploratorio de la estación meteorológica de Imata, considerando estadísticas univariadas y relaciones bivariadas con representaciones gráficas correspondientes.

2.8.1. Estadísticas Descriptivas

Interpretación: La precipitación presenta una alta variabilidad y una marcada Skewness positiva, 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.

Figura 61

Pairplot de las variables meteorológicas en la estación Huaraya.

**Tabla 9**

Estadísticas descriptivas de las variables meteorológicas en la estación Imata

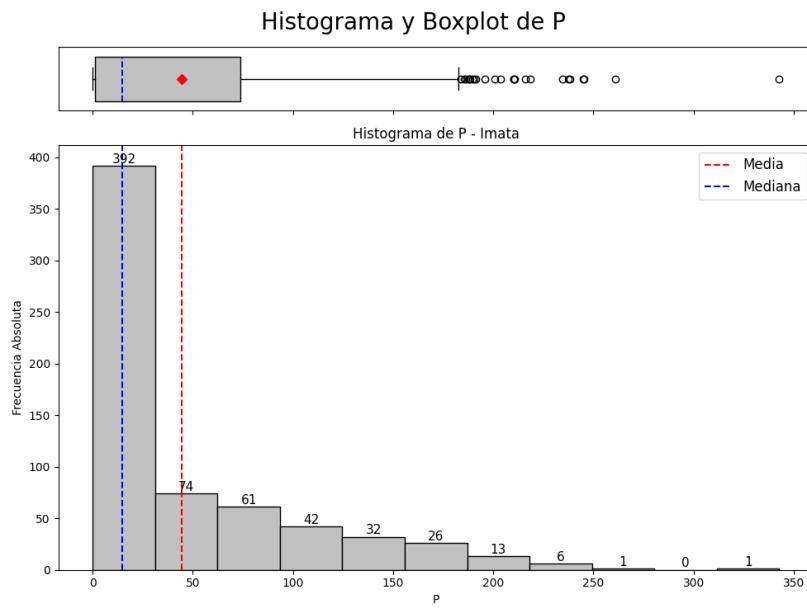
Estadístico	P (mm)	RH (%)	T (°C)	WS (m/s)	PET (mm)
n	648.00	648.00	648.00	648.00	648.00
Minimum	0.00	44.60	-1.41	2.00	3.21
1st Quartile	1.10	64.99	1.87	3.40	4.02
Median	14.65	71.12	4.09	3.80	4.72
Mean	44.34	70.70	3.38	3.79	4.56
3rd Quartile	73.85	77.26	4.90	4.20	5.01
Maximum	342.80	88.25	7.17	5.70	5.73
Range	342.80	43.65	8.58	3.70	2.52
Interquartile Range	72.75	12.27	3.03	0.70	0.79
Variance	3461.74	71.25	3.80	0.38	0.32
Desviación Estándar	58.84	8.44	1.95	0.72	0.77
Coefficient of Variation	1.33	0.12	0.78	0.16	0.12
Skewness	1.54	-0.23	-0.73	0.16	-0.71
Kurtosis	1.89	-0.29	-0.72	0.27	-1.01

2.8.2. Análisis Univariado

P (mm/d)

Figura 62

Histograma y boxplot de la P (mm/d) en la estación Imata.



T (°C)

RH (%)

WS (m/s)

PET (mm/d)

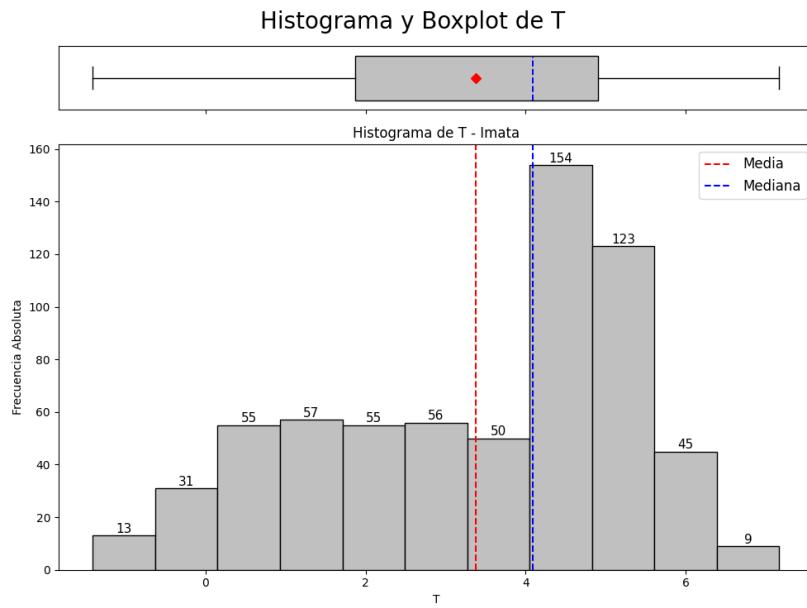
2.8.3. Análisis Bivariado

Matriz de Correlación

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

Figura 63

Histograma y boxplot de la T (°C) en la estación Imata.

**Figura 64**

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

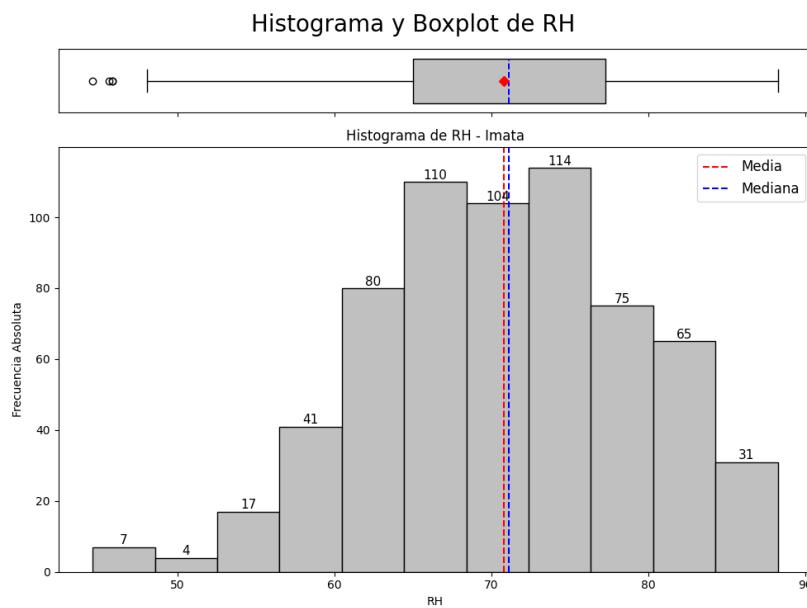
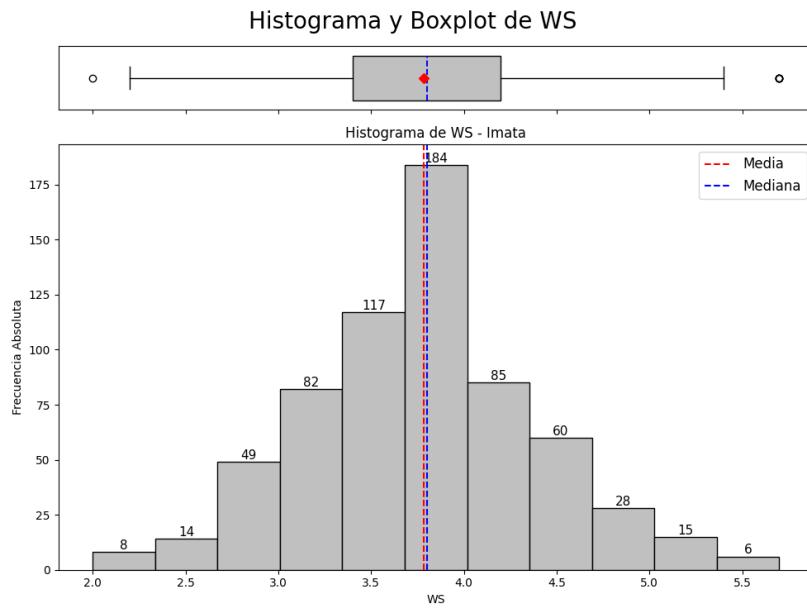


Figura 65

Histograma y boxplot de la WS (m/s) en la estación Imata.

**Figura 66**

Histograma y boxplot de la PET (mm/d) en la estación Imata.

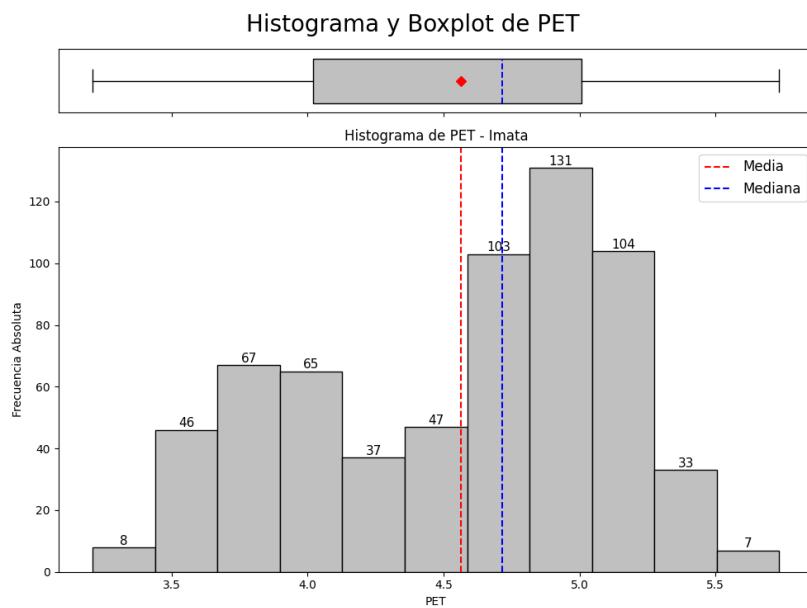
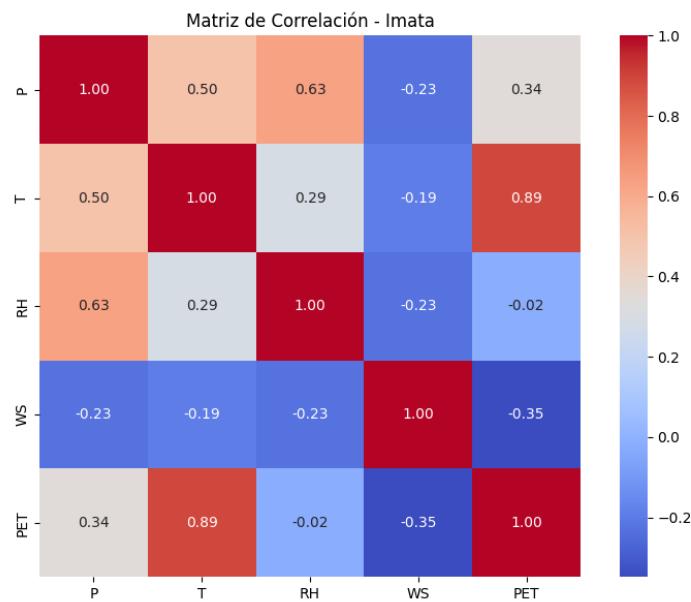


Figura 67

Matriz de correlación de las variables meteorológicas en Imata.

**Figura 68**

Pairplot de las variables meteorológicas en la estación Imata.

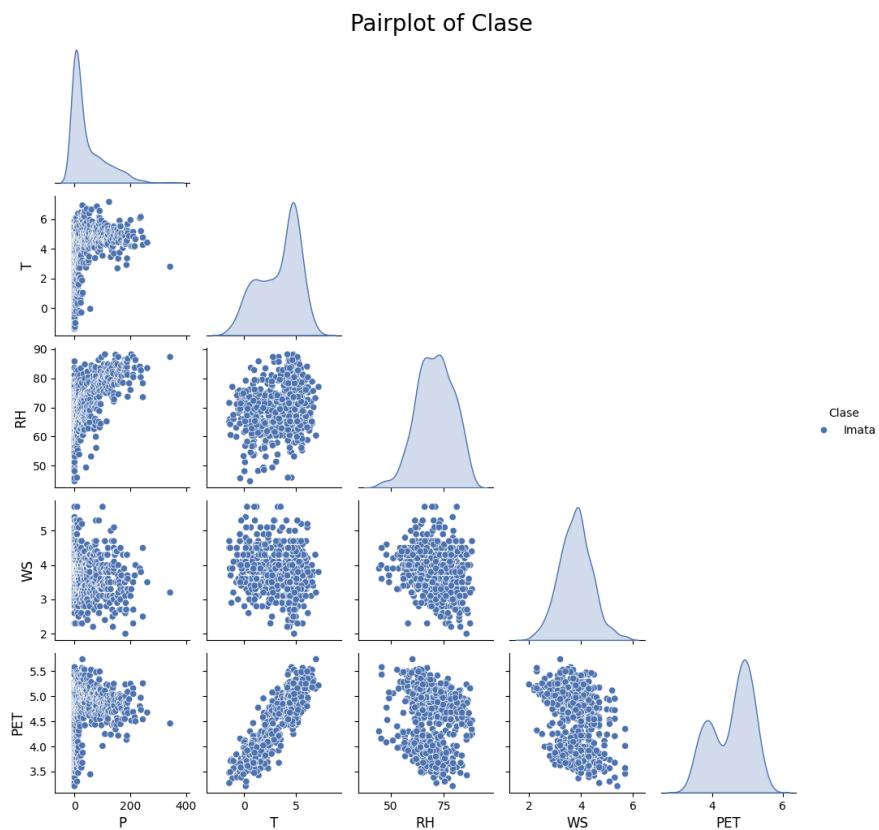


Gráfico de Pares (Pairplot)

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.

2.9. 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.

2.9.1. Estadísticas Descriptivas

Tabla 10

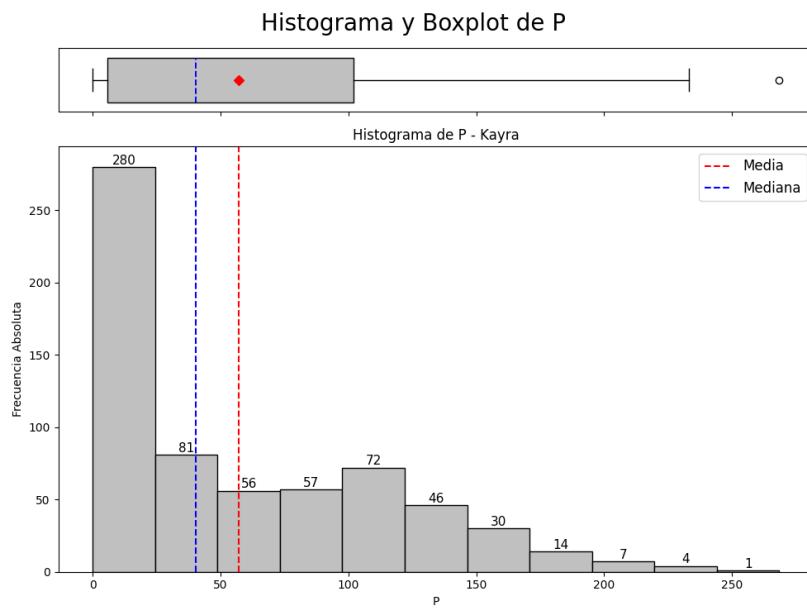
Estadísticas descriptivas de las variables meteorológicas en la estación Kayra

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	0.70	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	0.78
Variance	3241.52	18.31	2.43	0.76	0.75
Standard Deviation	56.93	4.28	1.56	0.77	0.72
Coefficient of Variation	1.00	0.06	0.13	0.77	0.16
Skewness	0.75	-0.24	-0.39	0.74	-0.74
Kurtosis	-0.19	-0.74	-0.76	-0.16	-0.13

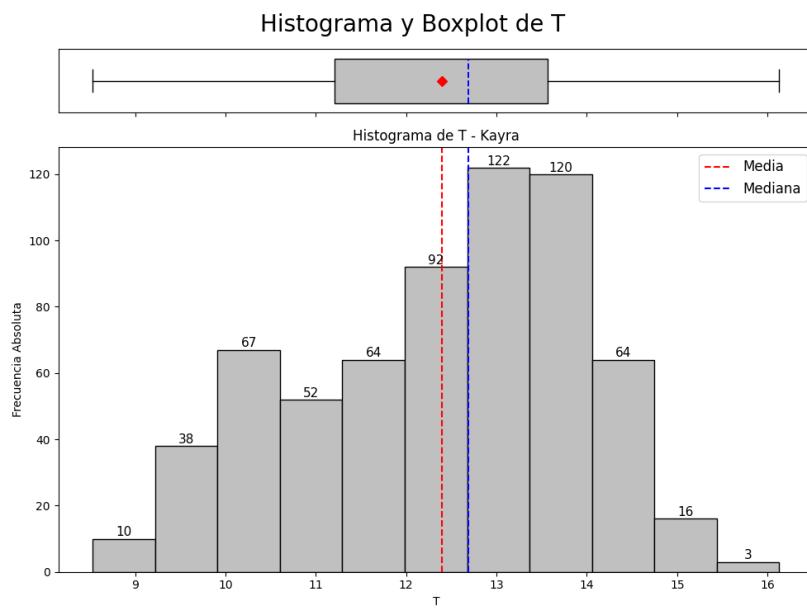
Interpretación: La precipitación muestra gran variabilidad y Skewnesspositiva, indicando presencia de eventos extremos. La humedad relativa se concentra entre 69 % y 76 %, con baja dispersión. La temperatura es moderadamente simétrica. La velocidad del viento tiene distribución sesgada, y la evapotranspiración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

Figura 69

Histograma y boxplot de la P (mm/d) en la estación Kayra.

**Figura 70**

Histograma y boxplot de la T ($^{\circ}$ C) en la estación Kayra.



2.9.2. Análisis Univariado

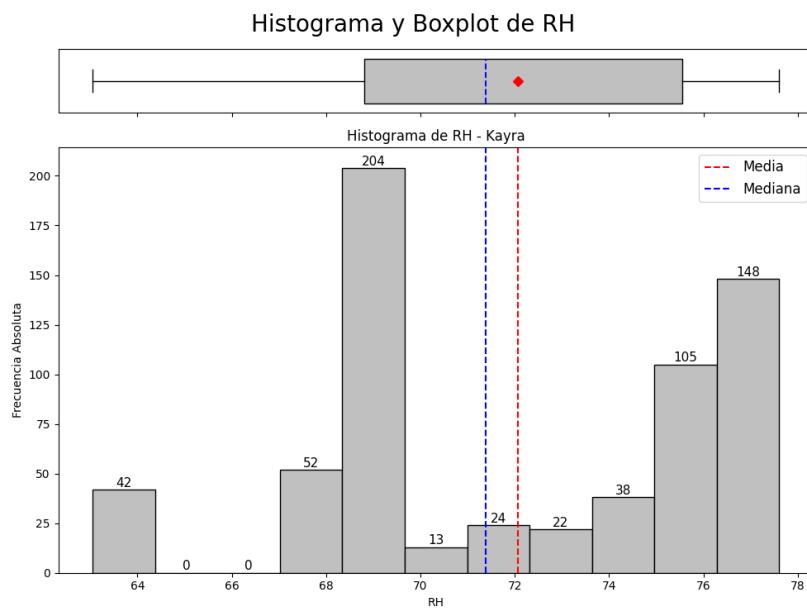
P (mm/d)

T (°C)

RH (%)

Figura 71

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



WS (m/s)

PET (mm/d)

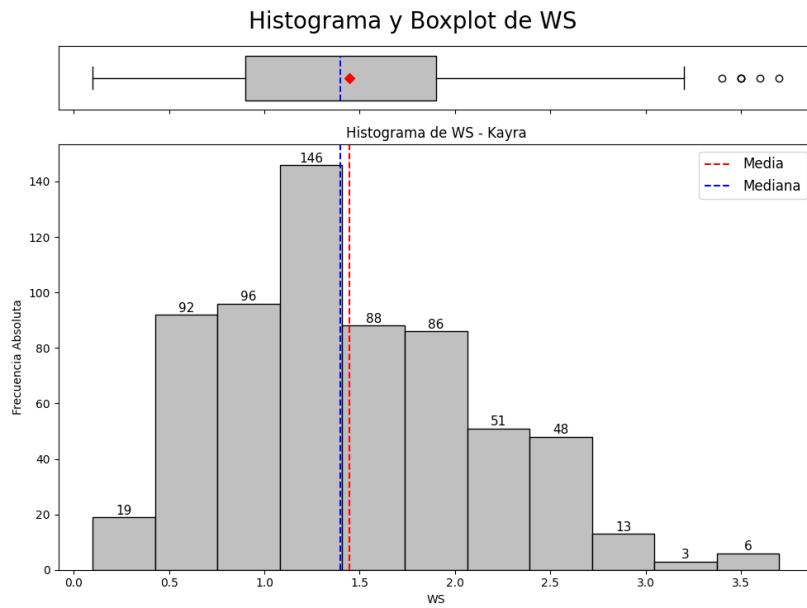
2.9.3. Análisis Bivariado

Matriz de Correlación

Interpretación: Se destacan correlaciones moderadas entre precipitación y temperatura ($r = 0.74$), y entre temperatura y PET ($r = 0.77$). El resto de relaciones son débiles.

Figura 72

Histograma y boxplot de la WS (m/s) en la estación Kayra.

**Figura 73**

Histograma y boxplot de la PET (mm/d) en la estación Kayra.

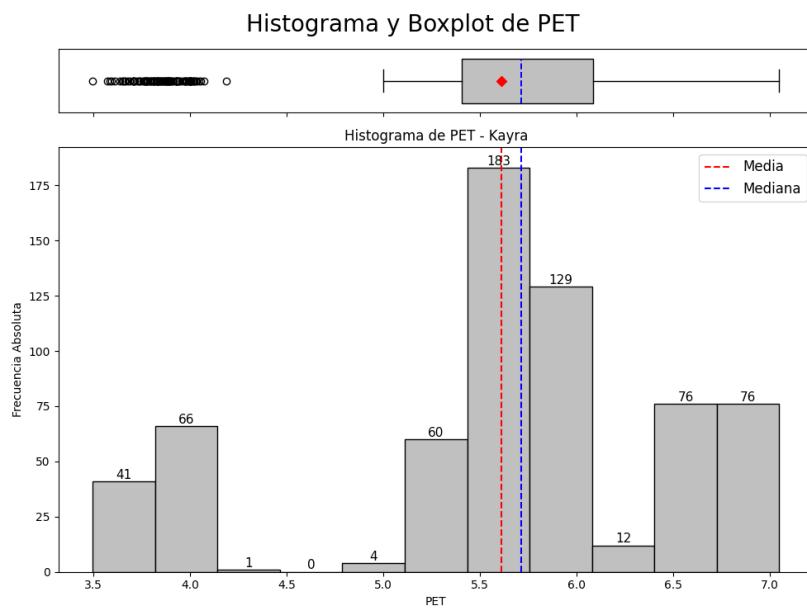
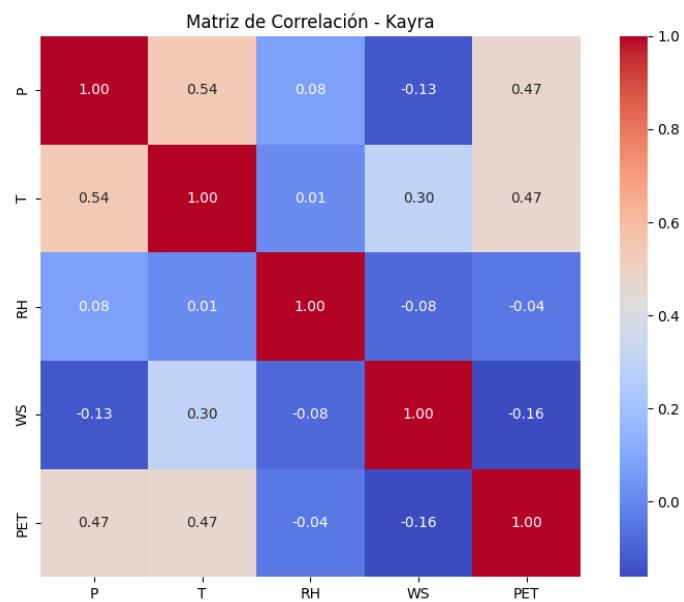


Figura 74

Matriz de correlación de las variables meteorológicas en Kayra.

**Figura 75**

Pairplot de las variables meteorológicas en la estación Kayra.

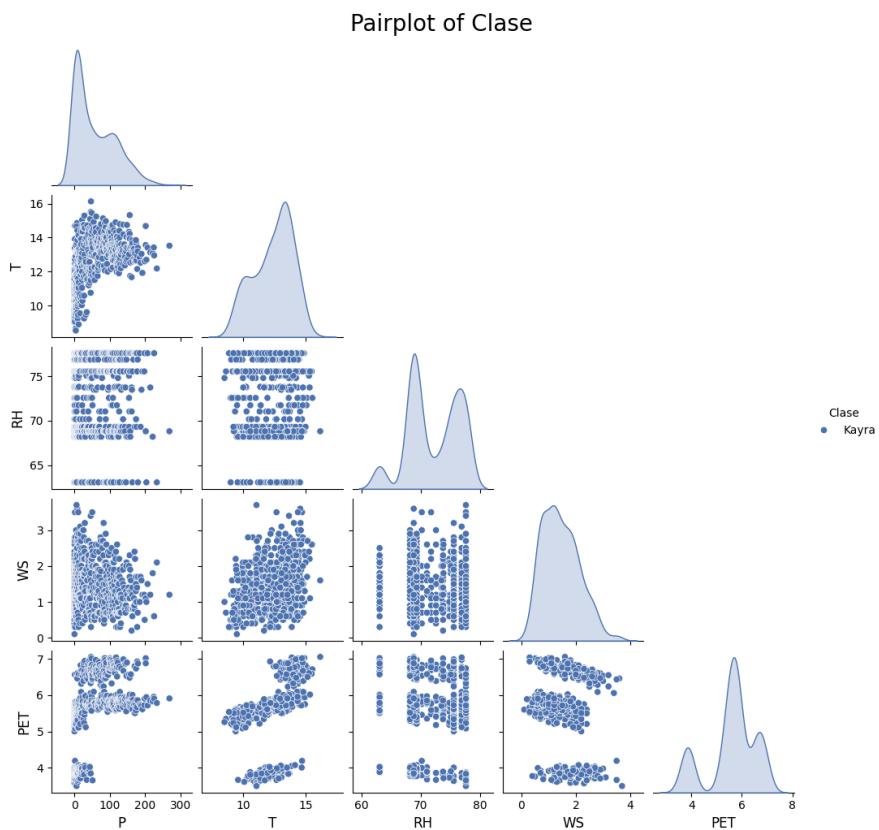


Gráfico de Pares (Pairplot)

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.

2.10. 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.

2.10.1. Estadísticas Descriptivas

Tabla 11

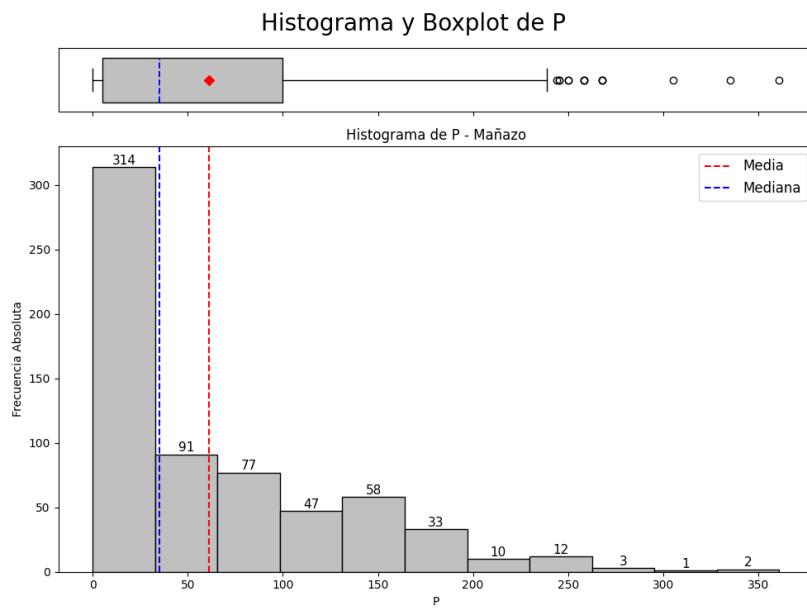
Estadísticas descriptivas de las variables meteorológicas en la estación Mañazo

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	0.70	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	0.70
Variance	4543.48	131.90	2.01	0.70	0.78
Standard Deviation	67.41	11.48	1.42	0.70	0.78
Coefficient of Variation	1.10	0.19	0.15	0.35	0.16
Skewness	1.24	-0.01	0.06	0.30	-0.17
Kurtosis	1.11	-0.71	-0.73	-0.73	-0.39

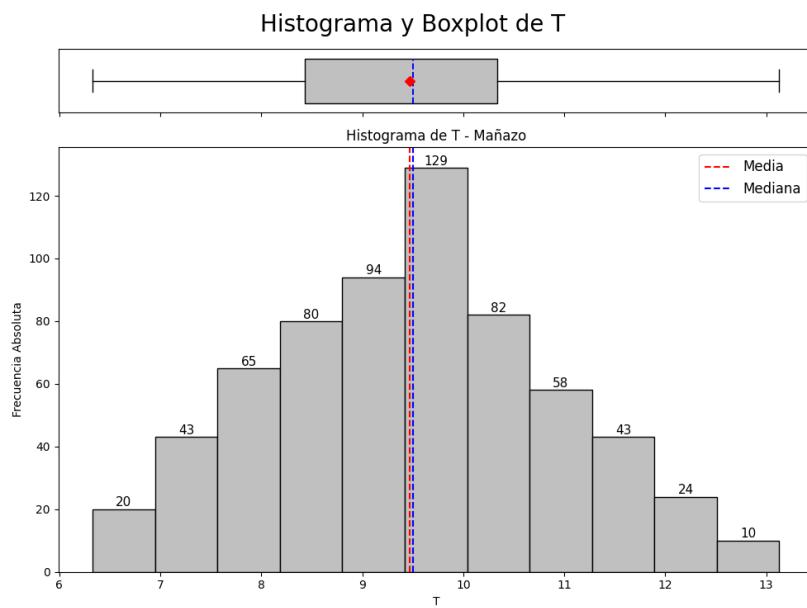
Interpretación: La precipitación muestra alta variabilidad y Skewness positiva, reflejando eventos extremos. La humedad relativa presenta una distribución bimodal, con dispersión moderada. La temperatura es simétrica y centrada alrededor de los 9.5 °C. La velocidad del viento exhibe ligera Skewness y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

Figura 76

Histograma y boxplot de la P (mm/d) en la estación Mañazo.

**Figura 77**

Histograma y boxplot de la T (°C) en la estación Mañazo.



2.10.2. Análisis Univariado

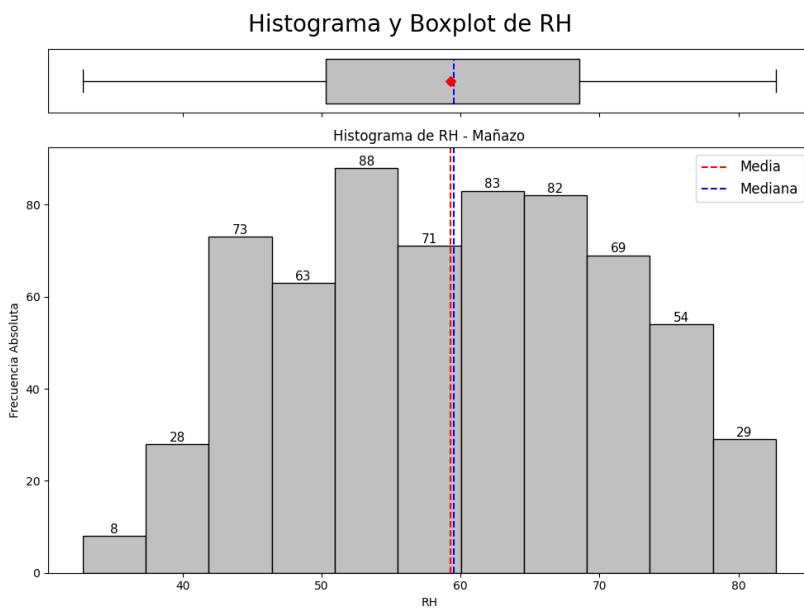
P (mm/d)

T (°C)

RH (%)

Figura 78

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



WS (m/s)

PET (mm/d)

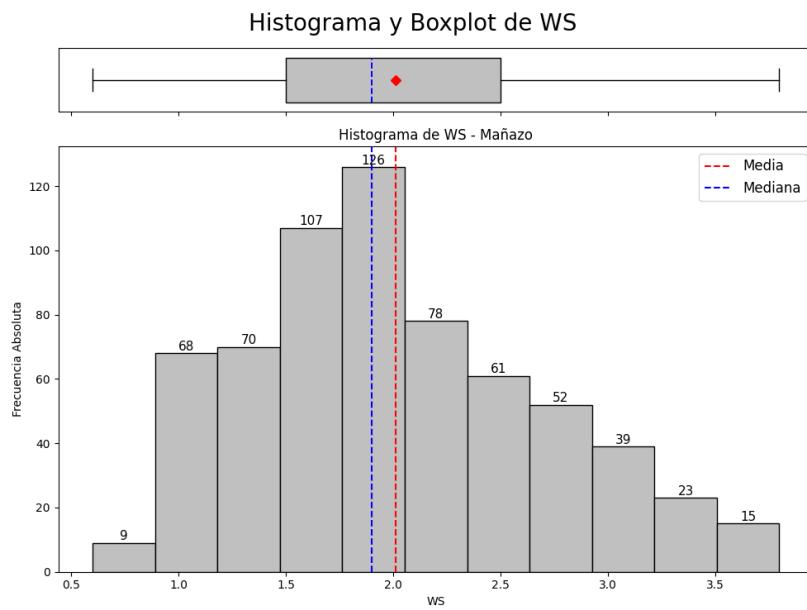
2.10.3. Análisis Bivariado

Matriz de Correlación

Interpretación: Se observan correlaciones moderadas entre precipitación y humedad relativa ($r = 0.75$), y entre temperatura y PET ($r = 0.77$). Las demás relaciones son débiles.

Figura 79

Histograma y boxplot de la WS (m/s) en la estación Mañazo.

**Figura 80**

Histograma y boxplot de la PET (mm/d) en la estación Mañazo.

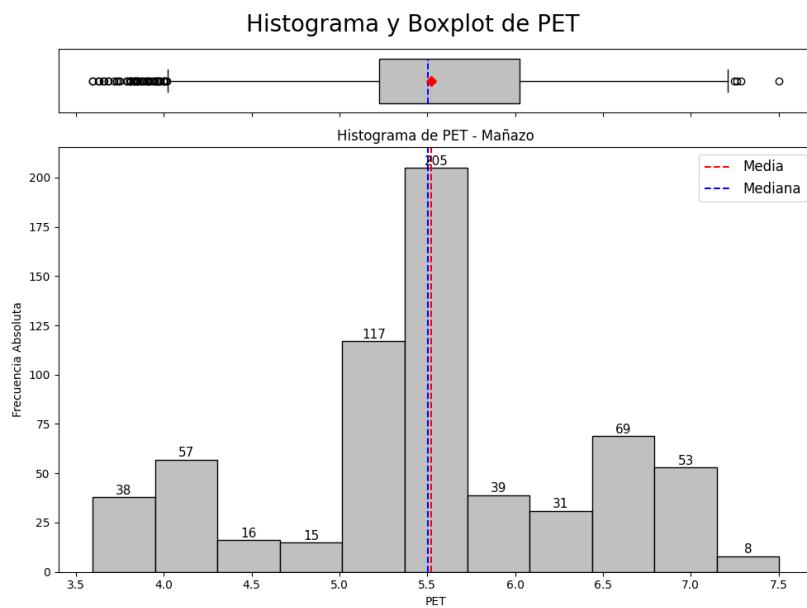
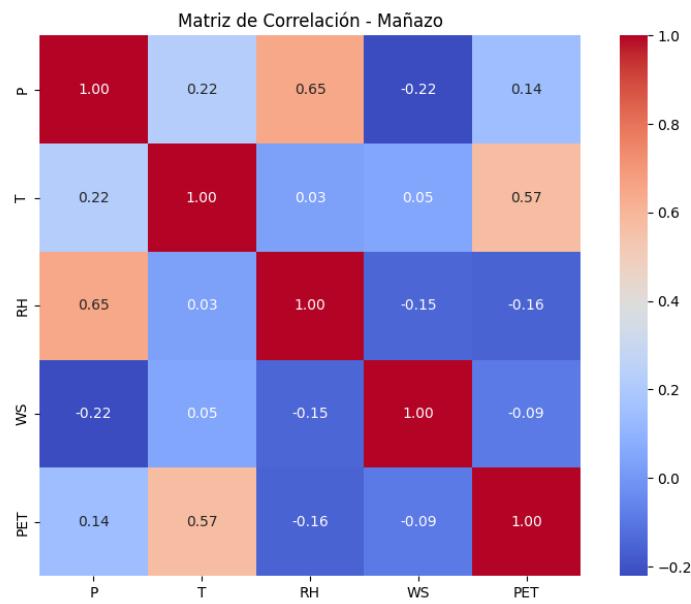


Figura 81

Matriz de correlación de las variables meteorológicas en Mañazo.

**Figura 82**

Pairplot de las variables meteorológicas en la estación Mañazo.

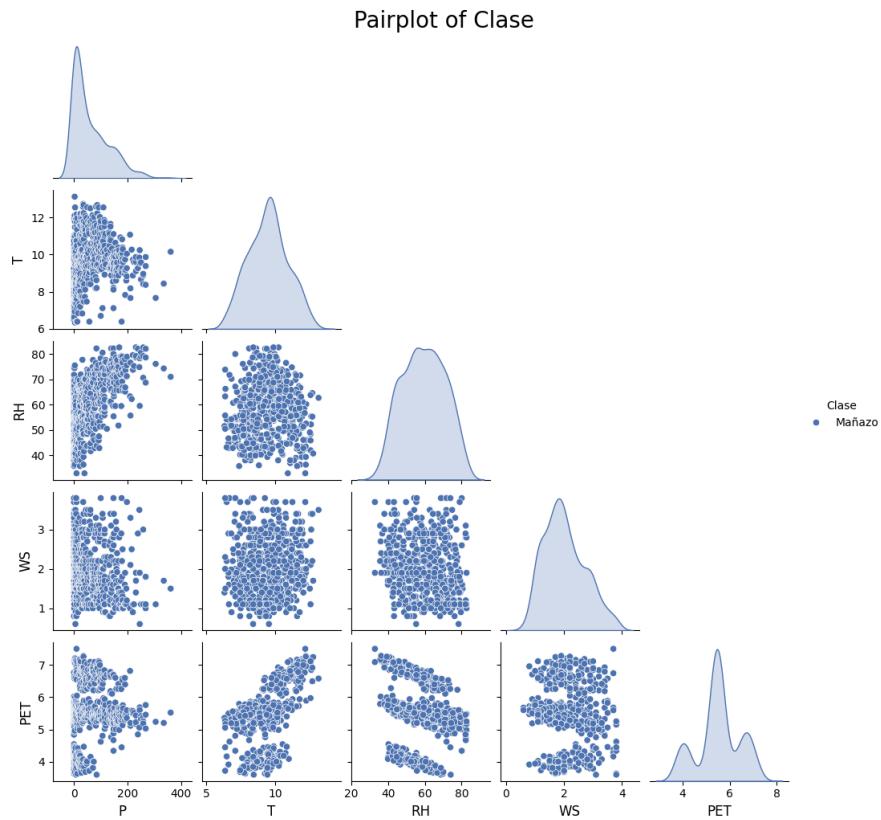


Gráfico de Pares (Pairplot)

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

2.11. 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.

2.11.1. Estadísticas Descriptivas

Tabla 12

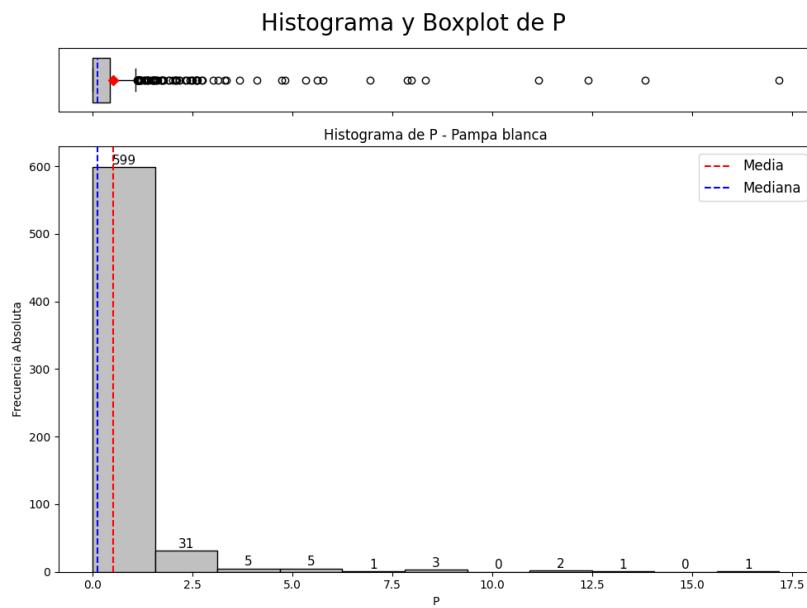
Estadísticas descriptivas de las variables meteorológicas en la estación Pampa Blanca

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	0.72	77.30	20.18	3.08	6.29
3rd Quartile	0.73	80.72	22.98	3.60	7.04
Maximum	17.19	91.78	26.45	11.50	8.47
Range	17.19	30.30	11.95	10.30	3.96
Interquartile Range	0.73	6.21	5.60	1.10	1.56
Variance	1.99	18.99	8.79	0.72	0.77
Standard Deviation	1.41	4.36	2.96	0.71	0.78
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

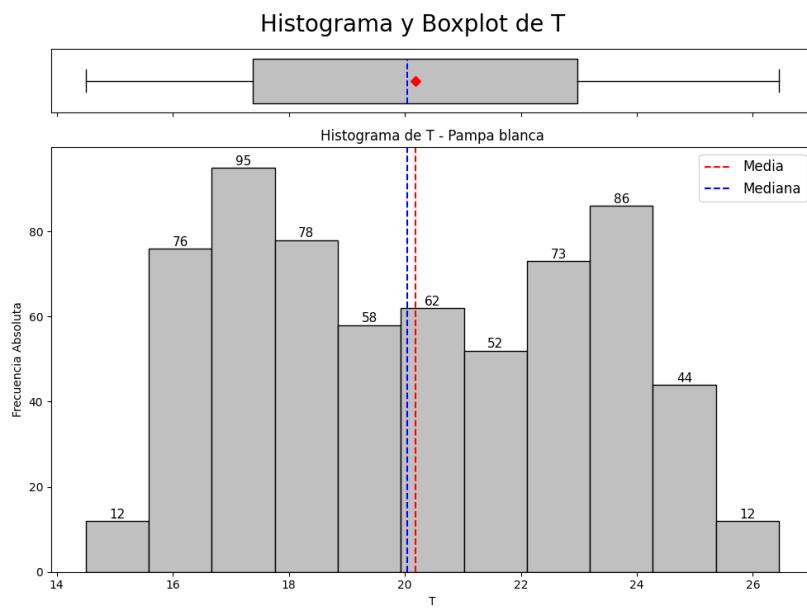
Interpretación: La precipitación presenta fuerte Skewnesspositiva y Kurtosis muy elevada, lo que evidencia la presencia de valores extremos. La humedad relativa muestra leve sesgo negativo y poca dispersión. La temperatura presenta distribución simétrica. La velocidad del viento tiene una Skewnesspronunciada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

Figura 83

Histograma y boxplot de la P (mm/d) en la estación Pampa Blanca.

**Figura 84**

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



2.11.2. Análisis Univariado

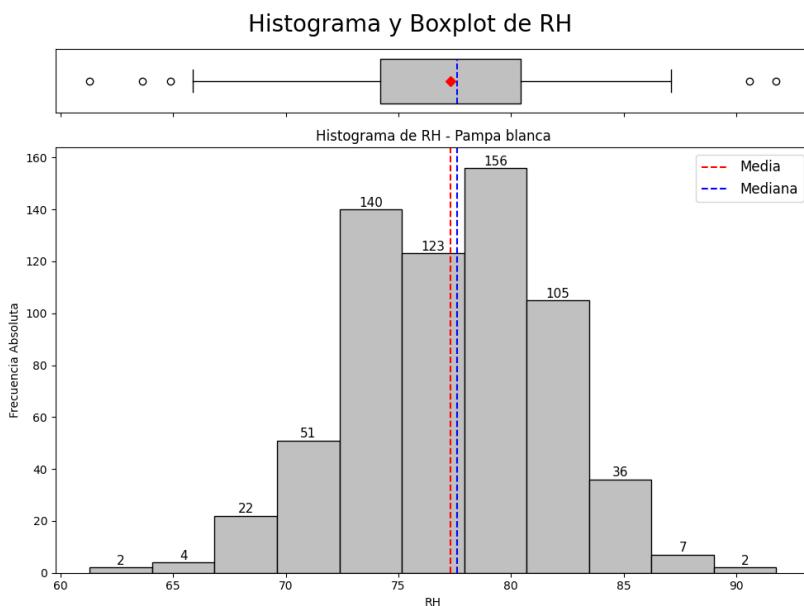
P (mm/d)

T (°C)

RH (%)

Figura 85

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



WS (m/s)

PET (mm/d)

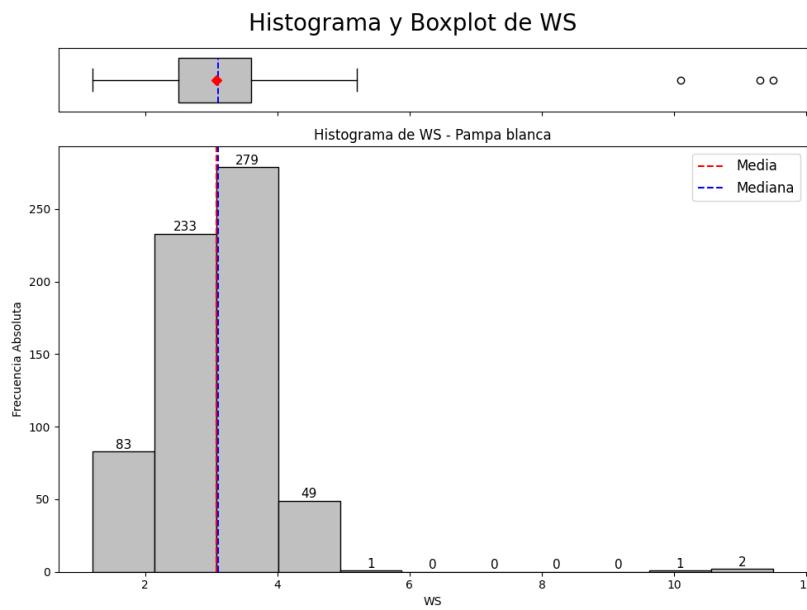
2.11.3. Análisis Bivariado

Matriz de Correlación

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.

Figura 86

Histograma y boxplot de la WS (m/s) en la estación Pampa Blanca.

**Figura 87**

Histograma y boxplot de la PET (mm/d) en la estación Pampa Blanca.

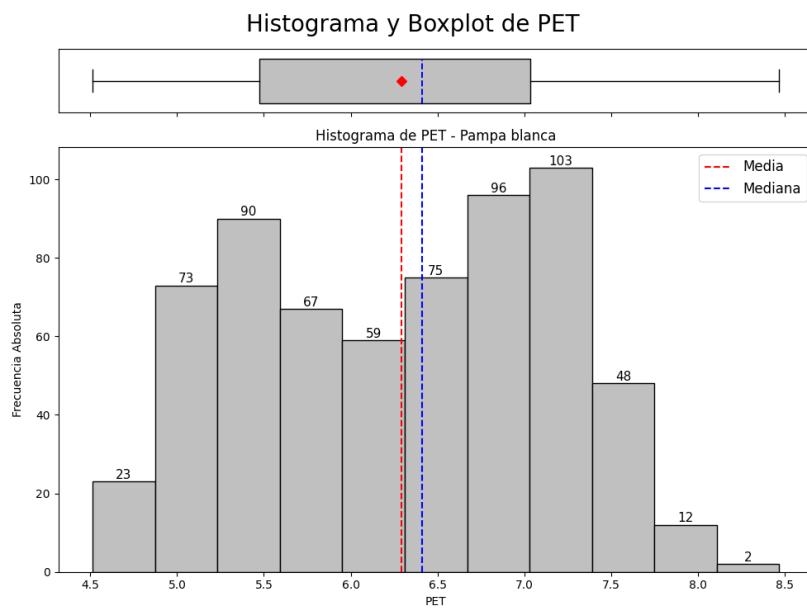
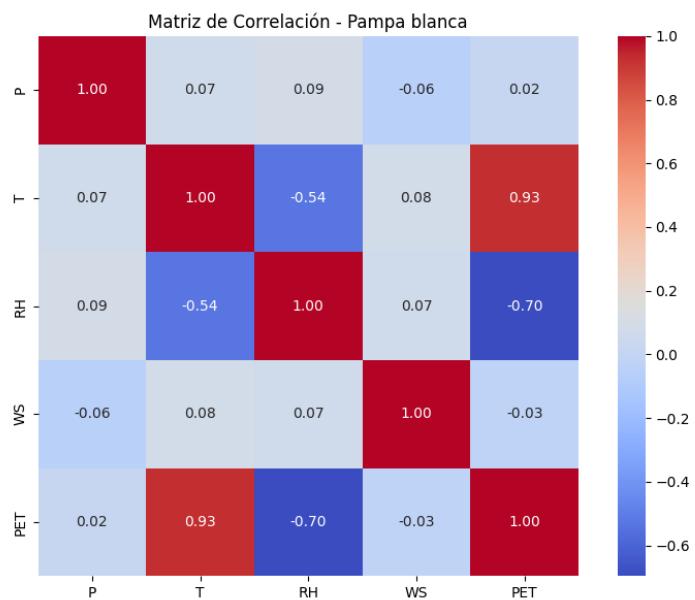


Figura 88

Matriz de correlación de las variables meteorológicas en Pampa Blanca.

**Figura 89**

Pairplot de las variables meteorológicas en la estación Pampa Blanca.

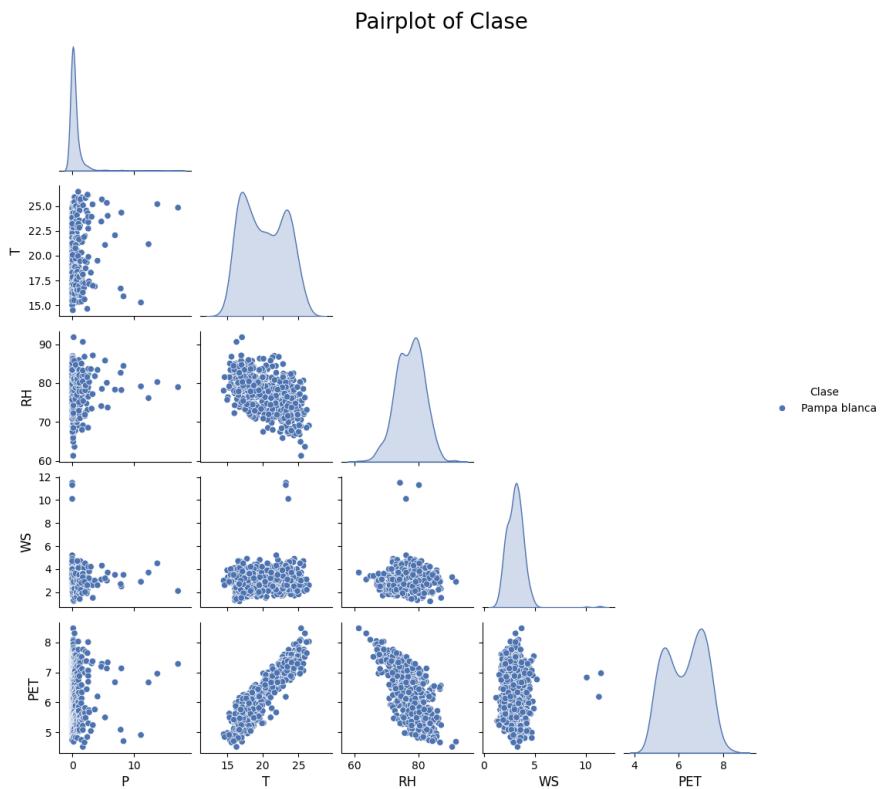


Gráfico de Pares (Pairplot)

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.

2.12. 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.

2.12.1. Estadísticas Descriptivas

Tabla 13

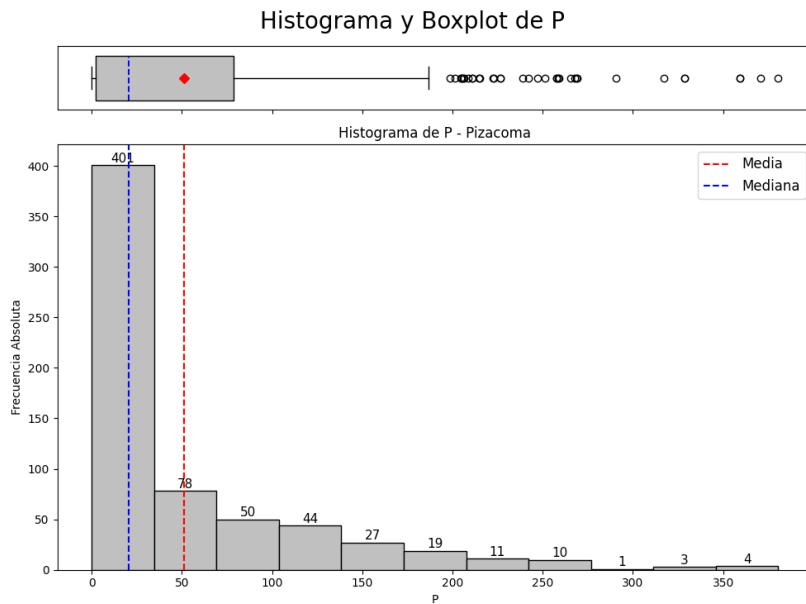
Estadísticas descriptivas de las variables meteorológicas en la estación Pizacoma

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	0.70	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	10.70	4.10	6.11
Maximum	380.70	78.38	12.81	9.10	7.79
Range	380.70	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	0.78
Standard Deviation	70.38	9.56	2.13	1.20	0.74
Coefficient of Variation	1.38	0.19	0.24	0.34	0.17
Skewness	1.87	-0.11	-0.35	0.78	0.03
Kurtosis	3.52	-0.33	-0.77	2.05	-0.70

Interpretación: La precipitación en Pizacoma presenta alta variabilidad y Skewnesspositiva, 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.

Figura 90

Histograma y boxplot de la P (mm/d) en la estación Pizacoma.



2.12.2. Análisis Univariado

P (mm/d)

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.

T (°C)

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

RH (%)

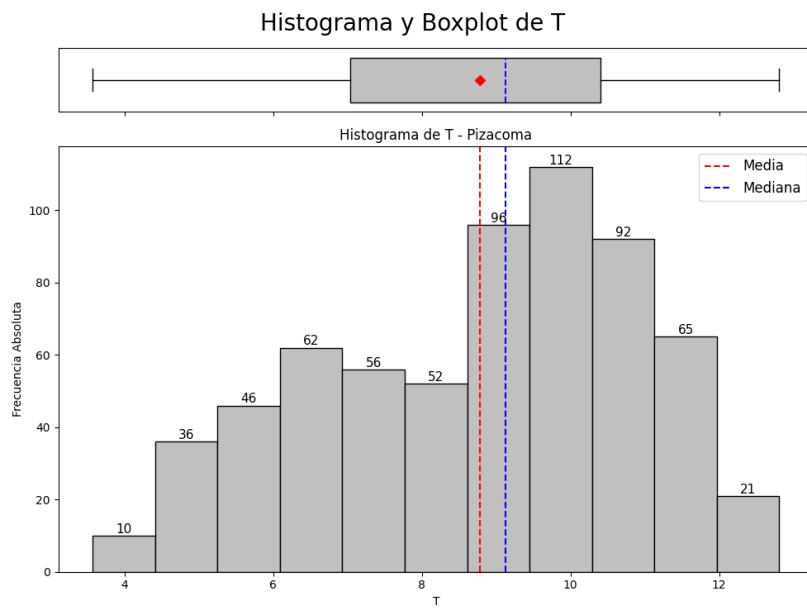
Interpretación: Distribución amplia, con valores entre 20 % y 80 %, y una leve Skewness negativa.

WS (m/s)

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

Figura 91

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

**Figura 92**

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

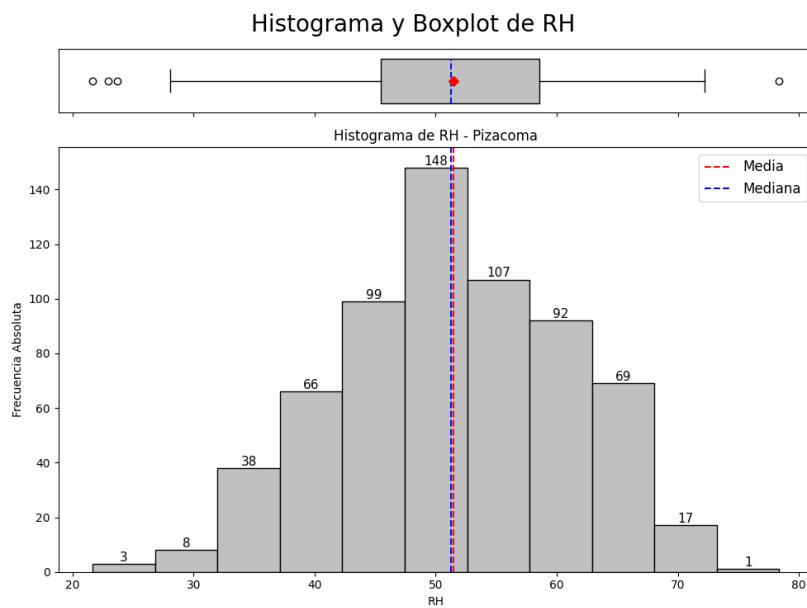
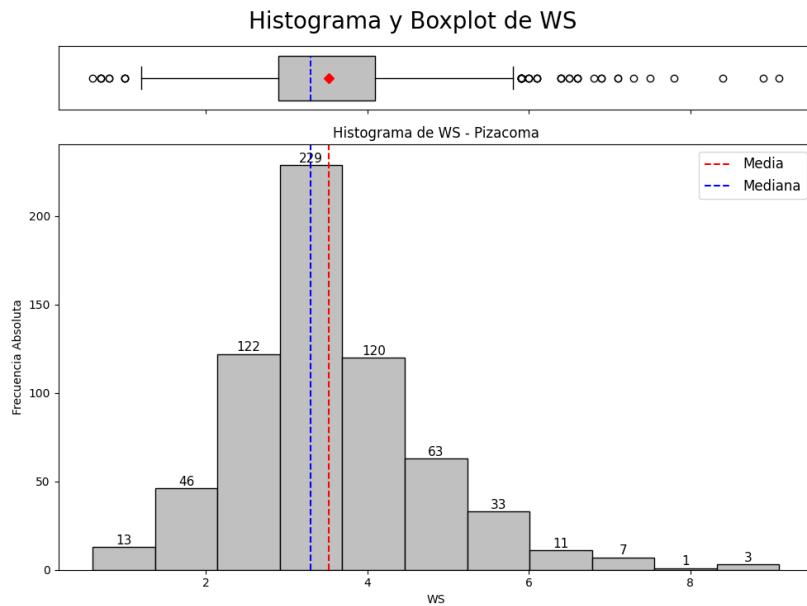


Figura 93

Histograma y boxplot de la WS (m/s) en la estación Pizacoma.



PET (mm/d)

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

2.12.3. Análisis Bivariado

Matriz de Correlación

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)

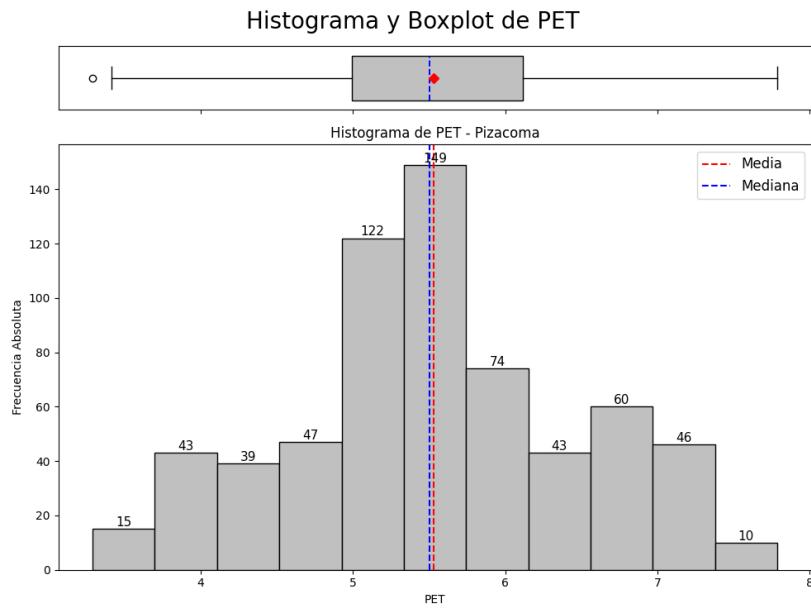
Interpretación: El gráfico evidencia una relación positiva entre temperatura y PET, mientras que las demás combinaciones muestran asociaciones más dispersas.

2.13. Análisis Estadístico de la Estación Pucara

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

Figura 94

Histograma y boxplot de la PET (mm/d) en la estación Pizacoma.

**Figura 95**

Matriz de correlación de las variables meteorológicas en Pizacoma.

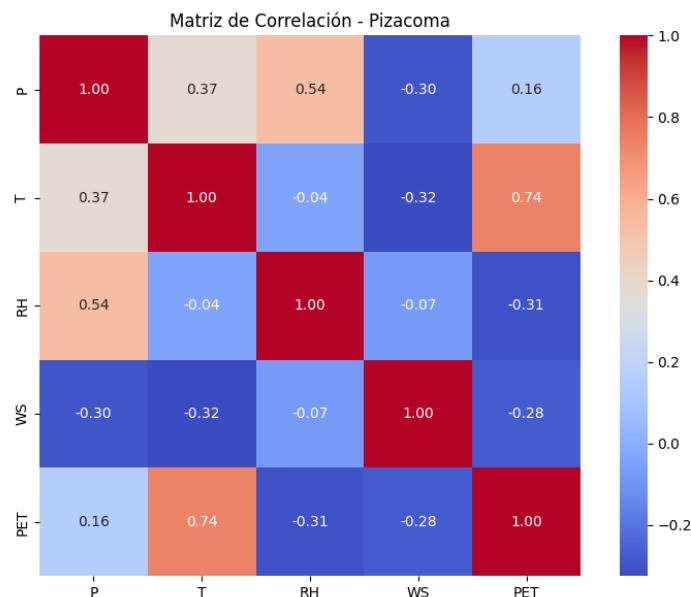
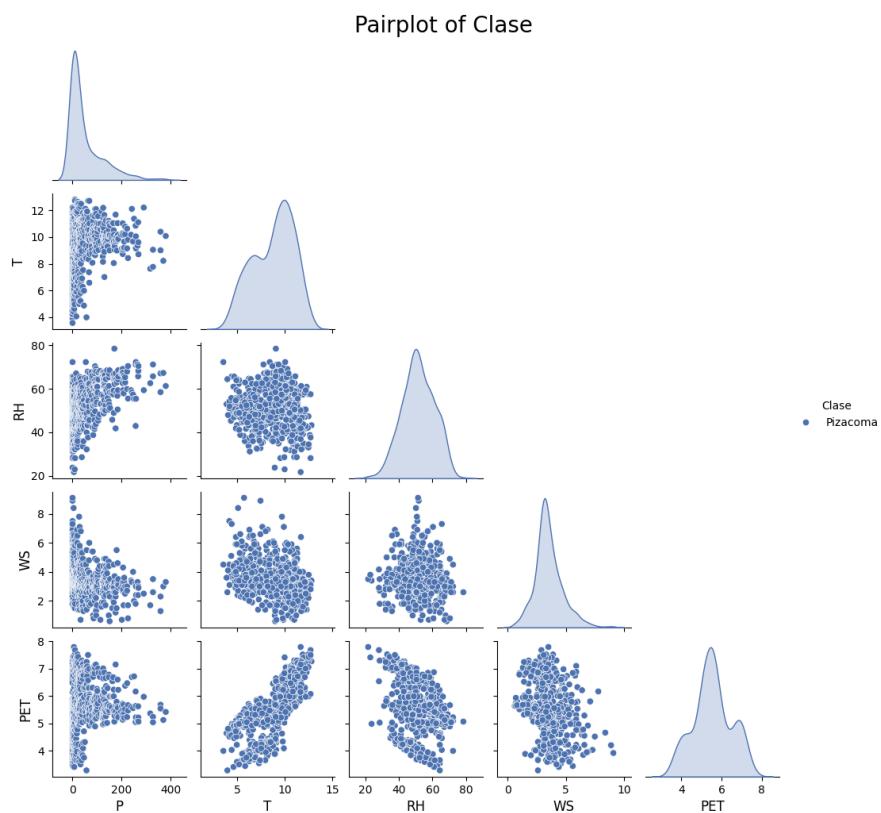


Figura 96

Pairplot de las variables meteorológicas en la estación Pizacoma.



gráficas correspondientes.

2.13.1. Estadísticas Descriptivas

Tabla 14

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	10.74	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	0.77	0.77
Variance	4013.43	103.42	2.66	0.78	0.70
Standard Deviation	63.35	10.17	1.63	0.78	0.74
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	-0.76	-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.

2.13.2. Análisis Univariado

P (mm/d)

T (°C)

RH (%)

WS (m/s)

PET (mm/d)

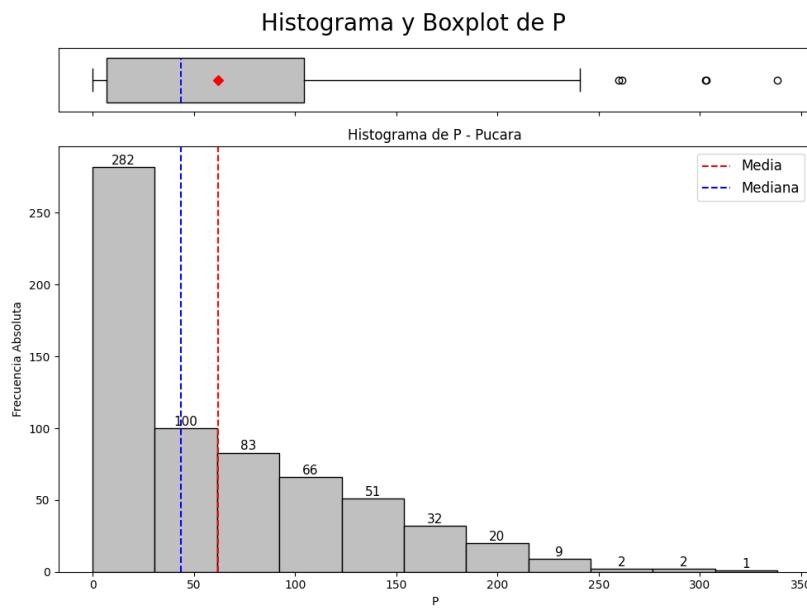
2.13.3. Análisis Bivariado

Matriz de Correlación

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

Figura 97

Histograma y boxplot de la P (mm/d) en la estación Pucara.

**Figura 98**

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

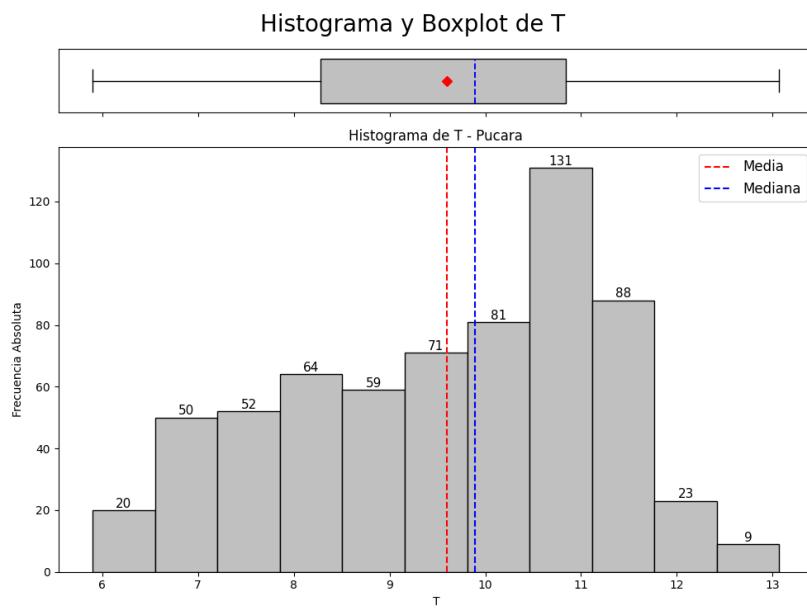
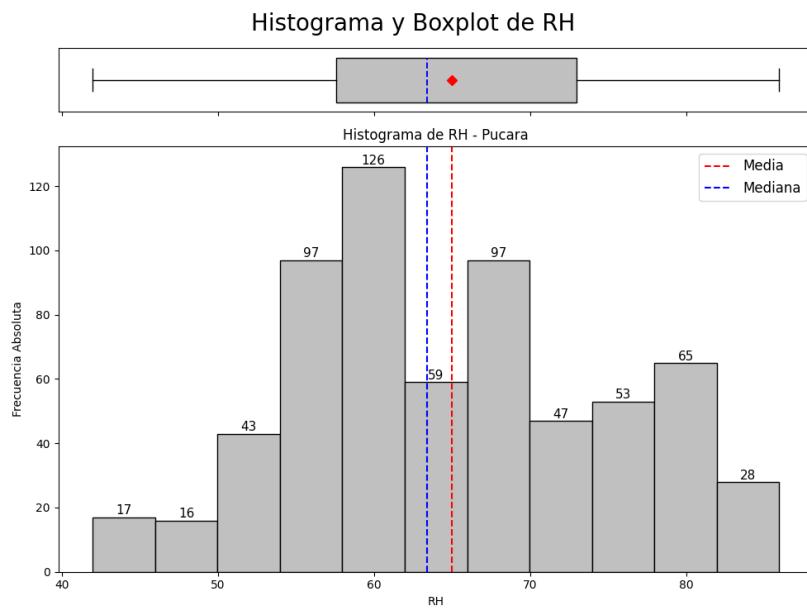


Figura 99

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

**Figura 100**

Histograma y boxplot de la WS (m/s) en la estación Pucara.

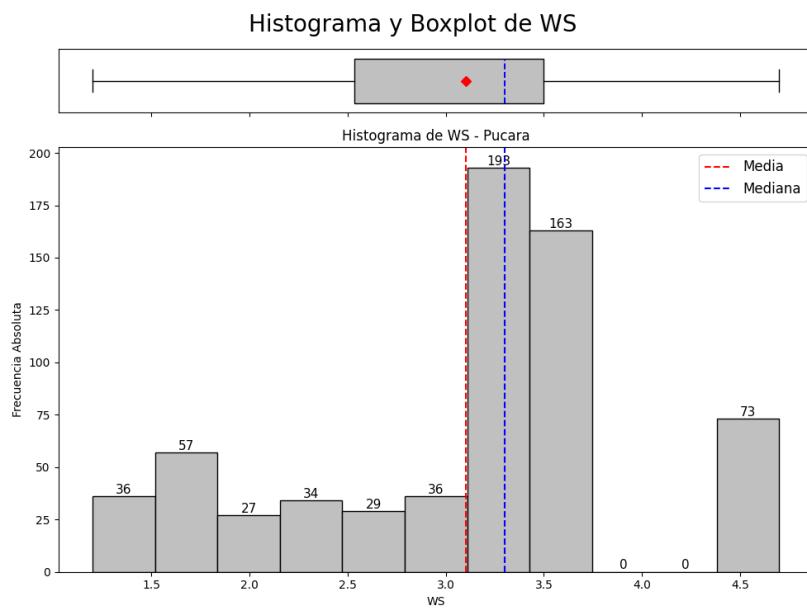
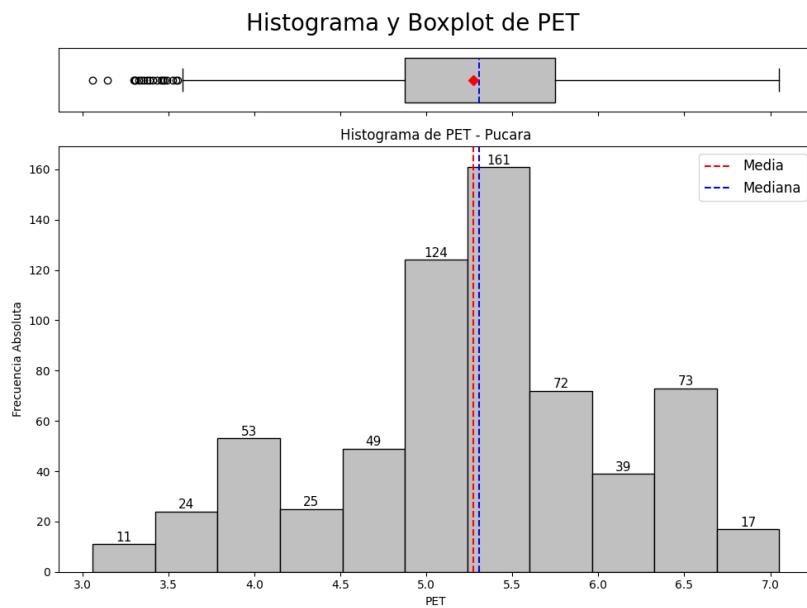


Figura 101

Histograma y boxplot de la PET (mm/d) en la estación Pucara.

**Figura 102**

Matriz de correlación de las variables meteorológicas en Pucara.

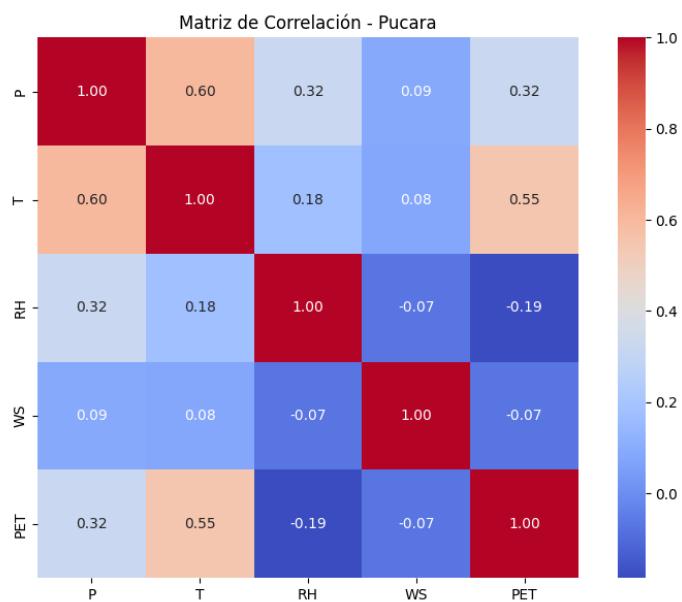
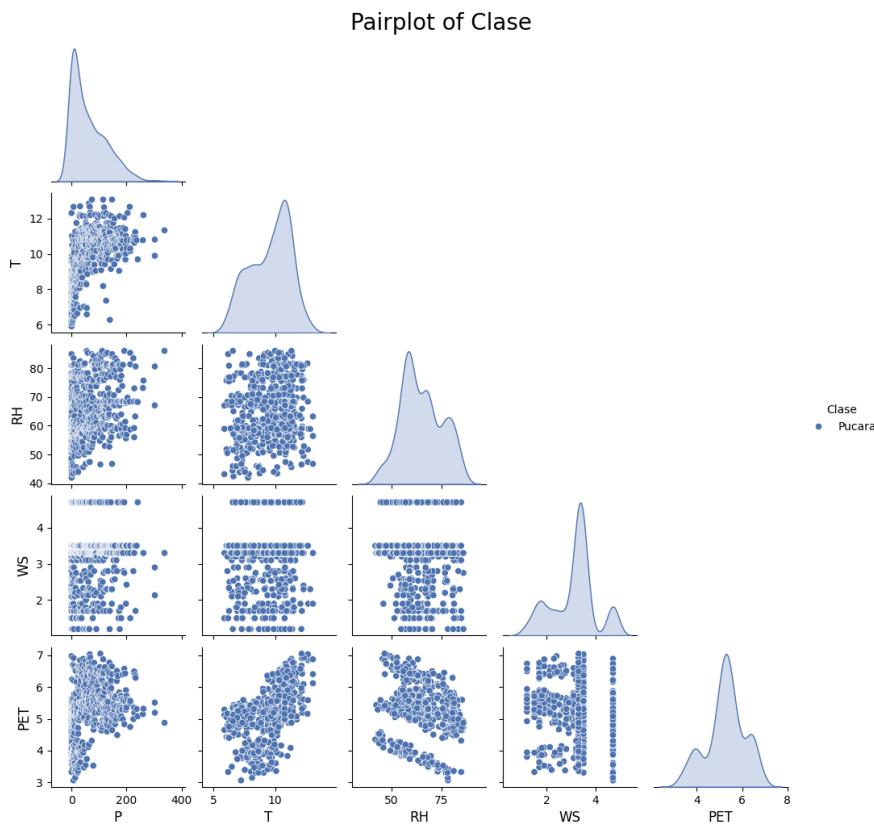


Gráfico de Pares (Pairplot)

Figura 103

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.

2.14. 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.

2.14.1. Estadísticas Descriptivas

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 ve-

Tabla 15

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	80.74	16.72	5.70	4.70
Mediana	0.00	82.13	18.93	6.50	5.31
Media	0.79	82.32	18.93	6.65	5.31
3er Cuartil	0.70	84.25	21.11	7.33	5.96
Máximo	42.60	92.64	25.14	27.80	7.05
Rango	42.60	20.78	11.14	26.30	3.54
Rango Intercuartílico	0.70	3.81	4.39	1.63	1.26
Varianza	7.67	10.19	5.88	3.64	0.76
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

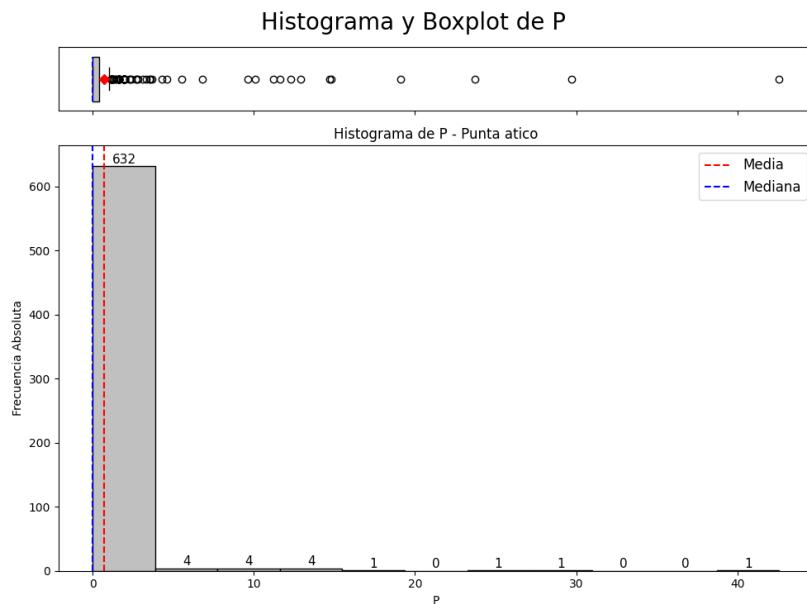
locidad del viento presenta valores extremos, con una curtosis muy elevada. La evapotranspiración se mantiene moderadamente dispersa, con una leve simetría negativa.

2.14.2. Análisis Univariado

P (mm/d)

Figura 104

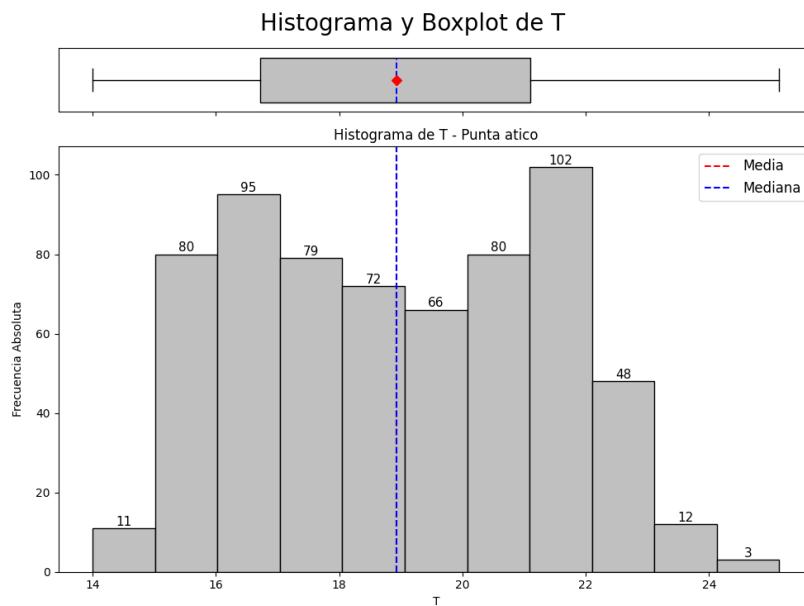
Histograma y boxplot de la P (mm/d) en la estación Punta Atico.



T (°C)

Figura 105

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



RH (%)

WS (m/s)

PET (mm/d)

2.14.3. Análisis Bivariado

Matriz de Correlación

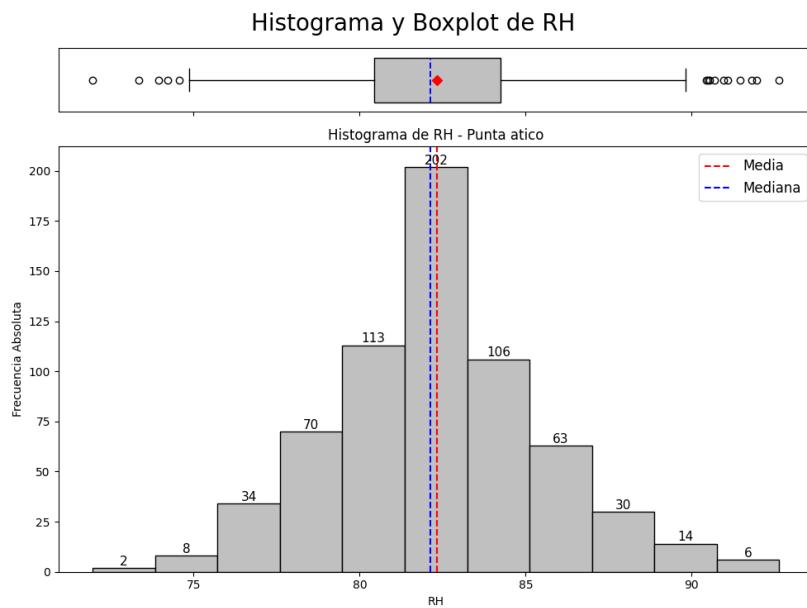
Interpretación: Las correlaciones son en su mayoría débiles, con una ligera asociación positiva entre temperatura y PET, y entre velocidad del viento y PET.

Gráfico de Pares (Pairplot)

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.

Figura 106

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

**Figura 107**

Histograma y boxplot de la WS (m/s) en la estación Punta Atico.

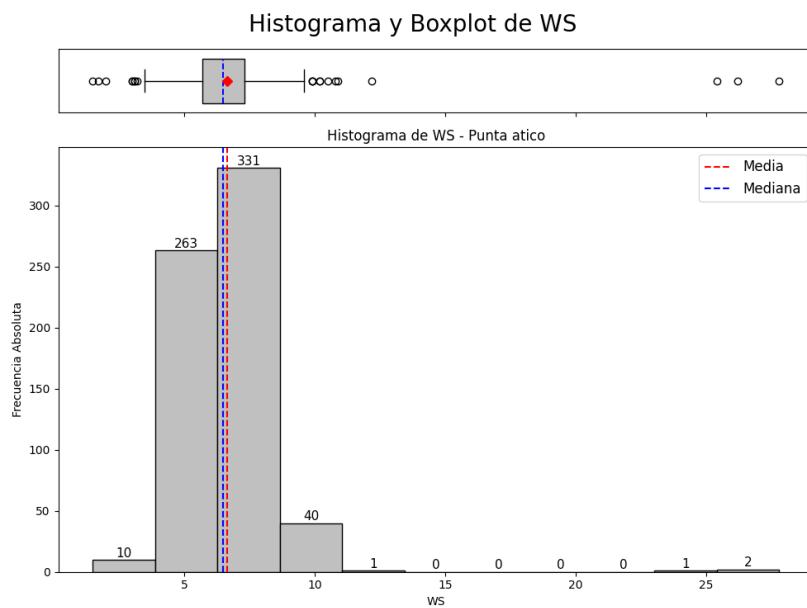
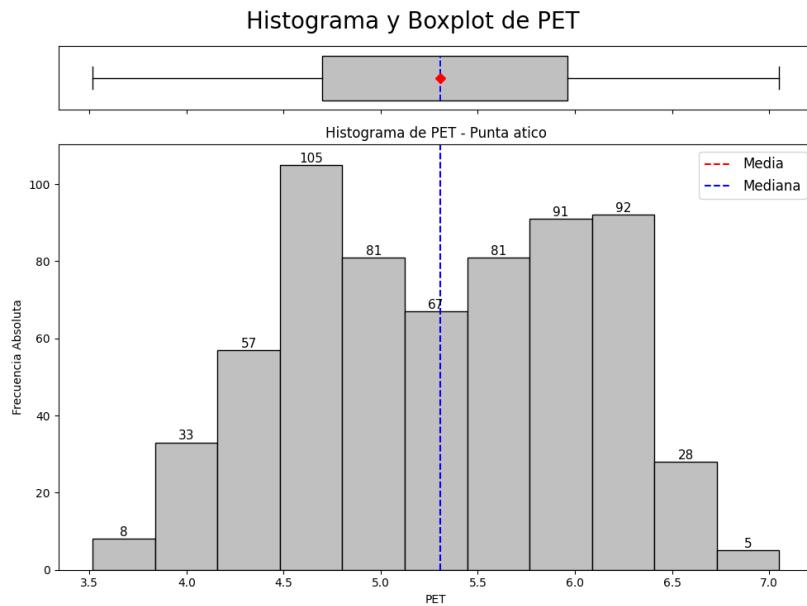


Figura 108

Histograma y boxplot de la PET (mm/d) en la estación Punta Atico.

**Figura 109**

Matriz de correlación de las variables meteorológicas en Punta Atico.

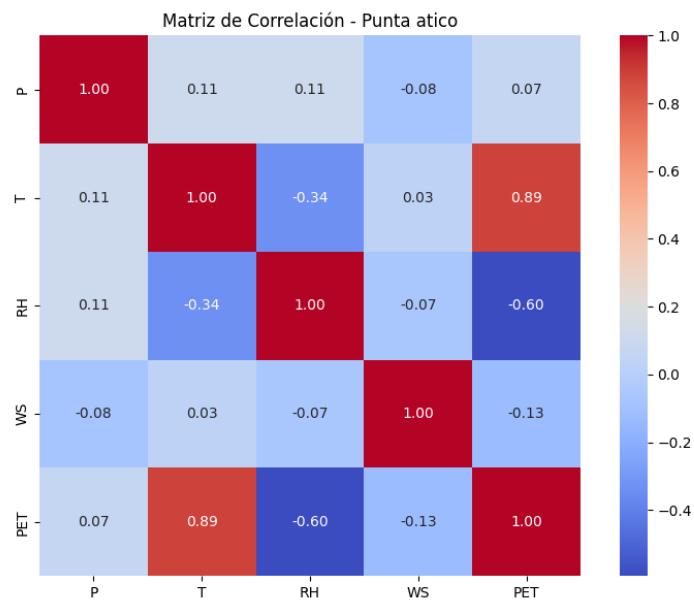
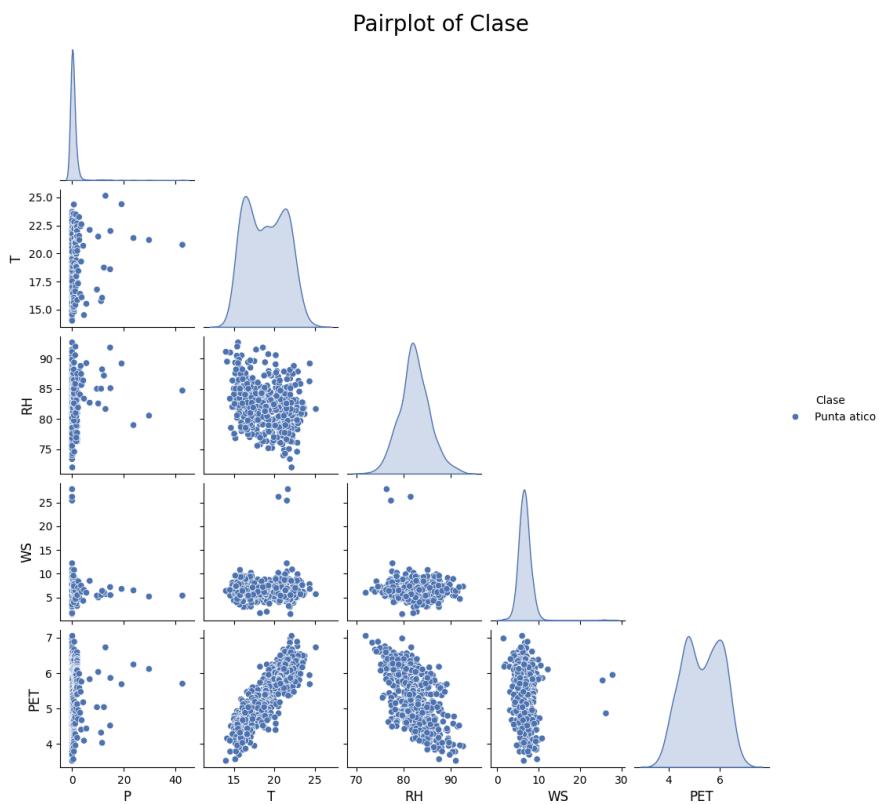


Figura 110

Pairplot de las variables meteorológicas en la estación Punta Atico.



2.15. 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.

2.15.1. Estadísticas Descriptivas

Tabla 16

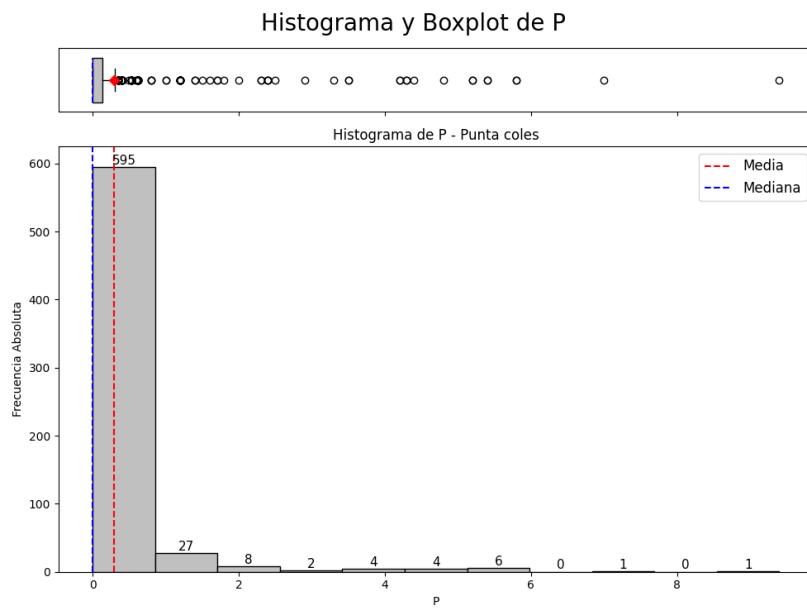
Estadísticas descriptivas de las variables meteorológicas en la estación Punta Coles

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	0.70	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	0.72	22.24	5.47	1.21	0.30
Desviación Estándar	0.70	4.72	2.34	1.10	0.79
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	-0.77	1.07	-0.77

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.

Figura 111

Histograma y boxplot de la P (mm/d) en la estación Punta Coles.

**Figura 112**

Histograma y boxplot de la T ($^{\circ}\text{C}$) en la estación Punta Coles.

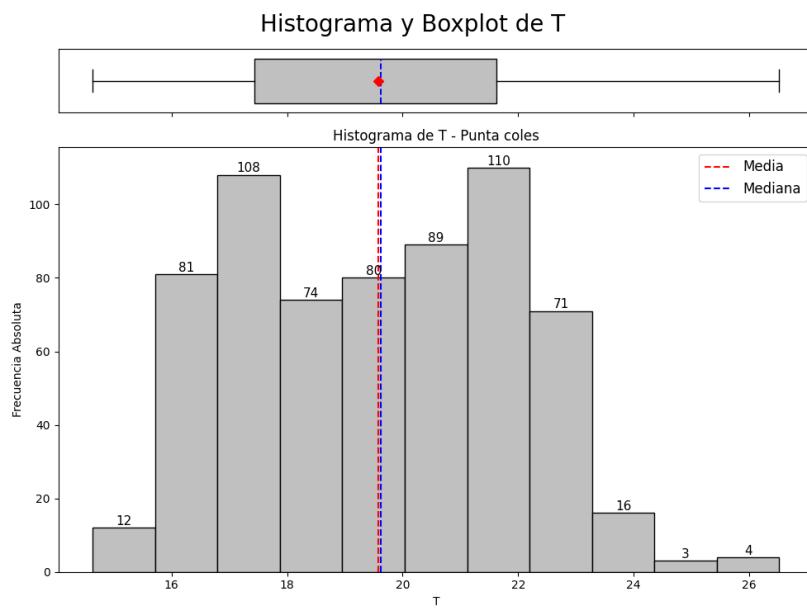
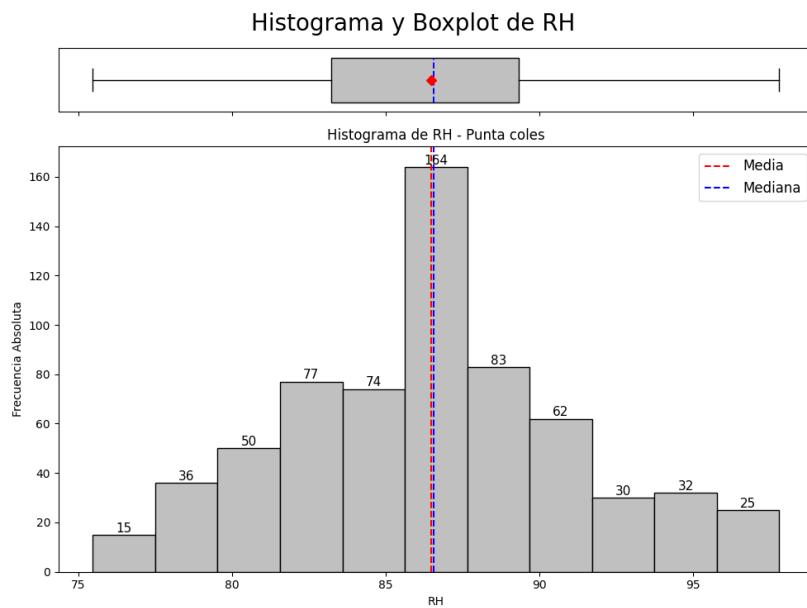


Figura 113

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

**Figura 114**

Histograma y boxplot de la WS (m/s) en la estación Punta Coles.

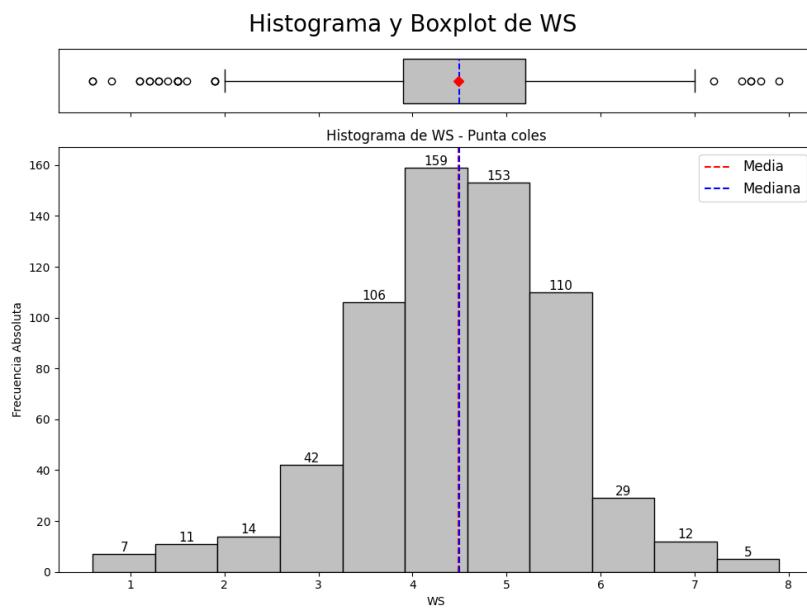
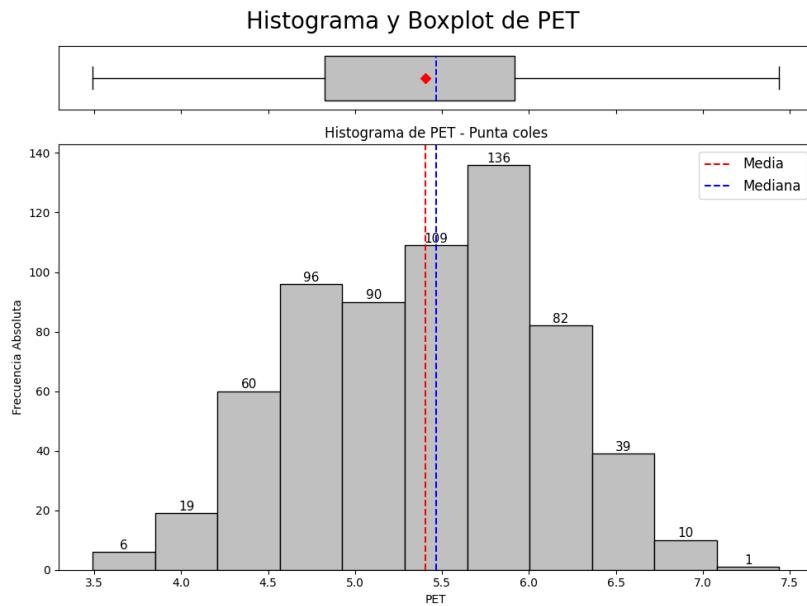


Figura 115

Histograma y boxplot de la PET (mm/d) en la estación Punta Coles.



2.15.2. Análisis Univariado

P (mm/d)

T (°C)

RH (%)

WS (m/s)

PET (mm/d)

2.15.3. Análisis Bivariado

Matriz de Correlación

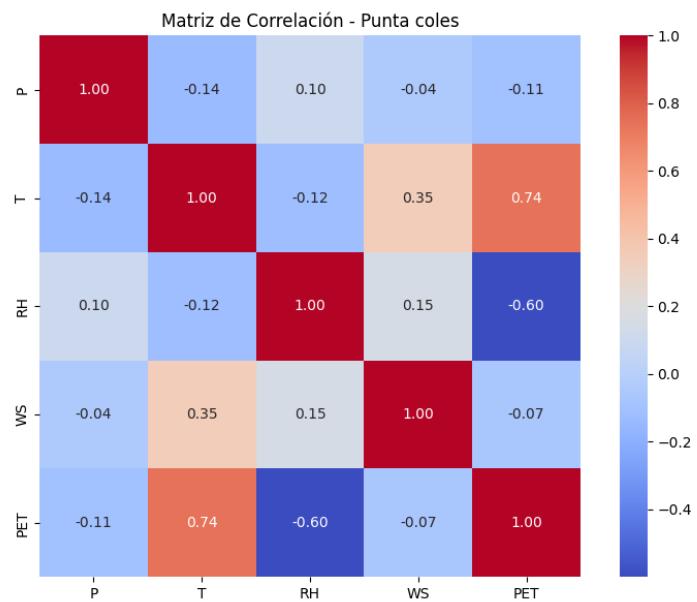
Interpretación: Se observan relaciones positivas leves entre temperatura y PET, así como entre velocidad del viento y PET. Las demás variables muestran correlaciones débiles o nulas.

Gráfico de Pares (Pairplot)

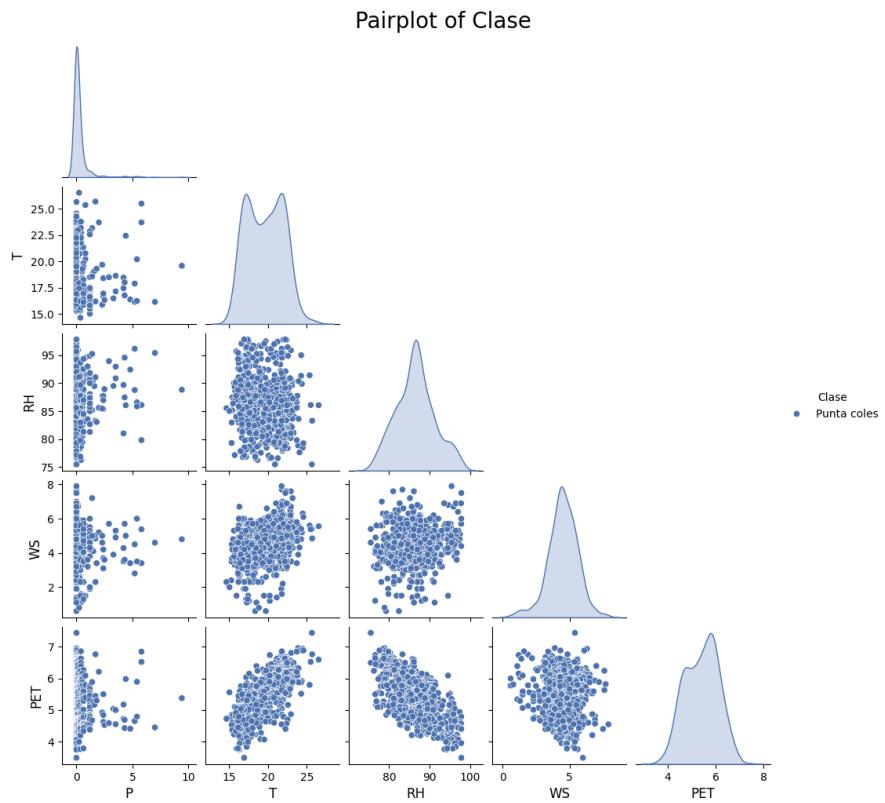
Interpretación: El gráfico evidencia agrupaciones densas en los pares T-PET y WS-PET, indicando correlaciones moderadas. Las demás combinaciones presentan relaciones más dispersas.

Figura 116

Matriz de correlación de las variables meteorológicas en Punta Coles.

**Figura 117**

Pairplot de las variables meteorológicas en la estación Punta Coles.



2.16. 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.

2.16.1. Estadísticas Descriptivas

Tabla 17

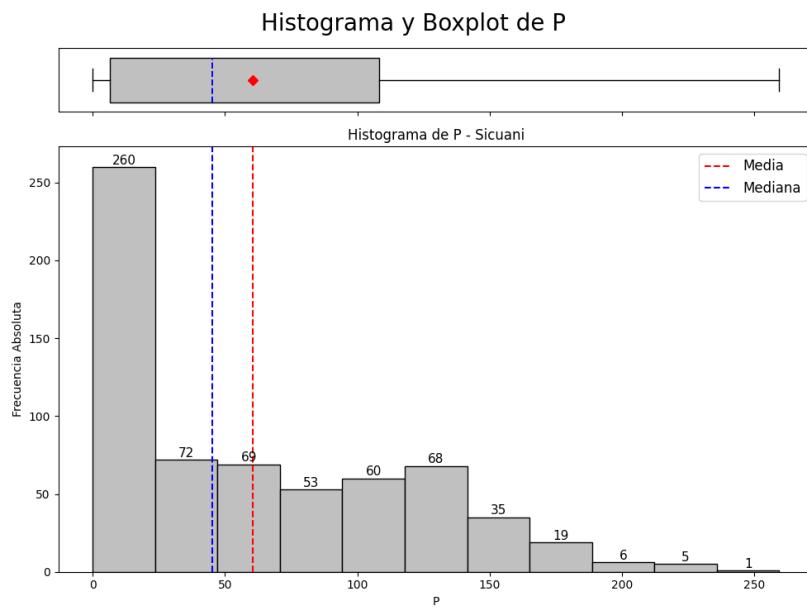
Estadísticas descriptivas de las variables meteorológicas en la estación Sicuani

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	10.71	0.70	5.41
Mediana	45.31	64.69	11.93	1.92	5.63
Media	60.70	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	0.78
Varianza	3368.68	68.58	2.60	2.72	0.79
Desviación Estándar	58.04	8.28	1.61	1.65	0.79
Coef. de Variación	0.76	0.13	0.14	0.72	0.16
Asimetría	0.70	-0.33	-0.76	4.31	-0.27
Curtosis	-0.77	-0.78	-0.75	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.

Figura 118

Histograma y boxplot de la P (mm/d) en la estación Sicuani.

**Figura 119**

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

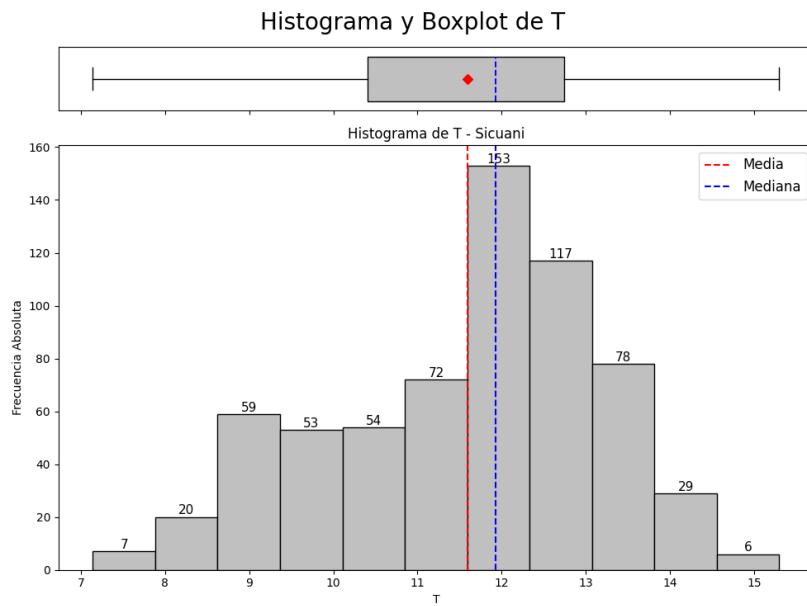
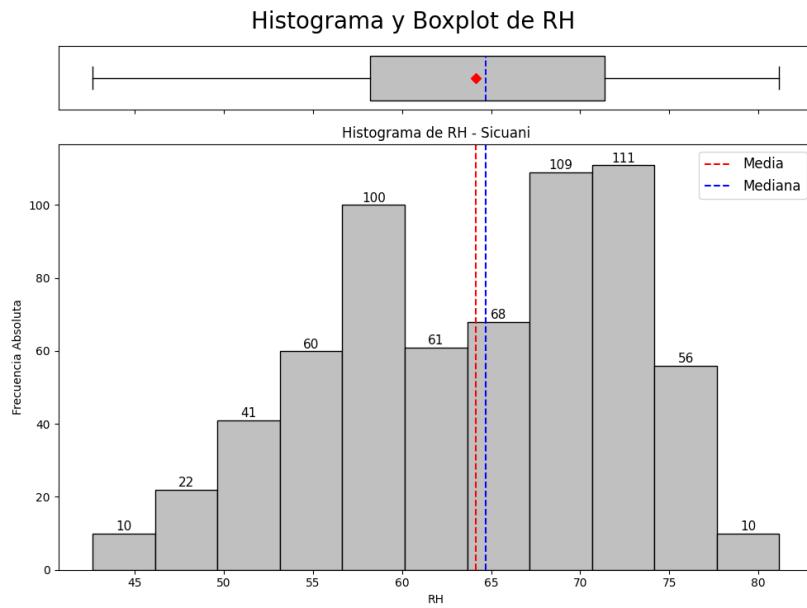


Figura 120

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

**Figura 121**

Histograma y boxplot de la WS (m/s) en la estación Sicuani.

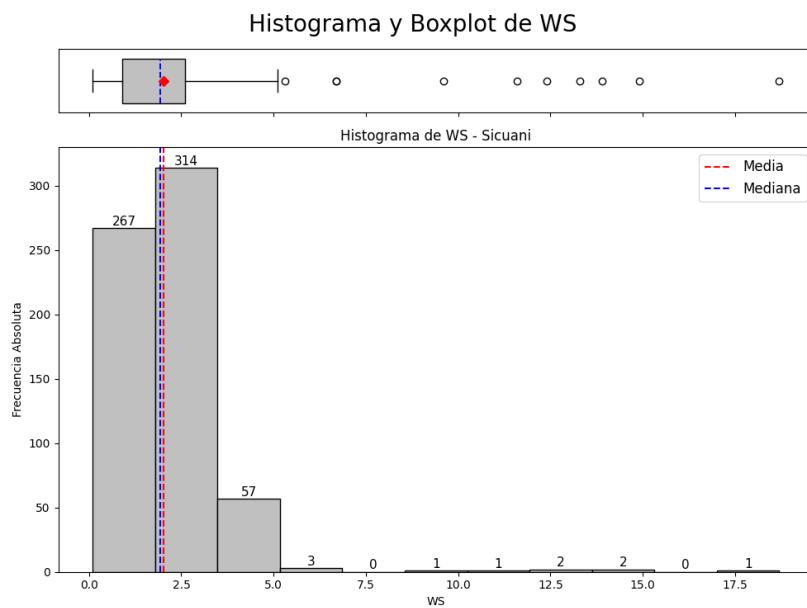
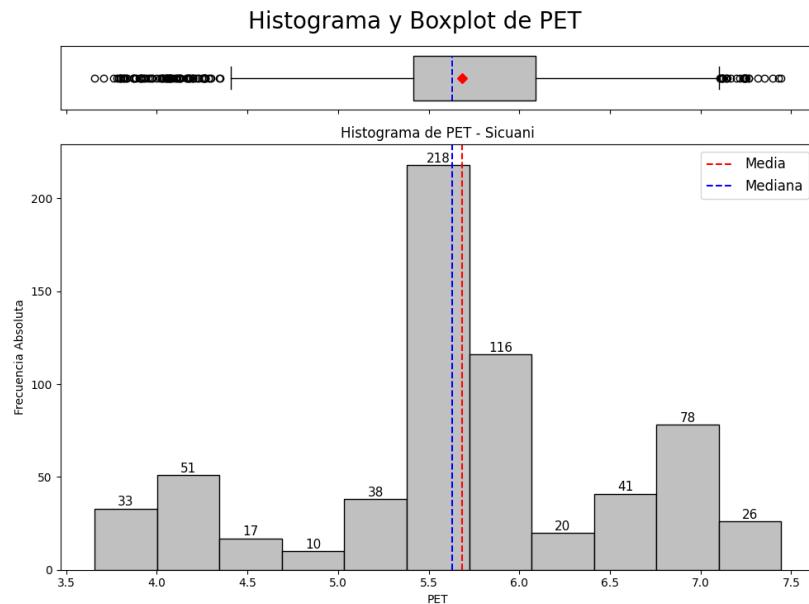


Figura 122

Histograma y boxplot de la PET (mm/d) en la estación Sicuani.



2.16.2. Análisis Univariado

P (mm/d)

T (°C)

RH (%)

WS (m/s)

PET (mm/d)

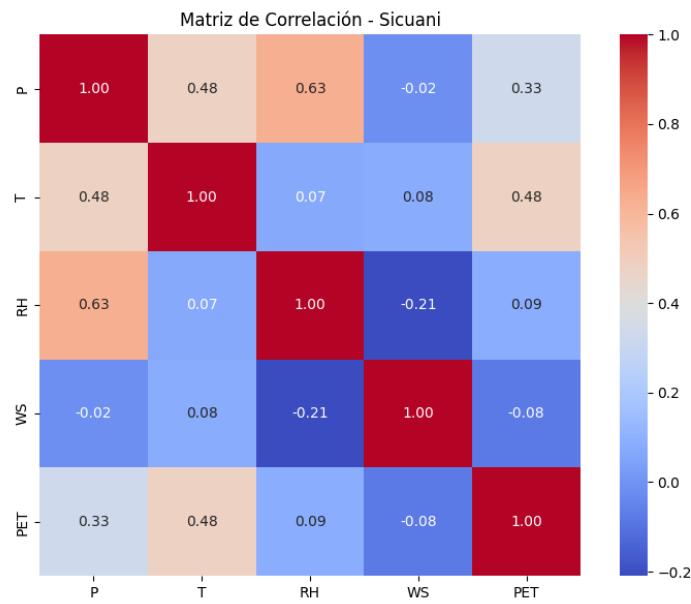
2.16.3. Análisis Bivariado

Matriz de Correlación

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.

Figura 123

Matriz de correlación de las variables meteorológicas en Sicuani.

**Figura 124**

Pairplot de las variables meteorológicas en la estación Sicuani.

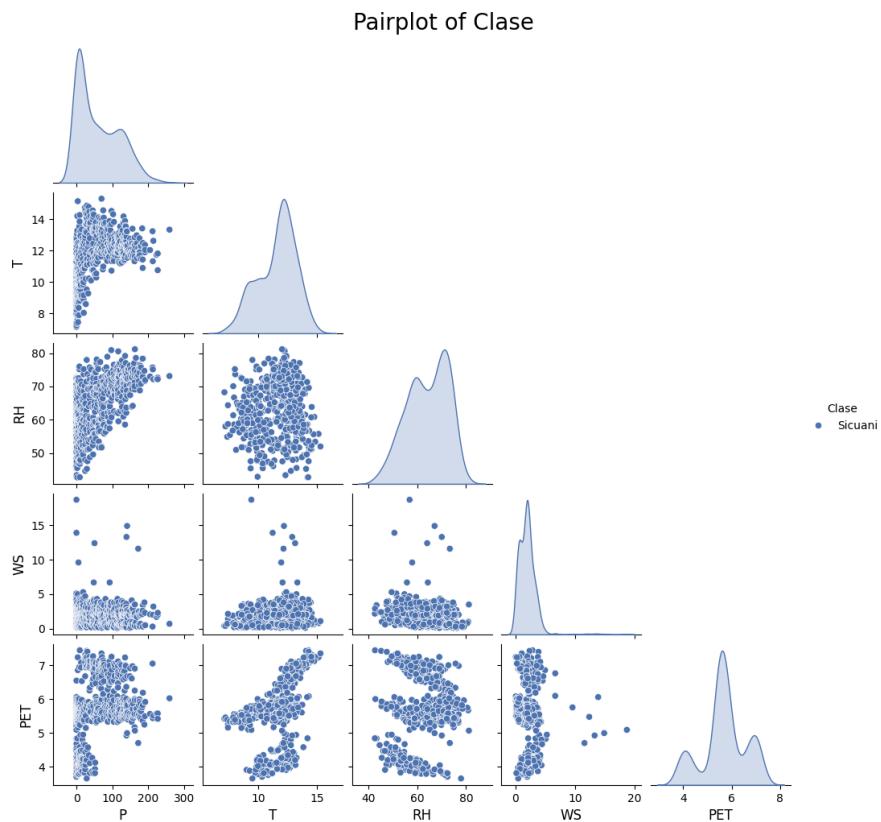


Gráfico de Pares (Pairplot)

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.

2.17. 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.

2.17.1. Estadísticas Descriptivas

Tabla 18

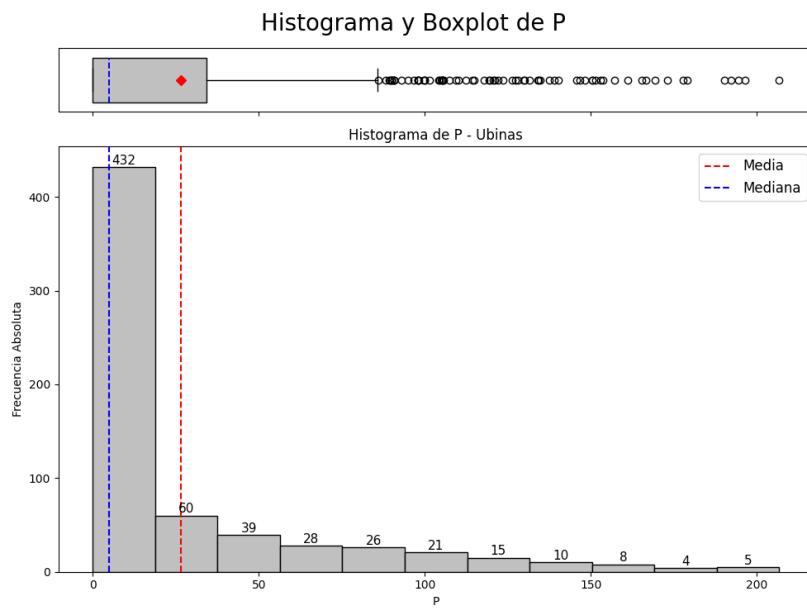
Estadísticas descriptivas de las variables meteorológicas en la estación Ubinas

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	0.70	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	0.70	1.25
Varianza	1783.28	156.90	2.54	0.28	0.77
Desviación Estándar	42.23	12.53	1.59	0.73	0.79
Coef. de Variación	1.59	0.22	0.14	0.21	0.11
Asimetría	1.95	0.70	-0.18	-0.70	-0.08
Curtosis	3.24	-0.77	-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.

Figura 125

Histograma y boxplot de la P (mm/d) en la estación Ubinas.

**Figura 126**

Histograma y boxplot de la T ($^{\circ}\text{C}$) en la estación Ubinas.

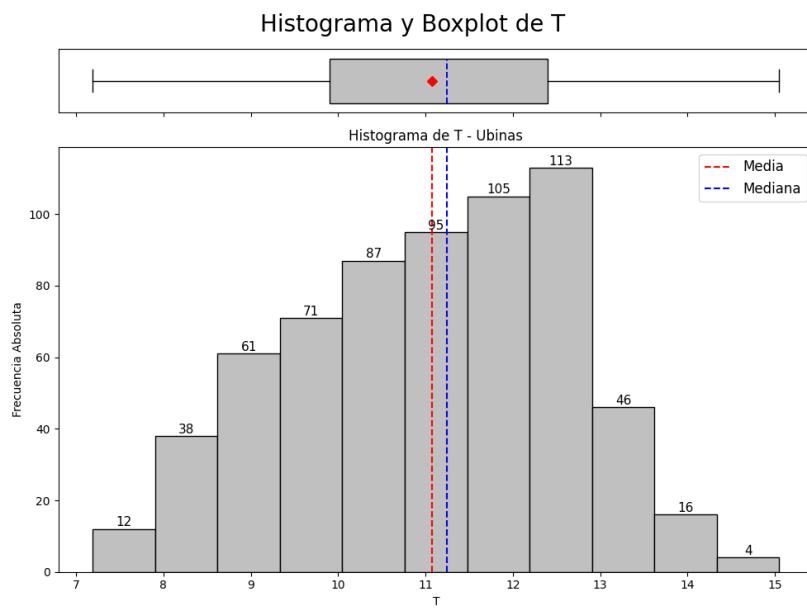
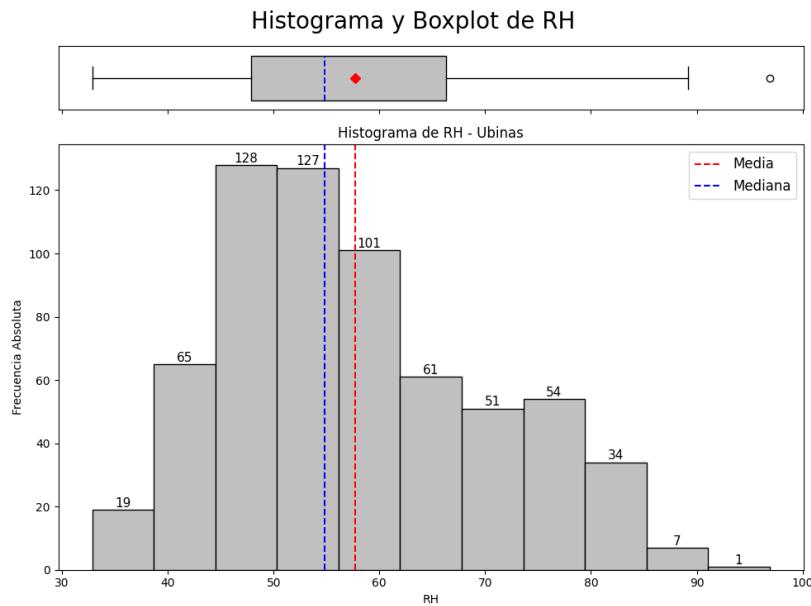


Figura 127
Histograma y boxplot de la RH (%) en la estación Ubinas.



2.17.2. Análisis Univariado

P (mm/d)

T (°C)

RH (%)

WS (m/s)

PET (mm/d)

2.17.3. Análisis Bivariado

Matriz de Correlación

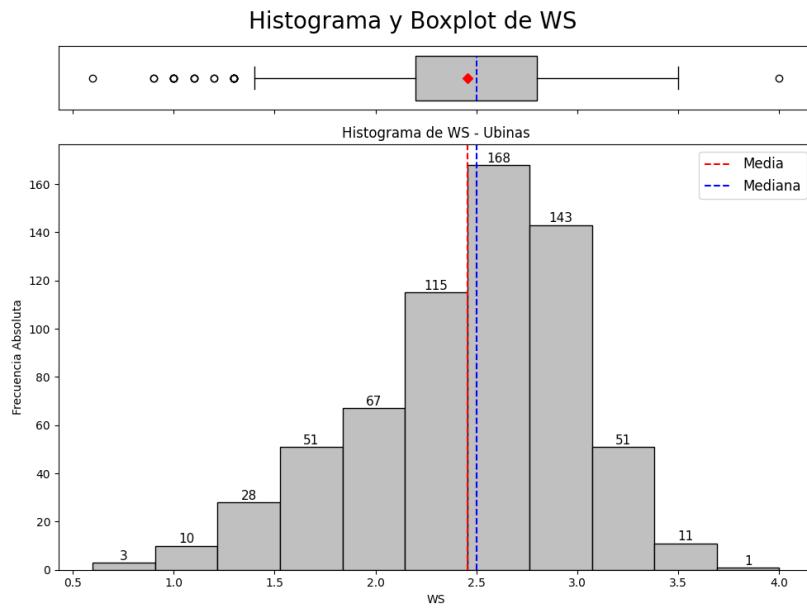
Interpretación: Se observa una correlación positiva moderada entre temperatura y PET. Las demás relaciones entre variables son débiles.

Gráfico de Pares (Pairplot)

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

Figura 128

Histograma y boxplot de la WS (m/s) en la estación Ubinas.

**Figura 129**

Histograma y boxplot de la PET (mm/d) en la estación Ubinas.

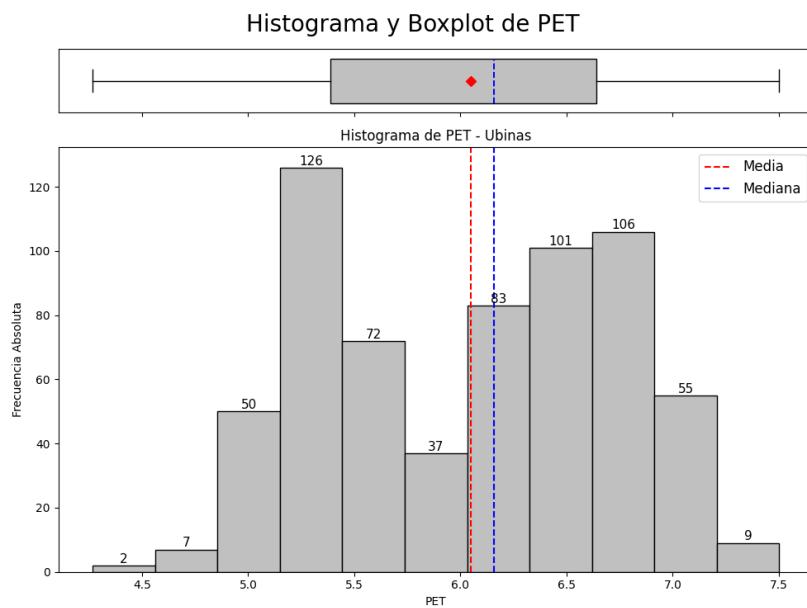
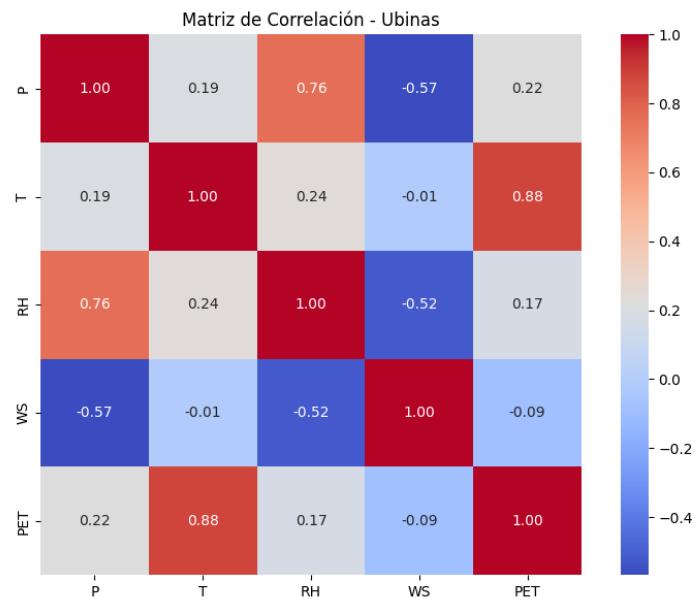
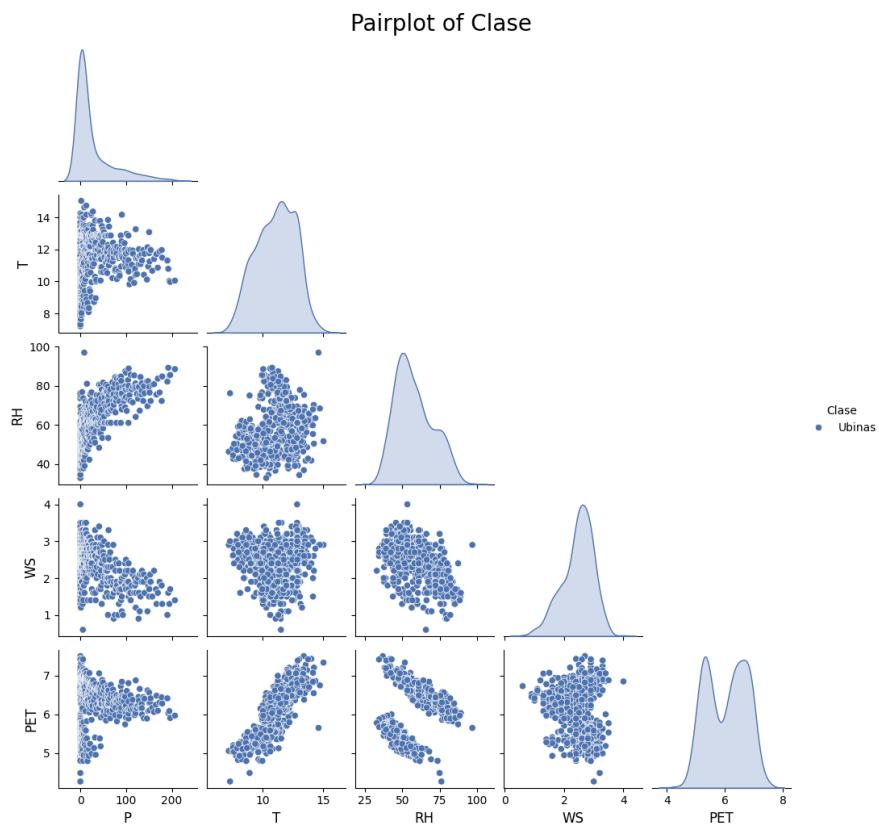


Figura 130

Matriz de correlación de las variables meteorológicas en Ubinas.

**Figura 131**

Pairplot de las variables meteorológicas en la estación Ubinas.



2.18. 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.

2.18.1. Estadísticas Descriptivas

Tabla 19

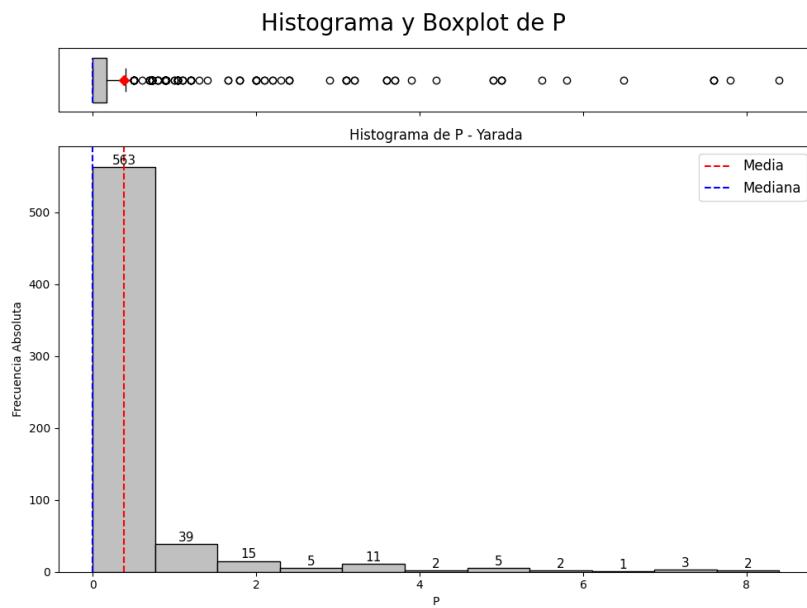
Estadísticas descriptivas de las variables meteorológicas en la estación Yarada

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	0.76	1.73
Varianza	1.15	19.87	6.43	0.25	0.76
Desviación Estándar	1.07	4.46	2.53	0.70	0.73
Coef. de Variación	2.83	0.05	0.13	0.21	0.16
Asimetría	4.43	-0.73	0.11	0.75	-0.08
Curtosis	22.59	1.94	-1.20	0.70	-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.

Figura 132

Histograma y boxplot de la P (mm/d) en la estación Yarada.

**Figura 133**

Histograma y boxplot de la T ($^{\circ}\text{C}$) en la estación Yarada.

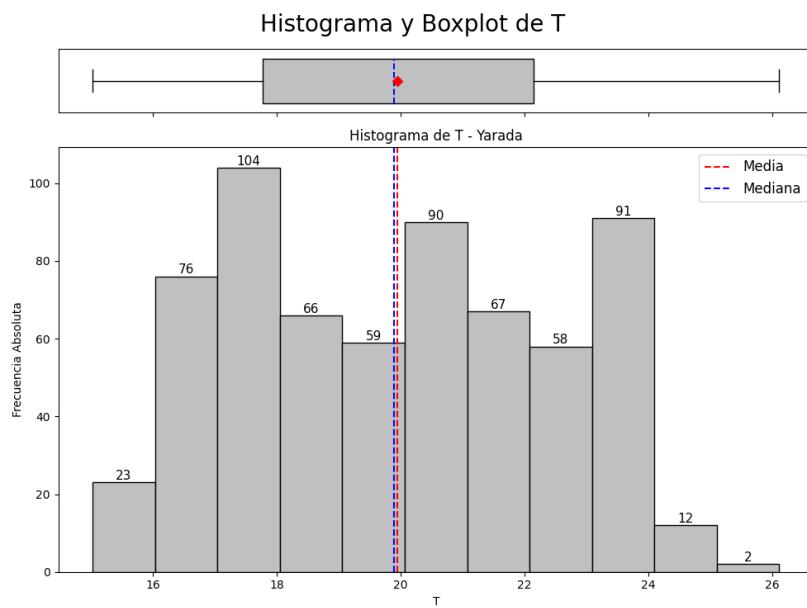
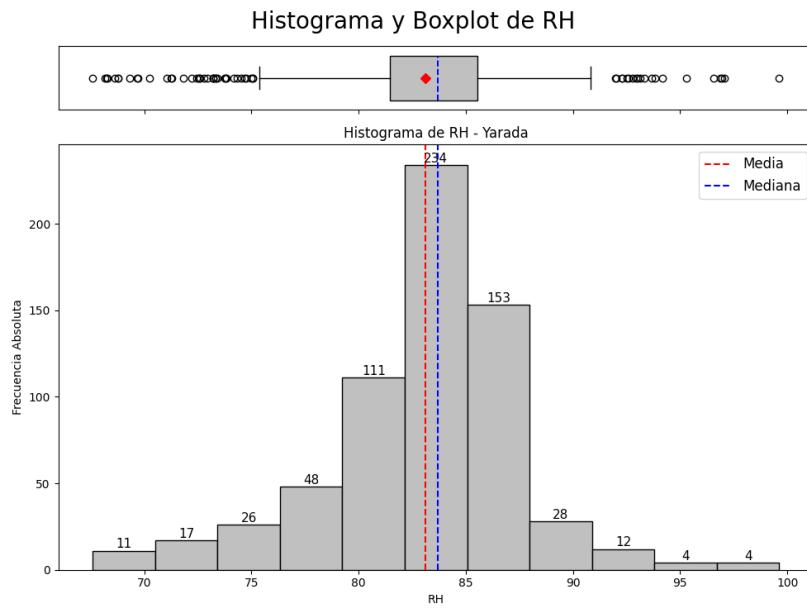


Figura 134

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

**Figura 135**

Histograma y boxplot de la WS (m/s) en la estación Yarada.

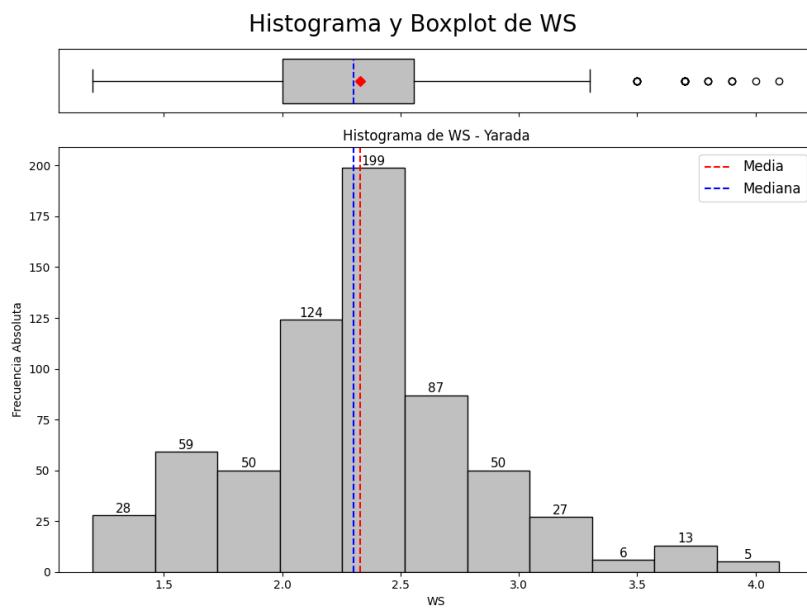
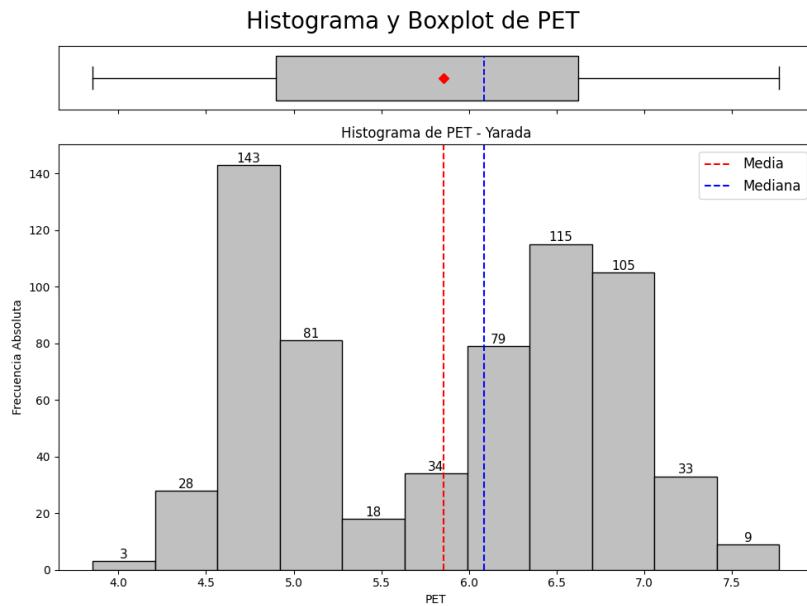


Figura 136

Histograma y boxplot de la PET (mm/d) en la estación Yarada.



2.18.2. Análisis Univariado

P (mm/d)

T (°C)

RH (%)

WS (m/s)

PET (mm/d)

2.18.3. Análisis Bivariado

Matriz de Correlación

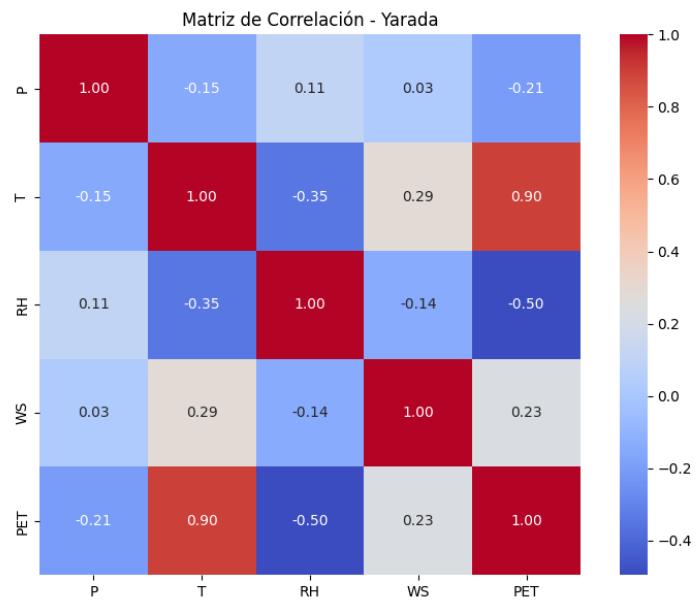
Interpretación: Se observan correlaciones moderadas entre temperatura y PET. El resto de variables muestran relaciones más débiles o nulas.

Gráfico de Pares (Pairplot)

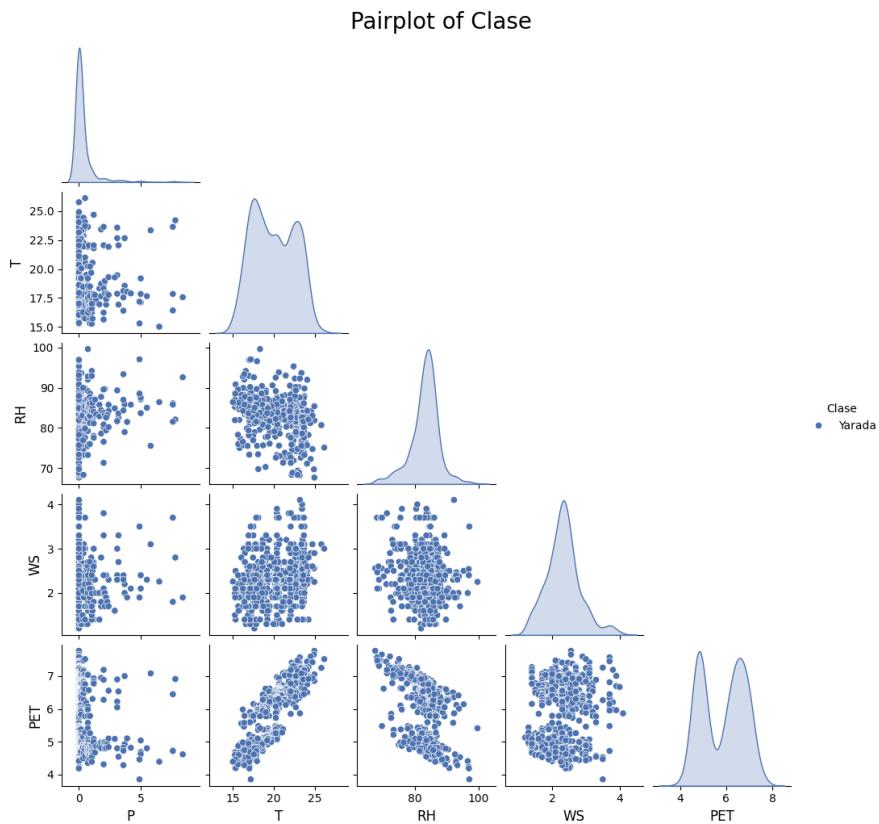
Interpretación: El gráfico muestra un patrón claro entre T y PET, mientras que P, RH y WS presentan comportamientos dispersos y poco correlacionados.

Figura 137

Matriz de correlación de las variables meteorológicas en Yarada.

**Figura 138**

Pairplot de las variables meteorológicas en la estación Yarada.



CAPÍTULO III

ANÁLISIS POR ESTACIÓN Y TEMPORADA

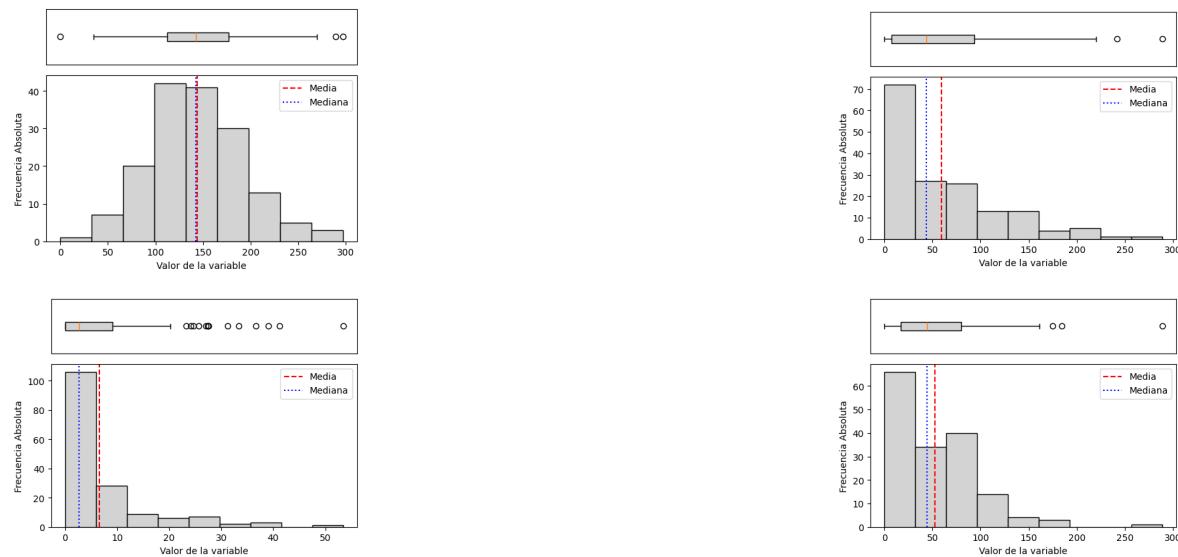
A continuación se presentan los análisis estadísticos univariados por temporada (verano, otoño, invierno, primavera) para cada una de las estaciones meteorológicas consideradas. El análisis incluye gráficos tipo boxplot y histogramas con boxplot combinados, organizados por variable y temporada.

3.1. Estación: Ancachuro

3.1.1. Precipitación (P)

Figura 139

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



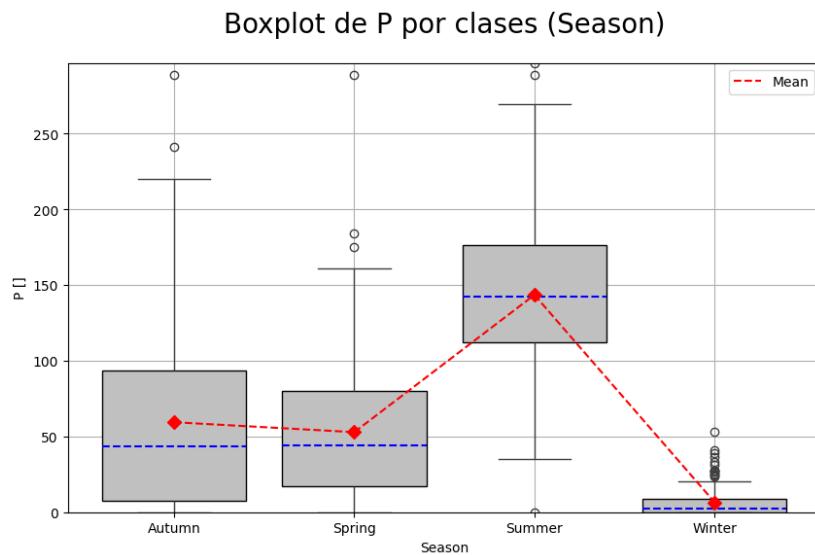
Interpretación

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 po-

Figura 140

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



sitivamente, 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.

3.1.2. PET (mm/d)

Comparación por temporada

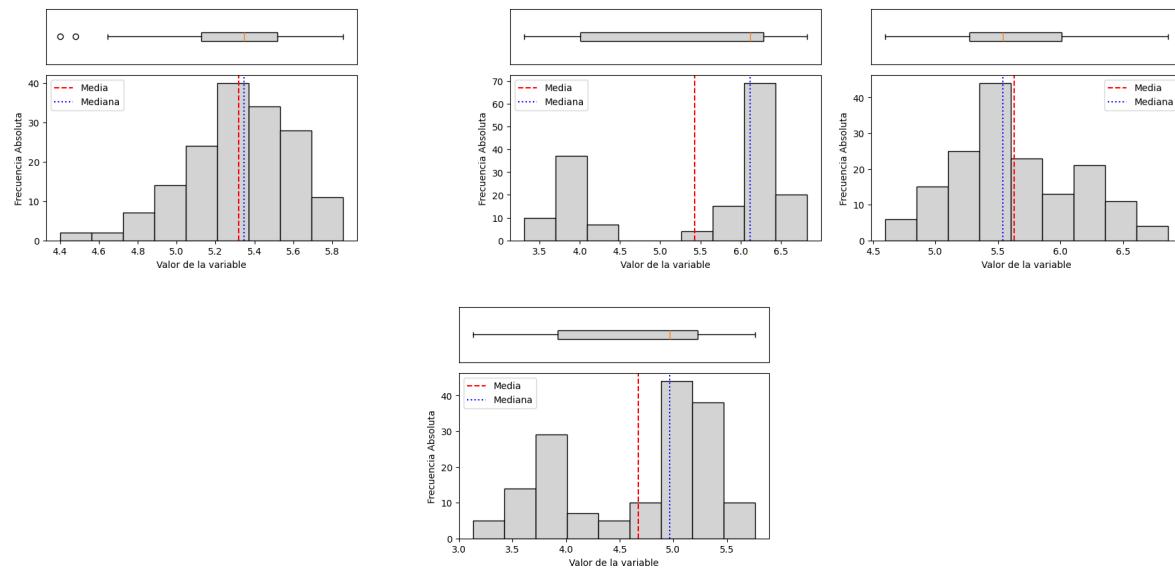
Interpretación

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.

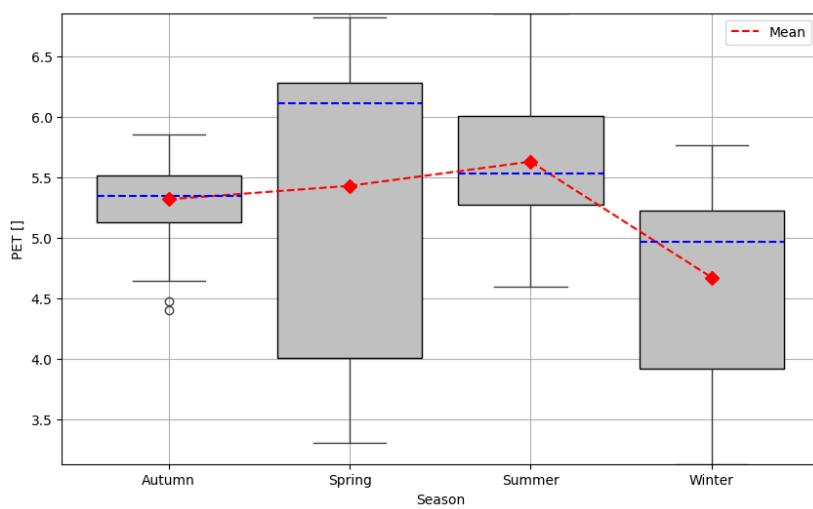
Figura 141

Distribución de la PET (mm/d) en la estación Ancachuro por temporada.

**Figura 142**

Boxplot de PET (mm/d) por temporada en la estación Ancachuro.

Boxplot de PET por clases (Season)

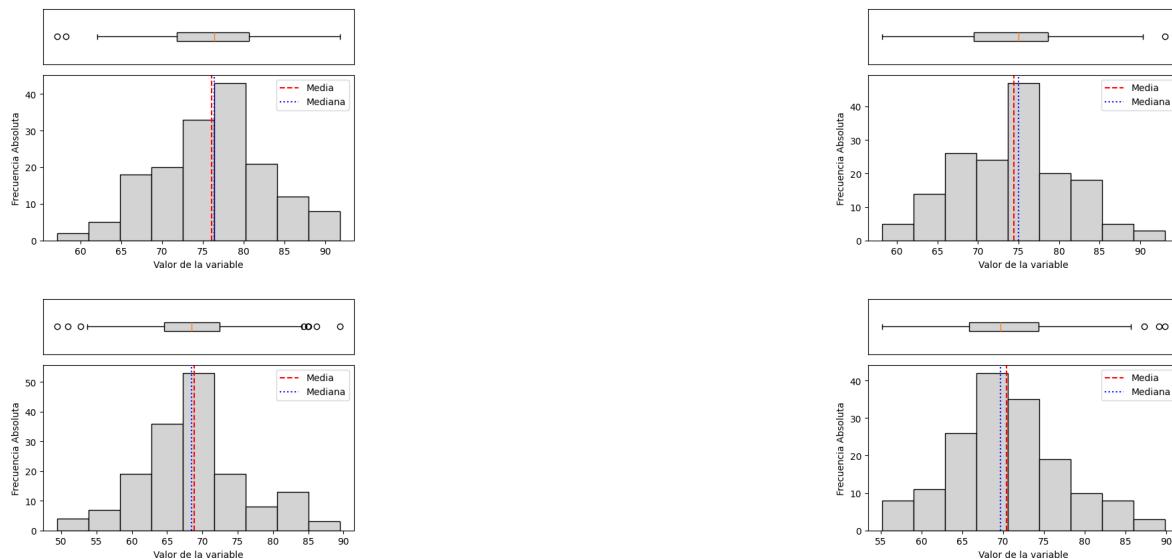


- En **Otoño** y **Invierno**, la PET tiende a disminuir, siendo el invierno la estación con menores valores promedio, lo cual se asocia a temperaturas más bajas y menor radiación.
- La gráfica de boxplot permite comparar de forma clara estas diferencias estacionales, mientras que los histogramas permiten visualizar la simetría o asimetría de cada distribución.

3.1.3. Relative Humidity (RH)

Figura 143

Histograms and boxplots of relative humidity (RH) by season in the Ancachuro station.



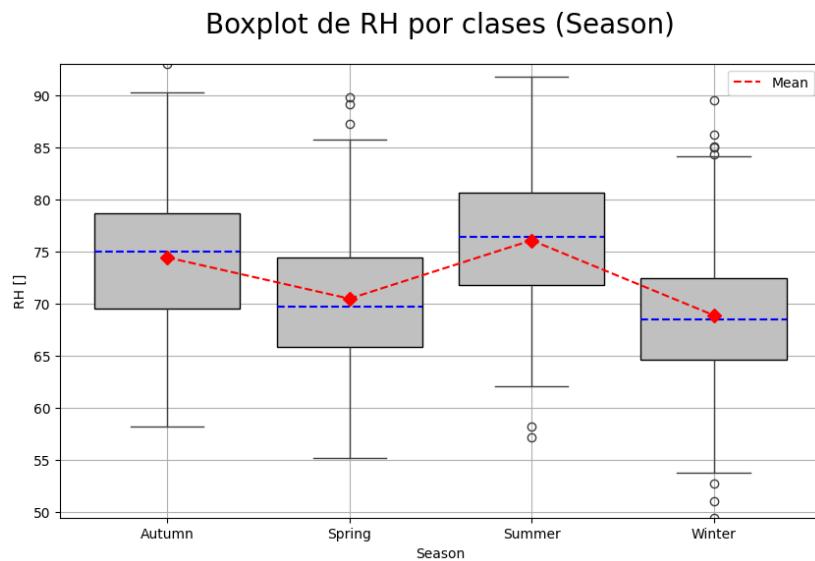
Interpretación

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

- **Verano** presenta los valores más altos de humedad relativa, con una mediana cercana al 76 % y presencia de valores extremos, lo cual puede estar asociado a una mayor saturación del aire durante esta temporada.
- En **otoño** y **primavera** los valores de humedad son intermedios, aunque el otoño muestra una mayor dispersión con presencia de outliers por encima del 90 %.
- **Invierno** muestra los valores más bajos de humedad relativa, con una mediana cercana al 69 %, y una mayor cantidad de valores atípicos por debajo del 55 %.

Figura 144

Comparative seasonal boxplot of relative humidity (RH) at Ancachuro station.



- El boxplot comparativo por estaciones confirma estas tendencias, destacando la mayor variabilidad de la humedad relativa en otoño y la mayor concentración de valores bajos en invierno.

3.1.4. Mean Temperature (T)

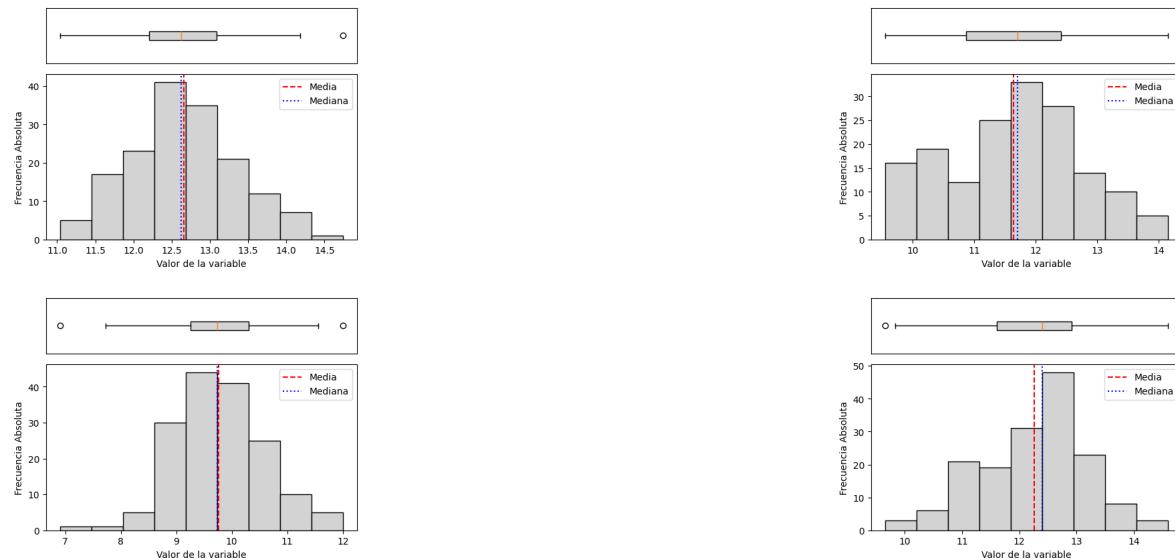
Interpretación

Las gráficas anteriores muestran la variación estacional de la temperatura media en la estación meteorológica Ancachuro. Se destacan los siguientes hallazgos:

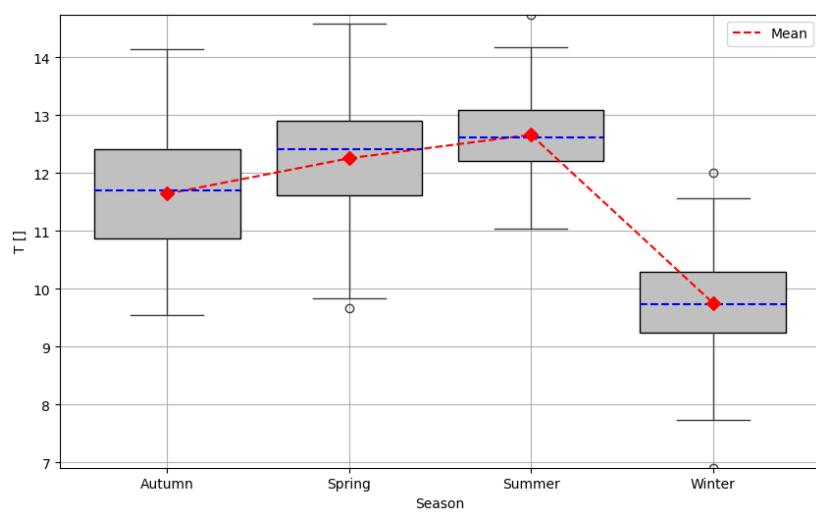
- **Verano** registra las temperaturas más altas, con una mediana cercana a los 12.7 °C y un rango de datos más concentrado respecto a otras estaciones.
- **Primavera** y **otoño** presentan temperaturas medias similares, con medianas en torno a los 12.3–11.7 °C, respectivamente, y ligeras diferencias en la dispersión.
- **Invierno** muestra los valores más bajos, con una mediana en torno a 9.7 °C y presencia de valores atípicos por debajo de 8 °C, lo que indica una mayor variabilidad en condiciones más frías.
- El boxplot estacional evidencia un descenso claro de la temperatura en invierno, contrastando con los máximos alcanzados en verano.

Figura 145

Histograms and boxplots of mean temperature (T) by season in the Ancachuro station.

**Figura 146**

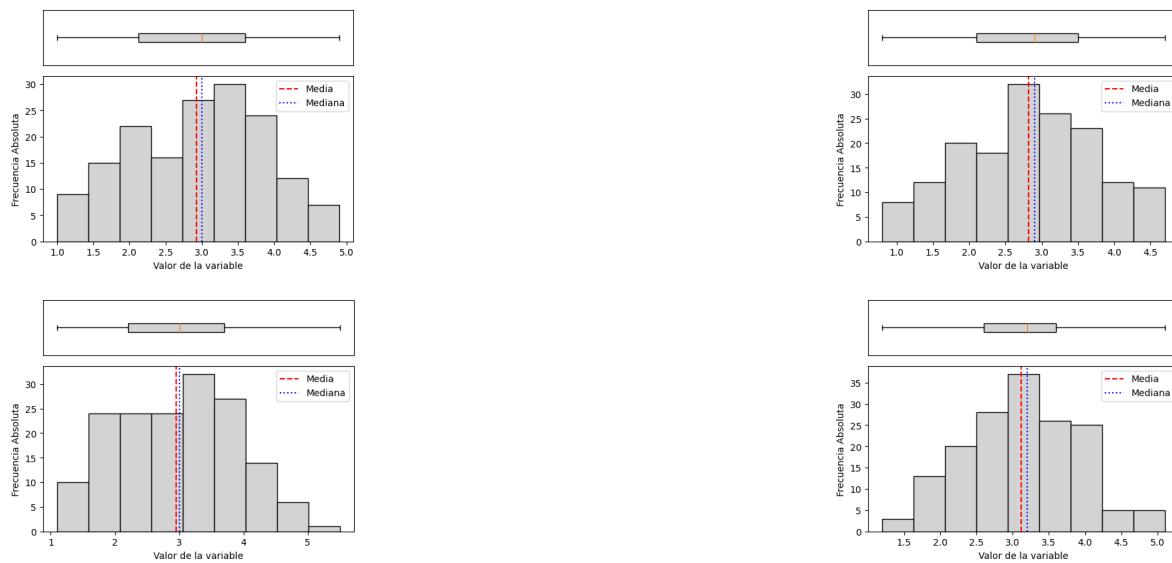
Comparative seasonal boxplot of mean temperature (T) at Ancachuro station.

Boxplot de T por clases (Season)

3.1.5. Wind Speed (WS)

Figura 147

Histograms and boxplots of wind speed (WS) by season in the Ancachuro station.



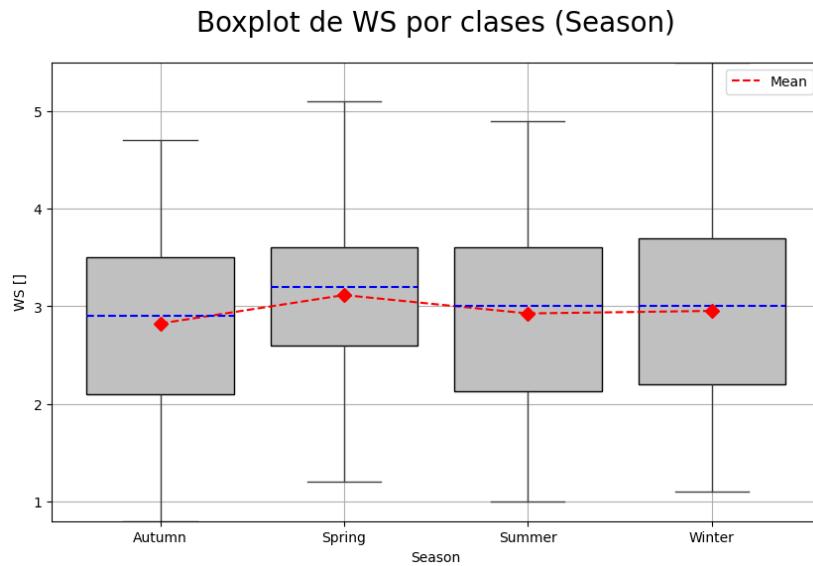
Interpretación

Las gráficas muestran la variación estacional de la velocidad del viento en la estación meteorológica Ancachuro:

- **Primavera** presenta los valores más altos de velocidad del viento, con una mediana ligeramente superior a 3 m/s y una mayor dispersión.
- **Verano, otoño e invierno** muestran distribuciones similares, con medianas cercanas a los 3 m/s, aunque otoño exhibe más valores bajos.
- En todas las estaciones se observa una distribución moderadamente simétrica, sin presencia de valores atípicos extremos, lo cual sugiere una dinámica del viento relativamente estable.
- El boxplot general resalta la ligera predominancia de primavera en los valores altos, mientras que otoño presenta la mayor variabilidad hacia el rango inferior.

Figura 148

Comparative seasonal boxplot of wind speed (WS) at Ancachuro station.



3.2. Estación: Andahuaylas

3.2.1. P (mm/d)

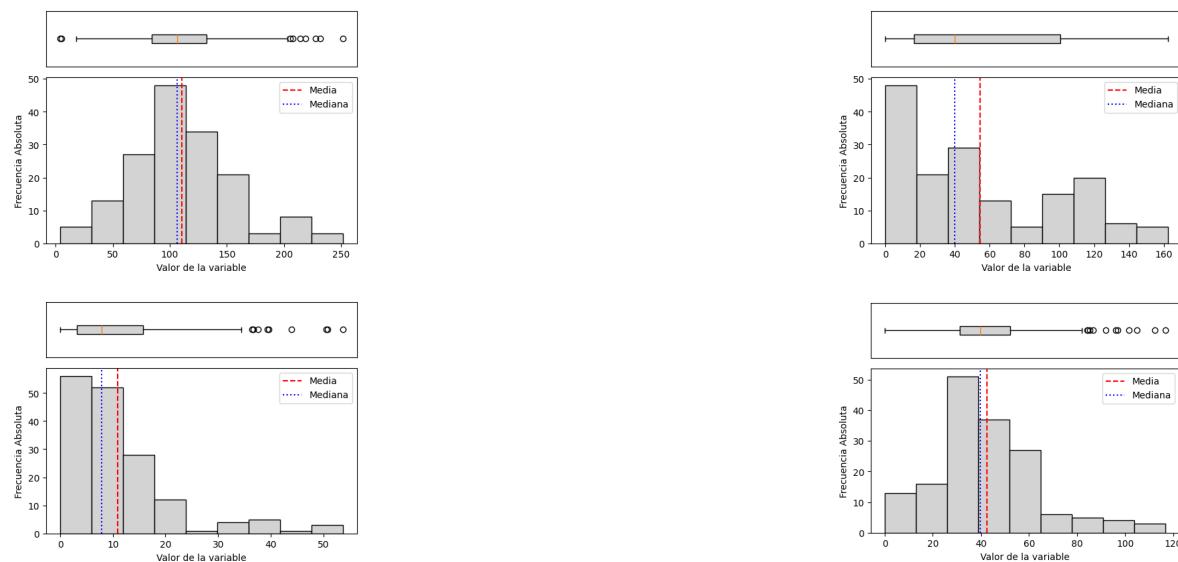
Interpretación

Las gráficas anteriores evidencian la variabilidad estacional de la precipitación en la estación meteorológica Andahuaylas. Los principales hallazgos son los siguientes:

- **Verano** presenta la mayor precipitación, con una mediana superior a 100 mm y una distribución amplia, indicando eventos de lluvia intensos y variables.
- **Otoño y primavera** muestran distribuciones asimétricas positivas, con la mayoría de los valores por debajo de 50 mm, aunque con presencia de outliers.
- **Invierno** es la estación más seca, con una mediana inferior a 10 mm y múltiples valores extremos, lo que sugiere baja actividad pluvial pero ocasionalmente intensa.
- El boxplot comparativo confirma estas diferencias estacionales, destacando a verano como el periodo de mayor precipitación y a invierno como el más árido.

Figura 149

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

**Figura 150**

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

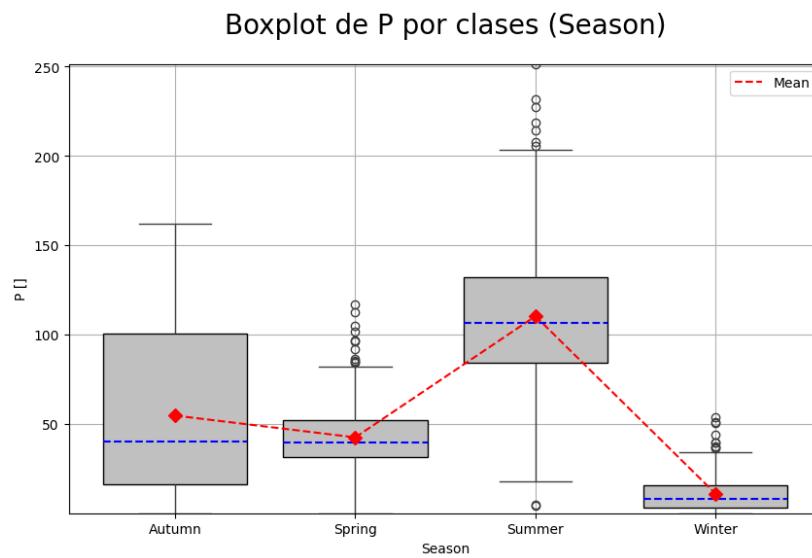
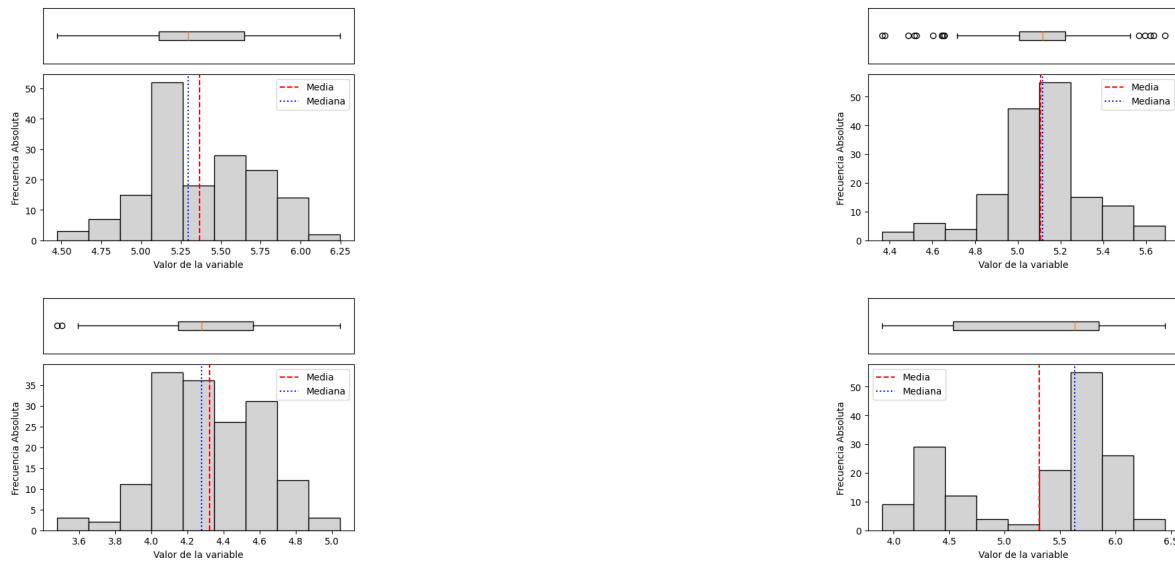


Figura 151
Histogramas y boxplots de PET (mm/d) por estación en Andahuaylas.



3.2.2. PET (mm/d)

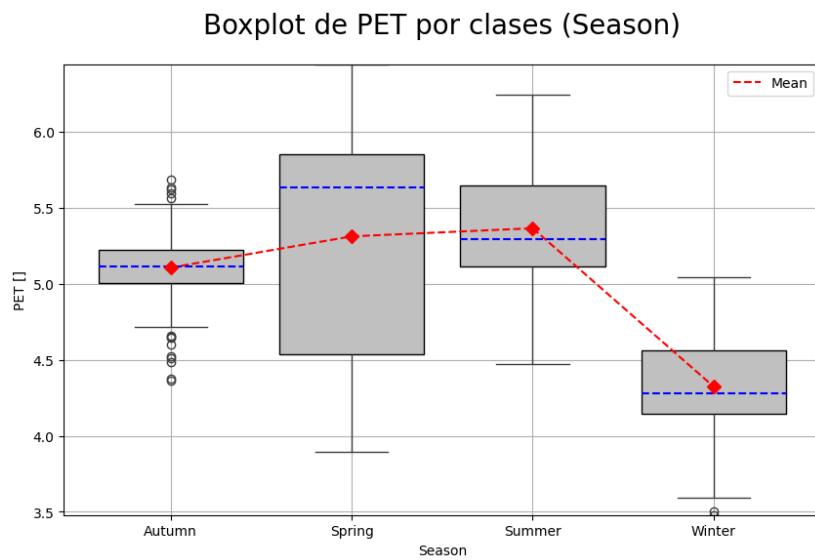
Interpretación

Las gráficas anteriores muestran el comportamiento estacional de la PET (mm/d) en la estación meteorológica Andahuaylas. A continuación, se presentan los principales hallazgos:

- **Primavera** presenta los valores más altos de PET, con una mediana superior a 5.5 mm/día y gran dispersión, lo que sugiere mayor demanda evaporativa.
- **Verano y otoño** presentan valores intermedios con distribuciones más simétricas, indicando un comportamiento más estable.
- **Invierno** muestra los valores más bajos de PET, con una mediana cercana a 4.3 mm/día, posiblemente debido a menores temperaturas y menor radiación solar.
- El boxplot comparativo confirma esta tendencia descendente en invierno y resalta el pico de evapotranspiración en primavera.

Figura 152

Boxplot comparativo estacional de la PET (mm/d) en Andahuaylas.

**Figura 153**

Histogramas y boxplots de RH (%) por estación en la estación Andahuaylas.

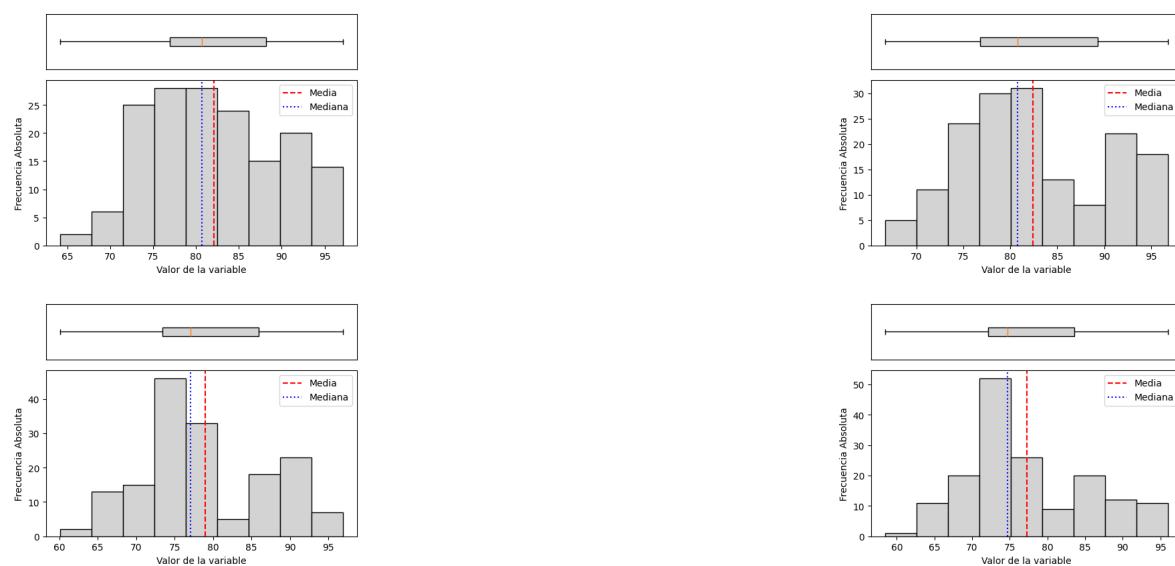
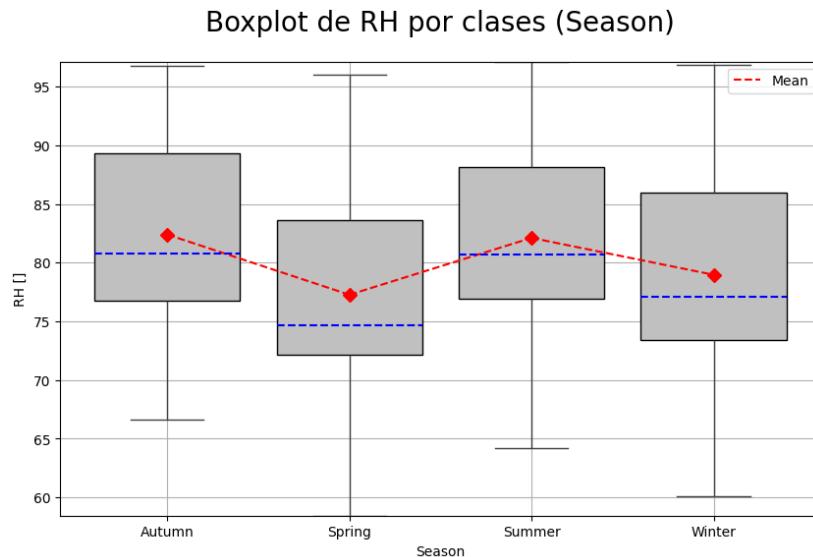


Figura 154

Boxplot comparativo estacional de RH (%) en la estación Andahuaylas.



3.2.3. RH (%)

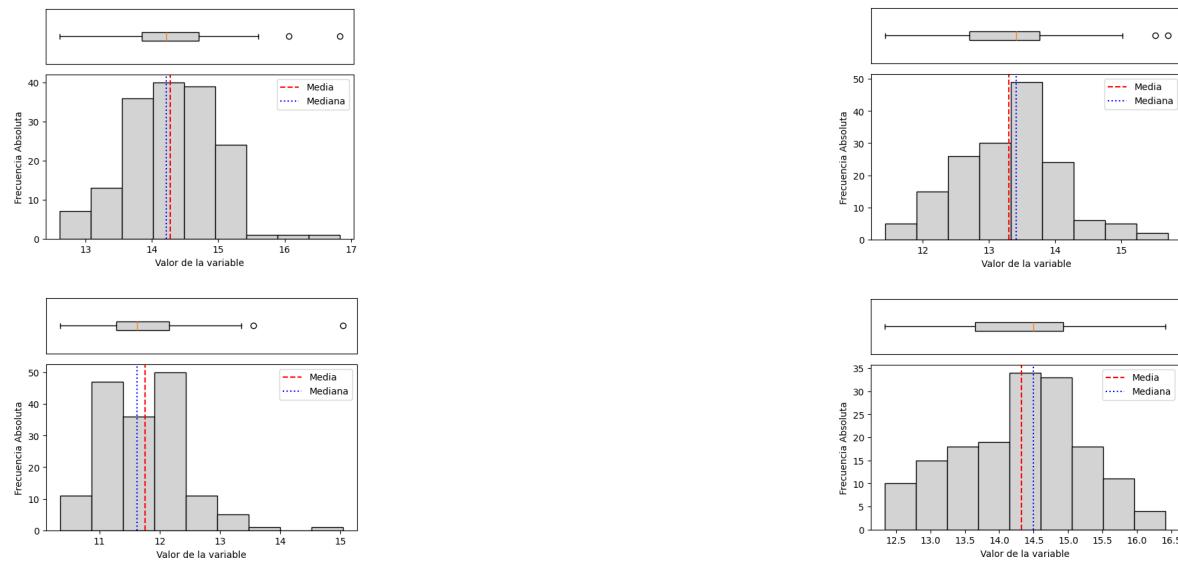
Interpretación

Las gráficas anteriores muestran el comportamiento estacional de la humedad relativa en la estación meteorológica Andahuaylas. Se destacan los siguientes hallazgos:

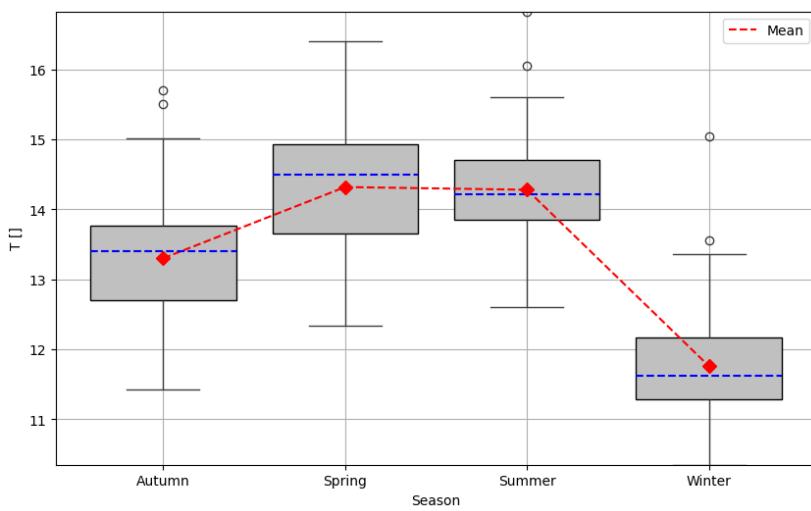
- **Otoño y verano** presentan las mayores medianas de humedad relativa, cercanas al 81–82 %, con distribuciones más concentradas en torno al centro y algunos valores atípicos elevados.
- **Primavera** muestra una mediana más baja, cercana al 74 %, y mayor dispersión con valores tanto bajos como elevados, lo que refleja mayor variabilidad.
- **Invierno** también exhibe una humedad moderada, con una mediana de aproximadamente 77 %, pero con casos extremos tanto bajos como altos.
- El boxplot estacional revela que, aunque las medianas no difieren drásticamente, hay una notable variabilidad entre las estaciones, especialmente en primavera y otoño.

Figura 155

Histogramas y boxplots de T ($^{\circ}\text{C}$) por estación del año en la estación Andahuaylas.

**Figura 156**

Boxplot comparativo estacional de T ($^{\circ}\text{C}$) en la estación Andahuaylas.

Boxplot de T por clases (Season)

3.2.4. T (°C)

Interpretación

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

- **Primavera** presenta las temperaturas más altas, con una mediana cercana a los 14.5 °C y una distribución levemente sesgada a la izquierda.
- En **verano** se observan temperaturas también elevadas, aunque con una mayor concentración en el rango de 13.8–14.8 °C, con algunos valores atípicos superiores.
- **Otoño** muestra una mediana de 13.5 °C, evidenciando un descenso respecto a las estaciones anteriores y una dispersión algo más amplia.
- **Invierno** es la estación más fría, con una mediana cercana a los 11.7 °C y varios valores atípicos por encima de 14 °C, aunque la mayoría de datos se concentran entre 11 y 13 °C.
- El boxplot general confirma el patrón estacional típico: temperaturas elevadas en primavera y verano, descendiendo progresivamente hacia el invierno.

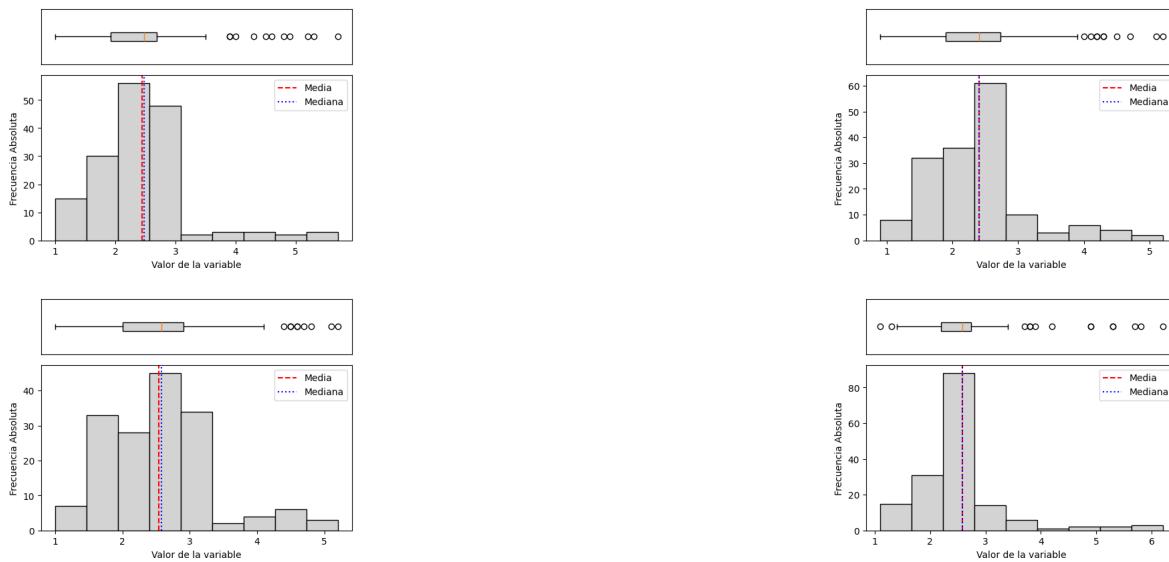
3.2.5. WS (m/s)

Interpretación

- **Primavera** y **invierno** presentan las mayores medianas de velocidad del viento, en torno a $2,7 \text{ m s}^{-1}$, con mayor dispersión y presencia de valores extremos en primavera.
- **Verano** y **otoño** muestran valores medianos similares (alrededor de $2,5 \text{ m s}^{-1}$), pero otoño destaca por una mayor variabilidad.
- El boxplot general revela una distribución bastante homogénea entre estaciones, aunque con más valores atípicos en primavera y verano.

Figura 157

Histogramas y boxplots de WS (m/s) por estación en la estación Andahuaylas.

**Figura 158**

Boxplot comparativo estacional de WS (m/s) en la estación Andahuaylas.

Boxplot de WS por clases (Season)

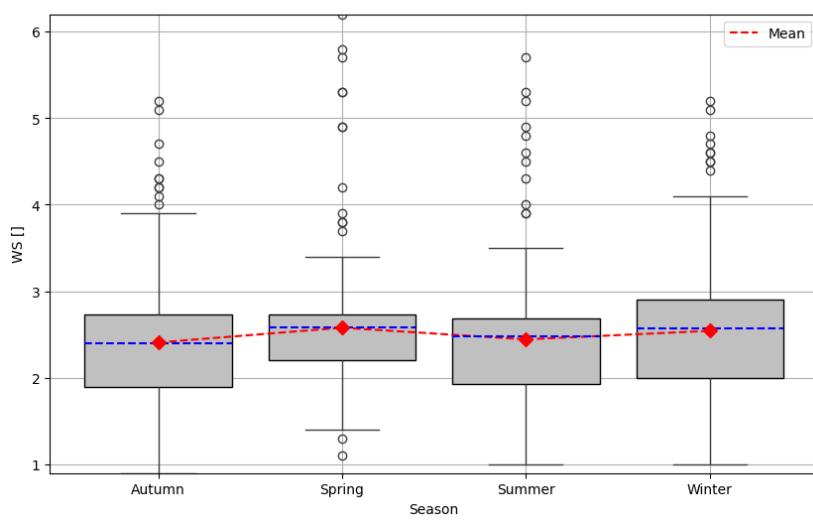
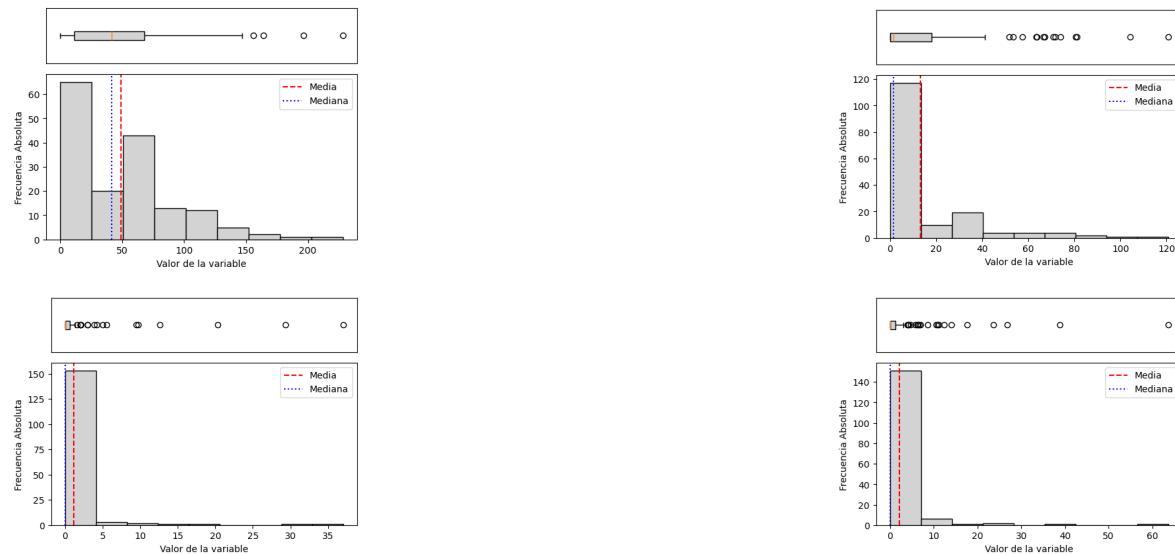
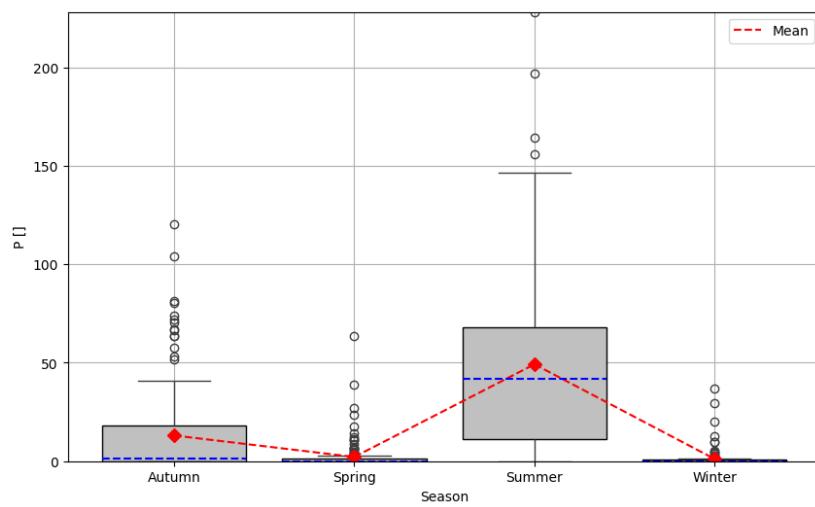


Figura 159

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

**Figura 160**

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

Boxplot de P por clases (Season)

3.3. Estación: Candavare

3.3.1. Precipitation (P)

Interpretación

- **Verano** presenta la mayor mediana y dispersión de precipitación, superando los 40 mm, con eventos extremos por encima de 200 mm.
- En **otoño** y **primavera** predominan valores bajos (medianas menores a 5 mm), aunque hay presencia de varios valores atípicos altos.
- **Invierno** muestra el menor nivel de precipitación, con una mediana cercana a 1 mm y distribución fuertemente sesgada a la derecha.
- El boxplot comparativo evidencia el carácter marcadamente estacional de las lluvias, con acumulados elevados en verano y baja precipitación en las demás estaciones.

3.3.2. Evapotranspiration (PET)

Figura 161

Histograms and boxplots of potential evapotranspiration (PET) by season in the Candavare station.

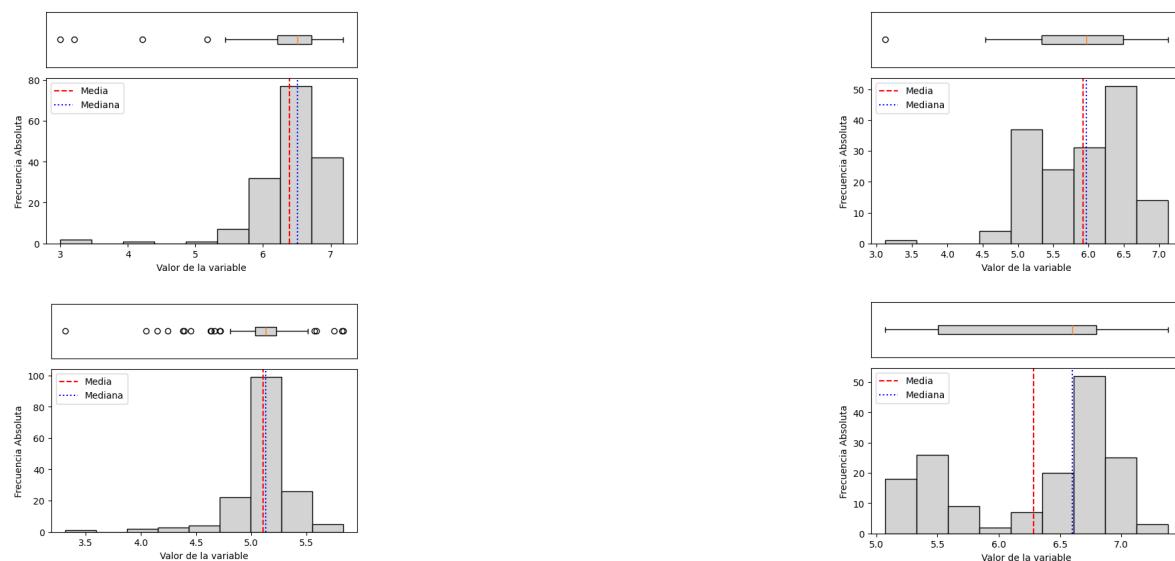
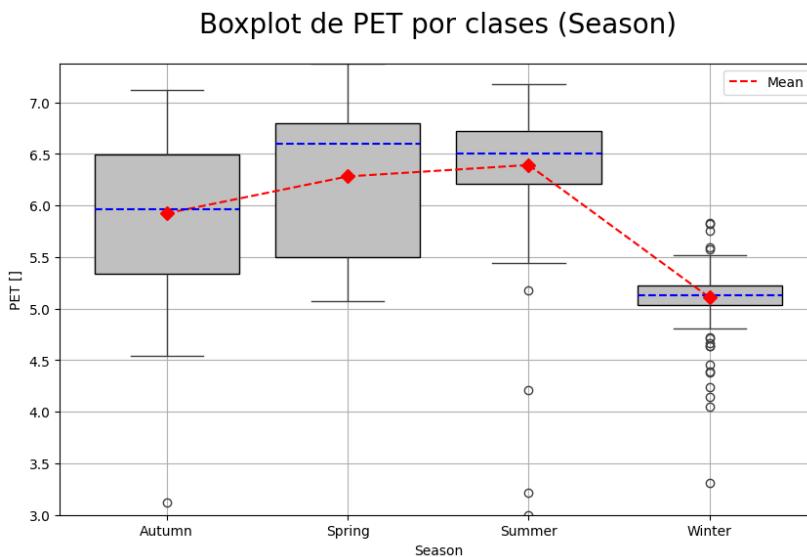


Figura 162

Comparative seasonal boxplot of potential evapotranspiration (PET) at Candavare station.



Interpretación

- **Primavera** presenta los valores más altos de PET, con una mediana cercana a los 6.7 mm/día, reflejando mayor demanda evaporativa.
- En **verano** y **otoño** se observan valores intermedios, con medianas alrededor de 6.4 y 6.0 mm/día, respectivamente, y distribuciones simétricas.
- **Invierno** muestra los valores más bajos de PET, con una mediana alrededor de 5.1 mm/día y una concentración notable de valores en el rango de 5 a 5.5 mm/día.
- El patrón estacional se mantiene claro, con mayor evapotranspiración en primavera-verano y disminución en invierno, influenciado por la temperatura y radiación.

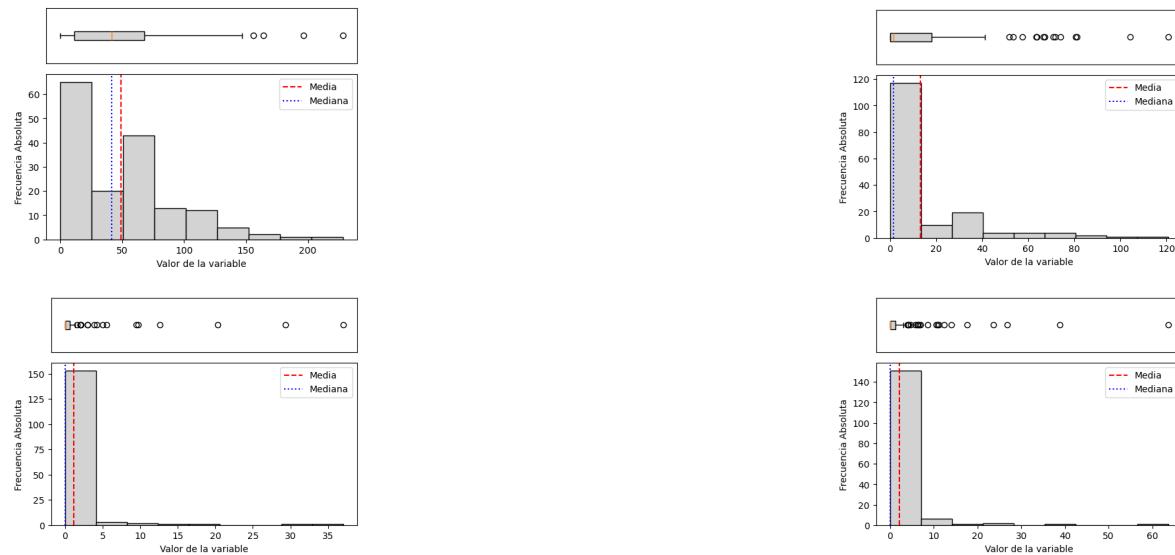
3.3.3. P (mm/d)

Interpretación

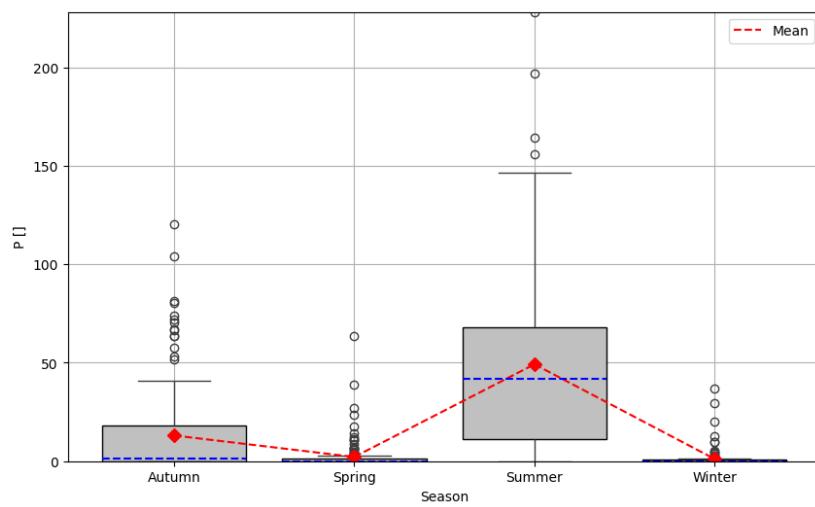
- **Verano** presenta los valores más altos de precipitación, con una mediana superior a las demás estaciones y una amplia dispersión, evidenciando eventos de lluvia intensos y variables.
- **Otoño** muestra una mediana moderada, pero con presencia de valores extremos por encima de 100 mm.

Figura 163

Histogramas y boxplots de P (mm/d) por estación en Candavare.

**Figura 164**

Boxplot comparativo estacional de P (mm/d) en Candavare.

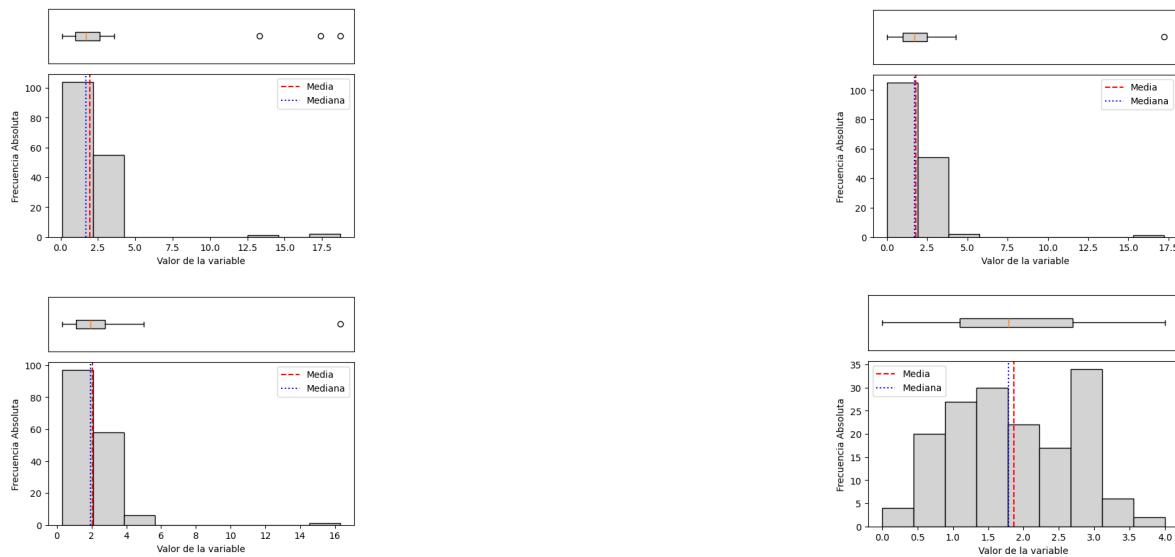
Boxplot de P por clases (Season)

- **Primavera y invierno** tienen las precipitaciones más bajas, con la mayoría de datos por debajo de 5 mm y una distribución sesgada positivamente.
- El boxplot general resalta la marcada estacionalidad, con máximos de precipitación en verano y mínimos en invierno y primavera.

3.3.4. Velocidad Media del Viento (WS)

Figura 165

Histogramas y boxplots de WS (m/s) por estación en Candavare.

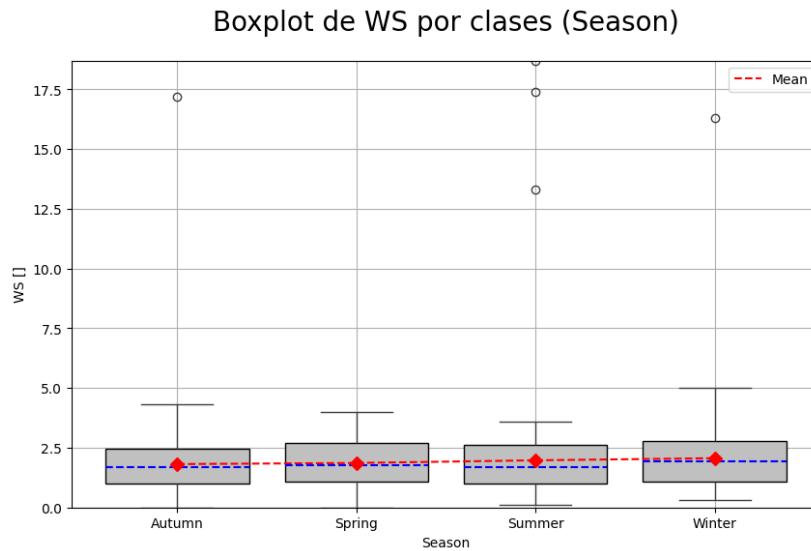


Interpretación

- **Verano** presenta una mediana de velocidad del viento cercana a 2 m/s, con presencia de valores atípicos altos, alcanzando más de 18 m/s.
- En **otoño**, la mediana es similar (1.8 m/s), pero destaca un valor extremo elevado de aproximadamente 17.3 m/s.
- **Primavera** muestra una mediana ligeramente superior (1.9 m/s) y una mayor dispersión, indicando mayor variabilidad estacional.
- **Invierno** también presenta una mediana de 2 m/s, con distribución algo más simétrica, aunque incluye valores atípicos cercanos a 16 m/s.

Figura 166

Boxplot comparativo estacional de WS (m/s) en Candavare.



- El boxplot general evidencia un comportamiento relativamente homogéneo entre estaciones, pero con valores extremos más frecuentes en primavera y verano.

ANEXO A: [TÍTULO DEL ANEXO]