

# VARIACIÓN TEMPORAL DE ÍNDICES DE PRECIPITACIÓN EXTREMA EN LA CIUDAD DE LA PLATA

---

Expo 2025

*Matemática 4 - Franco Kumichel, Juan Volpe*

# ¿Por qué elegimos el tema?

- Relación con múltiples factores de manera directa.
- Interés en aplicación estadística por parte de ambos.
- Documentación, papers e información a disposición.

# Motivación

En los últimos años, la ciudad de La Plata ha experimentado una mayor frecuencia de eventos de precipitación extrema, los cuales generan impactos significativos en la infraestructura urbana, el transporte y la vida cotidiana.

Analizar la variación temporal de estos eventos permite comprender si se observan tendencias crecientes y evaluar posibles cambios en el clima local.

# Objetivo del estudio

- Analizar tendencias de precipitación extrema.
- Detectar cambios significativos.
- Explorar relaciones con fenómenos regionales.

# Preparación de los datos

# Preparación de los datos

**Serie analizada:** precipitación diaria — La Plata AERO (SMN), **1961–2024**.

Total de registros: **24.456 días.**

# Preparación de los datos

**Serie analizada:** precipitación diaria — La Plata AERO (SMN), **1961–2024**.

Total de registros: **24.456 días.**

Se identificaron **71 valores faltantes** ( $\approx 0,3\%$ ).

# Preparación de los datos

**Serie analizada:** precipitación diaria — La Plata AERO (SMN), **1961–2024**.

Total de registros: **24.456 días.**

Se identificaron **71 valores faltantes** ( $\approx 0,3\%$ ).

Los faltantes se concentran en **ene/1972** y **mar/1983**, sin patrón persistente.

# Preparación de los datos

**Serie analizada:** precipitación diaria — La Plata AERO (SMN), **1961–2024**.

Total de registros: **24.456 días.**

Se identificaron **71 valores faltantes** ( $\approx 0,3\%$ ).

Los faltantes se concentran en **ene/1972** y **mar/1983**, sin patrón persistente.

**Decisión:** descartar los faltantes → no afecta representatividad.

# Calidad de los datos

# Calidad de los datos

Se evaluaron rupturas estructurales para garantizar consistencia en la serie histórica, aplicándose las pruebas estadísticas de homogeneidad SNHT, Buishand y Pettit.

# Calidad de los datos

Se evaluaron rupturas estructurales para garantizar consistencia en la serie histórica, aplicándose las pruebas estadísticas de homogeneidad SNHT, Buishand y Pettit.

## Resultados:

# Calidad de los datos

Se evaluaron rupturas estructurales para garantizar consistencia en la serie histórica, aplicándose las pruebas estadísticas de homogeneidad SNHT, Buishand y Pettit.

## Resultados:

- SNHT & Buishand → quiebre potencial en **27/09/1976**

# Calidad de los datos

Se evaluaron rupturas estructurales para garantizar consistencia en la serie histórica, aplicándose las pruebas estadísticas de homogeneidad SNHT, Buishand y Pettit.

## Resultados:

- SNHT & Buishand → quiebre potencial en **27/09/1976**
- Pettitt → quiebre en **17/03/2006**

# Calidad de los datos

Se evaluaron rupturas estructurales para garantizar consistencia en la serie histórica, aplicándose las pruebas estadísticas de homogeneidad SNHT, Buishand y Pettit.

## Resultados:

- SNHT & Buishand → quiebre potencial en **27/09/1976**
- Pettitt → quiebre en **17/03/2006**

Ninguno fue estadísticamente significativo → **la serie es homogénea.**

# Transformación de los datos

# Transformación de los datos

Se calcularon índices derivados de precipitación diaria recomendados por  
**ETCCDI**.

# Transformación de los datos

Se calcularon índices derivados de precipitación diaria recomendados por **ETCCDI**.

Escalas temporales empleadas:

# Transformación de los datos

Se calcularon índices derivados de precipitación diaria recomendados por **ETCCDI**.

Escalas temporales empleadas:

- Anual

# Transformación de los datos

Se calcularon índices derivados de precipitación diaria recomendados por **ETCCDI**.

Escalas temporales empleadas:

- Anual
- Estacional (DJF, MAM, JJA, SON)

# Transformación de los datos

Se calcularon índices derivados de precipitación diaria recomendados por **ETCCDI**.

Escalas temporales empleadas:

- Anual
- Estacional (DJF, MAM, JJA, SON)
- Subperíodos: **1961–1990** y **1991–2020**

# Transformación de los datos

Se calcularon índices derivados de precipitación diaria recomendados por **ETCCDI**.

Escalas temporales empleadas:

- Anual
- Estacional (DJF, MAM, JJA, SON)
- Subperíodos: **1961–1990** y **1991–2020**

Los índices caracterizan intensidad, frecuencia, persistencia y extremos.

# Índices de precipitación (ETCCDI)

# Índices de precipitación (ETCCDI)

Índice	Nombre	Definición	Unidad
RX1day	Máx. precipitación en 1 día	Máximo diario anual	mm
RX5day	Máx. precipitación en 5 días	Máximo en 5 días consecutivos	mm
SDII	Intensidad diaria simple	$\Sigma(RR_w) / W$	mm/día
PRCPTOT	Total anual	$\Sigma(RR_w)$	mm

# Más índices (ETCCDI)

# Más índices (ETCCDI)

Índice	Nombre	Definición	Unidad
R10mm	Días $\geq$ 10 mm	Frecuencia de eventos intensos	días
R20mm	Días $\geq$ 20 mm	Eventos extremos	días
R95pTOT	%95	Precipitación sobre percentil 95	mm
R99pTOT	%99	Precipitación sobre percentil 99	mm

# Persistencia

# Persistencia

<b>Índice</b>	<b>Nombre</b>	<b>Definición</b>	<b>Unidad</b>
CWD	Días húmedos consecutivos	$RR \geq 1 \text{ mm}$	días
CDD	Días secos consecutivos	$RR < 1 \text{ mm}$	días

# Detección de Tendencias

## Mann-Kendall

Detected si existe tendencia

- $H_0$ : sin tendencia ( $p > 0.05$ ).
- $H_1$ : Tendencia positiva/negativa.

# Detección de Tendencias

## Mann–Kendall

Detecta si existe tendencia

- $H_0$ : sin tendencia ( $p > 0.05$ ).
- $H_1$ : Tendencia positiva/negativa.

## Theil–Sen

Estima la pendiente asociada a la tendencia.

- Alta eficiencia con muestras pequeñas.
- Robusto ante valores atípicos.

# Verano



# Verano

Índice	1961–1990	1991–2020	Diferencia (%)
PRCPTOT	8337.2	9527.1	14.27
SDII	15.42	16.59	7.61
CWD	9	6	-33.33
CDD	33	33	0.00
R10mm	268	285	6.34
R20mm	130	153	17.69
R40mm	47	63	34.04
R95pTOT	2168.1	3441.7	58.74
R99pTOT	675.5	1007.5	49.15
Rx1day	148.6	117.0	-21.27
Rx5day	182.5	230.5	26.30

# Verano

Índice	1961–1990	1991–2020	Diferencia (%)
PRCPTOT	8337.2	9527.1	14.27
SDII	15.42	16.59	7.61
CWD	9	6	-33.33
CDD	33	33	0.00
R10mm	268	285	6.34
R20mm	130	153	17.69
R40mm	47	63	34.04
R95pTOT	2168.1	3441.7	58.74
R99pTOT	675.5	1007.5	49.15
Rx1day	148.6	117.0	-21.27
Rx5day	182.5	230.5	26.30

A close-up photograph of fallen autumn leaves on the ground. The leaves are a mix of yellow, orange, and brown, scattered across the frame. In the background, several tree trunks and branches are visible, though they are slightly out of focus. The overall atmosphere is warm and seasonal.

Otoño

# Otoño

Índice	1961–1990	1991–2020	Diferencia (%)
PRCPTOT	7828.9	8513.5	8.74
SDII	15.82	16.21	2.49
CWD	10	7	-30.00
CDD	48	37	-22.92
R10mm	229	250	9.17
R20mm	118	156	32.20
R40mm	44	51	15.91
R95pTOT	2530.3	1921.7	-24.05
R99pTOT	845.4	630.0	-25.48
Rx1day	155.1	181.0	16.70
Rx5day	196.5	196.2	-0.15

# Otoño

Índice	1961–1990	1991–2020	Diferencia (%)
PRCPTOT	7828.9	8513.5	8.74
SDII	15.82	16.21	2.49
CWD	10	7	-30.00
CDD	48	37	-22.92
R10mm	229	250	9.17
R20mm	118	156	32.20
R40mm	44	51	15.91
R95pTOT	2530.3	1921.7	-24.05
R99pTOT	845.4	630.0	-25.48
Rx1day	155.1	181.0	16.70
Rx5day	196.5	196.2	-0.15

# Invierno



# Invierno

Índice	1961–1990	1991–2020	Diferencia (%)
PRCPTOT	5354.0	6085.4	13.66
SDII	11.61	13.84	19.23
CWD	5	7	40.00
CDD	45	39	-13.33
R10mm	183	192	4.92
R20mm	77	106	37.66
R40mm	16	33	106.25
R95pTOT	582.4	1165.9	100.19
R99pTOT	0	166.5	—
Rx1day	79	84.5	6.96
Rx5day	134.4	159.0	18.30

# Invierno

Índice	1961–1990	1991–2020	Diferencia (%)
PRCPTOT	5354.0	6085.4	13.66
SDII	11.61	13.84	19.23
CWD	5	7	40.00
CDD	45	39	-13.33
R10mm	183	192	4.92
R20mm	77	106	37.66
R40mm	16	33	106.25
R95pTOT	582.4	1165.9	100.19
R99pTOT	0	166.5	—
Rx1day	79	84.5	6.96
Rx5day	134.4	159.0	18.30

# Primavera



# Primavera

Índice	1961–1990	1991–2020	Diferencia (%)
PRCPTOT	8316.8	8030.1	-3.45
SDII	15.05	14.02	-6.87
CWD	8	6	-25.00
CDD	33	33	0.00
R10mm	264	276	4.55
R20mm	148	137	-7.43
R40mm	41	36	-12.20
R95pTOT	1681.4	1347.0	-19.89
R99pTOT	688.5	179.0	-74.00
Rx1day	133	94	-29.32
Rx5day	203.8	135.5	-33.51

# Primavera

Índice	1961–1990	1991–2020	Diferencia (%)
PRCPTOT	8316.8	8030.1	-3.45
SDII	15.05	14.02	-6.87
CWD	8	6	-25.00
CDD	33	33	0.00
R10mm	264	276	4.55
R20mm	148	137	-7.43
R40mm	41	36	-12.20
R95pTOT	1681.4	1347.0	-19.89
R99pTOT	688.5	179.0	-74.00
Rx1day	133	94	-29.32
Rx5day	203.8	135.5	-33.51

# Resultados anuales

# Resultados anuales

Índice	1961–1990	1991–2020	Diferencia (%)
RX1day	155.10	181.00	16.69
RX5day	203.80	230.50	13.10
SDII	14.56	15.22	4.58
R10mm	944	1003	6.25
R20mm	473	552	16.70
CDD	55	41	-25.45
CWD	10	7	-30.0
R95pTOT	6962.2	7876.3	13.12
R99pTOT	2209.4	1983.0	-10.24
PRCPTOT	29836.9	32156.1	7.77

# Resultados anuales

Índice	1961–1990	1991–2020	Diferencia (%)
RX1day	155.10	181.00	16.69
RX5day	203.80	230.50	13.10
SDII	14.56	15.22	4.58
R10mm	944	1003	6.25
R20mm	473	552	16.70
CDD	55	41	-25.45
CWD	10	7	-30.0
R95pTOT	6962.2	7876.3	13.12
R99pTOT	2209.4	1983.0	-10.24
PRCPTOT	29836.9	32156.1	7.77

# Regresión Lineal Múltiple

Analizamos los factores que influyen en la variabilidad de los indicadores de precipitación.

$$\underbrace{Y}_{\text{Índice objetivo}} = \beta_0 + \beta_1 \underbrace{X_1}_{\text{Predictores}} + \cdots + \beta_k \underbrace{X_k}_{\text{Predictores}} + \varepsilon$$

- Variables dependientes: Rx1day, PRCPTOT, CWD.
- Predictores: resto de los índices climáticos.
- Multicolinealidad → mitigada mediante PCA.

# ¿Por qué emplear PCA?

## ★ Ventajas

- Transforma los predictores en componentes principales no correlacionados.
- Reduce la multicolinealidad y mejora la robustez del modelo.
- Permite identificar patrones conjuntos de variabilidad.

## ★ Resultados

- Cada modelo se ajustó con las combinaciones de componentes que maximizan la explicación.
- Se obtuvieron modelos explicativos fuertes para eventos de intensidad.

## Proceso aplicado

1. Selección del índice dependiente.
2. Construcción del set de predictores.
3. Aplicación de PCA a los predictores (probando distintas cantidades de componentes).
4. Ajuste del modelo con los componentes principales.
5. Selección final mediante métricas:  $\mathcal{R}$  y  $r^2$ .

# Modelo 1: PRCPTOT

## Ecuación del modelo

$$\text{PRCPTOT} = 1021.73 + 113.56 \textit{PC1} - 53.83 \textit{PC2} + 42.24 \textit{PC3}$$

## Cargas de los Componentes Principales

Variable	PC1	PC2	PC3
R10mm	0.385	-0.416	0.562
R20mm	0.429	-0.338	0.285
R40mm	0.444	-0.259	-0.554
R95pTOT	0.483	0.063	-0.469
R99pTOT	0.356	0.544	0.225
Rx1day	0.333	0.588	0.159

**PC1** resume un patrón general de cantidad e intensidad de precipitación.

# Modelo 1: PRCPTOT

# Modelo 2: Rx1day

## Ecuación del modelo

$$Rx1day = 84.47 + 7.61 PC1 + 18.19 PC2 - 9.62 PC3$$

## Cargas de los Componentes Principales

Variable	PC1	PC2	PC3
PRCPTOT	0.420	-0.243	-0.015
SDII	0.398	-0.003	-0.306
R20mm	0.376	-0.450	-0.224
R40mm	0.397	-0.257	0.338
R95pTOT	0.422	0.076	-0.012
R99pTOT	0.287	0.676	-0.500
Rx5day	0.324	0.457	0.701

# Visualización del modelo Rx1day

# Modelo 3: CWD

## Ecuación del modelo

$$\text{CWD} = 4.75 + 0.16 PC1 + 0.11 PC2 + 1.09 PC3$$

## Cargas de los Componentes Principales

Variable	PC1	PC2	PC3
SDII	0.536	-0.187	-0.422
R20mm	0.484	-0.563	0.658
R95pTOT	0.540	0.049	-0.484
Rx5day	0.431	0.803	0.393

**PC1** combina de manera positiva a todas las variables, reflejando un factor general de intensidad

**PC2** contrapone Rx5day frente a R20mm, diferenciando entre episodios extremos prolongados y lluvias intensas de corta duración

# Visualización del modelo CWD

# Conclusiones

- Aumento leve en eventos intensos.
- Mayor variabilidad interanual reciente.
- Relevancia del monitoreo continuo.
- Los modelos predicen bien la intensidad, pero no la persistencia de la precipitación.

# ✨ Agradecimientos ✨

- A todos los oyentes y colaboradores!
- Toda la cátedra de **Matemática IV**!
- Por el espacio y la oportunidad!

¿Preguntas o dudas? 😊



## Repositorio

- [github.com/francokumichel/TP-Mate4](https://github.com/francokumichel/TP-Mate4)