

Sistema de Información sobre Sequías para el sur de Sudamérica



Sistema de Informações sobre Secas
no Sul da América do Sul

Cálculo de índices estandarizados de sequía y el análisis multivariado de eventos secos para la caracterización de la amenaza de sequía

Con apoyo del Programa de Bienes Públicos Regionales
del Banco Interamericano de Desarrollo



Avisos parroquiales

- Poner nombre, apellido y país en la lista de participantes
- Silenciar micrófono mientras no deseen hablar
- Hacer preguntas a través del chat (Pueden hacerlas a lo largo del webinario y serán contestadas al final, salvo preguntas de clarificación)

Agenda del día

Webinario		
Hora (UTC-3)		
10:00 AM	Bienvenida y presentaciones (5 minutos)	Marinés Campos (CRF OMM) Cecilia Hidalgo (SISSA)
10:05 AM	Descripción de los índices de sequía calculado por el SISSA (35 minutos)	Alessio Bocco (SISSA) Daniel Bonhaure (SISSA)
10:40 AM	Identificación y caracterización de eventos secos (15 minutos)	
10:55 AM	Análisis probabilístico de los eventos (30 minutos)	
11:25 AM	Preguntas y respuestas (35 minutos)	
12:00 AM	Cierre	

- Documentos y grabación
 - Link a la presentación:
 - Grabación: Canal de YouTube de CRC-SAS (En 24 horas)
 - Demostración y ejemplos: .html
- Repositorios
 - Cálculo de índices de sequía e identificación de eventos: <https://github.com/CRC-SAS/indices-eventos>
 - Análisis multivariado de eventos: <https://github.com/CRC-SAS/copulas>
 - Servicios web: <https://github.com/CRC-SAS/web-services-r>
- Documentos adicionales:
 - Reporte técnico del CRC-SAS: https://www.crc-sas.org/es/content/monitoreo/reporte_sequias.pdf

Contenido

- Motivación
- Descripción de los índices de sequía
 - Cálculo del SPI y SPEI
- Identificación de eventos secos
 - Definición de evento seco
 - Cálculo de métricas para cada evento
- Análisis probabilístico de eventos secos
 - Recurrencia univariada
 - Recurrencia multivariada
- Ejemplo de aplicación

Motivación

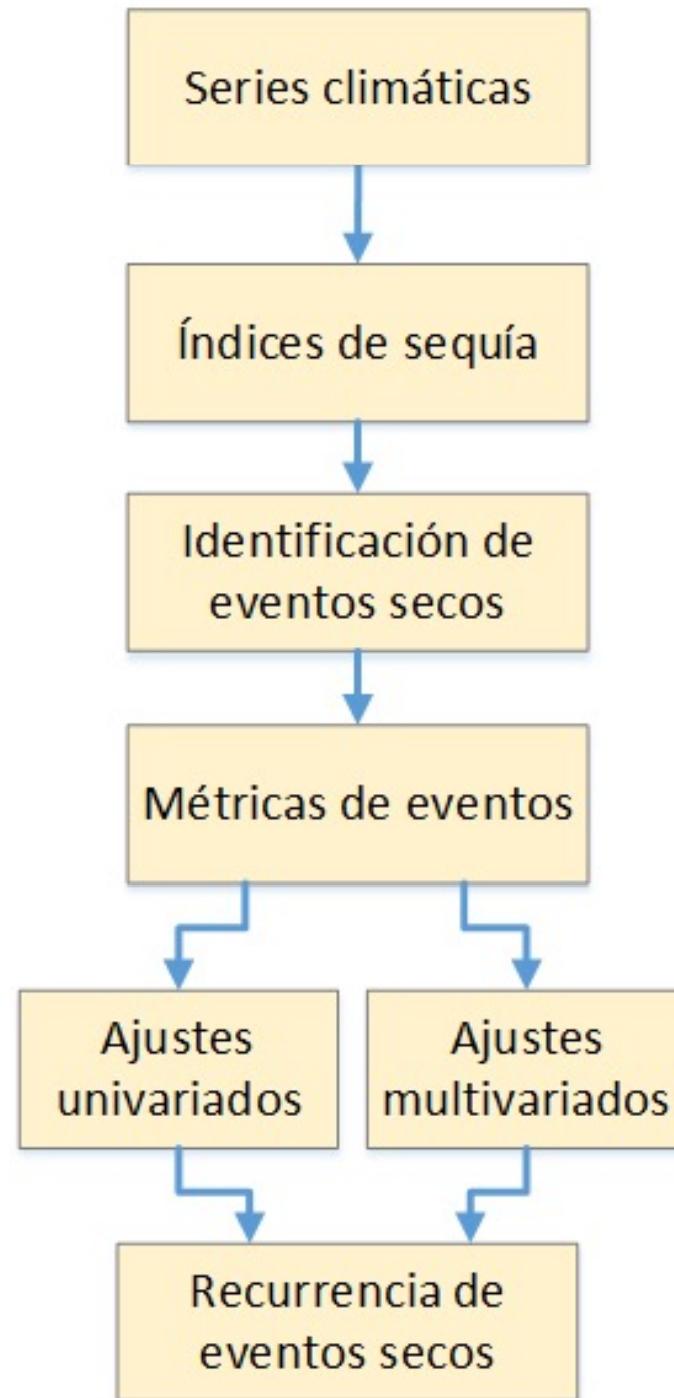
- La sequía es una manifestación extrema de la variabilidad del ciclo hidrológico.
- Se trata de uno de los fenómenos naturales más complejos que afectan a los sistemas naturales y humanos.
- Sudamérica depende en gran medida de la precipitación para obtener importantes cosechas, generar energía hidroeléctrica y transportar bienes por sus vías fluviales.
- Una respuesta efectiva frente a la sequía requiere de una capacidad adecuada para monitorear, comprender y caracterizar el fenómeno.



Algunas definiciones...

- Sequía y aridez
 - Aridez: condición climática permanente de una región.
 - Sequía: condición transitoria debido a una reducción atípica de la oferta hídrica y/o de la demanda atmosférica.
- Indicadores e índices de sequía
 - Indicadores: son variables utilizadas para describir las condiciones de las sequias. Por ejemplo: precipitación, caudales, humedad de suelo, etc.
 - Índices: son medidas cuantitativas que caracterizan los niveles de sequia mediante la asimilación de uno o más indicadores de sequia.

Hoja de ruta



Contenido

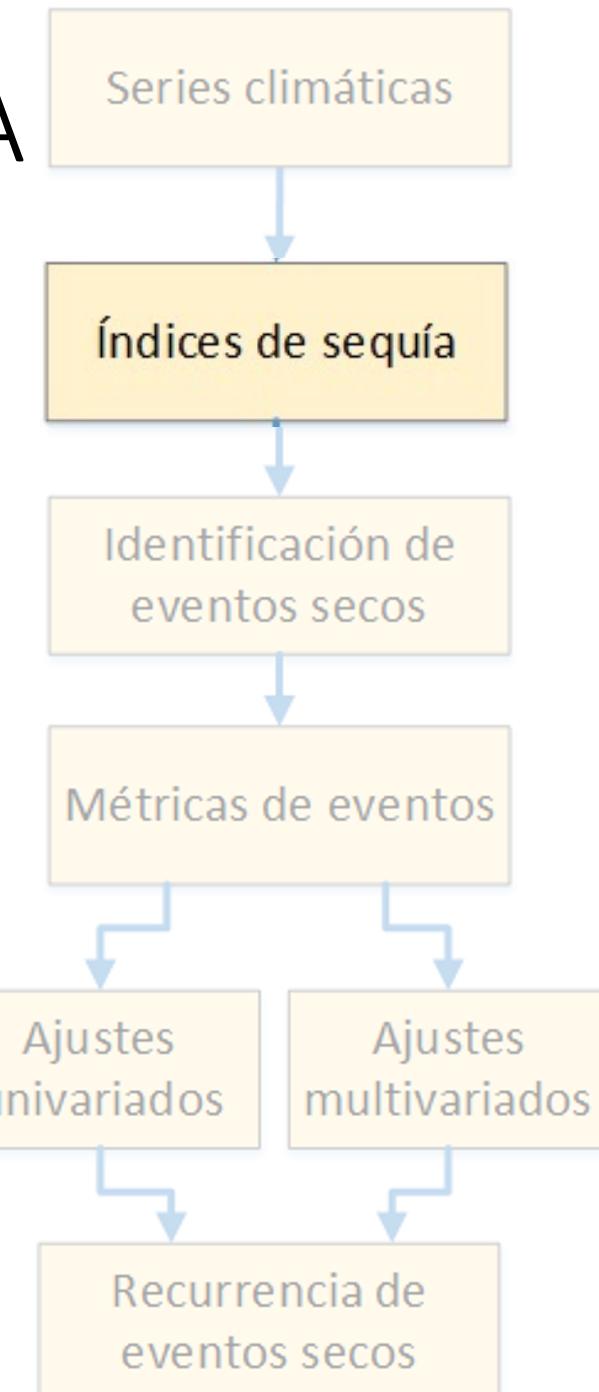
- Motivación
- Descripción de los índices de sequía
 - Cálculo del SPI y SPEI
- Identificación de eventos secos
 - Definición de evento seco
 - Cálculo de métricas para cada evento
- Análisis probabilístico de eventos secos
 - Recurrencia univariada
 - Recurrencia multivariada
- Ejemplo de aplicación

Índices de sequía calculados por el SISSA (a partir de datos *in situ*)

- SPI: Índice de precipitación estandarizado
- SPEI: Índice de precipitación-evapotranspiración estandarizado
- Deciles de precipitación
- PPN: Porcentaje de precipitación normal

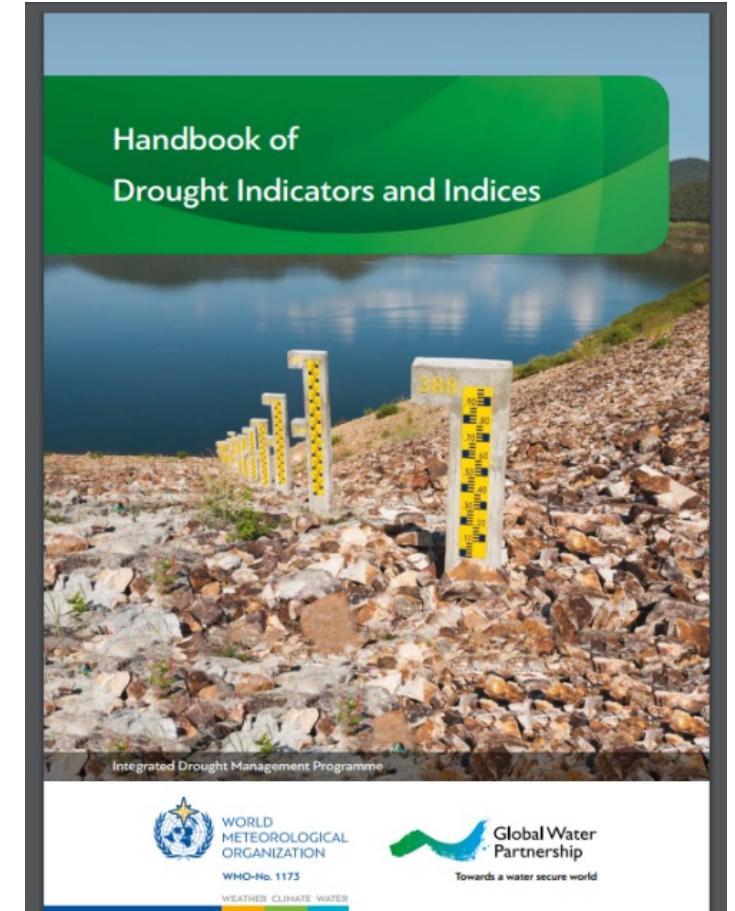
Referencia:

https://www.crc-sas.org/es/content/monitoreo/reporte_sequias.pdf



Índices de sequía calculados por el SISSA (a partir de datos *in situ*)

- SPI: Índice de precipitación estandarizado
- SPEI: Índice de precipitación-evapotranspiración estandarizado
- Deciles de precipitación
- PPN: Porcentaje de precipitación normal



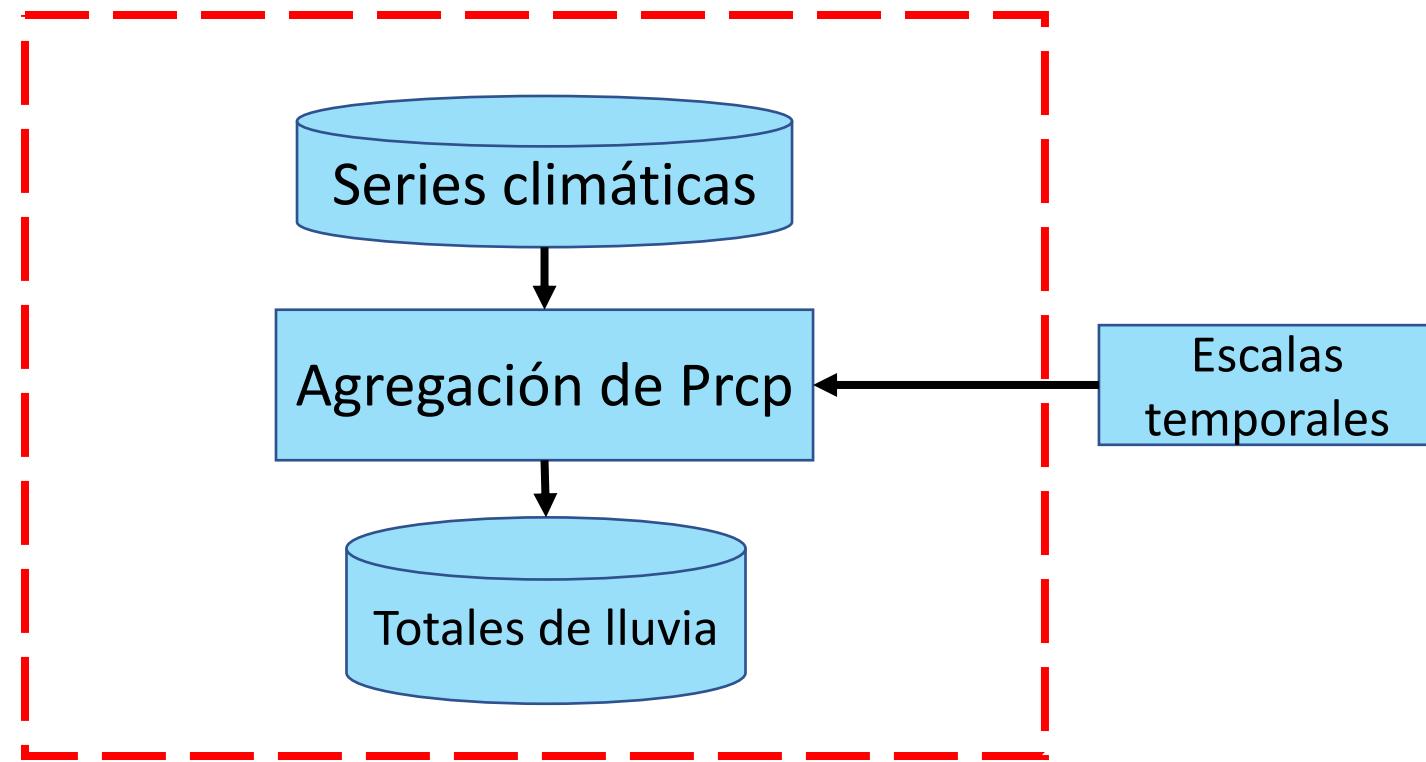
Referencia:

https://www.crc-sas.org/es/content/monitoreo/reporte_sequias.pdf

SPI: Índice de precipitación estandarizado

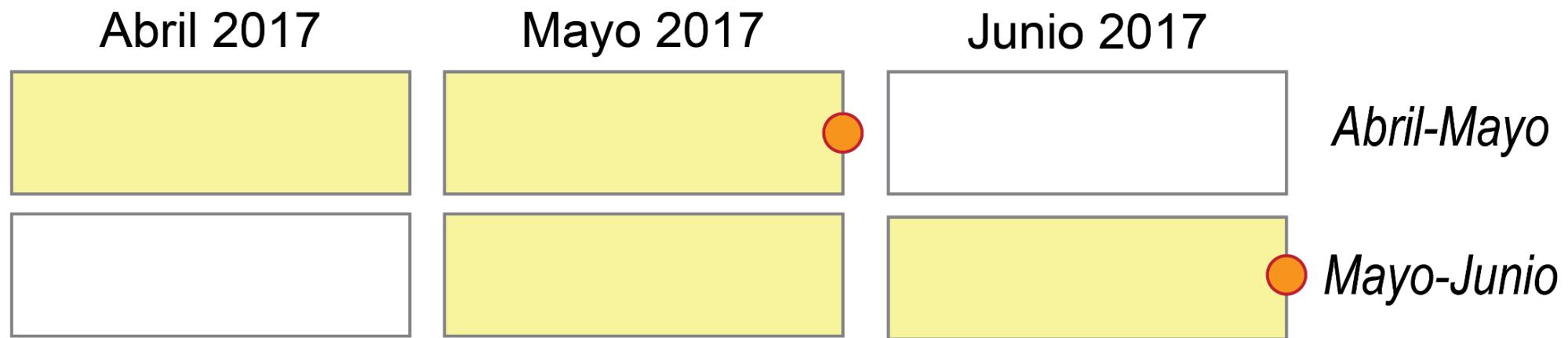
- Simple, solo requiere datos de precipitación.
- Se puede calcular para diferentes escalas temporales que reflejan el impacto de la sequía sobre distintos sistemas.
 - Respuesta diferencial de los distintos componentes de un sistema natural.
- Pueden compararse los valores del índice entre regiones con características climáticas diferentes.
- Supuestos
 - Las sequías están sólo controladas por la variabilidad temporal de las precipitaciones.
 - La variabilidad de la precipitación es mucho mayor que la de otros elementos del clima.

Referencias: <https://sissa.crc-sas.org/monitoreo/indices-de-sequia/>



Agregación de series climáticas: mensual (tradicional)

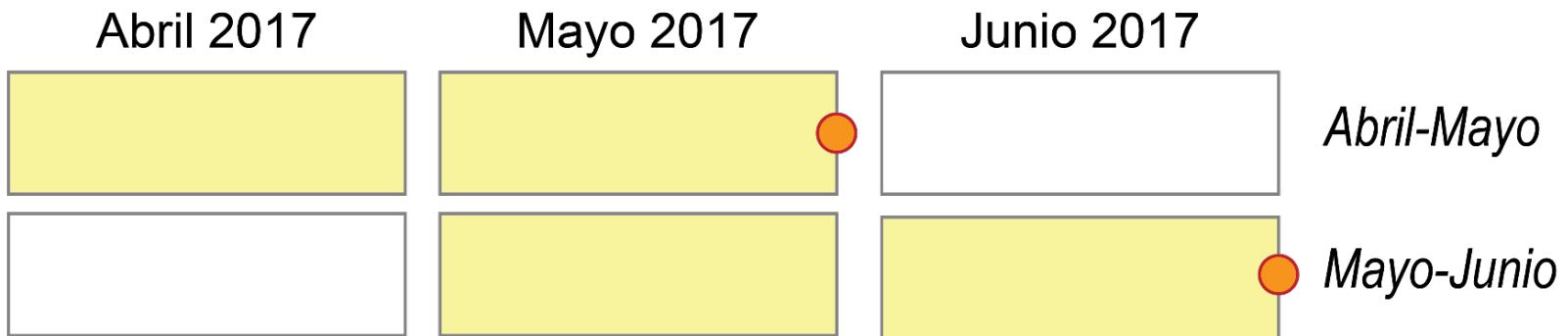
SPI-2 Cálculo mensual



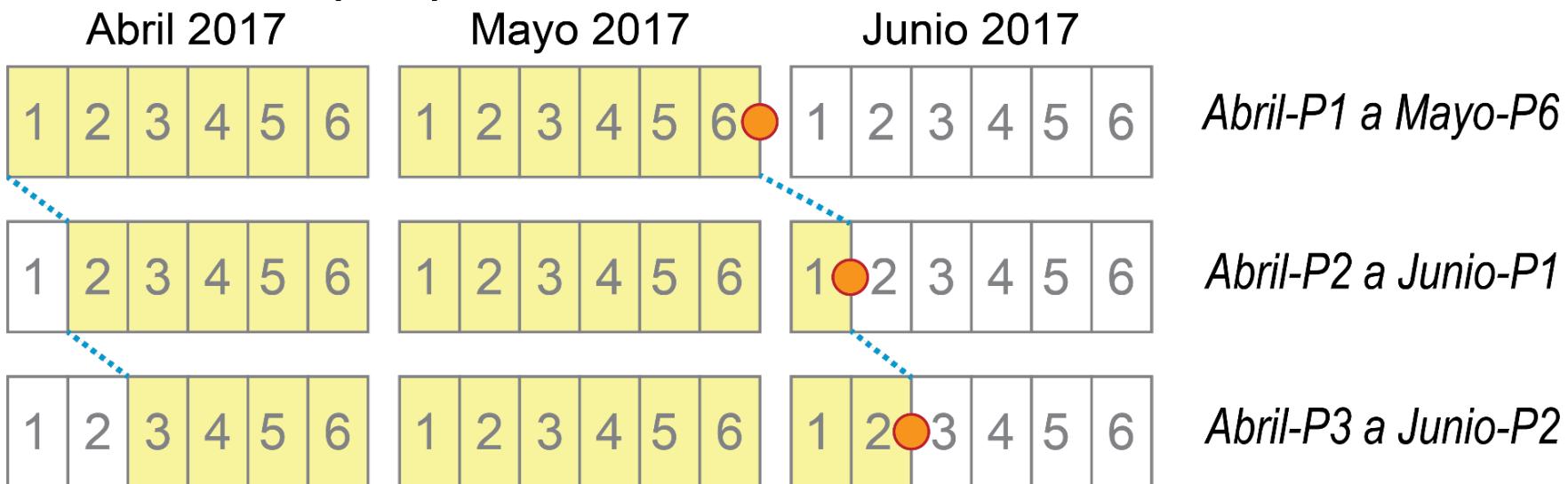
Usuarios necesitan información con más frecuencia para tomar decisiones

Agregación de series climáticas: péntadas

SPI-2 Cálculo mensual

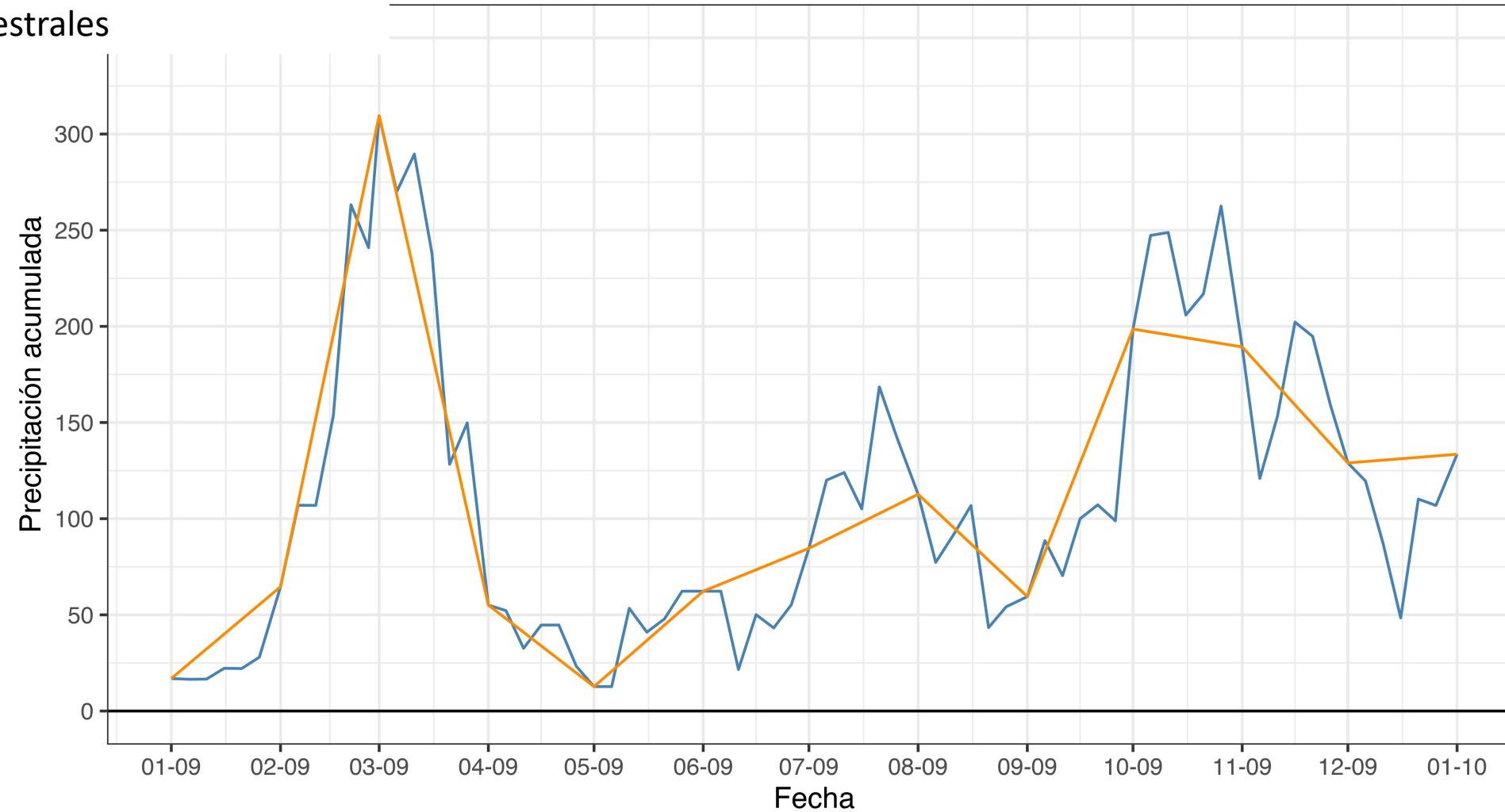


SPI-2 Cálculo por péntadas

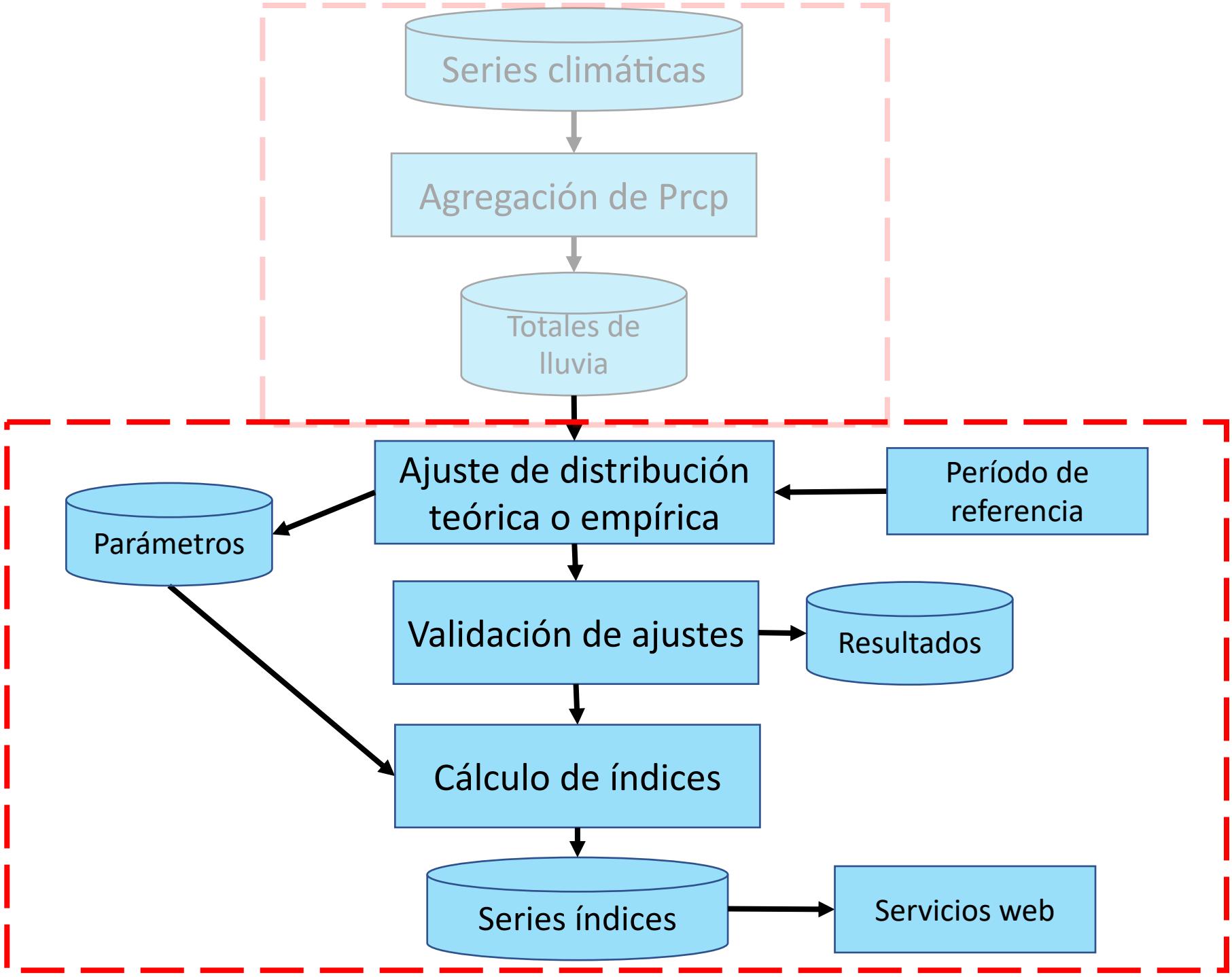


Precipitación acumulada: La Estanzuela (UY)

Totales trimestrales



- Línea azul -> agregación por pétandas
- Línea naranja -> agregación a escala mensual

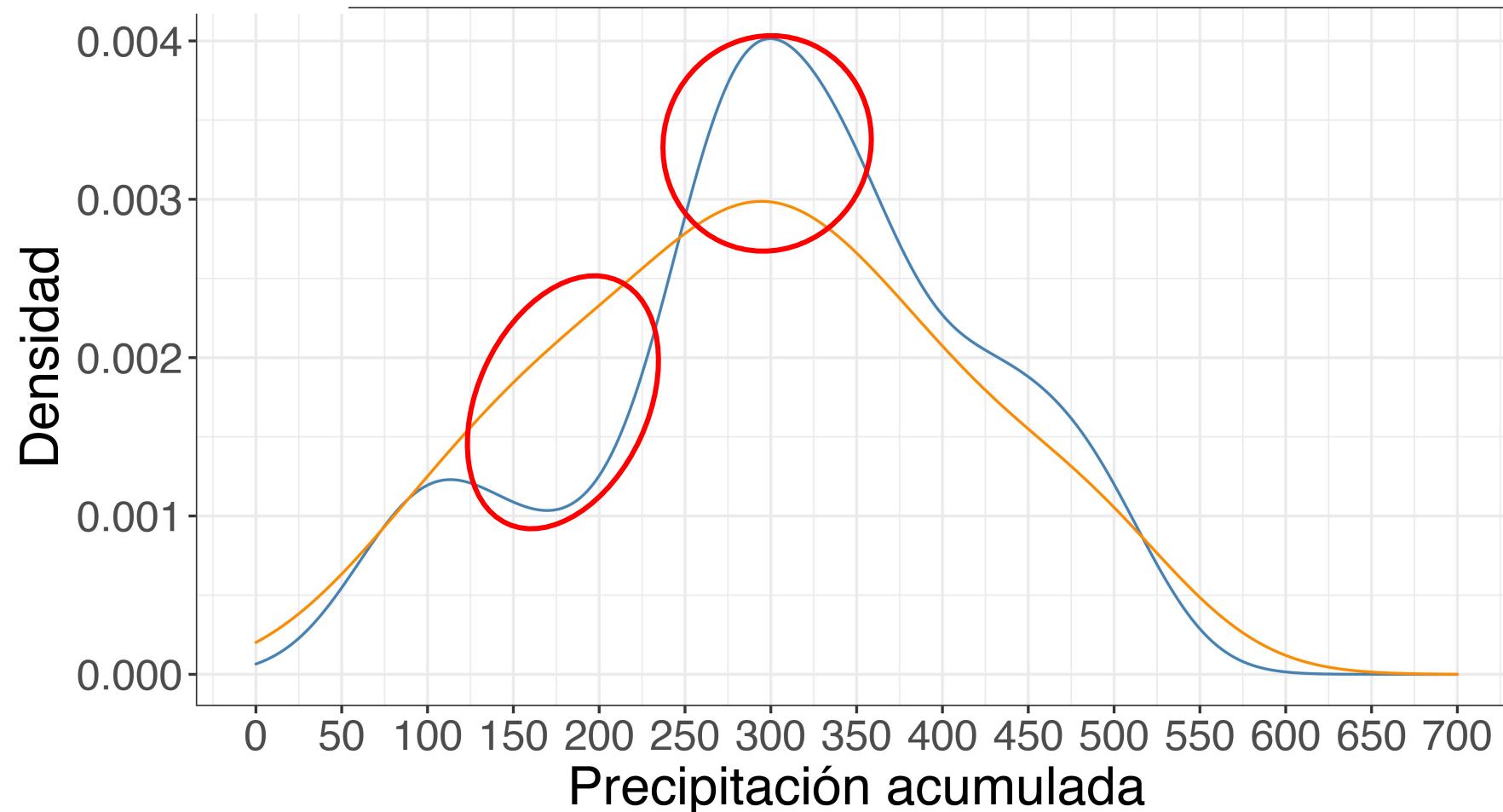


Ajuste de distribuciones

- Período de referencia representativo de las condiciones climáticas de cada estación meteorológica
- Métodos de ajuste:
 - Distribución Gamma
 - Máxima verosimilitud
 - No paramétrico *logsplines*
- Manejo de ceros

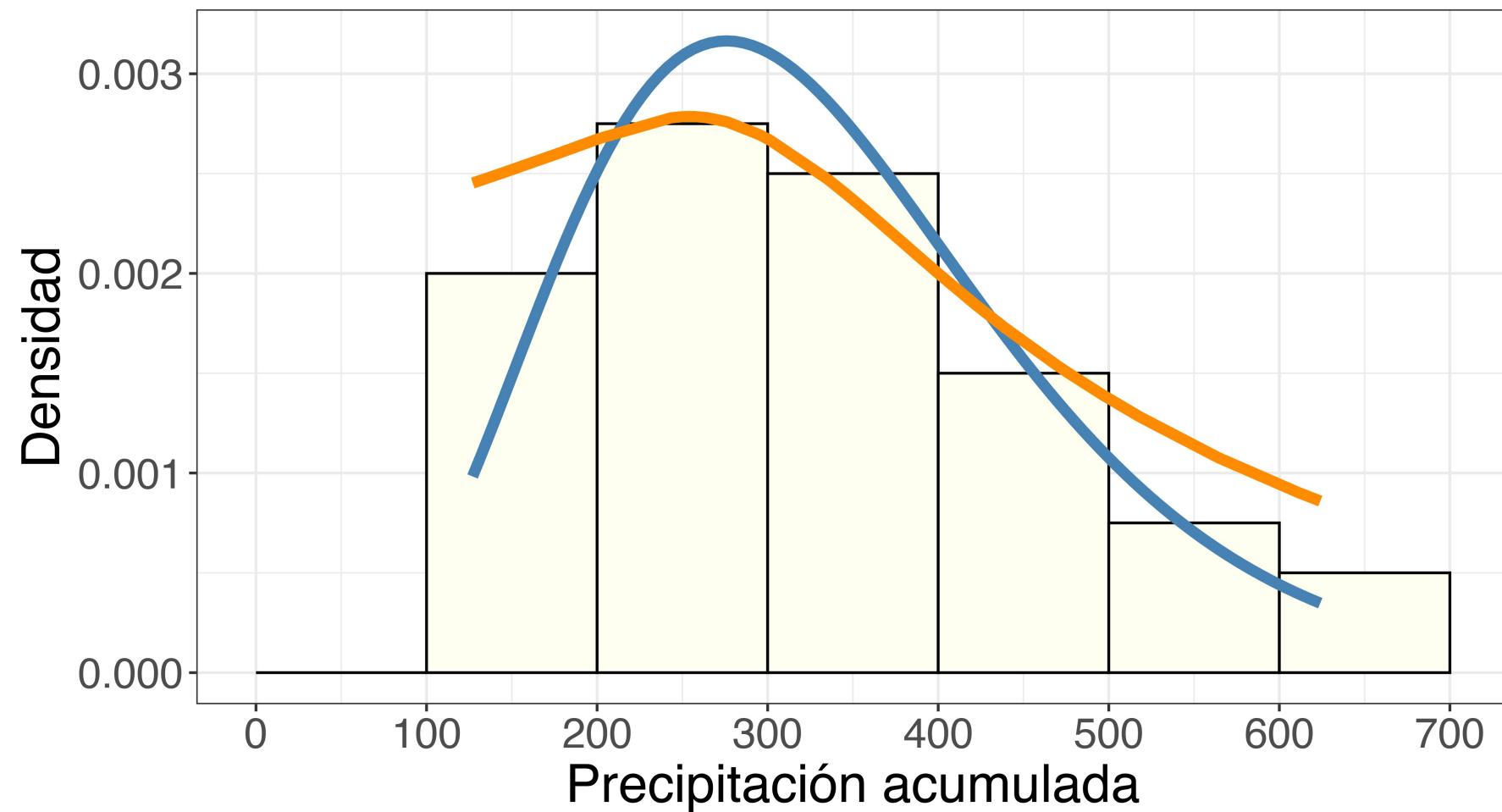
Ajuste del período de referencia

Totales estivales



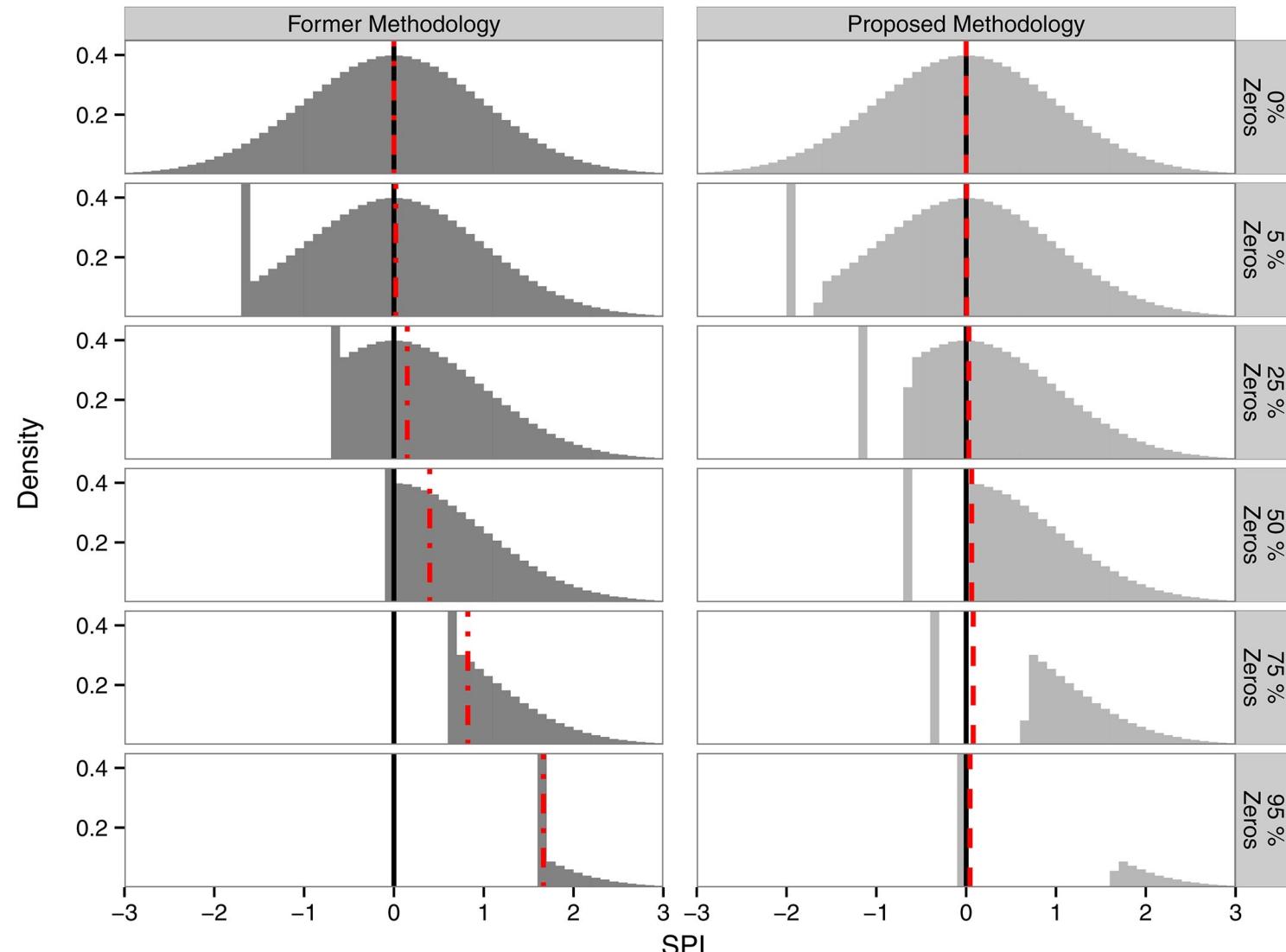
- Línea azul -> Período de referencia más húmedo (1971-2000)
- Línea naranja -> Período de referencia más seco (1961-1990)

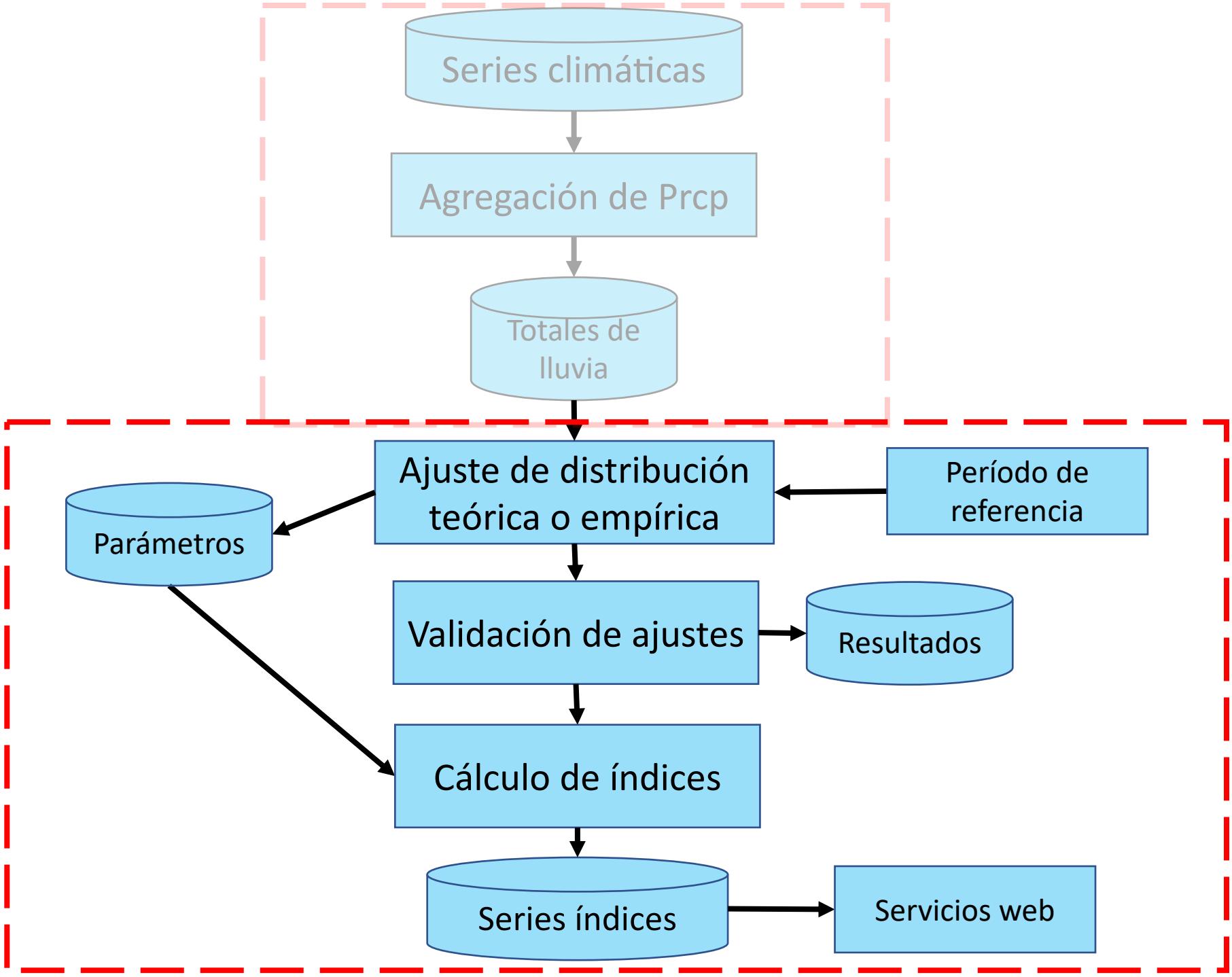
Ajuste de distribución: Métodos de ajuste



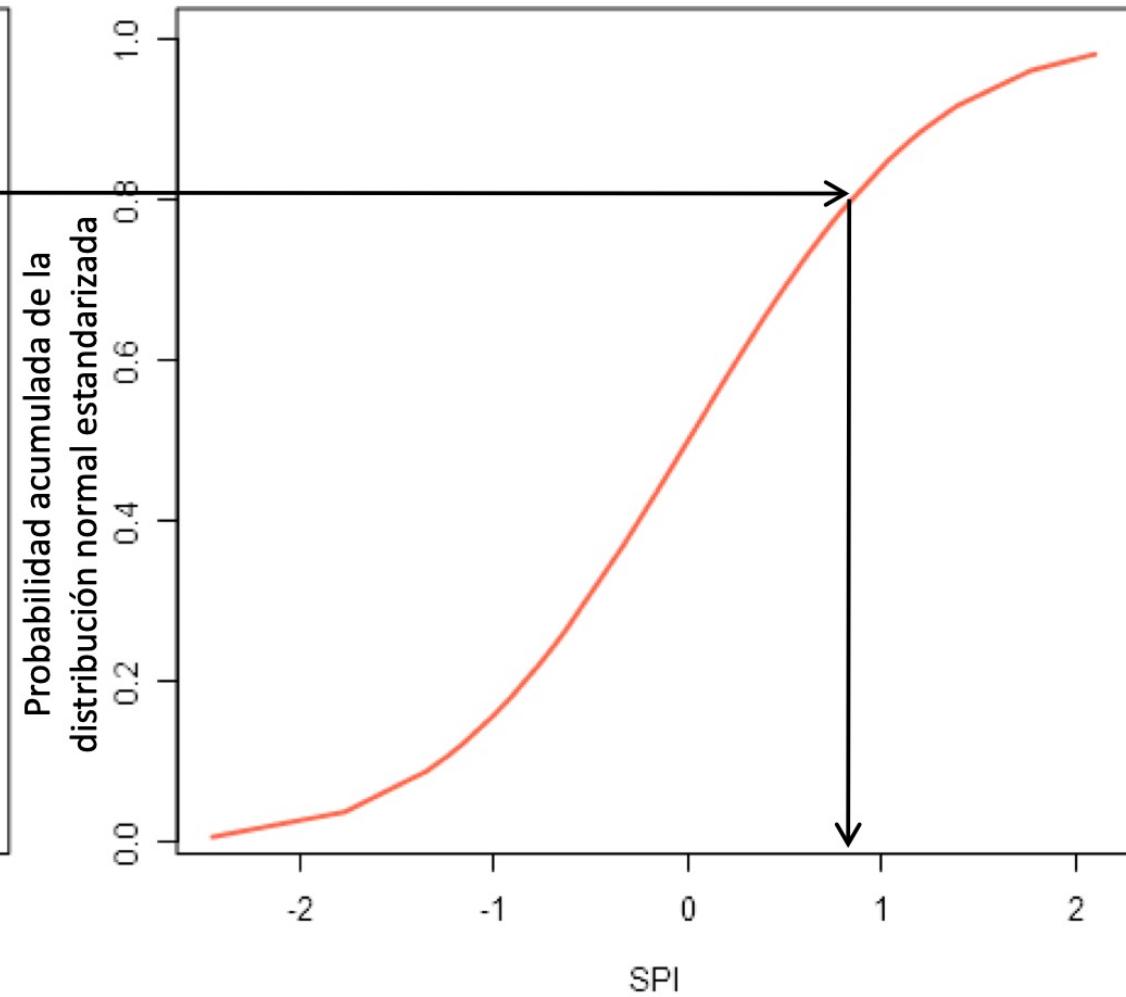
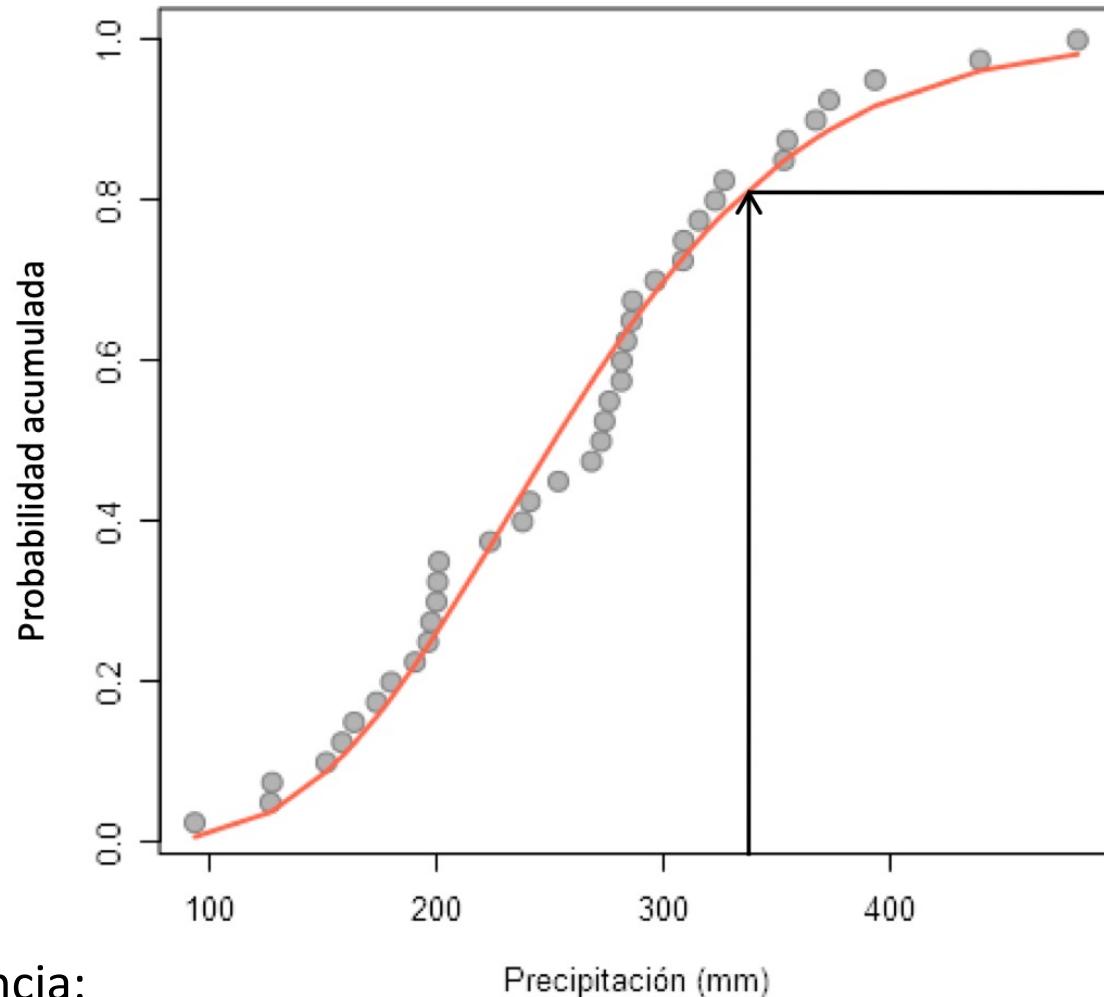
- Línea azul -> Máxima verosimilitud: Gamma
- Línea naranja -> Método no paramétrico: logsplines

Manejo de ceros





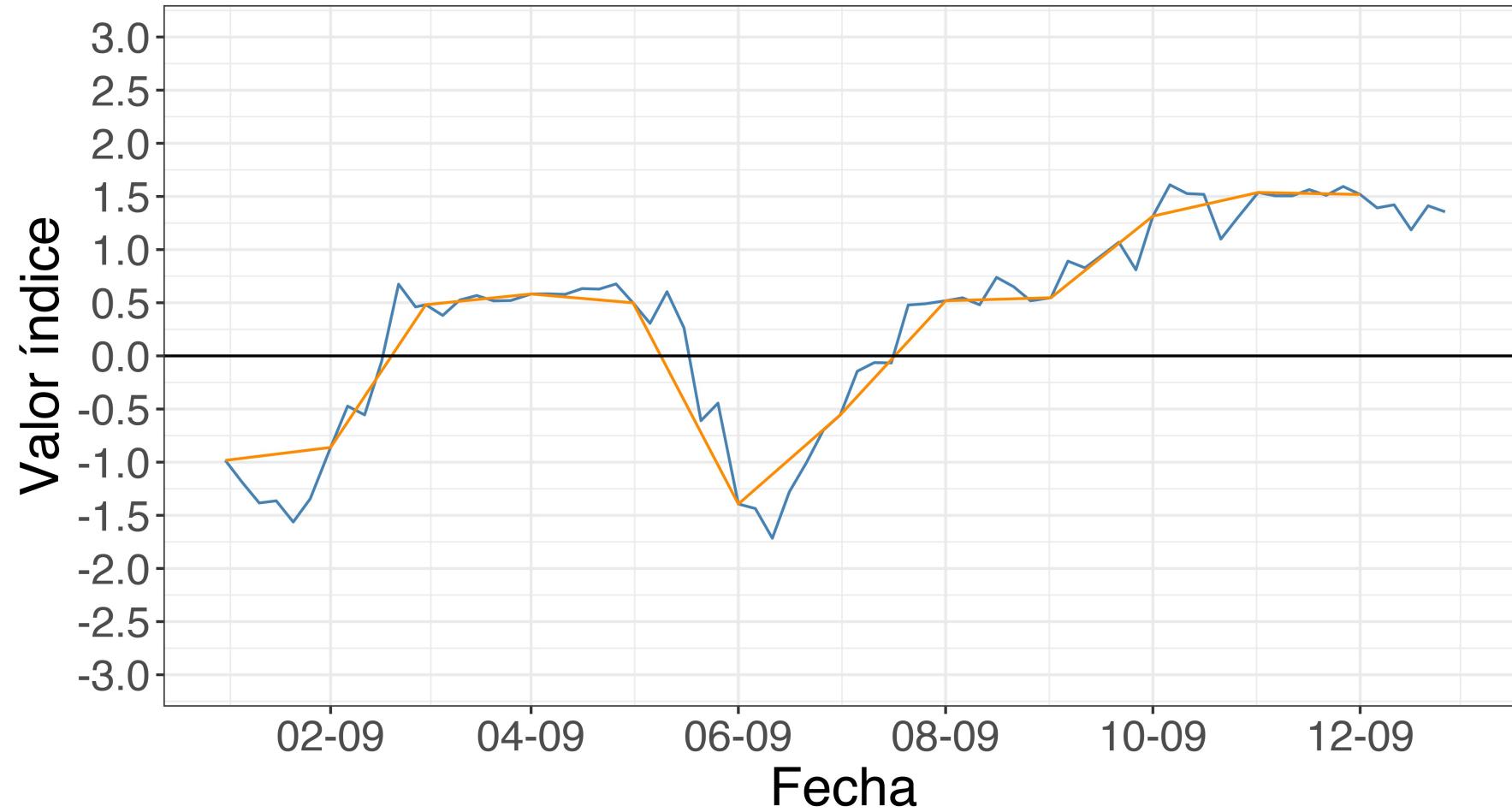
Cálculo de índices



Referencia:

https://www.crc-sas.org/es/content/monitoreo/reporte_sequias.pdf

Índice de sequía: SPI 3 La Estanzuela (UY)



- Línea azul -> agregación en péntadas
- Línea naranja -> agregación a escala mensual

SPEI: Índice de precipitación - evapotranspiración estandarizado

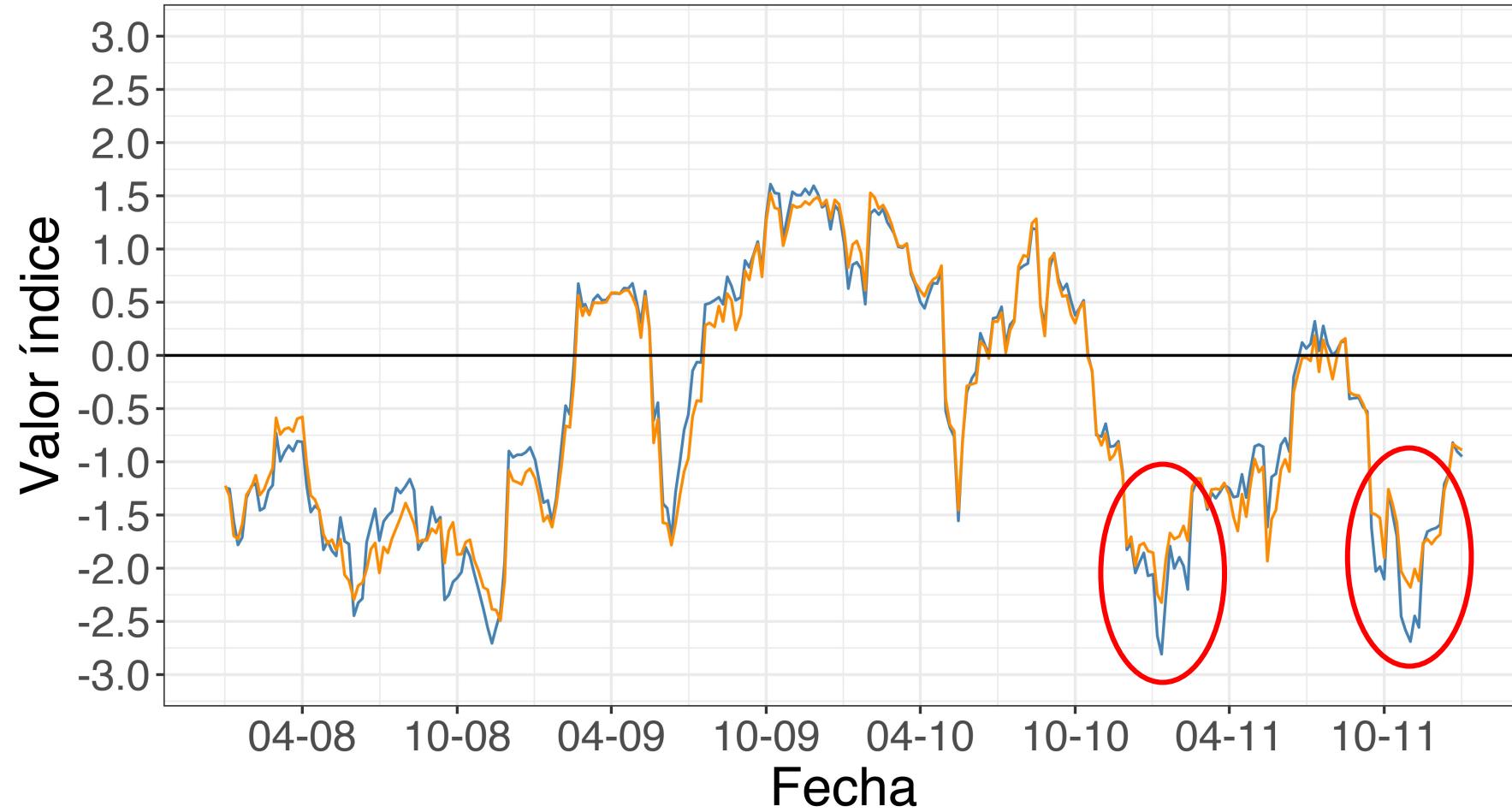
- Utiliza la diferencia entre la precipitación (P) y la evapotranspiración potencial (ETP) emulando un balance climático muy sencillo.

$$D_i = P_i - ETP_i,$$

$$ETP = 0.0013 \times 0.408 RA \times (T_{avg} + 17.0) \times (TD - 0.0123P)^{0.76}$$

- ETP = evapotranspiración potencial [mm/día]
- Tavg = temperatura media [°C]
- RA = radiación solar en superficie [MJ.m².dia⁻¹]
- TD = rango de temperatura [°C]
- P = precipitación [mm.dia⁻¹]
- Incorpora la variabilidad de otros elementos del clima a través de la ETP.
- Interesante alternativa para estudios de cambio climático.

Índice de sequía: comparación SPI 3 – SPEI 3 La Estanzuela (UY)

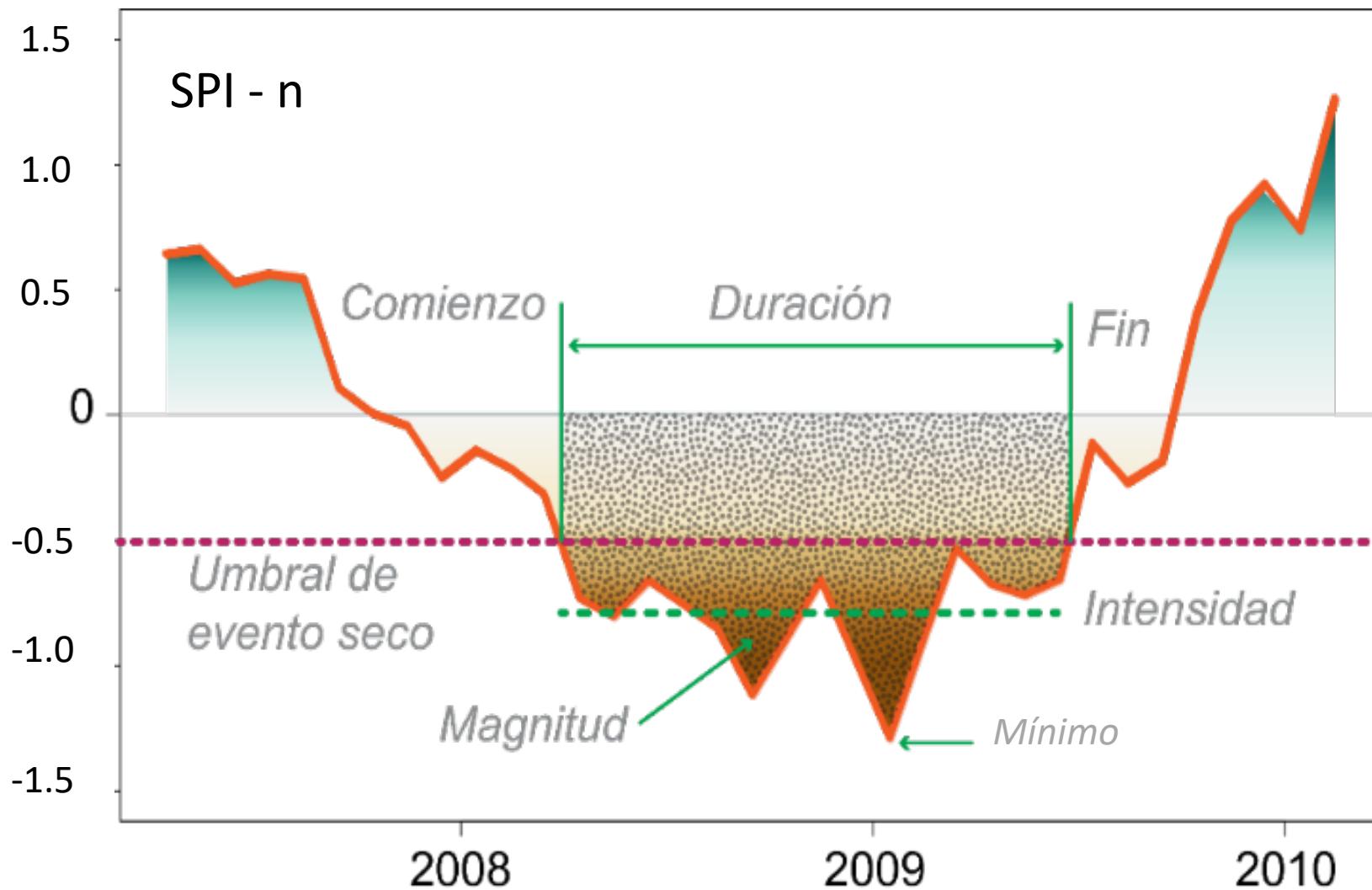


- Línea azul -> SPI 3
- Línea naranja -> SPEI 3

Contenido

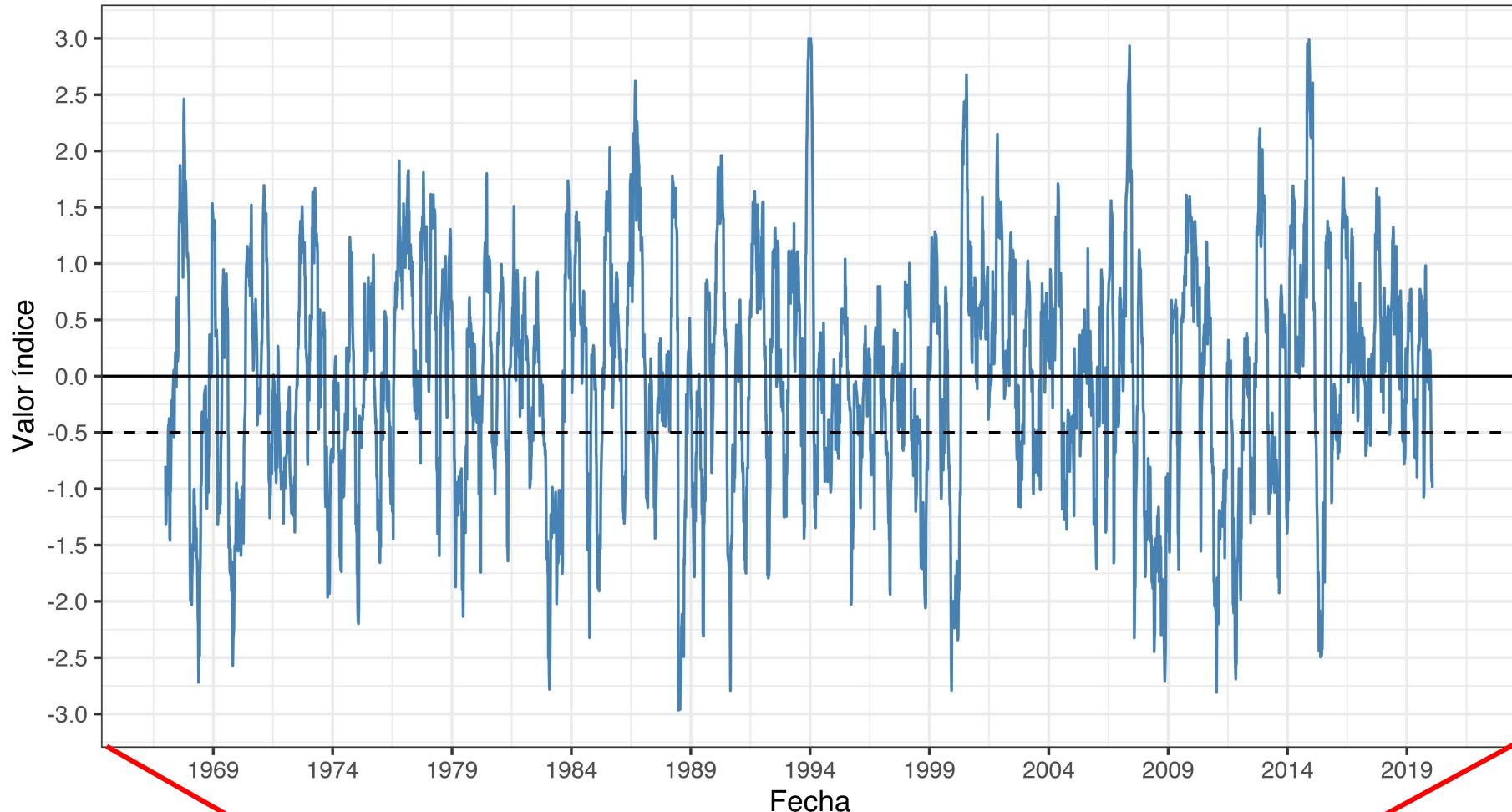
- Motivación
- Descripción de los índices de sequía
 - Cálculo del SPI y SPEI
- Identificación de eventos secos
 - Definición de evento seco
 - Cálculo de métricas para cada evento
- Análisis probabilístico de eventos secos
 - Recurrencia univariada
 - Recurrencia multivariada
- Ejemplo de aplicación

Identificación y caracterización de eventos secos



Métricas de eventos secos

- Duración: período de tiempo durante el cual el índice se encuentra por debajo del umbral seleccionado Intensidad: promedio de valores del índice durante el período en que el mismo está por debajo del umbral seleccionado (línea verde horizontal)
- Intensidad: promedio de valores del índice durante el período en que el mismo está por debajo del umbral seleccionado (línea verde horizontal)
- Magnitud: acumulación del déficit por debajo del umbral seleccionado durante el período de la sequía – se estima como el producto de la duración y la intensidad (ilustrado como el área punteada)
- Valor extremo: el menor valor del índice alcanzado durante el evento



- Eventos: 59 eventos (1965 – 2020)
- Duración: Media = 18 pétadas; Máxima = 79 pétadas
- Mínimo: Media = -1.77; Mínimo: -3.00
- Magnitud: Media: -24.39; Mínima: -122.23
- Intensidad: Media = -1.14; Mínima: -2.11

Índices de sequía en estaciones meteorológicas

Esta página contiene varias visualizaciones de diferentes índices de sequía calculados a partir de datos en estaciones meteorológicas para el sur de Sudamérica. Para ver las diferentes visualizaciones, seleccionar cada una de las pestañas en el panel de abajo.

NOTA: La carga de los mapas y otros diagnósticos puede demorar unos segundos...

¿Qué son estos controles?

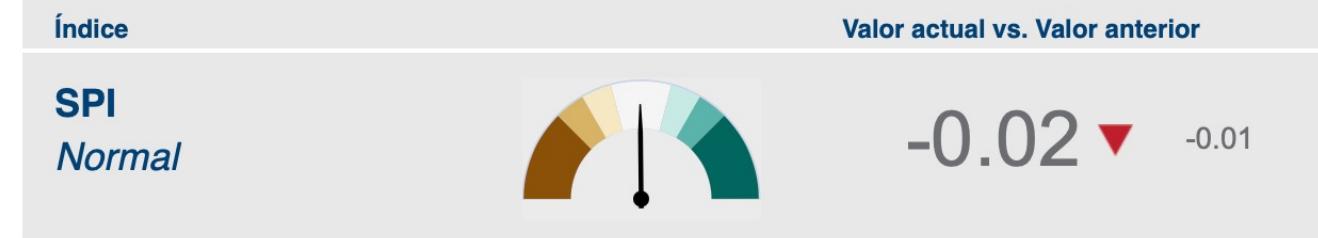
País: Argentina Estación: Aeroparque Buenos Aires (87582)

Escala temporal (meses): 3

Resumen Series temporales Mapas de calor Mapas Eventos Rankings Ayuda

¿Qué estoy viendo?

Valores de índices | 11 de Enero de 2021 al 10 de Abril de 2021 (3 meses)



<https://sissa.crc-sas.org/>

Contenido

- Motivación
- Descripción de los índices de sequía
 - Cálculo del SPI y SPEI
- Identificación de eventos secos
 - Definición de evento seco
 - Cálculo de métricas para cada evento
- Análisis probabilístico de eventos secos
 - Recurrencia univariada
 - Recurrencia multivariada
- Ejemplo de aplicación

Análisis probabilístico de eventos secos

- Estimación de riesgos históricos
 - Periodo de retorno de eventos con ciertas características.
Ejemplo: duración mayor a 30 pétadas.
 - Univariadas (ej., duración, magnitud)
 - Multivariadas (ej., duración Y magnitud)

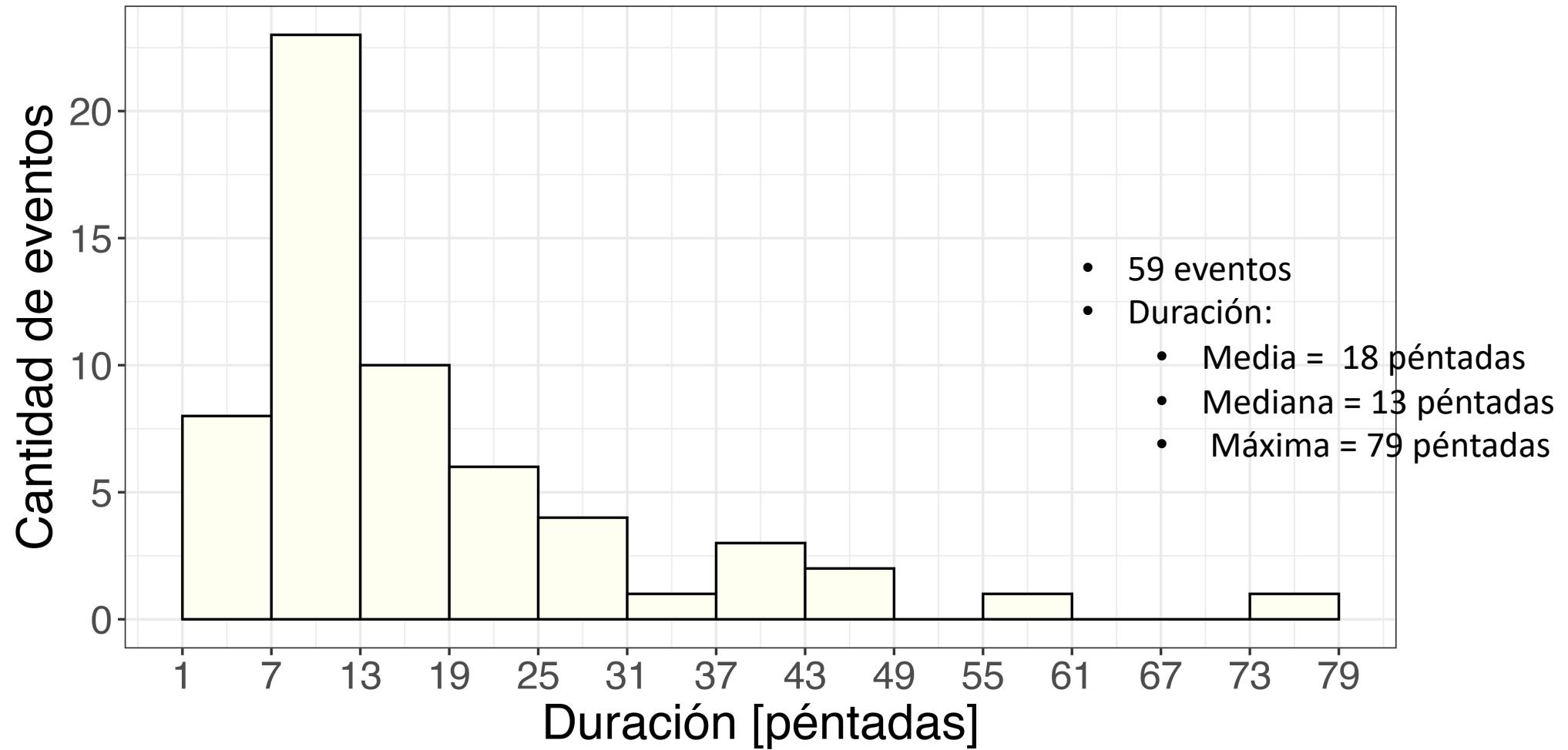
Período de retorno

- Frecuencia promedio en la que ocurre un evento con determinadas características.

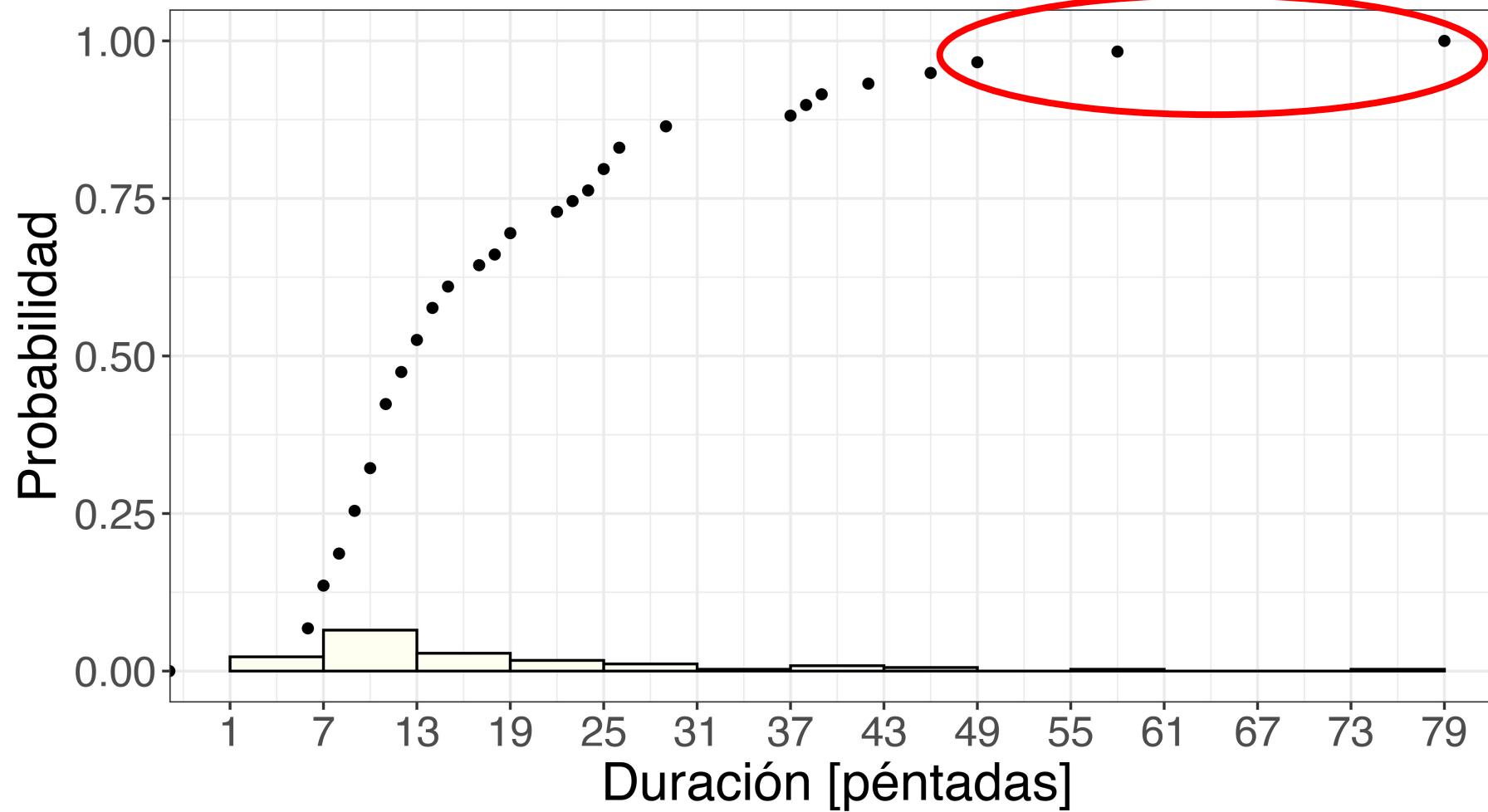
$$PR = \frac{\mu}{1 - F_i(x)}$$

- PR : Tiempo promedio en años entre dos eventos sucesivos de las mismas características
- μ : Tiempo promedio entre eventos
- $F_i(x)$: probabilidad de cada evento

Recurrencia de métricas: duración



Recurrencia de métricas: duración



Series
históricas



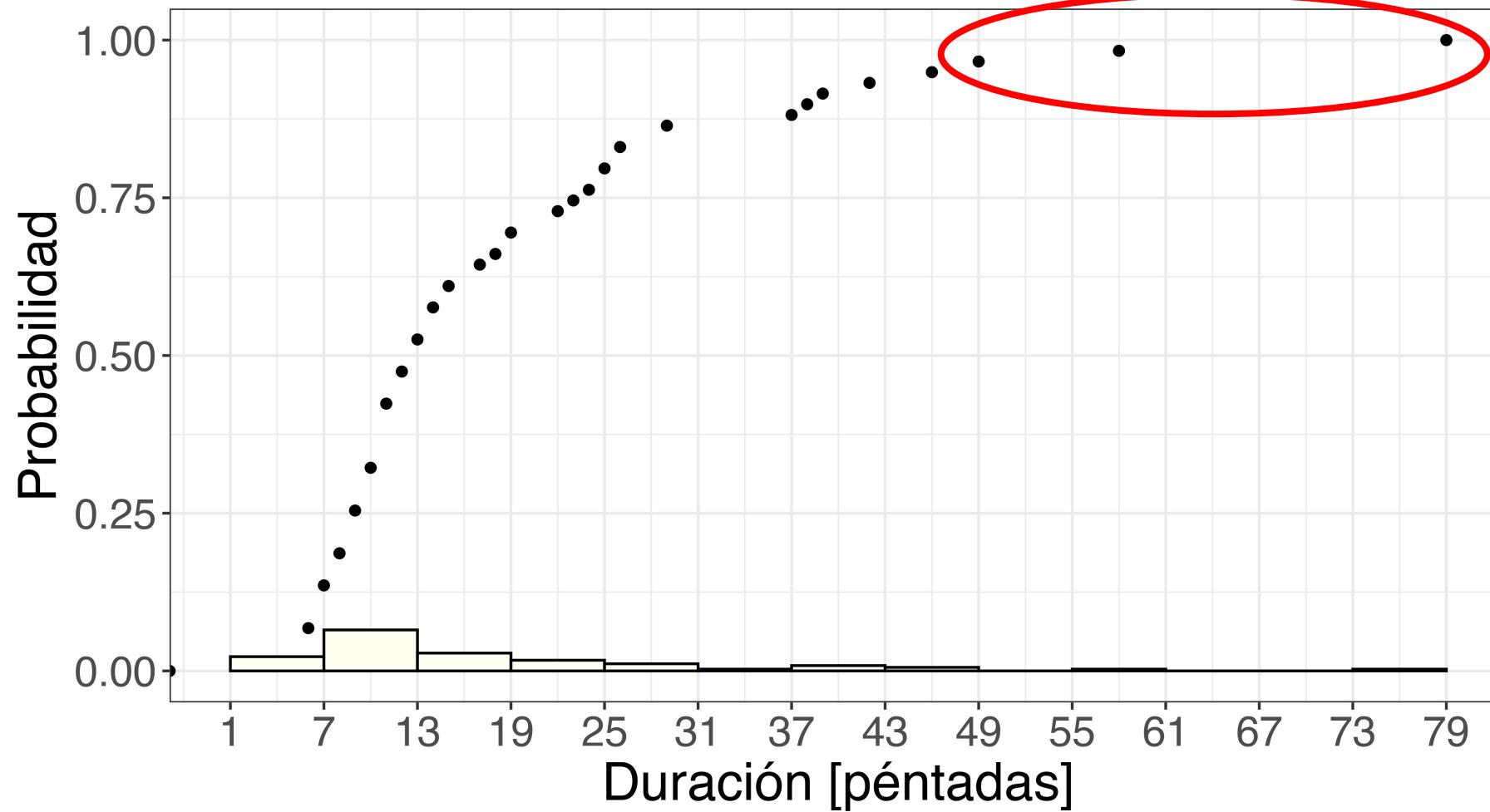
Generador
estocástico



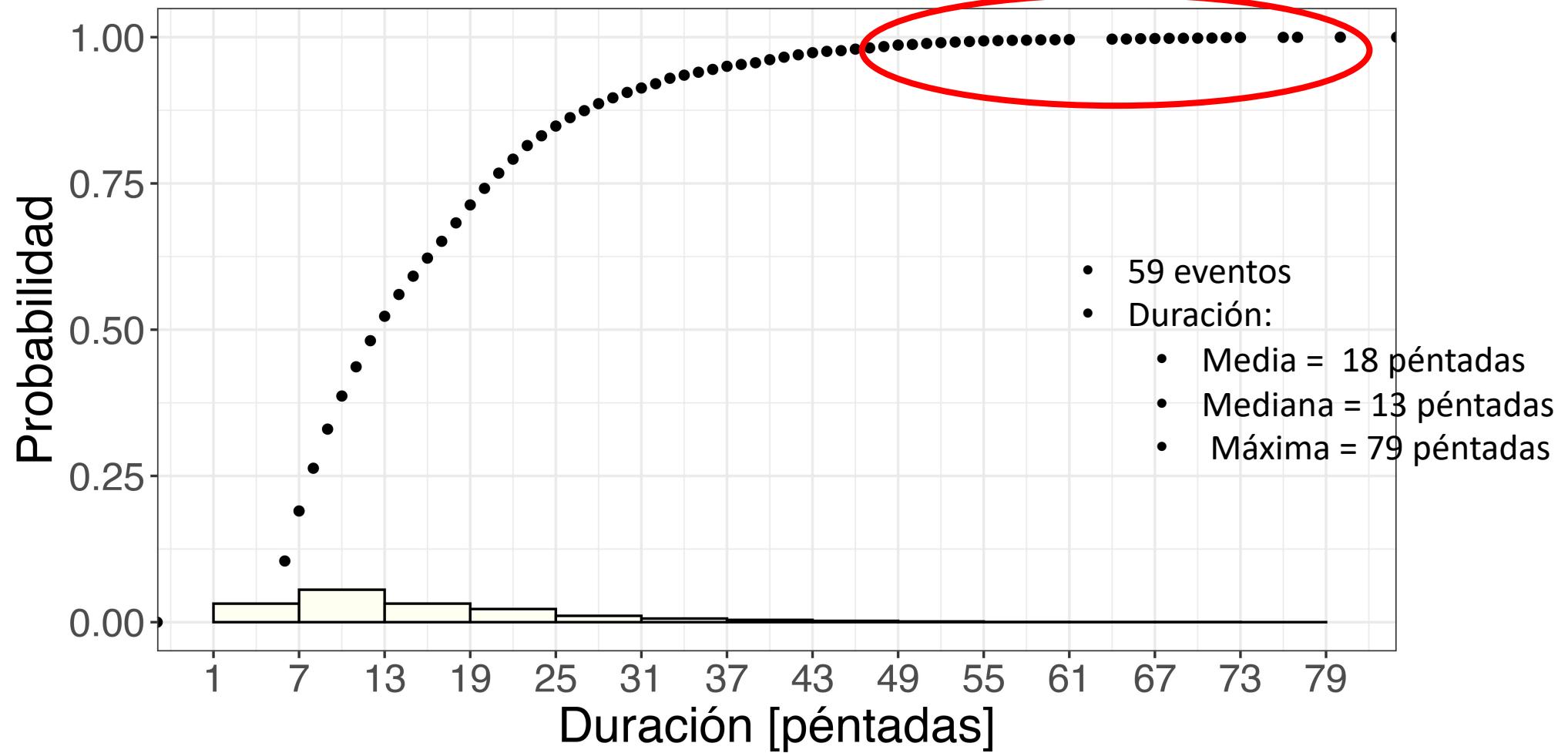
Series
sintéticas



Recurrencia de métricas: duración

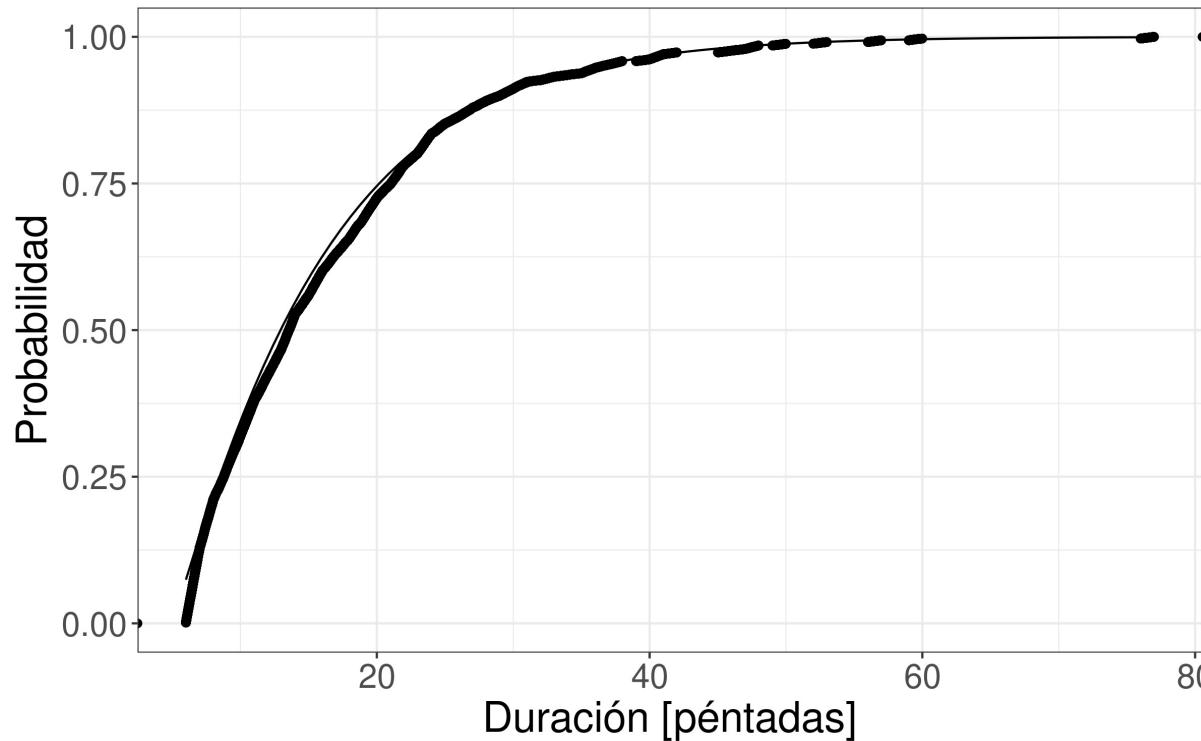


Métricas: duración

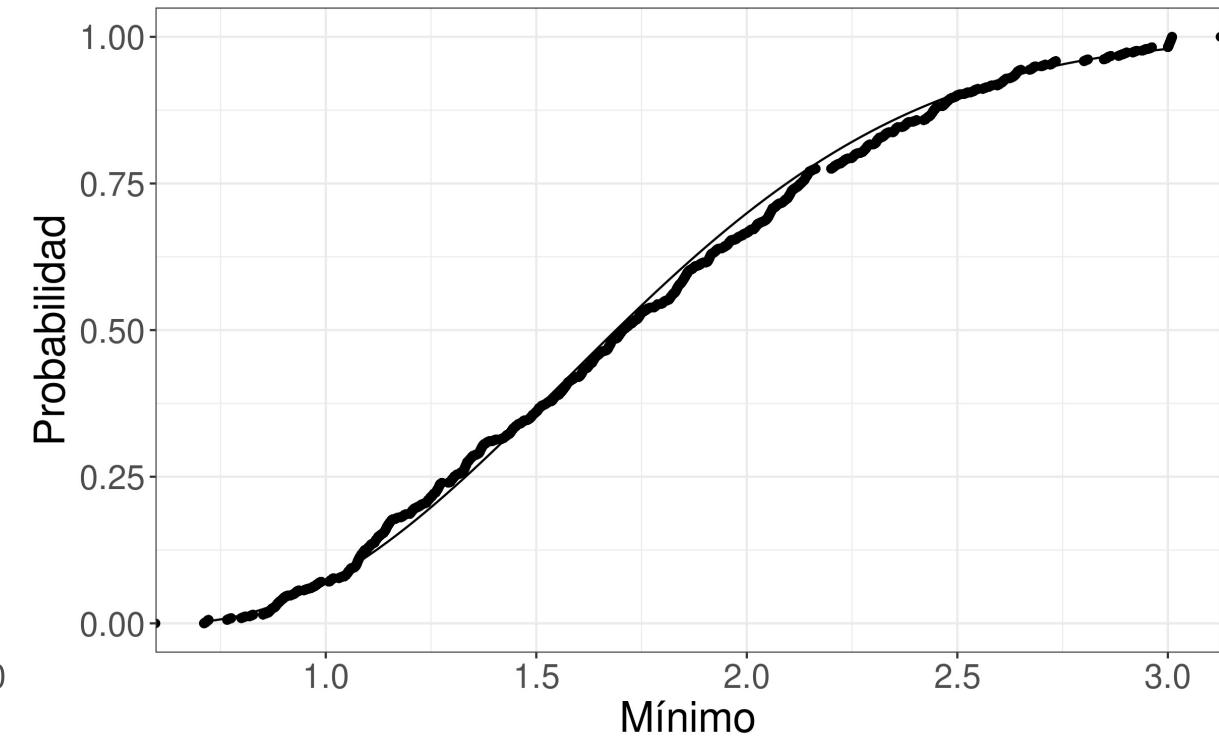


Análisis univariado de métricas: funciones de probabilidad

- Ajuste de distintas funciones de probabilidad a series de métricas
- Se selecciona la distribución con la mejor bondad de ajuste y se convierten las series de métricas a probabilidades



Distribución: Weibull

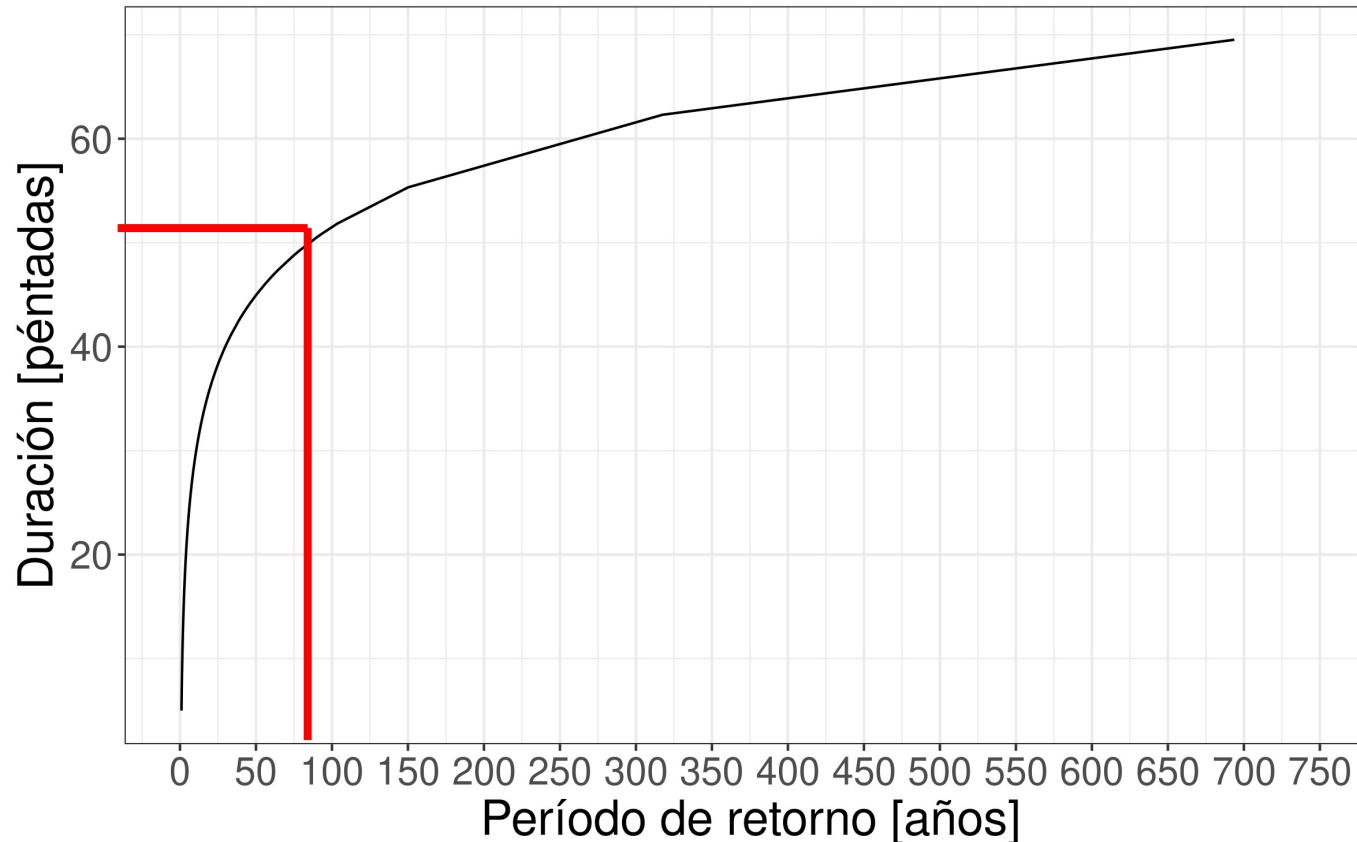


Distribución: Weibull

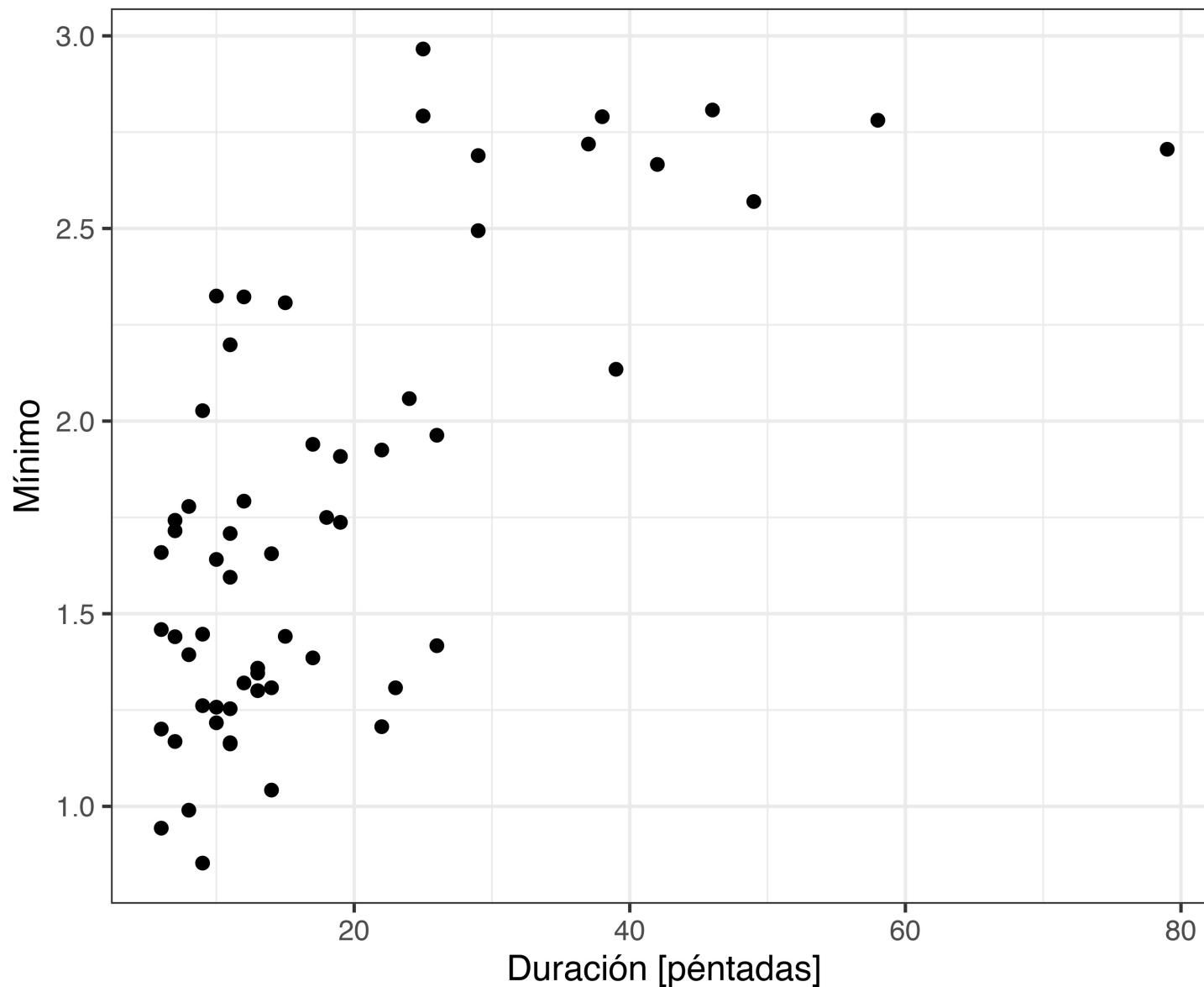
Análisis univariado de métricas: período de retorno

$$PR = \frac{\mu}{1 - F_i(x)}$$

- PR : Tiempo promedio en años entre dos eventos sucesivos de las mismas características
- μ : Tiempo promedio entre eventos
- $F_i(x)$: probabilidad de cada evento



Análisis multivariado de métricas

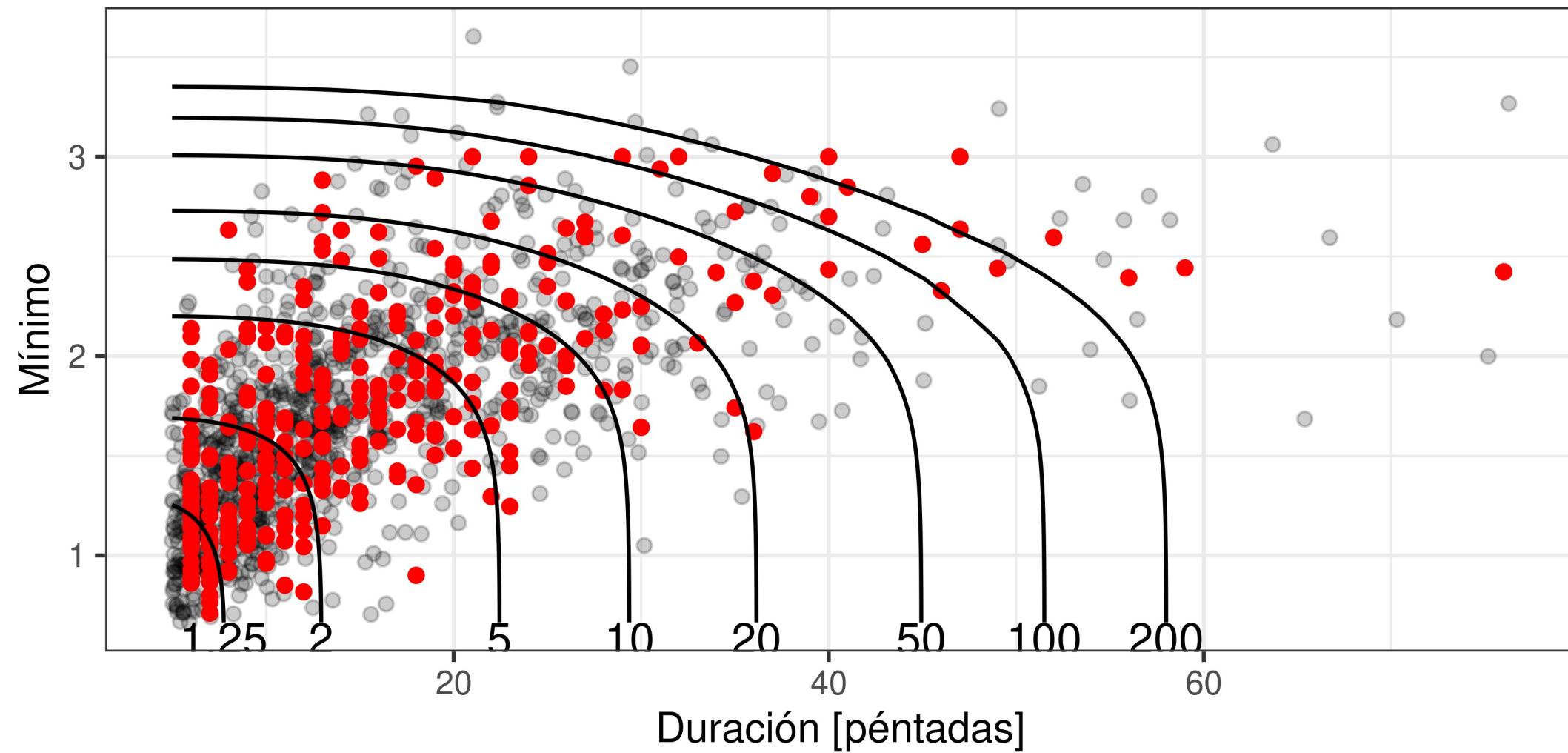


Análisis multivariado de métricas: período de retorno

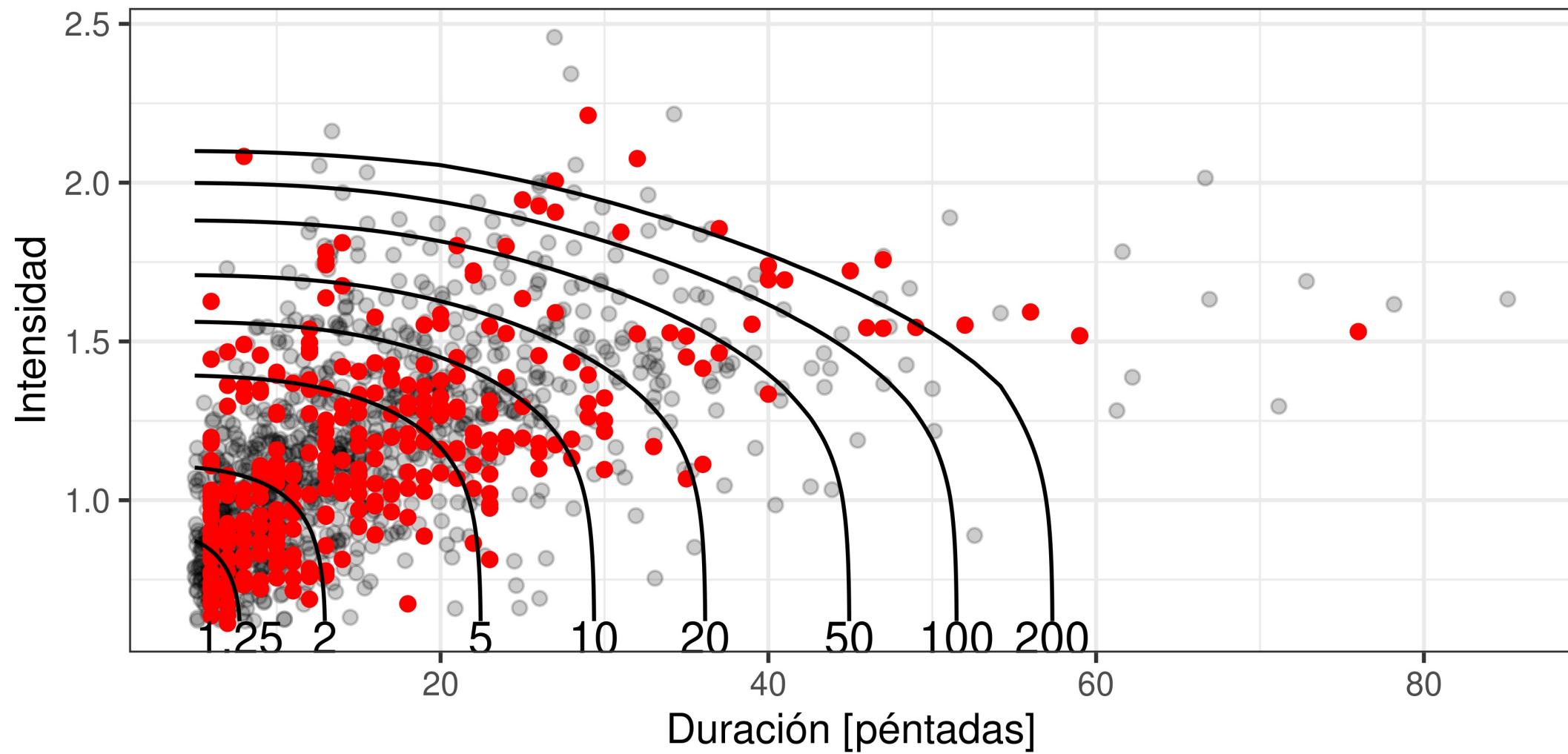
$$PRM = \frac{\mu}{1 - F_i(x) - F_j(y) - C(u,v)}$$

- PRM : Tiempo promedio en años entre dos eventos sucesivos de las mismas características
- μ : Tiempo promedio entre eventos
- $F_i(x)$: probabilidad de cada evento ajustado a la distribución $F_i(x)$
- $G_i(y)$: probabilidad de cada evento ajustado a la distribución $G_i(y)$
- $C_i(u, v)$: probabilidad conjunta de los eventos dada por la cópula $C_i(u, v)$

Análisis multivariado de métricas: cópulas



Análisis multivariado de métricas: cópulas



Contenido

- Motivación
- Descripción de los índices de sequía
 - Cálculo del SPI y SPEI
- Identificación de eventos secos
 - Definición de evento seco
 - Cálculo de métricas para cada evento
- Análisis probabilístico de eventos secos
 - Recurrencia univariada
 - Recurrencia multivariada
- Ejemplo de aplicación

Eventos estivales

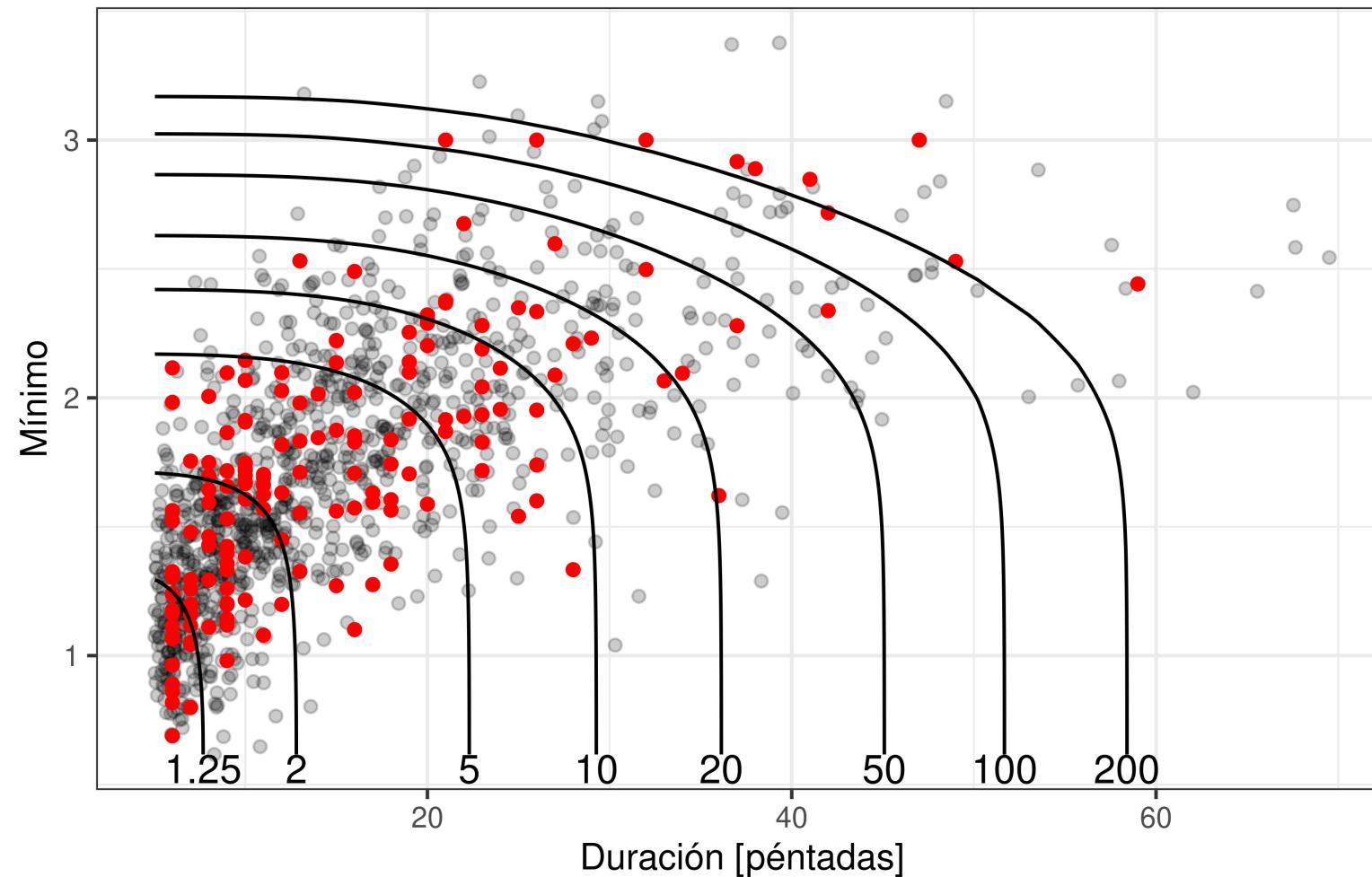
Eventos que abarcaron completa o parcialmente al ciclo de los cultivos de verano



Fenología del cultivo de soja en La Estanzuela (UY)

EF	Ciclo	Fecha	Referencia
Siembra	0	15 Oct	Siembra
VE	13	28 Oct	Emergencia
V2	23	7 Nov	Segundo nudo
V4	31	15 Nov	Cuarto nudo
V6	39	23 Nov	Sexto nudo
V8	47	1 Dic	Octavo nudo
V10	54	8 Dic	Décimo nudo
R1	72	26 Dic	Inicio de floración
R3	94	17 Ene	Inicio de formación de vainas
R5	126	18 Feb	Formación de semillas
R7	165	29 Mar	Inicio de maduración
R8	180	13 Abr	Maduración completa

Recurrencia multivariada de métricas durante el período crítico



Discusión