



Organización  
de las Naciones Unidas  
para la Educación,  
la Ciencia y la Cultura



Oficina Regional de Ciencia para  
América Latina y el Caribe

Programa  
Hidrológico  
Internacional



WITH THE SUPPORT OF  
THE FLEMISH GOVERNMENT

# Aplicación de la Metodología de los L Momentos a eventos extremos: caso caudales punta en la Región de Coquimbo

Jorge Nunez Cobo, CAZALAC

Programa Seminario Internacional  
Universidad de Talca – FONDEF  
“Eventos Hidrológicos Extremos: Análisis y Aplicaciones”

Universidad de Talca  
Santiago, 12-01-2012

## Antecedentes

- ✓ **Marco y Objetivos**
- **Metodología**
- **Estudio caso cuenca Elqui, Región de Coquimbo, Chile**



## Marco y Objetivos

- **Motivación**

El Centro del Agua para Zonas Áridas y Semiáridas de América Latina y el Caribe-CAZALAC, ha venido promoviendo el desarrollo de sistemas de Manejo del Riesgo Climático en la Región, basado en tres pilares:

- 1. Identificación de vulnerabilidades y oportunidades**

Análisis Regional de Frecuencias

- 2. Reducción de Incertidumbre:**

⇒ **Aprendizaje del pasado**, monitoreo del Presente y pronóstico del Futuro

- 3. Identificación de intervenciones tecnológicas que reducen la vulnerabilidad al clima**

Cortesía



## Marco y Objetivos: Aprendizaje del pasado

- **Objetivos**

- 1. Cuantificar el riesgo climático basado en la variabilidad del clima observado, enfocado en las precipitaciones**
- 2. Determinar la variabilidad y propiedades de frecuencia de eventos hidrometeorológicos extremos en ALC: Caso inicial: Sequías y su extensión a otras variables de interés**



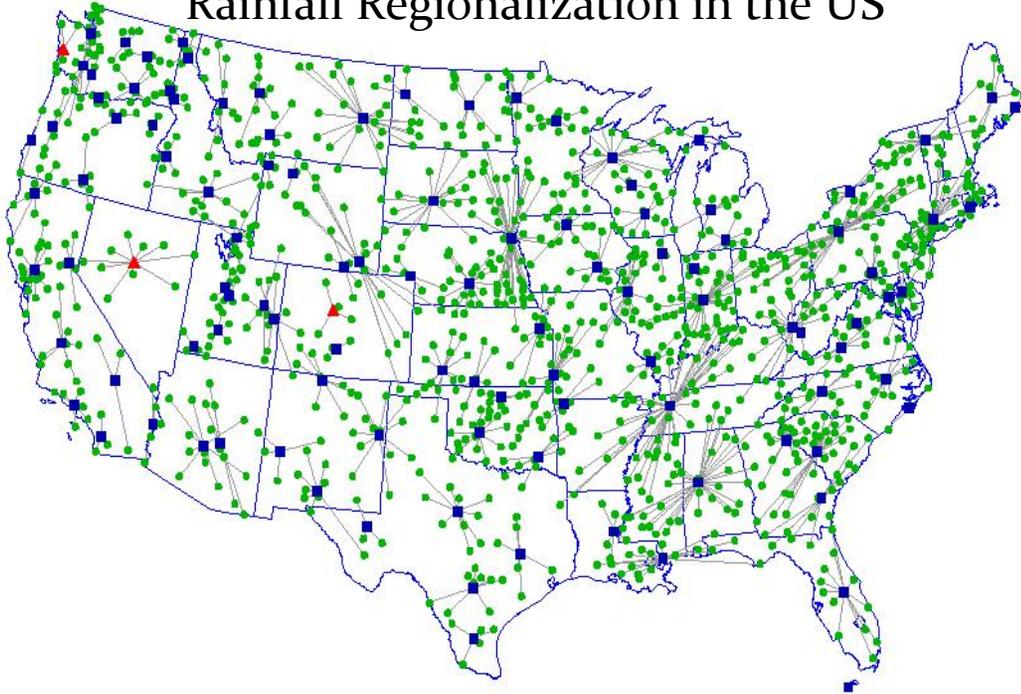
## Antecedentes

- **Marco y Objetivos**
- ✓ **Metodología**
- **Estudio caso cuenca Elqui, Región de Coquimbo, Chile**

# Metodología

- **Análisis Regional de Frecuencias con L-momentos**
  - **Desarrollado de manera estructurada por Hosking y Wallis (1997)**
  - **Aplicada por primera vez en EEUU en el National Drought Atlas en 1993 (IWR)**

Rainfall Regionalization in the US





## Metodología

- Análisis Regional de Frecuencias con L-momentos

➔ **Cuál es la probabilidad de la ocurrencia o periodo de retorno del caudal máximo anual en ríos de la Región de Coquimbo, Chile?**

**Este método es especialmente relevante en zonas áridas, donde:**

- **Existe un número limitado de estaciones meteorológicas**
- **Los registros son cortos e incompletos**
- **Hay una alta variabilidad interanual de las precipitaciones que se propaga hacia los caudales en los ríos**
- **Puede estar frecuentemente influenciada por eventos extremos de gran escala, como ENSO**



## Review of rainfall frequency estimation methods

C. Svensson and D.A. Jones

Centre for Ecology and Hydrology, Wallingford, UK

### Correspondence

Cecilia Svensson, Centre for Ecology and Hydrology, Wallingford, OX10 8BB, UK.  
Email: csve@ceh.ac.uk

DOI:10.1111/j.1753-318X.2010.01079.x

### Key words

Extreme; frequency estimation; methodology; rainfall.

### Abstract

This review outlines nationwide methods for point rainfall frequency estimation currently in use in nine different countries: Canada, Sweden, France, Germany, the United States, South Africa, New Zealand, Australia and the United Kingdom. For the United Kingdom, the Flood Studies Report method from 1975 is described as well as the current *Flood Estimation Handbook* method. The focus is on return periods relevant to reservoir design, in the region of 100–10 000 years. There is considerable difficulty in estimating long return period rainfalls from short data records and there is no obviously ‘best’ way of doing it. Each country’s method is different, but most use some form of regionalisation to transfer information from surrounding sites to the target point. Several of the methods are variations of a regionalisation method that combines a local estimate of an index variable (typically the mean or the median annual maximum rainfall) with a regionally derived growth curve to obtain a design rainfall estimate. Three of the methods use regions centred on the site of interest, rather than fixed-boundary regions. Different statistical distributions and fitting methods are used, with the Generalised Extreme Value distribution being the most common.

ológico

 GOBIERNO DE ESPAÑA  
MINISTERIO DE POLÍTICA SOCIAL Y POLÍTICA DE FAMILIA  
MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y POLÍTICA RURAL Y MARÍTIMA

**CEDEX** CENTRO DE ESTUDIOS Y EXPERIMENTACIÓN DE OBRAS PÚBLICAS

INSTITUTO DE ESTUDIOS DE MEDIO AMBIENTE Y POLÍTICA RURAL Y MARÍTIMA

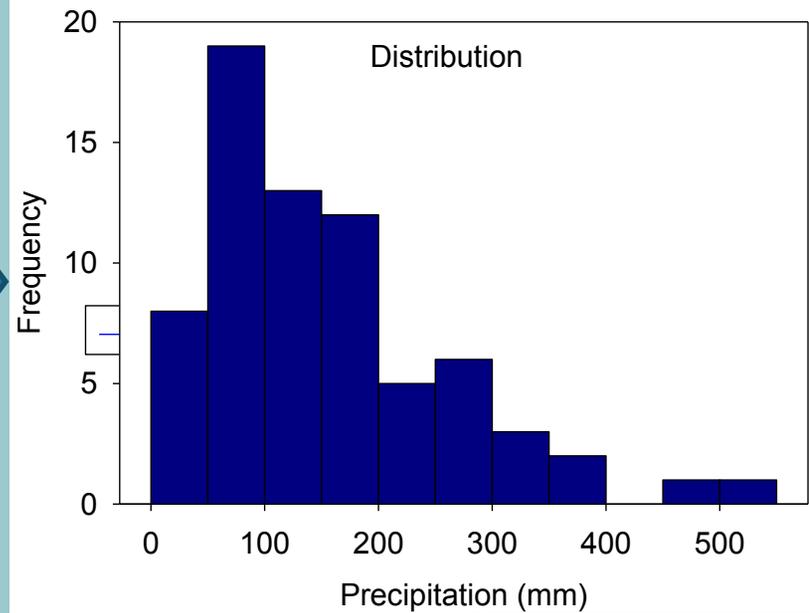
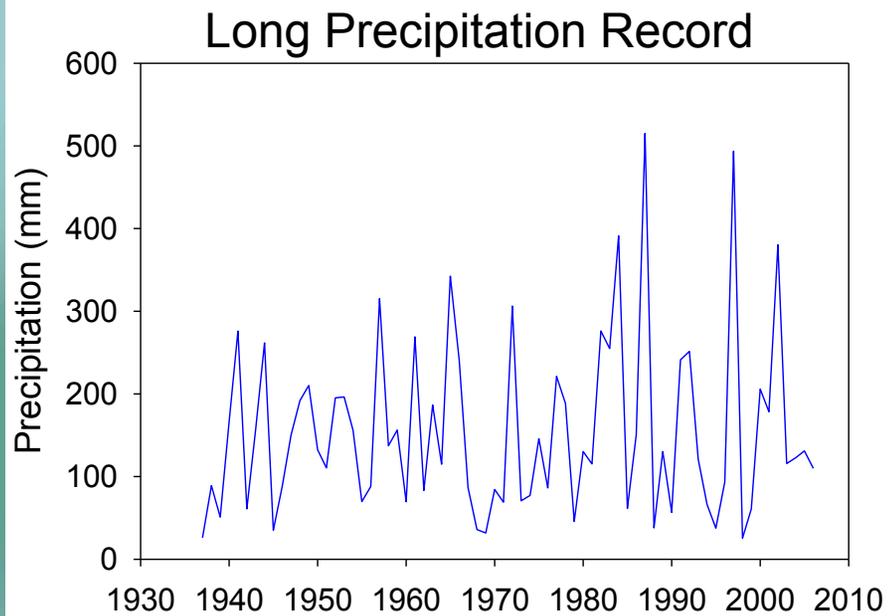
# MAPA DE CAUDALES MÁXIMOS

## MEMORIA TÉCNICA

JUNIO - 2011

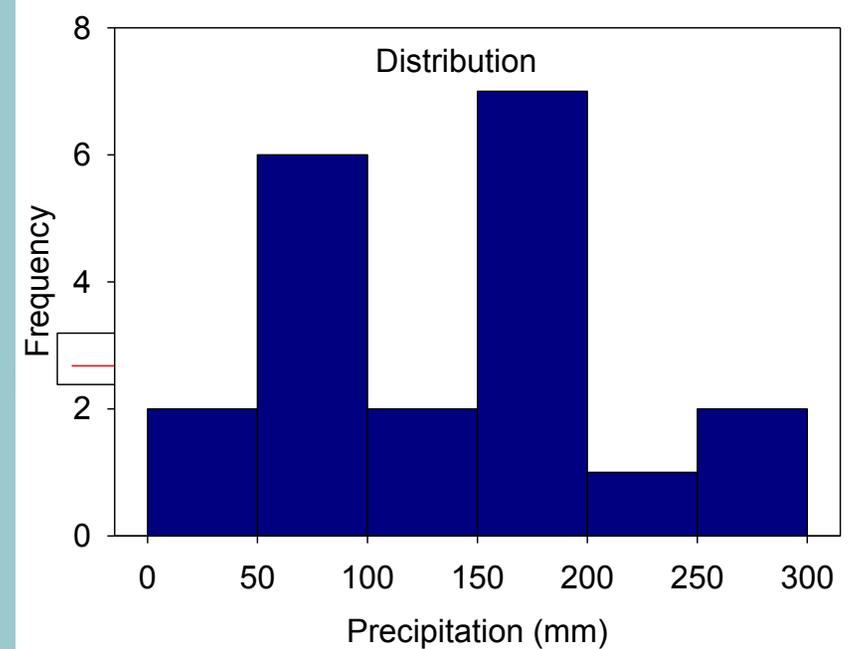
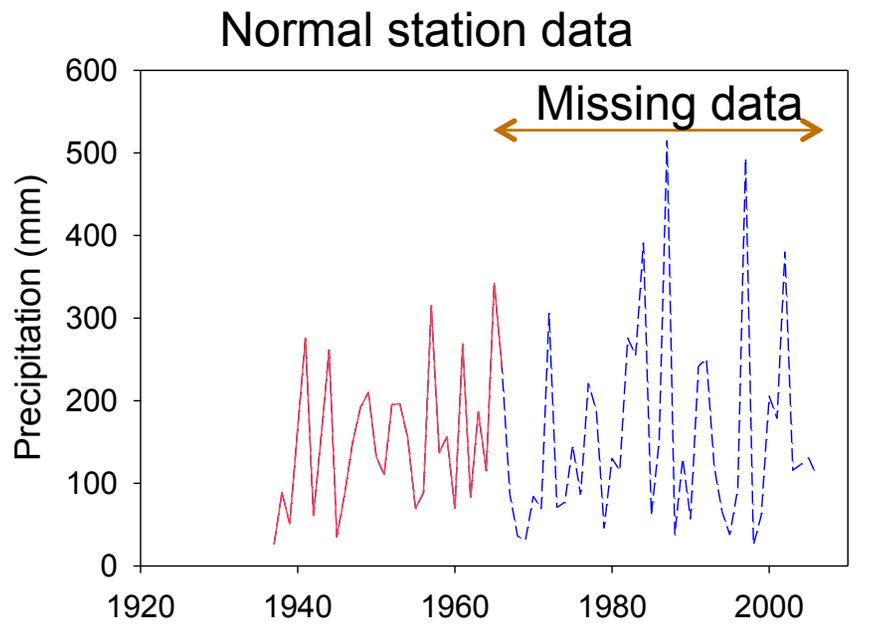
# Metodología – ¿Por qué regionalizar?

Caso Ideal



# Metodología – ¿Por qué regionalizar?

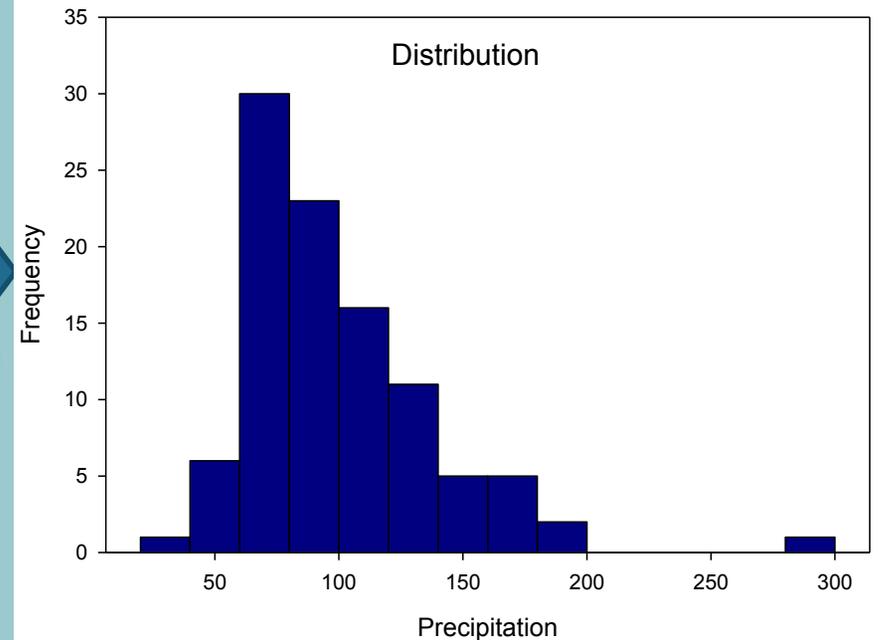
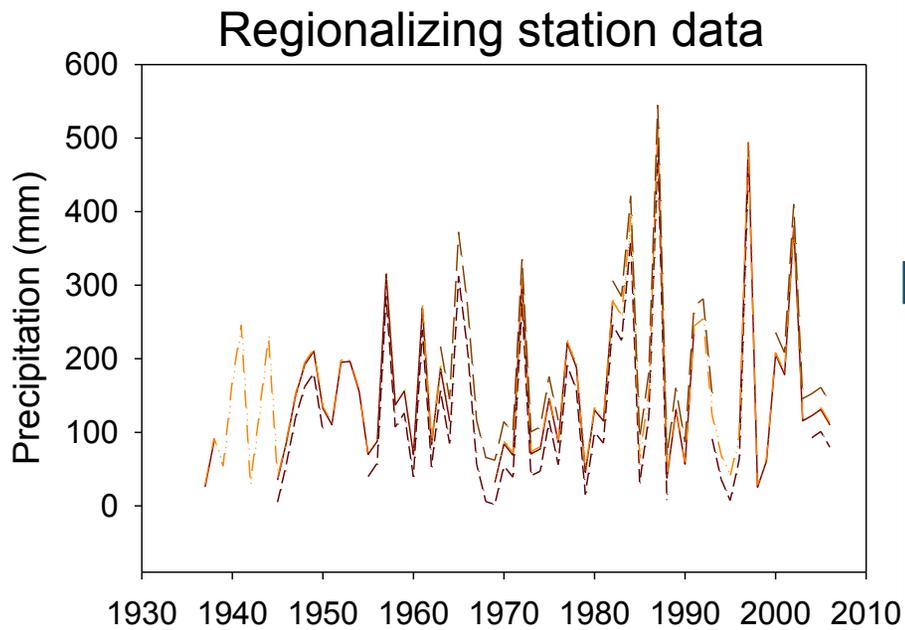
## Caso Habitual



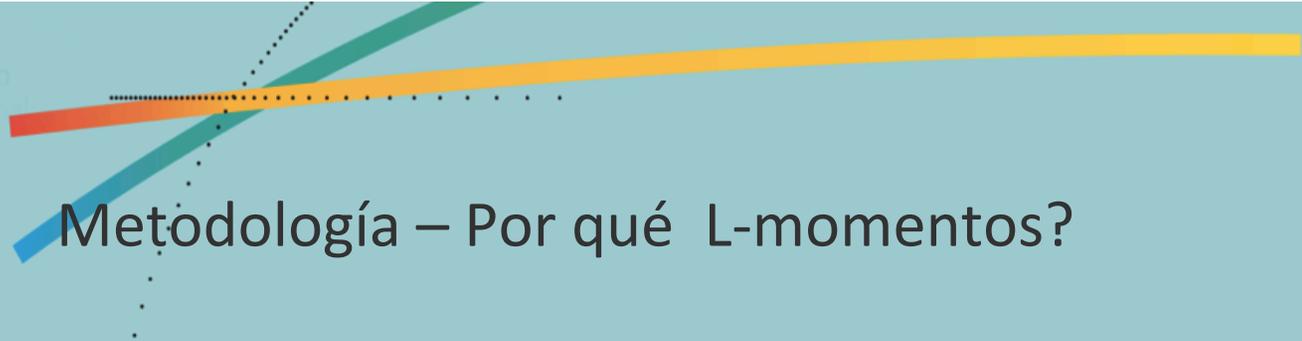
**Imposible derivar la distribución correcta para una adecuada determinación del riesgo!**

# Metodología – ¿Por qué regionalizar?

## Regionalización



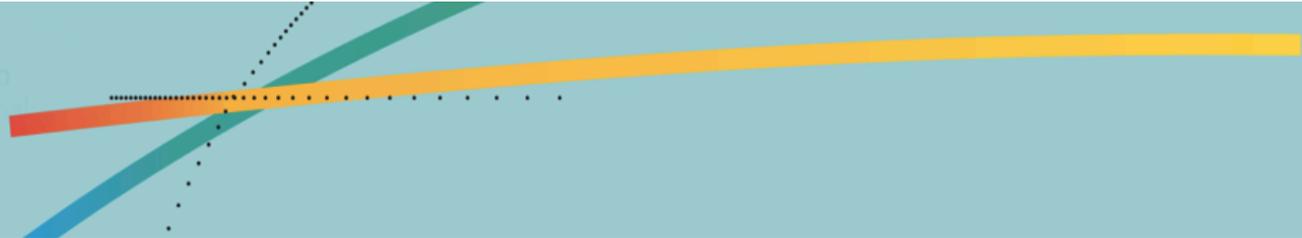
**La Regionalización permite deducir la distribución correcta a partir de datos obtenidos de diversas estaciones**



## Metodología – Por qué L-momentos?

- Estimar los parámetros de una distribución a partir de muestras pequeñas ,mediante **Momentos** o **Máxima Verosimilitud** está **afecto a error**
- Excepto por la media, todas las estimaciones de momentos de grado superior son sesgadas, (el sesgo es función del tamaño muestral).
- Si los datos presentan asimetría, los momentos siempre subestiman los cuantiles
- Los estimadores de Máxima Verosimilitud son eficientes pero las soluciones son numéricas y muy a menudo, difíciles o imposible de obtener en pequeñas muestras

**Los L-momentos son estimadores robustos de los parámetros de distribución y son menos influenciados por la presencia de valores atípicos**



## **EXTREME EVENTS IN A CHANGING CLIMATE: VARIABILITY IS MORE IMPORTANT THAN AVERAGES**

RICHARD W. KATZ and BARBARA G. BROWN

*Environmental and Societal Impacts Group, National Center for Atmospheric Research\*, Boulder, CO 80307, U.S.A.*

**Abstract.** Extreme events act as a catalyst for concern about whether the climate is changing. Statistical theory for extremes is used to demonstrate that the frequency of such events is relatively more dependent on any changes in the variability (more generally, the scale parameter) than in the mean (more generally, the location parameter) of climate. Moreover, this sensitivity is relatively greater the more extreme the event. These results provide additional support for the conclusions that experiments using climate models need to be designed to detect changes in climate variability, and that policy analysis should not rely on scenarios of future climate involving only changes in means.

## Comparación L-momentos vs MV

- LM siempre es mejor
- LM siempre es mejor para  $k$  y  $h$ , que son justamente los parámetros que determinan la forma de la distribución



•En esta región se ubica la mayor parte de las distribuciones de probabilidad de uso en hidrología

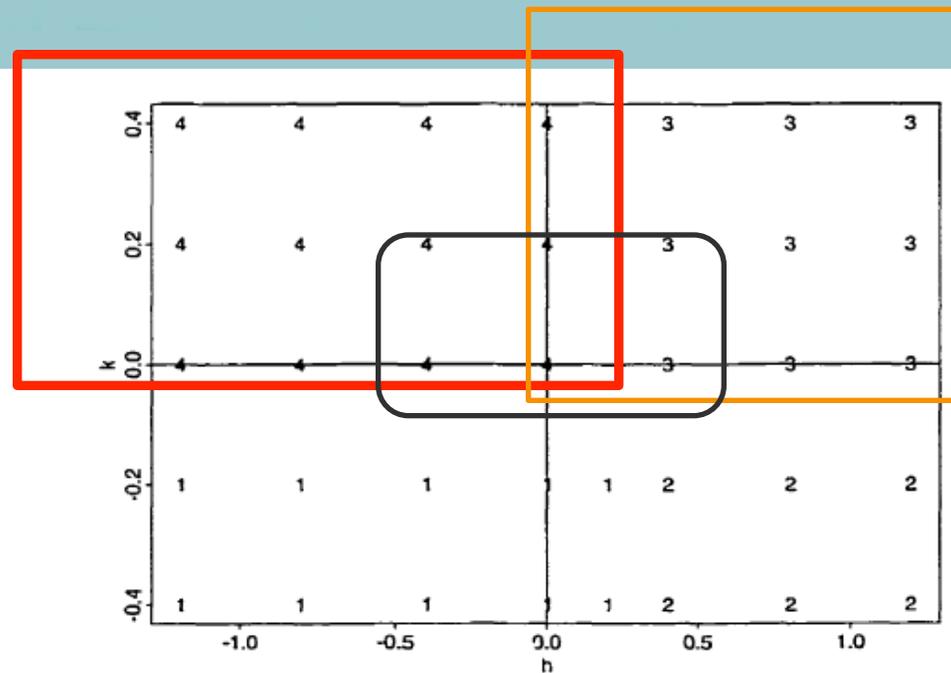
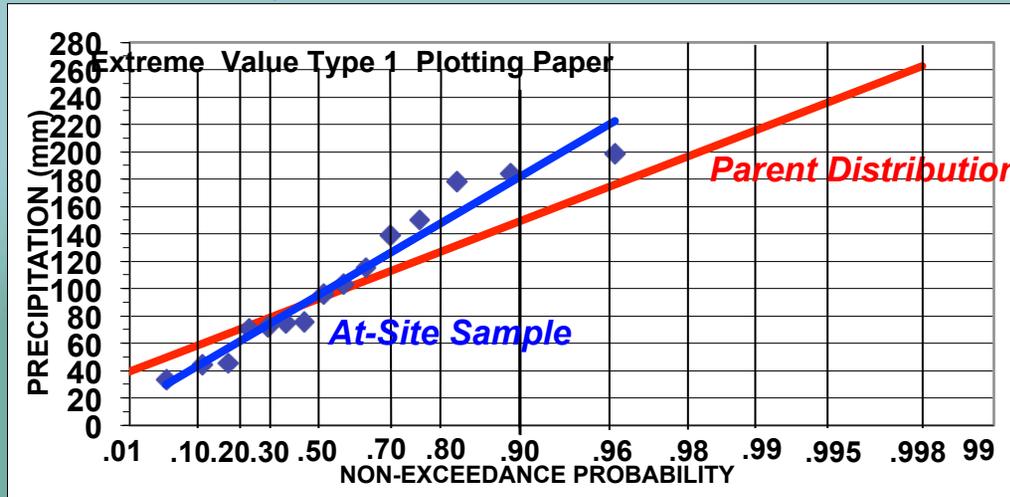


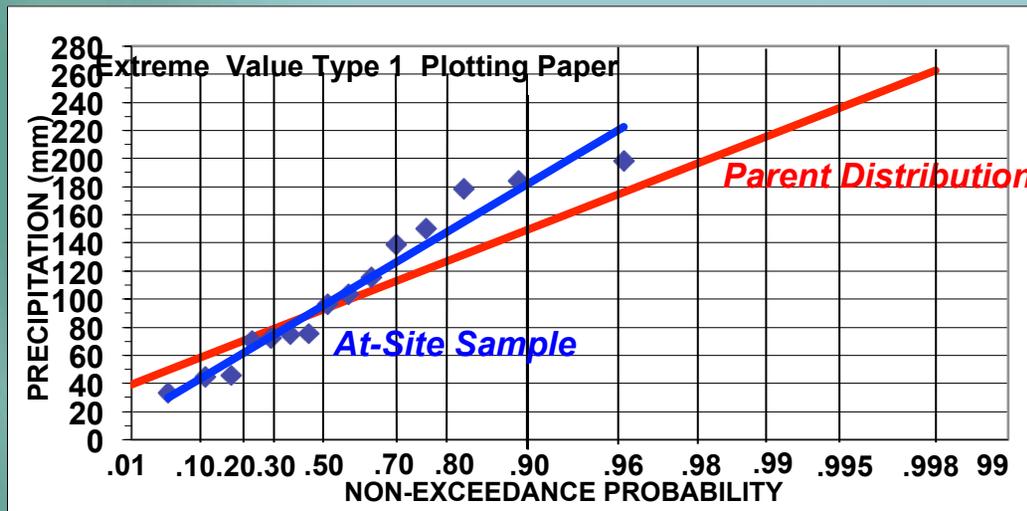
Figure 3.1: Comparison of bias and rmse of MLEs and LMEs. MLEs perform better at 1 (for all parameters estimates) and at 2 for estimates of  $\xi$ ,  $\alpha$  and  $k$ . At 3, rmse on MLEs  $\hat{\xi}$  and  $\hat{\alpha}$  only are often smaller while at 4, LMEs perform better.

## Análisis Regional de Frecuencias+L-momentos:

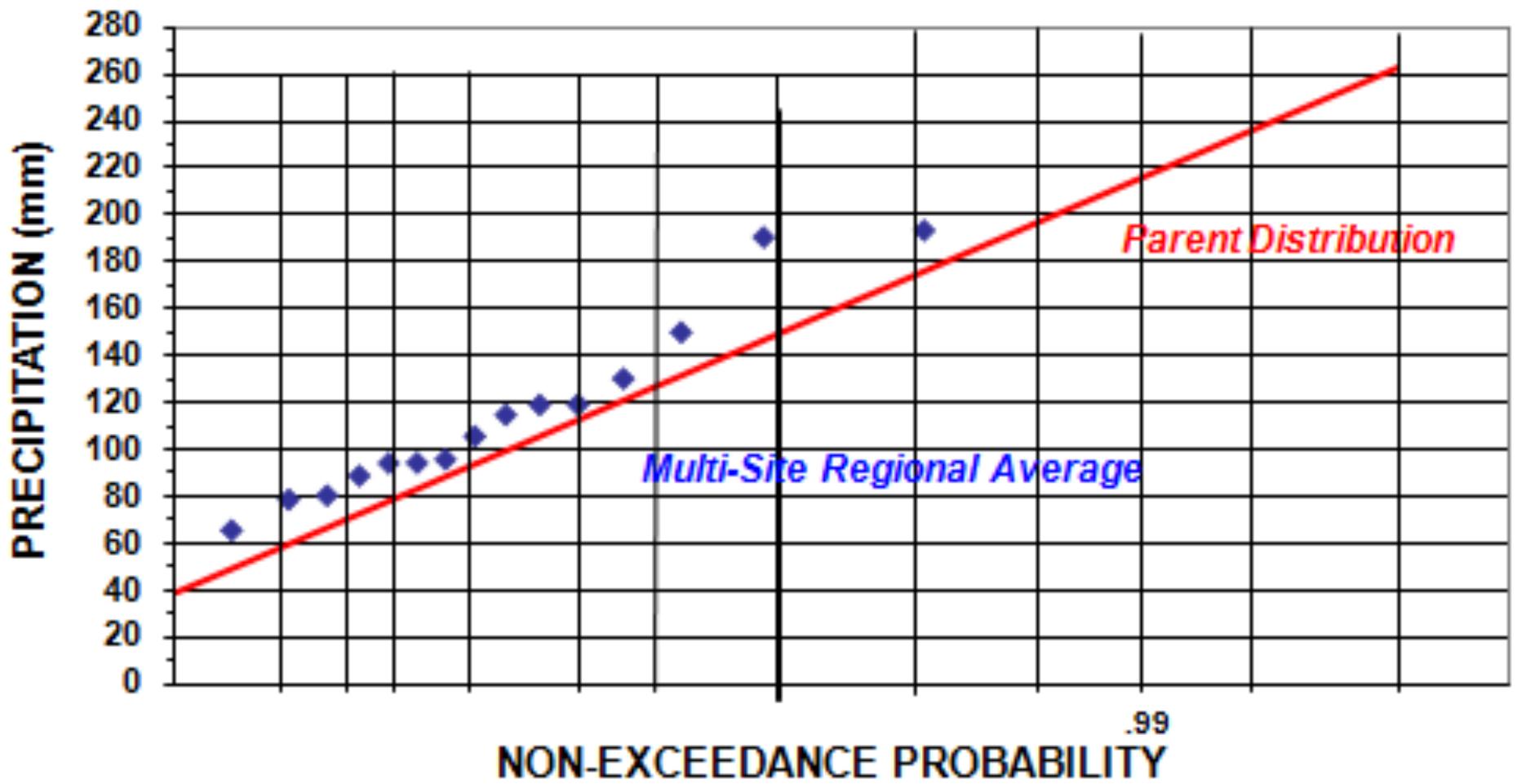
La suma de dos potentes herramientas para el ajuste de modelos de distribución



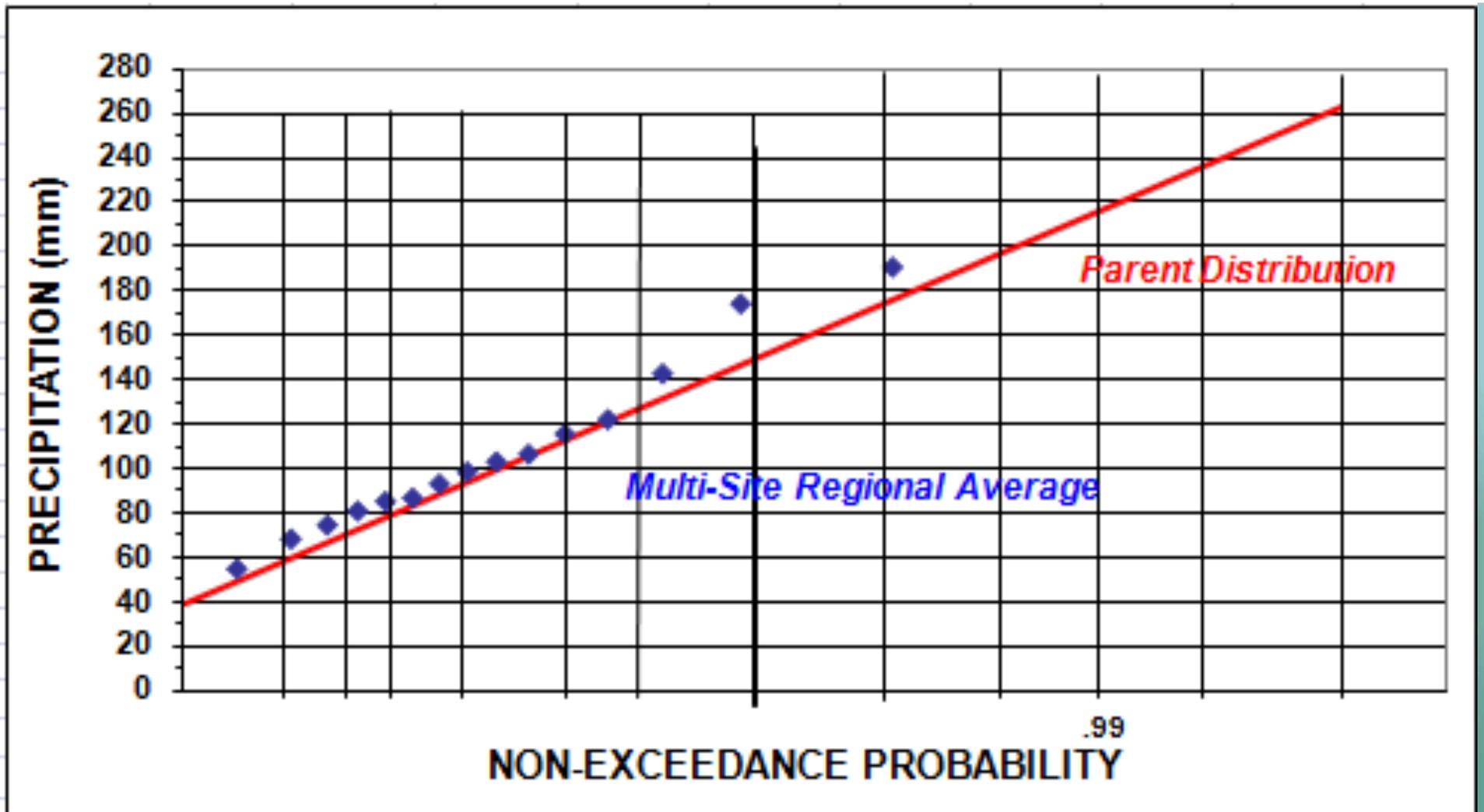
|                                   |       |
|-----------------------------------|-------|
| Extreme Value Type 1 Distribution |       |
| At-Site Mean 100-mm               |       |
| L-Cv                              | 0.450 |
| L-Skew                            | 0.280 |
| RECORD LENGTH                     | 15    |



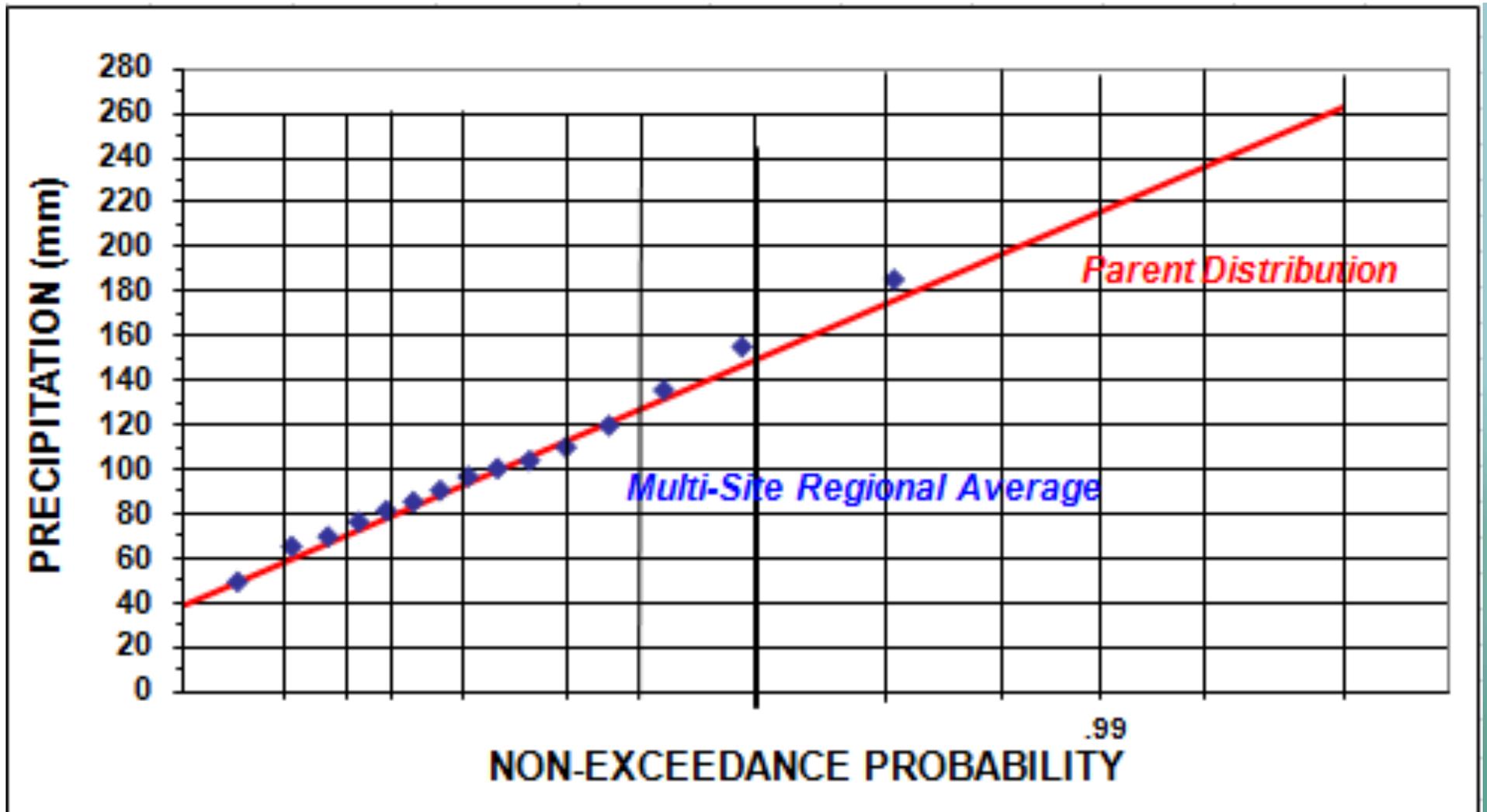
- Acá se han generado dos muestras de 15 datos, de precipitación (mm) que provienen teóricamente de una distribución EVI y se ha realizado el ajuste de la distribución



•1 ESTACION

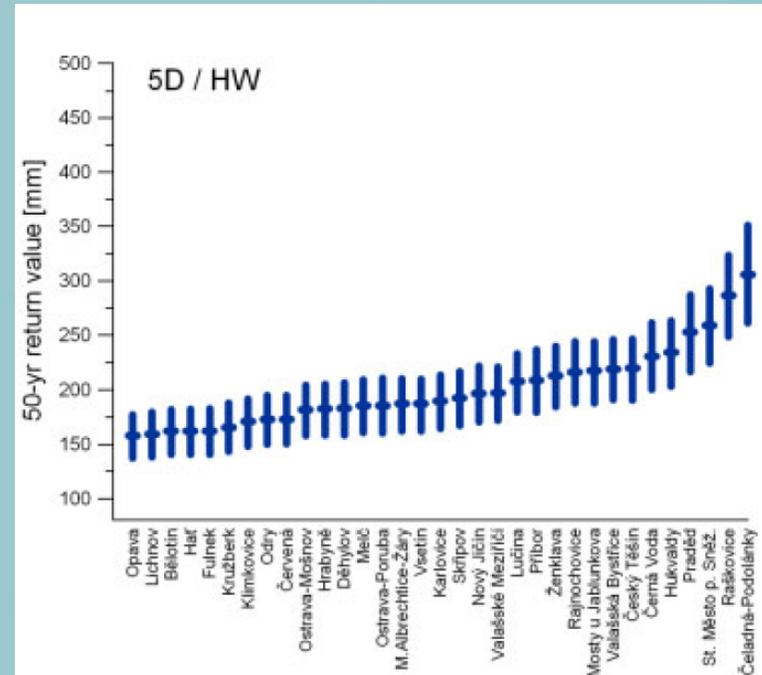
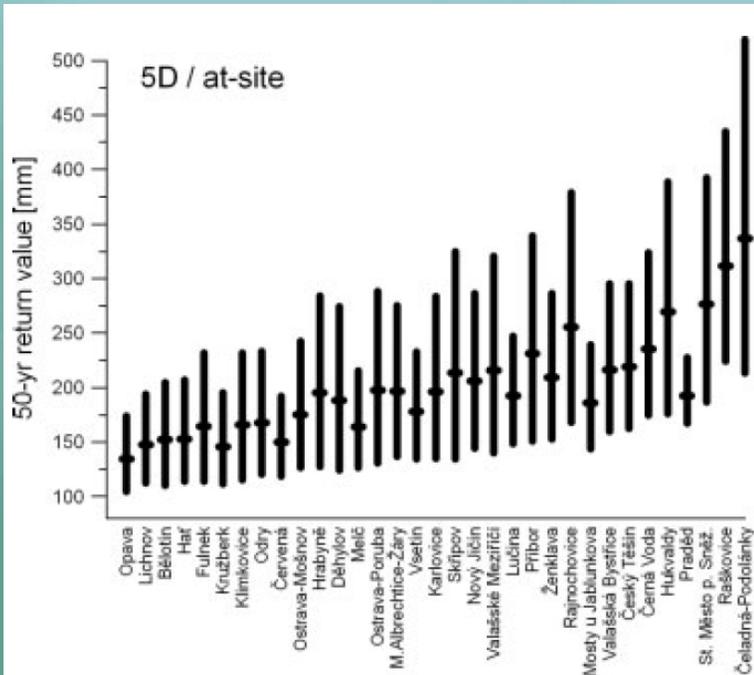


•4 ESTACIONES



•12 ESTACIONES

• Las ventajas del ARF-LM ha sido extensamente demostrada y documentada en una gran cantidad de publicaciones. A modo de ejemplo, se presentan los resultados de una comparación entre el procedimiento convencional y ARF-LM para estimación del periodo de retorno de lluvias máximas en 5 días

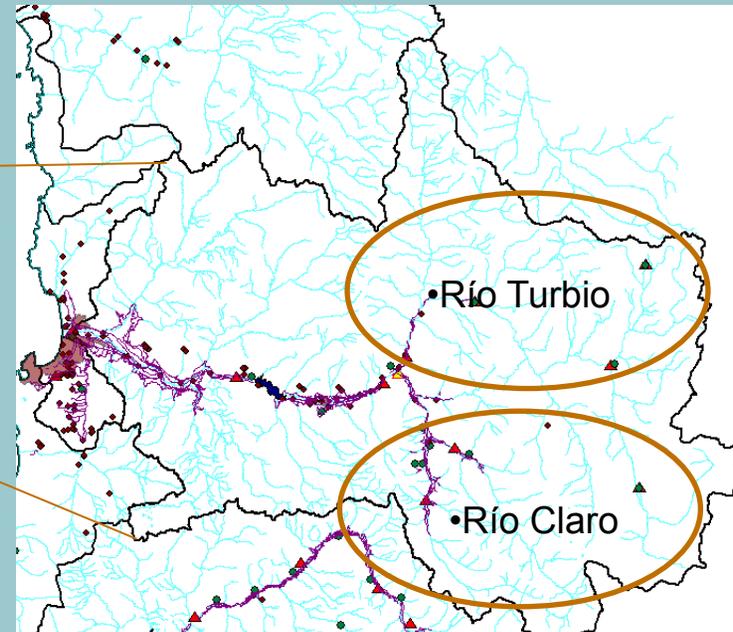
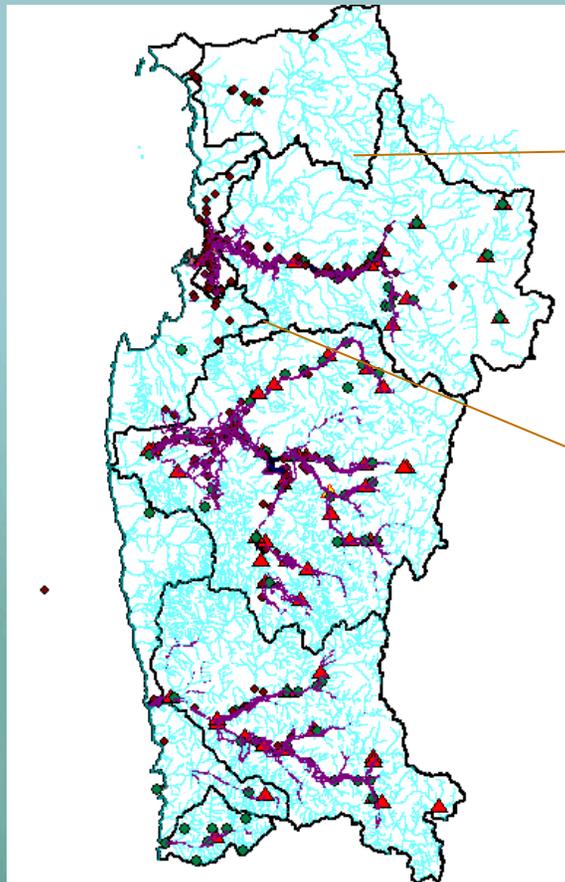


•Kyselý, J., Gaál, L., Pícek, J., 2010. Comparison of regional and at-site approaches to modelling probabilities of heavy precipitation. Int. J. Climatol., doi 10.1002/joc.2182

## Antecedentes

- **Marco y Objetivos**
- **Metodología**
- ✓ **Experiencia en Chile**
- **Experiencia en ALC**

## Caso de Estudio: Caudal diario máximo anual





➔ Diagrama de flujo para el mapeo del riesgo de sequía usando ARF-LM

1: Preparación de los datos



2: Identificación de zonas homogéneas

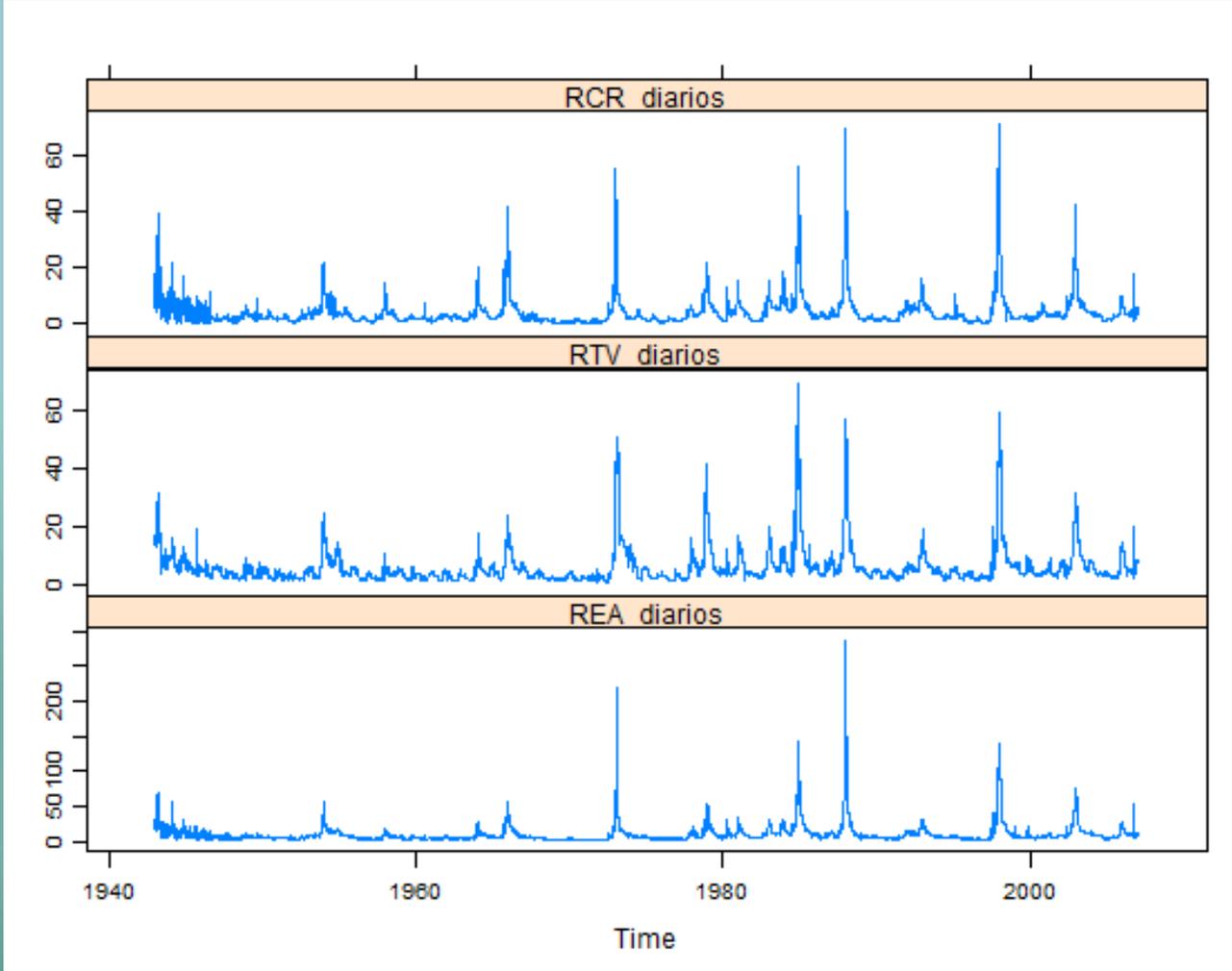


3: Selección y ajuste de distribución Regional

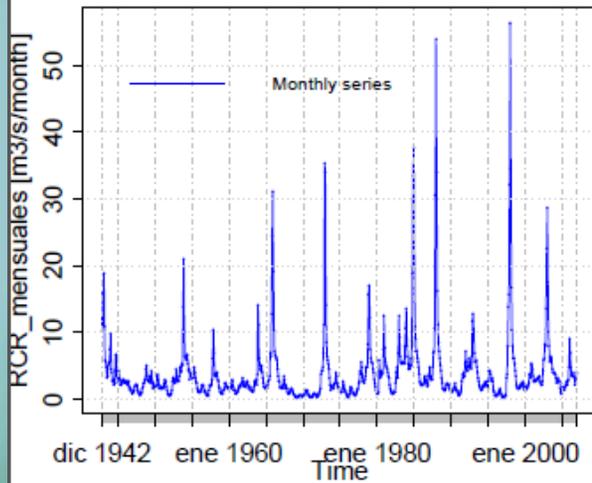


4: Cálculo de cuantiles

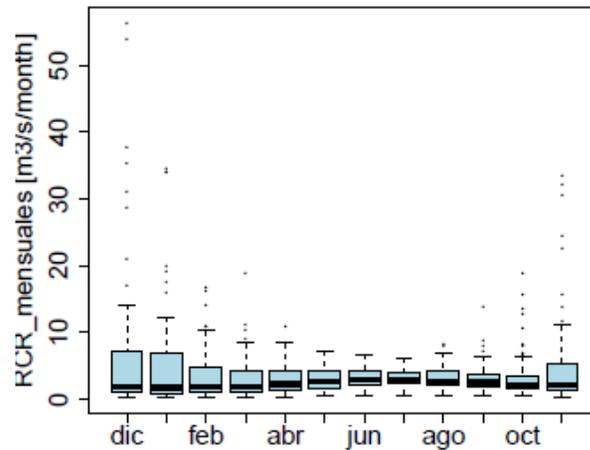
# 1: Preparación de los datos



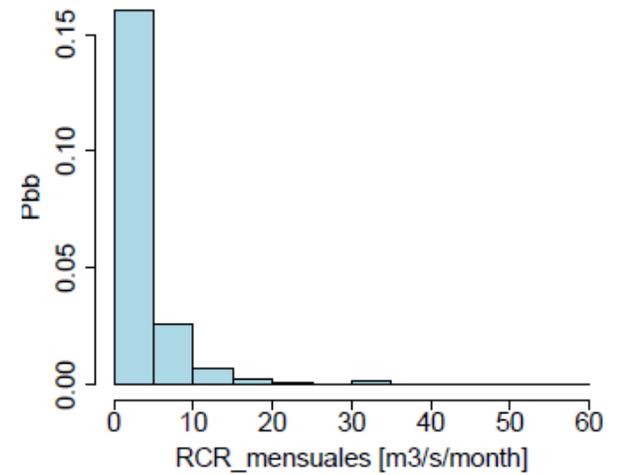
Monthly time series



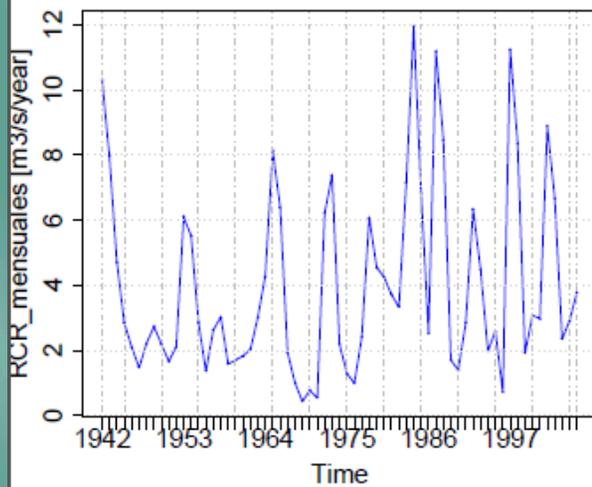
Monthly Boxplot



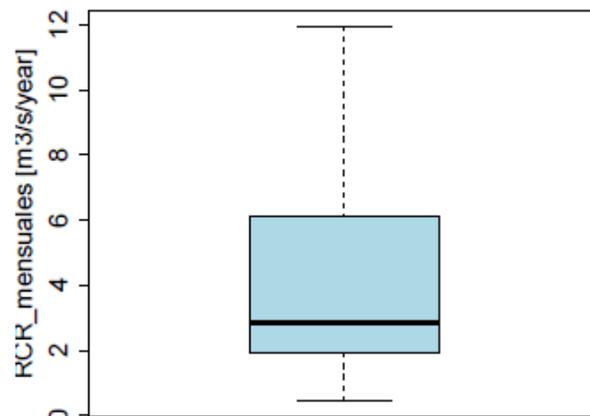
Monthly Histogram



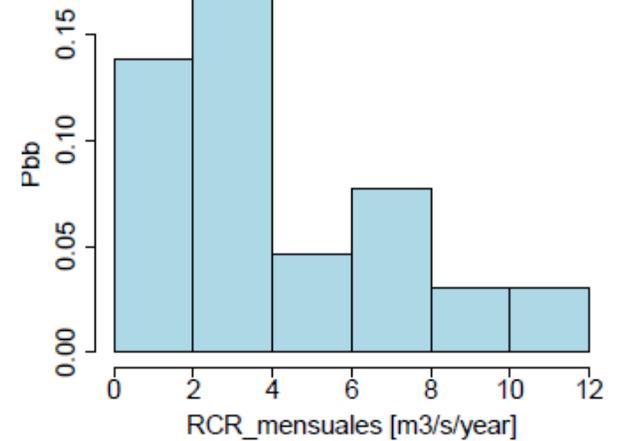
Annual time series



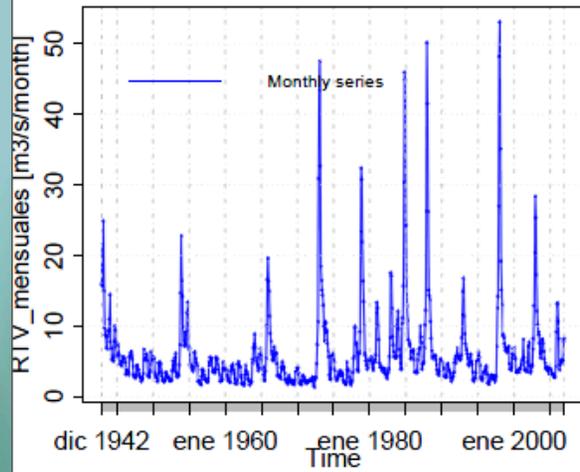
Annual Boxplot



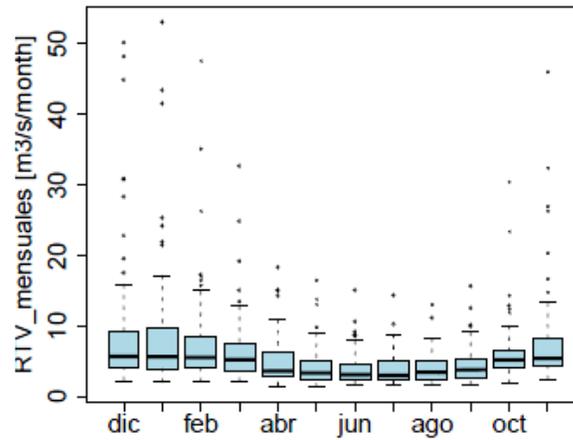
Annual Histogram



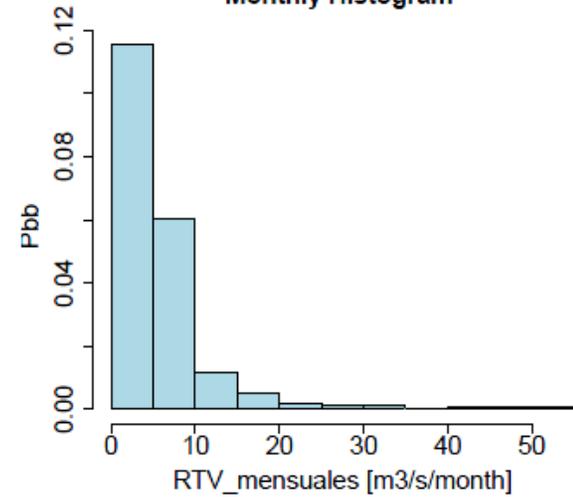
Monthly time series



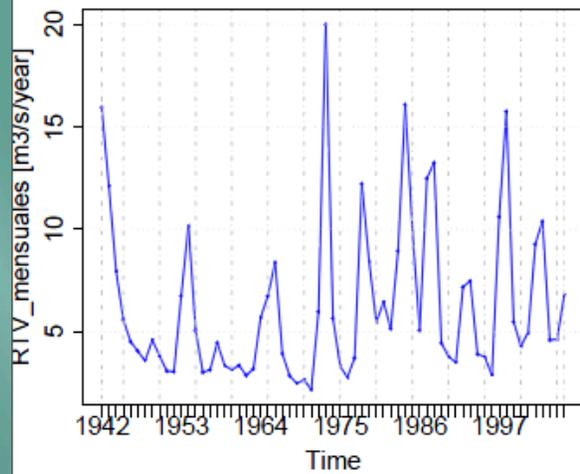
Monthly Boxplot



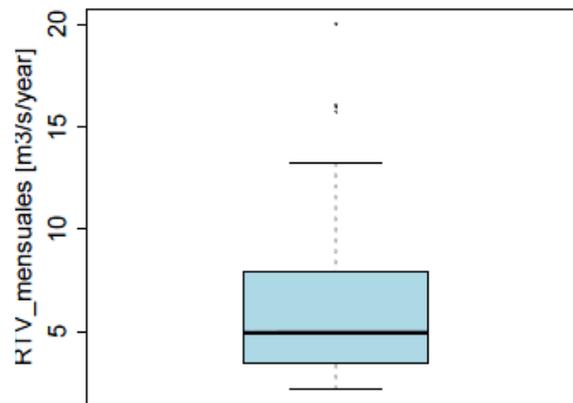
Monthly Histogram



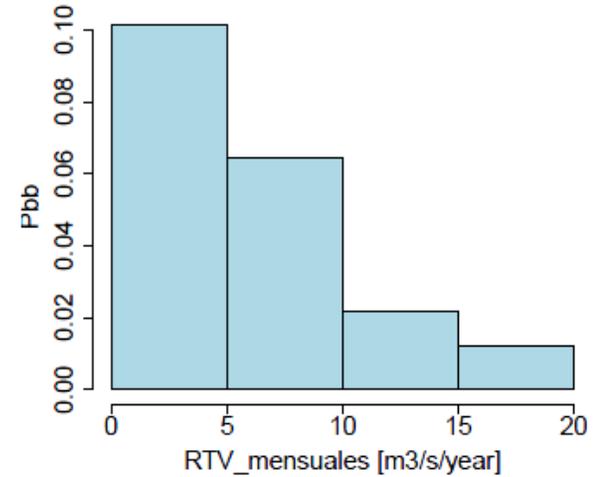
Annual time series



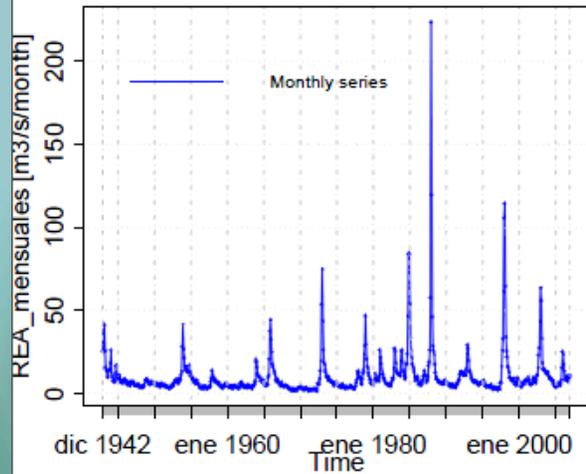
Annual Boxplot



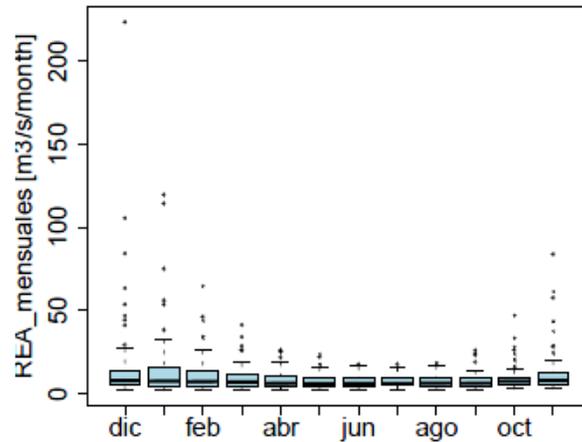
Annual Histogram



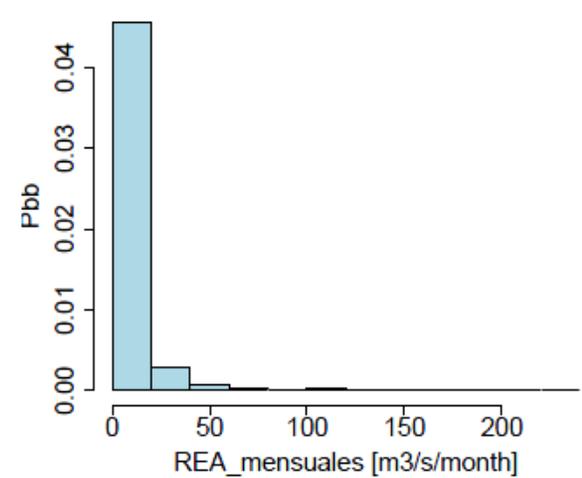
Monthly time series



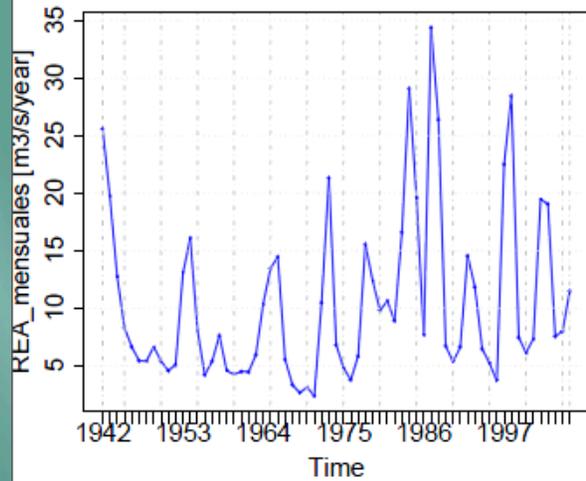
Monthly Boxplot



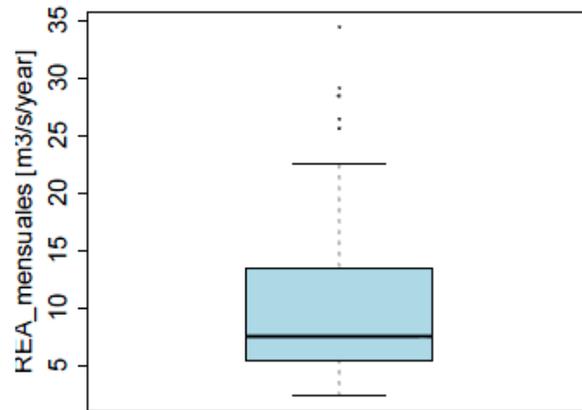
Monthly Histogram



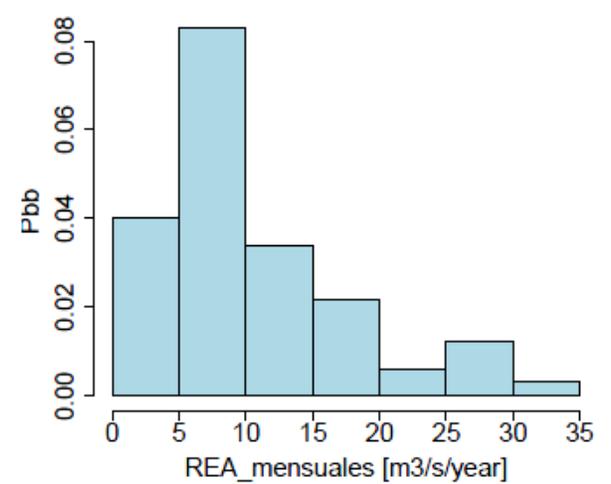
Annual time series



Annual Boxplot



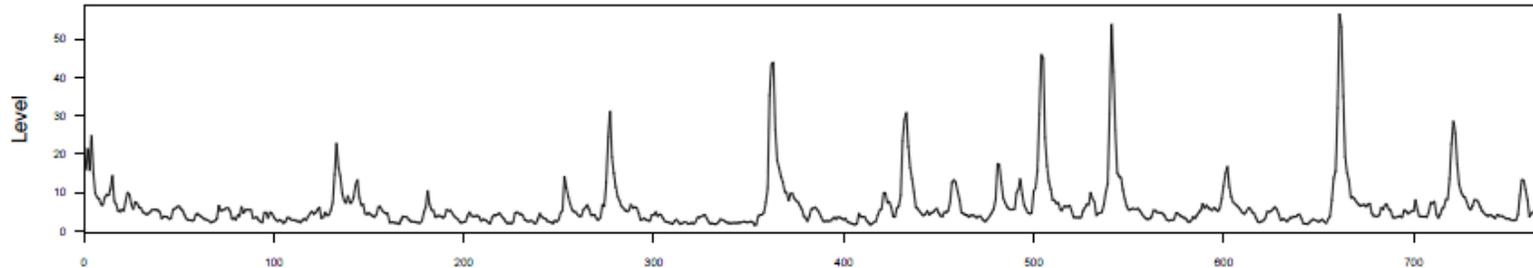
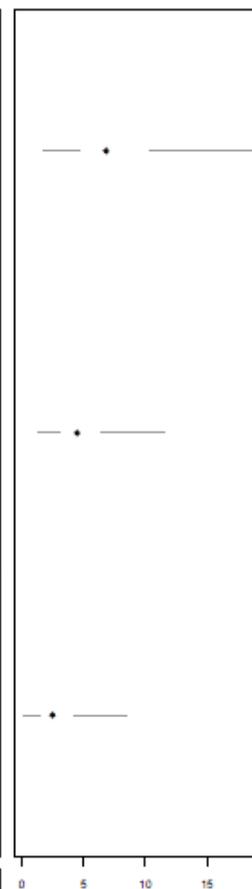
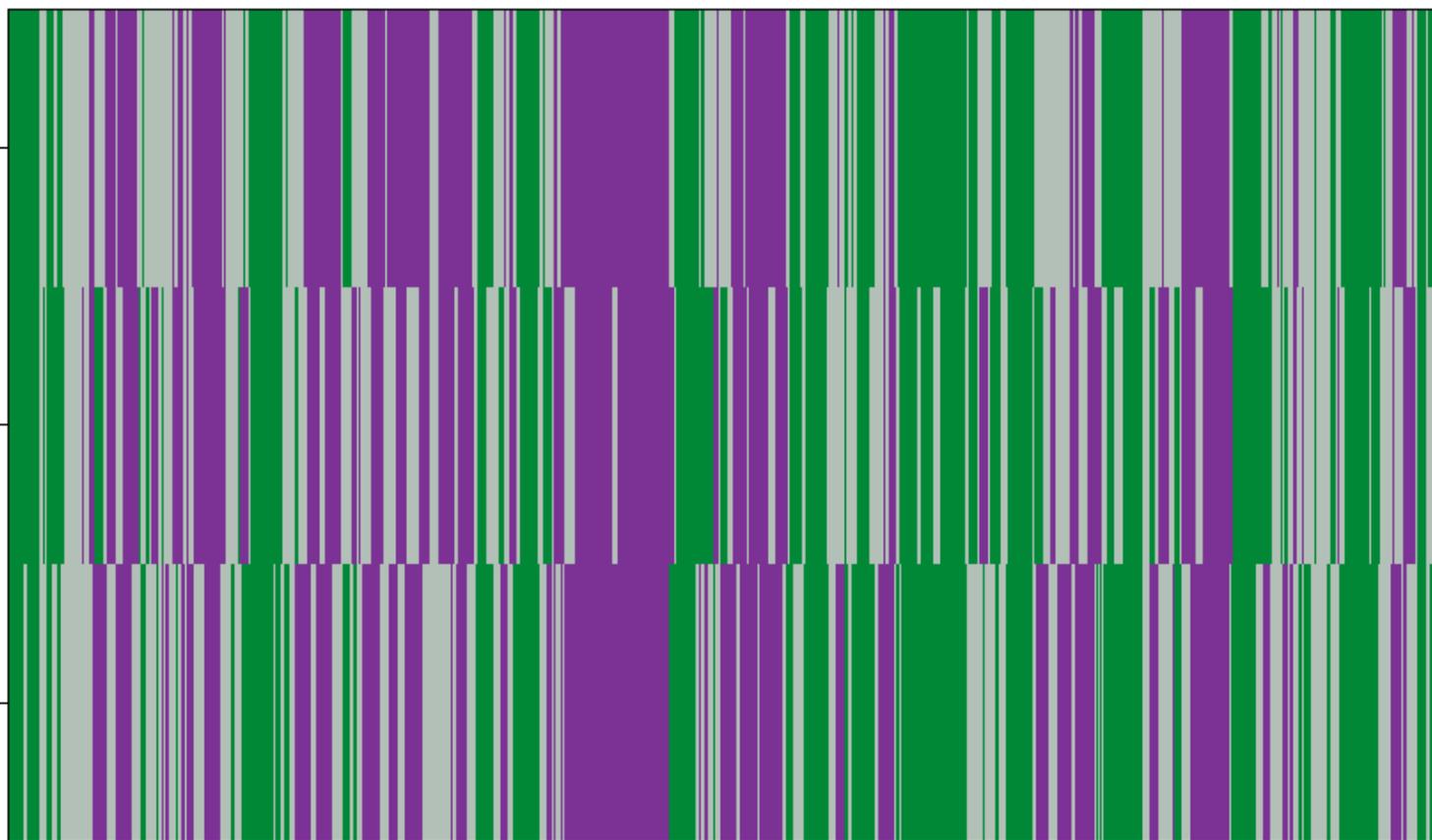
Annual Histogram

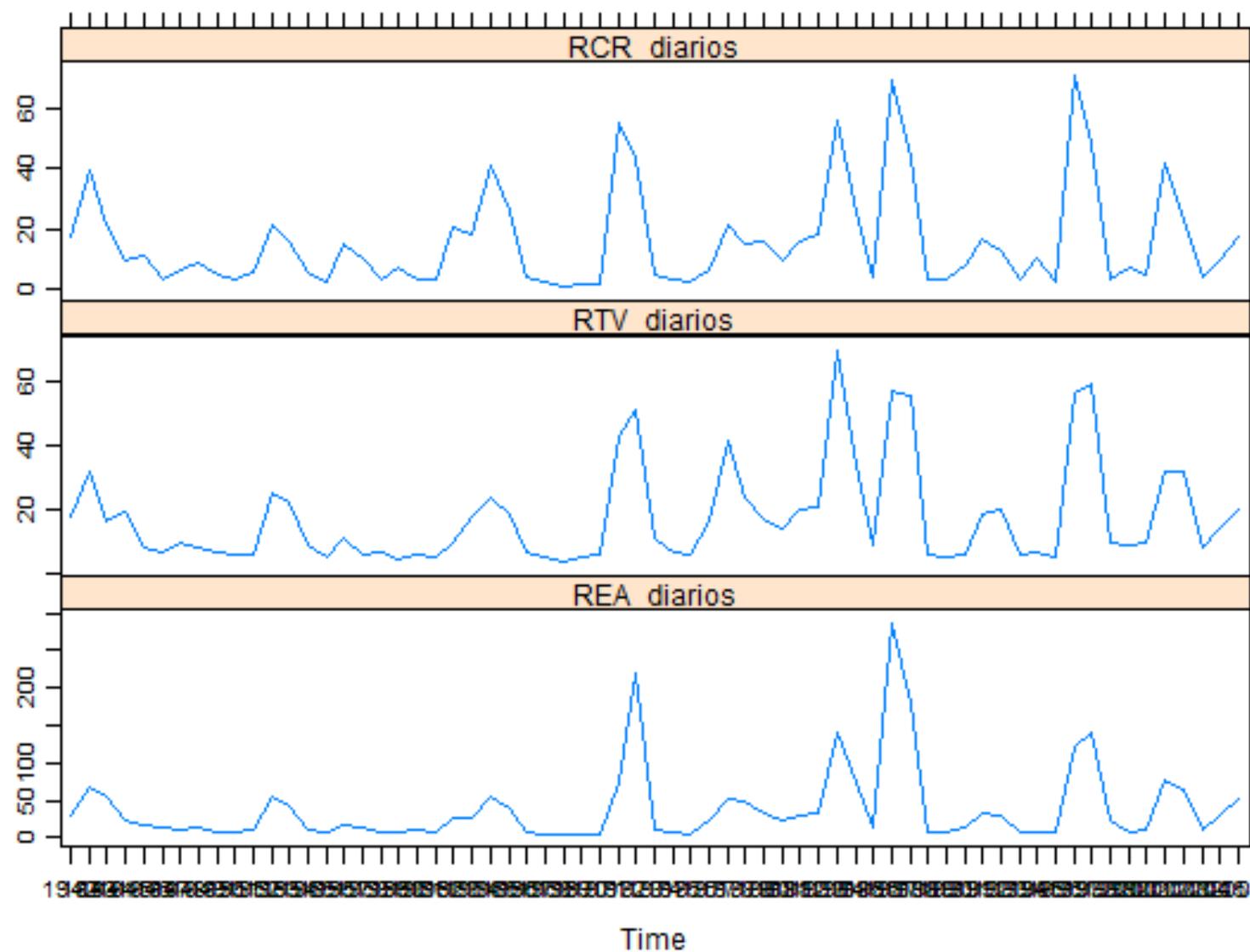


REA\_mesuales

RTV\_mesuales

RCR\_mesuales







## 2: Identificación de zonas homogéneas

La regionalización requiere zonas HOMOGÉNEAS de 'estaciones similares'



=un grupo de estaciones cuyos datos, luego de ser re-escalados por la media, pueden ser descritos por un mismo modelo de distribución de probabilidad

En este caso, se analizó los dos ríos afluentes del Río Elqui. Ambos poseen estacionalidad, régimen y valor medio anual similares.



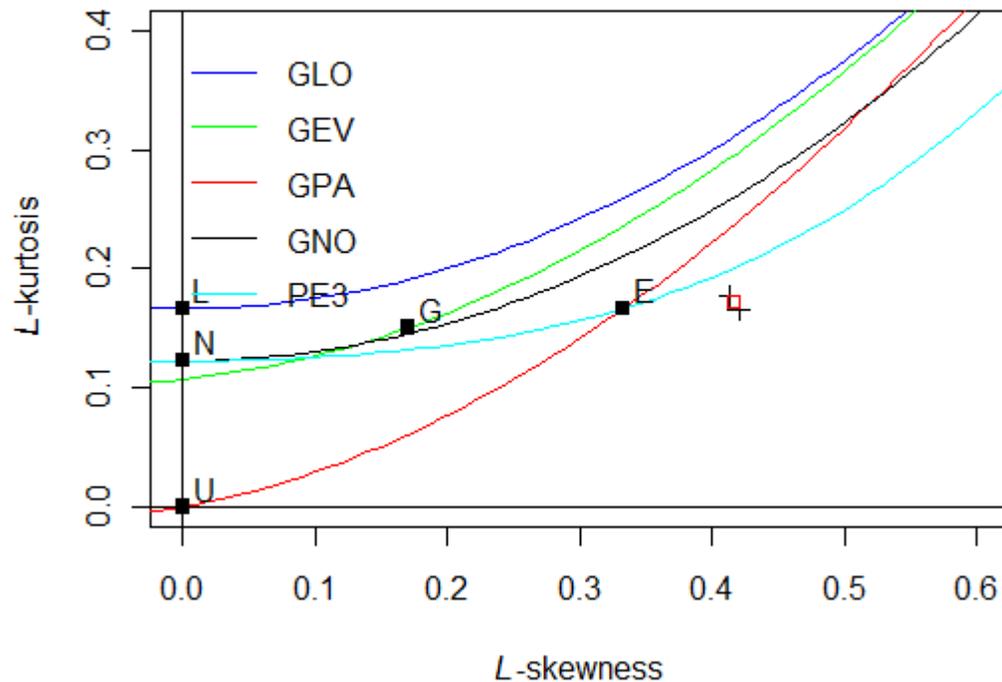
## 2: Identificación de zonas homogéneas

Cómo definimos estas zonas homogéneas?

1. Usando un I.E. (cuándo es el peak?)
2. Magnitud del caudal medio anual
3. La continuidad espacial No es requerida
4. Aceptación de homogeneidad usando valor de H1 (Hosking and Wallis, 1997)

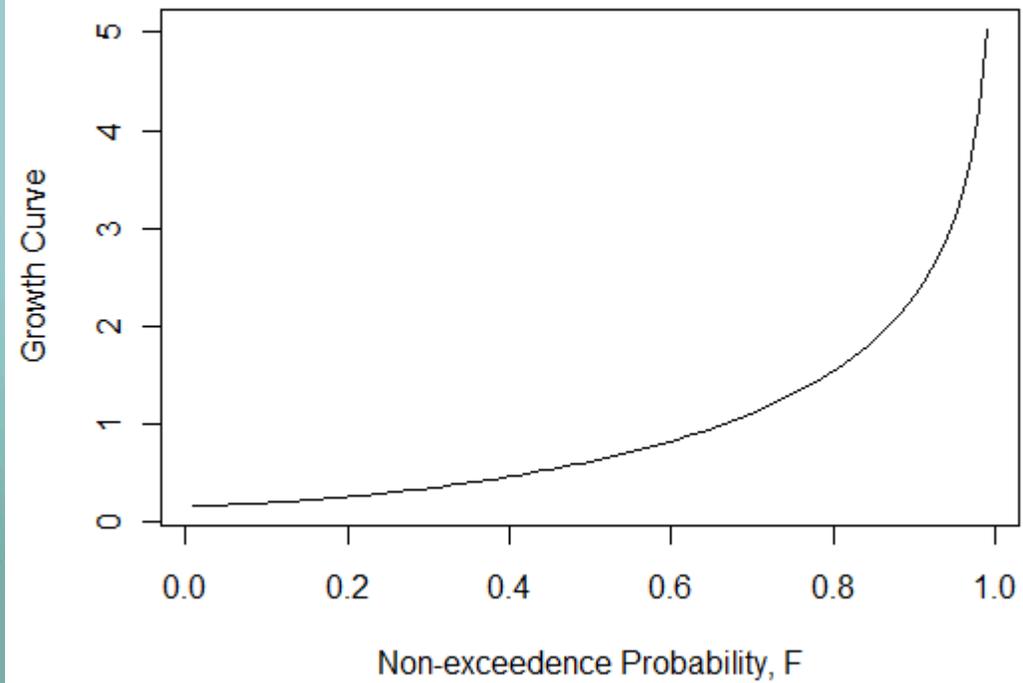
➔  $H1 < 2$  Homogénea  
 $2 < H1 < 3$  Potencialmente Heterogénea  
 $H1 > 3$  Heterogénea

### 3: Selección y ajuste de distribución de probabilidad REGIONAL



•Una distribución de probabilidad regional probability distribution combina los datos de todas las estaciones

3: Cálculo de la curva de crecimiento REGIONAL y cuantiles para cada río



- Periodo de retorno de caudales máximos anuales, cuenca del río Elqui

| ProbNoExc | Prob. Exc | P.R. | Curva Regional | Rio Claro<br>Rivadavia | Río Turbio en Varillar |
|-----------|-----------|------|----------------|------------------------|------------------------|
| 0.1       | 0.9       |      | 0.20           | 3.12                   | 3.48                   |
| 0.2       | 0.8       |      | 0.26           | 4.10                   | 4.56                   |
| 0.3       | 0.7       |      | 0.35           | 5.51                   | 6.13                   |
| 0.4       | 0.6       |      | 0.47           | 7.39                   | 8.24                   |
| 0.5       | 0.5       |      | 0.62           | 9.87                   | 11.00                  |
| 0.6       | 0.4       | 2.5  | 0.83           | 13.16                  | 14.66                  |
| 0.7       | 0.3       | 3.3  | 1.11           | 17.68                  | 19.70                  |
| 0.8       | 0.2       | 5    | 1.54           | 24.44                  | 27.23                  |
| 0.9       | 0.1       | 10   | 2.31           | 36.63                  | 40.81                  |
| 0.95      | 0.05      | 20   | 3.11           | 49.33                  | 54.96                  |
| 0.99      | 0.01      | 100  | 5.03           | 79.91                  | 89.02                  |

