



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



Programa Hidrológico Internacional

Oficina Regional de Ciencia para América Latina y el Caribe



US Army Corps of Engineers®

institute for water resources



# Análisis Regional de Frecuencias: Experiencias en Chile y América Latina

Jorge Nunez, CAZALAC, Chile  
Koen Verbist, Ghent University, Belgium

Universidad de Talca  
11-Enero de 2011



WITH THE SUPPORT OF THE FLEMISH GOVERNMENT

## Antecedentes

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



## 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 extremos de las precipitaciones en ALC: Caso inicial: Sequías**
  - a. Qué tan inusual es la actual sequía?**
  - b. Qué tan probable es que la actual sequía termine en 6 meses?**
  - c.Cuál es la sequía más larga para la cual nos debemos preparar?**



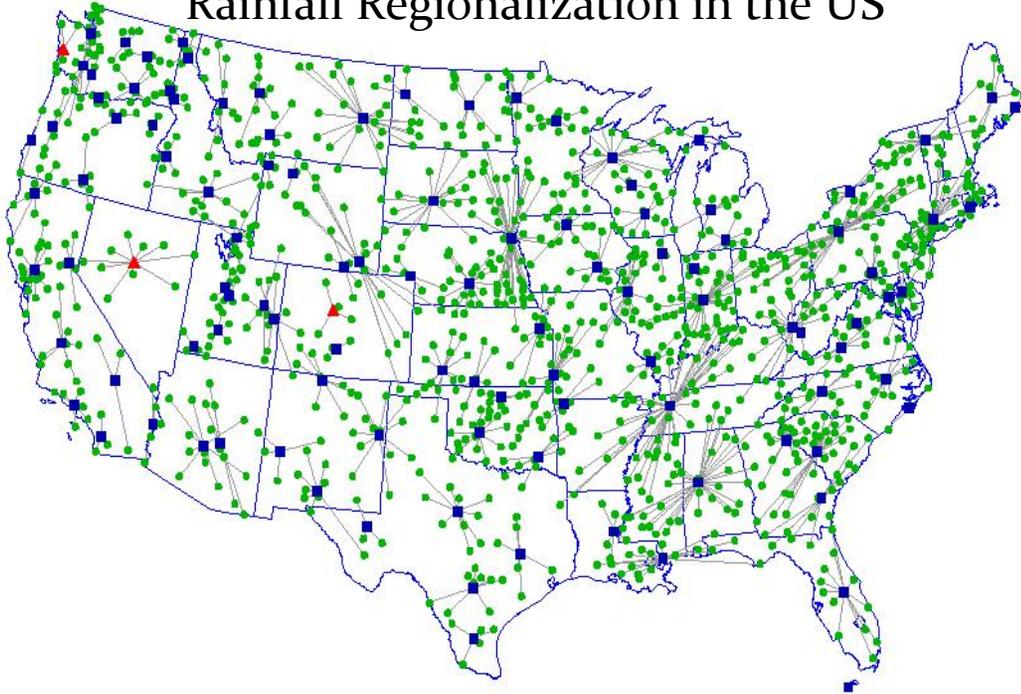
## Antecedentes

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

## 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 de déficit en la precipitación con una cierta magnitud y duración en cualquier lugar del área de interés?**

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

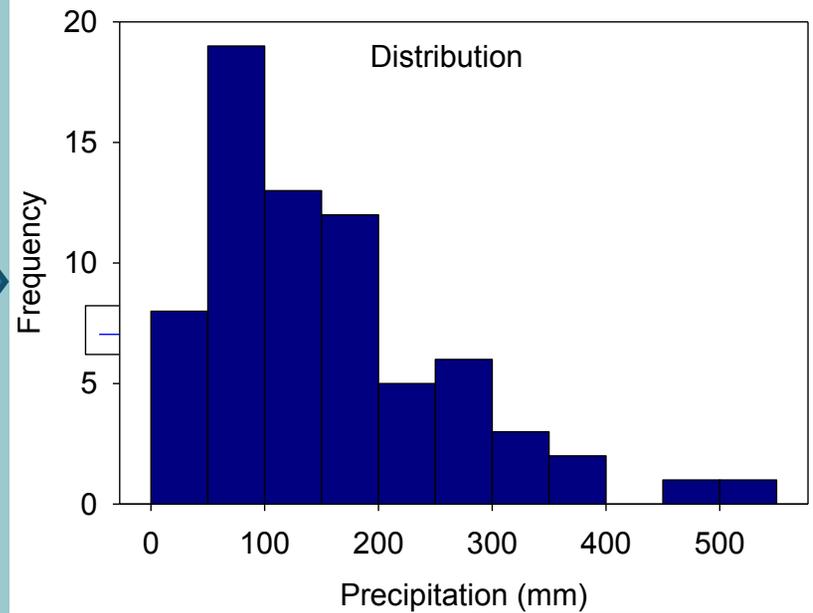
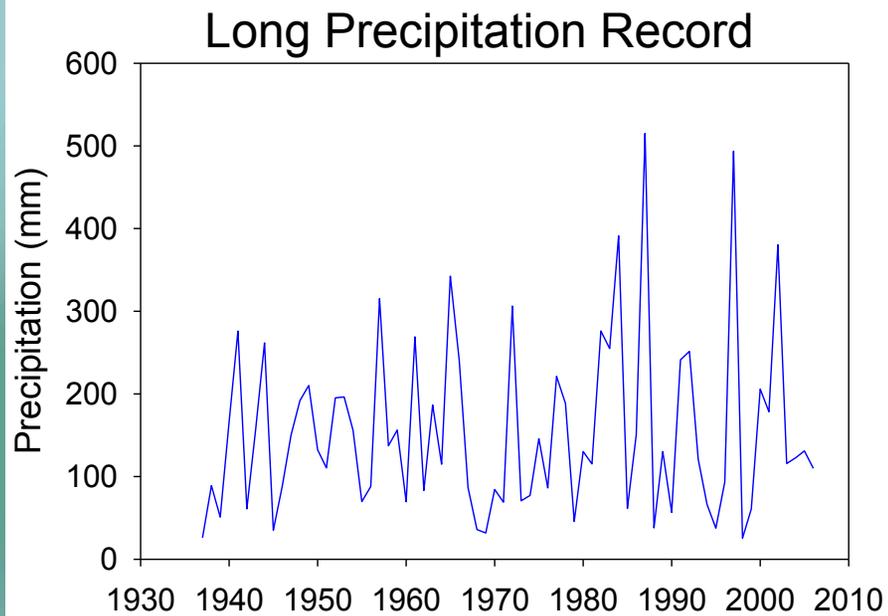
- **Existe un número limitado de estaciones meteorológicas**
- **Los registros son cortos e incompletos**
- **Hay una alta variabilidad interanual de las precipitaciones**
- **Puede estar frecuentemente influenciada por eventos extremos de gran escala, como ENSO**

**Nota sobre la influencia del clima:**

- **El cambio climático no es considerado explícitamente, pero si el CC ha alterado los regímenes de precipitación en el pasado cercano, la metodología representará aquellos extremos**

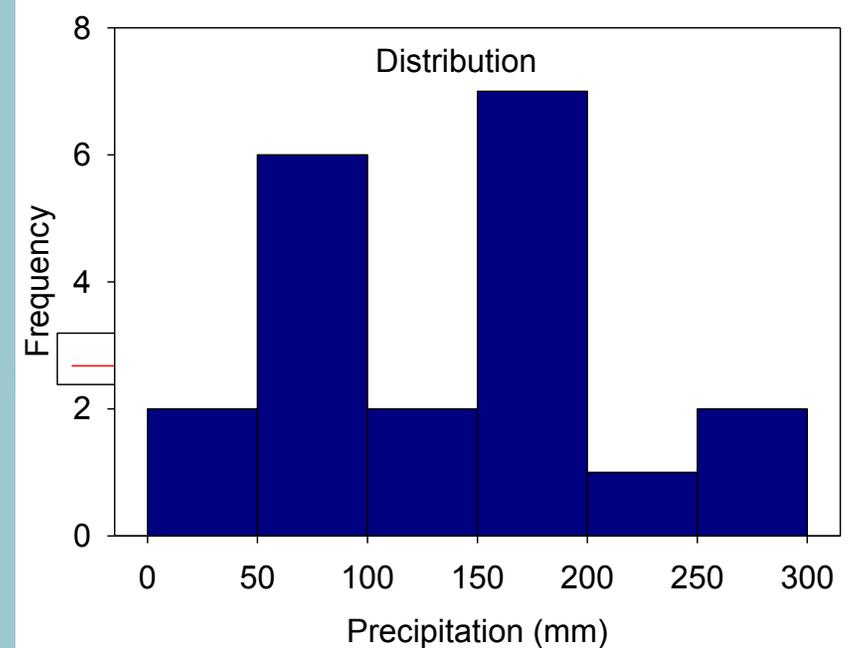
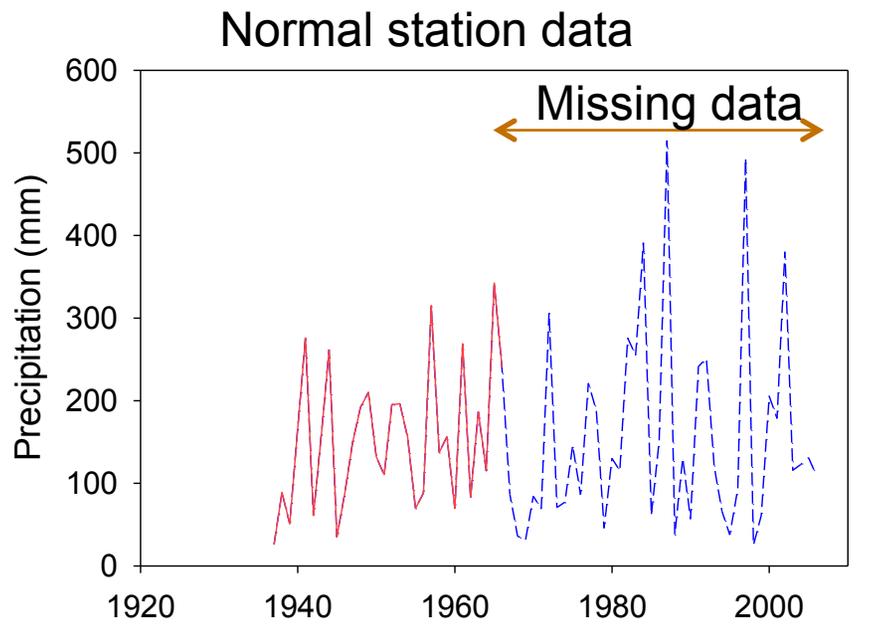
# Metodología – ¿Por qué regionalizar?

Caso Ideal



# Metodología – ¿Por qué regionalizar?

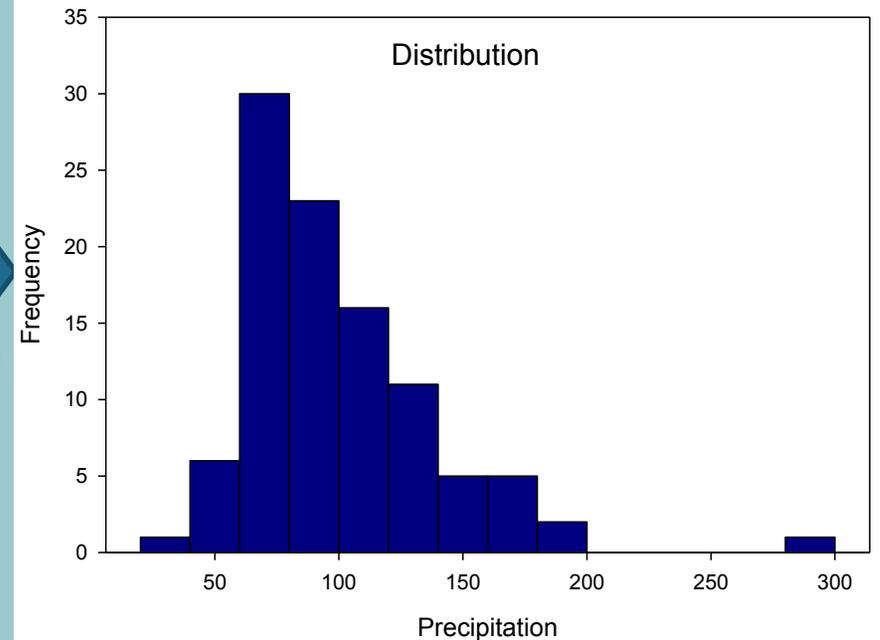
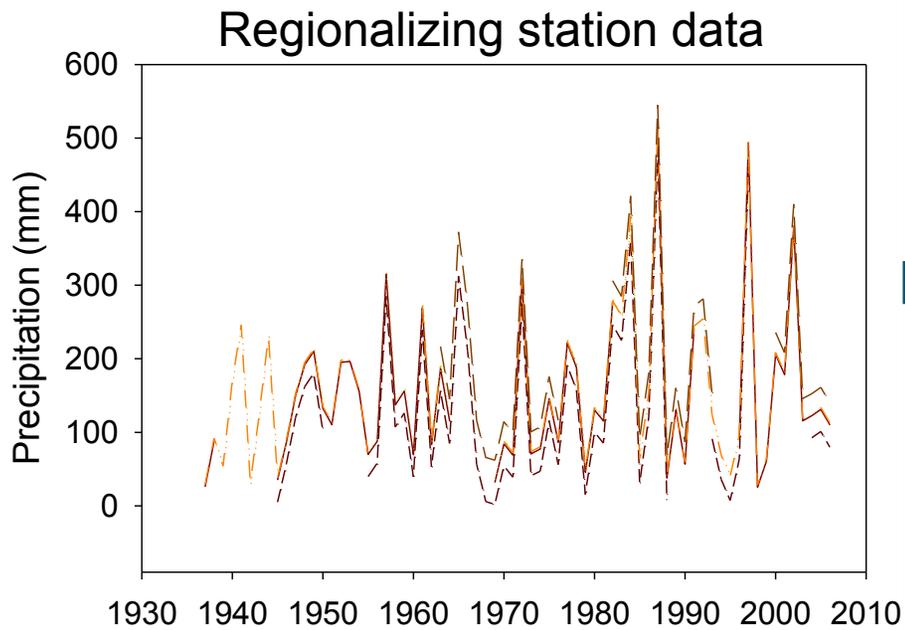
## Caso Habitual



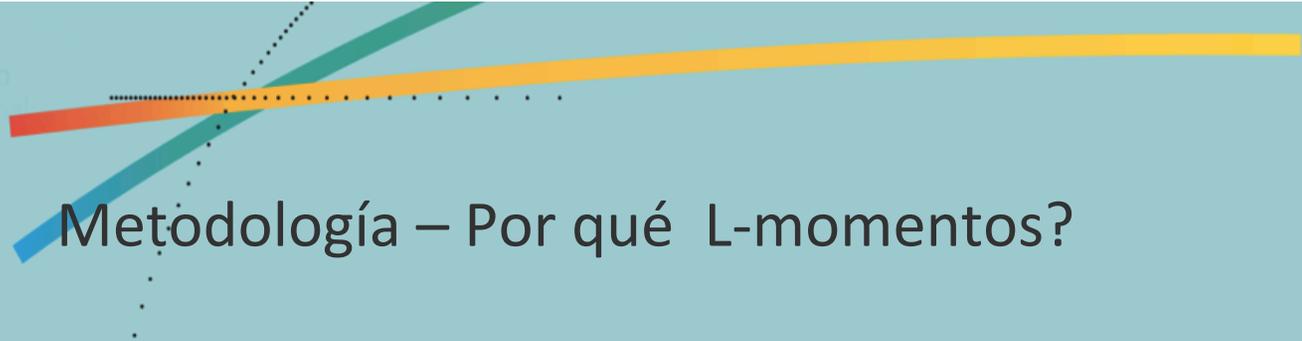
**Imposible derivar la distribución correcta para una adecuada determinación del riesgo!**

# 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 (p.e. lluvia o precipitaciones)
- 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-momento son estimadores robustos de los parámetros de distribución y son menos influenciados por la presencia de valores atípicos**

## 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

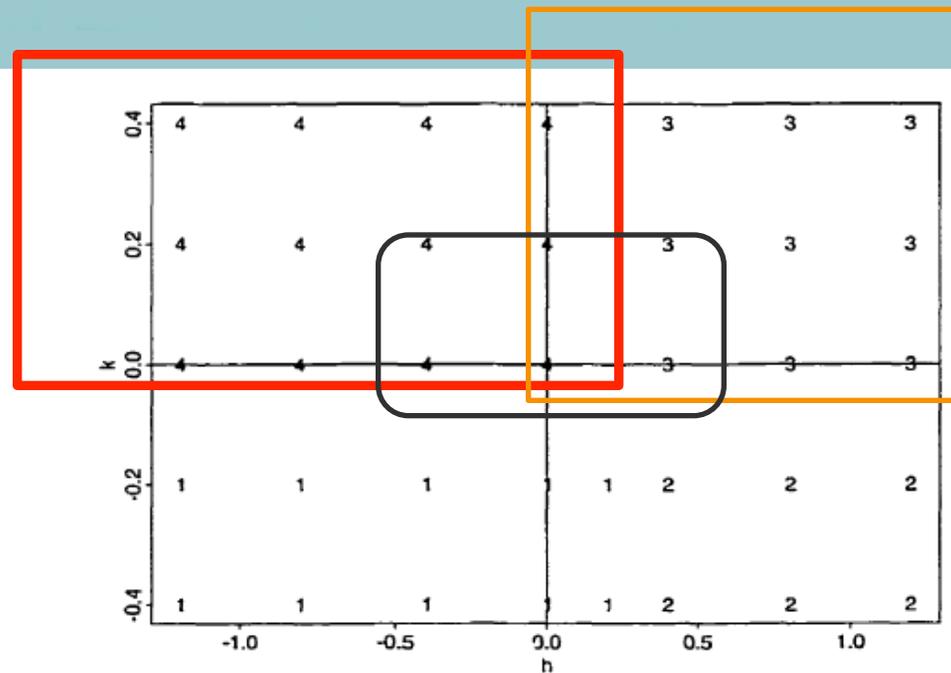
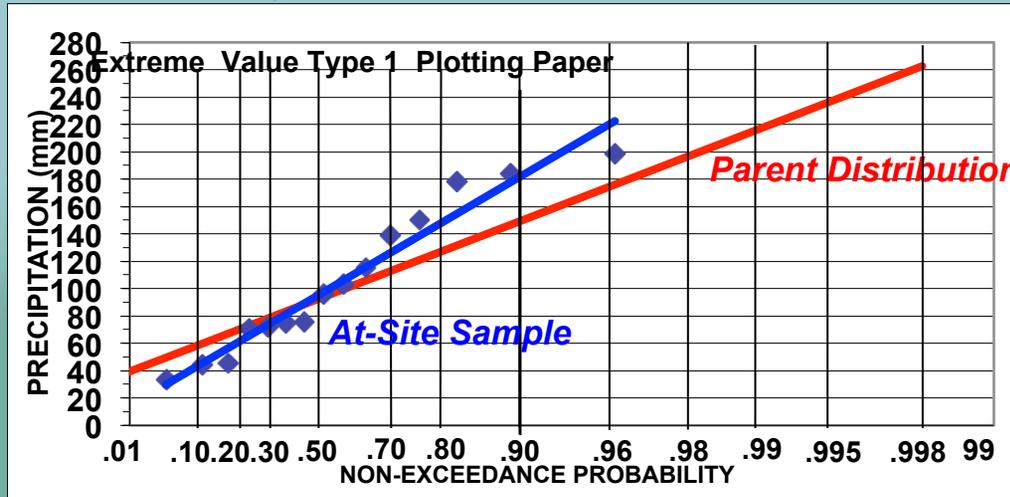


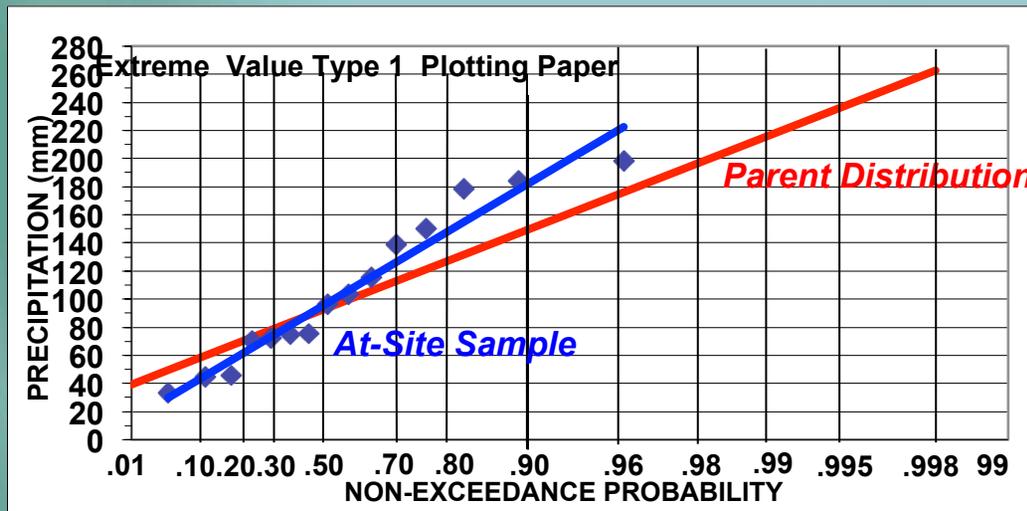
Figure 3.1: Comparison of bias and rmse of MLEs and LMEs. MLEs perform better at 1 (for all parameters estimates) and at 2 for estimates of  $\xi$ ,  $\alpha$  and  $k$ . At 3, rmse on MLEs  $\hat{\xi}$  and  $\hat{\alpha}$  only are often smaller while at 4, LMEs perform better.

## Análisis Regional de Frecuencias+L-momentos:

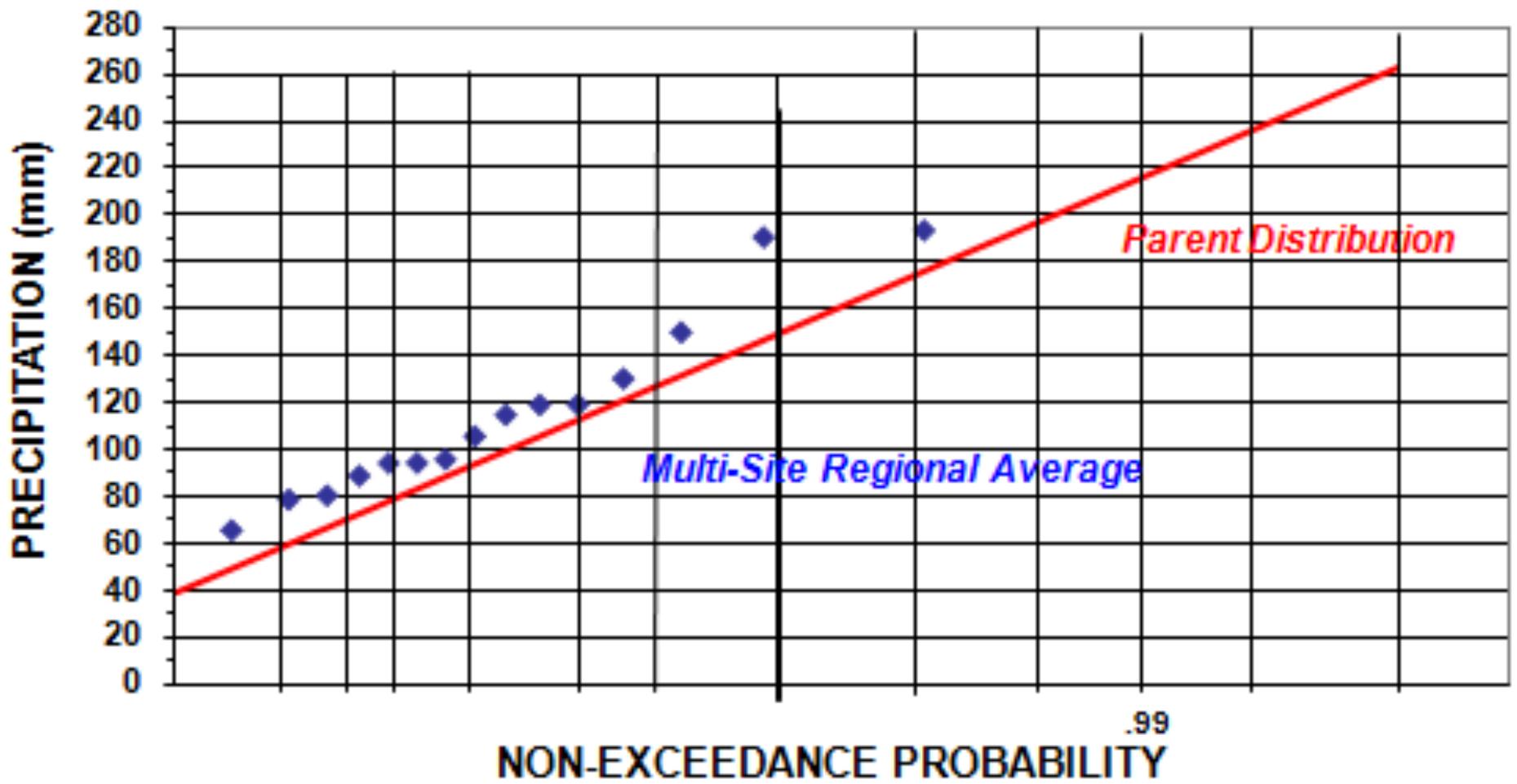
La suma de dos potentes herramientas para el ajuste de modelos de distribución



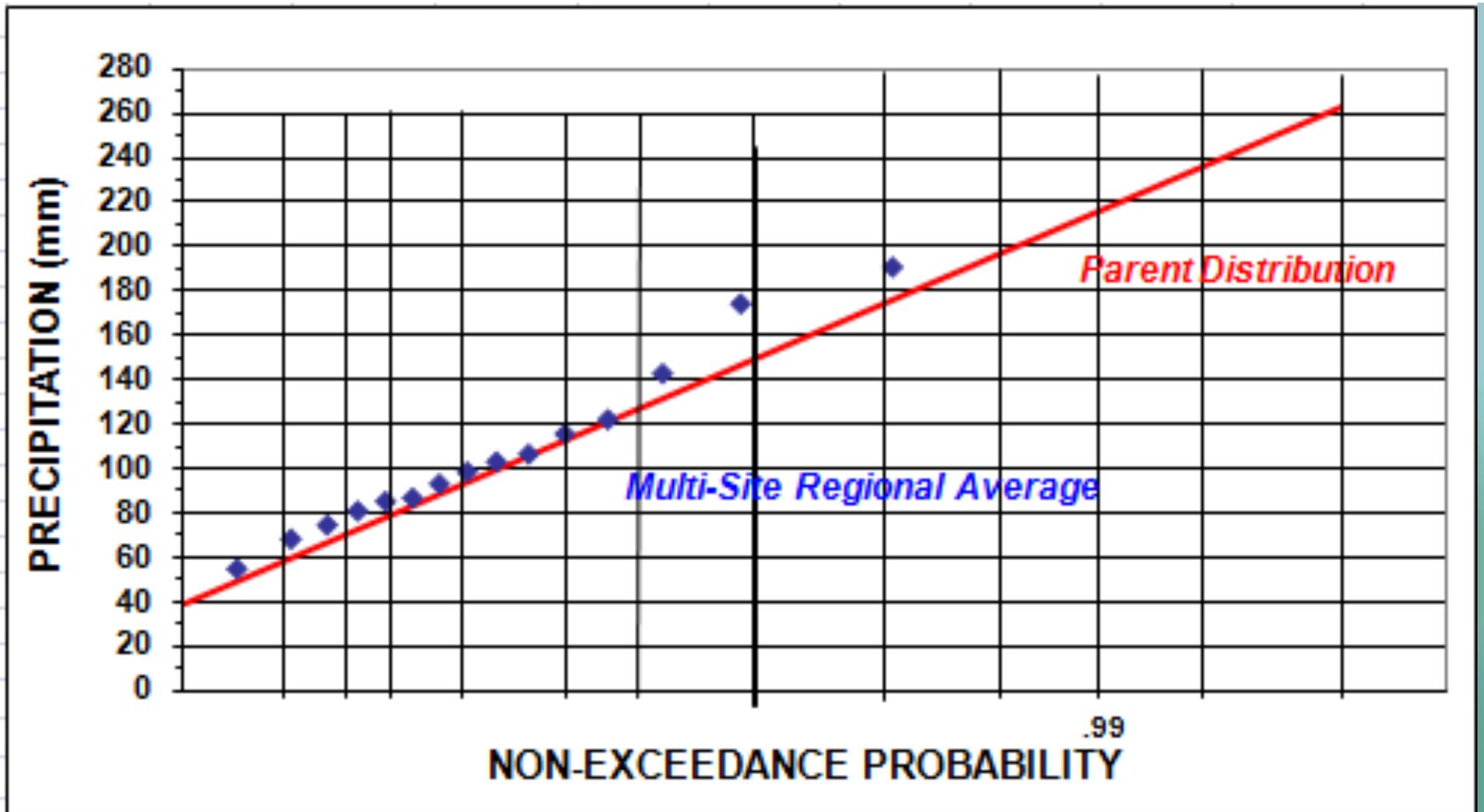
|                                   |       |
|-----------------------------------|-------|
| Extreme Value Type 1 Distribution |       |
| At-Site Mean 100-mm               |       |
| L-Cv                              | 0.450 |
| L-Skew                            | 0.280 |
| RECORD LENGTH         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



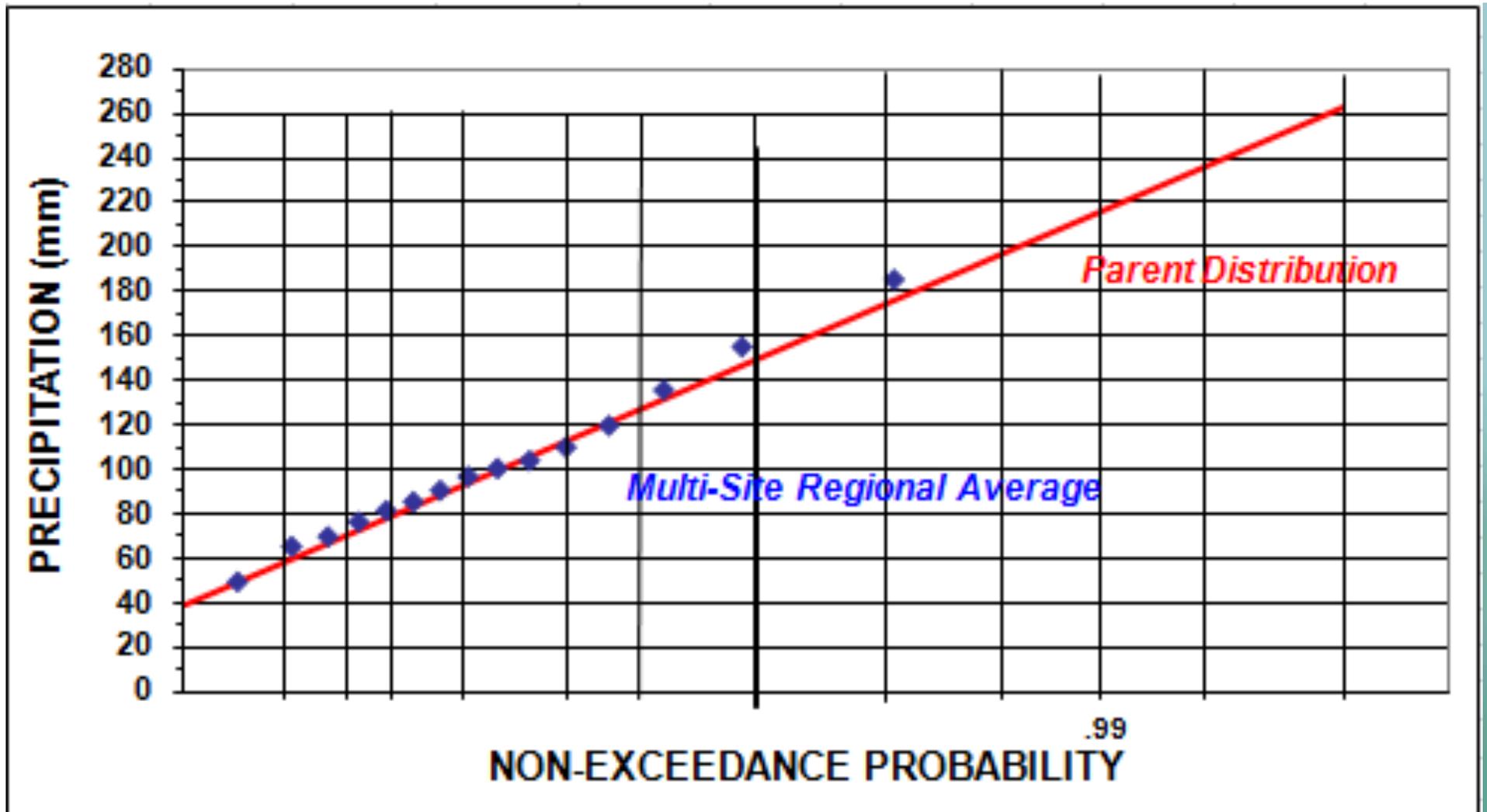
- Acá se han generado dos muestras de 15 datos, de precipitación (mm) que provienen teóricamente de una distribución EVI y se ha realizado el ajuste de la distribución



•1 ESTACION

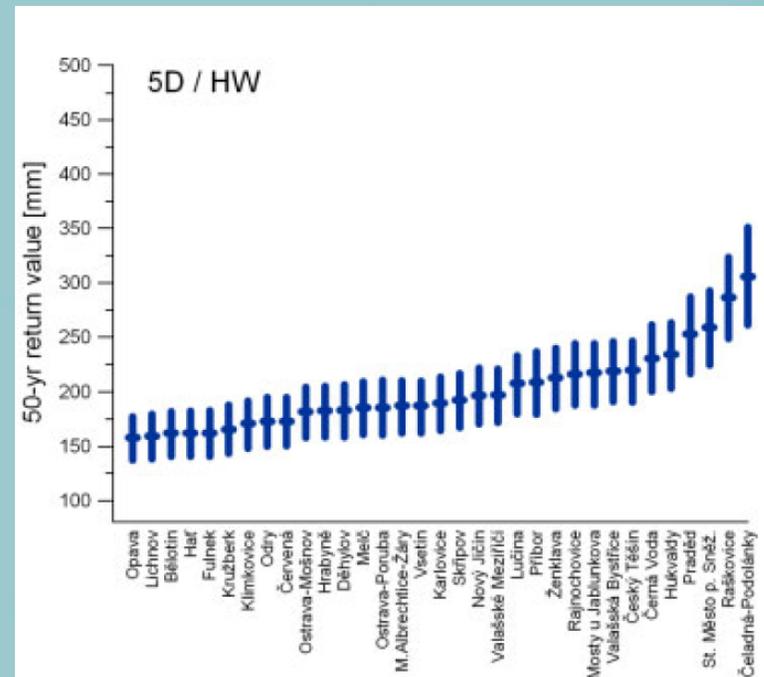
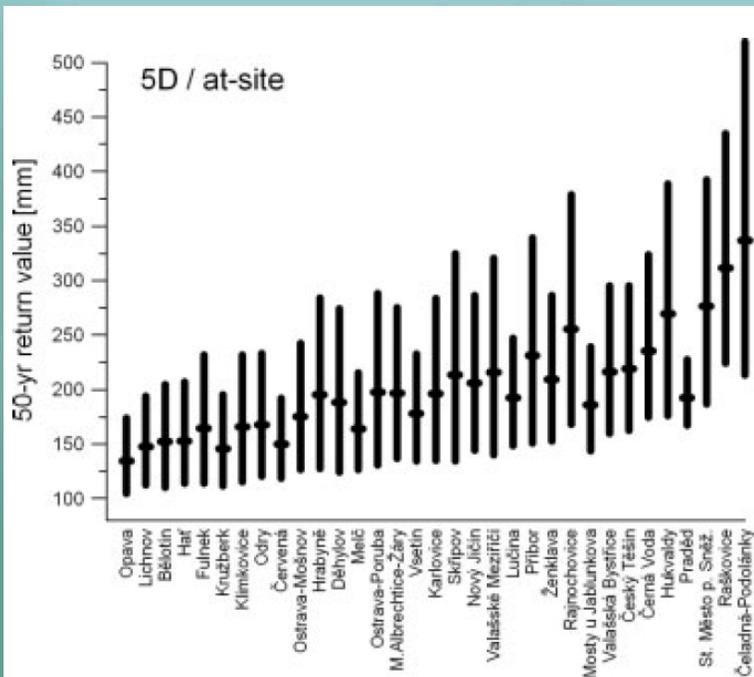


•4 ESTACIONES



•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

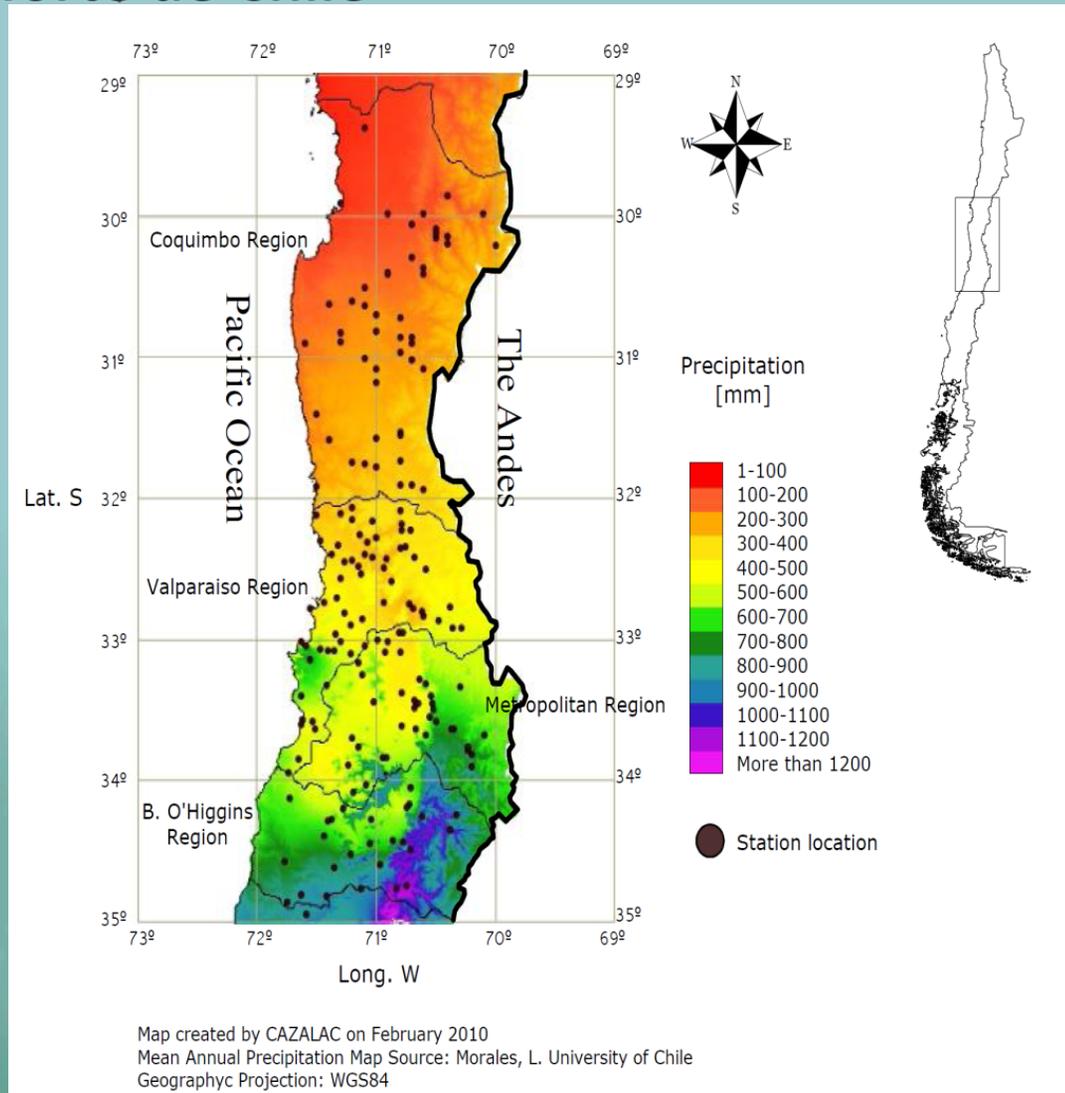


•Kyselý, J., Gaál, L., Pícek, J., 2010. Comparison of regional and at-site approaches to modelling probabilities of heavy precipitation. Int. J. Climatol., doi 10.1002/joc.2182

## Antecedentes

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

# Caso de Estudio: Análisis de frecuencia de sequías en la región Centro-Norte de Chile



(from Nuñez et al., 2011, Journal of Hydrology)



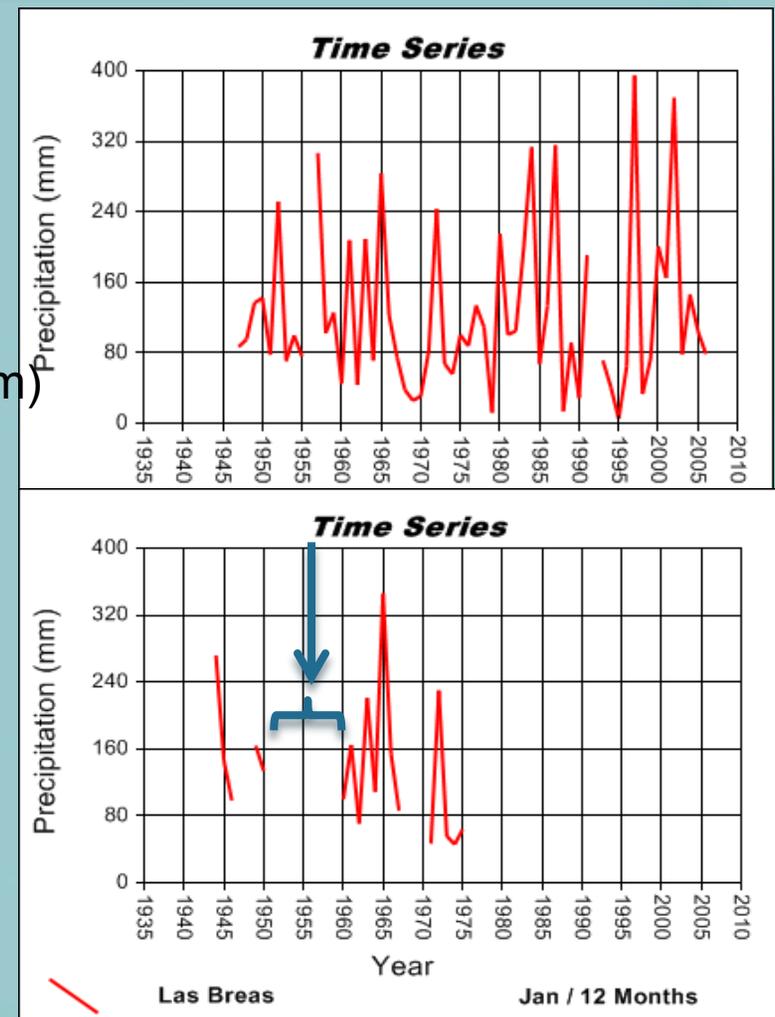
➔ Diagrama de flujo para el mapeo del riesgo de sequía usando ARF-LM



## 1: Preparación de los datos

Requerimiento de los datos:

- Mínimo 15 años de datos
- Se permiten registros no continuos
- Control de calidad (e.g., datos ausentes  $\neq$  0 mm)
- No se rellenan datos ausentes





## 2: Identificación de zonas homogéneas

La regionalización requiere zonas HOMOGÉNEAS de 'estaciones similares'

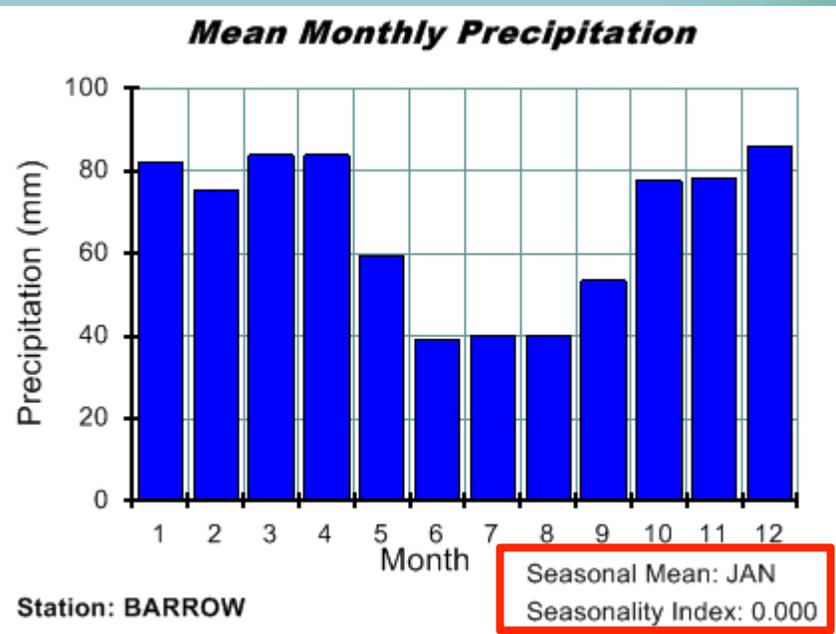
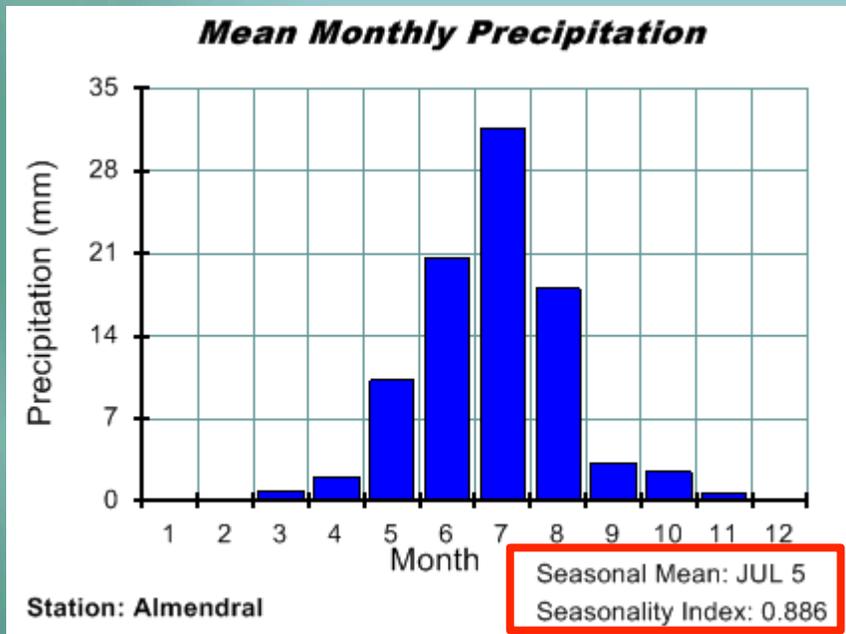


=un grupo de estaciones cuyos datos, luego de ser re-escalados por la media, pueden ser descritos por un mismo modelo de distribución de probabilidad

## 2: Identificación de zonas homogéneas

¿Cómo definimos estas zonas homogéneas?

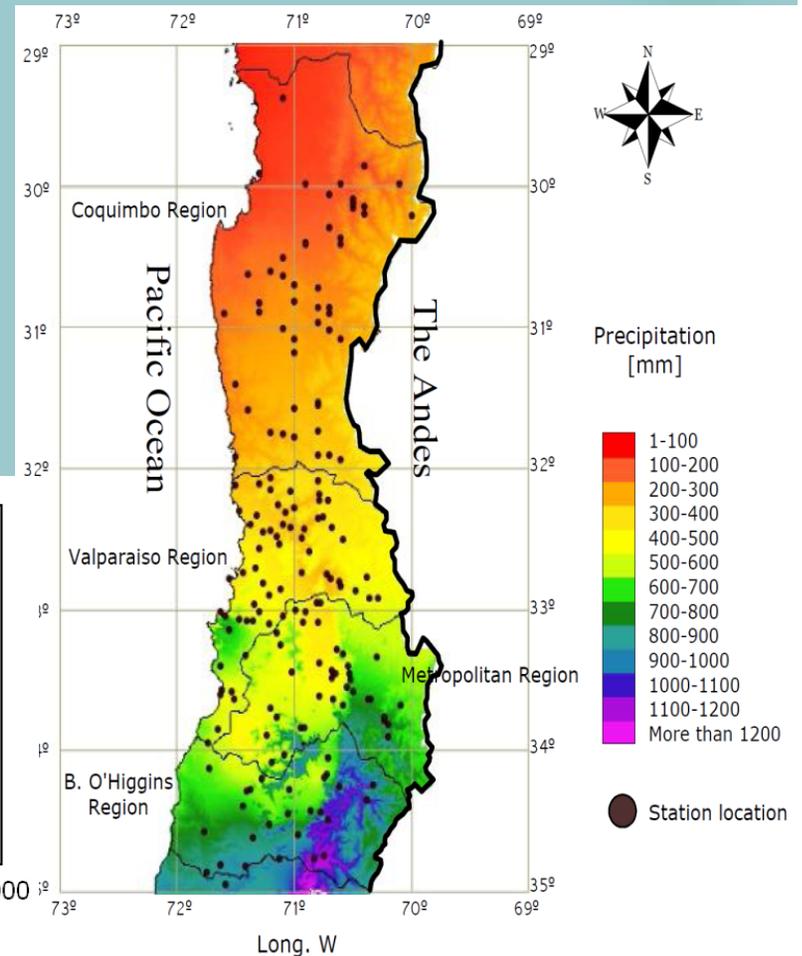
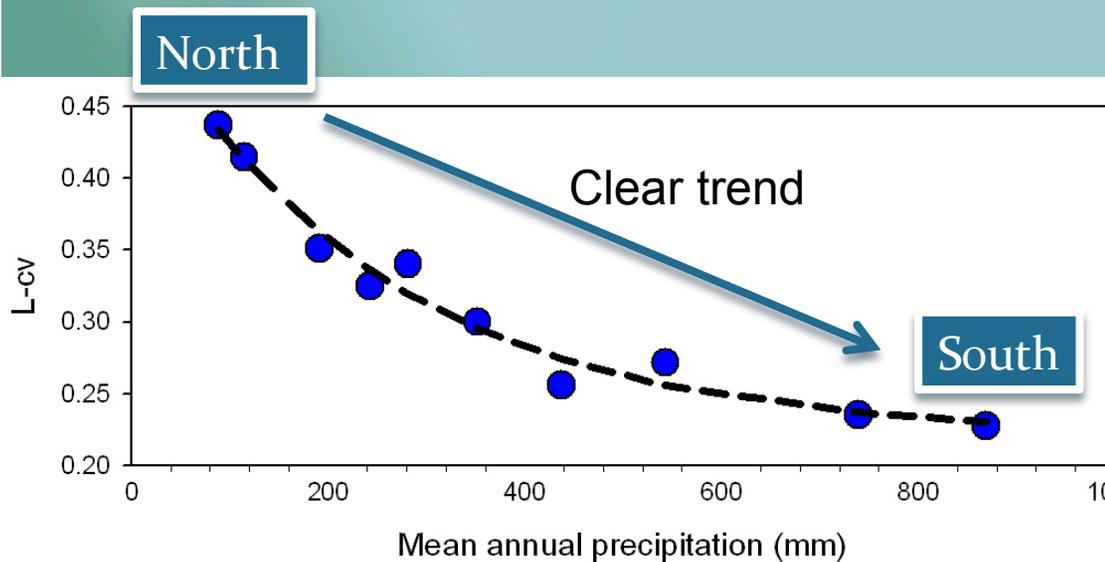
1. Usamos un Índice de Estacionalidad (¿cuándo llueve?)



## 2: Identification of homogeneous zones

Cómo definimos estas zonas homogéneas?

1. Usando I.E. (¿cuándo llueve?)
2. Magnitud de la precipitación media anual (¿cuánto llueve?)





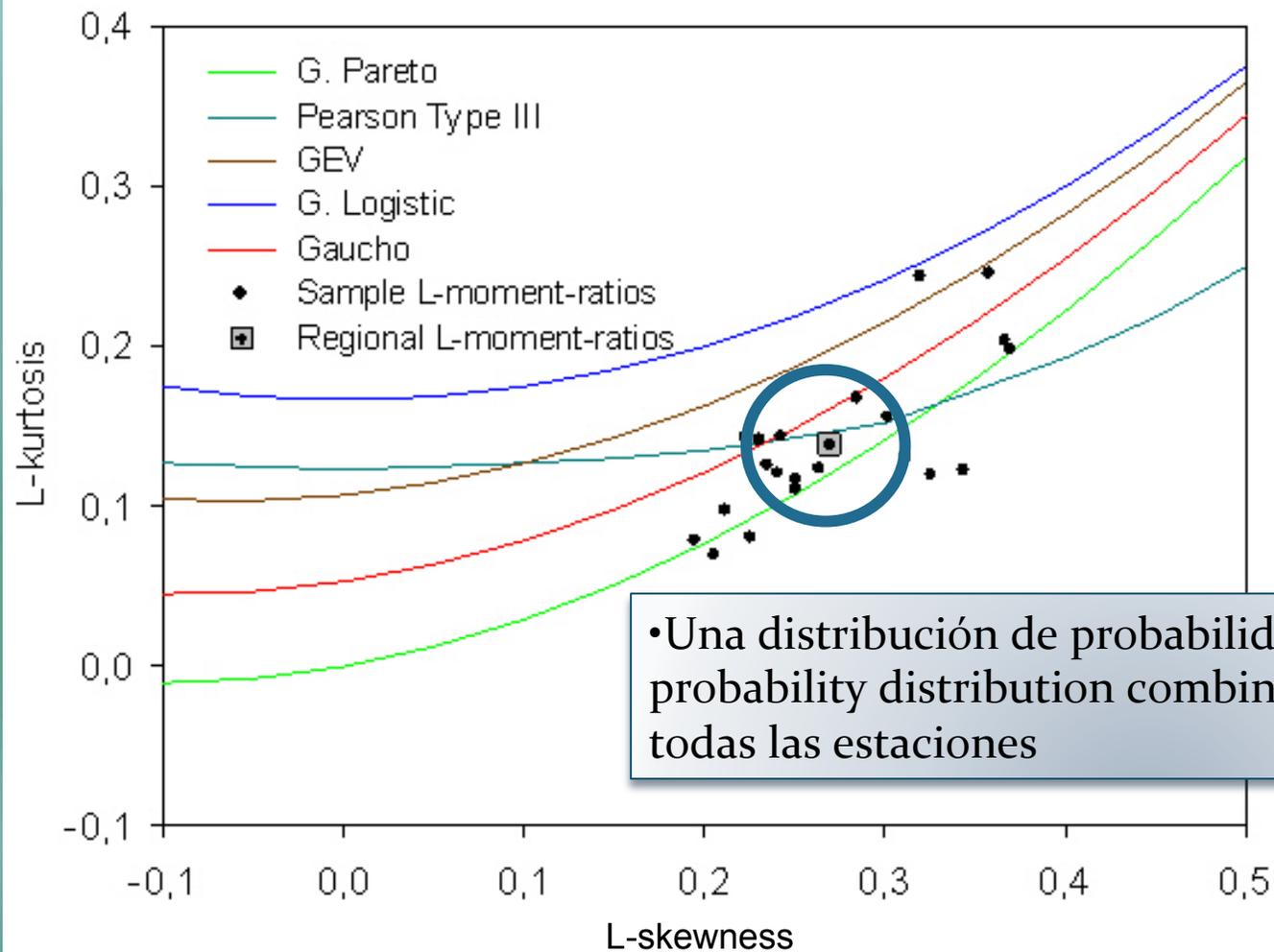
## 2: Identificación de zonas homogéneas

Cómo definimos estas zonas homogéneas?

1. Usando un I.E. (cuándo llueve?)
2. Magnitud de la Precipitación Media Annual. (cuánto llueve?)
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

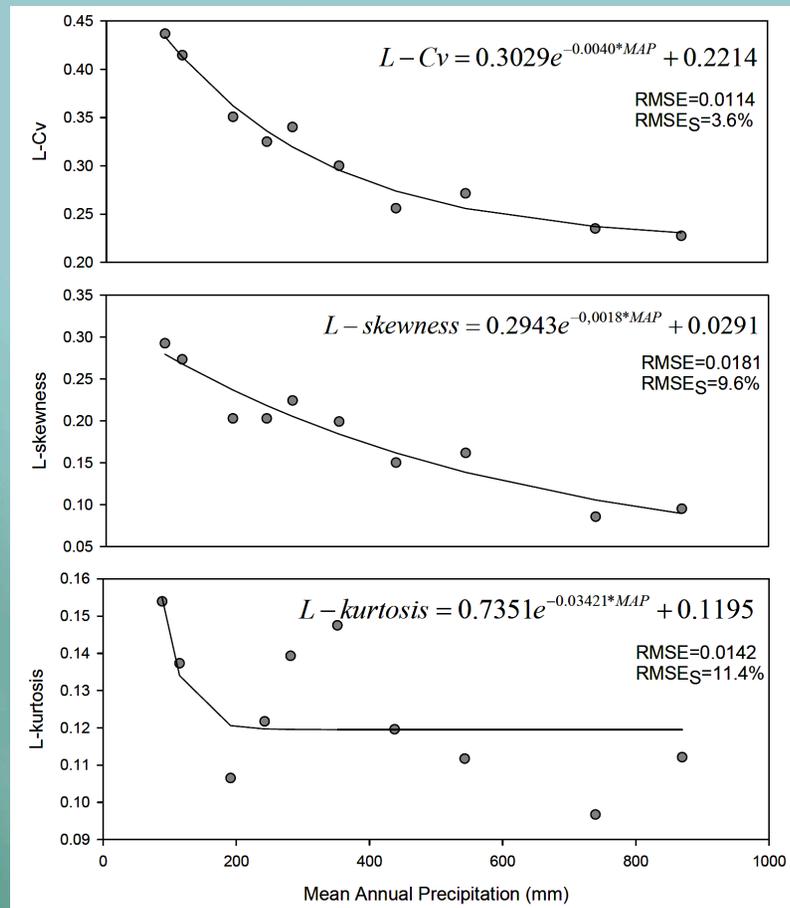
### 3: Selección y ajuste de distribución de probabilidad REGIONAL



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

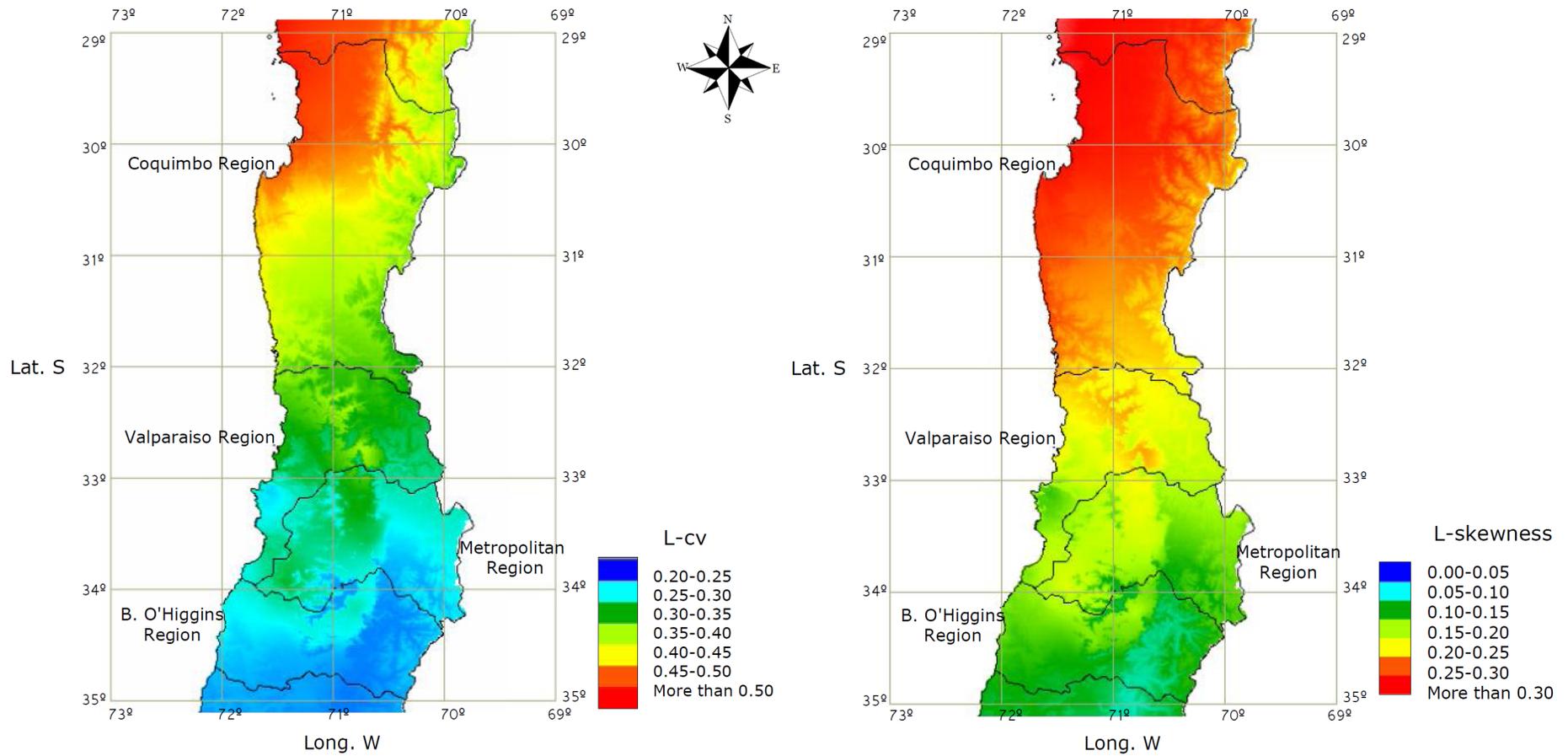
## 5: Mapeo

### 1. Los L-momentos se calculan de regiones homogéneas a partir de la PMA



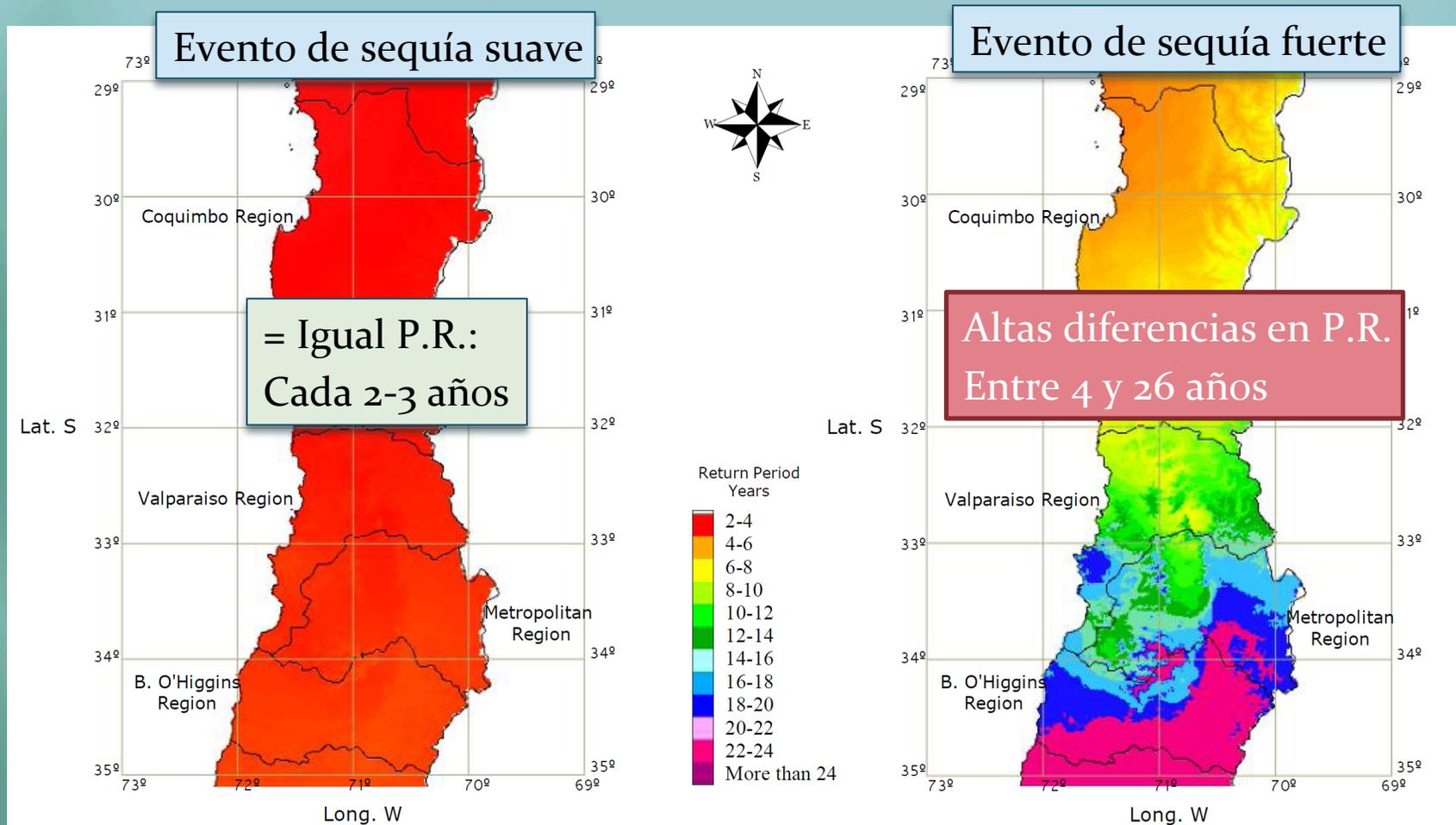
## 5: Mapeo

### 2. Los L-momentos pueden ser mapeados



## 5: Mapeo

3. El riesgo de sequía es mapeado de manera continua en toda el área de estudio



# Atlas de sequía de Chile Centro-Norte

[http://www.cazalac.org/atlas\\_sequias\\_gm.html](http://www.cazalac.org/atlas_sequias_gm.html)

- Permite sobreponer información sobre GoogleMaps

Atlas de Sequías de América Latina y el Caribe - CAZALAC - Mozilla Firefox

File Edit View History Bookmarks Tools Help

CAZALAC - Centro del Agua para Zonas ... Atlas de Sequías de América Latina y el C...

www.cazalac.org/atlas\_sequias\_gm.html

De Morgen Home De Tijd Google Maps Estimating Peak Disch... IRI Wiki / Chile Athena Minerva iPhone Service Point - ... AppEvent - Elke dag e... HGS 2011 - Post-conf... Fotokunst

NORTH-CENTRAL CHILE DROUGHT ATLAS

Map Type: Base Maps  
Select Map

Map Type: Rainfall Deciles  
Select Map

Map Type: Standardized Precipitation Index - SPI  
Select Map

Map Type: Accumulated precipitation for a given non exceedence probability  
50% non exceedence probability

Map Type: Return Period  
Select Map

Map Type: L-Moments  
Select Map

Remove current map - Restore map

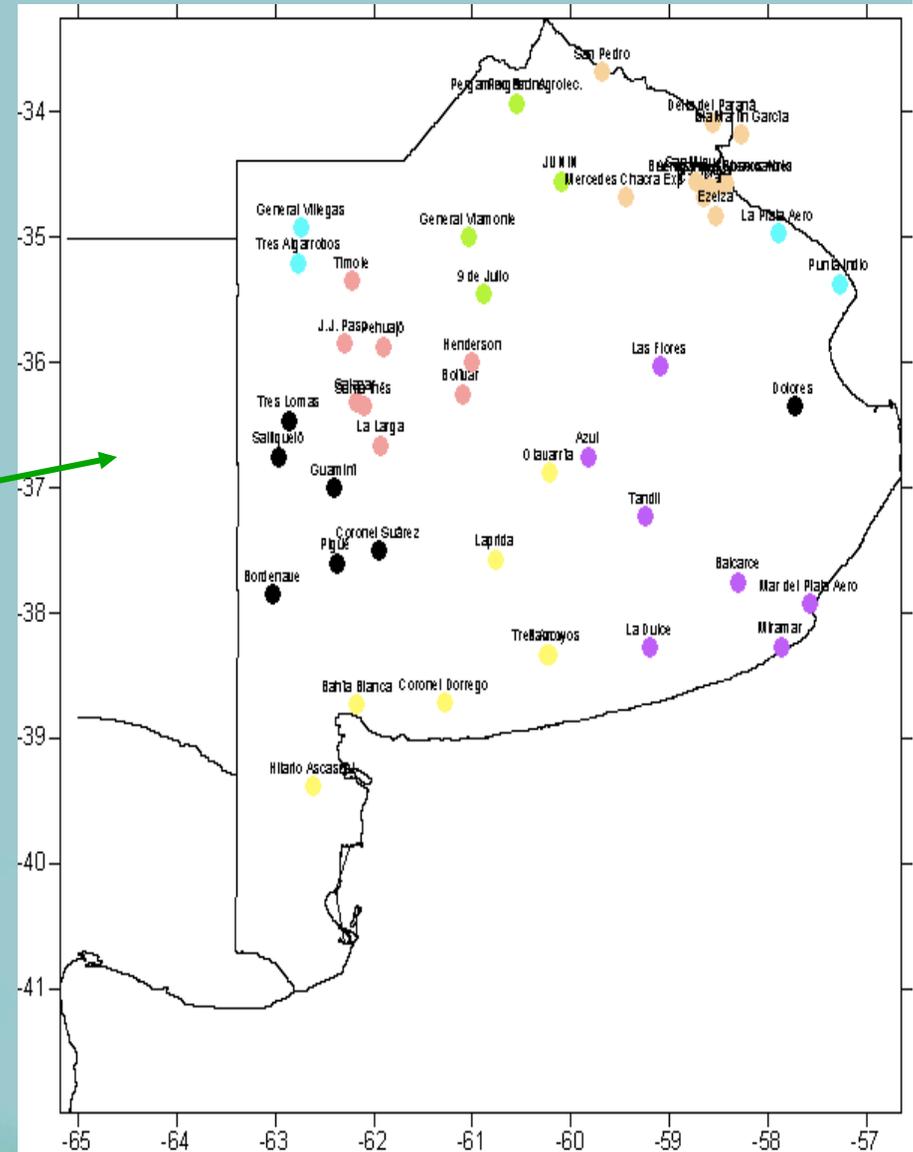
CAZALAC  
Organización de los Países Hablantes para la Educación, la Ciencia y la Cultura  
Programa Hidrológico Internacional  
WITH THE SUPPORT OF THE FLEMISH GOVERNMENT  
IWR

Referencias: [Guía Metodológica para la Aplicación del Análisis Regional de Frecuencia de Sequías basado en L-Momentos y Resultados de Aplicación en América Latina \(español 2.66 Mb\)](#)

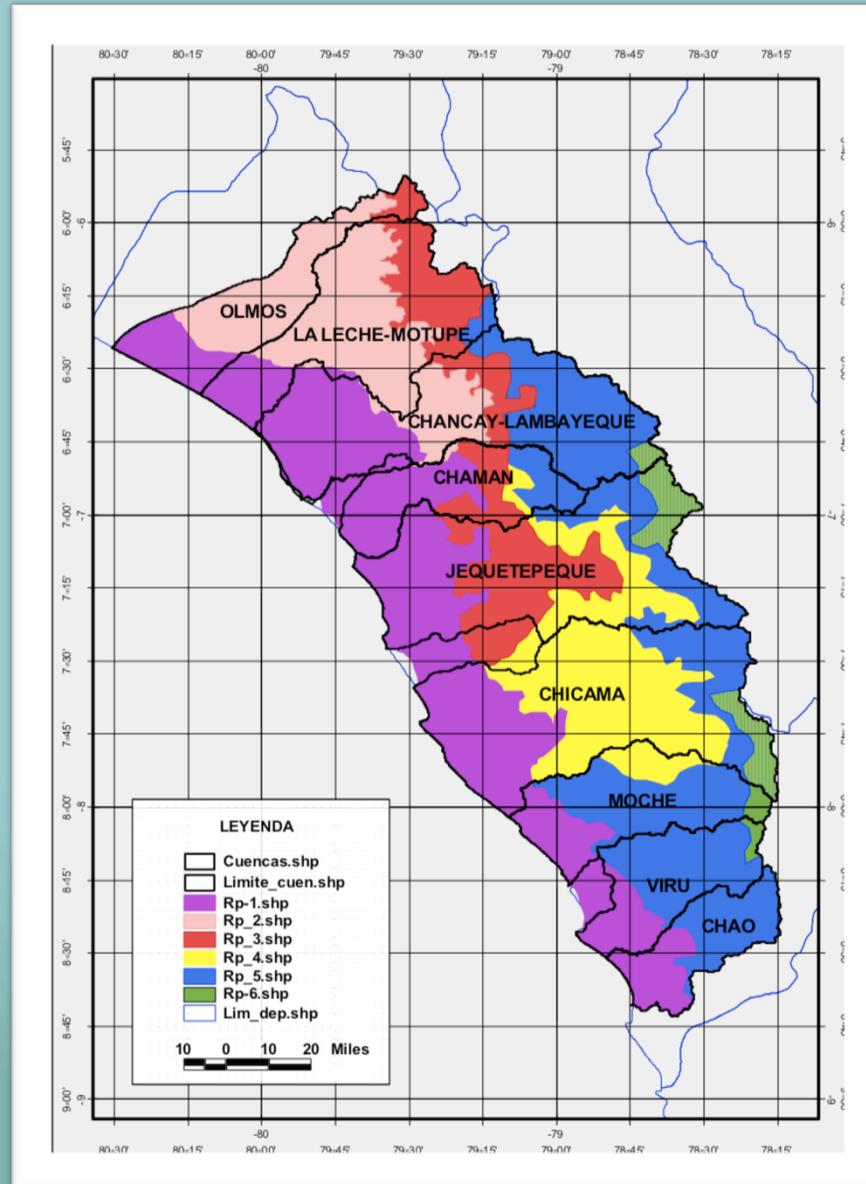
## Antecedentes

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

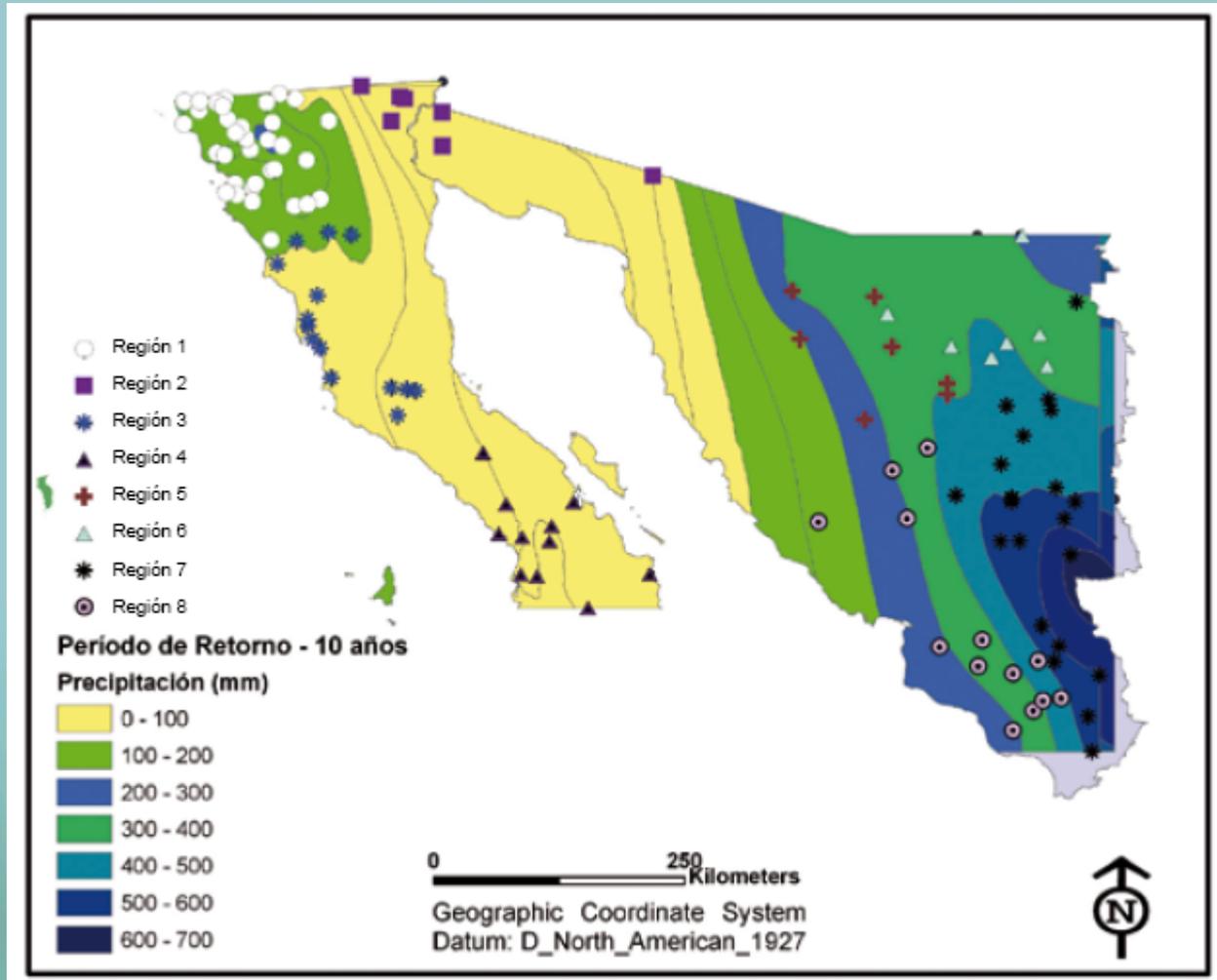
# Zonas homogéneas en área piloto de Argentina



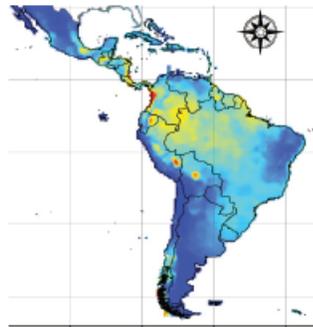
# Zonas homogéneas en Perú



# Mapa de periodo de retorno de la precipitación en el noroeste de México



## Análisis de la variabilidad y frecuencia de los componentes del Balance Hídrico en América Latina



L1 - Mean  
mm/year >5000  
0 2000  
km  
Mapa preliminar 1er. L-Momento para América Latina y el Caribe.

Dentro del marco de los programas EUROCLIMA y RALCEA, de la Unión Europea y América Latina, se ha constituido una plataforma de intercambio de conocimiento y generación de sinergias entre especialistas pertenecientes a diversas instituciones latinoamericanas, en temas de hidrología y recursos hídricos.

Con el apoyo del Centro Común de Investigación de la Comisión Europea (JRC por sus siglas en inglés) el grupo está analizando la variabilidad y frecuencia de los componentes del Balance Hídrico a escala regional (precipitación, temperatura y evapotranspiración), a partir del Análisis Regional de Frecuencias basado

metodología se considera la más adecuada ante la presencia de registros cortos de datos, con redes poco densas y con variables que presentan una significativa asimetría, como lo es la precipitación. Además fue consensuada por los especialistas en un Taller celebrado en Ispra, Italia (<http://bit.ly/B2MemoriaTaller>), en julio 2011.

Se podrá caracterizar, como uno de los resultados, la variabilidad en términos de frecuencia de ocurrencia de eventos extremos, que a su vez formaría una base para la determinación del riesgo de desastres por eventos extremos de naturaleza hidroclimática. Este enfoque complementa y enriquece, además, los esfuerzos realizados con el Programa Hidrológico Internacional (PHI: <http://www.unesco.org.uy/phi/aqualac>), para el desarrollo de los Balances Hídricos Nacionales en América Latina, los cuales brindarán datos para la toma de decisiones ante los efectos de la variabilidad y el cambio climático. Asimismo, se espera un fortalecimiento de las redes de cooperación intra-regional y con la Unión Europea, en investigación respecto al sector del agua.

Para mayor información:  
<http://www.aquaknow.net/balanco>

CAZALAC co-lidera, junto a JRC de la Comisión Europea, proyecto sobre Variabilidad y propiedades de frecuencia de los componentes del Balance Hídrico en ALC.

USD 150.000

# Productos desarrollados

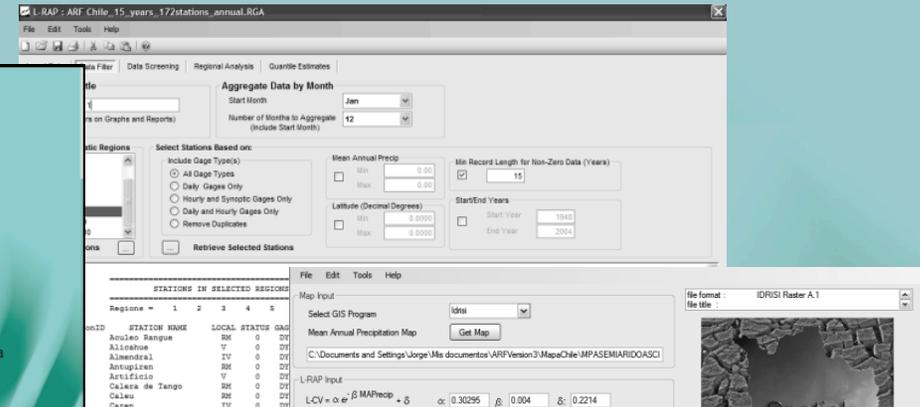
Software

Manuales

Talleres



Artículos



Contents lists available at ScienceDirect

## Journal of Hydrology

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/jhydrol](http://www.elsevier.com/locate/jhydrol)



Regional frequency analysis for mapping drought events in north-central Chile

J.H. Núñez<sup>a,\*</sup>, K. Verbist<sup>b</sup>, J.R. Wallis<sup>c</sup>, M.G. Schaefer<sup>d</sup>, L. Morales<sup>e</sup>, W.M. Cornelis<sup>b</sup>



Cursos dictados en Ecuador, Perú, Brasil, Italia.  
Próximos cursos en Cuba (2012) y nuevos países en ALC.  
Más de 80 profesionales capacitados.  
Videos tutoriales en YOUTUBE