

**TALLER TÉCNICO SOBRE ESCENARIOS CLIMÁTICOS Y REGIONALIZACIÓN**

**Valsaín, 27-29 de abril de 2011**

# **Necesidades para modelizar impactos del cambio climático en recursos hídricos**

**Luis Garrote de Marcos**

# Impactos en recursos hídricos

➤ **Los estudios se centran en la disponibilidad de agua para atender demandas**

➤ **La disponibilidad depende:**

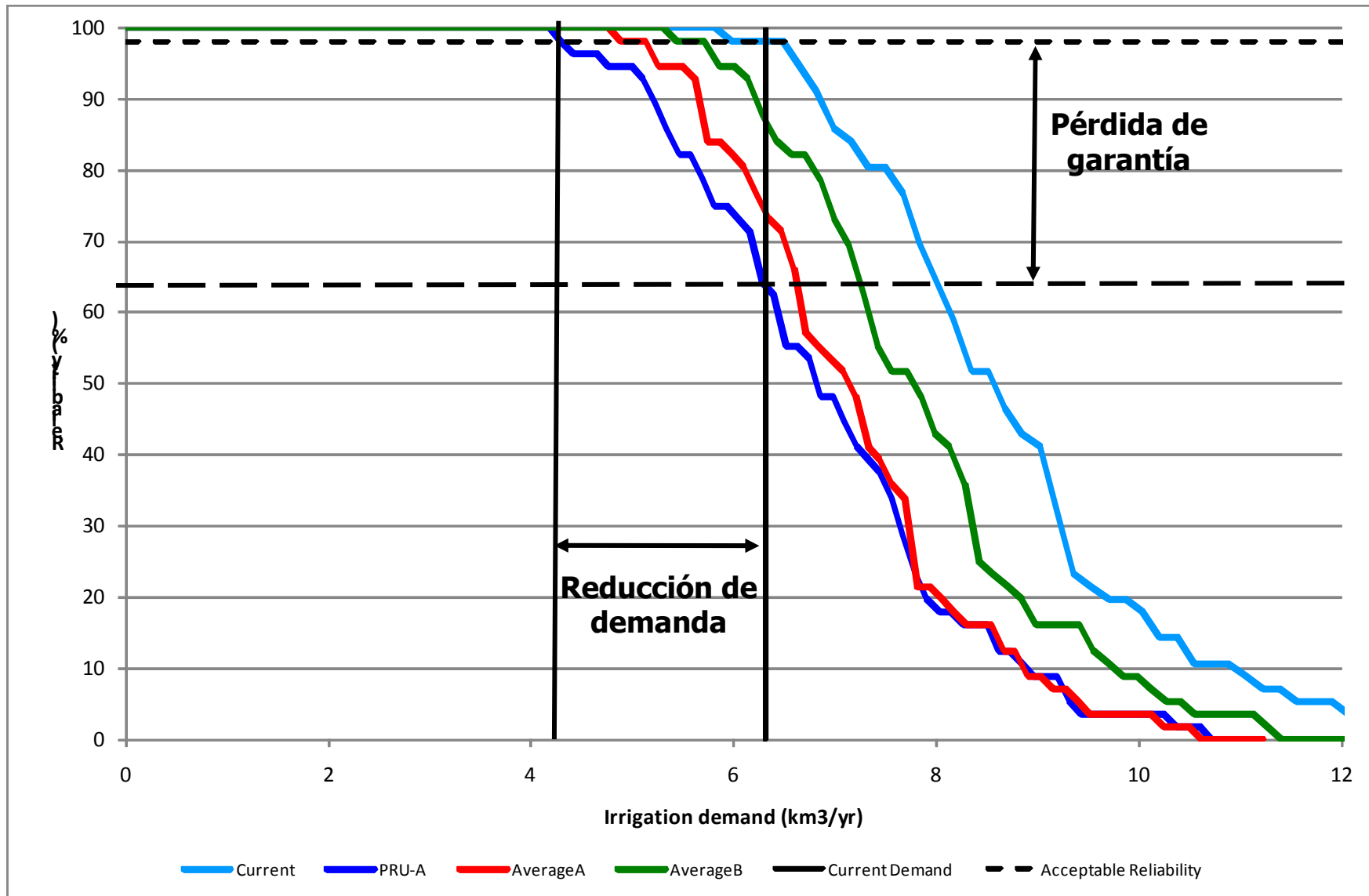
- **De las aportaciones naturales**
- **De la infraestructura hidráulica**
- **De la garantía de servicio deseada**
- **De las reglas de operación**

Cambio climático

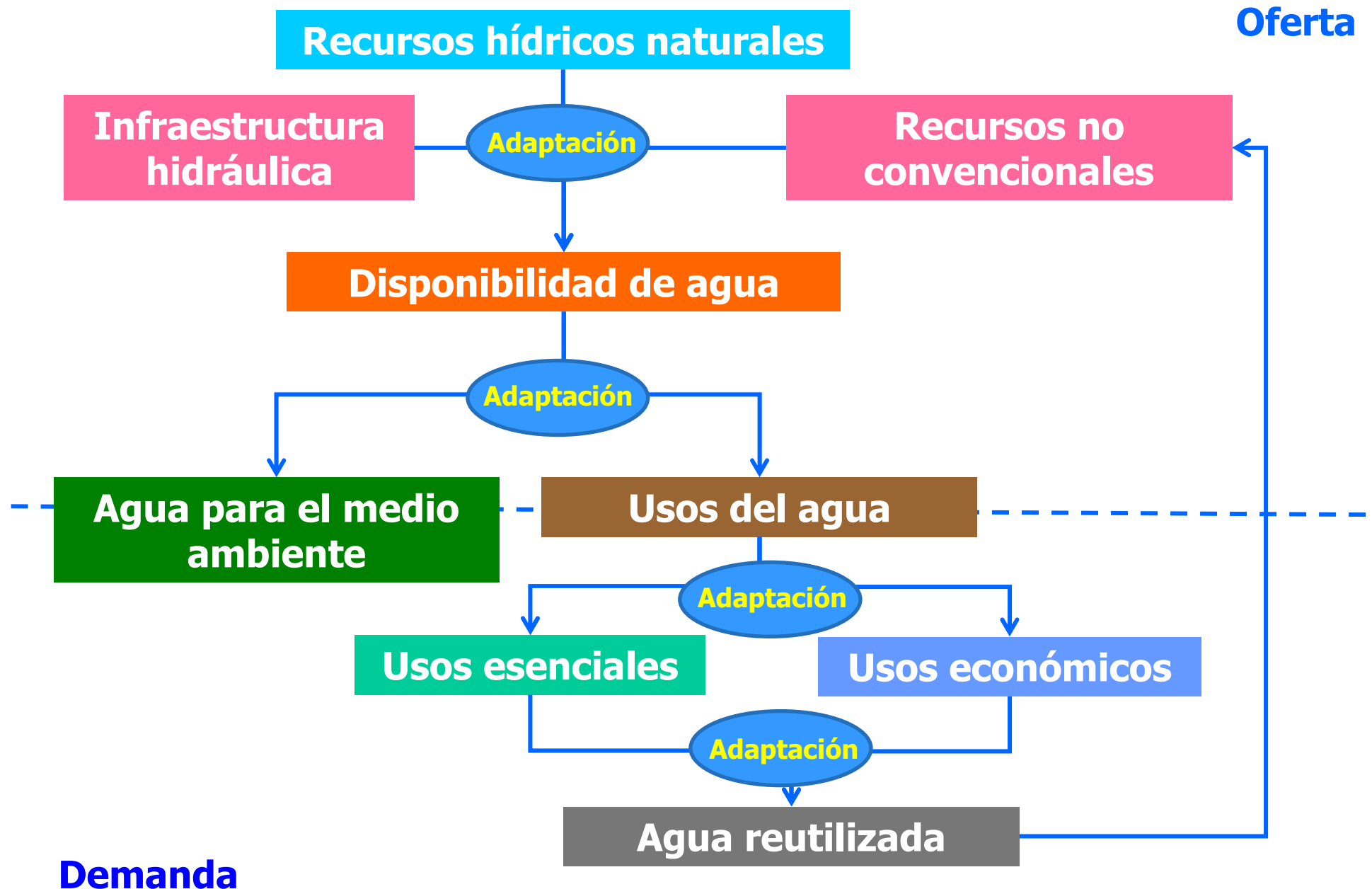
Adaptación

➤ **La disponibilidad se estudia con modelos de sistemas de explotación de recursos hídricos**

# Curva de demanda-garantía

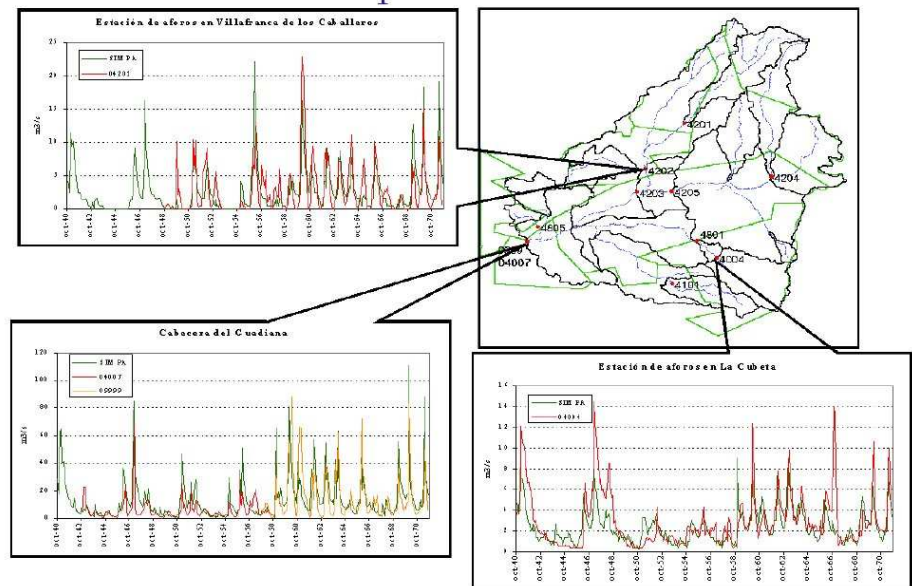


# Adaptación al cambio climático en cuencas reguladas



# Datos para modelación

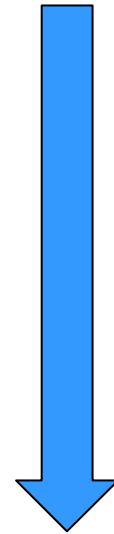
- Se necesitan series mensuales de aportaciones en régimen natural
- Las series se obtienen con modelos precipitación-aportación (SIMPA), que hay que calibrar
- Características relevantes para el estudio de la disponibilidad:
  - Valor medio anual
  - Estacionalidad
  - Variación interanual
  - Autocorrelación



# Alternativas posibles

- 1. Utilización directa de las series de escorrentía de los modelos regionales, tanto en situación de control como en proyecciones**
- 2. Utilización de las series actuales, corregidas en la misma manera en que cambia la escorrentía en los modelos climáticos**
- 3. Generación de series futuras mediante modelación precipitación-escorrentía con proyecciones climáticas (temperatura, precipitación)**

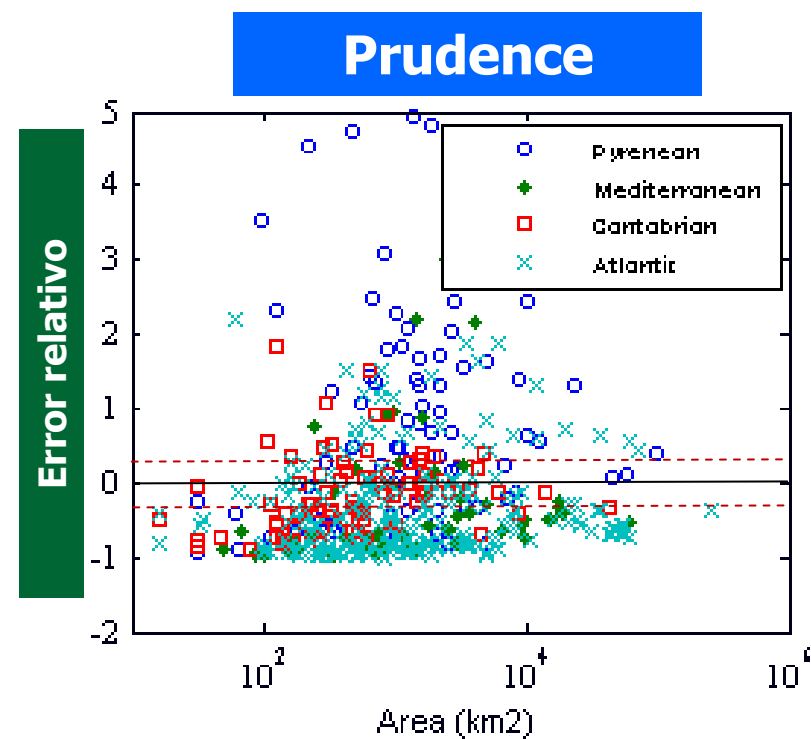
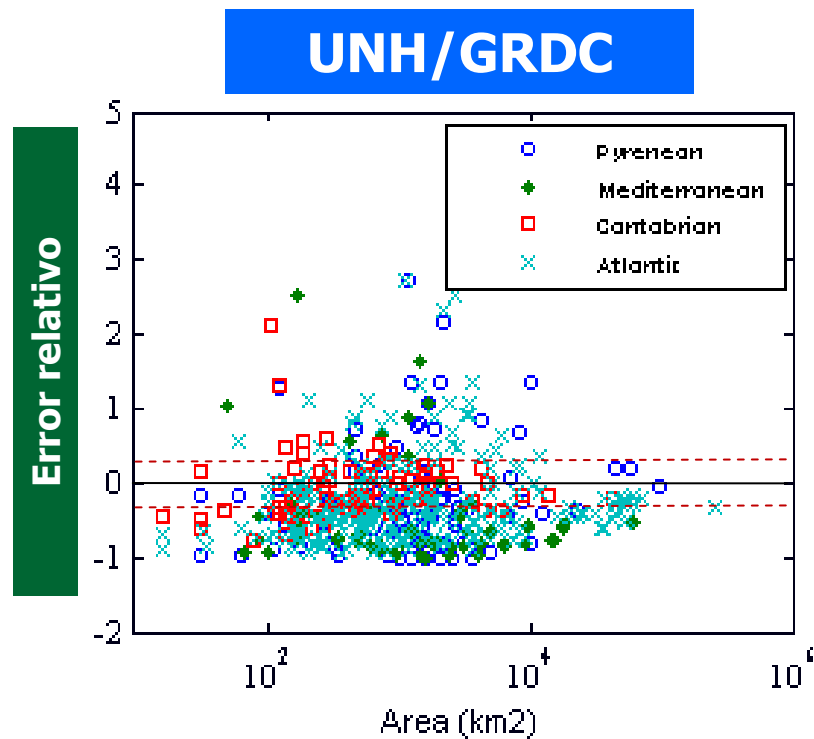
**PEOR**



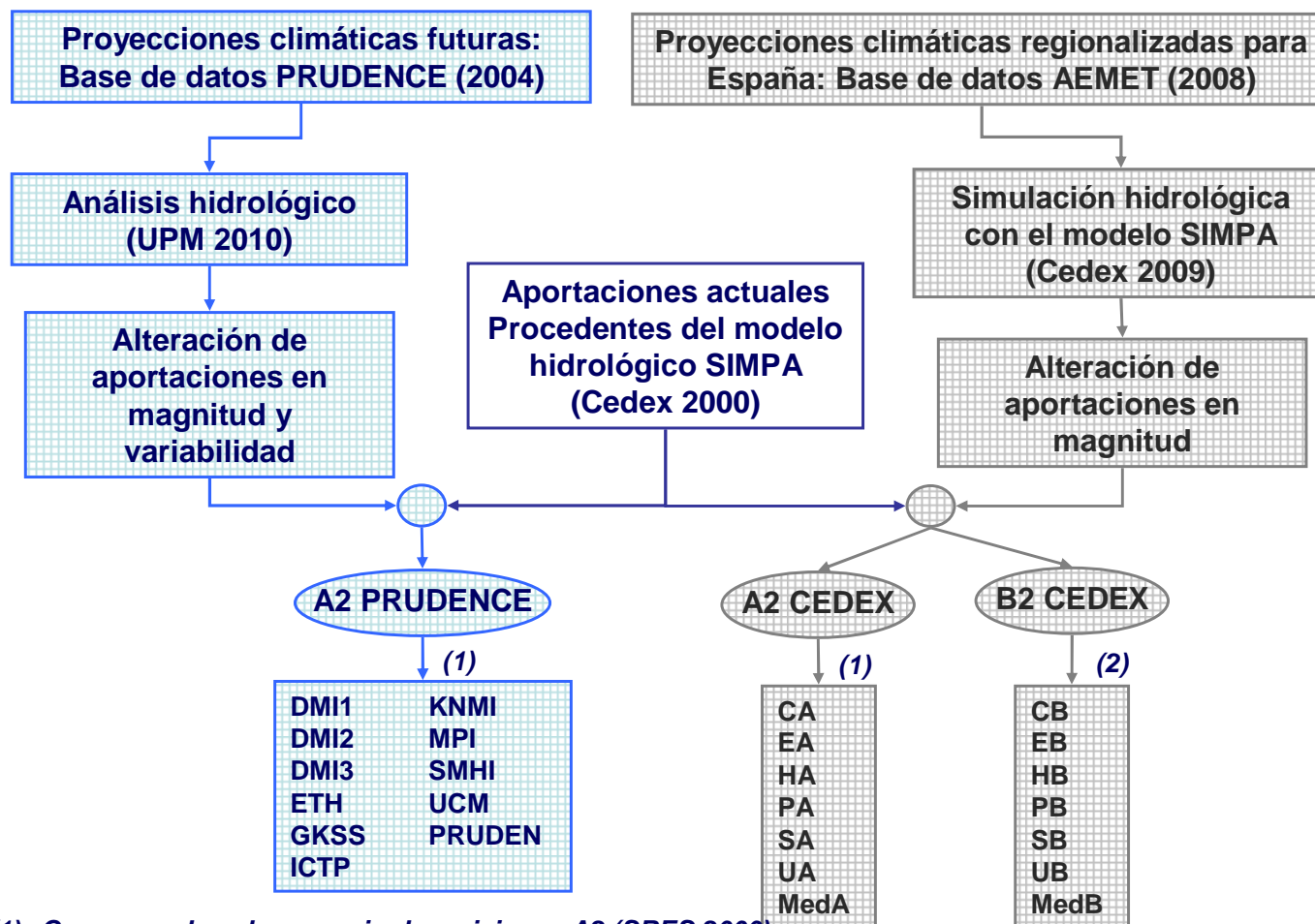
**MEJOR**

# Escorrentía en modelos regionales

- Los modelos regionales de clima tienen un sesgo muy grande en escorrentía, de manera que sus resultados no se pueden utilizar directamente en análisis de sistemas de recursos hídricos



# Estudios realizados



(1) Corresponden al escenario de emisiones A2 (SRES 2000)

(2) Corresponden al escenario de emisiones B2 (SRES 2000)



# Proyecciones CEDEX

- Se propone una alteración de la aportación media anual por cada demarcación hidrográfica
- Se han aplicado 6 metodologías diferentes en tres horizontes

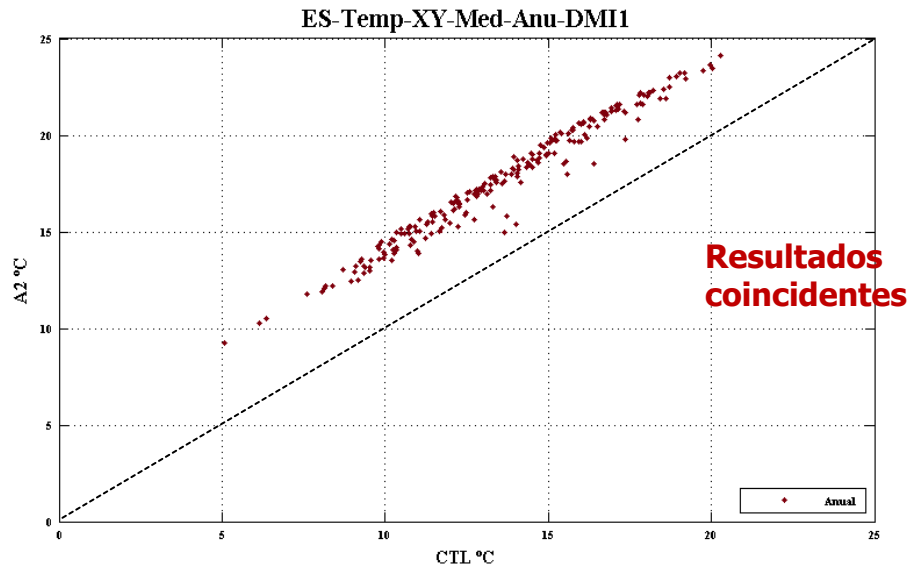
		Escenario de Emisiones A2						Escenario de Emisiones B2							
		CA	EA	HA	SA	UA	PA	Med	CB	EB	HB	SB	UB	PB	Med
España	2011-2040	-3	-22			-2		-8	-6	-18		1			-8
	2041-2070	-9	-34			-8		-16	-5	-21		-8			-11
	2071-2100	-24	-37	0		-34	-28	-40	-28	-7	-28	-8	-1	-18	-22
Cantábrico	2011-2040	-6	-20			-11		-5	-5	-15					-10
	2041-2070	-4	-27			-17		-6	-6	-22		-19			-16
	2071-2100	-13	-40	-1		-38	-31	-44	-28	-1	-28	-12	-13	-20	-28
Galicia-Costa	2011-2040	-1	-20			-1		-6	2	-13					-3
	2041-2070	-4	-31			-4		-12	-5	-21		-1			-8
	2071-2100	-18	-36	11		-22	-16	-29	-19	-2	-23	4	6	-8	-9
CI País Vasco	2011-2040	-6	-18			-11		-12	-5	-14			-10		-10
	2041-2070	-2	-24			-20		-16	-5	-21			-23		-16
	2071-2100	-9	-40	-8		-39	-41	-52	-30	2	-28	-20	-17	-31	-36
Miño-Sil	2011-2040	-1	-21			1		-6	0	-15		2			-3
	2041-2070	-6	-34			0		-12	-4	-22		1			-7
	2071-2100	-19	-38	11		-20	-17	-34	-21	-2	-25	3	11	-8	-15
Duero	2011-2040	-3	-25			1		-8	-7	-21		5			-7
	2041-2070	-13	-41			-1		-17	-7	-23		0			-9
	2071-2100	-31	-40	4		-33	-23	-47	-31	-10	-29	-2	8	-16	-24
Tajo	2011-2040	-3	-31			4		-8	-11	-28		11			-8
	2041-2070	-16	-48			-1		-19	-8	-23		1			-9
	2071-2100	-39	-41	-5		-38	-32	-40	-35	-16	-32	-10	7	-22	-17
Guadiana	2011-2040	-7	-40			2		-12	-16	-34		16			-9
	2041-2070	-23	-58			-11		-27	-9	-24		-4			-11
	2071-2100	-49	-48	-12		-48	-40	-25	-42	-24	-40	-15	4	-32	-16
Guadalquivir	2011-2040	-2	-36			0		-11	-21	-34		13			-13
	2041-2070	-18	-55			-16		-28	-2	-25		-12			-12
	2071-2100	-48	-49	-20		-45	-44	-29	-43	-23	-43	-24	0	-33	-28
CI Andalucía	2011-2040	-1	-33			-1		-12	-16	-35		6			-16
	2041-2070	-15	-50			-24		-30	-2	-26		-17			-15
	2071-2100	-43	-44	-27		-50	-42	-25	-41	-23	-40	-25	-14	-29	-30
Segura	2011-2040	-1	-25			-1		-10	-22	-24		10			-13
	2041-2070	-10	-39			-11		-21	-2	-28		-11			-14
	2071-2100	-23	-39	-22		-35	-48	-21	-33	-14	-33	-22	-5	-23	-28
Júcar	2011-2040	1	-11			-4		-5	-21	-17		-1			-12
	2041-2070	-11	-28			-14		-18	-5	-20		-14			-13
	2071-2100	-21	-24	-18		-46	-45	-21	-32	-16	-27	-20	-18	-34	-14
Ebro	2011-2040	-2	-19			-7		-9	-7	-15					-9
	2041-2070	-6	-26			-12		-14	-5	-19		-17			-13
	2071-2100	-17	-31	3		-40	-30	-46	-28	-4	-25	-9	-11	-17	-29
CI Cataluña	2011-2040	6	-4			-3		0	-9	-5					-7
	2041-2070	-2	-5			-6		-4	-2	-6		-19			-9
	2071-2100	-11	-3	-13		-34	-30	-29	-21	-13	-5	-18	-14	-20	-18
Islas Baleares	2011-2040	-5	-21			11		-4	-19	-31		0			-15
	2041-2070	-9	-39			1		-15	-8	-31		-18			-20
	2071-2100	-20	-44	-24		-42	-22	-21	-31	-25	-39	-32	-6	-25	-13
Canarias	2011-2040	-7	-37			-4		-18	-15	-34		-24			-25
	2041-2070	-16	-41			-37		-32	-11	-36		-35			-28
	2071-2100	-31	-44	-30		-57		-41	-22	-37		-29			-34

**ESCORRENTÍAS:** Incrementos (%) de medias anuales. Títulos de columnas: A = Escenario de emisiones A2; B = Escenario de emisiones B2; C = modelo global CGCM2 y regionalización FIC; E = modelo global ECHAM4 y regionalización FIC; H = modelo global HadAM3 y regionalización FIC; S = modelo global HadCM3 y regionalización SDSM; U = modelo global HadCM3 y regionalización PROMES (PRUDENCE-UCM); P = modelo global ECHAM4 y regionalización RCAO (PRUDENCE-SMHI). Colores: verde >0%, amarillo -20% a 0%, rojo < -20%.

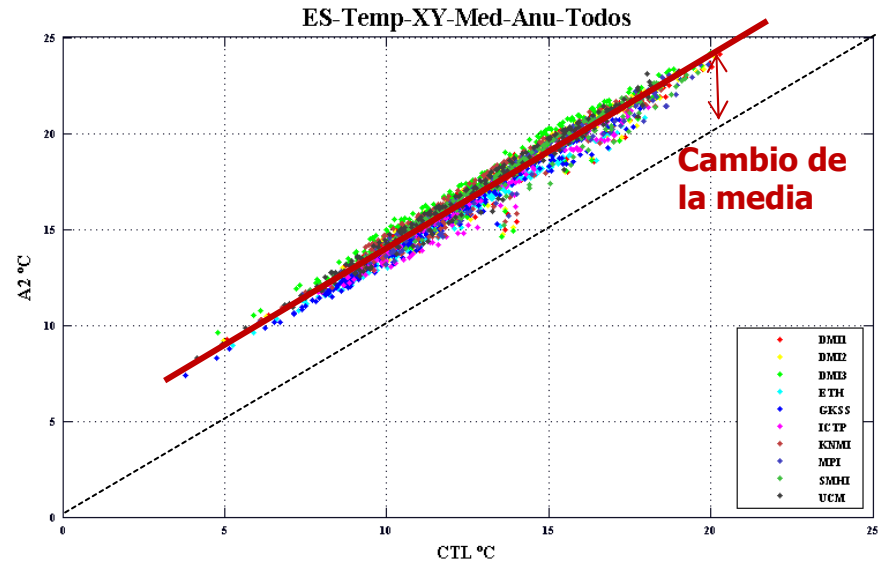
Tabla 22. Desviación de escorrentía anual por D.H., proyección y periodo (%)

# Proyecciones PRUDENCE: Temperatura

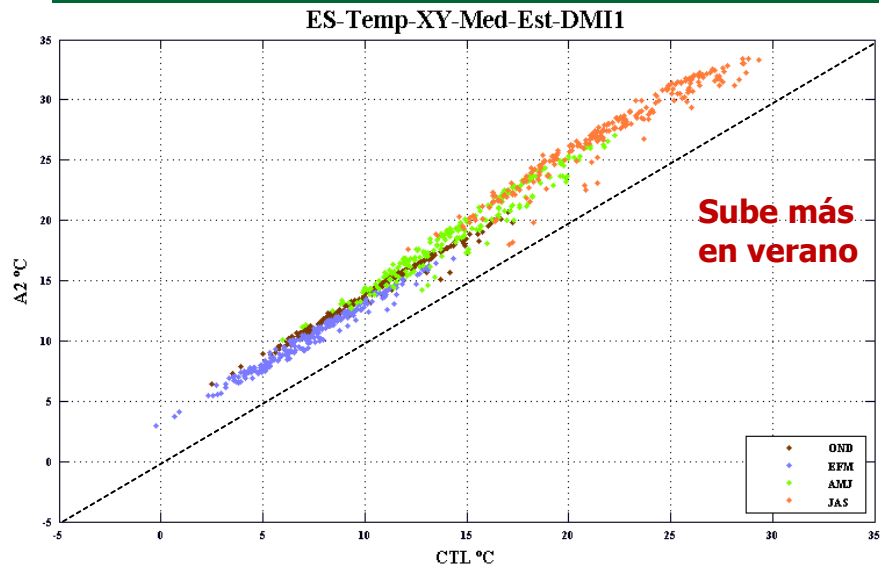
## Animación medias anuales



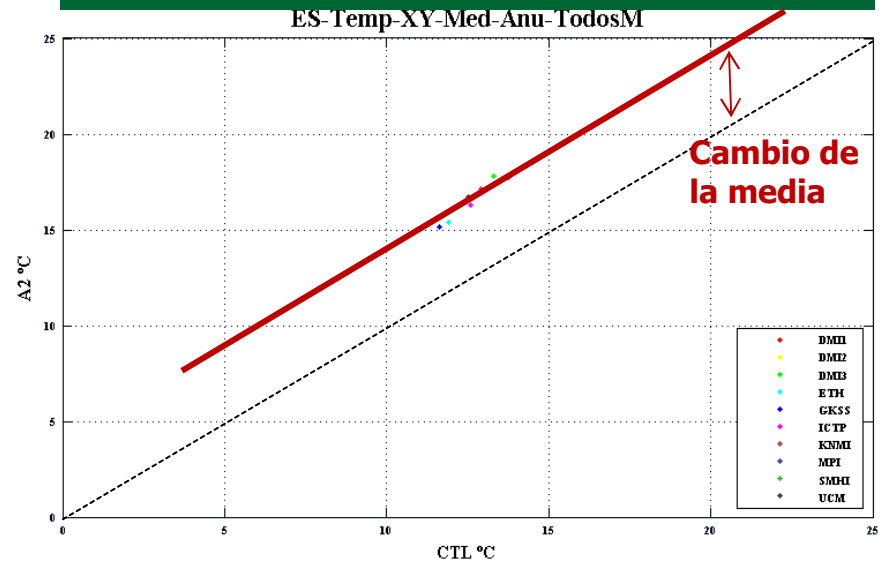
## Medias anuales todos los modelos



## Animación medias estacionales



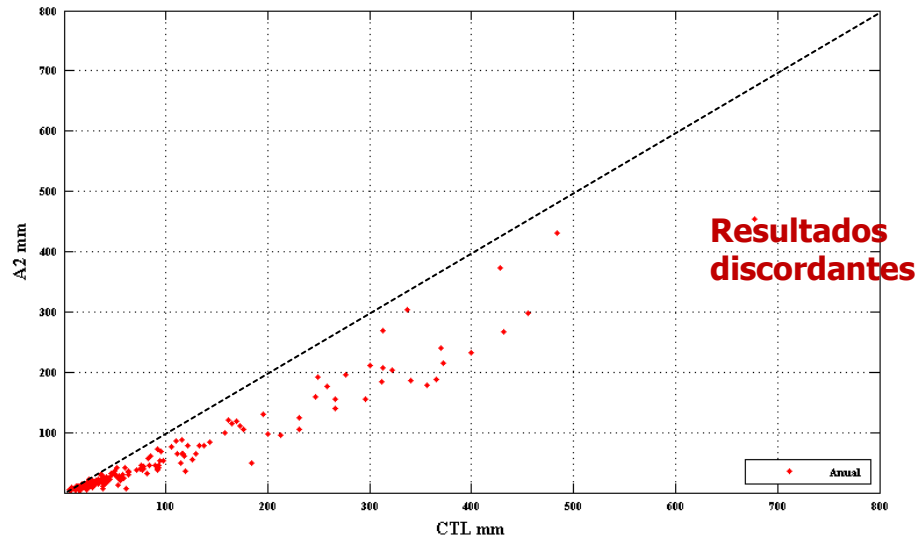
## Promedio de medias anuales de modelos



# Proyecciones PRUDENCE: Escorrentía

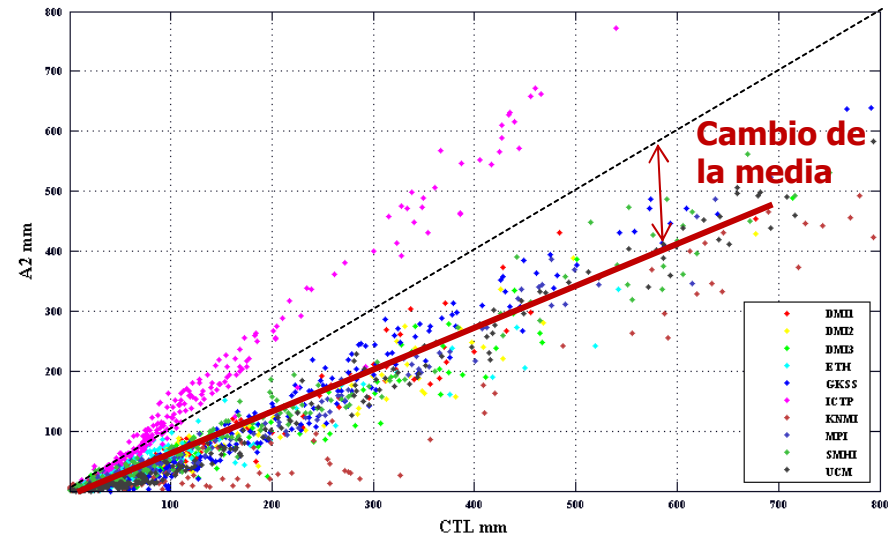
## Animación medias anuales

ES-Runoff-XY-Med-Anu-DMI1



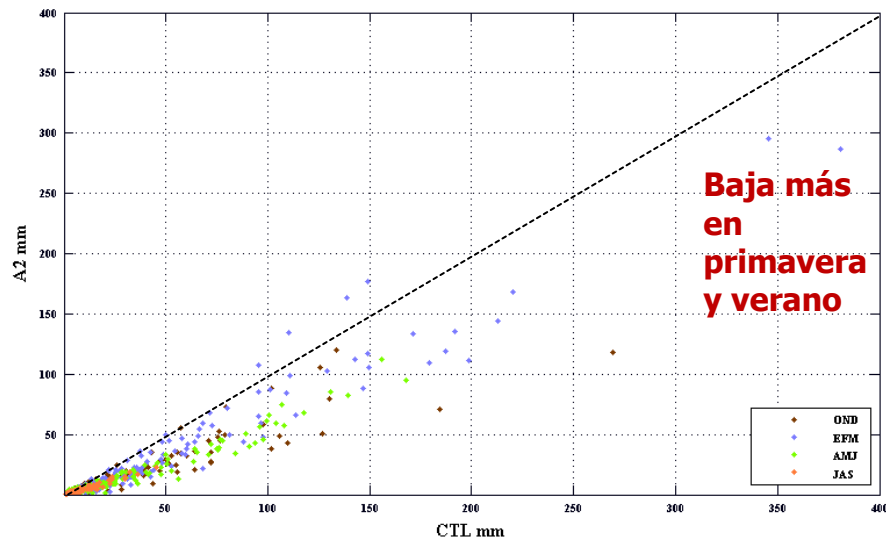
## Medias anuales todos los modelos

ES-Runoff-XY-Med-Anu-Todos



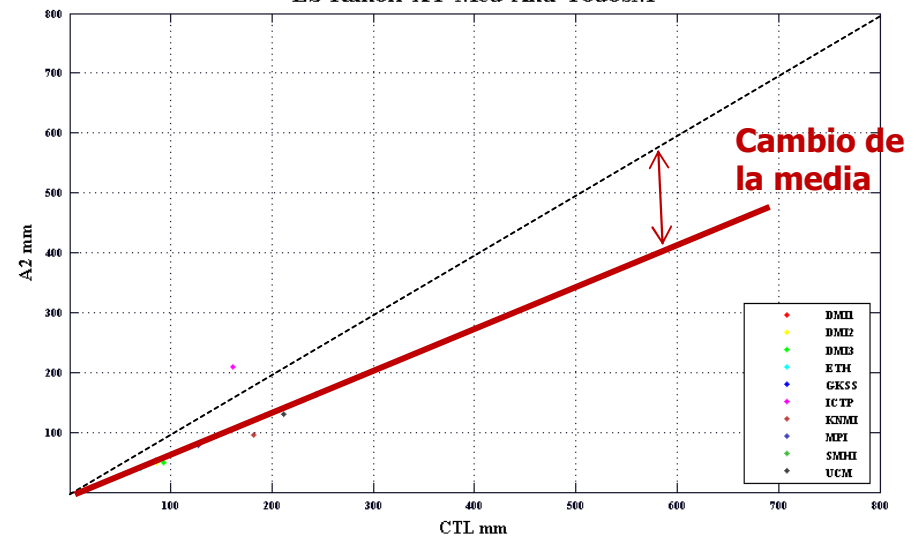
## Animación medias estacionales

ES-Runoff-XY-Med-Est-DMI1



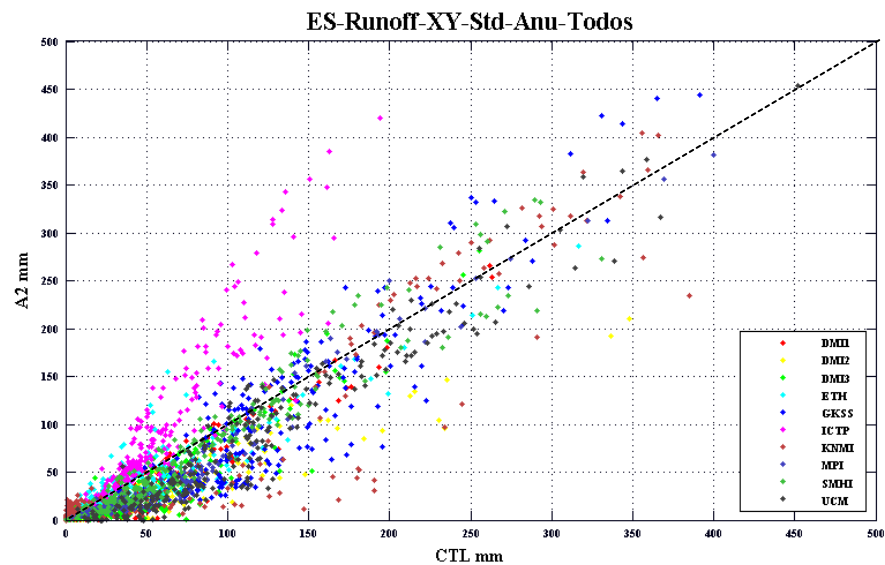
## Promedio de medias anuales de modelos

ES-Runoff-XY-Med-Anu-TodosM

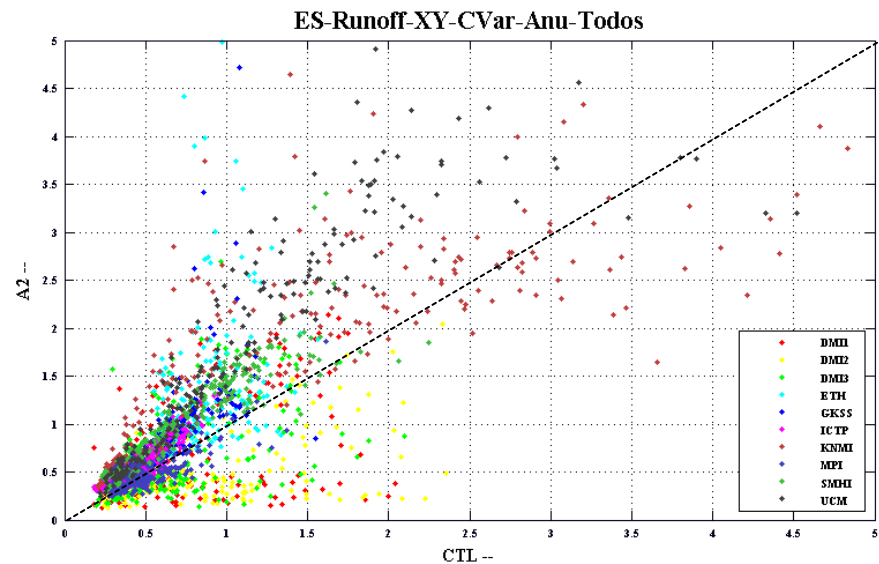


# Proyecciones PRUDENCE: Escorrentía

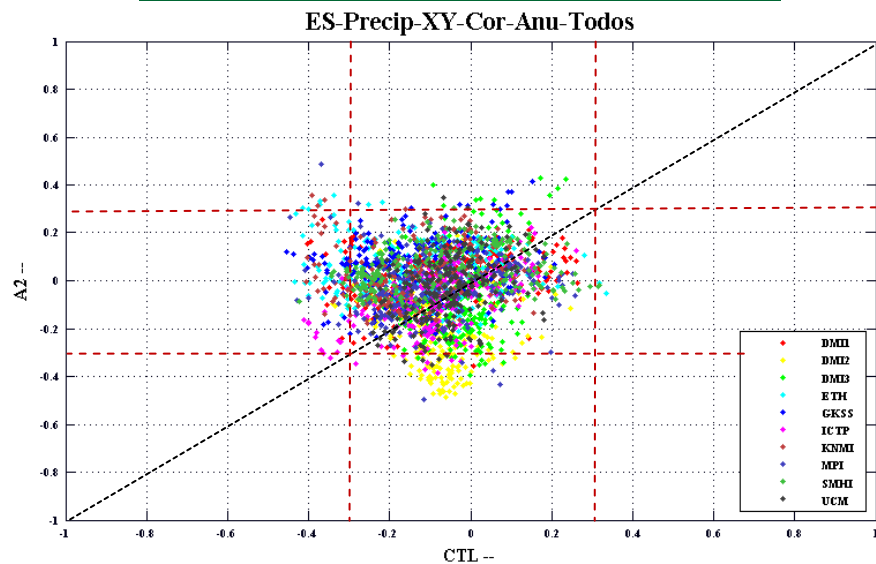
## Desviación típica anual



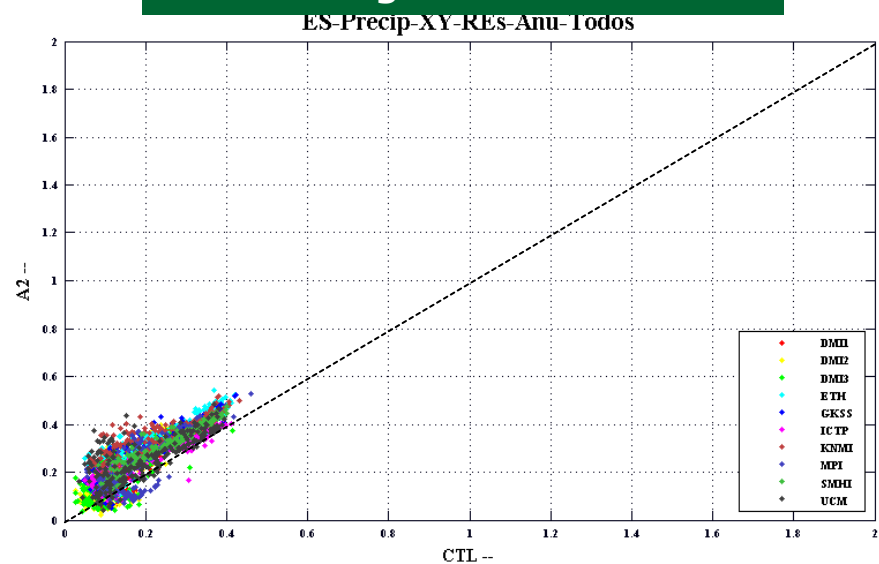
## Coefficiente de variación anual



## Autocorrelación anual

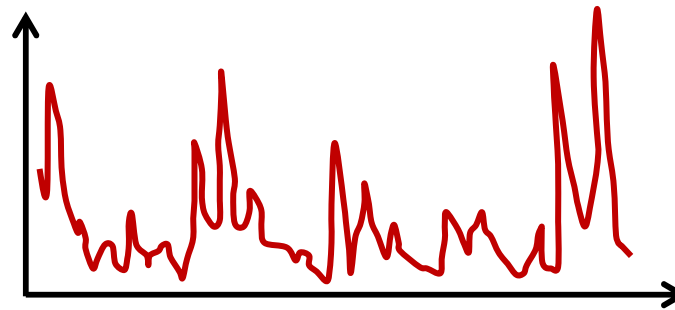


## Rango estacional



# Alteración de series

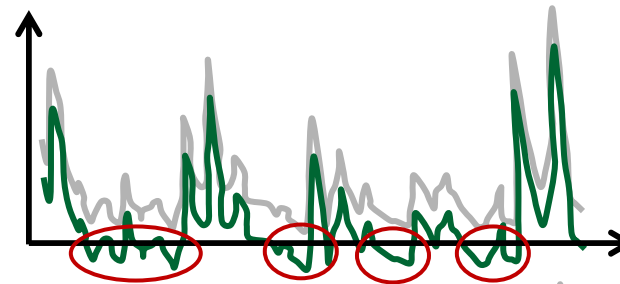
- **Serie original**



- **Series alteradas**

**Cambio de media**

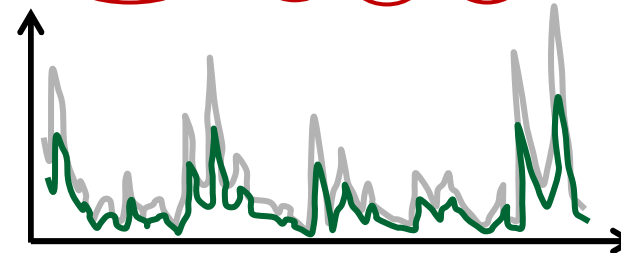
$$Y' = Y + \Delta\mu$$



*No se altera la  
varianza*  
*Problemas con  
valores negativos*

**Coeficiente**

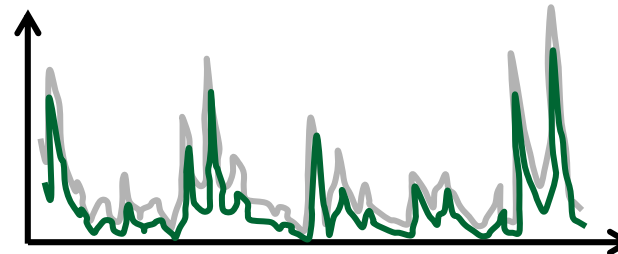
$$Y' = \frac{\mu + \Delta\mu}{\mu} Y$$



*La varianza se  
altera igual que  
la media*

**Cambio de media  
y varianza**

$$\begin{cases} y = \frac{Y - \mu}{\sigma} \\ Y' = (\sigma + \Delta\sigma)(y + \mu + \Delta\mu) \end{cases}$$

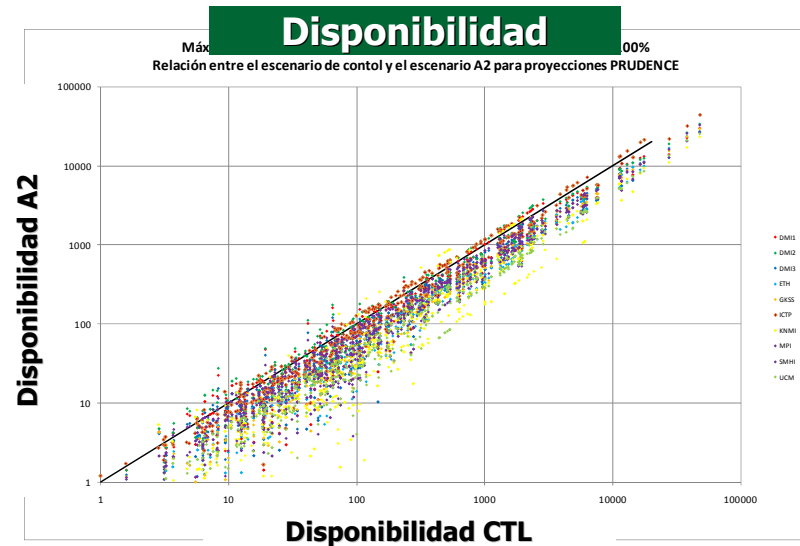
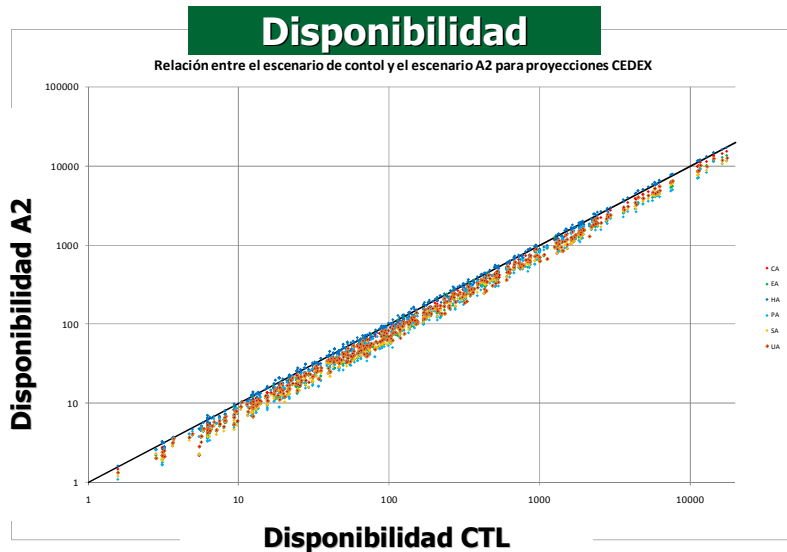
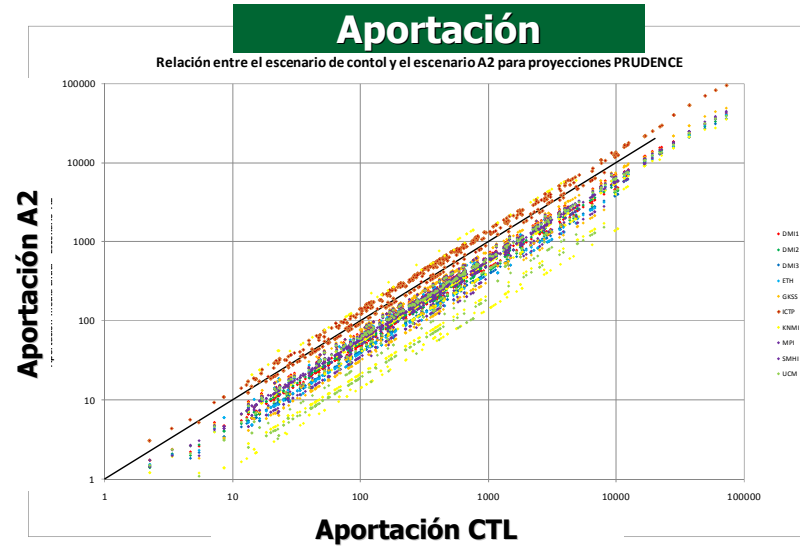
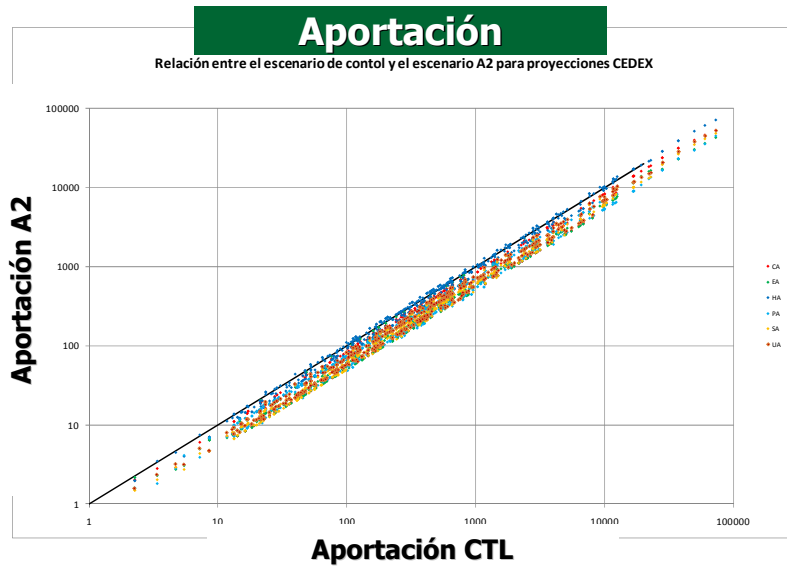


*Se ajusta la  
media y la  
varianza*

# Disponibilidad de agua según proyecciones

## Proyecciones CEDEX ( $\mu$ )

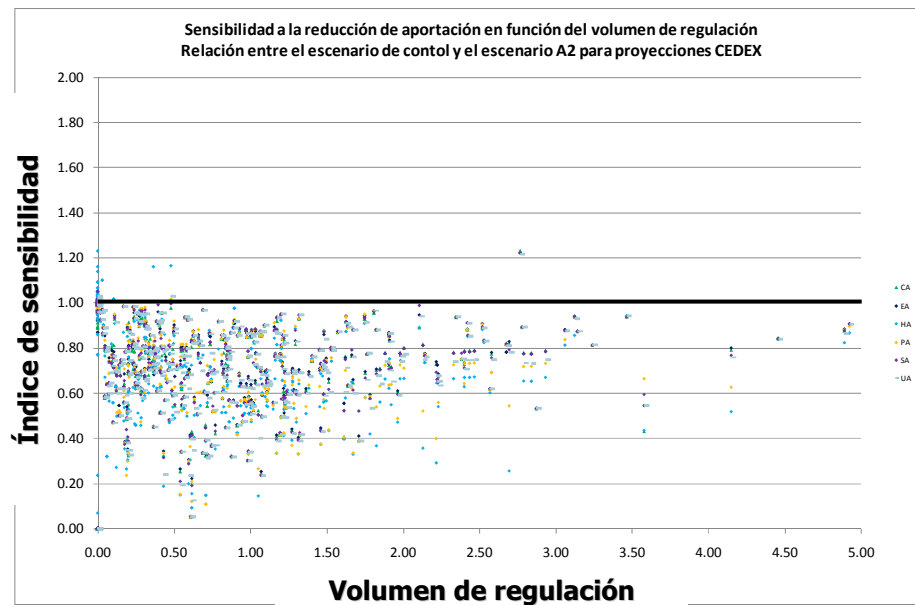
## Proyecciones PRUDENCE ( $\mu, \sigma$ )



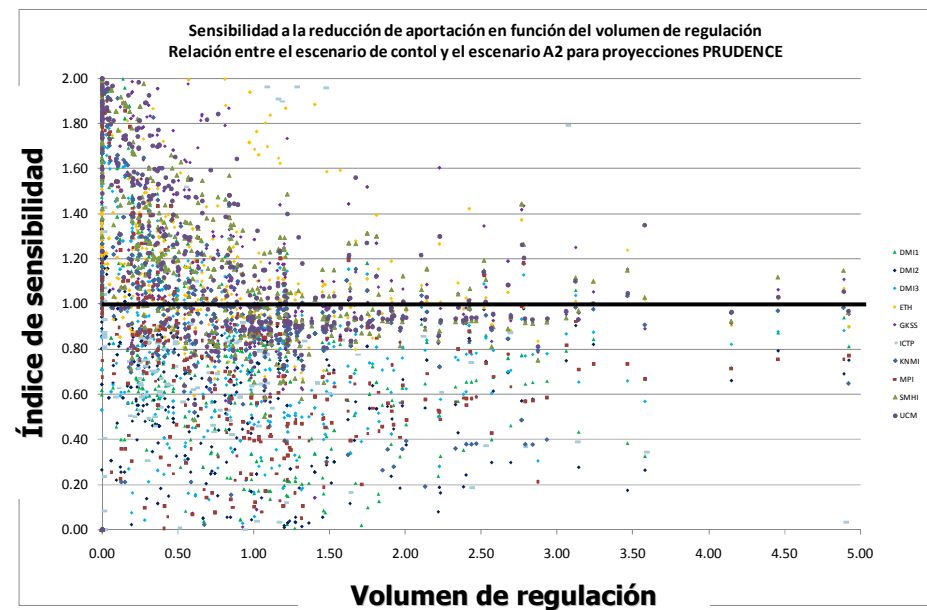
# Importancia de la variabilidad

Índice de sensibilidad  $I_s = \frac{\Delta \text{Disponibilidad}}{\Delta \text{Aportación}}$

## Proyecciones CEDEX ( $\mu$ )



## Proyecciones PRUDENCE ( $\mu, \sigma$ )



# Conclusiones

- **El impacto del cambio climático en los recursos hídricos se puede caracterizar a través del efecto en la disponibilidad de agua**
  - La disponibilidad se calcula con modelos de sistemas de explotación de recursos hídricos
- **Se necesitan series temporales de aportaciones a escala mensual**
  - Series disponibles en numerosos puntos a lo largo de la red fluvial
  - Mapa de escurrimiento mensual, para proceder a su integración espacial
- **Es importante caracterizar cómo cambia la variabilidad**
  - Variabilidad interanual
  - Variabilidad estacional