

IV Encuentro-Jornada Itinerante del CAA-AUGM en conmemoración de los 25 años de la
Asociación de Universidades del Grupo Montevideo

“Herramientas de diagnóstico, nuevas tecnologías de tratamiento y gestión del agua
ante nuevos escenarios climáticos”

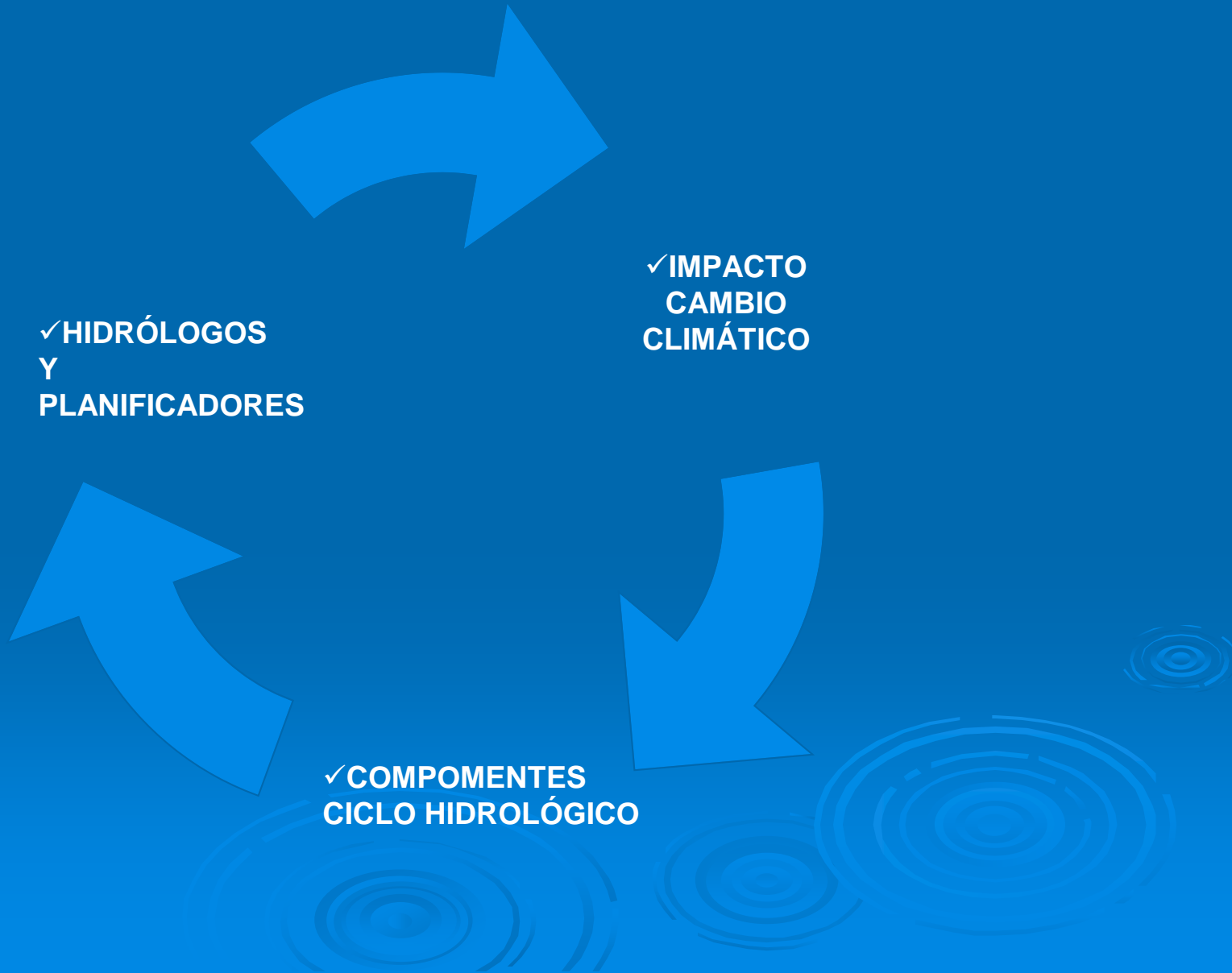
Viabilidad de detección de cambios en series hidrometeorológicas

Patricia M. López

Instituto Nacional del Agua - Centro Regional Andino



El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) se creó en 1988 con la finalidad de proporcionar evaluaciones integrales del estado de los conocimientos científicos, técnicos y socioeconómicos sobre el cambio climático, sus causas, posibles repercusiones y estrategias de respuesta



- ✓ ¿Podemos detectar señales de cambio en series hidrometeorológicas?
- ✓ ¿Cuál es la herramienta estadística?
- ✓ ¿Presenta problemas la prueba para la detección?
- ✓ Estudio de potencia de la prueba
- ✓ Estudio en cuencas de Mendoza

DETECCIÓN DE SEÑAL DE CAMBIOS EN SERIES HIDROMETEOROLÓGICAS



TENDENCIA

Numerosos autores han orientado sus estudios a la identificación de tendencia en series de variables hidrometeorológicas

- ✓ Estados Unidos (Lettenmaier *et al.*, 1994),
- ✓ Canadá (Westmacott y Burn, 1997; Cunderlik y Burn, 2002, 2004; Yue *et al.*, 2003)
- ✓ Suiza (Birsan *et al.*, 2005)
- ✓ Argentina (Seoane *et al.*, 2005; Vich *et al.*, 2006)



H_0 : x_1, \dots, x_n variables aleatorias independientes e idénticamente distribuidas

H_1 : distribuciones de x_k y x_j no son idénticas para todo $k, j \leq n$ y $k \neq j$

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \operatorname{sgn}(x_j - x_k) \quad \operatorname{sgn}(\theta) = \begin{cases} 1 & \text{si } \theta > 0 \\ 0 & \text{si } \theta = 0 \\ -1 & \text{si } \theta < 0 \end{cases}$$

bajo H_0 la distribución de S es asintóticamente normal con media cero y varianza σ_s^2

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sigma_s} & S > 0 \\ 0 & S = 0 \\ \frac{S+1}{\sigma_s} & S < 0 \end{cases}$$

PROBLEMAS DE LA PRUEBA PARA LA DETECCIÓN

AUTOCORRELACIÓN: problemas

- ✓ en la detección
- ✓ en la evaluación del nivel de significación

Positiva: tiende a aumentar la probabilidad de detección de tendencia cuando, en efecto, ésta no existe

Negativa: tiende a disminuirla

- Hamed y Rao (1998) definen una relación teórica para calcular la varianza
- Yue *et al.* (2002) presentan una técnica de pre-blanqueo (TFPW)

ESTUDIO DE POTENCIA DE LA PRUEBA

Análisis de Tendencia en Series Autocorrelacionadas (López et al., 2007)
Proyecto INA-CRA

$$X_t = A_t + T_t$$
$$A_t - \mu = \rho_1 (A_{t-1} - \mu) + \sigma (1 - \rho_1^2)^{0.5} \varepsilon_t$$
$$T_t = bt$$

μ media del proceso

σ^2 varianza

ρ_1 coeficiente de autocorrelación de retardo-1

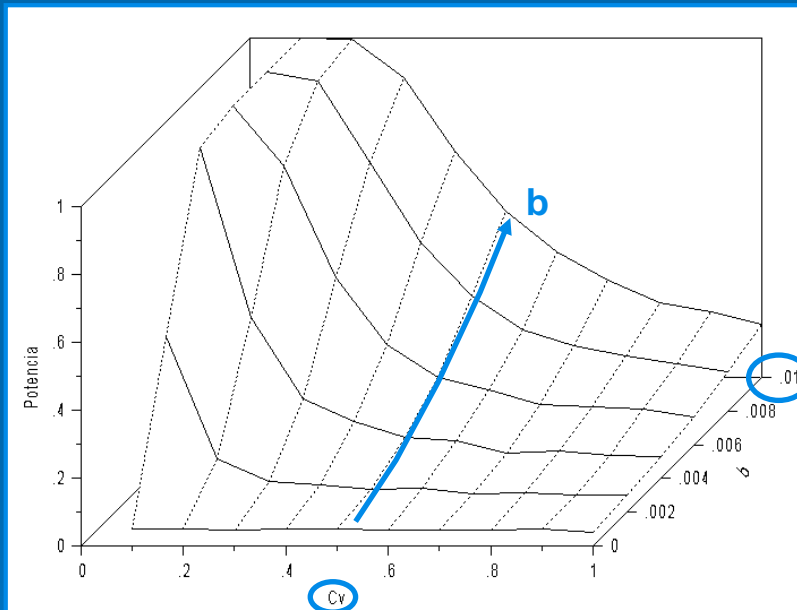
ε_t variable aleatoria Normal independiente con media cero y varianza uno

b magnitud de la tendencia

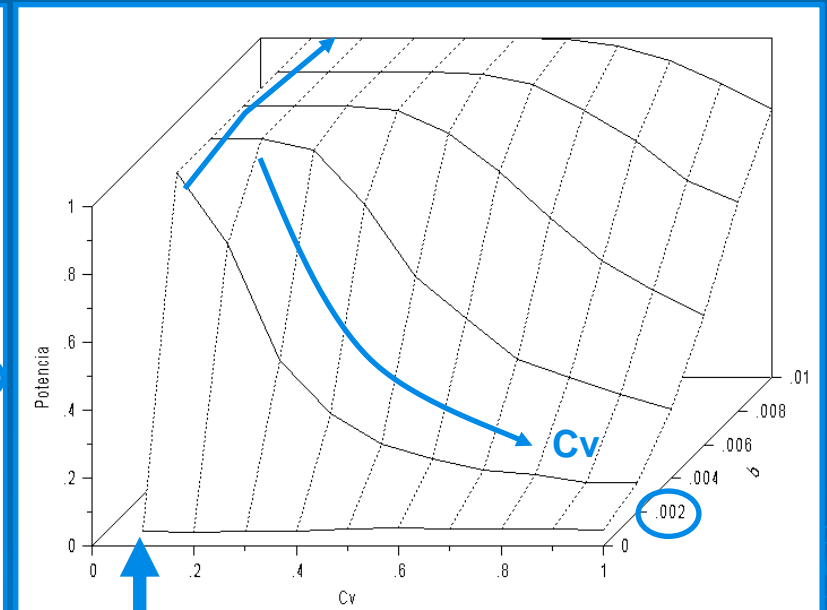
ESTUDIO DE POTENCIA DE LA PRUEBA

Series independientes

Potencia-Cv-magnitud para $\alpha = 0.05$



N = 50

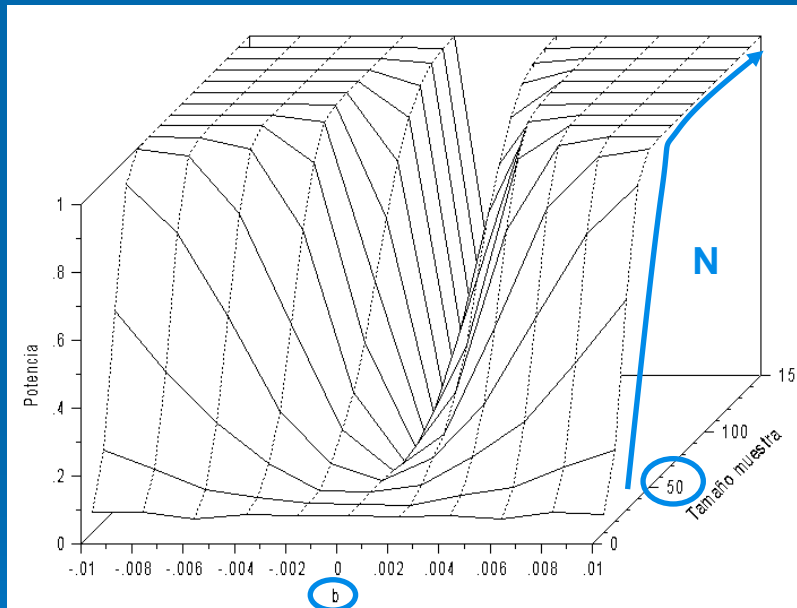


N = 100

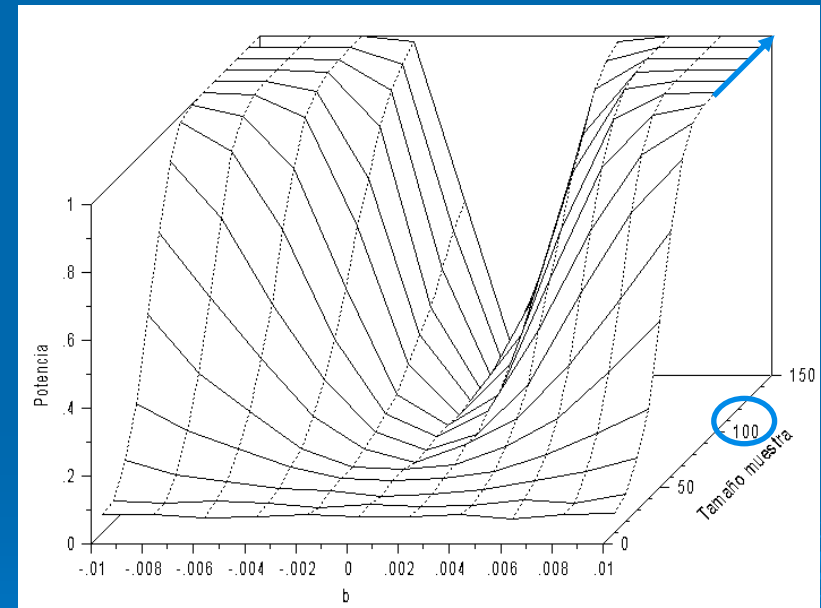
ESTUDIO DE POTENCIA DE LA PRUEBA

Series independientes

Potencia-magnitud-tamaño de muestra para $\alpha = 0.05$



$Cv = 0.2$

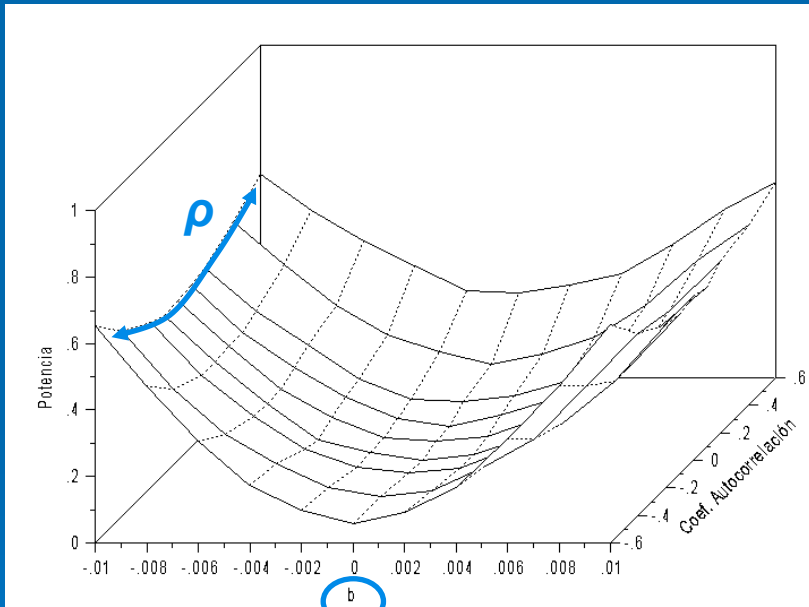


$Cv = 0.5$

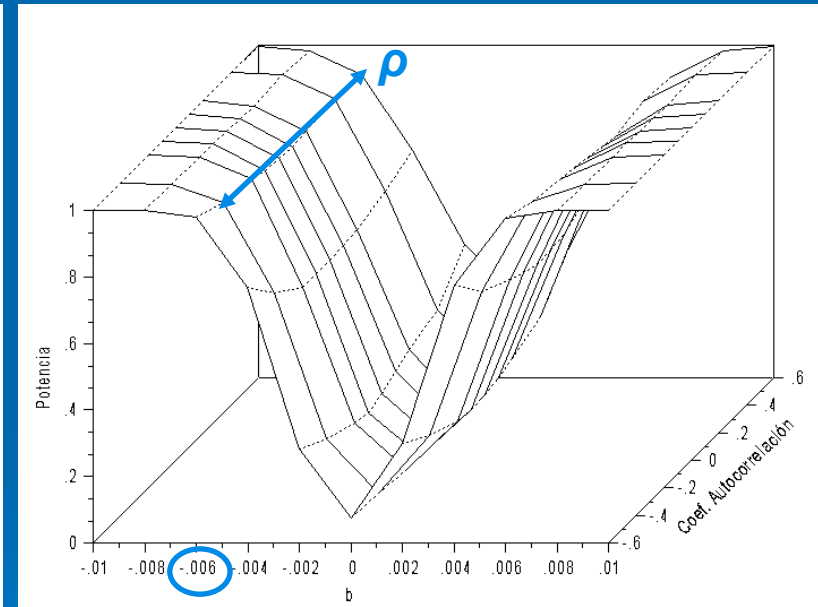
ESTUDIO DE POTENCIA DE LA PRUEBA

Series autocorrelacionadas técnica de pre-blanqueo (TFPW)

Potencia-magnitud-coeficiente de autocorrelación $Cv = 0.5$, $\alpha = 0.05$



$N = 50$

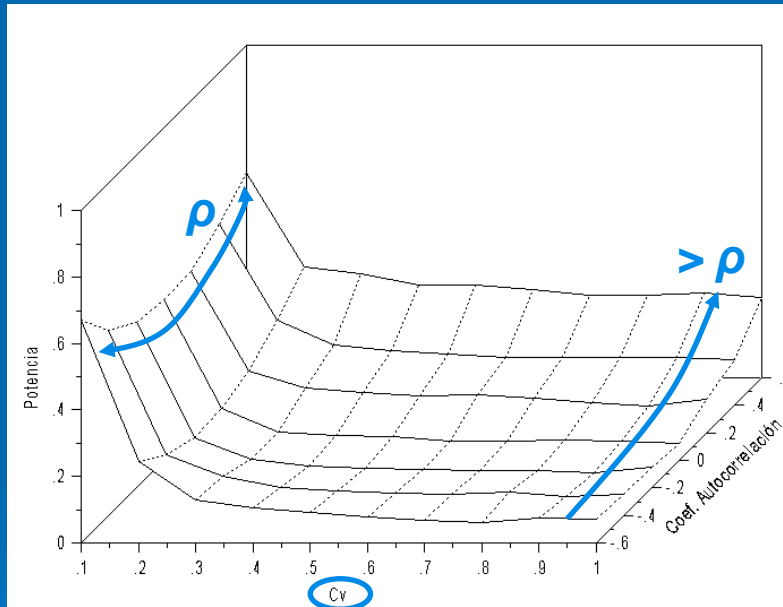


$N = 100$

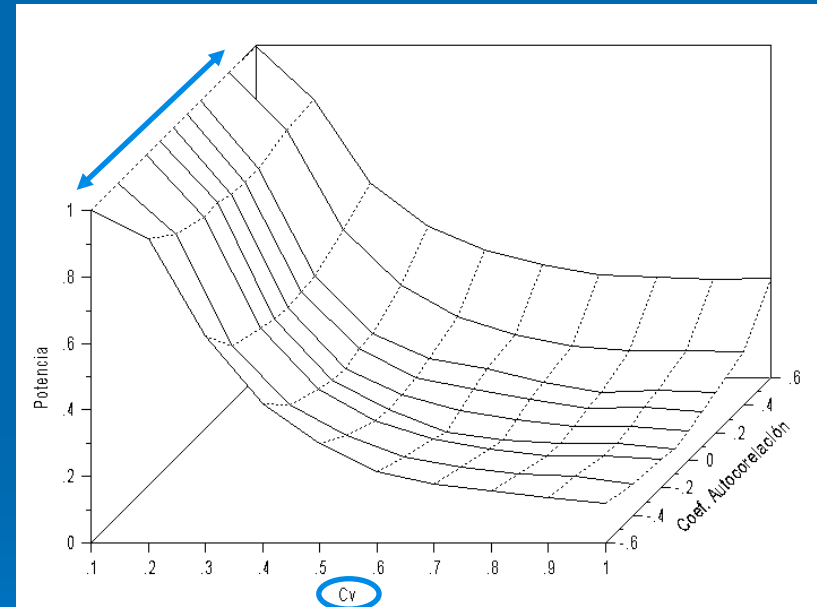
ESTUDIO DE POTENCIA DE LA PRUEBA

Series autocorrelacionadas técnica de pre-blanqueo (TFPW)

Potencia-Cv -coeficiente de autocorrelación para $b = 0.002$, $\alpha = 0.05$



$N = 50$

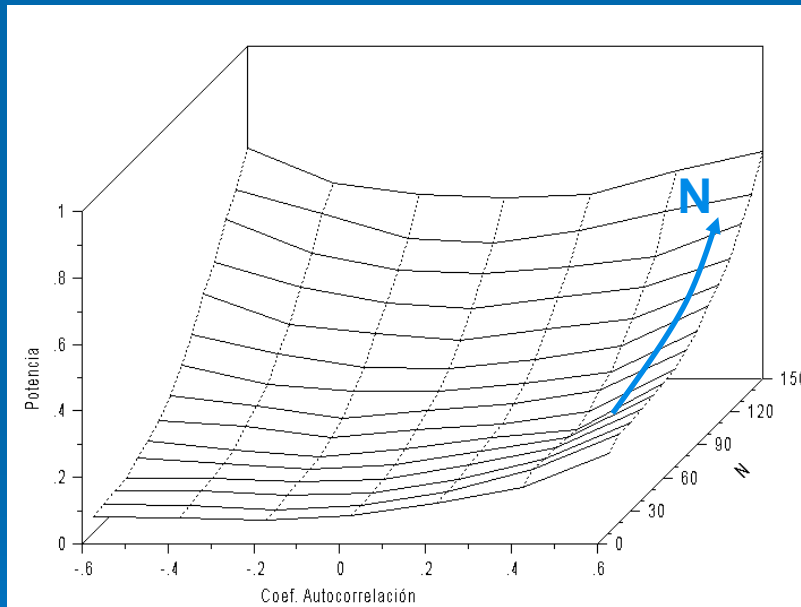


$N = 100$

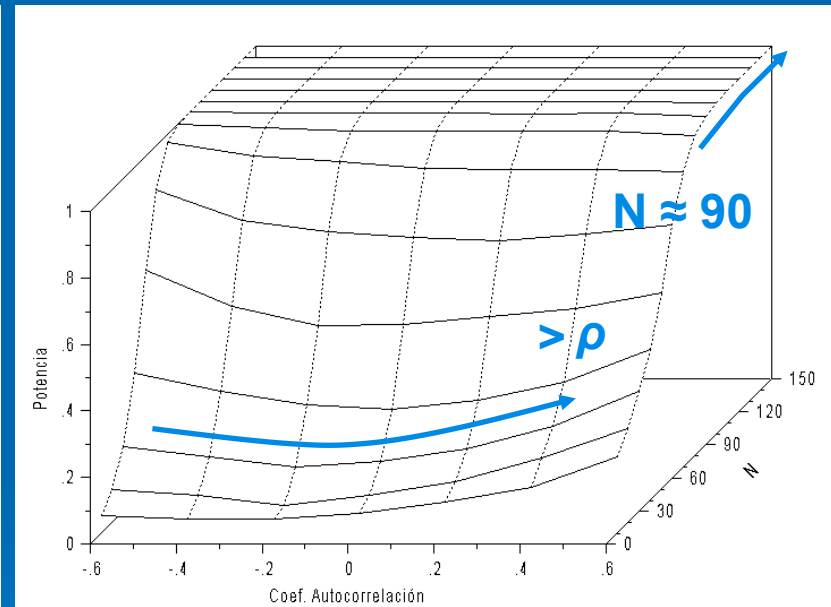
ESTUDIO DE POTENCIA DE LA PRUEBA

Series autocorrelacionadas técnica de pre-blanqueo (TFPW)

Potencia-coeficiente de autocorrelación- N para $Cv = 0.5$, $\alpha = 0.05$




$b = 0.002$



$b = 0.01$

ESTUDIO DE POTENCIA DE LA PRUEBA

Valores N necesarios para obtener potencias ≥ 0.90 para $\alpha=0.05$

| C_v | Tipo de serie | $ b $  | | | | |
|-------|-------------------|---|----------|----------|----------|---------|
| | | 0.002 | 0.004 | 0.006 | 0.008 | 0.01 |
| 0.1 | SI | 70 | 40-50 | 30-40 | 30 | 20-30 |
| | SA ⁽¹⁾ | 70-80 | 40-50 | 30-40 | 30 | 30 |
| | SA ⁽²⁾ | 70-100 | 50-60 | 40-50 | 30-40 | 30-40 |
| 0.3 | SI | 140-150 | 90-100 | 70 | 60 | 50 |
| | SA ⁽¹⁾ | 140-150 | 90-100 | 70 | 60 | 50 |
| | SA ⁽²⁾ | | 100-130 | 70-100 | 60-80 | 50-70 |
| 0.5 | SI | | 130 | 100 | 80-90 | 70 |
| | SA ⁽¹⁾ | | 120-130 | 100 | 80-90 | 70 |
| | SA ⁽²⁾ | | 140->150 | 100-140 | 90-120 | 70-100 |
| 0.7 | SI | | | 120-130 | 100 | 90 |
| | SA ⁽¹⁾ | | | 120-130 | 100 | 90 |
| | SA ⁽²⁾ | | | 130->150 | 110-140 | 90-130 |
| 0.9 | SI | | | 140-150 | 120 | 100-110 |
| | SA ⁽¹⁾ | | | 140-150 | 110-120 | 100-110 |
| | SA ⁽²⁾ | | | | 130->150 | 110-150 |

SI: Serie independiente. SA: Serie autocorrelacionada

⁽¹⁾: TFPW. ⁽²⁾: MK modificada

*Trend detection in the water regime
the main rivers of the Province of
Mendoza, Argentina*
(Vich et al., 2007)

Efecto autocorrelación corregido
(Hamed y Rao, 1998)

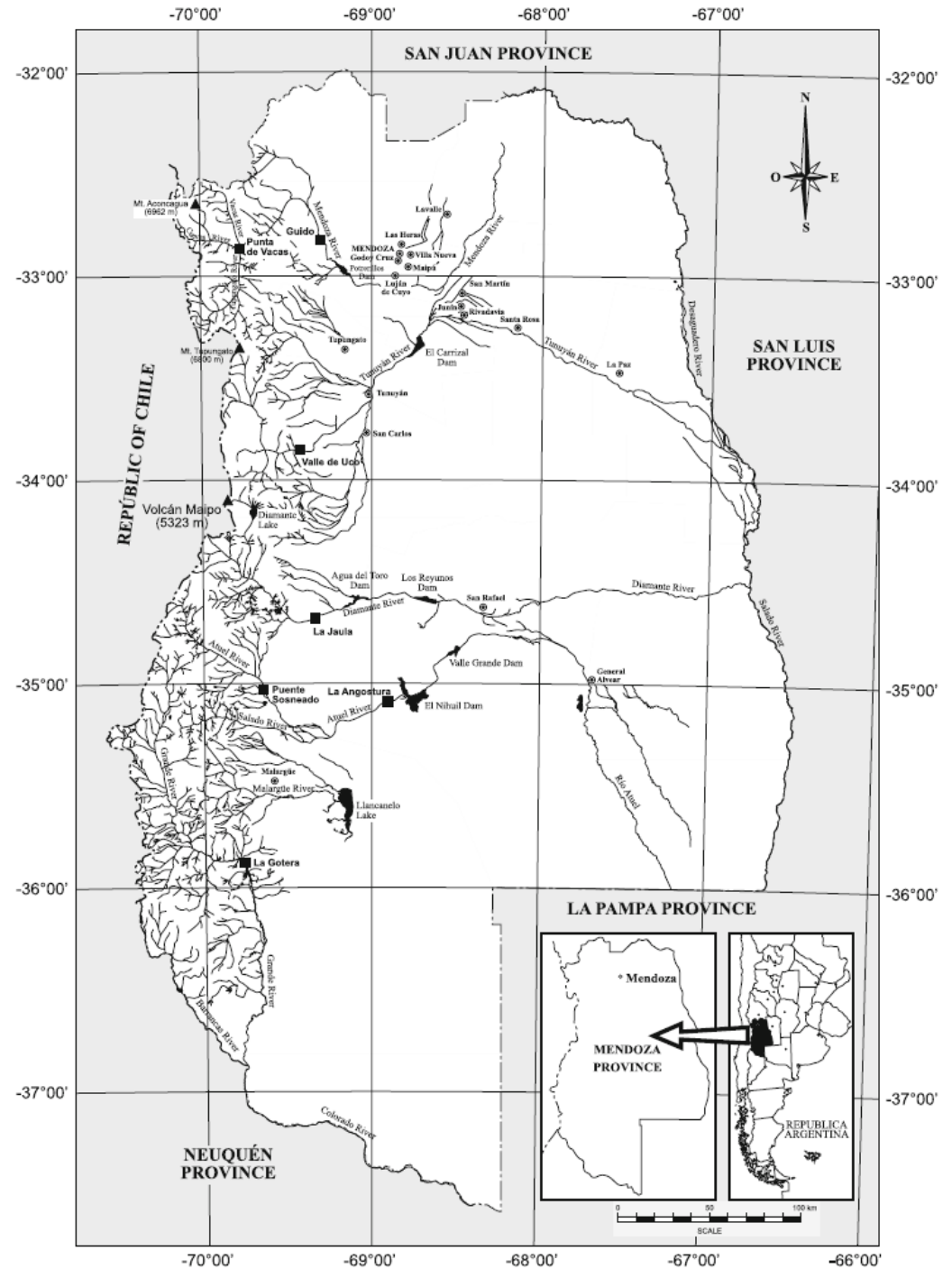
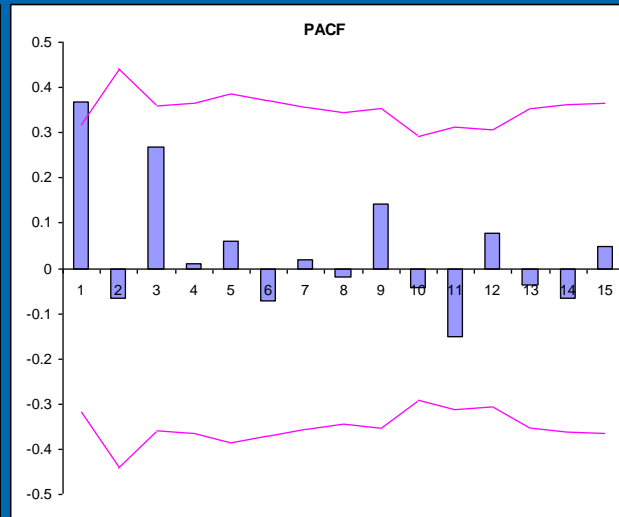
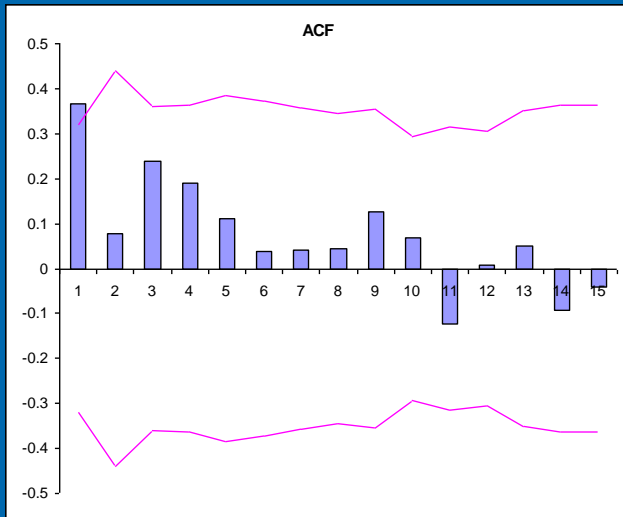


Table 1 Gauging station network

| River | Station | ID | Record | Area (km ²) | Altitude (m) |
|-----------|-----------------|-------|-----------|-------------------------|--------------|
| Vacas | Punta de Vacas | VAC ← | 1949–2001 | 3050.0 | 2450.0 |
| Cuevas | Punta de Vacas | CUE | 1955–2001 | 680.0 | 2430.0 |
| Tupungato | Punta de Vacas | TUP ← | 1949–2001 | 1800.0 | 2430.0 |
| Mendoza | Guido | GUI | 1956–2001 | 8180.0 | 1550.0 |
| Tunuyán | Valle de Uco | TUN | 1944–2001 | 2380.0 | 1200.0 |
| Diamante | La Jaula | DIA | 1971–2001 | 2753.0 | 1500.0 |
| Atuel | Puente Sosneado | PSO | 1972–2001 | 2385.0 | 1580.0 |
| Atuel | La Angostura | LAN ← | 1906–2001 | 3800.0 | 1200.0 |
| Grande | La Gotera | GRA | 1973–2001 | 6180.0 | 1400.0 |

Tendencia positiva en caudal medio diario mínimo estadísticamente significativa ($\alpha = 0.05$)

Caudal medio diario mínimo: Análisis actual

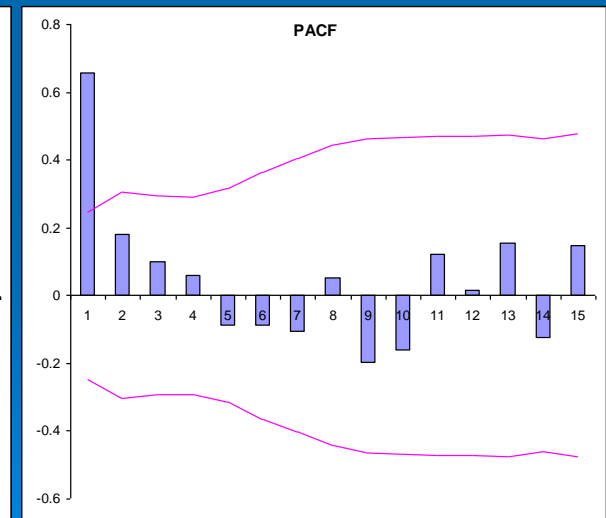
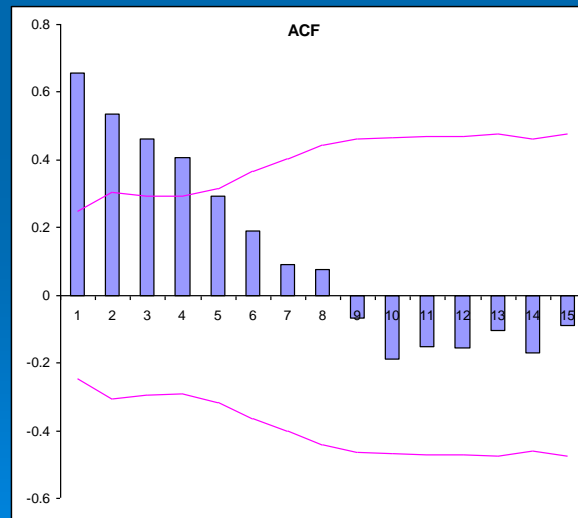


Río Tupungato, estación
Punta de Vacas (1954-2014)
Faltantes 10

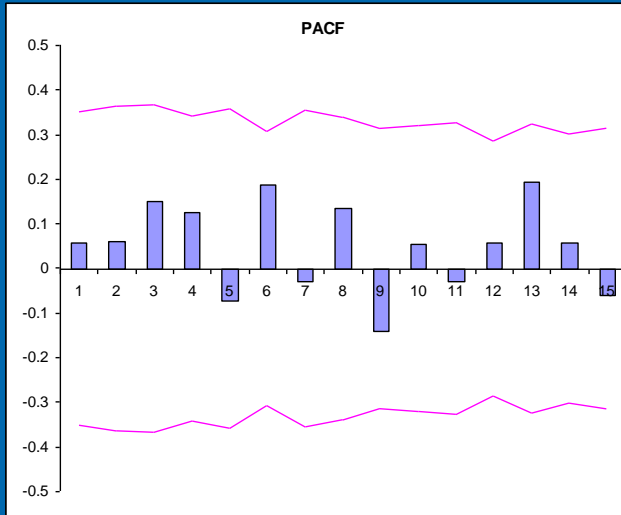
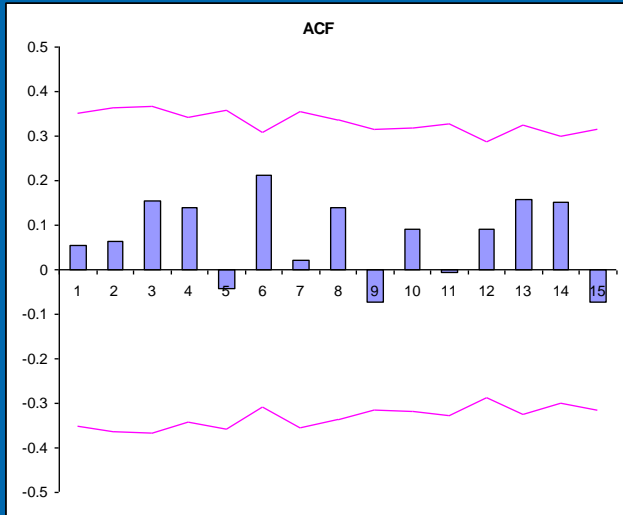
AR(1)

Río Mendoza, estación
Guido (1956-2014)

AR(1)



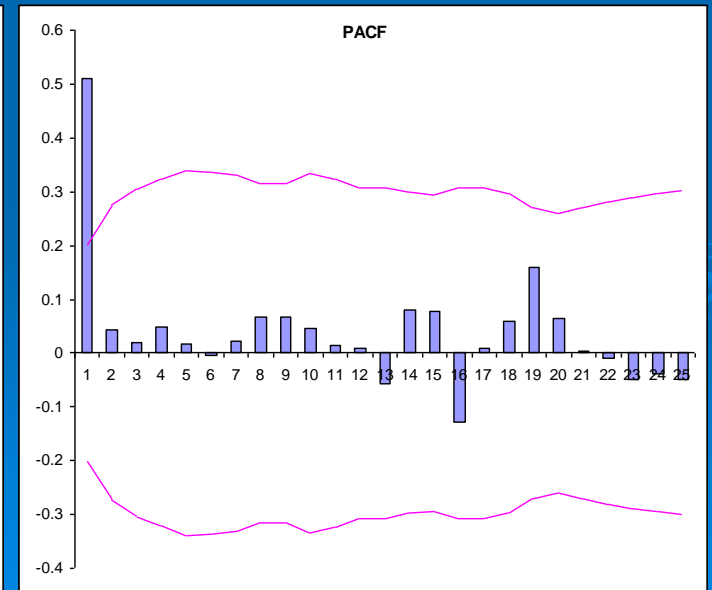
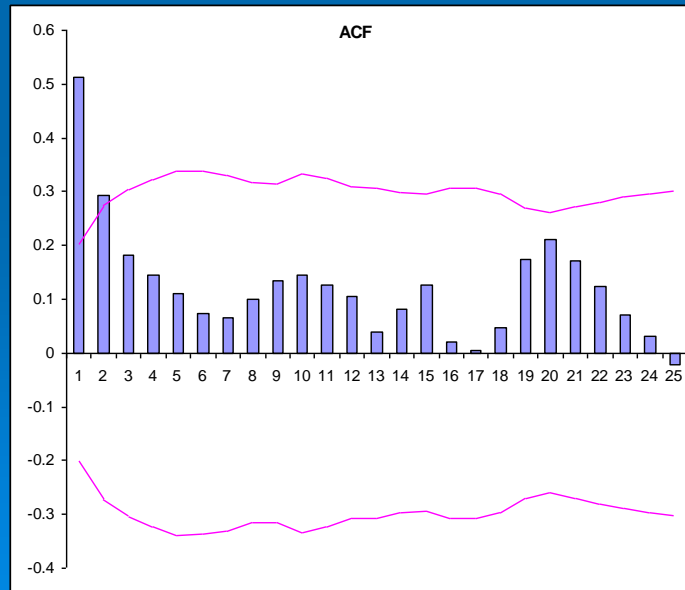
Caudal medio diario mínimo: Análisis actual



Río Tunuyán, estación Valle de Uco (1954-2014)

Río Atuel, estación La Angostura (1916-2014)

AR(1)



Resultados 2016

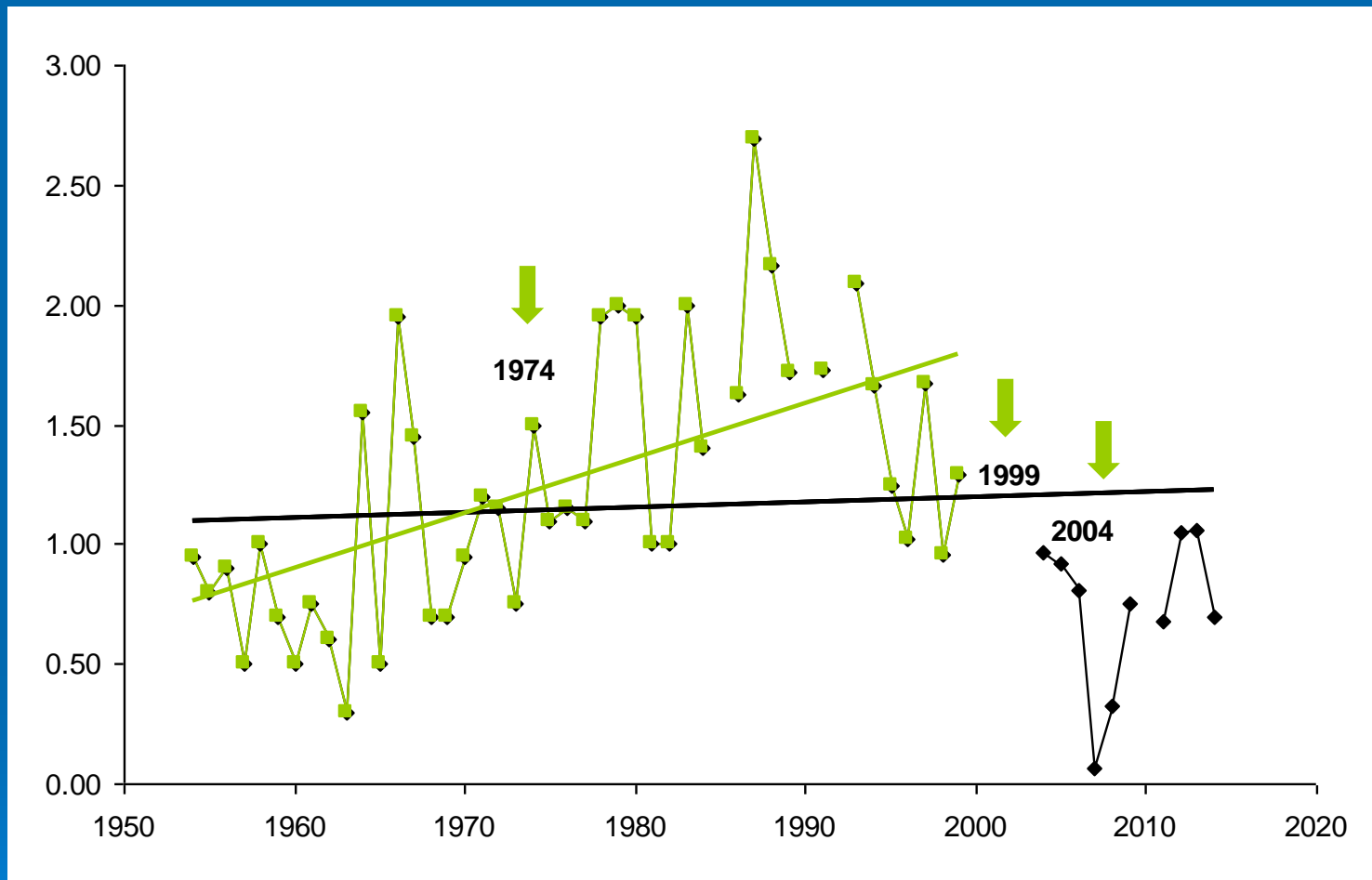


| Río | Estación | Registro | | | Q med (m³/s) | Cv | ρ_1 | B | Z | Pval% | | | |
|-------------|----------------|----------|------|-----|--------------|-------|----------|--------|--------|-------|-------|----|------|
| | | Inicio | Fin | S/D | | | | | | | | | |
| → Tupungato | Punta de Vacas | 1954 | 2014 | 10 | 51 | 6.30 | 0.28 | 0.367 | 0.005 | 2.28 | 2.26 | >0 | 70 |
| | Cuevas | 1955 | 2014 | 4 | 56 | 2.20 | 0.38 | 0.382 | 0.000 | 0.03 | 97.61 | | |
| | Vacas | 1954 | 2014 | 8 | 53 | 1.16 | 0.48 | 0.525 | 0.003 | 0.95 | 34.21 | | >120 |
| → Mendoza | Guido | 1956 | 2014 | 0 | 59 | 17.11 | 0.29 | 0.657 | 0.005 | 3.17 | 0.15 | >0 | 70 |
| | Tunuyan | 1954 | 2014 | 0 | 61 | 8.46 | 0.28 | 0.056 | 0.004 | 1.86 | 6.29 | | 90 |
| | Diamante | 1971 | 2014 | 1 | 43 | 14.34 | 0.24 | 0.499 | -0.002 | -1.02 | 30.77 | | 110 |
| → Atuel | La Angostura | 1916 | 2014 | 0 | 99 | 15.72 | 0.32 | 0.512 | 0.003 | 3.42 | 0.06 | >0 | 100 |
| | Atuel | 1972 | 2014 | 4 | 39 | 14.97 | 0.29 | 0.363 | -0.006 | -1.51 | 10.10 | | 70 |
| | Grande | 1973 | 2012 | 5 | 35 | 37.64 | 0.22 | 0.1162 | 0.001 | 0.30 | 76.42 | | |

Tendencia positiva en caudal medio diario mínimo estadísticamente significativa ($\alpha = 0.05$)

- ✓ Correspondencia con los resultados obtenidos en 2007 salvo en Vacas
- ✓ Se agrega Mendoza
- ✓ Tendencia negativa en ríos Diamante y Atuel (Pte. Sosneado) no significativa

Río Vacas



¿Es viable la detección de señales de cambio climático en series de variables hidrometeorológicas?

¡Depende de varios factores!

- ✓ Período analizado
- ✓ Magnitud de la tendencia (b) y el tamaño de la muestra analizada (N)
- ✓ Variación interna de la serie, medida por su coeficiente de variación (Cv)
- ✓ Series que presentan autocorrelación: técnica de pre-blanqueo
Yue *et al.* (2002)

¡Muchas gracias!

pmlopez@ina.gob.ar

