

Análisis de Escalabilidad de parámetros hidrológicos con base en la variabilidad a escala puntual

Félix Francés¹

Miguel Barrios²

¹ **Universidad Politécnica de Valencia, España**

² **Universidad del Tolima, Colombia**

Oporto, 2009

Introducción

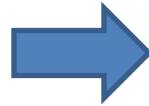
Problemas de escala en hidrología



- Heterogeneidad de parámetros
- Carencia de datos observados
- Información en diferentes soportes
- Diferentes procesos dominantes a diferentes escalas
- Imposición de escala por limitaciones computacionales

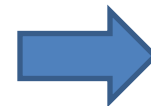
Introducción

Métodos de
escalamiento



- Cambiar la representación matemática del flujo a diferentes escalas
- Parámetro promedio
- Parámetros Efectivos**

- No Estacionarios
- Sin soporte físico
- No siempre son equivalentes al valor promedio a escala puntual



Alta
incertidumbre en
las predicciones

Introducción

Es típico recurrir al enfoque *calibración – validación* de las *variables de salida* del sistema hidrológico.

No contrasta el comportamiento de las *variables de estado*.

Múltiples soluciones satisfacen la función objetivo (menos restricciones).

Equifinalidad

Objetivos

- Analizar el efecto de la heterogeneidad a nivel de escala puntual sobre los parámetros efectivos a escala de celda.
- Analizar el efecto de la incertidumbre a escala puntual sobre la estimación de parámetros efectivos a escala de celda.
- Proponer un modelo matemático que relacione los parámetros físicos con los parámetros efectivos.

Materiales y Métodos

Modelo Hidrológico TETIS: Es un modelo conceptual y distribuido donde los procesos hidrológicos son representados por el enfoque de tanques (Francés et. al. 2007).

Parámetros objeto de análisis:

Capacidad máxima de almacenamiento estático (h)

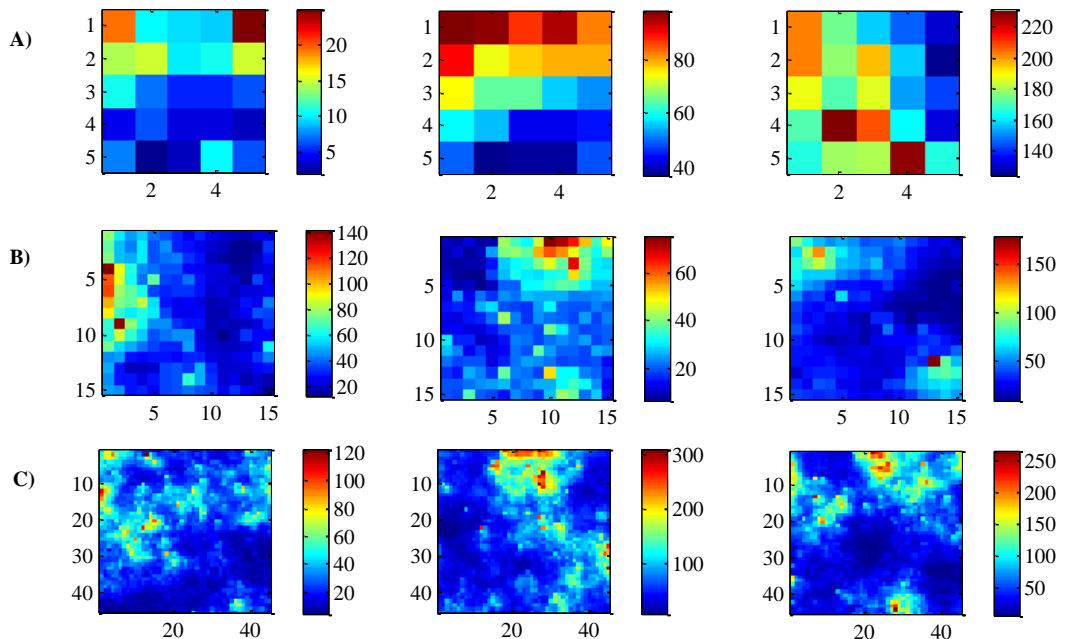
Conductividad hidráulica saturada (k)

Materiales y Métodos

Variabilidad a escala puntual:

- Suelos con una distribución lognormal de “ h ” y “ k ” (Técnica Hipercubo Latino).
- Dependencia espacial exponencial (Descomposición de Cholesky).

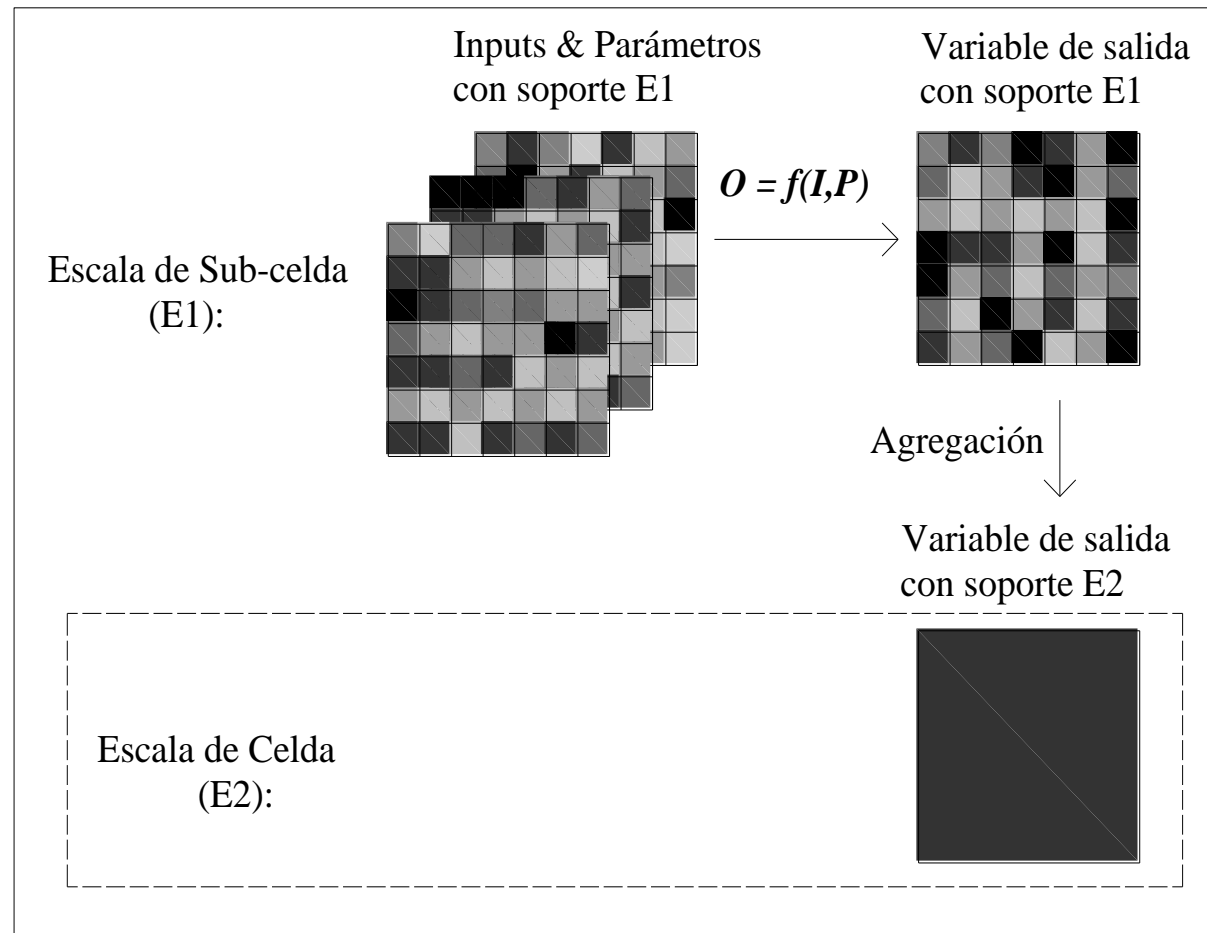
- A)** Celdas de 10x10m².
B) Celdas de 30x30m².
C) Celdas de 90x90m².



Materiales y Métodos

Parámetros Efectivos: Solución del problema inverso

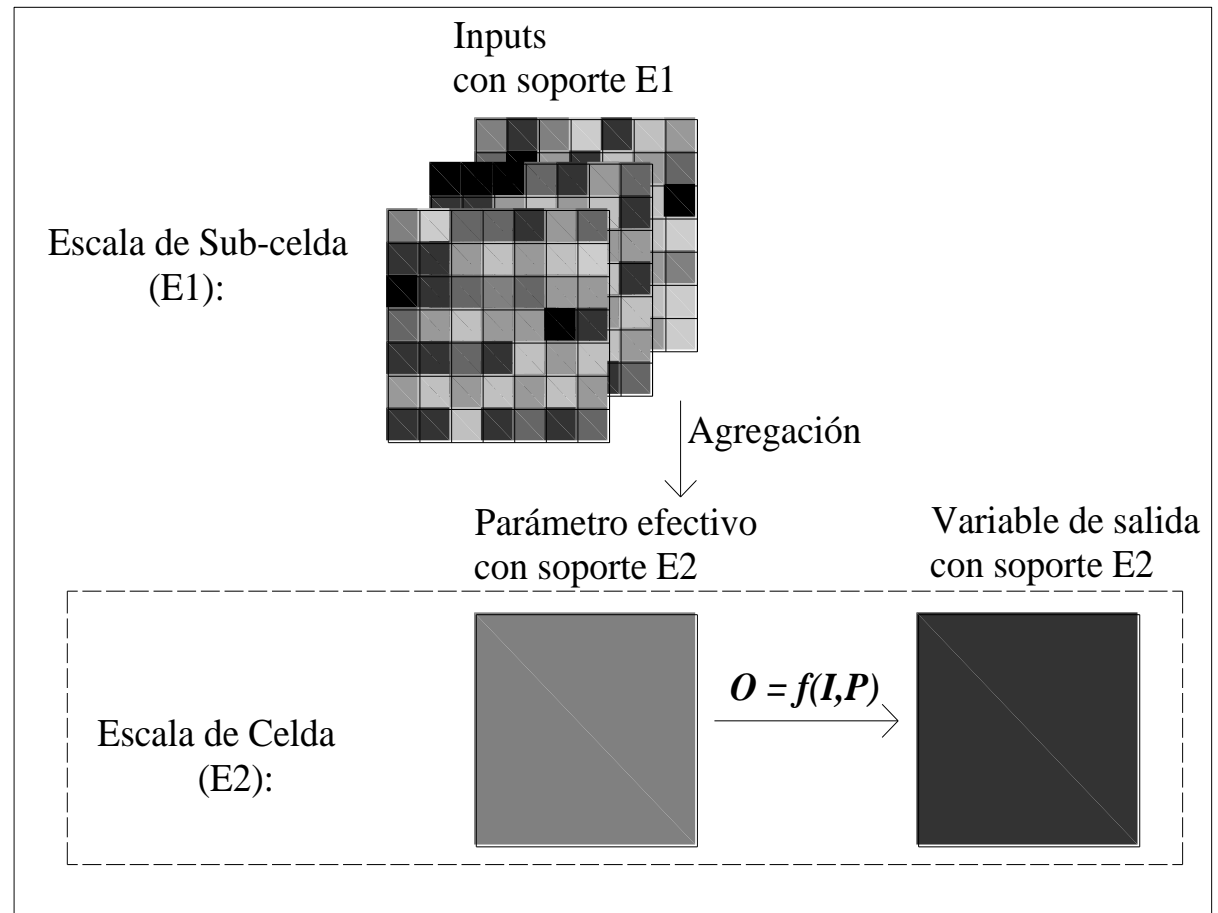
Primer paso:



Materiales y Métodos

Parámetros Efectivos: Solución del problema inverso

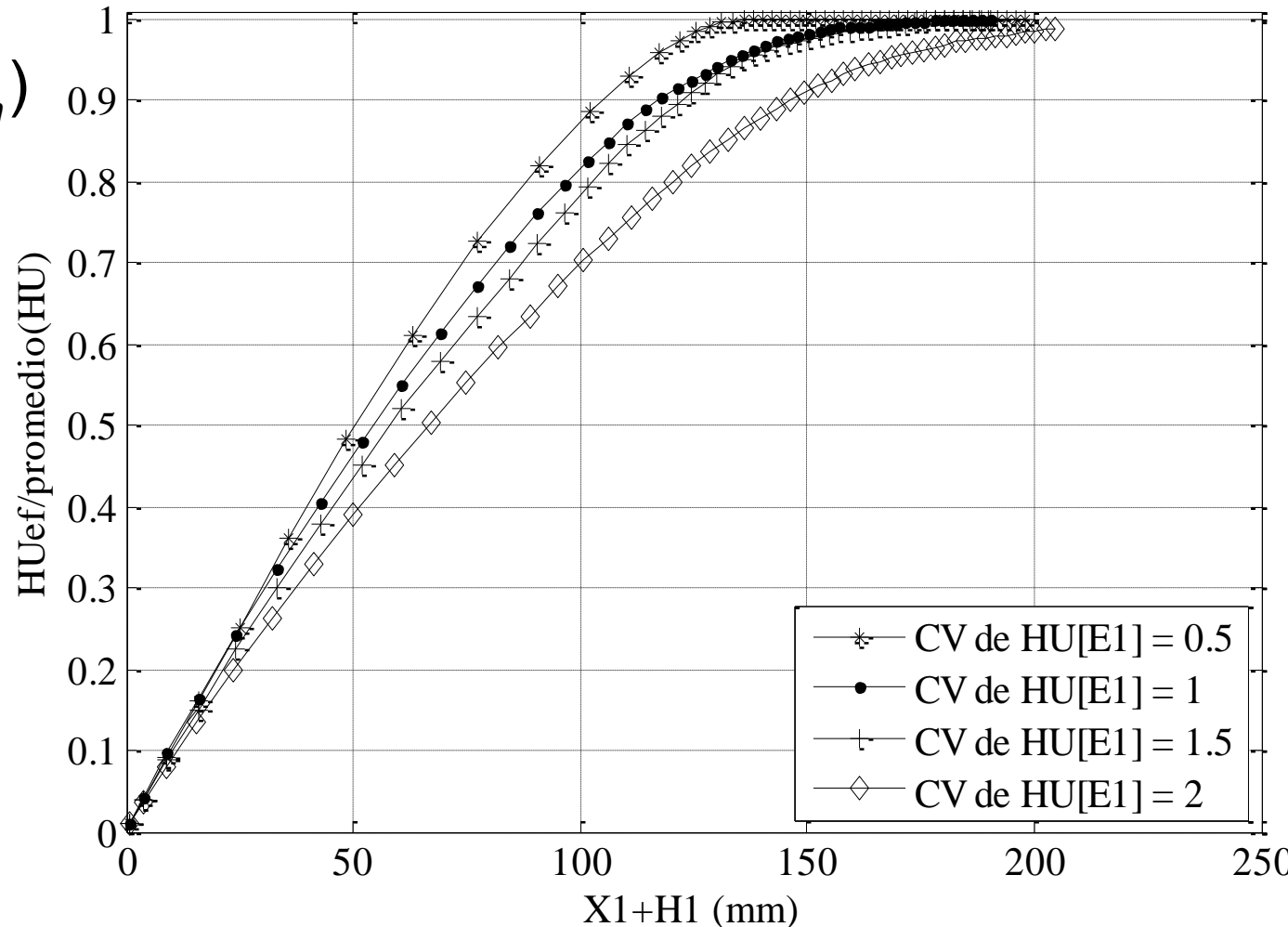
Segundo paso:



Resultados y Discusión

Efecto de la variabilidad a escala puntual:

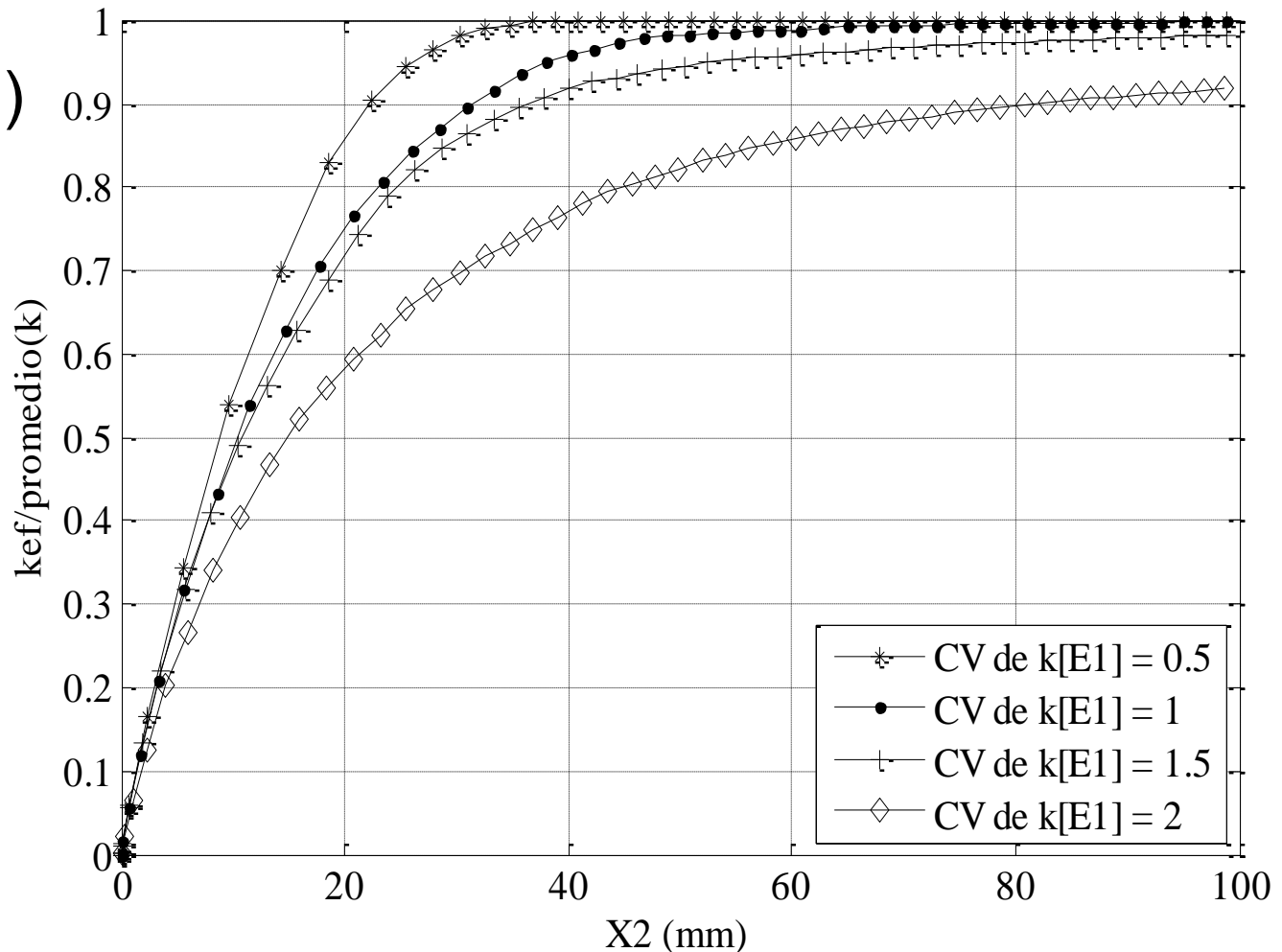
$$h_{ef} = f(x_1, H_1, \bar{h}, cv_h)$$



Resultados y Discusión

Efecto de la variabilidad a escala puntual:

$$k_{ef} = f(x_2, \bar{k}, cv_k)$$



Resultados y Discusión

Transferencia de incertidumbre:

(de escala puntual hacia escala de celda)

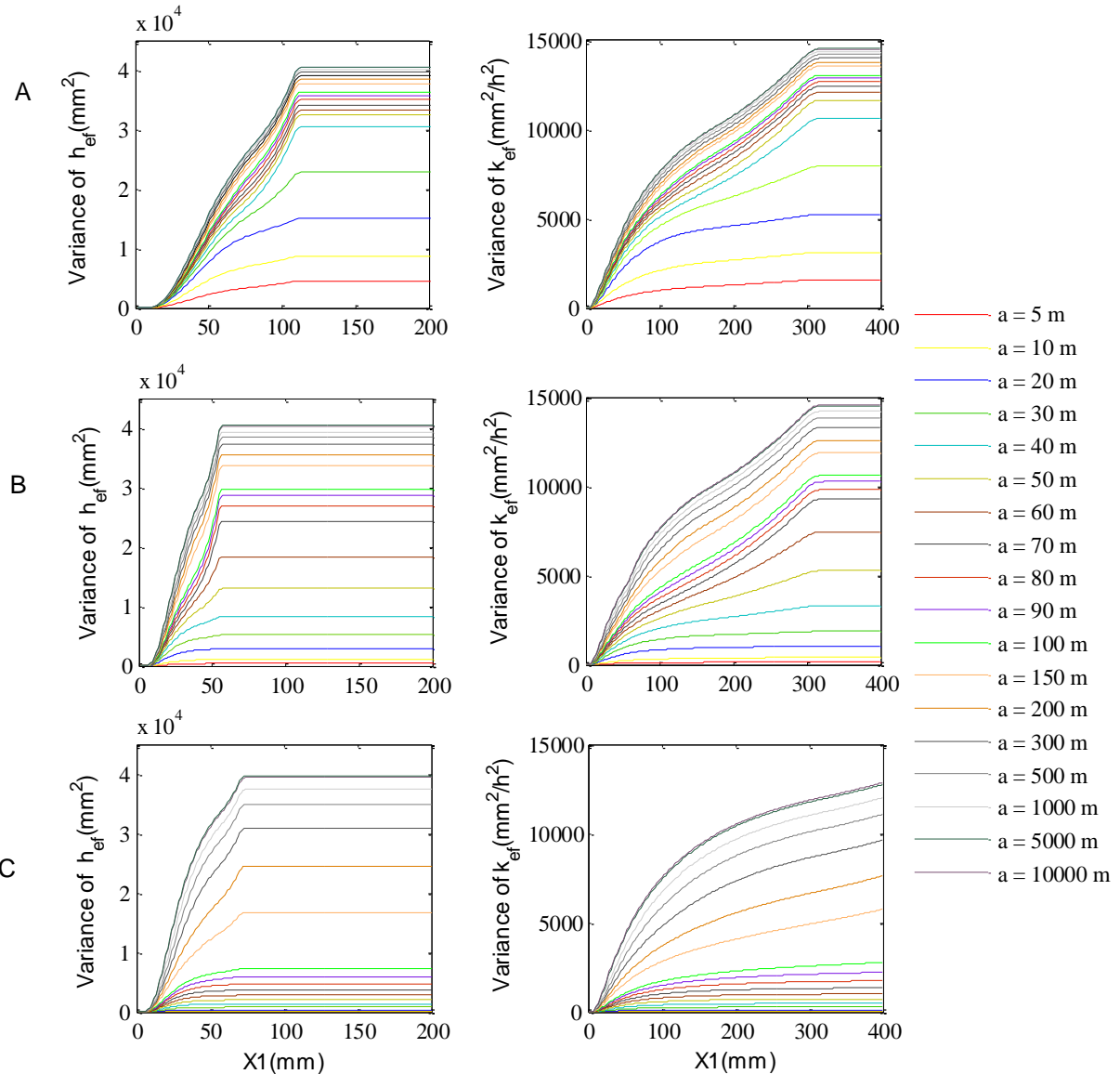
$$\lim_{a \rightarrow \infty} \text{Var}(h_{ef}) = \text{Var}(h)$$

$$\lim_{a \rightarrow \infty} \text{Var}(k_{ef}) = \text{Var}(k)$$

A) Celdas de 10x10m².

B) Celdas de 30x30m².

C) Celdas de 90x90m².



Resultados y Discusión

Modelos de escalamiento de "h" y "k":

$$h_{ef\langle t \rangle} = (X_{1\langle t \rangle} + H_{1\langle t \rangle}) \left\{ 1 - \Phi \left[\frac{\ln(X_{1\langle t \rangle} + H_{1\langle t \rangle}) - \mu_h}{\sigma_h} \right] \right\} +$$
$$\bar{h} \times \left\{ \Phi \left[\frac{\ln(X_{1\langle t \rangle} + H_{1\langle t \rangle}) - \mu_h}{\sigma_h} - \omega_1 \mu_h \omega_2 \sigma_h \right] \right\}$$

$$\omega_1 = 0,93 \quad \omega_2 = -0,47$$

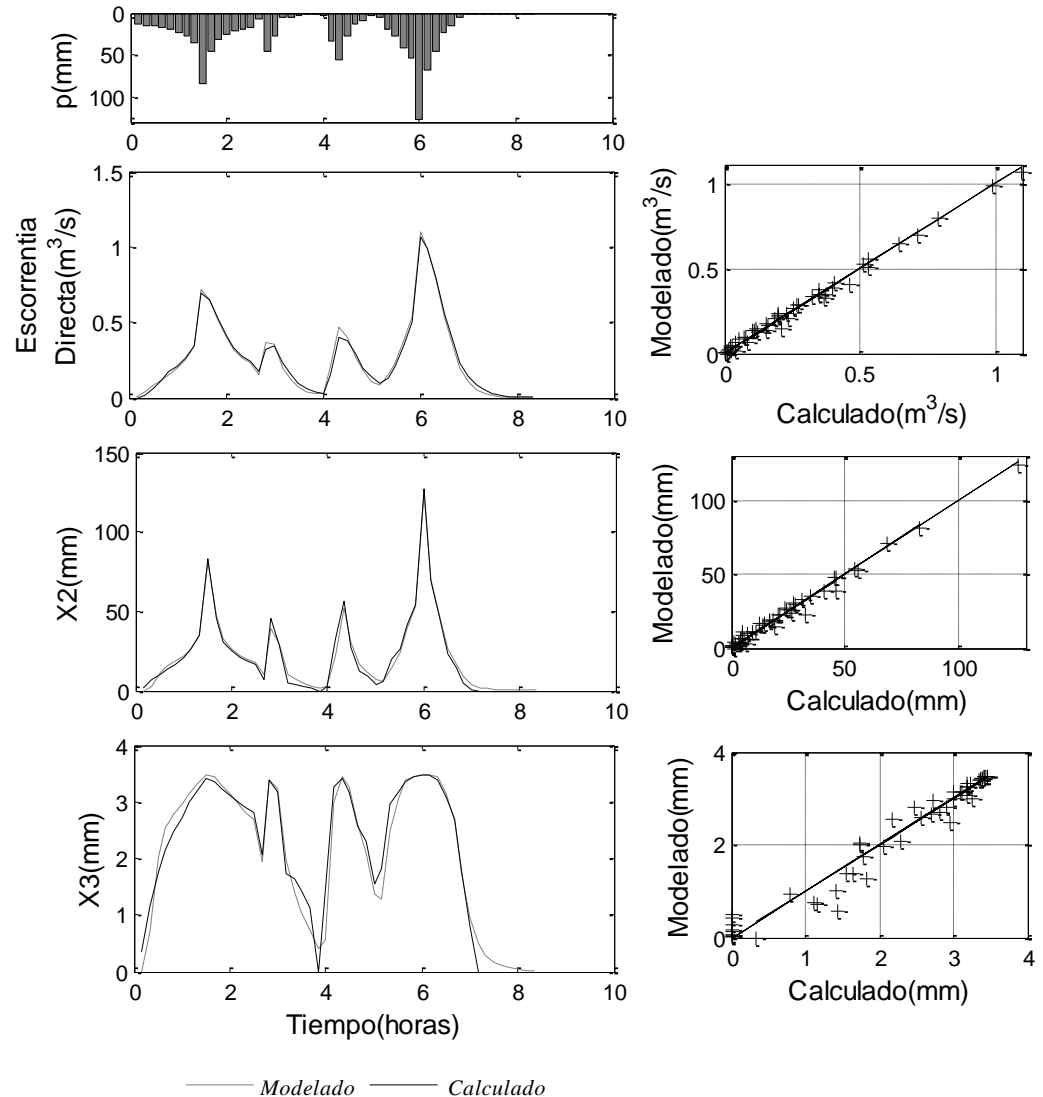
$$k_{ef\langle t \rangle} = \bar{k} \times \left\{ \varepsilon(X_{2\langle t \rangle}, \alpha \times \sigma_k) \right\} - X_{2\langle t \rangle} \times \left\{ \varepsilon(X_{2\langle t \rangle}, \alpha \times \sigma_k) \right\}$$

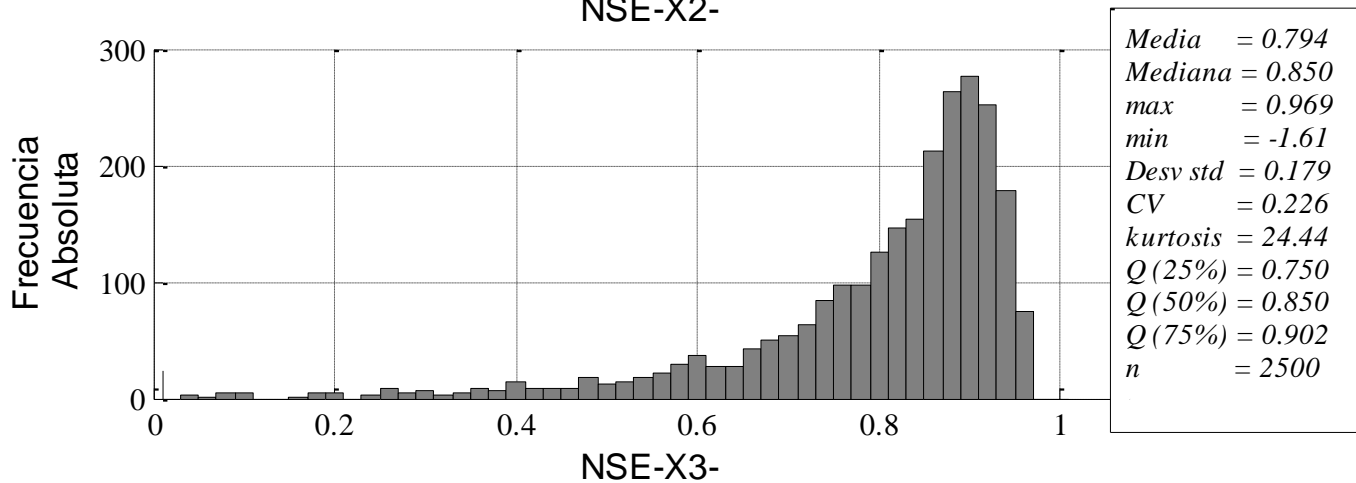
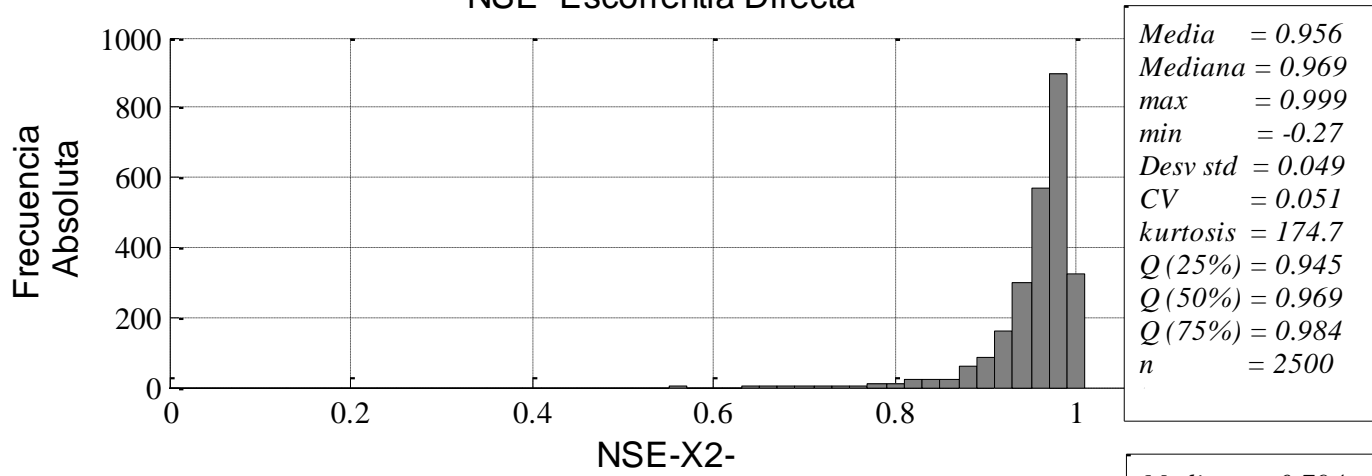
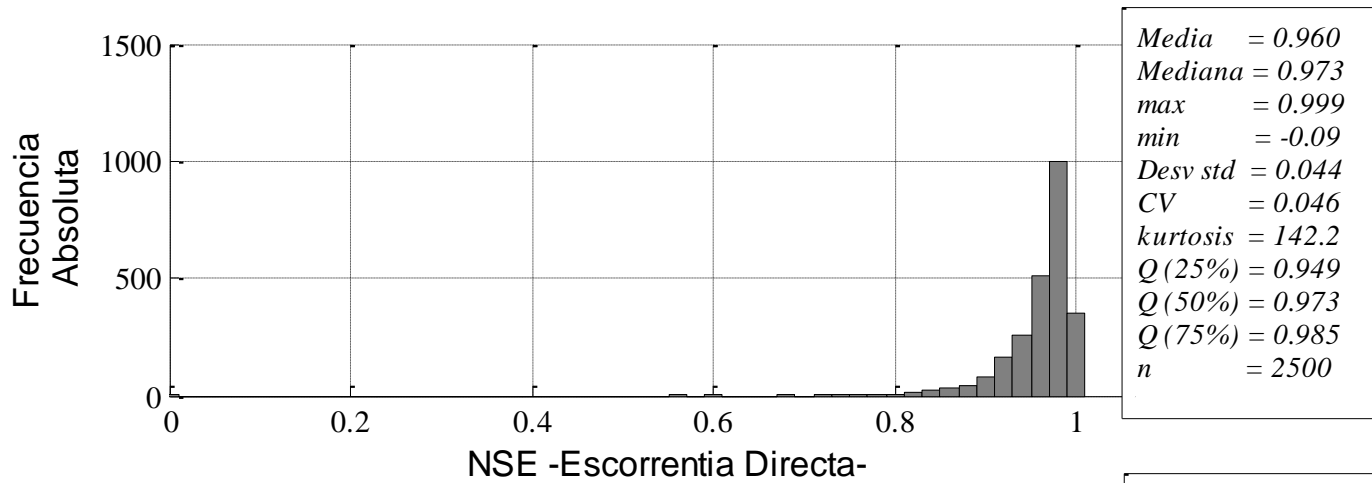
$$\alpha = 0,19$$

Resultados y Discusión

Predicción de la
escorrentía directa
(ED), excedente de
precipitación (X2) e
infiltración
gravitacional (X3).

NSE-ED = 0.9912
NSE-X2 = 0.9863
NSE-X3 = 0.9582





Conclusiones

- Los valores de h_{ef} y k_{ef} tienden a ser más pequeños a medida que se incrementa la heterogeneidad a escala puntual. ($[0,1]$)
- *La reducción en la varianza de estimación está fuertemente influenciada por la relación entre la longitud de correlación espacial y el tamaño de la celda.(Erg,REA)*
- *Las estructuras matemáticas propuestas para representar h_{ef} y k_{ef} son estimadores fiables, sin embargo se requiere un conocimiento detallado de la heterogeneidad de cada parámetro a escala puntual.*

Referencias

- Bierkens, M., A. Finke, and P. Willigen, (2000), Upscaling and Downscaling Methods for Environmental Research. The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Bloschl, G., (1999), Scaling issues in snow hydrology. *Hydrological Processes*, 13, 2149-2175.
- Bloschl, G., and M. Sivapalan, (1995), Scale issues in hydrological modelling: a review: Scale issues in hydrological modelling. Chichester, Reino Unido: John Wiley and Sons.
- Francés, F., J. I. Vélez, and J. J. Vélez, (2007), Split-parameter structure for the automatic calibration of distributed hydrological models. *Journal of Hydrology*, 332(1-2), 226-240.
- Intsiful, J., and H. Kunstmann, (2008), Upscaling of land-surface parameters through inverse stochastic SVAT-Modeling. *Boundary-Layer Meteorology*, 129, 137-158.

Referencias

- Kim, S., M. L. Kavvas, and J. Yoon, (2005), Upscaling of vertical unsaturated flow model under infiltration condition. *Journal of Hydrologic Engineering*, 10(2), 151-159.
- Sivapalan, M., (2003), Prediction in ungauged basins: a grand challenge for theoretical hydrology. *Hydrological Processes*, 17, 3163-3170.
- Sivapalan, M., and J. D. Kalma, (1995), Scale problems in hydrology: contributions of the Robertson workshop: Scale issues in hydrological modelling. Chichester, Reino Unido: John Wiley and Sons.
- Vélez, J. J., M. Puricelli, F. López Unzu, and F. Francés, (2009), Parameter extrapolation to ungauged basins with a hydrological distributed model in a regional framework. *Hydrology and Earth System Sciences*, 13, 229-246.
- Wigmosta, M., and R. Prasad, (2005), Upscaling and downscaling – dynamic models: *Encyclopedia of hydrological sciences*. Chichester, Reino Unido: John Wiley & Sons.