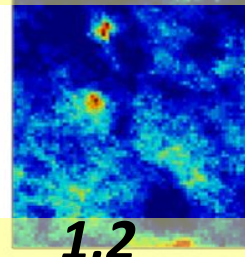
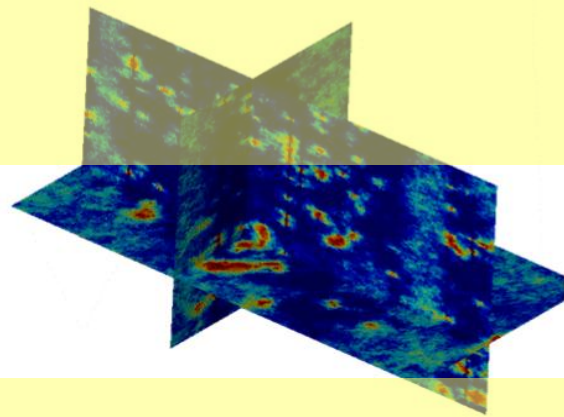


# Simulaciones geoestadísticas como metodología de análisis de datos espaciales

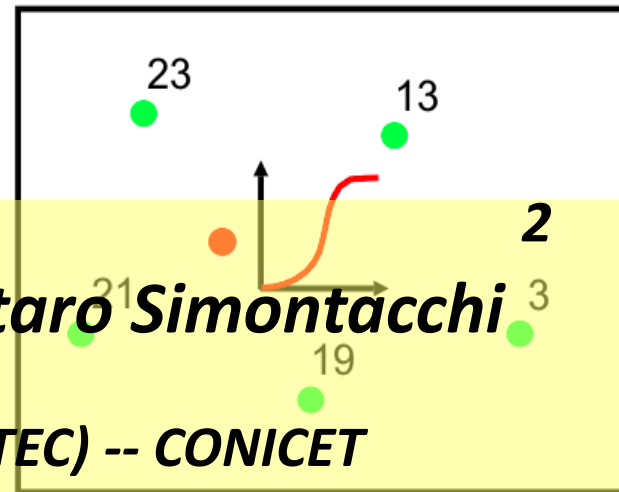
Simulación Secuencial Indicadora

Análisis estadístico de realizaciones:

- Procedimiento de realización
- Probabilidad de ocurrencia de factores



1,2



**Javier Vasquez** , **Lautaro Simontacchi**

1- YPF Tecnología (Y-TEC) -- CONICET

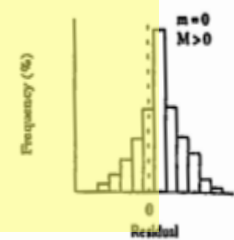
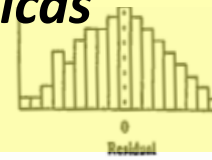
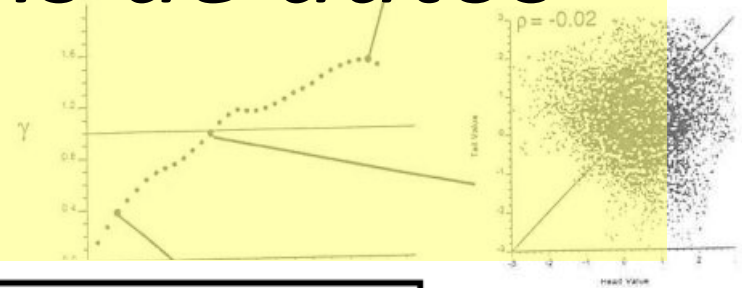
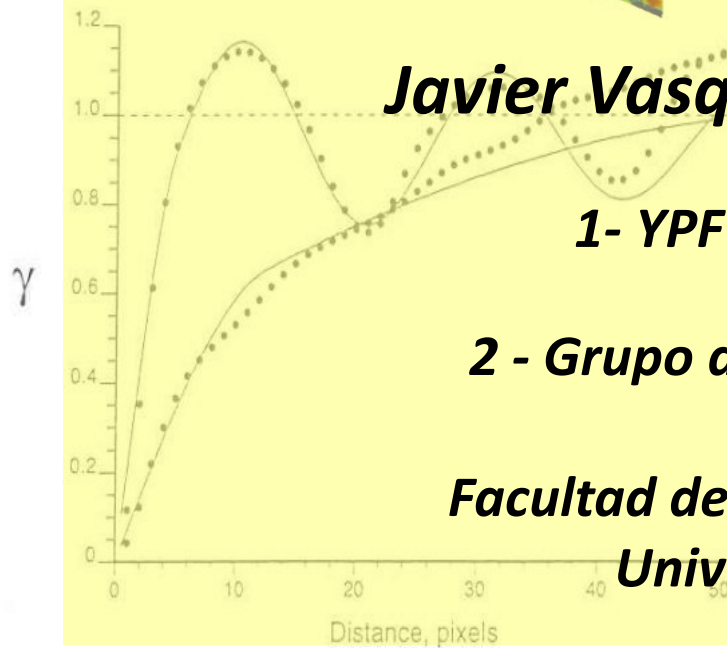
2 - Grupo de Geodesia Espacial y Astrometría

Dpto. de Astrometría

Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas

Universidad Nacional de La Plata

$$\text{Prob} \{Z(\mathbf{u}) \leq z | (n)\} = F^*(\mathbf{u}; z | (n))$$



# *Geoestadística → Bases*

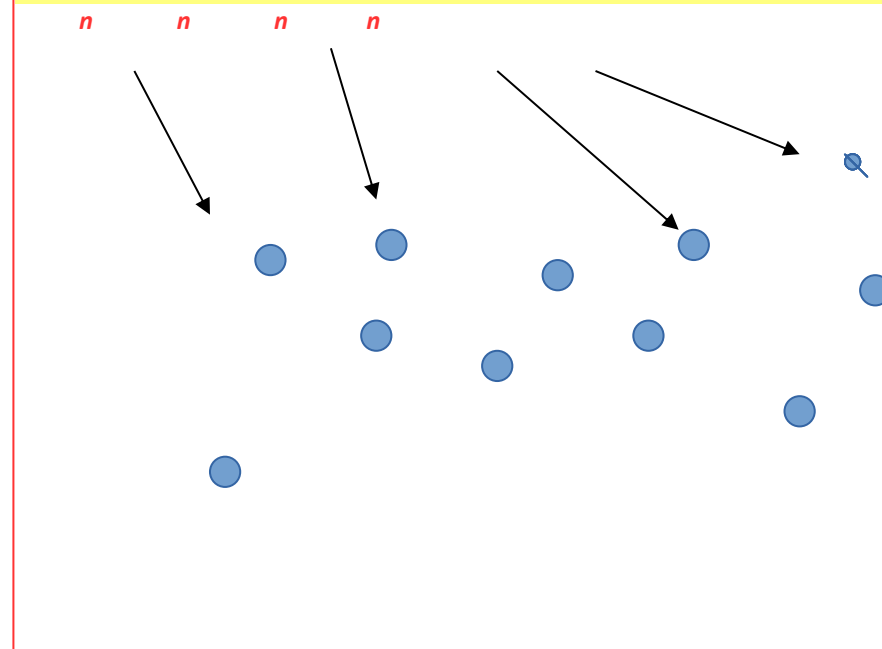
- *El objetivo principal de la geoestadística es la caracterización espacial de variables que son desconocidas ( de muy difícil acceso, muy costoso, o sin sentido).Ej:*
- *Mineralógicos*
  - *Ambientales*
  - *Meteorológicos*
  - *Hidrocarburíferos*
  - *Atmosféricos*
  - *salud*

# Geoestadística → Bases

□ *El objetivo principal de la geoestadística es la caracterización espacial de variables que son desconocidas ( de muy difícil acceso, muy costoso, o sin sentido). Ej:*

- *Mineralógicos*
  - *Ambientales*
  - *Meteorológicos*
  - *Hidrocarburíferos*
  - *Atmosféricos*
  - *salud*

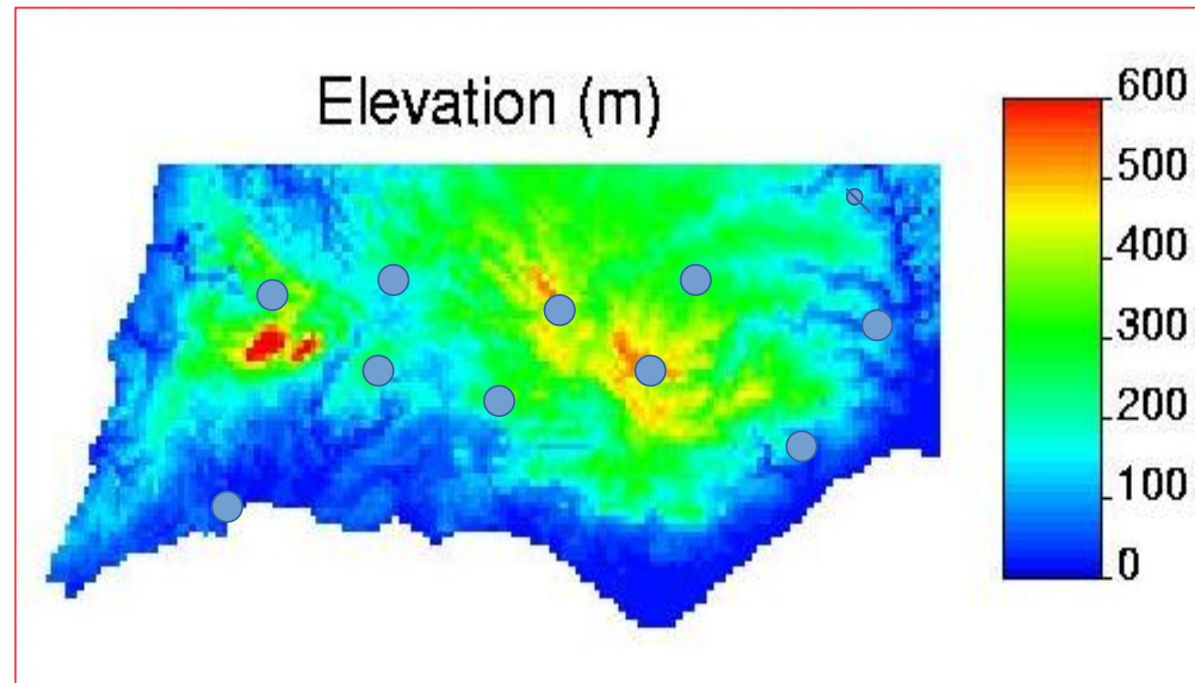
*En cada punto, tenemos una muestra de una serie de parámetros que queremos medir (humedad, temperatura, presión, etc, etc)  
 $t(x)$ ,  $h(x)$ ,  $p(x)$ ,  $z(x)$ , etc, etc*



# Geoestadística → Bases

□ *El objetivo principal de la geoestadística es la caracterización espacial de variables que son desconocidas ( de muy difícil acceso, muy costoso, o sin sentido). Ej:*

- *Mineralógicos*
  - *Ambientales*
  - *Meteorológicos*
  - *Hidrocarburiíferos*
  - *Atmosféricos*
  - *salud*



# Geoestadística → Bases

*¿Dónde hay petróleo??*

*¿Dónde llueve menos??*

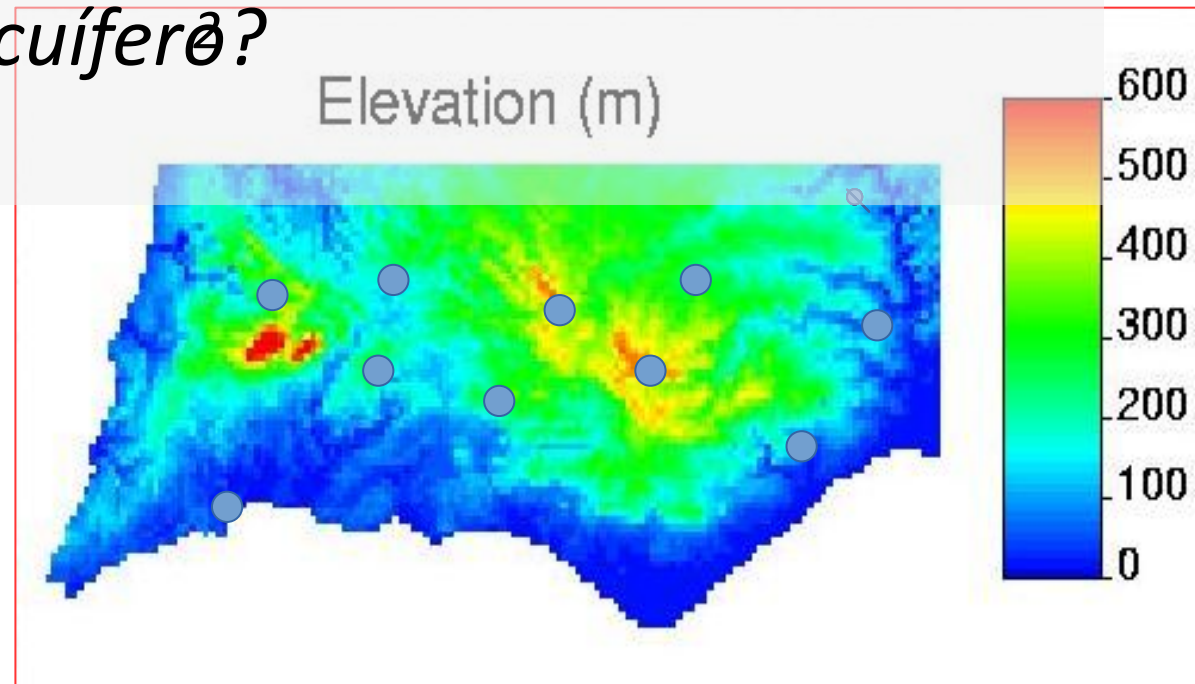
*¿Dónde hay más cobre?*

*¿Dónde encontramos anomalías del geoide?*

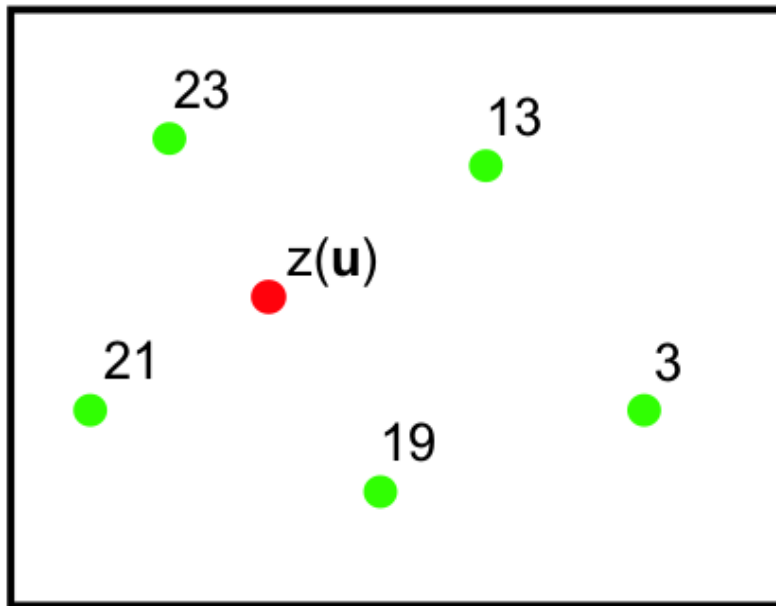
*¿Cuáles son los límites de CO<sub>2</sub> en la atmósfera?*

*¿Cómo se comporta un acuífero?*

...

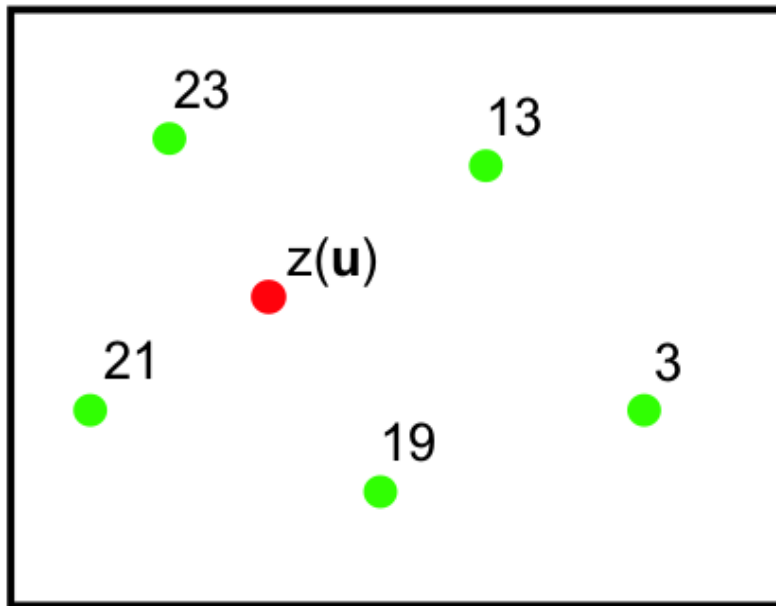


# *Interpretación o interpretaciones de la realidad??*



$$z^*(\mathbf{u}) = \sum_{\alpha=1}^n \lambda_{\alpha} z(\mathbf{u}_{\alpha})$$

# Interpretación o interpretaciones de la realidad??

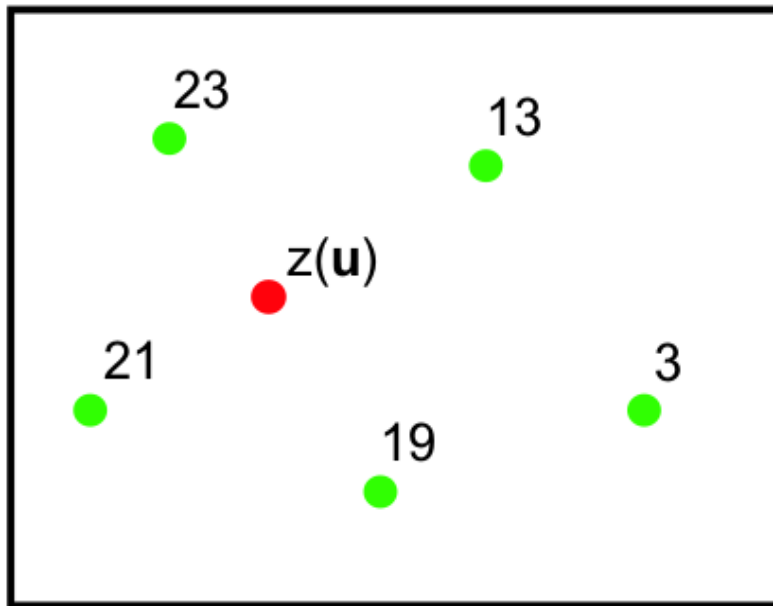


Cada valor estimado  $z(\mathbf{u})$  es el “mejor” estimador posible de acuerdo a un determinado criterio

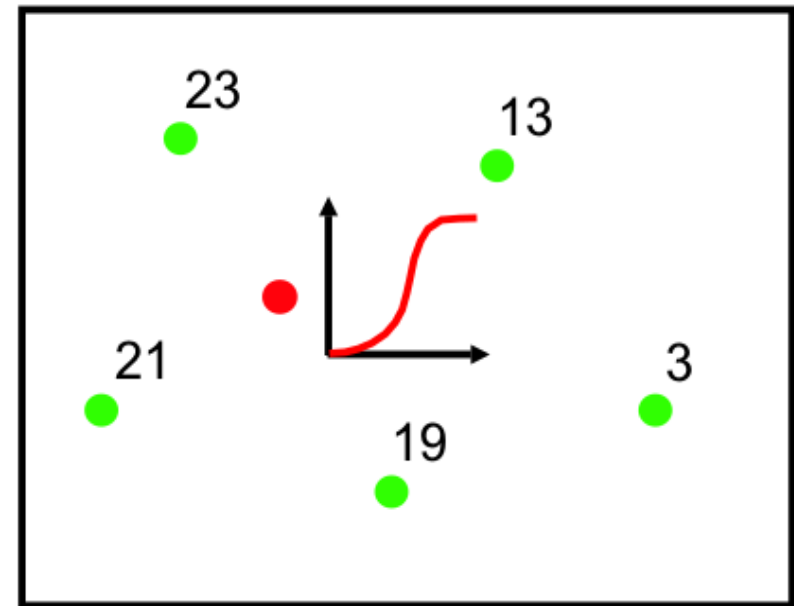
$$z^*(\mathbf{u}) = \sum_{\alpha=1}^n \lambda_{\alpha} z(\mathbf{u}_{\alpha})$$

# Interpretación o interpretaciones de la realidad??

## Valor estimado vs. función de distribución



$$z^*(\mathbf{u}) = \sum_{\alpha=1}^n \lambda_{\alpha} z(\mathbf{u}_{\alpha})$$



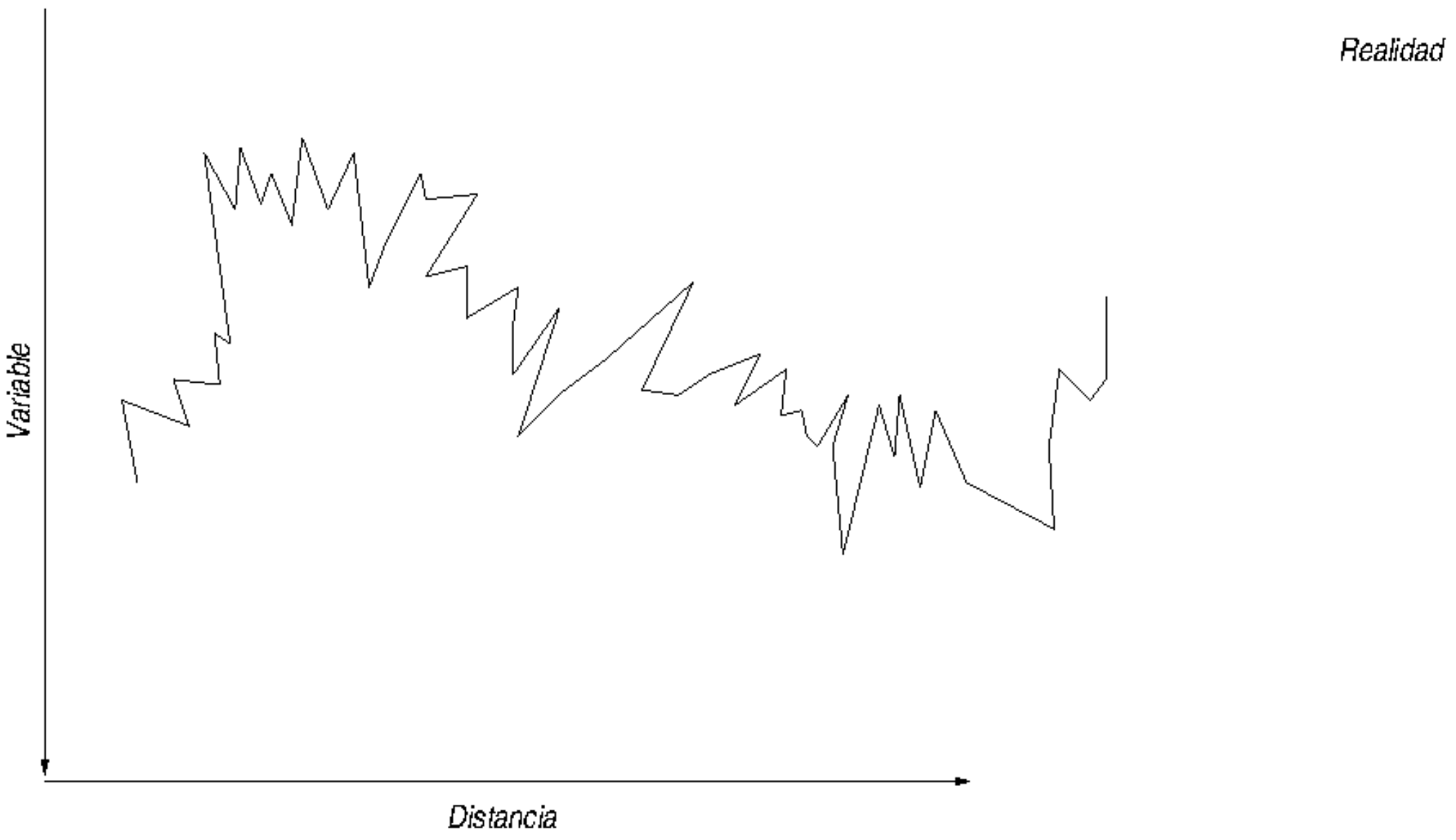
$$\text{Prob}^* \{Z(\mathbf{u}) \leq z | (n)\} = F^*(\mathbf{u}; z | (n))$$



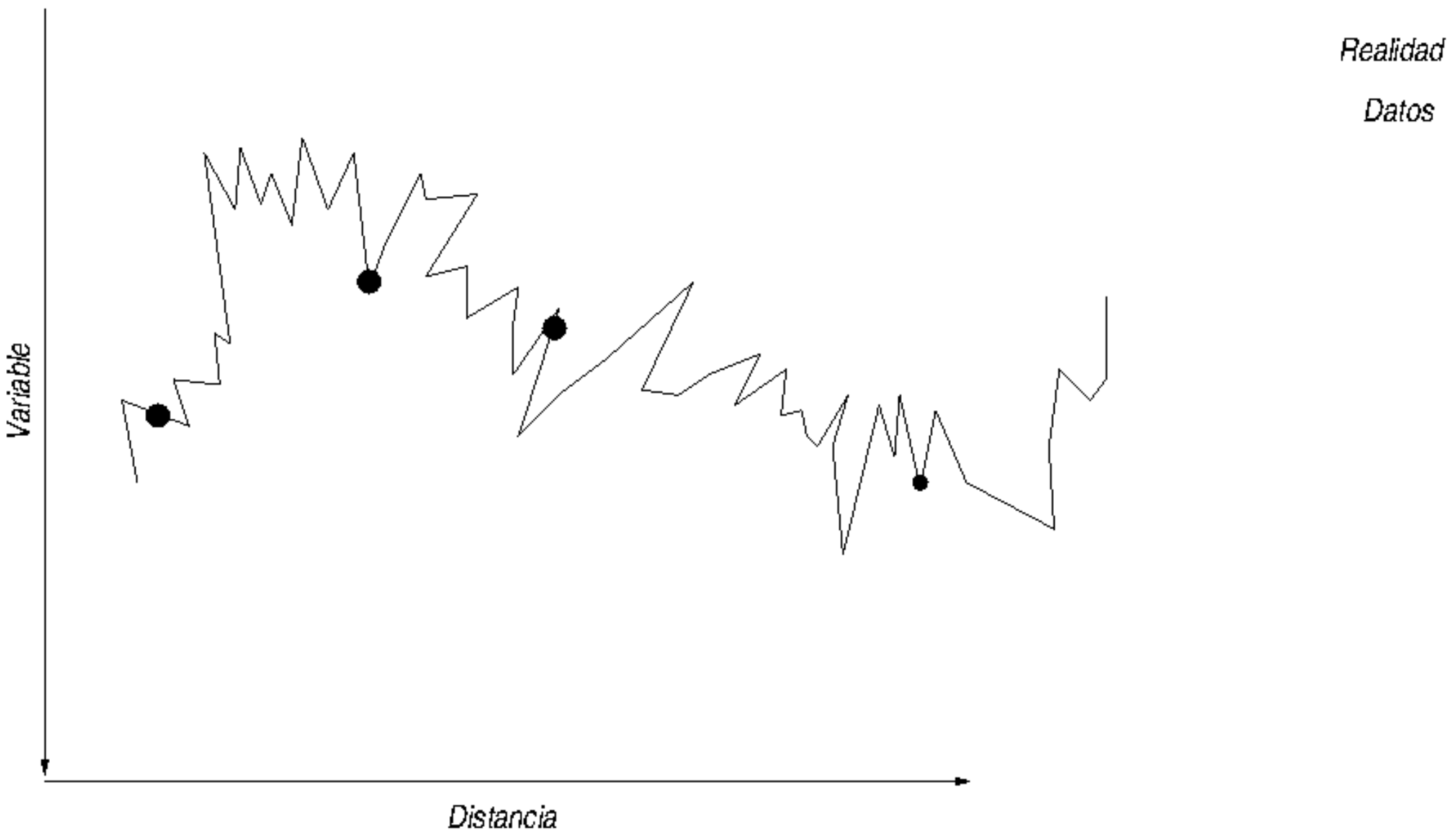
# Estimación vs simulación

- Los algoritmos de estimación tienden a suavizar la variación espacial de  $z(u)$ :
  - Los *valores pequeños* son *sobreestimados* y los *altos subestimados*.
  - No es uniforme → sino que es *mínimo* cerca de los datos y se *incrementa* cuando nos alejamos
  - Un mapa interpolado es más variable en las áreas densamente muestreadas.
  - Los mapas interpolados *no* deben ser utilizados en aquellas aplicaciones sensibles a la presencia de valores extremos y a sus patrones de continuidad espacial.

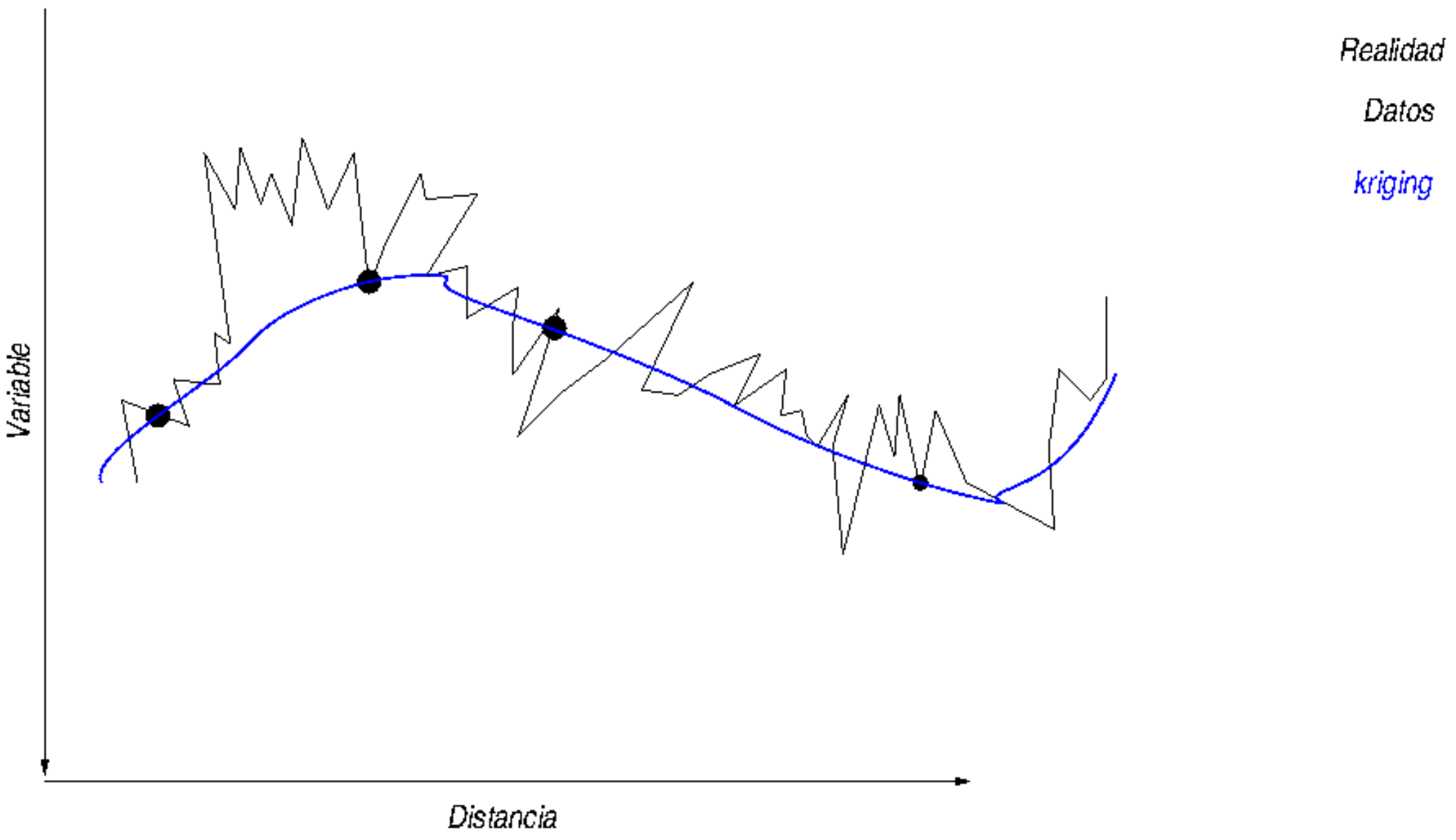
# *Estimación vs simulación*



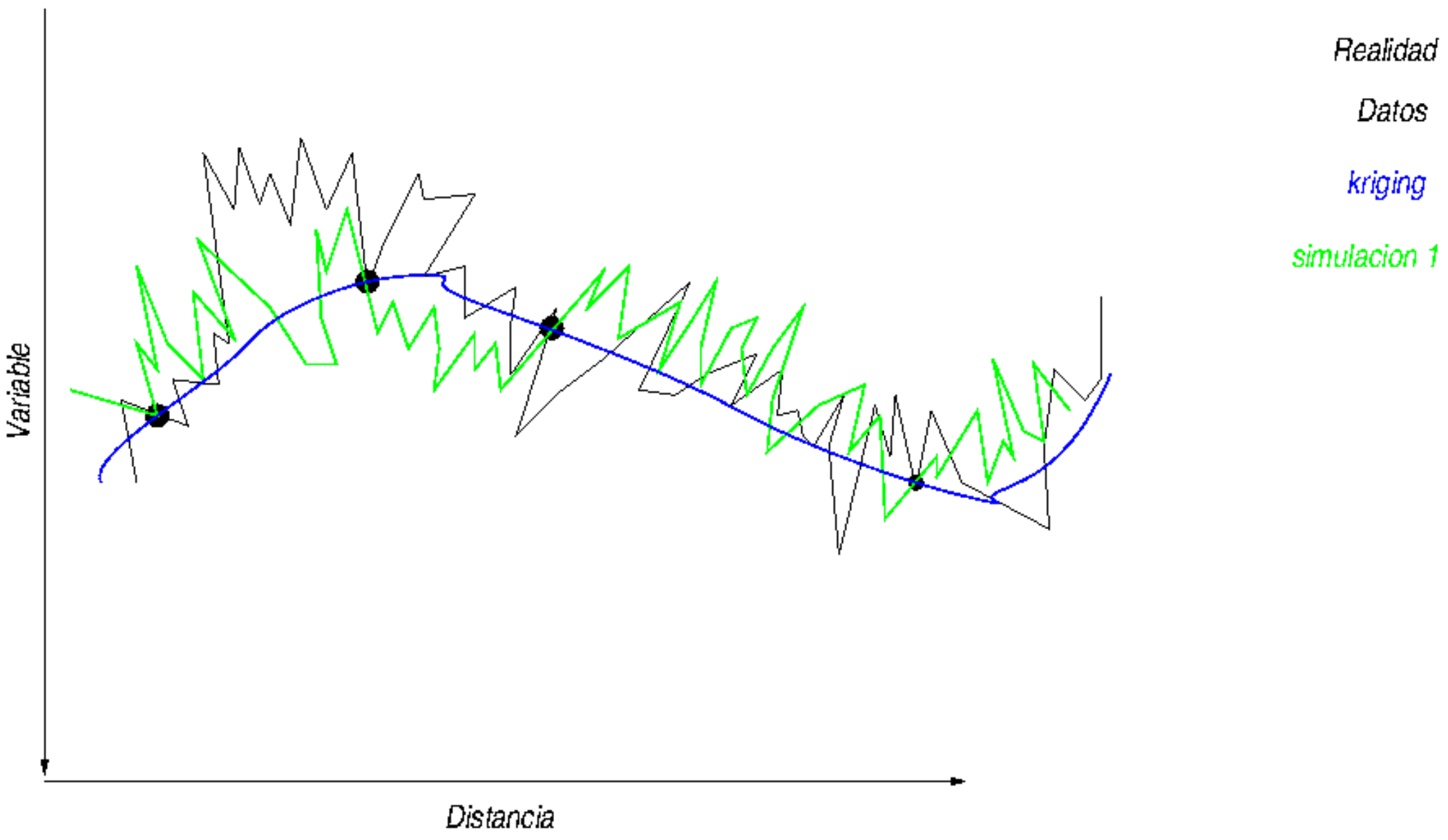
# Estimación vs simulación



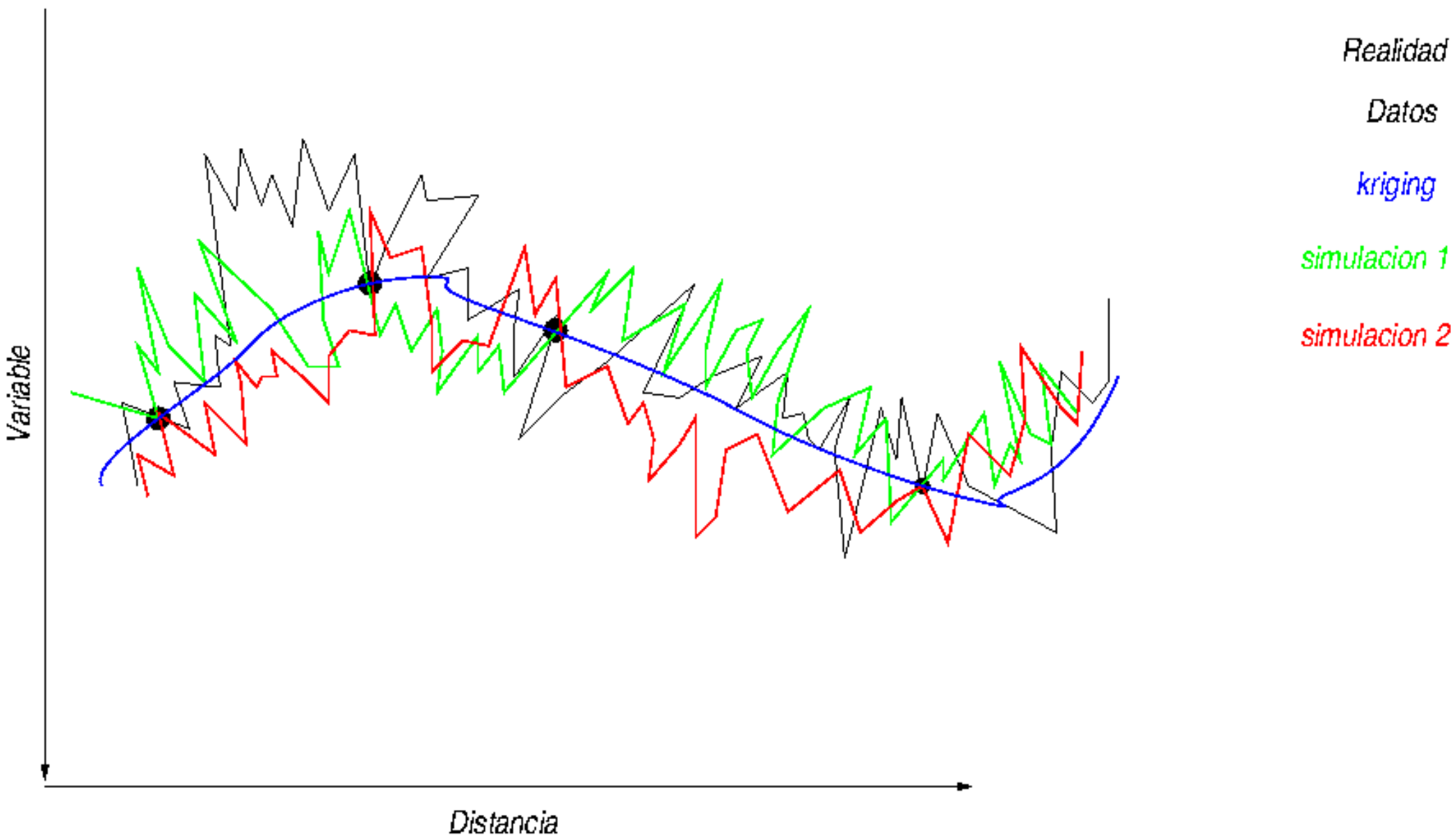
# Estimación vs simulación



# Estimación vs simulación

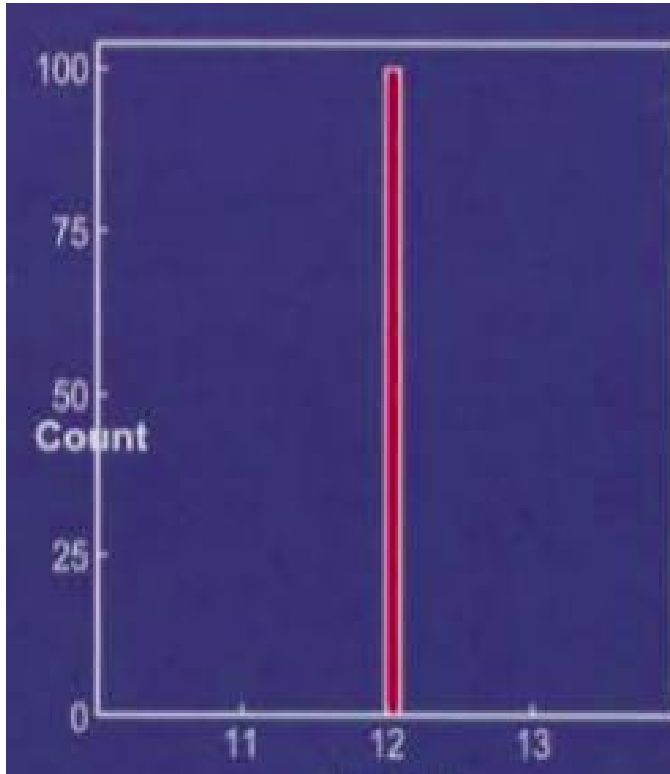


# Estimación vs simulación

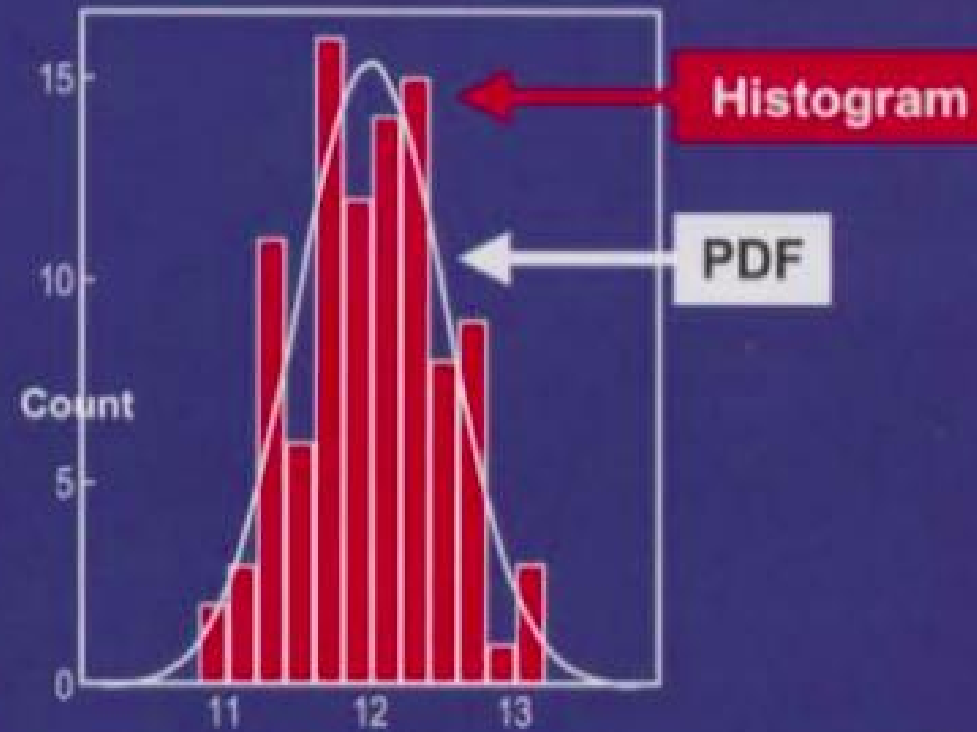


# Estimación vs simulación

**Variable determinística:  
valor único**



**Variable aleatoria:  
rango de valores**



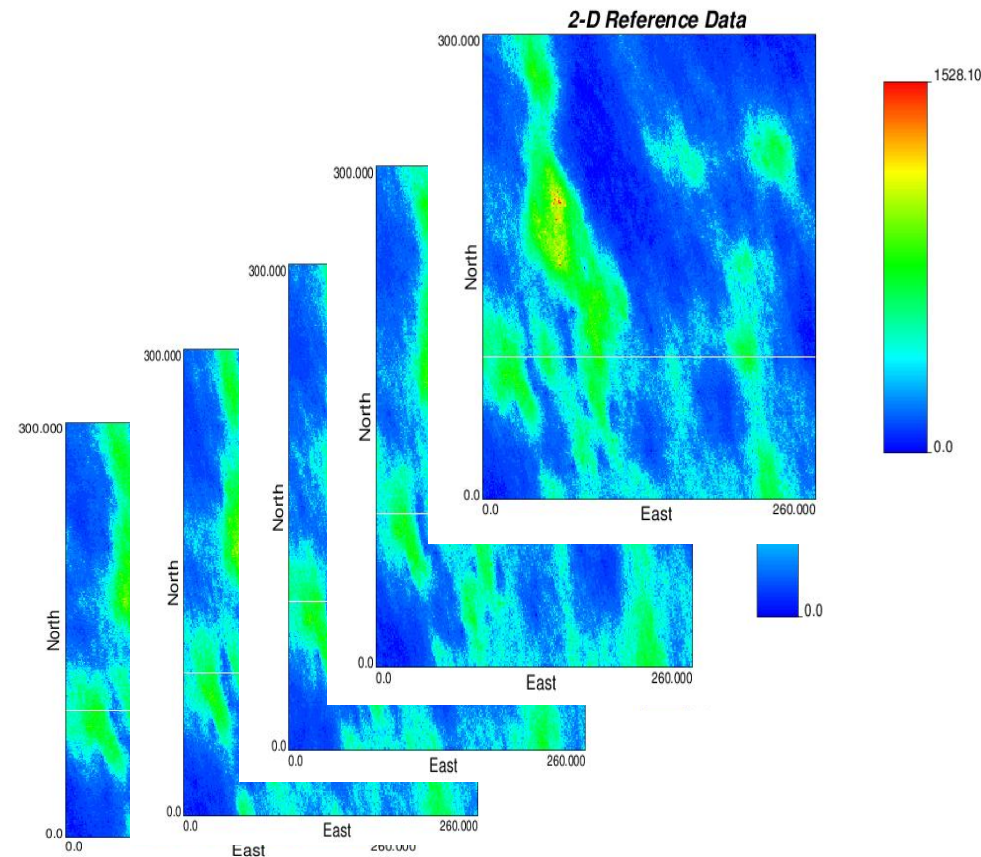
**Una distribución de probabilidad debe ser una muestra lo más realista posible de lo conocido y de lo desconocido**

# Concepto de simulación geoestadística

□ incertidumbre espacial

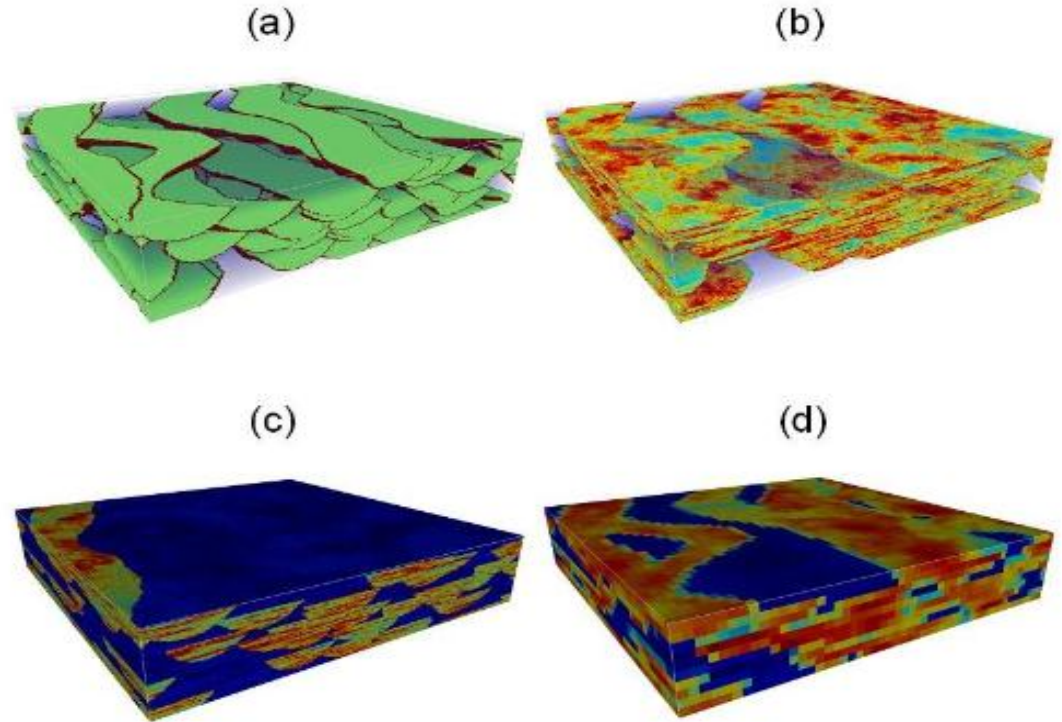
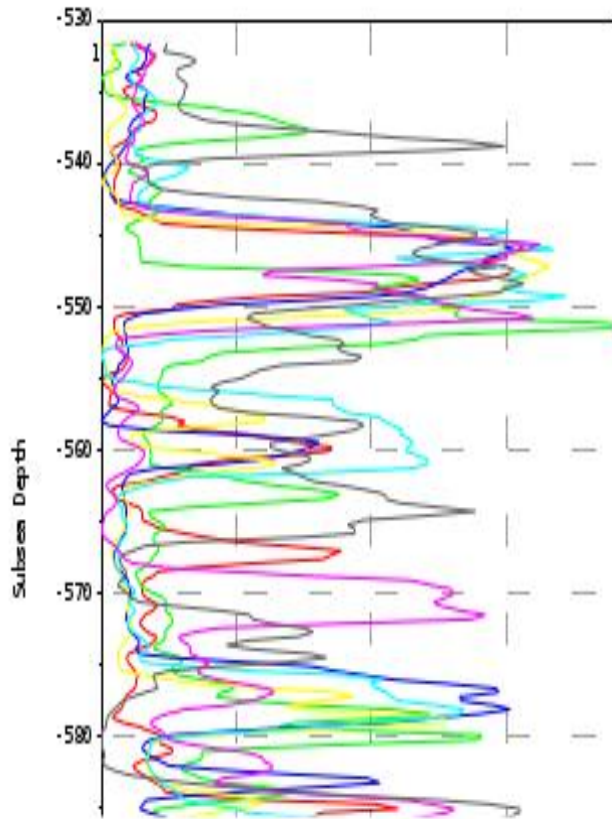
□ múltiples realizaciones de la distribución espacial de  $z(x)$

**Representación estocástica o simulación**



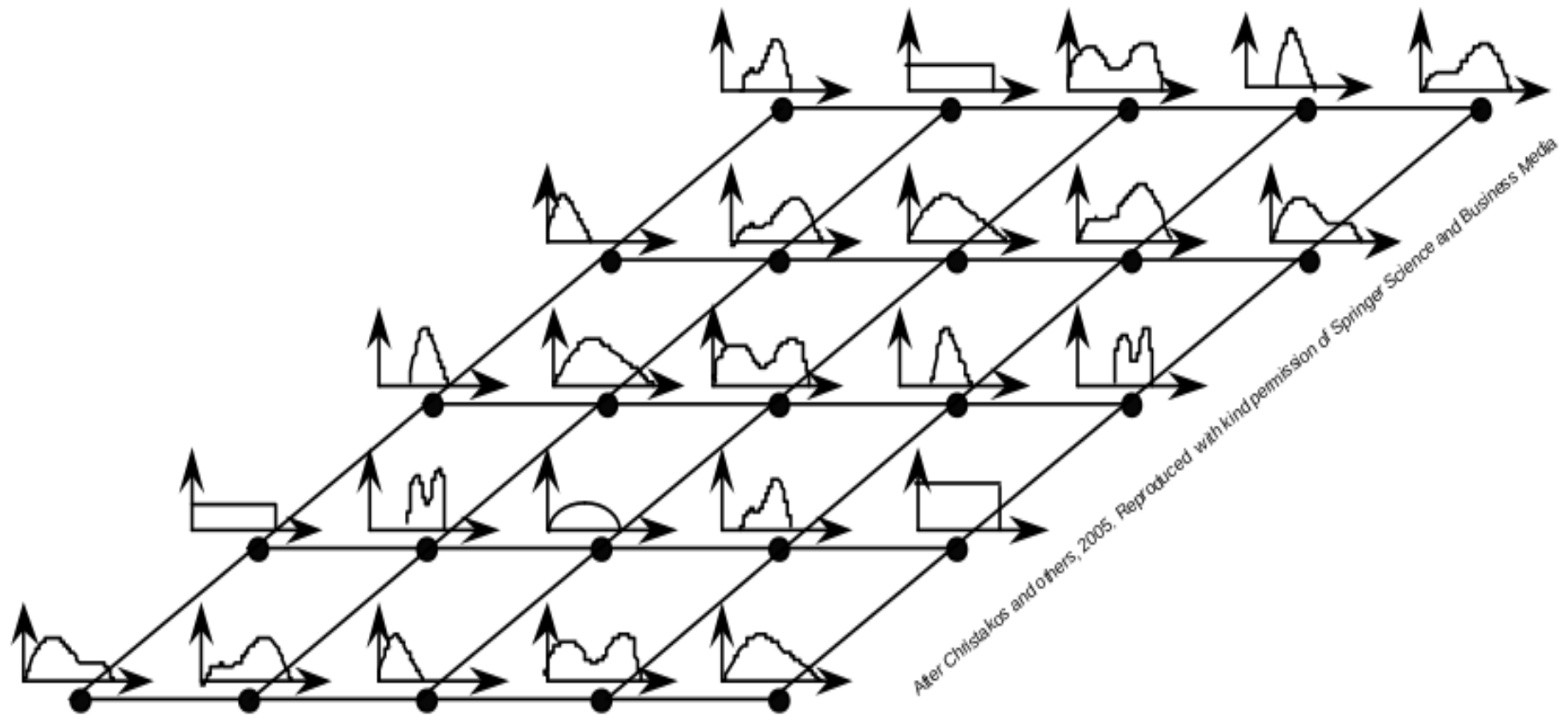


# *Ej: simulaciones geoestadísticas en 1 y 3D*



# Simulaciones geoestadísticas

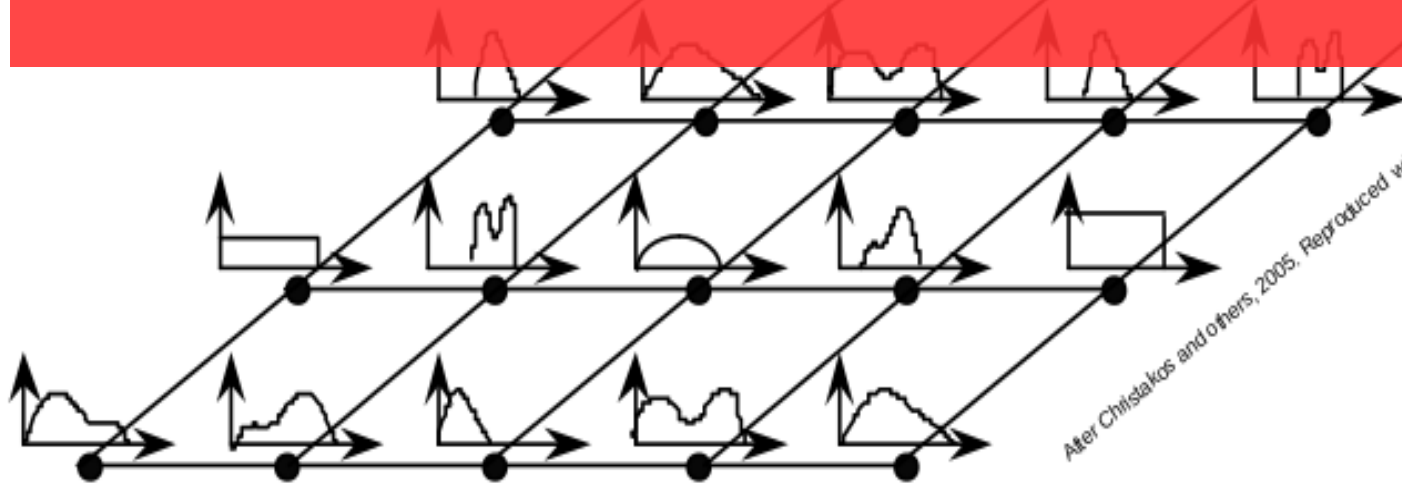
□ |



After Christakos and others, 2005. Reproduced with kind permission of Springer Science and Business Media

# *Simulaciones geoestadísticas*

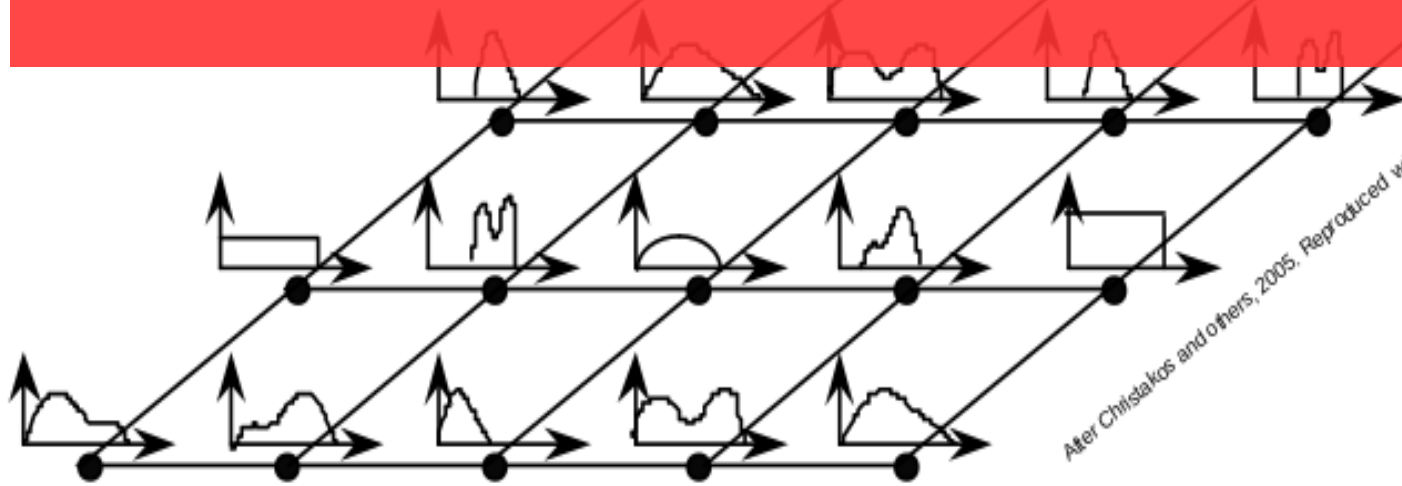
- *Simulaciones basadas en grillas (secuencial gaussiana, secuencial indicadora)*
- *Simulaciones basadas en objetos (booleanas)*
- *Simulaciones multipunto*



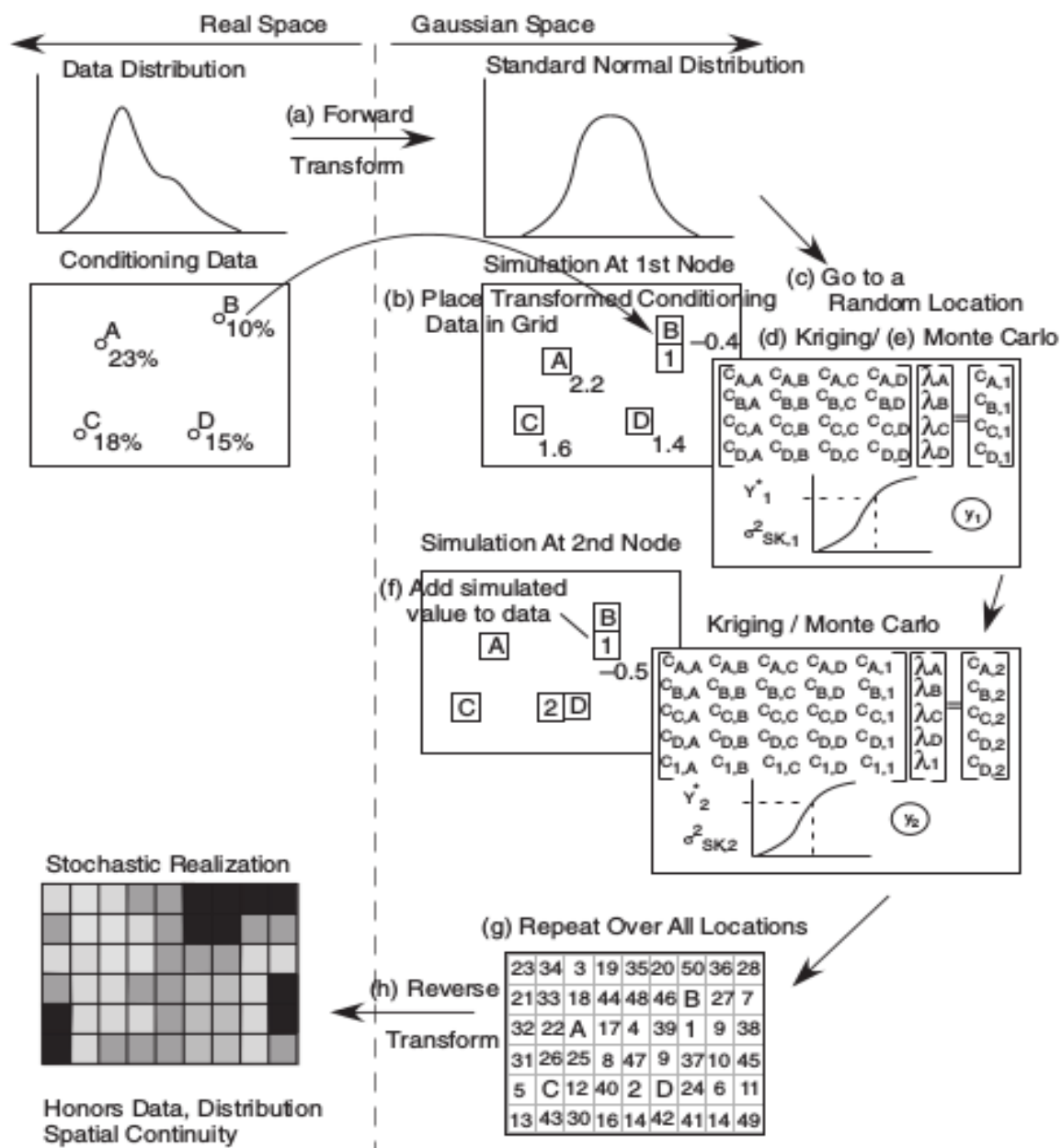
After Christakos and others, 2005. Reproduced with kind permission of Springer Science and Business Media

# Simulaciones geoestadísticas

- Simulaciones basadas en grillas (*secuencial gaussiana, secuencia indicadora*)
- Simulaciones basadas en objetos (*booleanas*)
- Simulaciones multipunto



# Simulacion secuencial gaussiana (SGSIM)

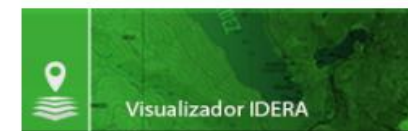


# Ejemplo

## Geoservicios

### Servicios WMS

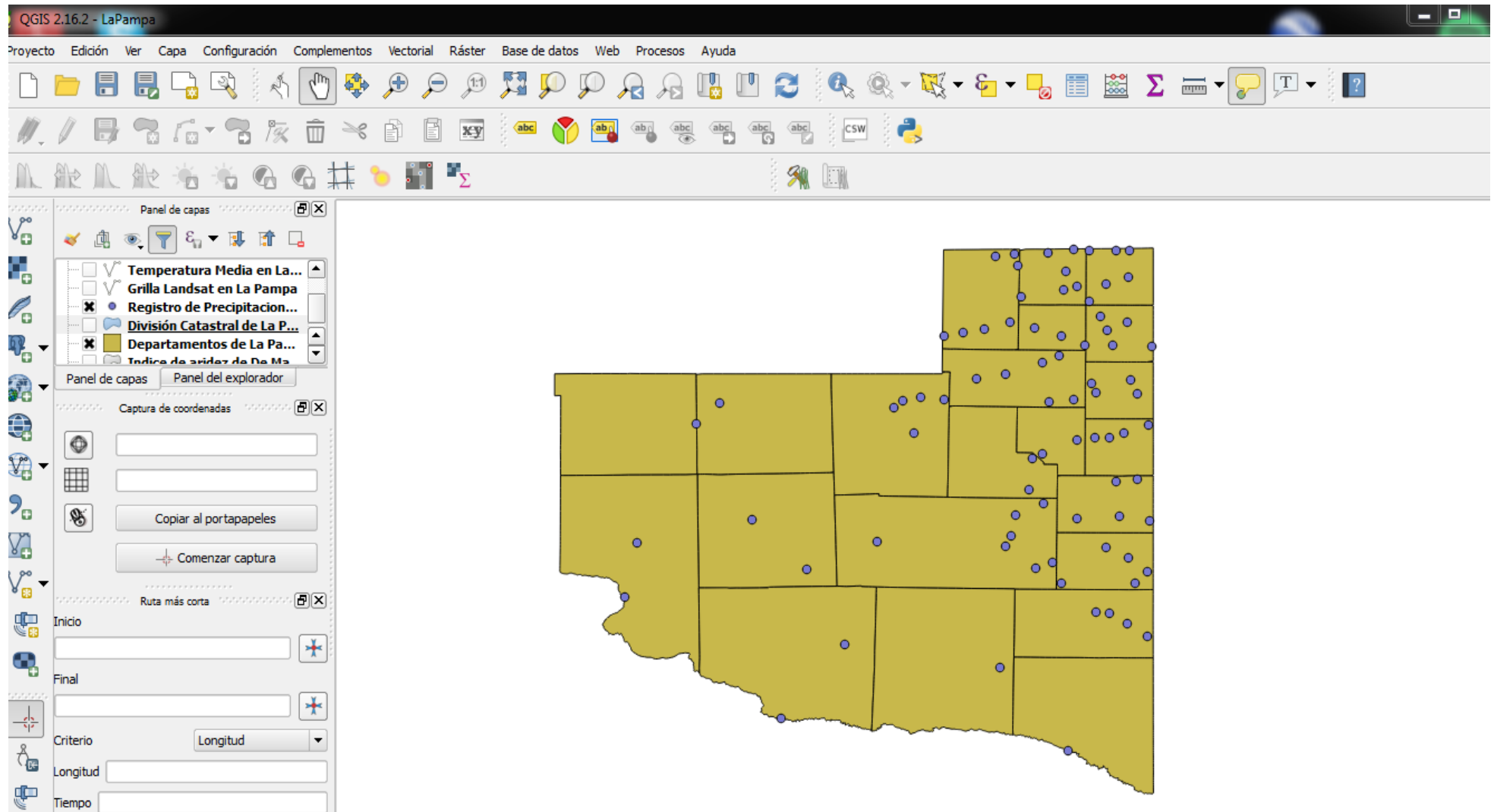
### Servicios WFS



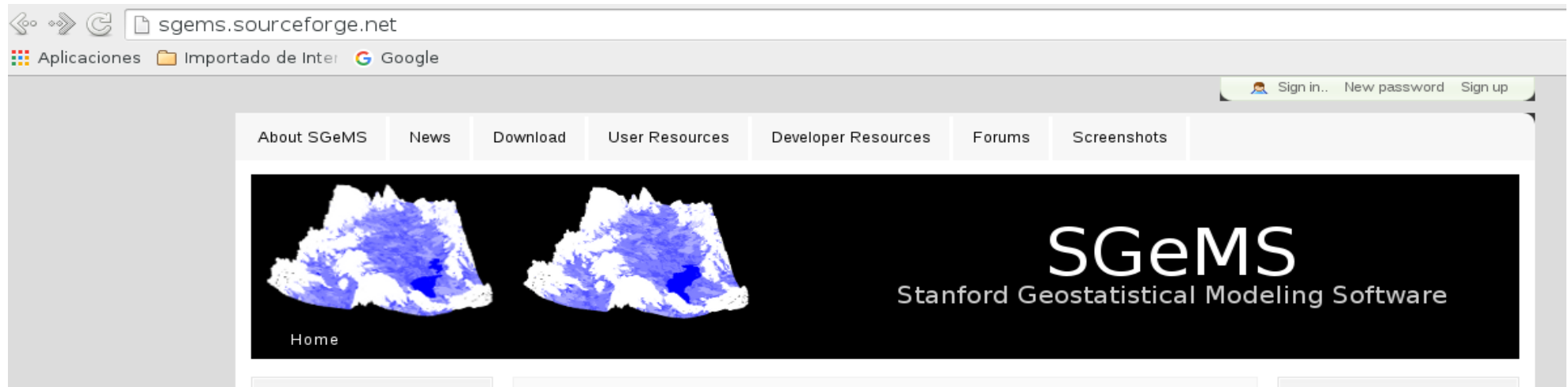
El Servi

Chubut	Nodo - Estadísticas y Censos	WMS
Entre Ríos	INTA Nodo EEA Paraná	WMS
Formosa	IDE Formosa	WMS
		WFS
La Pampa	INTA Nodo EEA Anguil	WMS
		WFS
Mendoza	Secretaría de Ambiente y Ordenamiento Territorial (SIAT)	WMS
		WFS
Misiones	Servicio General de Misiones	WMS
	Electricidad de Misiones Sociedad Anónima (EMSA)	WMS
	Instituto Provincial de Desarrollo Habitacional (IPRODHA)	WMS

# Ejemplo



# Simulaciones geoestadísticas

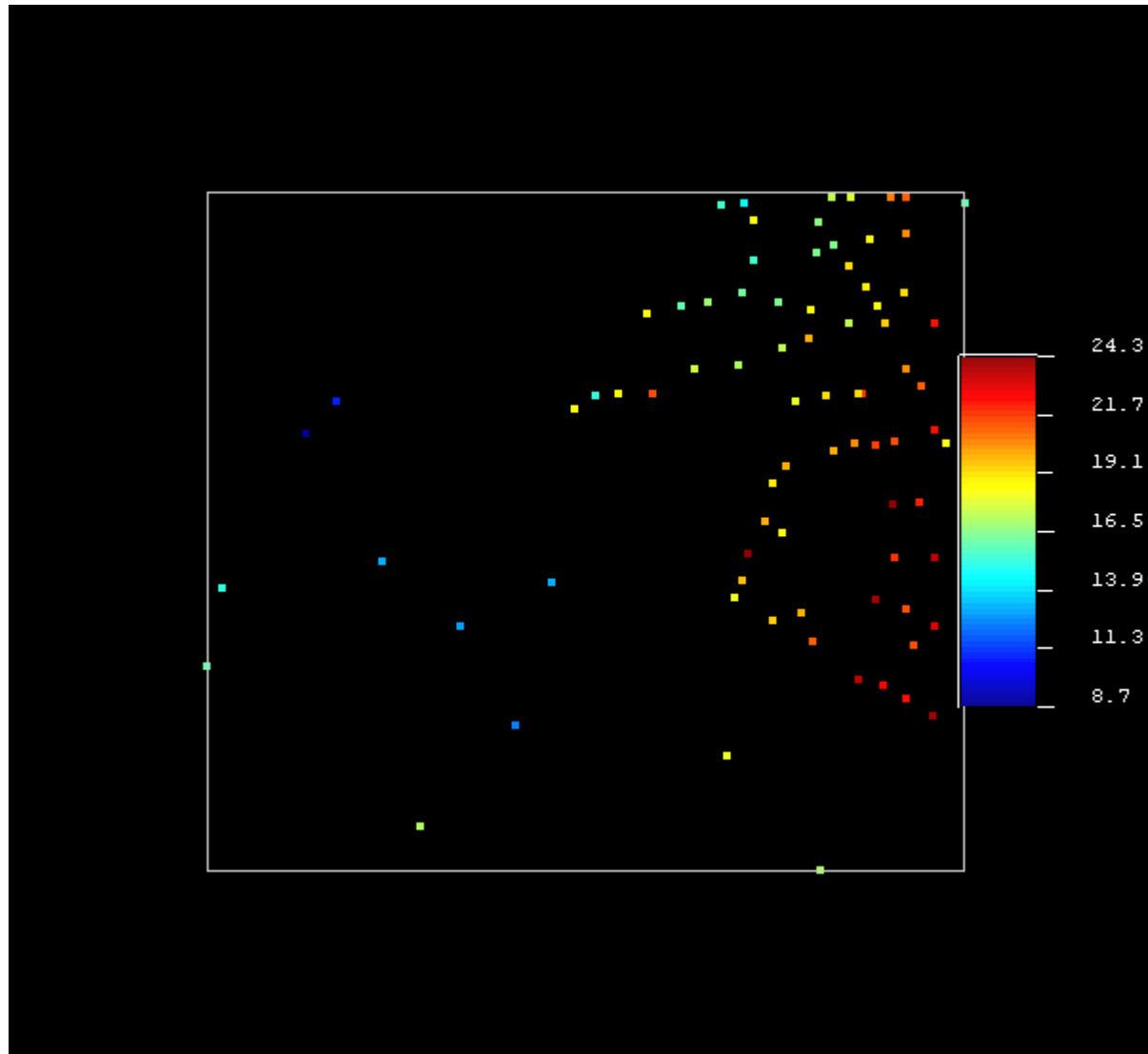


The image shows a browser window displaying the homepage of the SGeMS project. The browser's address bar shows the URL `sgems.sourceforge.net`. The browser interface includes navigation buttons (back, forward, refresh) and a search bar with the text "Aplicaciones", "Importado de Inter", and "Google". In the top right corner of the page, there are links for "Sign in..", "New password", and "Sign up".

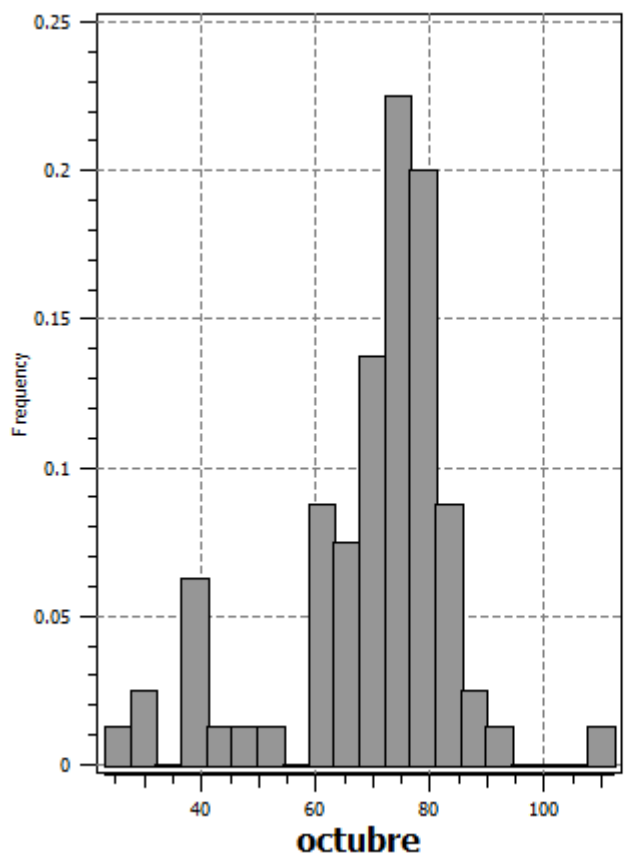
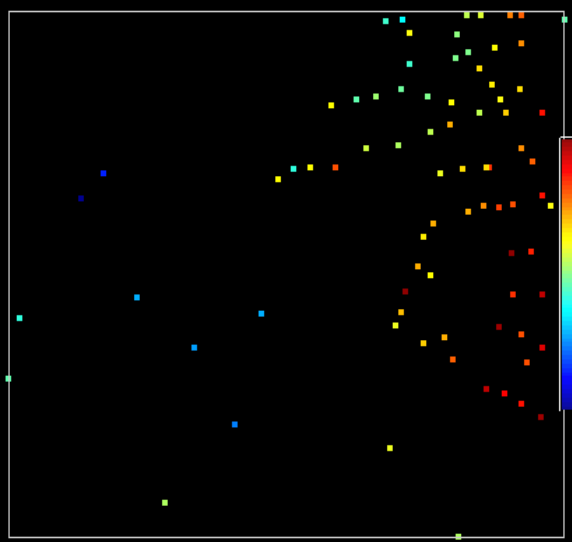
The main content area features a navigation menu with the following items: "About SGeMS", "News", "Download", "User Resources", "Developer Resources", "Forums", and "Screenshots". Below the menu is a large banner with a black background. On the left side of the banner, there are two 3D surface plots of a terrain, rendered in shades of blue and white. The word "Home" is written in white text below the plots. On the right side of the banner, the text "SGeMS" is displayed in a large, white, serif font, with "Stanford Geostatistical Modeling Software" written in a smaller, white, sans-serif font below it.



# *Simulacion secuencial gaussiana (SGSIM)*

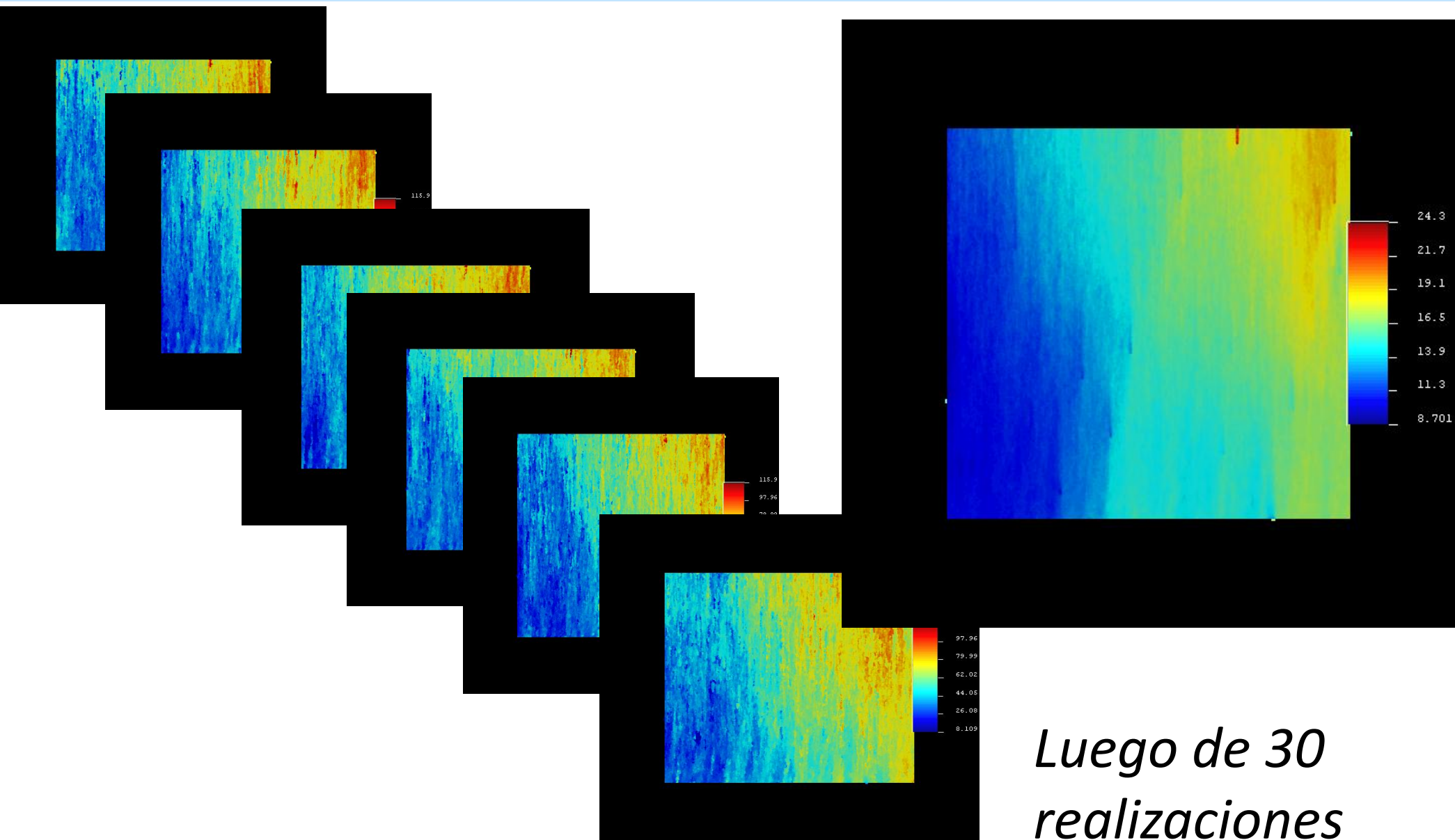


# Simulacion secuencial gaussiana (SGSIM)

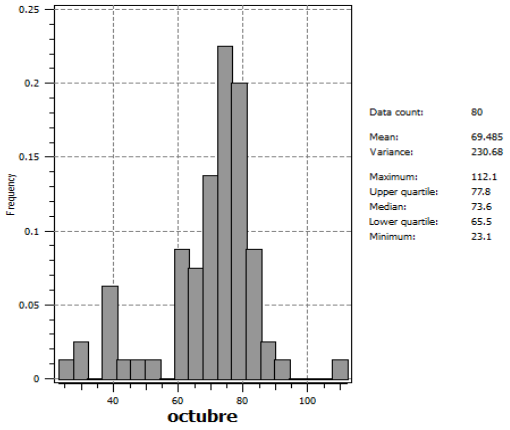
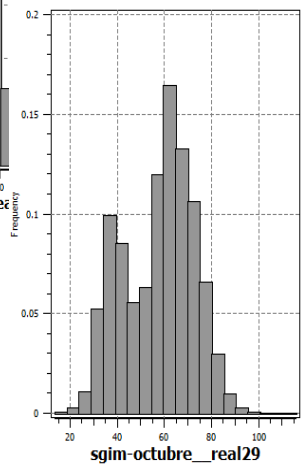
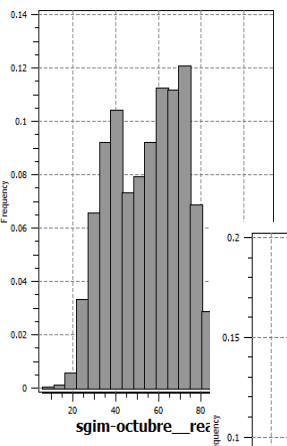
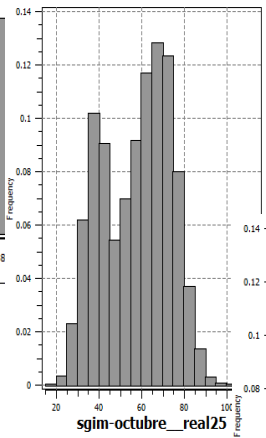
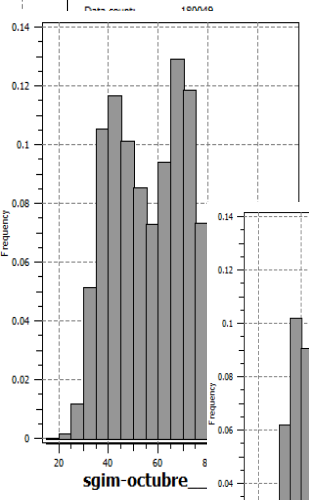
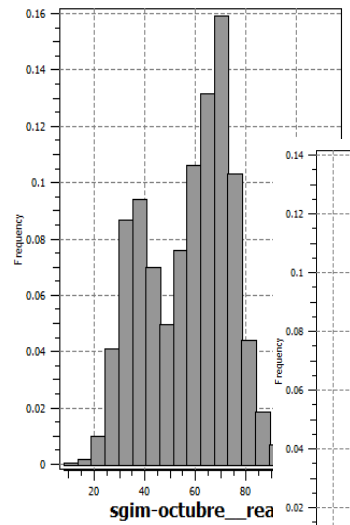
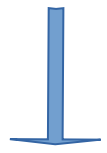
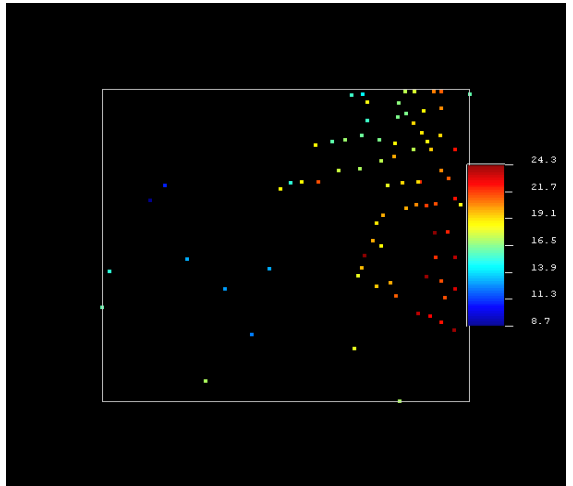


Data count:	80
Mean:	69.485
Variance:	230.68
Maximum:	112.1
Upper quartile:	77.8
Median:	73.6
Lower quartile:	65.5
Minimum:	23.1

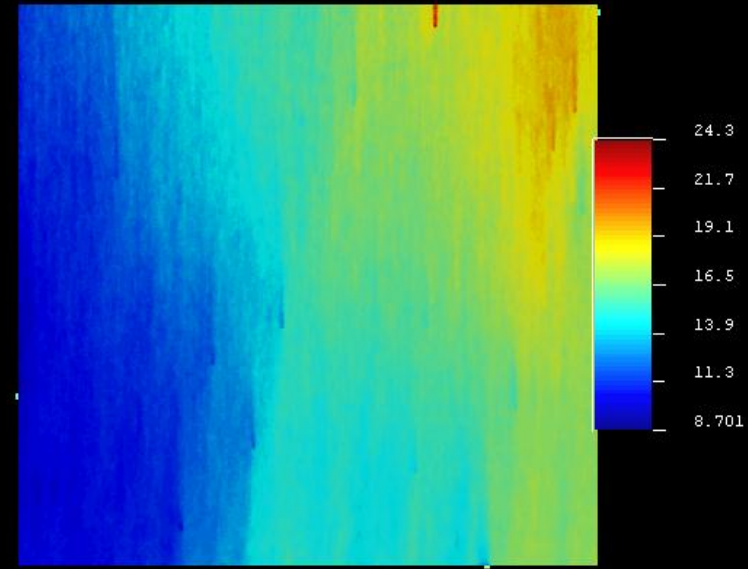
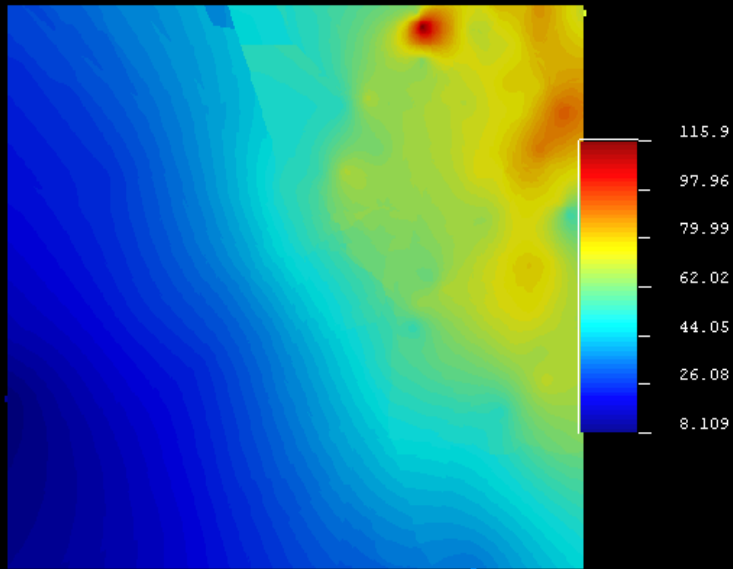
# *Simulacion secuencial gaussiana (SGSIM)*



# SGSIM → Validación del método



# *Simulación secuencial gaussiana (SGSIM)*



*Kriging ordinario (único mapa)*

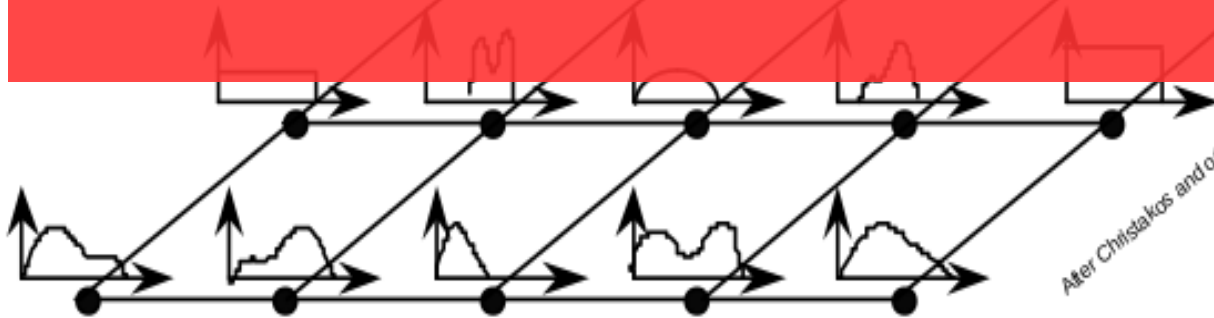
*SGSIM medio (luego de 30 realizaciones)*

# Conclusiones

- *Método estocástico*
  - *Propone múltiples interpretaciones de la realidad*
  - *No “suaviza” la realidad*
  - *Considera la continuidad espacial de los datos (variograma)*
  - *Utiliza elementos del mejor método de estimación determinístico*
- *Respetar los datos originales (hard data)*



□ *Muchas gracias*



After Christakos and others, 2005. Reproduced with kind permission of Springer Science and Business Media